

Desain konseptual Panel Instrumen untuk *Mock Up* Kokpit

M Hafid

m.hafid@lapan.go.id

(29 Desember 2020)

AbstraK

Instrumen penerbangan harus dikelompokkan dengan baik dan mempertimbangkan aspek-aspek ergonomi. Salah satu aspek tersebut adalah bidang pandangan pilot dimana instrumen penerbangan harus diletakkan agar pilot dapat mengawasi instrumen tersebut dengan pergerakan kepala yang minimal. Walaupun Pesawat LSA-02 merupakan pesawat demonstran tanpa awak, pembuatan *mock up* kokpitnya juga mengikuti aspek ergonomi. Hal ini disebabkan karena keberadaan pilot di dalam kabin masih tetap diperlukan. Investigasi tata letak instrumen penerbangan dilakukan sebelum pembuatan *mock up* kokpit dimana instrumen kritikal sudah berada dalam bidang pandangan pilot. *Mock up* kokpit direncanakan terdiri dari dua monitor komputer, sebuah *flight control panel* (FCP), dan rangka panel instrumen. Pada layar komputer akan dilakukan visualisasi dengan pemrograman dari instrumen penerbangan, seperti *primary flight display*, *airspeed indicator*, *altimeter*, *vertical speed indicator*, *manifold pressure indicator*, *engine RPM*, dan lain sebagainya.

Kata Kunci: *mock up*, *panel instrumen*, *display*, bidang pandangan

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pembuatan *mock-up* kendali simulator terbang adalah salah satu kegiatan kerekrayasaan di Laboratorium Simulasi Mekanika dan Kendali Terbang. Kegiatan ini masih dalam tahap *feasibility study* untuk kemungkinan pengembangan simulator kokpit untuk skala laboratorium. Pada tahap awal difokuskan pemahaman tentang *display* panel instrumen utama dari pesawat yang digunakan pada program LSA-02. Tahap awal dari simulasi terbang adalah dengan menggunakan *flight mechanical model* (FMM) yang sudah dilakukan verifikasi. Akan tetapi, simulasi terbang akan terasa sangat kurang jika hanya dilakukan menggunakan *desktop* di atas sebuah meja karena akan membuat pengguna merasa tidak ikut terbang dengan pesawat. Pembuatan kerangka panel instrumen diperlukan sehingga pengguna benar-benar merasakan pengalaman terbang di atasnya.

Meskipun pesawat LSA-02 dikembangkan sebagai pesawat demonstran tanpa awak, namun tetap diperlukan seorang pilot yang menjamin keamanan dan keselamatan pesawat (Pramutadi A, M. 2020). Oleh karena itu, penyusunan tata letak/*layout* dari *display* tetap menjadi salah satu opsi dalam melakukan desain *mock up* simulator terbang. *Mock up* kokpit dibuat dengan memberikan suasana yang sama dengan pesawat aslinya sehingga ketika pesawat LSA-02 diterbangkan, Pilot sudah familiar dengan instrumen-instrumen yang terpasang pada pesawat demonstran tersebut.

1.2. Masalah Penelitian

Masalah penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Instrumen penerbangan secara umum.
2. Panel instrumen yang digunakan pada pesawat LSA-02.
3. Desain konseptual *mock up* simulator kendali terbang.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Mempelajari instrumen penerbangan yang digunakan secara umum.
2. Mempelajari panel instrumen pesawat LSA-02 dan tata letaknya.
3. Melaksanakan desain konseptual *mock up* simulator kendali terbang.

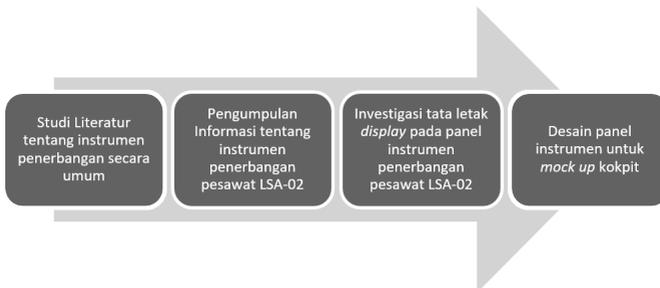
1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Mengenal instrumen penerbangan secara umum beserta fungsi dan aplikasinya.
2. Dapat diketahui panel instrumen yang digunakan pada pesawat LSA-02 beserta tata letaknya.
3. Adanya desain konseptual *mock up* simulator kendali terbang yang merupakan fase awal dari tahap desain.

2. Metodologi

Prosedur desain panel instrumen penerbangan untuk *mock up* yang digunakan ditunjukkan oleh Gambar 1 berikut.



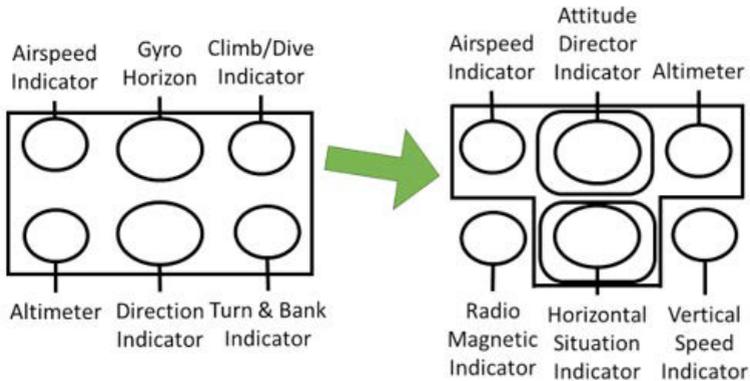
Gambar 1. Prosedur desain desain panel instrument penerbangan

Instrumen Penerbangan atau *Primary Flight Instrument* (PFI) adalah sekelompok instrumen yang memiliki fungsi untuk menyediakan data atau informasi tentang kondisi dan *attitude* dari pesawat di waktu tertentu. Instrumen Penerbangan mencakup *pitot static data*, *air data*, *attitude and heading data*, informasi EFIS, instrumen penerbangan dasar (*digital/analog*), dan komponen terkait yang menyediakan data tentang *altitude* (*barometric/radio*), *airspeed*, *vertical speed*, data temperatur, informasi navigasi, *ground speed*, *true speed*, *attitude*, dan informasi *heading*.



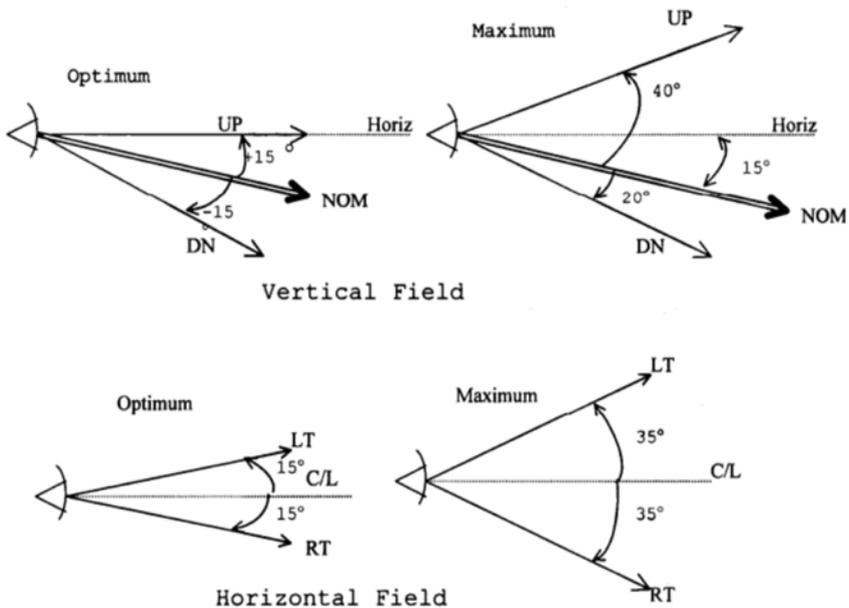
Gambar 2. Persyaratan minimum instrumen penerbangan

Instrumen penerbangan diperlukan agar pesawat dapat diketahui sikap dan pergerakannya, yang memungkinkan pesawat dapat dikendalikan. Instrumen harus dikelompokkan dengan baik untuk membantu pilot dalam mengawasi instrumen-instrumen tersebut dengan sedikit usaha. Terdapat dua pengelompokan instrumen dasar yang harus ada pada pesawat dimana ditunjukkan oleh Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Transformasi dari konfigurasi *basic 6* ke *basic T*

Instrumen pesawat semakin hari semakin bertambah lebih kompleks seiring dengan meluasnya penggunaan pesawat. Seluruh instrumen harus ditempatkan sehingga dapat dilihat dengan mudah oleh pilot. Ergonomi adalah salah satu aspek yang dipertimbangkan dalam merancang sebuah panel instrumen penerbangan. Ergonomi adalah disiplin ilmu yang berkaitan dengan pemahaman interaksi antara manusia dan unsur-unsur lain dari suatu sistem. Dalam ergonomi, terdapat istilah bidang pandangan (*field of view*) pilot. *Display* harus ditempatkan agar pilot dapat melakukan pengawasan dengan pergerakan kepala dan mata antar *display* yang minimal. Informasi penerbangan harus dapat terbaca dengan akurat, dan mudah diinterpretasikan. Bidang pandangan ini ditunjukkan oleh Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Bidang pandangan Pilot

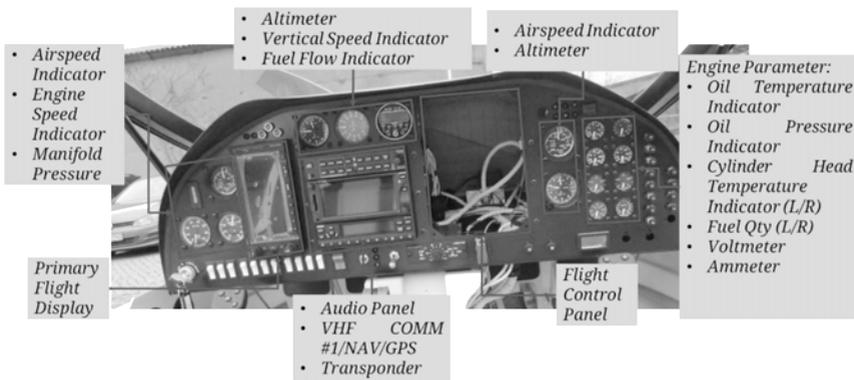
Berdasarkan rekomendasi dari FAA, *display* tertentu ditentukan letaknya berdasarkan bidang pandangan Pilot seperti yang ditunjukkan oleh tabel 1. Jarak rata-rata antara mata Pilot dengan panel instrumen adalah kira-kira 28 inci (Hasbrook A.H, Rasmussen. P.G, Willis. D.M)

Tabel 1. Tata letak *display* berdasarkan rekomendasi FAA

<i>Data</i>	<i>Recommended Field-of-View by FAA</i>	
	<i>FOV, Degree from Pilot View Centerline</i>	<i>Approx. Distance (inches) From Reference Center Line</i>
<i>PFI – Basic T – Electronic or Mechanical</i>	4	2
<i>Navigation Course Error Data (HSI, CDI, FD)</i>	15	8
<i>Autopilot and Flight Director Modes</i>	15	8
<i>Navigation Source Annunciation</i>	15	8
<i>System Warnings and Cautions Including Failure Annunciation</i>	15	8
<i>Required Powerplant</i>	35	21
<i>Advisories Annunciations</i>	35	21
<i>Standby Instruments</i>	35	21
<i>Reversionary Display for PFI</i>	35	21

3. Hasil dan Pembahasan

Instrumen penerbangan dari Pesawat LSA-02 sebagian besar merupakan *analog display*. Dari *basic instrument* terdapat 3 instrumen yang menggunakan *analog display* yaitu *airspeed indicator*, *vertical speed indicator*, dan *altimeter*. Sedangkan untuk *Gyro artificial horizon*, *Turn & bank indicator*, dan *direction indicator* terdapat dalam *Primary Flight Display (PFD)* yang juga menampilkan *Navigation Display (ND)*. *Engine display* menggunakan *analog display* yang terdiri dari *oil temperature indicator*, *cylinder head temperature indicator* (kiri dan kanan), *fuel quantity indicator* (kiri dan kanan), *voltmeter*, dan *ampmeter*. Selain itu juga terdapat instrumen komunikasi dan navigasi seperti *audio panel*, VHF COMM #1/NAV/GPS, COM/NAV, dan *transponder*.



Gambar 5. Panel instrumen Pesawat LSA-02

Secara lebih lengkap, panel instrumen penerbangan dari Pesawat LSA-02 berdasarkan Gambar 5 dijelaskan oleh Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rincian Panel Instrumen Pesawat LSA-02

No	Tampilan Instrumen	Definisi
1		Airspeed Indicator - Menggunakan perbedaan tekanan dalam sistem pitot-statis untuk mengukur dan menampilkan kecepatan pesawat. Penandaan kode warna memberikan informasi kecepatan kritis untuk model pesawat tertentu seperti <i>stall</i> , pengaturan <i>flap</i> (putih), operasi normal (hijau), hati-hati (kuning), dan kecepatan yang dilarang (merah).
2		Engine Speed Indicator - Instrumen yang mengindikasikan kecepatan <i>crankshaft</i> pada <i>reciprocating engine</i> yang digunakan untuk memantau tenaga <i>engine</i> dan memastikan bahwa <i>engine</i> dioperasikan dalam batas yang diperbolehkan.

Tabel 2. Rincian Panel Instrumen Pesawat LSA-02 (lanjutan)

No	Tampilan Instrumen	Definisi
3		<p>Manifold Pressure Indicator - Salah satu instrumen yang sangat penting pada pesawat yang menggunakan <i>piston engine</i> karena tenaga yang dihasilkan oleh <i>piston engine</i> akan sebanding dengan banyaknya campuran bahan bakar dan udara untuk pembakaran.</p>
4		<p>Altimeter - Menggunakan tekanan <i>barometric</i> yang diperoleh dari <i>static port</i> untuk menampilkan perkiraan ketinggian pesawat di atas rata-rata permukaan laut (MSL).</p>
5		<p>Vertical Speed Indicator - Menggunakan perbedaan tekanan internal untuk memberikan indikasi visual seberapa cepat pesawat naik atau turun. Diafragma dengan bilik yang terhubung ke <i>static port</i> akan mengembang atau berkontraksi sebagai respon terhadap tanjakan (<i>climb</i>) dan turun (<i>descent</i>) yang menunjukkan tingkat pendakian atau penurunan dalam ratusan kaki per menit (fpm).</p>
6		<p>Fuel Flow Indicator - Instrumen yang memungkinkan semua pilot dapat mendiagnosis permasalahan aliran bahan bakar.</p>

Tabel 2. Rincian Panel Instrumen Pesawat LSA-02 (lanjutan)

No	Tampilan Instrumen	Definisi
7		<p>Oil Temperature Indicator - Terdiri dari <i>sensor bulb</i>, <i>capacity tube</i>, dan <i>dial termometer</i>. <i>Sensor bulb</i> dipasang di lokasi <i>oil</i> terpanas. <i>Sensor bulb</i> dan <i>capacity tube</i> dilengkapi dengan <i>evaporation liquid</i>. Oil Pressure Indicator – Diperlukan pada pesawat terbang agar pilot dapat mengetahui besarnya tekanan <i>oil</i> yang dipergunakan untuk melumasi bantalan dan bagian-bagian <i>engine</i> yang bergerak. Cylinder Head Temperature Indicator – Mengukur temperatur <i>cylinder head</i> dan <i>cylinder block</i> dari pada <i>engine</i> berpendingin udara. Fuel Quantity Indicator – Penunjuk jumlah bahan bakar pada tangki. Penunjukkan jumlah bahan bakar yang tepat sangat diperlukan agar pilot dapat mengoperasikan pesawatnya sesuai dengan jumlah bahan bakar yang ada. Voltmeter - Mengindikasikan tegangan keluaran dari baterai sehingga pilot dengan mudah memantau kondisi sistem sedang beroperasi atau tidak. Ammeter - Digunakan untuk memantau kinerja sistem kelistrikan pesawat dimana menunjukkan apakah alternator/generator menghasilkan arus listrik yang memadai.</p>
8		<p>Primary Flight Display – memiliki konfigurasi “<i>basic T</i>” dimana menggunakan <i>digital display</i>. Terdiri dari <i>airspeed scale</i>, <i>altimeter indicator</i>, <i>altitude scale indication</i>, dan <i>radio magnetic indicator</i>.</p>

Berdasarkan tabel 1 tentang pedoman tata letak instrumen berdasarkan rekomendasi dari FAA, *display* pada instrumen penerbangan Pesawat LSA-02 dapat dapat dibandingkan dengan tata letak dari setiap instrumen penerbangan pesawat LSA-02 seperti terlihat pada tabel 3 berikut.

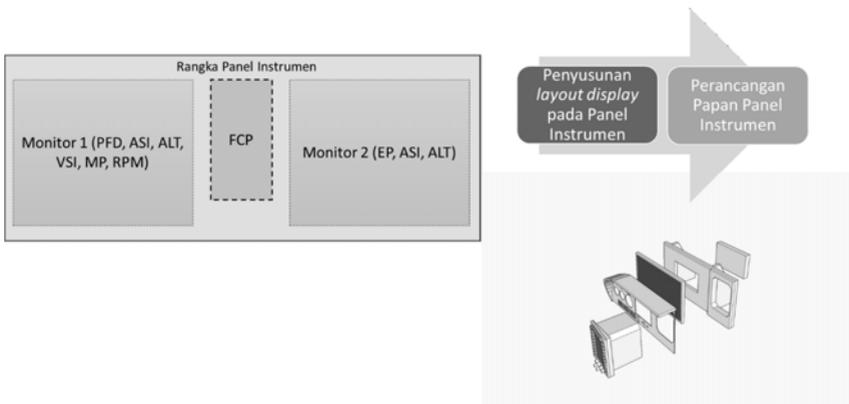
Tabel 3. Tata letak Instrumen Penerbangan Pesawat LSA-02 dan bidang pandangannya

<i>Instrument Name</i>	<i>Category</i>	<i>FOV, Degree from Pilot View Centerline</i>	
		<i>Field-of-View of LSA-02</i>	<i>Recommended Field-of-View by FAA</i>
<i>Airspeed Indicator</i>	<i>PFI – Basic T – Electronic or Mechanical</i>	<i>Vertical Field: 4,26 UP Horizontal Field: 8,77 LT</i>	4
<i>Altimeter</i>	<i>PFI – Basic T – Electronic or Mechanical</i>	<i>Vertical Field: 8,67 UP Horizontal Field: 7,69 RT</i>	4
<i>Vertical Speed Indicator</i>	<i>PFI – Basic T – Electronic or Mechanical</i>	<i>Vertical Field: 10,12 UP Horizontal Field: 10,12 RT</i>	4
<i>Primary Flight Display</i>	<i>PFI – Basic T – Electronic or Mechanical</i>	<i>Vertical Field: 0,9 UP Horizontal Field: 0,96 LT</i>	4
<i>Fuel Flow Indicator</i>	<i>Required Powerplant</i>	<i>Vertical Field: 10,12 UP Horizontal Field: 19,98 RT</i>	35
<i>Oil Temperature Indicator</i>	<i>Required Powerplant</i>	<i>Vertical Field: 5,77 UP Horizontal Field: 41,76 RT</i>	35
<i>Cyl. Head Temperature Indicator (Left)</i>	<i>Required Powerplant</i>	<i>Vertical Field: 2,15 DOWN Horizontal Field: 41,76 RT</i>	35
<i>Manifold Pressure Indicator</i>	<i>Required Powerplant</i>	<i>Vertical Field: 3,21 DOWN Horizontal Field: 4,98 LT</i>	35
<i>Engine Speed Indicator</i>	<i>Required Powerplant</i>	<i>Vertical Field: 3,21 DOWN Horizontal Field: 15,03 LT</i>	35
<i>Fuel Qty Indicator (Left)</i>	<i>Required Powerplant</i>	<i>Vertical Field: 2,15 DOWN Horizontal Field: 41,76 RT</i>	35
<i>Voltmeter</i>	<i>Required Powerplant</i>	<i>Vertical Field: 6,12 DOWN Horizontal Field: 41,76 RT</i>	35
<i>Oil Pressure Indicator</i>	<i>Required Powerplant</i>	<i>Vertical Field: 5,77 UP Horizontal Field: 43,96 RT</i>	35

Tabel 3. Tata letak Instrumen Penerbangan Pesawat LSA-02 dan bidang pandangannya (lanjutan)

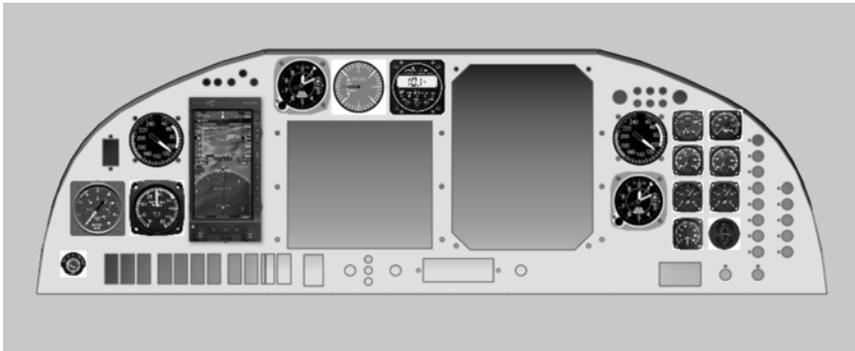
Instrument Name	Category	FOV, Degree from Pilot View Centerline	
		Field-of-View of LSA-02	Recommended Field-of-View by FAA
<i>Cyl. Head Temperature Indicator (Right)</i>	<i>Required Powerplant</i>	<i>Vertical Field: 1,84 UP Horizontal Field: 43,96 RT</i>	35
<i>Fuel Qty Indicator (Right)</i>	<i>Required Powerplant</i>	<i>Vertical Field: 2,15 DOWN Horizontal Field: 43,96 RT</i>	35
<i>Ammeter</i>	<i>Required Powerplant</i>	<i>Vertical Field: 6,1 DOWN Horizontal Field: 43,96 RT</i>	35

Setelah melihat tata letak dari *display* instrumen penerbangan pesawat LSA-02, dapat diketahui bahwa instrumen *basic* sudah berada dalam bidang pandangan pilot. Beberapa instrumen berada di luar bidang pandangan pilot, akan tetapi hal tersebut tidak begitu dipermasalahkan karena sifatnya berupa instrumen *standby* dan berada di bidang pandangan kopilot. Oleh karena itu, desain panel instrumen penerbangan untuk *mock up* kokpit tetap mengikuti tata letak panel instrumen pesawat LSA-02. Secara konseptual, desain dari *mock up* yang akan dibuat diilustrasikan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Desain konseptual panel instrumen *mock up* kokpit

Mock up kokpit terdiri dari dua monitor komputer, sebuah *flight control panel* (FCP), dan rangka panel instrumen. Seperti terlihat pada Gambar 5, monitor 1 diutamakan untuk diselesaikan terlebih dahulu dimana akan dilakukan visualisasi dengan pemrograman dari instrumen penerbangan, seperti *primary flight display*, *airspeed indicator*, *altimeter*, *vertical speed indicator*, *manifold pressure indicator*, dan *engine RPM*. Program ini dapat berupa gambar statis dari skala dengan indikator yang dapat bergerak dimana nilai yang ditunjukkan olehnya sesuai dengan *flight mechanical model* (FMM) Pesawat LSA-02 yang sudah terintegrasi dengan dengan *Flight Control Panel* (FCP). Hal ini juga menjelaskan bahwa monitor 1 dan monitor 2 terintegrasi dengan FMM dan FCP dan membentuk suatu simulator terbang. Gambar 7 memperlihatkan ilustrasi panel *mock up* kokpit pesawat LSA-02



Gambar 7. Ilustrasi panel instrumen *mock up* kokpit

Model 3D *mock up* kokpit dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Solidwork dimana tata letak/*layout* dari setiap instrumen tidak berubah karena sudah dilakukan verifikasi menggunakan rekomendasi bidang pandangan oleh FAA. Selain itu juga untuk memberi suasana yang sama dengan kokpit pesawat demonstran. Pembuatan *mock up* kokpit ini adalah langkah awal dalam membangun sebuah simulator terbang pesawat demonstran tanpa awak LSA-02.

4. Penutup

4.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari kegiatan penelitian yang sudah dilakukan adalah.

1. Telah dilakukan perancangan konseptual panel instrumen untuk *mock up* kokpit simulator terbang.
2. Tata letak (*layout*) dari instrumen penerbangan pesawat LSA-02 terdapat beberapa instrumen utama yang melebihi batas rekomendasi dari FAA. Akan tetapi kondisi tersebut masih dapat diterima.
3. Langkah selanjutnya adalah dengan membuat kerangka panel instrumen yang sudah dilengkapi dengan komputer di mana nantinya akan dilakukan pemrograman untuk *display* dari instrumen penerbangan pesawat LSA-02 berdasarkan tata letak *layout* yang sudah dirancang.

4.2. Saran

Terdapat beberapa instrumen utama yang melebihi batas rekomendasi dari FAA. Konsep penelitian ini juga dapat dilakukan dengan mengubah konfigurasi dari panel instrumen penerbangan pesawat LSA-02 agar dapat memberikan keleluasaan pengguna untuk mengatur tata letak instrumen-instrumen standar pesawat. Oleh karena itu, *digital display* menjadi salah satu opsi yang lebih baik untuk menampilkan parameter terbang pesawat secara terintegrasi sehingga panel instrumen menjadi lebih rapat dan sederhana.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Bapak Gunawan Setyo Prabowo yang telah memberikan dukungan terhadap kegiatan penelitian dan kerekeyasaan di lingkungan Pusat Teknologi Penerbangan - LAPAN. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak Sayr Bahri dan Bapak Ardhanto Pramutadi yang sudah memberikan kritik, saran, dan masukan selama keberjalanan kegiatan penelitian.

Daftar Pustaka

- Abbott, K, H. 2001. *Human Factors Engineering and Flight Deck Design*, The Avionics Handbook Chapter 9
- Aeronautics Guide. 2017. *Aircraft Fuel System Indicators*, <https://www.aircraftsystemstech.com/2017/06/fuel-system-indicators.html>
- Aeronautics Guide. 2017. *Aircraft Mechanical Movement Indication Instruments*, <https://www.aircraftsystemstech.com/2017/05/mechanical-movement-indicators.html>
- Airplane Diary. 2015. *Oil Pressure Indicator*, <https://planediary.blogspot.com/2015/09/fungsi-oil-pressure-indicator.html>
- Aviation Glossary. 2017. Ammeter – Aircraft, <https://aviationglossary.com/ammeter/>
- Electricalunits. 2015. *WTI and OTI of Transformer*, [http://www.electricalunits.com/wti-and-oti-of-transformer/#:~:text=Oil%20Temperature%20Indicator%20\(OTI\)%3A&text=The%20vapour%20pressure%20varies%20with,are%202%20\(two\)%20nos.](http://www.electricalunits.com/wti-and-oti-of-transformer/#:~:text=Oil%20Temperature%20Indicator%20(OTI)%3A&text=The%20vapour%20pressure%20varies%20with,are%202%20(two)%20nos.)
- Flight Mechanic. 2020. *Cylinder Temperature Indicating Systems*, <https://www.flight-mechanic.com/cylinder-temperature-indicating-systems/>
- Hasbrook, A, H. Rasmussen, P, G. Willis, D, M. 1975. *Pilot Performance and Heart Rate During In-Flight Use of a Compact Instrument Display*, FAA Civil Aeromedical Institute, Oklahoma City
- MidContinent® Instrumens+Avionics. 2020. *The Six Pack: Aircraft Instruments Explained*, <https://www.mcico.com/resources/flight-instruments/six-pack-aircraft-instruments-explained>
- Oberhauser, M. Dreyer, D. Convard, T. Mamessier, S. 2016. *Rapid Integration and Evaluation of Functional HMI Components in a virtual Reality Aircraft Cockpit*, Proceedings of The AHFE 2016 International Conference on Ergonomics, Walt Disney World, Florida, USA
- Pandie, A, R. 2020. *Development of New Type Model of a Flight Multifunctional Indicator based on Analysis of A320 and B737 NG Flight Indicators*, Samara: Samara University