

# PENERAPAN TEKNOLOGI SIMULASI DALAM PENGEMBANGAN PESAWAT UDARA

Koento H. Baiquni

Pusat Uji Terbang, PT Dirgantara Indonesia. Jl. Pajajaran 154, Bandung 40174.

e-mail : baiquni@indonesiaian-aerospace.com

## Abstrak

Makalah ini mengulas –secara global- penerapan teknologi simulasi pada wahana transportasi; khususnya pengembangan pesawat udara N250 dan CN235 serta ilustrasi singkat perluasan segmen aplikasi yang merupakan lontaran (spin-off) dari teknologi simulasi pesawat udara yang terakumulasi di PT Dirgantara Indonesia. Kandungan teknologi dan rekayasa pengembangan simulator maupun uji-simulasi untuk menunjang validasi rancang-bangun produk/ wahana, dibahas implementasinya. Teknologi simulasi terbukti merupakan metodologi yang handal, cost-effective untuk memenuhi kebutuhan prediksi dan investigasi karakteristik sistim dinamik. Namun demikian, kadar realitas (sense of realism) simulasi yang dihasilkan bergantung kepada representasi dan kompleksitas sistim simulator yang dipergunakan.

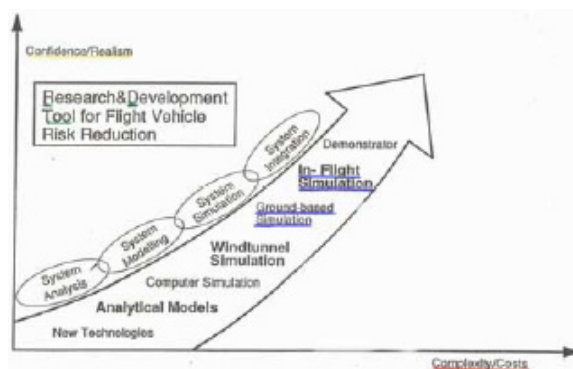
**Katakunci** : design validation-tool, training-aid, pilot-aircraft compatibility, pilot-in-the-loop simulation, closed-loop handling qualities, parameter trade-off study, simulation fidelity, spin-off, cost-effective

## 1. PENDAHULUAN

Kepesatan kemajuan inovasi sistim komputasi dan pemrosesan data; ditopang oleh perkembangan rekayasa sistim telah memposisikan teknologi simulasi dalam (memainkan) peran yang vital di bidang rancangbangun suatu produk industri (contoh : wahana transportasi) maupun pelatihan operasional wahana tsb. Peran ini distimulir oleh kemampuan teknologi simulasi dalam mereproduksi karakteristik dinamik atau menduplikasi perilaku sistim sesungguhnya dalam berbagai kondisi; termasuk situasi & kondisi yang bersifat kritikal. Sehingga teknologi simulasi mempunyai kontribusi yang signifikan dalam proses validasi rancang-bangun suatu produk/ wahana maupun dalam metodologi pendidikan & pelatihan personil/ operator produk/ wahana tsb.

Dalam program rancang-bangun pesawat udara misalnya; ditempuh suatu siklus pengembangan bertahap yang bersifat iteratif melibatkan berbagai sarana pengujian untuk melakukan validasi model (fisik, matematik) maupun pengujian prototipe sampai dengan program sertifikasi pesawat udara tsb. Engineering Flight Simulator (EFS), sebagai 'design validation-tool' digunakan untuk menunjang analisa terpenuhinya DR & O (Design Requirement and Objective) serta investigasi untuk meraih kualitas terbang yang memuaskan. EFS sekaligus menjadi wahana-pelatihan bagi

penerbang-uji menjelang penerbangan perdana *prototype aircraft*. Sehingga kesiagaan & kesamaptan penerbang-uji (test pilot) dalam melaksanakan penerbangan perdana maupun program uji-terbang kian meningkat.



**Gambar 1** Perangkat Riset & Pengembangan Pesawat Udara (source : DLR)

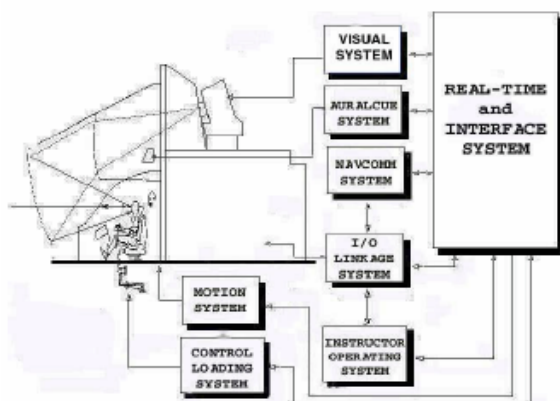
Dengan penerapan teknologi simulasi tsb. ,maka bisa dilakukan parameter trade-off study untuk membakukan konfigurasi rancang-bangun pesawat udara yang optimal guna memperoleh kesesuaian karakteristik interaksi antara penerbang- dengan pesawat udara yang diterbangkan. (pilot-aircraft compatibility). Target studi ini ialah mereduksi resiko pengembangan; yang terkait dengan dengan faktor biaya, rentang-waktu, resiko kecelakaan dan aspek teknis. Berbeda dengan EFS yang dibutuhkan

oleh industri dan R & D institute/ university, maka setelah pesawat udara prototype tsb. lulus uji sertifikasi; kalangan operator penerbangan (airlines) memerlukan *Flight Training Simulator* (FTS). Prasarana pelatihan (training-aid) bagi penerbang ini ditujukan untuk pelatihan prosedur operasional, ketrampilan & keselamatan terbang; termasuk pengendalian prosedur kondisi darurat penerbangan -dalam wujud simulasi terbang-(terutama) guna memelihara dan transisi kualifikasi kecakapan terbang (transition, type rating, proficiency check).

## 2. METODOLOGI SIMULASI TERBANG

Metoda simulasi bisa ditempuh secara berjenjang; mulai dari (off-line, quasi real-time) computer simulation, hingga real-time simulation; menggunakan perangkat keras tiruan (dummy) hingga riil (real instrument) dengan melibatkan penerbang dalam 'siklus kendali tertutup' (*pilot in-the-loop simulation*). [1]

Prinsip dasar simulasi terbang ialah pembangkitan respons gerak atau mereproduksi karakteristik terbang sebagai akibat masukan pengendalian yang dilakukan oleh penerbang (pilot command/ control input) maupun gangguan internal/ eksternal (atmospheric disturbance). Kondisi & situasi terbang setiap saat dipantau/ dipersepsikan oleh penerbang melalui panel instrument indicator & display, visualisasi pandangan perspektif luar cockpit (visual image system), orientasi orthogonal & gerak relatif (motion system) serta perasa gaya pengemudian (control feel-force).



**Gambar 2** Pilot-in-the-loop Simulation

Untuk memperoleh duplikasi kemiripan karakteristik terbang pesawat udara (high-fidelity simulation), mensyaratkan model matematis yang representatif -diimplementasikan dalam wujud perangkat lunak simulasi-. Simulator Cockpit berikut perangkat keras di dalamnya diperlukan sebagai media perantara

pengemudian/ pengendalian maupun pemantauan penerbang terhadap pesawat udara yang disimulasikan (human-machine interface). Perangkat sub-sistem penunjang; seperti visual system, motion system dibutuhkan untuk acuan umpan-balik orientasi penerbang. Kecuali itu, terdapat Control Loading-System; yaitu sistem pembangkit beban-tiruan/ gaya pengendalian pada manipulator kendali penerbang (cockpit flight controller).

## 3. PENGEMBANGAN SIMULATOR PESAWAT UDARA

Pasal ini mengulas tentang pentahapan dalam pengembangan simulator serta aktifitas integrasi & pengujian serta ilustrasi status (state of the art) teknologi simulasi pesawat udara.

### 3.1. Pentahapan Pengembangan Simulator

Tahapan ini diawali dengan analisa sistem fisis yang akan disimulasikan dan analisa spesifikasi simulator, diikuti oleh perancangan simulator dan koleksi data sistem fisis tsb. Kemudian dilanjutkan dengan pengadaan perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak, pembuatan/ perakitan perangkat keras yang dilanjutkan dengan instalasi. Tahap berikutnya ialah integrasi dan pengujian serta pengoperasian dan pemeliharaan simulator.

### 3.2. Integrasi & Pengujian

Aktifitas ini melibatkan integrasi perangkat keras dengan perangkat lunak, komunikasi (pertukaran) data antara simulator cockpit (+flight deck) dengan sub-sistem penunjang (host computer, image generator, control loading & motion computer, aural cue system, instructor operating station dsb.). Setelah itu diikuti aktifitas pengujian untuk membuktikan berfungsinya sistem yang disimulasikan; apakah sesuai dengan kriteria atau memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Pada tahap ini dilakukan validasi simulator untuk mendemonstrasikan kesesuaian (kemiripan) perilaku simulator terhadap karakteristik sistem riil (sesungguhnya); yaitu mengacu kepada karakteristik & fungsi operasional pesawat udara ybs. [2]

### 3.3. Teknologi Simulasi Pesawat Udara

Perangkat utama bagi berlangsungnya proses simulasi ialah real-time host computer yang berfungsi untuk memproses program perangkat lunak aplikasi dengan kecepatan eksekusi yang tinggi, sehingga memenuhi kriteria minimum kecepatan respons. Teknologi komputasi terkini yang kemampuannya memadai untuk menjalankan fungsi tsb. antara lain PCbased multi SBC/ processor. I/O interface untuk memproses pertukaran data dengan

perangkat simulasi di simulator cockpit (instrument indicator & display, control panel) bertumpu kepada VME bus disertai beragam interface (reflective memory, ethernet, standard I/O, specific I/O).

Control Loading System mewujudkan beban (tiruan) / gaya pengendalian melalui servo actuator (+control unit), bekerja berdasarkan metode closed-loop force stability. Pembangunan gerak relatif berikut orientasi orthogonal dimanifestasikan melalui cockpit platform yang dikisarkan oleh hydrostatic motion actuator penopang platform tsb. Gerak relatif tsb. sinkron dengan besaran keadaan (state variable) pesawat yang disimulasikan. Visualisasi perspektif penerbang terhadap referensi luar cockpit disimulasikan dengan pembangunan citra (textur, raster, caligraphic) pada layar melalui proyektor. Visual database -diproses di image generator sesuai posisi/ lokasi dan orientasi ruang pesawat yang disimulasikan.

Untuk kepentingan operasional; simulator dilengkapi dengan instructor operating station (IOS) yang berfungsi untuk inialisasi, memantau dan mengendalikan skenario simulasi serta mendokumentasikan hasil simulasi. IOS mempunyai 2 touch-screen LCD-monitor yang menayangkan data besaran fisis panel instrument indicator, video data visualisasi perspektif luar serta situasi & posisi pesawat udara yang disimulasikan. Guna menciptakan impresi terbang yang lebih realistis, penerbang juga disajikan simulasi bunyi/ suara yang terdengar di cockpit maupun komunikasi verbal berkaitan dengan prosedur terbang.

Bergantung replika & kemiripan simulasi yang dikehendaki; peralatan dan perangkat simulasi yang terpasang di simulator cockpit bisa merupakan kombinasi real equipment/ instrument, simulated instrument, dummy.

#### 4. HASIL DAN PENGALAMAN UJI SIMULASI TERBANG

##### 4.1. Uji Simulasi Pengembangan N250

Uji-simulasi ini dilaksanakan memakai N250 EFS; difokuskan pada pengkajian kualitas pengemudian terbang normal, maupun abnormal (sistim mengalami kegagalan fungsi : propulsi, kendali terbang dsb.), hingga kondisi terbang yang kritis (stall characteristic). Untuk memperoleh kualitas pengemudian terbang yang memuaskan; dilakukan studi-banding melalui variasi parameter rancang-bangun. Parameter tsb. meliputi sistim perasa pengendalian (controlfeel system), sistim kendali terbang (flight control system) dan konfigurasi kerangka pesawat udara (airframe configuration).



**Gambar-3** N250 EFS (Engineering Flight Simulator)

Untuk memperoleh impresi terbang yang realistis, uji-simulasi juga dilakukan dalam lingkungan terbang yang riil menggunakan In-Flight Simulator (IFS). Uji-simulasi -kolaborasi dengan Calspan Advanced Technology Center-, USA; difokuskan pada investigasi gradasi kualitas pengemudian terbang serta pelatihan persiapan terbang perdana pesawat prototipe N250. [3, 4]



**Gambar 4** : NC-131 H TIFS (Total In-Flight Simulator; source : Calspan)

##### 4.2. Uji Simulasi Kualifikasi CN235-220

Uji-simulasi ini dilaksanakan menggunakan EFS; menjelang uji-terbang pesawat-uji CN235-220 di lingkungan es dalam rangka mengenali kemungkinan terjadinya anomali pengendalian terbang sebagai gladi (flight rehearsal) guna meningkatkan kesiagaan & kesamaptaan tim uji terbang [5]. Kecuali itu, uji-simulasi pelepasan muatan logistik (aerial delivery system) dengan teknik LAPES (Low Altitude Parachute Extraction System) juga dilakukan –sebagai pelatihan bagi penerbang-uji untuk meningkatkan teknik pengendalian terbang.

##### 4.3. Uji Simulasi Validasi CN235-220 OFT

Validasi ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kemiripan (*fidelity*) CN235-220 OFT (Operational Flight Trainer) terhadap karakteristik terbang pesawat udara CN235-220; baik secara kualitatif (pilot comment/ opinion) maupun kuantitatif. (*proof-of-match*) sebelum dioperasikan untuk pelatihan penerbang.

#### 4.4. Pengembangan Training Simulator

Kompetensi dan akumulasi pengalaman yang kongkret dalam pengembangan rancang-bangun & pengoperasian Engineering Simulator telah meluaskan kemampuan IAE-Simulation Group dalam pengembangan beragam perangkat pendidikan & pelatihan. Perangkat tsb. antara lain yaitu Driving (prototype) Simulator, Marine Simulator (Ship Bridge Simulator, Radar/ ARPA Simulator, GMDSS Simulator), War-game Synthetic Simulation, Fishing & Navigation Simulator, Radar-ATC Simulator. Pengembangan produk tsb. ditujukan untuk memenuhi kebutuhan pendidikan & pelatihan personil/ operator maupun penetrasi pasar (konsumen) & peragaan implementasi teknologi simulasi dalam berbagai segmen pemakaian.



**Gambar 5** Non-aircraft Simulator

Guna melengkapi pasokan pesawat udara CN235-220 ke TUDM (Angkatan Udara Malaysia); IAE (PT Dirgantara Indonesia) menjalin kolaborasi dengan Sapura, Malaysia dalam pengembangan CN235-220 OFT (Operational Flight Trainer); yaitu suatu wahana simulasi pelatihan penerbang yang dilengkapi dengan platform-bergerak berderajat kebebasan penuh (6 degree-of-freedom moving-based simulator).



**Gambar 6** CN235-220 OFT (Operational Flight Trainer)

#### 5. RANGKUMAN DAN KESIMPULAN

Teknologi Simulasi terbukti telah memainkan peran-kunci yang sentral dalam

pengembangan rancang-bangun produk/ wahana maupun penyediaan perangkat pelatihan bagi operator produk/ wahana tsb. Teknologi Simulasi menawarkan solusi yang bersifat *costeffective* dalam mereduksi resiko pengembangan serta pemeliharaan kecakapan operator. Solusi tsb. merupakan terobosan di bidang perekayasaan produk/ wahana berikut aspek operasional yang terkait. Kompetensi teknologi simulasi mengalami penguatan yang signifikan melalui akumulasi pengetahuan serta pengalaman kongkret dalam mencari solusi permasalahan rancang-bangun, metodologi uji-kecakapan operator maupun tenaga profesional. Oleh karena teknologi simulasi memiliki potensi yang prospektif- dan menjanjikan, maka layak diperhitungkan dan perlu memperoleh kesempatan/ prioritas utama untuk disertakan/ dilibatkan dalam pengadaan atau pengembangan suatu produk/ wahana.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. K.-H. Baiquni, "Teknologi Simulasi terbang Pesawat Udara", IAE-Technical Note (internal), Maret 2005
2. P.D. Wiradisuria, D. Juanda, B. Purwo, "Flight Simulation Model Validation of the N250-100 EFS", IPTN Technical Doc. no D563NA72063, Bandung, April 1998
3. K. -H. Baiquni, E. Danoewinata, E. Soedarmo, "N250 PA1 Total In-Flight Simulation phase 2B" Summary Report, IPTN Technical Report no D560NA71003, Bandung, May 1995
4. S.A. Bueche, P.R. Deppe, N.C. Weingarten, "In-Flight Simulation of IPTN N250 Regional Transport, Phase 2A -Final Report", Calspan Final Report no 8077-2, Dec, 1993
5. K.-H. Baiquni, B. Sridadi, D. Juanda, "CN235-220C Piloted-Flight Simulation inicing Environment", IPTN Technical Doc. no D563CN70001, Bandung, Oct. 1999

#### RIWAYAT PENULIS



**Koento H. Baiquni**, lahir di Solo pada tanggal 31 Agustus 1954 menyelesaikan pendidikan sarjana Teknik Fisika ITB. Sejak th. 1983 bekerja sebagai staf LMT/ LAGG BPP-Teknologi di Puspiptek, Serpong. Pada th. 1985-1986 dan 1989-1990;

penulis menjalani advanced training dalam bidang Flight Mechanics, Flight Simulation & Flight Test Technique di DLR, Braunschweig, Jerman. Pada saat ini bekerja sebagai staf Teknologi Transportasi P3TIST, Deputi bidang TIRBR, BPP-Teknologi serta diperbantukan (sejak 1986) di Pusat Uji Terbang, PT Dirgantara Indonesia, Bandung. Berbagai makalah/ karya

tulis diterbitkan dalam Journal AAI vol I no 4 & 5  
1987, Journal AAI vol II no 3, 1988, Proceedings  
SITRA 93 & 95, Proceedings ISASTI 96 & 98,

Proceedings SFTE Conference 94, Majalah  
BPPT no XXXII/1988, no XXXIII/1989, no  
XLVII/1992.