

## ANALISIS ERGONOMI: KAJIAN PENTINGNYA PELAKSANAAN SIMULASI ERGONOMI BERBASIS CAD UNTUK PILOT DAN DESAIN *COCKPIT* PESAWAT INDONESIA

Apid Rustandi

Pusat Teknologi Industri Pertahanan dan Keamanan

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Gedung Hankam No. 256 Kawasan PUSPIPTEK - Serpong, Tangerang Selatan – 15314, Indonesia

Pos El :ayana\_kola@yahoo.com telp. 021-75791262 (ext. 322)

### Abstrak

Dalam rangka mendukung kemandirian Teknologi Dirgantara Indonesia untuk membuat pesawat transport nasional, maka kajian simulasi ergonomi berbasis computer aided design (CAD) merupakan sebuah filosofi “human centered” yang mengevaluasi ergonomi pilot melalui model dengan model cockpit pesawat sebelum prototype pesawat selesai dibuat. Kajian ini bertujuan untuk menginformasikan bahwa dengan simulasi Ergonomi berbasis CAD tidak memakan waktu yang lama untuk dilaksanakan dan tidak memakan biaya yang besar. Kajian pentingnya simulasi ergonomi ini menggunakan metode kualitatif dan fokus pada beberapa parameter-parameter yaitu: antropometri standar pilot Indonesia, sikap duduk, aktifitas gerak dan pandangan. Output kajian adalah untuk merancang sebuah pesawat tidak hanya aspek teknis pesawat saja yang harus di akomodir tetapi peran manusia berinteraksi terhadap pesawat merupakan aspek humanis yang juga penting.

**Kata Kunci:** Desain ergonomi, Antropometri pilot Indonesia, Software ergonomic

### Abstract

*In order to support Indonesia's National Aircraft program for future transportation, ergonomic is an important aspect in aircraft design alike the other. The importance aspect of ergonomic is how to assess ergonomic base on Computer Aided Design (CAD) for pilot and cockpit layout of aircraft into a “human centered philosophy”. It would evaluate the combination pilot by model with an aircraft cockpit 3D model. The advantages of assessment tell how the ergonomic simulation base on CAD would reduce the expense and time efficiency. This assessment focused on several parameters alike: Indonesian pilot anthropometry standard, sit position, movement activity and pilot view. The output is designing an aircraft is not only focus on technical aspect but also Human to product aspect.*

**Key Words:** Ergonomic Design, Indonesian Pilot Anthropometry, Ergonomic Software

## 1. PENDAHULUAN

Sebuah penerbangan baik rute panjang dan pendek memerlukan kesiapan dan kebugaran dari *gorund crew* dan pilot. Pilot mempunyai peran yang sangat penting untuk menjamin pesawat yang sudah layak terbang mampu dikendalikan. Tetapi apakah kita paham bahwa seorang pilot akan mengalami cedera punggung dan cepat lelah dan salah mengambil keputusan seiring waktu berjalan?. Untuk mengetahuinya, kajian ergonomi sebuah *cockpit* pesawat sangat penting dikarenakan sikap tubuh pilot yang salah akan membuat ketidak nyamanan dan kelelahan yang berujung membahayakan suatu penerbangan itu sendiri. Kelelahan berasal dari kegiatan yang terus-menerus dilakukan dengan sikap tubuh yang salah.

Ergonomi merupakan suatu ilmu terapan yang fokus pada lingkup desain dan pikiran manusia agar berkegiatan aman dan nyaman secara efisien. Lalu apa hubungannya *layout cockpit* pesawat dan ergonomi?. Menurut hasil penelitian menyatakan bahwa “4 out of 5 pilots have to cope with fatigue while in the cockpit, according to polls carried out in Austria (85%), Sweden (89%), Germany (92%) and Denmark (93%) [1]. Hal ini menunjukkan bahwa menerbangkan pesawat oleh pilot tidak serta-merta tergantung pada teknologi pintar yang disematkan pada pesawat akan tetapi dari keahlian dan keputusan yang diambil oleh pilot. Lalu bagaimana jika pilot tersebut mengalami kecapaian dan harus menangani *cockpit* dengan parameter-parameter dan tombol yang bertebaran pada *cockpit*? Eca barometer pun menyatakan “More than 3 out of 5 pilots in Sweden (71%), Norway (79%) and Denmark (80-90%) acknowledge to have already made mistakes due to fatigue, while in Germany it was 4 out of 5 pilots” [1].

Lalu kekurangan yang ada di depan mata adalah semua penelitian yang ter-*publish* tentang kelelahan pilot masih terbatas pada laporan bersumber dari luar negeri. Bila dikaitkan dengan ilmu ergonomi diketahui ukuran tubuh manusia Eropa dan Asia jelas berbeda (Kennedy, 1972)[5]. Bila tinggi pilot Eropa memiliki rata-rata (*mean*) 180 cm maka asia adalah 95% nya. Maksudnya adalah hanya 5%

pilot orang asia yang memiliki tinggi 180 cm dan 95% dibawahnya. Belum lagi perihal kesehatan dan gizi dari pilot yang berbeda. Secara tegas terlihat perlu ada kajian yang untuk memetakan ergonomi orang Asia khususnya Indonesia. Kekurangan kedua adalah untuk meriset ergonomi yang benar dan riil membutuhkan proses dan biaya yang besar. Oleh karenanya perlu telaah ergonomi desain yang cepat dan murah terkait hal-hal yang terjadi pada *cockpit* pesawat.

Solusi pendekatan ergonomi tercepat dan murah biaya adalah optimasi melalui simulasi berbasis *computer aided design* (CAD). Pentingnya simulasi ini memiliki dua hal yaitu: manusia-nya dan ruang kerjanya. Manusianya dipresentasikan dengan pilot yaitu pemakai dengan ciri-ciri tertentu sesuai data rata-rata ras misalkan Indonesia. Ruang kerjanya diwakili oleh *cockpit* pesawat adalah ruangan dimana manusianya beraktifitas dalam rentang waktu dan jumlah perulangan. Nantinya ukuran tubuh manusia yang telah diperoleh nantinya dilakukan optimasi pada *software* ergonomi berbasis CAD seperti: JACK, RAMSIS dan CATIA untuk mendapatkan model manusia Indonesia. Selanjutnya antara manusia dan ruang kerja di integrasikan pada *software* ergonomi dan disimulasikan. Dengan melakukan proses simulasi ergonomi ini didapat gambaran kekurangan desain *layout cockpit* pesawat dan hal-hal yang membuat seorang pilot mengalami cedera dan berujung menjadi lelah tanpa mengeluarkan biaya yang besar untuk penelitiannya.

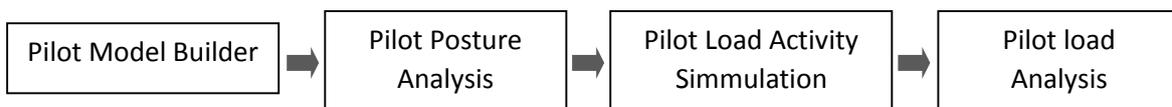
## 2. METODOLOGI

Untuk melokalisir masalah dan memfokuskan topik penelitian maka kajian ini dibagi pada tiga tahapan yaitu tahap: desain, simulasi dan *aircraft prototype*.



Gambar 2-1 Metoda berpikir

Desain berupa CAD model *cockpit* dan badan pesawat. Badan dan *cockpit* pesawat di dalamnya telah terdiri atas beberapa informasi tentang dimensi, *layout* dan komponen-komponen yang berhubungan dengan aktifitas pilot. Prototipe merupakan perwujudan dari konsep awal menjadi produk jadi yang telah berfungsi dengan baik. Berdasarkan ketiga tahap tersebut fokus kajian ini adalah untuk menjembatani antara tahap desain dan sebelum menjadi prototipe. Dengan dilakukannya simulasi ergonomi maka pekerjaan merancang akan tervalidasi dimana waktu antara desain dan prototipe akan terlaksana dengan cepat. Sehingga akan menghindari terjadinya modifikasi-modifikasi ketika prototipe telah terbentuk. Berikut adalah gambaran alur pra-simulasi dan simulasi yang dilakukan.



Gambar 2-2 Alur simulasi ergonomi berbasis CAD

*Pilot model builder* merupakan optimasi hasil identifikasi rata-rata (mean) objek pilot terhadap dimensi postur yaitu: tinggi badan, panjang tungkai kaki dan lengan, dan ketinggian mata terhadap lumbar (tulang ekor). Sedangkan *Pilot posture analysis* adalah mengidentifikasi limit dari gerakan-gerakan sendi pilot terhadap dimensi postur seperti yang dijelaskan sebelumnya. *Pilot load activity simulation* adalah melakukan simulasi gerakan-gerakan pada *cockpit* pesawat oleh pilot dengan memasukan nilai bobot yang dikenai kepada anggota tubuh yang beraktifitas. *Pilot load analysis* menjelaskan hasil simulasi bahwa pada posisi tubuh tertentu saat melakukan aktifitas akan merasakan tingkat nyeri tertentu.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Identifikasi Anthropometry Pilot Berdasarkan Tinggi

Diketahui bahwa untuk menjadi seorang penerbang pesawat (pilot) maka dibutuhkan standar-standar ukuran yang harus dipenuhi. Hal tersebut terkait dengan ukuran cockpit pesawat yang terbatas. Ukuran tinggi, berat, jangkauan tangan dan kaki serta jangkauan penglihatan adalah faktor pendukung seorang pilot dapat dengan baik mengendalikan pesawat. Berikut adalah ukuran-ukuran tubuh yang diperlukan seorang pilot.

**Table 3-1** Data anthropometry pilot

	<i>Male Western Pilot</i> <b>(min-max)*</b>	<i>Male Indonesian Pilot</i> <b>(min-max)**</b>
Tinggi (cm)	165-189	160-180
Berat (kg)	58.5 – 80	54 - 72
Jangkauan Tangan (cm)	73.92 – 84.70	67.81 - 71.1
Jangkauan Kaki (cm)	101.85 – 116.89	100.86 - 107.54
Tinggi Mata Saat Duduk (cm)	71.3- 86.93	69-72.9

\* diolah dari sajian data International anthropometric variability

\*\* diolah dari sajian data antropometri Indonesia

#### A. Tinggi (*height*)

Parameter tinggi pilot diperlukan dalam analisis pilot terhadap kerja di dalam kokpit. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa pesawat memiliki batasan-batasan ruang yang sangat ketat seperti untuk menginjak pedal rudder membutuhkan jarak tertentu yang jika tidak dipenuhi maka akan tidak optimal pilot bekerja dan sebaliknya.

#### B. Berat (*weight*)

Parameter ini diperlukan dalam rangka analisis pilot terhadap ketahanan duduk pilot didalam kabin. Berat badan yang ideal memberikan distribusi tekanan pada kursi dan tulang belakang.

#### C. Jangkauan Tangan (*Tumb-Tip Reach*)

Parameter ini diperlukan untuk menganalisis jangkauan pilot terhadap tombol-tombol terjauh yang berada pada panel depan, samping, tengah dan atas.

#### D. Jangkauan Kaki (*Functional Leg Length*)

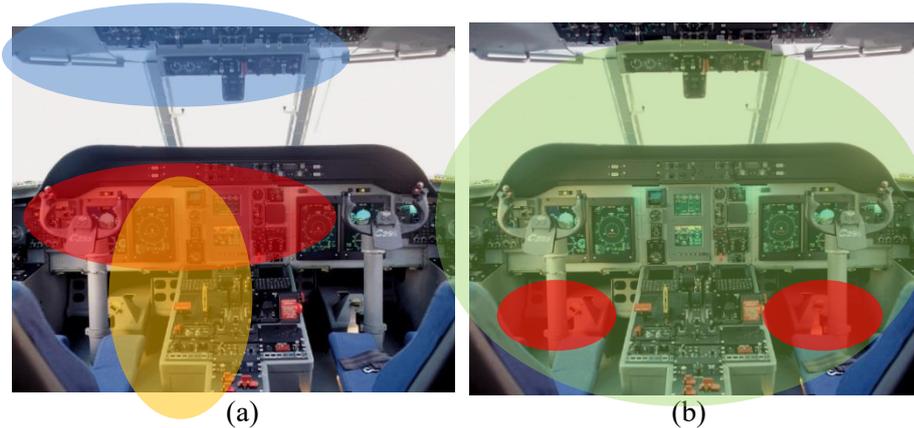
Parameter ini diperlukan untuk menganalisis jangkauan pilot saat duduk terhadap *pedal rudder*. *Pedal rudder* memiliki fungsi untuk control pesawat terhadap gerak *yawing*.

#### E. Tinggi Mata Saat Duduk (*eye sitting height*)

Parameter ini diperlukan untuk menganalisis pandangan mata pilot terhadap keadaan diluar pesawat dan juga letak tombol-tombol pada panel.

#### 3.2 Cockpit Model Zone

Cockpit merupakan tempat pilot beraktifitas menerbangkan pesawat dan mengontrolnya sehingga cockpit menjadi sangat penting. Berikut ini adalah bentuk aktifitas-aktifitas fisik yang dilakukan pilot dalam menerbangkan dan mengontrol pesawat.



**Gambar 3-1** (a) Zona aktifitas jangkauan tangan pilot terhadap panel cockpit  
(b) Zona aktifitas jangkauan kaki dan ruang pandangan mata pilot

- A. Upper Panel (zona biru)**  
Biasanya pilot beraktifitas untuk memonitoring panel dan tombol komunikasi dll.
- B. Main Panel/ forward (zona merah)**  
Aktifitas pilot pada panel utama adalah memonitoring *Control Display Unit* seperti *airspeed*, *altitude* dan navigasi, mengendalikan *aileron* dan *flap* melalui *manual steering*.
- C. Midle Panel (zona orange)**  
Aktifitas pilot biasanya adalah mengatur *throttle manual* dan juga *input* terhadap pesawat melalui *FMC (Flight Management Control)*.
- D. Rudder Pedal (zona Merah pada gambar b)**  
Memiliki fungsi untuk control pesawat terhadap gerak *yawing*.
- E. Vision Clarity (zona hijau pada gambar b)**  
Aktifitas pilot terhadap *layout cockpit* keseluruhan dan lingkungan luar *cockpit* dengan *angle* sebesar  $\geq 180^\circ$ .

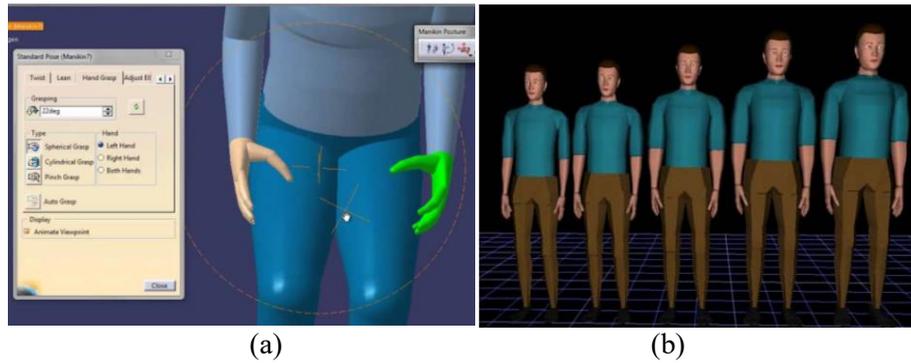
### 3.3. Optimasi Pilot Model

Orang Eropa, Amerika sangat berbeda jauh dari segi fisik tubuh orang Asia berkategori mongoloid seperti China, Korea dan Indochina. Oleh karena itu sebaiknya untuk membuat *Indonesian Pilot Model (IPM)* diperlukan optimalisasi sesuai dengan *anthropometry* data orang Indonesia. Pembuatan IPM dapat dilakukan menggunakan *software* JACK dan CATIA. Kajian ergonomis diawali oleh input data seperti yang tercantum pada table.1 dan sesuai dengan parameter-parameter lainnya yang diminta pada *software*.



**Gambar 3-2** Sequence membuat *posture* pilot model pada CATIA [14]

Namun perlu dikoreksi kembali ketika pemasukan parameter tersebut terjadi keanehan bentuk fisik dari IPM seperti kepala yang besar, tangan yang terlalu panjang dll sehingga perlu literasi berulang-ulang untuk mencapai proporsi yang sesuai dengan *anthropometry* yang diinginkan.

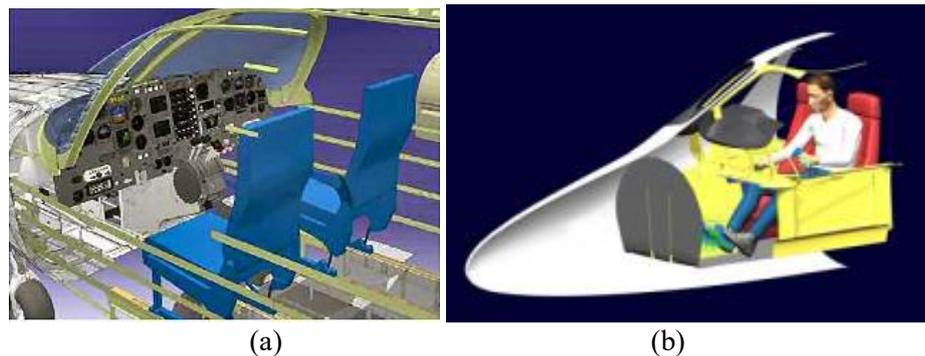


**Gambar 3-3** Optimalisasi IPM mengacu pada persentile 1%, 5%, 50%, 95% pada (a)CATIA dan (b) Jack software  
(sumber: jurnal ergonomi [8])

### 3.4 Optimasi *Cockpit* Model dan Integrasi Pilot Model

Sedangkan untuk *cockpit* pilot model dapat berupa data 3D model riil yang dibuat berdasarkan konsep desain pesawat itu sendiri seperti terlihat pada gambar 3-4. Adapun faktor-faktor model 3D yang perlu diperhatikan dari *cockpit* yang akan diexport untuk dalam pensimulasian ergonomi nantinya adalah: (a) *panel-panel Display (upper, forward dan middle)*, (b) *Kursi*, (c) *Rudder pedal*, (d) *Fuselage shell*.

Sedangkan tahap integrasi ditujukan untuk mencari kesesuaian antara pilot model dan dimensi *cockpit* apakah sudah memenuhi atau masih memerlukan optimasi pada pilot model. Tahap ini akan beriterasi hingga mencapai kesesuaian *persentile* >55%.

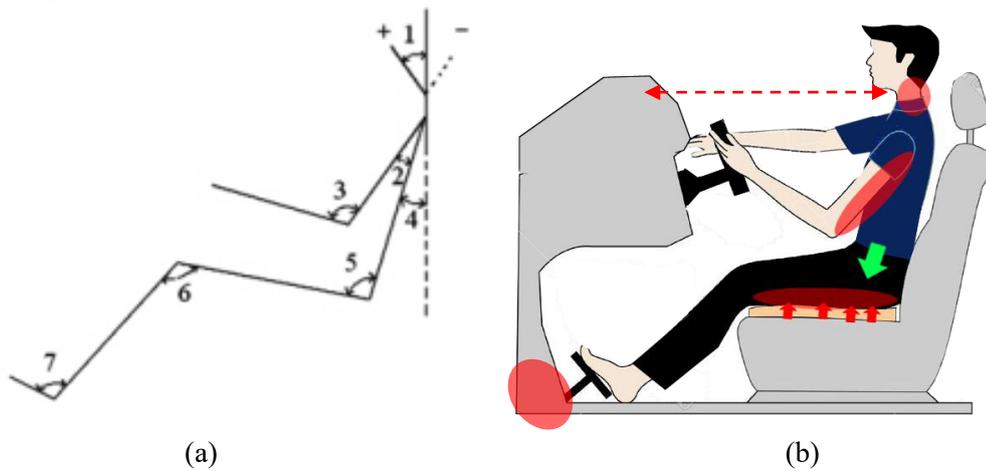


**Gambar 3-4** (a) Contoh *cockpit* model pesawat (b) integrasi *cockpit* dan pilot model

### 3.5 Ergonomi *Human Posture* Terhadap *Load Activity*

Simulasi ini bertujuan untuk menganalisis postur pilot terhadap *layout cockpit* pesawat. Aktifitas pilot diterjemakan pada *software* ergonomi dibatasi pada aktifitas: tekan, tarik dan daya jangkauan pilot. Berikut adalah pemetaan sikap tubuh pilot (*posture*) terhadap *lay out cockpit*.

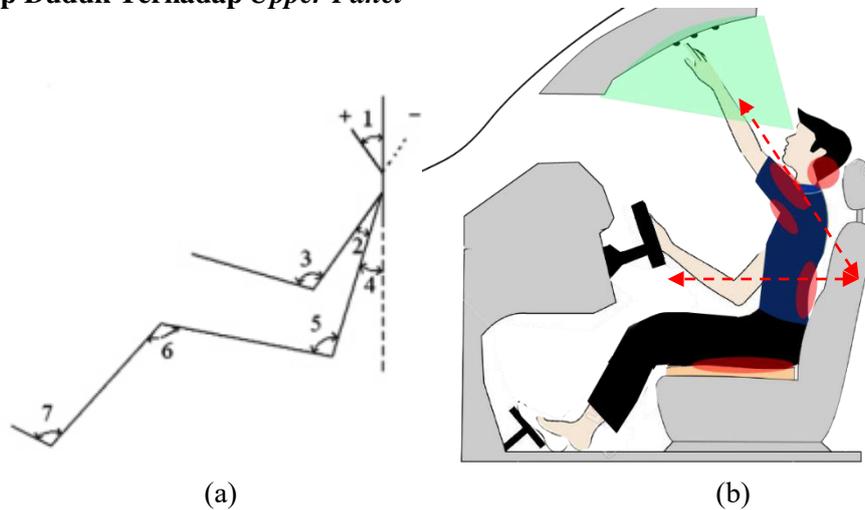
**A. Sikap Duduk Terhadap *Forward Panel***



**Gambar 3-5** (a) *Human posture reference* (b) posisi duduk saat mengemudi pesawat

Bisa dilihat ketika pilot berinteraksi terhadap *forward panel* baik itu memegang kemudi maupun memonitoring *display* unit maka terdapat 7 *joint* pada tubuh pilot yang dapat bergerak dan menyesuaikan. Masing-masing *joint* memiliki beban yang berbeda, beban tersebut nantinya akan menentukan tingkat kelelahan. Namun beban paling besar akan terpusat pada bagian otot bokong (*Gluteus maximus*) yaitu disekitaran *joint* no. 5, dikarenakan distribusi berat badan statis ditumpu pada bagian ini. Kedua beban pada otot lengan bawah (*triceps*) sekitaran *joint* no.3 walaupun tidak terlalu berat namun berpengaruh pada kelelahan. Ketiga adalah beban pada otot pundak (*trapezio*) ke leher *joint* no 1-2, dikarenakan pada otot ini beban statis kepala ditahan oleh bagian pundak. Keempat adalah beban yang dinamis ketika *joint* no.7 pada tungkai telapak kaki (*Achilles tendon*) melakukan aktifitas yang berulang ketika pilot harus mengontrol pesawat secara manual.

**B. Sikap Duduk Terhadap *Upper Panel***

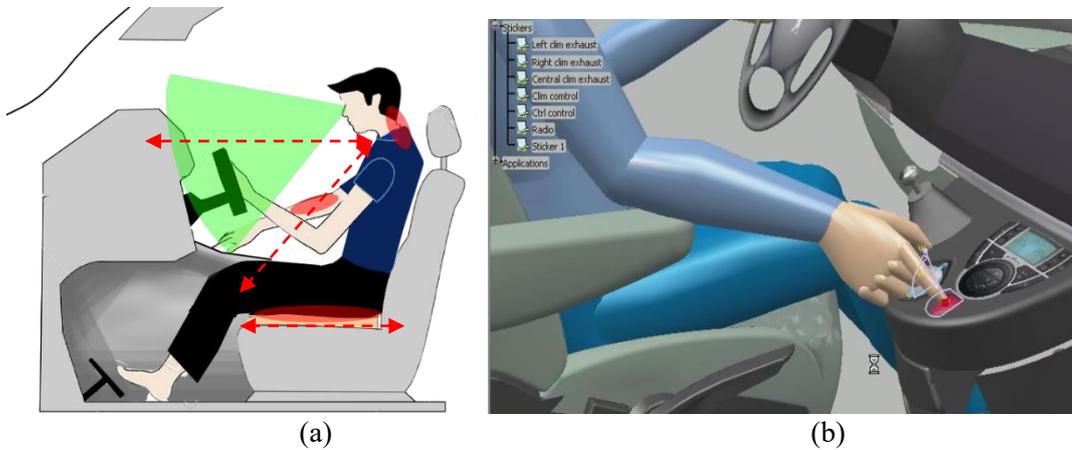


**Gambar 3-6.** (a) *Human posture reference* (b) posisi duduk saat memonitoring *upper panel*

Ketika pilot berinteraksi terhadap *upper panel* baik itu menekan tombol atau menggeser *switch* maka terdapat 5 buah *joint* yang mengalami pergerakan. Pertama adalah *joint* no 1 ketika kepala pilot mendongak keatas, maka beban akan terpusat pada otot leher dan pundak (*trapezio*). Kedua pergerakan terjadi pada lengan *joint* no.2 & 3 ketika lengan pilot berusaha menjangkau *button* atau *switch* pin maka beban akan tersebar pada bagian otot lengan atas (*biceps*) akan tertarik keatas. Ketiga adalah pergerakan dari *joint* no.4 & 5 dimana terdapat pergerakan melenting pada otot pinggang (*lasstisimus dorssi*) dimana pinggang akan menahan tekanan badan yang seharusnya disebar pada otot

bokong(*Gluteus maximus*). Menurut table1. Diketahui untuk jangkauan lengan terhadap panel terjauh berkisar 71 cm untuk semua jangkauan baik secara longitudinal maupun lateral.

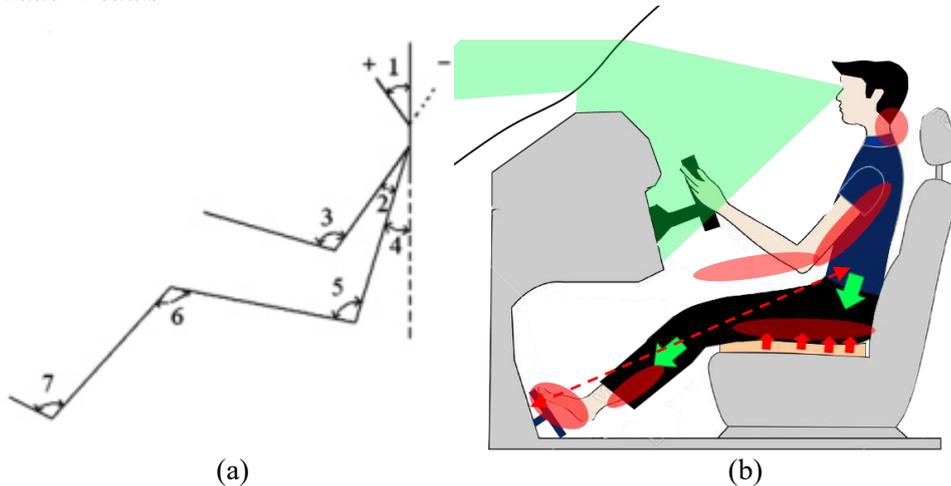
C. Sikap Duduk Terhadap *Middle Panel*



Gambar 3-7 (a) Posisi duduk saat memonitoring *middle panel* (b) pembebanan tekan pada panel (CATIA)[14]

Ketika pilot berinteraksi terhadap *middle panel* baik itu menekan tombol atau menggeser *switch* maka terdapat 3 buah *joint* yang mengalami pergerakan. Pertama adalah *joint* no 1 ketika kepala pilot menunduk ke bawah, maka beban akan terpusat pada otot leher dan pundak (*trapezio*). Kedua pergerakan terjadi pada lengan *joint* no.2 & 3 ketika lengan pilot berusaha menjangkau *button* atau *switch* pin maka beban akan tersebar pada bagian otot tungkai lengan atas (*brachio radials*). Ketiga adalah pergerakan dari *joint* no.4 & 5 dimana terdapat pergerakan membungkuk pada otot pundak yang tertarik mengikuti arah kepala maka pundak akan menahan tarikan dari bobot kepala. Poin pertimbangan lain adalah panjang pangkal kaki ke lutut (*buttock knee length*) dimaksudkan agar lutut tidak menyentuh *panel dashboard* yang nantinya akan menjadi hal yang berbahaya.

D. *Rudder Pedals*



Gambar 3-8 (a) *Human posture reference* (b) posisi duduk saat mengendalikan rudder pedals pesawat

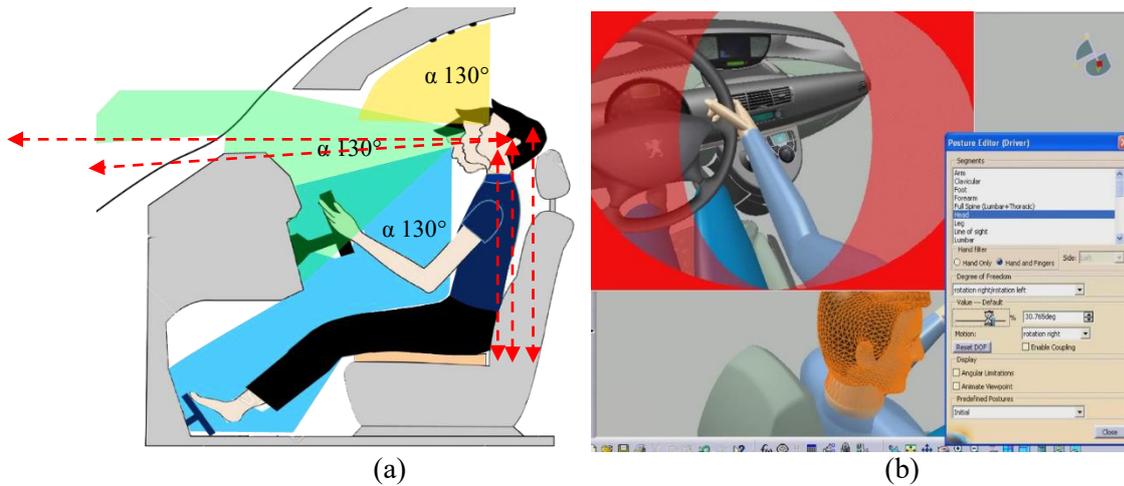
Ketika pilot berinteraksi pada *rudder pedal* maka terdapat 7 *joint* pada tubuh pilot yang dapat bergerak dan menyesuaikan. Masing-masing *joint* memiliki beban yang berbeda beban tersebut nantinya akan menentukan tingkat kelelahan. Pertama beban paling besar akan terpusat pada bagian otot bokong(*Gluteus maximus*) yaitu disekitaran *joint* no. 5, dikarenakan distribusi berat badan statis ditumpu pada bagian ini. Kedua beban pada otot lengan bawah (*triceps*) sekitaran *joint* no.3 bergerak dinamis dikarenakan pilot dalam keadan mengontrol pesawat. Ketiga adalah beban pada otot pundak (*trapezio*) ke leher *joint* no1-2, dikarenakan pada otot ini beban statis kepala ditahan oleh bagian pundak dikarenakan pilot harus fokus dalam mengontrol sikap pesawat. Keempat adalah beban yang dinamis

ketika *joint* no.6 yaitu pada otot paha (*rectrus femoris* dan *vestuss lateralis*) melakukan kegiatan tekan lepas pada *rudder pedals*. Kelima adalah beban tekan pada tungkai telapak kaki (*Achilles tendon*) dan telapak itu sendiri melakukan aktifitas yang berulang ketika pilot harus mengontrol pesawat secara manual.

Selain itu jangkauan dari kaki (*functional length leg*) sangat berpengaruh pada keterampilan pilot memainkan pedal. Diketahui dari tabel.no.1 adalah minimal panjang kaki adalah 1 m.

**E. Luasan Pandangan**

Manusia sendiri dari berbagai jenis ras biasanya memiliki *angle view* sekitar 130°. Ketika pilot berinteraksi pada *forward, upper* dan *middle panel rudder* pedal pada prinsipnya luas pandangan tetap sama. Namunp keleluasaan pandangan terdapat persyaratan-persyaratan tentang tinggi mata saat posisi duduk seorang pilot. Hal tersebut terkait dengan tingginya *dashboard panel cockpit* pesawat.

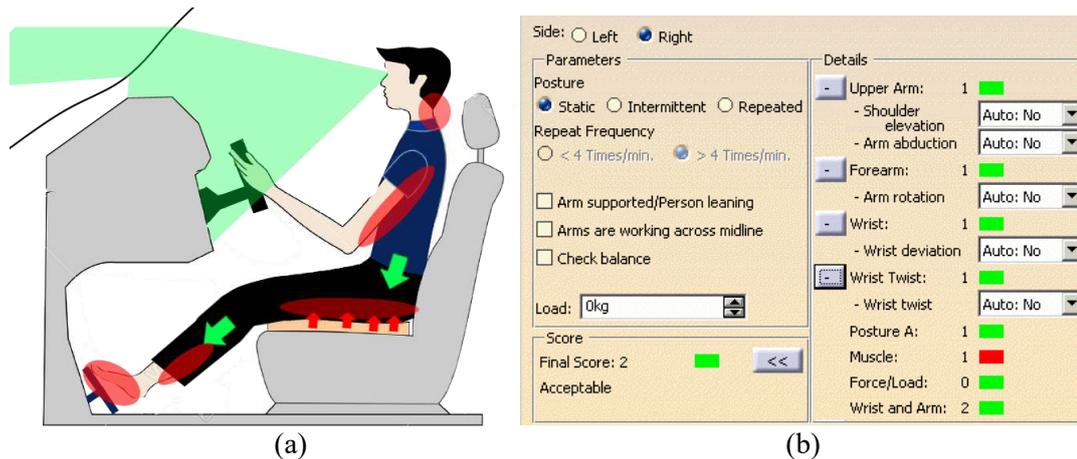


**Gambar. 3-8** (a) luasan pandangan pada posisi duduk di *cockpit* pesawat (b) *Pilot projection view* [14]

**3. 6 Pilot Load Analysis**

Simulasi yang telah dikerjakan tersebut akan mengeluarkan sebuah hasil yang merujuk pada aktifitas bekerja dan pembebanan yang diberikan. Bila melihat pada gambar 12 (a)& (b) simulasi pilot mengendalikan pesawat akan ter-projeksi titik-titik yang mengalami tekanan maupun tarikan. Proyeksi tersebut akan dirangkum dalam satuan rasa nyeri dan warna (*basic mode*) yang dijelaskan sebagai berikut:

- A. nilai 1-2 (hijau) : mengindikasikan bahwa sikap tubuh atau postur dapat menerima aktifitas tersebut berulang ulang dalam waktu yang lama.
- B. nilai 3- 4 (kuning): mengindikasikan bahwa sikap tubuh mulai tidak menerima aktifitas yang dilakukan dan membutuhkan investigasi lanjutan.
- C. Nilai 5-6 (orange): mengindikasikan sikap tubuh tidak nyaman dan membutuhkan perubahan dalam waktu yang cepat.
- D. Nilai 7 (merah) : mengindikasikan bahwa aktifitas yang dilakukan tidak dapat diterima dan harus dilakukan perubahan sikap seketika.



Gambar. 3-9 (a) Posisi duduk di cockpit pesawat (b) Score analysis in CATIA

#### 4. KESIMPULAN

Metode simulasi berbasis CAD ini merupakan pendekatan awal bagi desainer dan enjiner untuk membantu menyimpulkan secara dini ergonomi suatu *layout cockpit* pesawat. Namun untuk membuktikan hasil yang benar seutuhnya diperlukan *real test* ergonomi. Olehkarena itu *output* dari kajian metode ini disarankan diaplikasikan untuk desain ergonomi sebuah *cockpit* pesawat Indonesia seperti: N-219 dengan postur sesuai pilot Indonesia.

#### PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi menjadi tanggung jawab penulis. Dimana gambar beserta kutipan (sitasi) ditulis berdasarkan kaidah yang telah disyaratkan

#### DAFTAR PUSTAKA

- 1) Andreass Titlebach. *Pilot Fatigue*. Brussels-Belique: European Cockpit Assosiation. 2012.
- 2) Commander, N. A. *Anthropometric Accommodation In Naval Aviation*. Maryland- USA: Department Of The Navy. 2006.
- 3) Hadi, A. *Ergonomic Design Analysis for Vehicle Interior*. Melaka-Malaysia: Faculty of Mechanical Engineering. 2007.
- 4) José J. Cañas<sup>1</sup>, B. B. *Human Factors and Ergonomic*. Granada: University of Granada, Spain. 2000.
- 5) Kennedy, K. W. International Anthropometric. *International Anthropometric Variability*, 49. 1972.
- 6) PattariyaIntolo<sup>1</sup>, D. O. *Pain and Muscle Activity of Neck, Shoulder and Forearm Muscles*. Nakhon-Nayok: Thailand: Faculty of Health Sciences, Srinakharinwirot University, Thailand. 2010.
- 7) Robert. E. "Buck" Joslin, P. *Anthropometric Flight Safety Body Dimenssion*. United States Of America: HAI-RSC. 2015.
- 8) Su Rune, X. H. *Ergonomic Assessment Method For Cockpit Layout Of Civil Aircraft X Based On Virtual Design*. *26th International Congress Of The Aeronautical Sciences*, 3. 2012.
- 9) Tan Kay Chuan, ., M. (2010). Anthropometry of the Singaporean and Indonesian populations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 757–766.
- 10) Waters, T. R. *Application Manual For The Revised NIOSH Lifting Equation*. Ohio: US Departments Of Health and Human Services. 1994.
- 11) *aviation:cockpit-design-and-human-factors*. (2015, july monday). Retrieved from aviation knowledge: <http://aviationknowledge.wikidot.com/aviation:cockpit-design-and-human-factors>
- 12) *Human Factor*. (2015, July monday). Retrieved from DS CATIA : [http://catiadoc.free.fr/online/CATIAfr\\_C2/haaugCATIAfrs.htm](http://catiadoc.free.fr/online/CATIAfr_C2/haaugCATIAfrs.htm)
- 13) *Antropometri Manusia Indonesia*. (2015, June tuesday). Retrieved from LAB ANTROPOMETRI INDONESIA: <http://antropometriindonesia.com>