

PERANCANGAN KONSEPTUAL PESAWAT AMPHIBI KAPASITAS 4 ORANG PENUMPANG

Ardian¹, Ir. FX. Djamari²
Program Studi Teknik Penerbangan Fakultas Teknik
Universitas Nurtanio Bandung

ABSTRAKSI

Pada tugas akhir ini, penulis melakukan perancangan konseptual pesawat amfibi berpenumpang 4 orang dimana penulis melihat peluang bahwa Negara Indonesia adalah negara maritim dan masalah waktu terhadap transportasi yang ada di perairan, dalam perancangan ini adalah tahap awal bagian dari *conceptual design*. Untuk fase *conceptual design* menjelaskan keinginan pesawat yang akan dibuat, kebutuhan pasar, kemampuan perusahaan, dan ketentuan peraturan. Dimana target yang akan dicapai pada fase ini adalah *initial aircraft configuration* dan *design alternative* berupa gambar, dimensi dan analisis *performance*.

Perhitungan *conceptual design* dari pesawat amfibi berpenumpang 4 orang dilakukan dengan menggunakan metode Raymer dan apabila tidak mencapai sasaran akan dicari dengan menggunakan metode Roskam ataupun Gundmunsson. Pada beberapa perhitungan parameter dilakukan menggunakan data statistik dan historis. *Conceptual design* merupakan fase yang dinamis sehingga sedikit perubahan akan mempengaruhi *sizing*, *gross weight*, *performance* dan parameter lainnya.

Pesawat amfibi berpenumpang 4 orang ini adalah pesawat boat atau penggabungan antara perahu dengan pesawat terbang dengan kata lain perahu yang bersayap, sehingga pesawat ini dapat *takeoff* dan *landing* di air. Pesawat ini sekelas dengan pesawat Lake La-4-200-Buccaner, Seabee RC-3, Seawind, dan Cobra Landseair, dengan membandingkan konsep baru pesawat amfibi dengan pesawat yang sekelas maka *design* konsep baru pesawat amfibi ini dapat dikoreksi apakah hasil rancangan memenuhi *requirement* atau tidak. Beberapa struktur pesawat amfibi ini menggunakan bahan komposit khususnya pada *hull* dengan pencampuran bahan Kevlar dan Carbon karena sifat material ini dapat menahan *impact* pada saat mendarat di atas air. Dalam perhitungan dilakukan untuk menentukan *W/S*, *W/Hp*, *initial sizing*, *layout data*, *aerodynamic*, *propulsion*, *weight*, *stability and control*, dan prediksi *performance* serta tambahan karakteristik hidrodinamika. Pada bagian aerodinamika dilakukan perhitungan parasite drag dan induced drag pesawat amfibi. Untuk bagian *stability and control* dilakukan perhitungan analisis *trim* dan *spin recovery* dimana akan menentukan ukuran dari *tail* pesawat amfibi. Dalam sistem propulsi pesawat amfibi berpenumpang 4 orang menggunakan "*rubber engine*". *Rubber engine* adalah *engine* yang gaya dorongnya dapat disesuaikan dengan kebutuhan pesawat. Untuk perhitungan *weight* hasil dari *empty weight* sebesar 1725 lb dan *gross weight* setelah di *refined sizing* sebesar 3040 lb. hasil dari perhitungan parameter-parameter pesawat amfibi harus dibandingkan dengan data pesawat sekelas. Dari perbandingan ini dapat ditentukan apakah *design* dapat dilanjutkan ke fase *preliminary design* atau perlu dilakukan iterasi kembali.

Pendahuluan

Dengan latar belakang Indonesia yang merupakan negara maritim yang memiliki ribuan pulau dan dipisahkan oleh laut. Berawal dari itu tantangan yang harus dihadapi adalah bagaimana kita mengembangkan suatu kapal atau perahu yang bermaterikan *buoyancy* digabungkan dengan ilmu Aerodinamika sehingga menghasilkan design *flying boat*. Dalam hal Sistem Transportasi Udara, *flying boat* ini berguna untuk menghubungkan pulau sehingga perekonomian di Indonesia dapat berjalan dengan cepat dan efisien. Selain itu tentunya untuk masalah landasan kita tidak perlu menyediakan landasan seperti halnya landasan kering seperti di darat yang menggunakan media aspal untuk permukaan tempat dimana pesawat mendarat, dengan pesawat amfibi ini kita bisa mendarat atau pun lepas landas di permukaan aspal atau air misalnya di danau, laut, ataupun sungai yang cukup besar.

Flying boat adalah pesawat amfibi atau *seaplane* bersayap tetap yang menggunakan *hull* atau lambung pada permukaan bawah *fuselage*, memungkinkan untuk mendarat di air. Pesawat ini berbeda dengan pesawat yang menggunakan *float* tujuannya dari desain fuselage yang menjadi floatnya, menggunakan metode *aircraft buoyancy*. *Flying boat* dapat distabilkan oleh *under-wing floats or by wing-like projections* (disebut sponsons) pada *fuselage*.

Berhubungan dengan masalah diatas ditambah dengan berkembangnya zaman dan teknologi yang pesat, dimana para perancang pesawat berlomba mendesain pesawatnya sedemikian rupa sehingga menjadi pesawat yang mempunyai karakteristik aerodinamik yang baik. Dalam penelitian ini akan dikembangkan *design* pesawat dengan menggabungkan *design* kapal atau perahu dengan pesawat terbang yang mampu mengangkut penumpang. Dengan begitu penulis akan merubah sedikit pola pikir bahwa adanya pesawat yang mendarat di air (*seaplane* atau *flying boat*) menjadi perahu yang bisa dikatakan “bisa terbang” atau perahu terbang. Dengan pendekatan *conceptual design* maka dalam penelitian ini akan dilakukan perancangan konseptual perahu terbang.

TEORI DASAR

Perancangan pesawat yang *complex* memungkinkan metode yang diusulkan banyak dimanfaatkan untuk ukuran bentuk pesawat. “*Sizing*” mengacu pada ukuran umum pesawat, dengan fokus pada berat pesawat, geometri dan parameter lain yang dibutuhkan untuk memenuhi tujuan yang diperlukan pada misinya. Raymer telah menerbitkan rincian langkah-langkah yang terlibat dalam perancangan konseptual dari pesawat terbang. Raymer mengusulkan dua jenis proses *sizing*, kelas I dan kelas II. Kelas I proses *sizing*, melakukan *build-up* progresif

takeoff weight dari pesawat yang meliputi berat *crew*, *payload*, *fuel* dan *empty weight* pesawat. Berdasarkan rasio empiris dari *takeoff weight* dengan *empty weight* pesawat, estimasi *empty-weight* dapat dilakukan. Kelas II proses *sizing* menggunakan metode yang berbeda untuk menghitung *empty weight* pesawat, di mana bobot komponen individu dihitung berdasarkan persamaan berat statistik.

“*Design takeoff gross weight*” adalah total berat pesawat yang dimulai dari misi yang akan dirancang. *Design takeoff gross weight* dapat dipecah menjadi *crew weight*, *payload* (atau penumpang) *weight*, *fuel weight*, dan sisanya (atau “*empty*”) *weight*. *Empty weight* meliputi *structure*, *engines*, *landing gear*, *fixed equipment*, *avionics*, dan hal lain yang tidak dianggap sebagai bagian dari *crew*, *payload*, atau *fuel*. Persamaan merangkum *takeoff-weight buildup*.

$W_0 = W_{crew} + W_{payload} + W_{fuel} + W_{empty}$
Crew and payload weight keduanya diketahui sejak mereka diberikan dalam persyaratan *design*. Satu-satunya yang tidak diketahui adalah *fuel weight* dan *empty weight*. Namun, *fuel weight* dan *empty weight* tergantung pada total berat pesawat. Dengan demikian proses yang berulang-ulang harus digunakan untuk ukuran pesawat.

Untuk mempermudah perhitungan, baik *fuel* dan *empty weight* dapat dinyatakan dengan *fraction of the total takeoff weight*, yaitu

(W_f/W_0) dan (W_e/W_0) . Jadi persamaan menjadi:

$$W_0 = W_{crew} + W_{payload} + \left(\frac{W_f}{W_0}\right)W_0 + \left(\frac{W_e}{W_0}\right)W_0$$

Hal ini dapat diselesaikan untuk W_0 sebagai berikut:

$$W_0 - \left(\frac{W_f}{W_0}\right)W_0 - \left(\frac{W_e}{W_0}\right)W_0 = W_{crew} + W_{payload}$$

$$W_0 = \frac{W_{crew} + W_{payload}}{1 - (W_f/W_0) - (W_e/W_0)}$$

Untuk analisis, berbagai misi segmen, atau “*legs*,” diberi nomor, dimana nomor nol menunjukkan dimulainya misi. Misi *leg* “satu” biasanya *engine warmup* dan *takeoff* untuk estimasi ukuran orde pertama. *Leg* yang tersisa berurutan nomor.

Sebagai contoh, dalam misi *cruise*, *leg* bisa diberi nomor sebagai (1) *warmup and takeoff*, (2) *climb*, (3) *cruise*, (4) *loiter*, dan (5) *land*. Dalam cara yang sama, berat pesawat di setiap bagan dari misi dapat diberi nomor. Dengan demikian, W_0 berat awal (“*takeoff gross weight*”). Untuk misi *cruise* sederhana, W_1 akan menjadi berat di akhir segmen misi pertama, yang merupakan *warmup and takeoff*. W_2 akan menjadi berat pada akhir *climb*. W_3 akan menjadi berat setelah *cruise*, dan W_4 setelah *loiter*. Akhirnya, W_5 adalah berat di akhir segmen pendaratan, yang juga merupakan akhir dari total misi.

Warmup, *takeoff*, dan *landing weight-fraction* dapat diestimasi secara *history*.

Tabel 1 memberikan nilai-nilai *history* yang umumnya digunakan untuk ukuran awal.

Tabel 1.1 Historical misi segmen weight fraction.
(Sumber: Daniel P. Raymer, *Aircraft Design: A Conceptual Approach* Halaman 16)

	(W_i/W_{i-1})
Warmup and takeoff	0.970
Climb	0.985
Landing	0.995

TAHAPAN PERANCANGAN

Conceptual design adalah proses menentukan keinginan pesawat yang akan dibuat dimana *requirement* pesawat ditentukan berdasarkan kepada kebutuhan konsumen dimasa yang akan datang dan penyesuaian rancangan terhadap keinginan pasar. Target pada proses *conceptual design* adalah “*initial aircraft configuration*” dan “*design alternatives*”.

Preliminary design merupakan pendetailan rancangan dan analisis “*area engineering*” sehingga menjadi konfigurasi pesawat yang sudah baku. Pada umumnya perangkat yang memerlukan jangka panjang juga dipersiapkan misalnya: *labs* dan *ground test facility*, serta persiapan produksi.

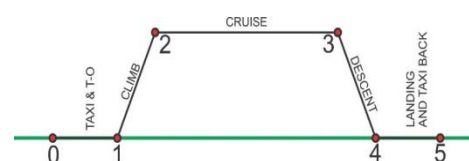
Detail design dimulai dari rancangan akan dilanjutkan untuk dipabrikasi. Sebagai contoh pada *conceptual* dan *preliminary design* suatu *wing box* dirancang dan dianalisis secara kesatuan, sedangkan selama *detail design* kesatuan tersebut dibagi menjadi beberapa bagian seperti *wing rib*, *spar*, dan *skin* dimana

masing-masing bagian tersebut dianalisa dan dirancang terpisah.

PERANCANGAN

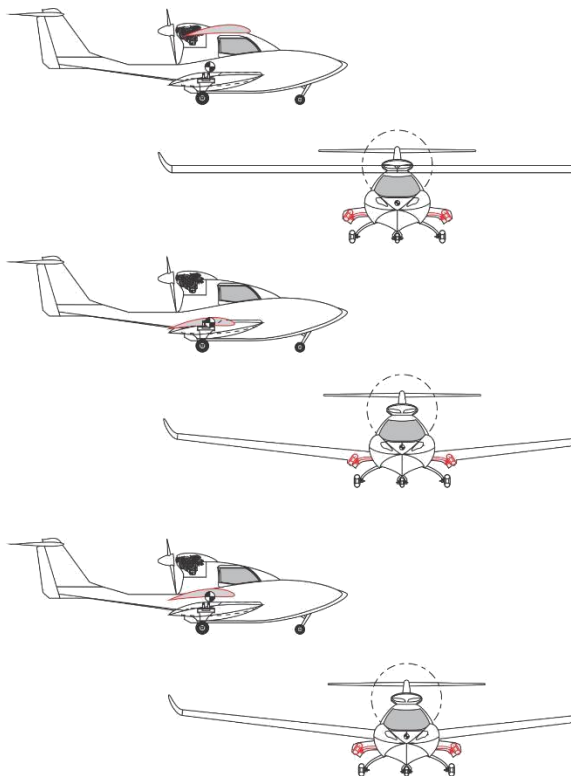
Berdasarkan kajian yang dilakukan pada data pembandingan pesawat di atas, maka dalam penelitian ini ditentukan *design objective* dari rancangan pesawat amfibi sebagai berikut.

- 1) Kapasitas pesawat
Pesawat memiliki kapasitas 4 orang penumpang yaitu 1 orang *crew/pilot* dan 3 *passengers*. Dengan asumsi 1 penumpang 175 pounds dan 1 *baggage* 30 pounds.
- 2) Sistem propulsi
Menggunakan satu *engine piston* dengan pemasangan *pusher propeller*
- 3) Performance
 - a. Maksimum *Speed*: 137 knots
 - b. *Stall speed*: 45 knots
 - c. *Cruise speed*: 122 knots
 - d. Jarak *takeoff*: 1125 ft over 50'
 - e. *Rate of Climb*: 1050 fpm
 - f. Jarak *cruise*: 230 nm
 - g. Ketinggian: 8000 feet
 - h. *Crew* dan *payload*: 820 pounds
- 4) Basis sertifikasi
FAR 23 (Experimental)
- 5) *Mision Profile*



Gambar 1 Konsep *Mision profile* pesawat amfibi.

Design yang sebenarnya ialah membuat sebuah sketch atau gambar awal untuk prediksi awal dan sebagai acuan tata letak pada pesawat. Gambar 2 menggambarkan *sketch* dengan berbagai pilihan konfigurasi.



Gambar 2 *Conceptual sketch* pesawat amfibi.

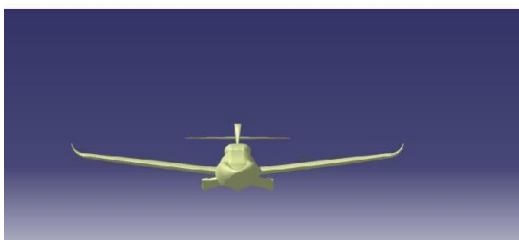
HASIL

Tabel dibawah menunjukkan ringkasan perhitungan dari desain pesawat amfibi berkapasitas empat orang penumpang yang telah dilakukan sesuai dengan metoda Raymer

Tabel 2 Ringkasan Hasil Perhitungan Pesawat Amfibi

Aircraft Component	Parameter	Symbol	Value		
Aircraft	Gross Weight	W	3021	lb	
	Moment of Inertia	Ix	2807	slug-sq ft	
		Iy	1610	slug-sq ft	
		Iz			
Wing	Area	S	239	sq ft	
	Exposed Area	Se	164	sq ft	
		Root			
	Chord	Cr	6.8	ft	
		Exposed			
	Root				
		Chord	Cre	5.9	ft
	Tip Chord	Ct	4.1	ft	
	Span	b	43.8	ft	
		Exposed			
	Span	be	33.6	ft	
		Aspect			
	Ratio	AR	8		
		Exposed			
Aspect					
	Ratio	Are	7.974		
Leading Edge					
	Sweep		3.4	degree	
C/4					
	Sweep				
C/2					
	Sweep				
MAC	c	5.6	ft		
Vertical					
Tail	Area	Svt	40.5	sq ft	
	Exposed	Svt			
		Area	e	38.05	sq ft
	Exposed	cvt			
		MAC	e	5.85	ft
Tail Length					
	Overall				
Fuselage	Length	lb	26.85	ft	
	Maximum Diameter				
d		6	ft		

Pada sketsa awal ada tiga sketsa yang dapat dipilih menurut penempatan *wing*. Pemilihan dari ketiga sketsa dipertimbangkan dari berbagai aspek, mulai dari segi misi pesawat itu sendiri sampai estetika yang layak untuk dipandang juga hasil dari perhitungan metoda Raymer. Maka, dari ketiga sketsa dipilih pesawat amfibi dengan letak *wing* berada di tengah badan pesawat atau *fuselage* yang biasa disebut *Mid-Wing*. Dilihat dari segi misi bahwa pesawat ini digunakan untuk patrol maka pesawat *mid-wing* sesuai dengan porsinya akan tetapi mempunyai kelemahan tersendiri. Gambar dibawah ini menunjukkan sketsa akhir yang dipilih sesuai dengan perhitungan terhadap desain dari metode Raymer dilengkapi dengan model gambar CAD atau 3D.



Gambar 3 Sketsa akhir pesawat ampibi

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada konseptual *sketch* telah dipilih konfigurasi pesawat yang mampu mengangkut 4 orang penumpang sesuai dengan FAR 23 (Experimental). Untuk penempatan wing dipilih konfigurasi mid-wing, untuk konfigurasi tail menggunakan T-tail, dan untuk konfigurasi menggunakan engine phuser *propeller*. Untuk tipe desain *hull bottom* dipilih tipe *scalloped*. Design hull berpengaruh pada pengoperasian pesawat di atas air walaupun ini sangat berpengaruh pada berat pesawat tetapi ini sangat penting karena pesawat harus bisa mengurangi drag pada saat takeoff di atas air. Sedangkan *landing gear* menggunakan konfigurasi *retractable landing gear* yang dapat dilipat ke dalam sponsons. Dari hasil perhitungan layout data pesawat amfibi diperoleh parameter wing area seluas 239 ft² dan panjang fuselage 26 ft. Apabila dibandingkan dengan pesawat Lake, Seabee, Seawind, dan Cobra Landseair luas wing pada konsep baru lebih besar dari pesawat pembanding karena pemilihan *wing loading* lebih kecil dari pada *wing loading* pesawat pembanding, Raymer menganjurkan untuk *me-refined sizing* dan hasil yang didapat *gross weight* 3040 lb sehingga dilakukan kembali matching plot diagram menggunakan metoda Roskam didapat W/S 18.3 lb/ft² sehingga *wing area* menjadi 166.2 ft². W/S ini berpengaruh pada *stall speed*, *climb rate*, jarak *takeoff*, *cruise*, *descent* dan *landing*. Jika nilai W/S kecil maka ukuran wing akan

menjadi lebih besar yang mengakibatkan bertambahnya *drag* dan *empty weight*. Dari hasil perhitungan didapat hasil *empty weight* 1725 lb. Untuk perhitungan power loading W/Hp konsep baru memiliki nilai lebih kecil dari pesawat pembanding dan hamper sama dengan pesawat Seawind, hasil ini akan berpengaruh pada *performance* pesawat dimana pesawat tidak dapat berakselerasi dan *climb* dengan cepat. Untuk konsep baru pesawat amfibi memiliki W/Hp 10.7 lb/Hp, dimana memiliki kecepatan stall sebesar 45 knot, jarak takeoff ± 829 ft dimana kecepatan pada sealevel sebesar 139 knot dan 135 knot pada 8000 ft, dan memiliki kecepatan menanjak atau *rate of climb* sebesar 36 ft/s. Untuk Hp/W menggunakan metoda Roskam yaitu matching plot diagram power loading menjadi 15.9 lb/Hp.

Dibutuhkan ketelitian untuk seorang perancang ketika melakukan perhitungan karena mengubah satu variable dapat mengubah variable lainnya dan perlu ditekankan pada konseptual perancangan ini hanya menghasilkan sketch gambar dan dimensi pendukung gambar sketch. Untuk itu hasil dari konseptual perancangan pesawat amfibi ini agar dipakai untuk bahan uji analisis mahasiswa Universitas Nurtanio sehingga bahan materi untuk Tugas Akhir tidak selalu harus memperoleh data dari perusahaan ataupun dalam bidang penerbangan lainnya sehingga bahan dari konseptual perancangan ini dapat dilanjutkan

menuju *preliminary design*, dan dapat menjadi nilai jual tersendiri baik di mata publik ataupun Universitas Nurtanio itu sendiri. Permasalahan yang dihadapi penulis ketika merancang pesawat ini adalah bahan materi untuk *naval* karena tidak ada di bidang penerbangan juga data pesawat pembanding yang masih minim. Maka desainer hanya menghitung daripada dasar teori buoyancy itu sendiri dan memakai data Appendix Gundmunsson. Adapun bahan uji yang bisa dianalisa oleh mahasiswa Universitas Nurtanio di ajaran tahun berikutnya yang akan mengambil Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

1. *Aerodynamics*: Menganalisa perbedaan penempatan wing yang dapat menghasilkan gaya angkat yang berbeda, bentuk pemilihan *conventional tail* yang dikatakan pada Gunmundsson bahwa konfigurasi ini memiliki keunggulan dalam hidrodinamika dan *aerodynamics*, dan perbaikan dari hasil *parasite drag* yang dihasilkan masih cukup besar sehingga bisa memodifikasi baik dari bentuk maupun konfigurasi dari pada *airfoil* misalnya.
2. *Propulsion*: Menganalisa kembali hasil daripada *thrust* yang didapatkan sehingga didapat hasil maksimum *thrust* yang lebih baik lagi, apakah bisa pesawat ini digunakan *engine*

turboprop? Jika bisa dianalisa kembali.

3. *Weight*: Pesawat hanya bisa mengangkut 4 orang penumpang bisa kembali dikembangkan untuk desain satu regu yang terdiri dari 6 orang atau lebih, ataupun analisa lebih lanjut *Weight and Balance* yang bisa mengubah *cg* yang lebih baik dan stabil.
4. *Stability and Control*: Menganalisa lebih *detail* dari segi kestabilan *longitudinal* baik dari segi *static* dan *dynamic*, penempatan *engine* yang jauh diatas *wing*, konfigurasi dari *T-tail* bisa dibandingkan dengan *mid* atau *low* kemudian dianalisa lebih stabil mana?.
5. *Structure*: Untuk analisa dalam penulisan, penulis belum melakukan analisa terhadap *structure*, untuk itu dapat dianalisa terhadap *structure* dimana ide dari pada penulis menggabungkan *matrix* dari *composite* antara *Carbon* dengan *Kevlar*, kemudian dari konfigurasi *T-tail* bisa dianalisa karena pada umumnya konfigurasi ini lebih berat.
6. *Hidrodinamika*: Ilmu yang baru dan tidak dipelajari dalam matakuliah yang ada di Fakultas Teknik atau Jurusan Teknik Penerbangan Universitas Nurtanio, teori ini disebut teori *Naval* akan tetapi yang bisa

digunakan atau diaplikasikan dengan ilmu *aerodynamics*.

Daftar Pustaka

1. Raymer, Daniel P. 1989. *Aircraft Design : A Conceptual Approach*. Washington, D.C: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.
2. Roskam, J .1985. *Airplane Design Parts I to VIII*. Kansas: Roskam Aviation and Engineering Corporation.
3. Appendix C-3 Gudmundsson, S. 2013. *General Aviation Aircraft Design*. Elsevier, Inc.
4. Marchman, J. dan Jenkinson L. 2003 *Aircraft Design Projects. For Engineering Students*. Elsevier, Inc.
5. Ambrose Lachlan – a1193418. Head Christine – a1163338. Leknys Ryan– a1610064. Overmeyer Alana– a1192619. Schilling Taree – a1177437. An Amphibious Plane for the Tourism Industry in South- East Asia, Level IV
6. Canamar Alan. Seaplane Conceptual Design and Sizing. University of Glasgow, November 2012
7. Media Komunikasi/Internet:
 - <http://id.wikipedia.org/wiki/Kapal> (Senin 20 Januari 2014 pukul 02.07 PM WIB)
 - http://id.wikipedia.org/wiki/Flying_boat (Selasa 8 Mei 2014 pukul 7.55 AM WIB)
 - <http://bagusnyalah.wordpress.com/2011/02/18/dinamika-terbang>

(Senin 20 Januari 2014 pukul
01.50 PM WIB)

- [http://liputan6.com/perahu-terbang da vinci ada di tallin](http://liputan6.com/perahu-terbang-da-vinci-ada-di-tallin)
(Tuesday, June 10, 2014, 9:22:31 AM WIB)
- <http://www.seawind.net/>
- <http://www.lakeflyers.com/>
- <http://www.seabee.info/>
- <http://www.aviamarket.org/reviews/civil-aircraft/445-cobrandlandseair.html>

8. Diktat Kuliah:

- Perancangan Pesawat Terbang (Semester VIII Slide 01 sampai dengan Slide 10)
- Sudarsono, Pancasila dan Kewarganegaraan (Catatan Kuliah Universitas Nurtanio Bandung, 2010)