PEMILIHAN TIPE MOTOR BAGI PESAWAT ANGKUT SIPIL DAN PESAWAT MILITER

Djakaria Wiradisuria

Fakultas Teknologi Dirgantara Universitas Suryadarma
Jakarta

Ringkasan

Sejak awal perang dunia pertama, pengembangan dan produksi pesawat terbang, khususnya motor pesawat telah meningkat dengan cepat, didorong oleh adanya kebutuhan dari sejumlah negara maju yang terlibat dalam persaingan antar negara untuk mencapai keunggulan dalam penguasaan di udara sebagai sarana untuk mencapai kejayaan dalam bidang politik dan ekonomi di dunia ini.

Akibat perkembangan di atas, sejumlah pabrik/produsen motor pesawat terlibat dalam persaingan tadi dan melempar ke pasar sejumlah produk dari berbagai tipe dengan tingkat teknologi dan spesifikasi yang kiranya bakal dibutuhkan oleh pemakai pesawat sipil dan militer dari berbagai negara. Untuk pengguna pesawat terbang dengan sendirinya wajib menilai dan mencocokkan kebutuhannya, dalam hal ini tipe engine dengan spesifikasi yang paling sesuai untuk armada pesawat yang ada ditinjau dari segi kinerja dan kehandalan (reliability), tingkat teknologi yang dibutuhkan, aspek harga dan biaya pemeliharaan khususnya dan logistik pada umumnya serta fasilitas pemeliharaan dan tenaga ahli yang harus dipersiapkan dan tingkat kemandirian yang harus dicapai.

Abstract

Since the begining of the first world war, the development and production of aircraft, especially the aircraft engine is booming, due to the urgent need of several leading countries to compete and gain superiority in the air for its survival and also to achieve hegemony politically as well as in the field of economy.

World aircraft and engine producer were all involved in this competition, supported by its national - research - industrial and technological as well as high education centers. Many engine types, with various technological - level and specification is now available in the world market. For the customer it is a necessity to evaluate and select out of all those products the best choice to complete the airfleet which suits to the need from operational - economical - and logistic point of view.

Keywords : *Cost Effective, Performance, Reliability, Logistically Supportable.*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sistem propulsi pesawat, yang telah memicu pengembangan dan produksinya, menghendaki tipe dan spesifikasi yang sesuai dengan rencana untuk secara efektif dengan harga yang sesuai (*cost effective*) dapat menunjang kebutuhan operasional, untuk jangka waktu lama. Untuk itu berbagai persyaratan/kriteria teknis dan non teknis dapat disusun, seperti secara ideal lengkapnya adalah :

- jenis dari motor propulsi.
- bentuk/sifat rancangan (disain) - kinerja dan kehandalannya.
- hemat pemakaian bahan bakar.
- derajat keandalan (*reliability*), dari bagian/sistem yang vital.
- tipe/macam teknologi yang dipakai, seberapa jauh tidak ada efek negatif yang dapat ditimbulkan dan logistik dapat mendukungnya (*supportable*).
- produsen/negara asalnya, apakah dalam jangka panjang menjamin pengadaan suku cadang dan peralatan yang diperlukan begitu pula kesanggupan dukungan teknis dan kesediaan mendukung alih teknologi.

Namun demikian mengingat keterbatasan data dan informasi untuk penelaahan lebih lanjut dalam masalah ini lingkupnya akan dibatasi pada prinsip-prinsip pokok yang harus dipenuhi, sedangkan kuantifikasi dibatasi sesuai kelengkapan data yang diperoleh.

2. PENILAIAN SISTEM PROPULSI PESAWAT

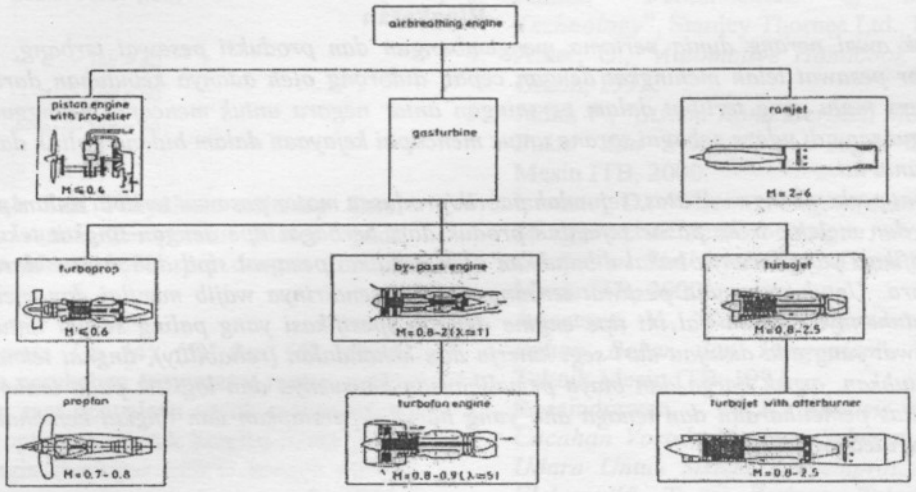
2.1 Penilaian Jenis Motor (ref. Gb.1 dan Gb.2)

Berbagai jenis motor dari kelompok sistem propulsi yang menggunakan udara (*air breathing engines*), seperti motor torak, turboprop, turbofan, turbojet dan ramjet adalah jenis yang ada (Gb.1). Namun demikian dengan menggunakan Gb.2, sesuai daerah operasi (*flight*

regime, atau *flight envelope*) dari pesawat, ketinggian dan kecepatan terbang dan bilangan Mach-nya untuk Garuda dan TNI-AU sudah tertentu, yakni ketinggian maksimum 19 km sedangkan kecepatan dari mulai subsonik sampai supersonik Mach 2,35. Jadi motor yang dapat dipakai Garuda/TNI-AU adalah turboprop, turbojet tanpa dan dengan pembakaran kedua (*afterburner*) dan turbofan. Untuk Garuda hanya digunakan turbojet tanpa pembakaran kedua.

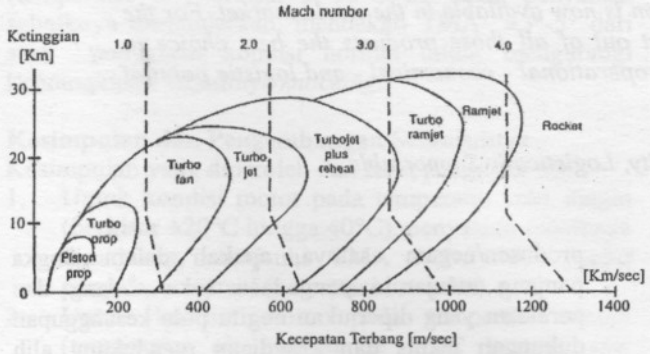
2.2.2 Motor Turboprop/Turboshaft

Pada Tabel 3 TNI-AU yakni pesawat C-130 B/H-Hercules (turboprop) dan NAS-332 Superpuma (turboshaft) dimana ketinggian terbang dan kecepatannya terbatas sampai Mach ≤ 0,6 ketinggian < 13 Km. Hal-hal yang terbatas pada jenis ini adalah kecepatan, ketinggian terbang, prestasi (*performance*), yang positif adalah gaya dorong pada kecepatan rendah cukup besar, hemat bahan bakar, kebisingan kurang,



Gb.1. Sistem Propulsi – Motor Menghirup/Menggunakan Udara (ref.[10]).

perawatan lebih siap untuk semua tingkatan, ringan, sedang dan berat.



Gb.2. Daerah Operasi (*Flight Regime/Flight Envelope*) untuk motor : pistonprop, turboprop, turbofan, turbojet dengan dan tanpa pembakaran kedua (*afterburner*) ref.[5].

2.2 Penelaahan dari Segi Disain/Rancangan.

Penelaahan lebih teknis dari jenis motor diatas, a.l :

2.2.1 Motor Torak

Jenis ini tidak termasuk dalam Tabel Garuda ataupun TNI-AU, karena penggunaannya sudah terbatas kepada pesawat latih mula saja dengan batas ketinggian dan prestasi yang terbatas.

2.2.3 Motor Turbofan

Tipe ini lebih banyak dipakai terutama oleh Garuda. Semua pesawat Garuda bermesin turbofan karena hemat bahan bakar, gaya dorong relatif besar pada kecepatan rendah sehingga landasan pacu relatif pendek, efisiensi propulsi lebih tinggi dari turbojet sehingga kecepatan pesawat akan naik lebih tinggi pada penambahan sedikit kecepatan V_{jet} di nosel sesuai rumus referensi [1]:

$$\eta_p = \frac{N_F}{N_e} = \frac{2}{1+\sigma} = \frac{2}{1+C_j/C_o},$$

Dimana :

η_p = efisiensi propulsi

N_F = daya dorong

N_e = energi kinetik yang diserap motor

$\sigma = C_j/C_o$

C_j = kecepatan jet gas keluar nosel = V_{jet}

C_o = kecepatan terbang = V_{fl}

Kebisingan relatif lebih kurang dibanding tipe motor-motor lain, EPNL (Effective Perceived Noise Level) ≤ 103 db memenuhi syarat *noise level* stage-3 sesuai ketentuan badan penerbangan ICAO/FAA.

Semakin besar perbandingan laju aliran dingin terhadap aliran panas atau BPR (*By Pass Ratio*) =λ , maka semua

kelebihan tersebut di atas semakin meningkat. Hemat bahan bakar terjadi karena semakin besar laju aliran dingin yang tidak memerlukan bahan bakar. Pada BPR tinggi laju aliran panas yang memerlukan bahan bakar semakin berkurang, sehingga pemakaian bahan bakar akhirnya juga menurun. Sedangkan gaya dorong tidak menurun karena diimbangi oleh naiknya massa udara dingin, walaupun kecepatan pancar gas (V_{jet}) berkurang.

2.2.4 Motor Turbojet

Pesawat TNI-AU yang menggunakan turbojet murni atau λ=0 adalah : F-5 E/F Tiger dan pesawat A-4 Skyhawk.

- F-5 E/F Tiger, pesawat tempur dan latih dengan motor tipe GE-J-85-21-B/C, dapat menggunakan pembakaran kedua (*afterburner*) sehingga kecepatan terbangnya meningkat menjadi supersonik karena gaya dorongnya T = 22.24 KN, sehingga pesawat masuk kategori buru sergap (*fighter interceptor*). Jika tanpa pembakaran kedua, gaya dorong T = 14,6 – 15,57 KN saja, lebih sesuai sebagai pesawat latih tempur atau sebagai pesawat bantuan/dukungan udara taktis.
- A-4 Skyhawk dengan motor GE-J-62-P6 B/C, walaupun gaya dorongnya lebih besar, yakni T = 41,4 KN namun banyak dibebani muatan bom, persenjataan berat dan crew sebanyak 2 orang sehingga tidak tergolong buru sergap melainkan berperan sebagai pesawat tempur serang (*attack*).

2.3 Penelaahan/Perbandingan Prestasi dan Karakteristik Motor

Pembahasannya akan meliputi :

Gaya dorong, pemakaian bahan bakar, kebisingan (pengaruhnya pada lingkungan), derajat keandalan (*reliability*) dan penerapan teknologi maju.

2.3.1 Gaya Dorong

Sudah sejak rancangan awal di pabrik motor maupun pabrik pesawat besarnya gaya dorong dihitung disesuaikan dengan kebutuhan operasional pesawat yang menggunakannya.

Ada dua data gaya dorong yang penting :

1. Gaya dorong untuk lepas landas, pada kecepatan yang masih relatif rendah untuk mengangkat pesawat penuh bahan bakar atau *Maximum Take Off Weight* (MTOW) melawan hambatan udara dan gesekan landasan.
2. Gaya dorong waktu terbang jelajah, umumnya pada Mach 0,8-0,85 dan ketinggian 10-12 Km.

Selain itu kelebihan daya/gaya dorong yang ada akan menentukan kecepatan mendaki yang maksimun (*maximum rate of climb*).

2.3.2 Konsumsi Bahan bakar (TSFC)

Penggunaan bahan bakar paling lama adalah waktu terbang jelajah/*cruise flight*, ini akan menentukan terutama jarak capai pesawat. Biasanya pemakaian bahan bakar adalah fungsi dari besar gaya dorong dan lama penerbangan dan juga dipengaruhi ketinggian serta kecepatan terbang. Ketinggian dan kecepatan jelajah pesawat Garuda rata-rata 30-35.000 kaki atau kurang lebih 10-12 Km dengan kecepatan Mach 0,8-0,85. Untuk pesawat Garuda TSFC lebih kurang 0,584-0,667 lb/hr/lb atau 16,54-18,9 mg/Ns (ini sesuai untuk BPR 4,31-5,31). Sedangkan sesuai referensi [6] kurva penurunan TSFC dari tahun 1958 s/d tahun 2002 rata-rata trendnya menurun 0,82 menjadi 0,50 lb/hr/lb atau 23,23 menjadi 14,27 mg/Ns.

2.3.3 Persyaratan Lingkungan

Garuda Maintenance Facillity (GMF) memperkecil derajat kebisingan, a.l. dilakukan dengan mengurangi sudut flap pada waktu pendaratan/*approach* dari 50° menjadi 35°. Hal ini dikukuhkan dengan 7 kali uji terbang ke Menado tgl 25-29 Oktober 2001 dengan pesawat DC-10, motor GE-CF6-50C, yang derajat kebisingannya semula masih lebih dari ketentuan untuk pendaratan. Hasil uji terbang pada bulan Oktober 2001, memberikan hasil yang cukup memuaskan.

Berat Kotor (Kg)	Sudut Flap (derajat)	Kebisingan (*Noise Level* = EPN db)		
		*Side Line** (Point)	*Take Off* ** (Point)	*Approach* *** (Point)
243353 (waktu take off)	10	98	103	-
186426 (waktu approach)	35	-	-	103

* = dari samping *** = waktu pendaratan
** = waktu lepas landas

Ini cukup baik, sesuai ketentuan data-data dari : a,b dan c

	(a) (Pabrik Motor) *Manufacturer*	(b) ICAO	(c) CASR
Approach (186426 Kg)	103 db	103,6	103,4
Take Off (243353 Kg)	103 db	101,2	101
Side Line Point	98 db	101,4	101

Dengan teratasinya EPN db pada waktu pendaratan, diikuti pengukuhan dari instansi kelaikan maka armada pesawat Garuda yang memenuhi ketentuan stage 3 tingkat kebisingan dari ICAO/FAA semakin bertambah.

2.3.4 Derajat Keandalan (Reliability)

Dari laporan Garuda/GMF, Engineering Reliability Report July 2000 terdapat lembaran :

- Laporan/Ikhtisar Operasi Setiap Pesawat Dari Seluruh Armada
- Laporan Pilot
- Laporan/Ikhtisar Operasi Motor

yang melaporkan semua data dan informasi yang mendetil mengenai segala hal yang terjadi dengan kelainan/penyimpangan yang dialami sewaktu operasi. Laporan ini dibuat secara periodik tiap bulan sampai satu tahun untuk setiap pesawat dari seluruh armada Garuda. Pada umumnya kelainan dan *gangguan* dapat diatasi dan dalam batas yang dapat ditolerir. Contoh informasi : Keandalan dalam tugas operasi (*dispatch reliability*) pesawat Airbus 330 dari mulai Agustus 1999 sampai Juli

2000 menunjukkan angka rata-rata diatas 97%. Contoh lain : Engine Operation Motor Rolls Royce Trent 768, untuk pelepasan/*removal* (*plan/unplanned – basic/non basic*) total untuk tahun 1999 10 kali, dimana yang *unplanned* hanya 2 kali. Engine mati waktu terbang (*in flight shut down*) selama Agustus 1999 s/d Juli 2000 tidak terjadi.

2.3.5 Penerapan Teknologi Maju

Rancangan motor propulsi ataupun subsistemnya sebaiknya merupakan perpaduan yang serasi dari pengalaman yang berharga dan disain modern/advanced technology. Sistem baru akan ekonomis karena berpegang kepada : daya tahan (*durability*), keandalan yang langsung tercakup (*inherent reliability*), perawatan yang terbatas (*minimum maintenance*) dan tak mencemari lingkungan (*clean neighbourhood*), sedangkan kinerjanya dirancang sesuai kebutuhan daya, motor yang efisien dan bersih, gaya dorong sesuai kebutuhan tetapi masih dapat dilebihkan (*growth potential*), hemat bahan bakar (*fuel efficient*) dan dapat bertahan pada prestasi tinggi (*high performance retention*). Dalam hal ini teknologi maju hanya diterapkan jika : menambah prestasi, mengurangi biaya operasi dan perawatan atau menambah profit perusahaan.

3. ARMADA GARUDA INDONESIA

3.1 Spesifikasi dan Data Pesawat

Sesuai referensi [5] diperoleh spesifikasi dan data yang cukup banyak mengenai armada pesawat Garuda. Selanjutnya dengan menggunakan referensi [5] & [7], Tabel B-3 appendix B, hal 863, mengenai gasturbine engine data telah dapat disusun tabel baru, yakni Tabel 1, yang mencakup data-data : kode motor yang dipakai pesawat Garuda, ratio/perbandingan laju aliran udara (BPR=λ), gaya dorong maximum pada waktu lepas landas (*take off*), dan gaya dorong serta pemakaian bahan bakar (TSFC) pada waktu terbang jelajah (*cruise flight*) di ketinggian kurang lebih 12 Km dan kecepatan mach 0,8-0,85.

Pemakaian bahan bakar dihitung dalam mg selama 1 detik pada per (Newton) gaya dorong pada penerbangan jelajah di ketinggian dan kecepatan Mach yang sama. Adapun derajat keandalan (*reliability*), yang merupakan faktor sangat penting untuk keamanan dan menambah keyakinan (*confidence*) dari Garuda khususnya bagi para penumpang (*customer*), mempergunakan juga referensi [5], yang dilaporkan tersendiri berupa Engineering Reliability Report dari Garuda /GMF periode Juli 2000.

3.2 Penilaian dan Pemilihan Motor Pesawat

3.2.1 Pemilihan Tipe CF-6-80C_2 GE

Tabel 1 menggambarkan seluruh armada Garuda, yang terdiri dari sembilan jenis pesawat, dengan tujuh macam motor. Dalam makalah ini tidak akan dibahas proses pemilihan yang telah dilakukan Garuda dari sekian banyak motor untuk sembilan tipe pesawat tersebut, melainkan membahas prinsip pemilihan motor yang disesuaikan dengan faktor teknis dan non teknis, termasuk logistik, yang juga dapat identik dengan kriteria yang dibuat oleh Tim Penilai Garuda, dengan menggunakan contoh yaitu pesawat Boeing 747-400 dengan motor CF-6-80C_2. Boeing 747-400 (sesuai referensi [8]) dapat menggunakan 3 tipe motor, yakni :

1. Motor Rolls Royce RB-211-524G prod.th1989
2. Motor Pratt Whitney PW-4000/4056 th.1987/89
3. Motor General Electric CF-6-80C_2 th.1987

Tabel 2 Perbandingan Data 3 Motor

Tipe	T.O Thrust (KN)	B.P.R	T.S.F.C (mg/Ns)	O.P.R	Berat Motor (KN)
RB-211-524G	258	4,30	16,15	33	43,9
PW-4056	252,2	4,8	15,36	30,2	40,9
CF-6-80 C_2	257,5	5,19	16,32	29,3	40,6

Catatan :
T.O Thrust = gaya dorong pada waktu lepas landas
BPR = By Pass Ratio
T.S.F.C = Thrust Specific Fuel Consumption (Pemakaian Bahan Bakar)
OPR = Overall Pressure Ratio (hasil masukan ke motor dan kompresor)

Tabel 1. Spesifikasi dan Data Armada Pesawat Garuda Indonesia

Jenis	Jumlah (dpt berubah)	Tipe Motor	Data Lepas Landas/*Take off*			Data jelajah/*Cruise*			
			Gaya Dorong (KN)	BPR [-]	Berat Motor (KN)	Ketinggian (Km)	Mach [-]	Gaya Dorong (KN)	Bahan Bakar (mg/Ns)
B747-400	3	CF-6-80C_2B_1F-Fadec	233,52	5,31	40,632	11,48	0,80	53,38	16,32
B747-200	4	JT-9D-7Q	235,74	5,0	41,34	11,48	-	-	17,56
B737-500	10	CFM-56-3C1 (CFMI)	104,53	5,00	18,86	11,48	0,85	53,15	18,9
B737-400	7	CFM-56-3C1 (CFMI)	104,53	5,00	18,86	11,48	0,85	53,15	18,9
B737-300	5	CFM-56-3C1 (CFMI)	104,53	5,00	18,86	11,48	0,85	53,15	18,9
A330-341	6	RRTrent768	300,24	5,10	-	11,48	0,85	21,75	18,9
A300-B4-220FF	2	PW-4000 (100inch)	302,46	5	-	11,48	0,8	29,36	16,54
DC-10-30 Series 5	6	GE-CF6-50	233,52	4,31	-	11,48	0,80	51,42	17,83
F-28-MK 3000	3	RRSpey555-15H	44,04	1,0	10,42	-	-	-	-
F-28-MK 4000	7	RRSpey555-15H	44,04	1,0	10,42	-	-	-	-

Dari ketiga motor ini gaya dorong waktu lepas landas (*Take Off Thrust*), perbandingan aliran dingin/aliran panas, tekanan yang dihasilkan lubang masuk motor *intake* dan kompresor, berat motor, data-datanya masih sebanding. Namun demikian motor GE memiliki beberapa kelebihan dalam hal kematangan (*maturity*), karena sudah beroperasi dengan baik sejak tahun 1987, kesamaan tipe (*commonality*) dengan motor CF-6-50 pesawat DC-10, serta biaya perawatan (*maintenance cost*) dan pelayanan purna jual (*after sales service*) relatif lebih sesuai bagi Garuda.

3.2.2 Spesifikasi Motor Pesawat Armada Garuda

Melihat tujuh motor Garuda pada tabel perbandingan aliran dingin/aliran panas, umumnya berkisar antara 4,5-5,30 (kecuali pada pesawat relatif kecil/F-28, dengan RR Spey 551), hal ini telah sesuai dengan turbofan generasi ke-2 sesuai referensi [10] yang umumnya dengan BPR antara 4 s/d 6. Dengan meningkatnya BPR turbofan dari generasi ke-1, dengan BPR 0,5 s/d 1,7 ke generasi ke-2, pesawat transportasi sipil akan lebih irit/hemat, efisiensi propulsinya naik, dan kebisingan udara banyak berkurang kecuali yang diakibatkan oleh kompresor dan fan, yang secara teknis masih juga dapat dikurangi.

3.3 Kesan Kinerja Garuda

Data dan fakta di atas secara garis besar memberikan gambaran bahwa lingkup/data ada dalam batas kewajaran. Begitu pula laporan dari buku reliability armada Garuda periode Agustus 1999 sampai Juli 2000 memberikan gambaran dan kesan yang cukup baik mengenai derajat keandalan. Hal ini memperlihatkan bahwa pemilihan mesin pesawat, operasi dan perawatannya sudah dilakukan secara profesional sesuai ketentuan yang berlaku.

4. ARMADA PESAWAT TNI-AU

4.1 Data dan Kinerja Pesawat

Sesuai referensi [2] dan [3], diperoleh sejumlah data yang terbatas namun masih dapat digunakan untuk memberikan gambaran umum. Dengan data ini, dibuat suatu tabel seperti terlihat pada Tabel 3 yang susunan dan data-datanya menyoroti sejumlah pesawat yang ada. Secara umum dapat dikemukakan bahwa pesawat militer di atas memiliki BPR antara 0,57 hingga 0,8. Sementara nilai BPR bagi pesawat militer umumnya memang kecil saja yaitu umumnya antara 0 sampai 1,75, supaya pada kecepatan tinggi hambatan udara tidak terlalu besar naiknya karena luas permukaan motor turbofan membesar sesuai radius fan. Hal ini sesuai tuntutan pesawat tempur yang memerlukan kelincahan gerak.
Pada pesawat angkut jarak jauh mungkin saja BPR cukup tinggi untuk menjamin penggunan bahan bakar yang lebih hemat seperti pada Boeing 707 TNI-AU dengan $\lambda = 2{,}415$ dan pesawat angkut raksasa USAF C-5 A (Galaxy) dengan $\lambda = 8$.

4.2 Pengadaan Pesawat TNI-AU

Pada umumnya pengadaan/akuisisi peralatan yakni pesawat dengan segala sistem beserta dukungan fasilitas lainnya yang dibutuhkan disusun bersama dan direncanakan oleh negara/pabrik penjual yang pada perjanjian FMS (*Foreign Military Sales*), USAF banyak berpengaruh dalam masalah teknis dan *Integrated Logistic Support* (ILS). Semua perencanaan diatas kemudian dibahas bersama tim TNI-AU terutama dari aspek operasi, logistik dan perencanaan umum. Yang cukup menonjol adalah kesiapan operasional yang dapat terbatas karena bidang logistik/perawatan yang belum lancar. Arus suku cadang (*flow of spares*) dan kemampuan perawatan dalam negeri merupakan hal yang perlu lebih ditingkatkan.

Tabel 3. Spesifikasi dan Data Armada Serta Mesin Pesawat TNI-AU (ref. [2] & [3])

Jenis	Tipe Motor	Gaya Dorong (KN) *Maximum Military Power* (SLS)	BPR (λ)	Bahan Bakar (mg/Ns)
Sukhoi SU-30	AL-31 F	*Max Reheat* 125	0,57	*Max Reheat* 54,40
		MaxDry 78,7		*Max Dry* 21,25
F-16	F-110-GE-100	127,3	0,8	58,9
Hawk-200	Adour MK 871	-	0,75	-
Hawk-100	Adour MK 871	-	0,75	-
MK-35 53 Hs Hawk	Adour MK 851	-	0,75	60,34
F-5 E/F Tiger	GE-J-85-21 B/C	*Afterburner* 22,24 *Military* 15,57 *Normal* 14,6	0 (Turbojet)	60,34 28,33 28,05
A-4 Skyhawk	GE-J-62-P6B/C	41,4	0	-
C-130 B Hercules	Allison T56-A-7	16,8	Turboprop	-
C-130 H Hercules	Allison-T56-A-15	20,5	Turboprop	-
F-28 Fokker	Rolls Royce Spey 555-15 H	43,8	1,1	-
NAS-331 Superpuma	Makila 1A1	-	Turboshaft	-
Boeing 707 Transport	JT-3D-3B	80,06	2,415	-

Catatan :
SLS = Sea Level Static (statis, ketinggian 0 meter)

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Sesuai bagian 2 naskah ini, yakni Penilaian Sistem Propulsi Pesawat dan bagian-bagian berikutnya, telah banyak dibahas penilaian/pemilihan yang berkaitan dengan armada pesawat Garuda dan Angkatan Udara. Hal ini antara lain menyangkut pemilihan dan penilaian sistem propulsi termasuk kinerja dan karakteristiknya yang menonjol, antara lain :

- pemilihan jenis sistem propulsi sesuai lingkup dan sifat operasinya.
- Pemilihan pabrik/negara asal bagi motor untuk pesawat, seperti halnya pada pesawat Boeing 747-400 untuk mendapatkan tipe yang optimal operasi dan perawatannya.
- Evaluasi dan penetapan perbandingan aliran dingin/panas pada motor turbo fan, atau BPR (λ), 4-6 pada Garuda dan 0-1,75 pada pesawat militer.
- Menilai penghematan bahan bakar dan efisiensi propulsi (η_p) yang tinggi pada BPR yang sesuai.
- Derajat kebisingan (*noise level*), yang dibatasi ketentuan ICAO/CASR yakni dibawah 1,03 db untuk pendaratan (*approach*) pada pesawat sipil seperti pada pesawat DC-10.
- Cara-cara memantau dan menjamin keamanan terbang dan keandalan sistem pada umumnya (*reliability*).
- Hal terakhir ini perlu terus dikembangkan dan konsisten dilaksanakan termasuk juga untuk pesawat militer.
- Teknologi maju yang diterapkan harus menghasilkan keandalan dan efektivitas operasi, hemat biaya, serta menguntungkan bagi perusahaan pengguna armada.

Semua aspek di atas turut serta menjadi tolok ukur dalam penilaian/pemilihan alat untuk mencapai : "*cost effectivenes*", *performance* dan keandalan bagi armada sipil dan untuk pesawat militer kemampuan operasional sesuai kebutuhan dengan dukungan logistik yang memadai. Faktor-faktor lain yang bersifat non teknis seperti aspek politis, perdagangan dan kerjasama antar negara dapat mempengaruhi aliran suku cadang, kerjasama dan dukungan teknis yang dibutuhkan, sehingga patut dipertimbangkan.

5.2 Saran

1. Posisi kemampuan Indonesia yang dalam bidang teknologi, riset, prasarana perawatan dan industri berteknologi maju belum cukup siap, harus dengan berbagai cara diatasi dan ditingkatkan. Kemampuan dalam bidang-bidang tersebut, terutama penyediaan tenaga ahli profesional ,dari berbagai strata dan keahlian dalam jumlah dan kualitasnya harus segera dipacu dalam program nasional terpadu.
2. Untuk mencapai hal tersebut di atas perlu diusahakan juga kerjasama dengan pihak-pihak di dalam maupun luar negeri secara intensif dan berdaya guna.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, Wiranto, *Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi*, Penerbit ITB, Bandung, 2002.
2. British Aerospace : *Hawk 60, 100, 200 Military Aircraft*, Technical Publications PR4 IAX, England.
3. DISAERO-AU, Data-Data (Spesifikasi) Pesawat TNI-AU, Maintenance Manual : TurboProp Makila, Northprop, Rolls Royce Aero Engine : Spey-Maintenance, Engine Description : C130 B Hercules. Cathay Pacific Airways : *Engine JT 3D-3B Tech. Manual.*
4. Garuda Indonesia, *Engineering Reliability Report Periode : July 2000 Engineering (C, GK, MEGA)*, Garuda Maintenance Facility, Indonesia.
5. General Electric's Preliminary Engine Design 28/08/00.
6. Jane' Information Group 1996, September Cruise *Spec.Fuel Consumption Civil Jet Engines.*
7. Mattingly, Jack D., *Elements of Gasturbine Propulsion Vol. II*, McGraw Hill International Editions 1996, Mechanical Engineering Series.
8. Mehta, Baldev K., *40 years of Powerplants on Boeing Commercial Airplanes*, Airliner, July-September, 1990.
9. Rolls Royce/UK, *Aero Engines*, Sept.2000/AENG-Issue 0-1-3-7-8.
10. Wittenberg, H., *Aircraft Propulsion Leading The Way In Aviation*, Delft University of Technology, Faculty of Aerospace Engineering Report LR-532 September 1987.