

UJI TINGKAT KEANDALAN DAN KENYAMANAN RANCANGAN ALAT KEMUDI *RUDDER* BERBASIS KENDALI TANGAN PADA SISTEM KEMUDI PESAWAT TERBANG SOLUSI UNTUK MEMINIMALISIR INTENSITAS BEBAN KERJA MENTAL YANG TINGGI

Meda Aji Saputro¹, Lathiifah Thawafani², Nur Indah Swariningrum³, Muh Alfatih H⁴

^{1,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas, Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura Surakarta 57102 Telp 0271 717417

²Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Pabelan Tromol Pos 1 Kartasura Surakarta 57102 Telp 0271 717417

³Jurusan Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102 Telp 0271 717417

Email : d200140266@student.ums.ac.id

Abstrak

Rudder pedals merupakan alat kemudi pesawat terbang yang digunakan untuk melakukan gerakan gelengan (yaw) pada sumbu vertikal. Rudder pedals juga berperan sangat penting ketika pesawat berada di darat, yakni sebagai alat kemudi roda depan pesawat serta pengereman. Namun, desain rudder pedals saat ini dirancang untuk ukuran kaki orang Eropa dan Amerika sehingga kurang ergonomis jika digunakan oleh orang Asia yang memiliki ukuran kaki lebih pendek. Berdasarkan survei terbatas terhadap sejumlah pilot nasional, kondisi ini menyebabkan ketidaknyamanan pilot dalam mengemudikan pesawat, terutama saat menghadapi turbulensi di udara. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diajukan rancang bangun alat kemudi rudder berbasis kendali tangan yang mengakomodasi aspek ukuran anthropometry persentil 50 dan 90 laki-laki Amerika dewasa. Rancangan alat kemudi rudder berbasis kendali tangan yaitu menggabungkan alat kemudi rudder dan control column dengan memberikan handle yang sudah diadopsi oleh ukuran tangan anthropometry persentil 50 dan 90 laki-laki Amerika dewasa, sehingga dalam pengoperasian alat kemudi rudder cukup menggunakan tangan. Hal ini dapat menciptakan kemudi yang lebih nyaman, efisien, mudah dan dapat digunakan oleh pilot dari berbagai macam ras. Prototype kemudian diujikan terhadap 20 calon pengguna untuk melihat tingkat keandalan dan kenyamanan dari alat yang dirancang dari hasil pengujian diperoleh bahwa tidak ada keluhan rasa sakt dan pegal pada tangan hanya saja ada kegiatan latak pada pengguna

Kata kunci: *Anthropometry; Kemudi pesawat; Rudder Pedals*

Pendahuluan

Dalam pengembangan dan perancangan suatu produk, salah satu faktor yang paling penting adalah ergonomi. Cormick (1993) menggunakan istilah *human factors* untuk mengistilahkan ergonomi. Fokus dari human factors adalah interaksi manusia dengan produk yang memiliki tujuan untuk meningkatkan keefektifan, keefisienan serta keselamatan kerja maupun aktivitas lain melalui pendekatan yang berhubungan dengan kapasitas manusia.

Oleh sebab itulah dalam memperbaiki rancangan cockpit (anjungan pesawat terbang) beserta isinya, sangat dianjurkan untuk mengacu dan memperhatikan segi ergonomi. Hal ini bertujuan untuk mencegah dan melindungi dari rasa tidak nyaman, dan kelelahan pada tubuh pilot yang disebabkan oleh tata letak yang tidak logis, sehingga dapat berpotensi mengganggu keamanan dan membahayakan penerbangan (Rune, 2009). Untuk menerapkan ergonomika dalam cockpit beserta isinya, maka tak dapat dipungkiri bahwa antropometri, yaitu ilmu yang membahas secara spesifik ukuran-ukuran anggota tubuh manusia, memegang peranan penting. Karena hampir seluruh sistem di pesawat terbang dikendalikan dan dikontrol dari cockpit, khususnya alat kemudi pesawat yang digerakkan oleh tubuh pilot.

Pesawat terbang memiliki tiga alat kemudi primer, salah satunya adalah rudder pedals. Rudder pedals merupakan bagian dari alat kemudi pesawat terbang yang terletak di bawah instrumen panel dekat kaki pilot pada ruang kemudi (cockpit) dan berfungsi untuk melakukan gerakan gelengan (yaw) ke kiri dan kanan (Daneshjo, 2013) serta memiliki peranan yang sangat penting ketika pesawat berada di darat (Handayo dan Subdiby, 2011). Akan tetapi desain rudder pedals saat ini dirancang untuk ukuran kaki orang Eropa dan Amerika sehingga kurang ergonomis jika digunakan oleh orang Asia yang memiliki ukuran kaki lebih pendek (ilmuterbang.com), karena

dalam mengoperasikan alat ini harus menggunakan kaki pilot, walaupun perancang telah menciptakan kursi pilot yang dapat diatur sesuai ukuran tubuh masing-masing pilot serta dapat menahan beban hentakan hingga 6 Gravity (6G) guna mengatasi masalah tersebut.



Gambar 2. Posisi *control column* dan *rudder pedals* saat ini pada *cockpit*

Namun, kursi pilot mempunyai kelemahan yang sangat fatal yaitu kursi tersebut harus terkunci secara benar pada relnya agar tidak bergerak ketika lepas landas atau pun mendarat. Suatu kecelakaan dapat terjadi sebagai akibat dari kursi penerbang yang tiba-tiba bergeser ke belakang diwaktu pesawat mulai rotation saat lepas landas yang mengakibatkan pilot menarik tuas kemudi melebihi yang dibutuhkan, sebab dari reflek sebagai upaya menahan dirinya, sehingga pesawat terbang stall dan jatuh pada posisi mendongak (Hutagaol, 2013) dan dapat menjadi beban kerja mental yang berakibat kecelakaan, karena dari 60% sampai 90% kecelakaan pesawat terbang berasal dari intensitas beban kerja mental yang tinggi (Zongmin, 2014). Dari permasalahan tersebut, pada penelitian ini akan diusulkan rancangan konseptual alat kemudi rudder berbasis kendali tangan yang mengakomodasi aspek ukuran antropometri dengan persentil 50 dan 90 laki-laki Amerika dewasa, sehingga ergonomis dan nyaman digunakan oleh pilot dari berbagai .

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium CAD,CAM dan CAE Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta dan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Untuk pemecahan masalah, berikut langkah-langkah yang dilakukan :

1. Identifikasi Masalah
Tahapan identifikasi masalah ini bertujuan untuk mengetahui keluhan-keluhan tentang pengoperasian rudder pedals yang posisinya kurang ergonomis dengan cara melakukan wawancara terhadap pilot dan diskusi pada forum penerbangan. Keluhan tersebut diformulasikan menjadi masalah yang hendak diselesaikan dengan cara menetapkan tujuan penelitian.
2. Studi Kepustakaan
Kajian pustaka dilakukan dengan cara mencari dan mempelajari referensi teks, jurnal, paper, serta literatur lain yang terkait dengan penelitian.
3. Pengumpulan Data
Pengumpulan data dari penelitian ini berdasarkan dua referensi yaitu: (i) Boeing 737 measurements dari referensi Capt. Mark, dengan pertimbangan bahwa Boeing 737 merupakan pesawat komersil yang memiliki teknologi yang sangat mutakhir di zamannya, sekaligus menjadi salah satu objek penelitian dan pengembangan pesawat komersil lainnya. (ii) Data sekunder dimensi tubuh atau anthropometry (Tilley, 1993). Data yang didapatkan dari literatur kedua adalah dimensi tangan laki-laki dewasa Amerika dengan persentil 50% untuk ukuran rata-rata dan 90 % (large man) untuk dimensi tertentu, dengan alasan dimensi tubuh terbesar dimiliki oleh manusia Eropa dan Amerika (Tilley, 1993). Pemilihan persentil tersebut dengan dasar agar ukurannya tidak terlalu besar dan terlalu kecil bagi sebagian ras manusia.
4. Penyusunan Konsep
Penyusunan konsep ini adalah membuat sketsa rancangan awal desain alat kemudi rudder berbasis kendali tangan berdasarkan data-data yang telah diperoleh, yang nantinya akan digunakan sebagai pedoman dalam pembuatan desain 3D.
5. Perancangan alat kemudi rudder berbasis kendali tangan
Perancangan menggunakan Software SolidWorks Premium 2016. Pada tahap ini juga dilakukan evaluasi kekuatan hasil perancangan.

6. Pembuatan dikerjakan mengacu pada gambar kerja dari hasil proses perancangan.
7. Uji Coba alat kemudi rudder berbasis kendali tangan
Metode ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan dan kenyamanan dengan mengambil sampel sebanyak 20 orang untuk mengoperasikan prototype tersebut. Pengujian ini menggunakan alat ukur anthropometry sebagai indikator pengujian Apabila ada hal-hal yang tidak sesuai, maka akan dilakukan perbaikan.
8. Analisis Hasil Uji Coba
Hasil uji coba ditabulasikan, diolah dan dianalisis.
9. Kesimpulan
Menyimpulkan atas hasil rancangan, uji coba, dan analisis uji coba

Hasil Pembahasan

Hasil dari perancangan alat kemudi rudder berbasis kendali tangan terdapat pada gambar. 1. Ukuran dari data-data ukuran tubuh antropometri setiap ras atau etnisitas sangat berbeda (Tilley, 1993), dan berdasarkan data survei antropometri ukuran ras yang paling besar nilainya dari penelitian Tilley adalah ukuran si Finn dan Amerika (NASA, 1978). Sesuai dengan pengambilan data kami yang tertera pada bab 3 tentang pengambilan data, ada alasan mengapa kami mengambil data atau literatur sekunder dari Tilley. Karena sangatlah susah dan juga membutuhkan waktu yang sangat lama untuk mengukur dan mendapatkan data ukuran tubuh semua manusia dari berbagai macam ras di dunia.



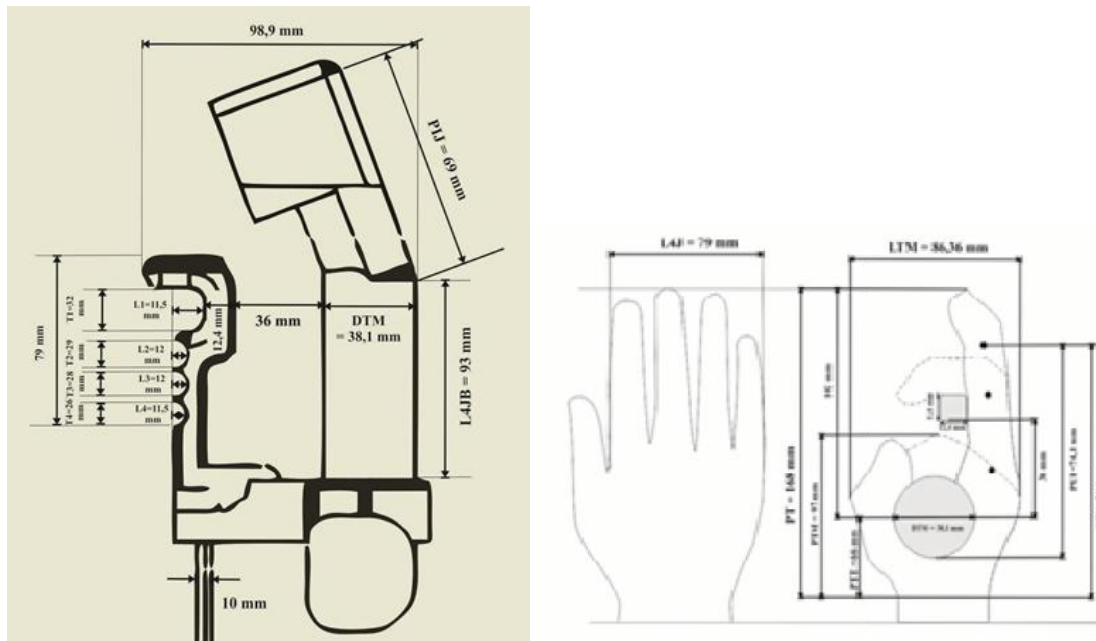
Gambar 2. Desain alat kemudi *rudder* berbasis kendali tangan

Dalam pembuatan alat kemudi rudder berbasis tangan, kami menggunakan data antropometri tangan pria Amerika usia 20-65 tahun dalam persentil pertama (ukuran terkecil) dengan asumsi tangan kemudi dapat digunakan berbagai ras manusia, dan menggunakan persentil ke-99 (ukuran terbesar) sehingga nantinya tidak terlalu kecil / padat untuk tangan besar. Data berikut ini adalah tangan manusia Amerika anthropomerty dalam persentil 1 dan 99 :

Tabel 1. Data percentil yang diperoleh dari data sekunder

| No. | Kode | Dimensi | Percentile (mm) | |
|-----|-------|---|-----------------|------|
| | | | 1% | 99% |
| 1 | PT | Total Length Hand | 168 | - |
| 2 | PTM | Long Hand Grip | 97 | - |
| 3 | DTM | Diameter Tubes Handheld | 38.1 | - |
| 4 | PTT | Long Hand Center to Center Tubes | 66 | - |
| 5 | PTU | Long Center to End Hand Thumb | 102 | - |
| 6 | PUI | Long Edge to Edge Thumb Tubes | 74.1 | - |
| 7 | LTM | Width Hand Grip | 86.36 | - |
| 8 | L4J | The Total Width of Four Fingers | 79 | - |
| 9 | PIJ | Long Toe to Edge of Finger | 69 | - |
| 10 | LP4JB | The Total Width of The Four Fingers | - | 93 |
| 11 | T1 | Thick Finger Finger + (Allowance 8 Mm) | - | 32 |
| 12 | T2 | Thickness Middle Finger + (Allowance 4 Mm) | - | 29 |
| 13 | T3 | Thick Ring Finger + (Allowance 4 Mm) | - | 28 |
| 14 | T4 | Thick Finger Little Finger + (Allowance 2 Mm) | - | 26 |
| 15 | D1 | Depth Finger Finger X ½ | - | 11.5 |
| 16 | D2 | Depth Middle Finger X ½ | - | 12 |
| 17 | D3 | Depth Ring Finger X ½ | - | 12 |
| 18 | D4 | Depth Finger Little Finger X ½ | - | 11.5 |

Data ukuran tersebut yang kami gunakan adalah ketika tangan dalam bentuk menggenggam pada suatu handle dan stir/kemudi kendaraan seperti pada gambar 3. Sehingga kami mendesain alat tersebut sesuai dengan ukuran-ukuran yang diperoleh dengan menggunakan Aplikasi desain yaitu Solidworks Pro 2014, seperti yang terdapat pada gambar 4. Dari desain tersebut digunakan untuk pembuatan prototype alat kemudi rudder (gambar 5). Untuk mengetahui tingkat keergonomisan dan kenyamanan kami melakukan uji coba pada alat dengan mengambil sampel 20 orang yang terdiri dari 16 mahasiswa dan 4 pilot dengan keluhan rasa sakit atau pegal di tangan (seperti gambar 6).



Gambar 3. Desain alat kemudi *rudder* berbasis tangan yang sudah mengadopsi *anthropometry*



Gambar 4. Tampilan fisik alat kemudi *rudder* berbasis kendali tangan

Untuk mahasiswa sendiri kami mengambil setidaknya 2 kategori yaitu mahasiswa dengan pengetahuan akan dunia penerbang dan juga pernah mengendarai pesawat terbang pada flight simulator dengan jam terbang sekurang-kurangnya 15 jam terbang dan mahasiswa biasa tanpa pengetahuan penerbangan dan tanpa pernah mengendarai pesawat terbang pada simulator. Serta dengan tinggi badan yang bervariasi yaitu 180-175 cm, 175-170 cm, 170-165 cm, dan 165-160 cm dengan lama waktu penggunaan 30 menit dan didapat hasil seperti berikut :

Tabel 2. hasil dari pengujian alat kemudi *rudder* berbasis kendali tangan

| NO | Nama Karespondensi | Jenis Kelamin | Tinggi Badan | Keluhan |
|----|--------------------|---------------|--------------|-----------|
| 1 | Sdr. A | L | 163 cm | Tidak Ada |
| 2 | Sdr. Z | L | 170 cm | Latah |
| 3 | Sdr. A | L | 165 cm | Latah |
| 4 | Sdr. T | L | 160 cm | Tidak Ada |
| 5 | Sdr. H | L | 175 cm | Latah |
| 6 | Sdr. N | L | 168 cm | Latah |
| 7 | Sdr. J | L | 174 cm | Tidak Ada |
| 8 | Sdr. W | L | 178 cm | Tidak Ada |
| 9 | Sdr. S | L | 165 cm | Latah |
| 10 | Sdr. R | L | 170 cm | Latah |
| 11 | Sdr. B | L | 180 cm | Latah |
| 12 | Sdr. Y | L | 178 cm | Tidak Ada |
| 13 | Sdr. N | L | 170 cm | Tidak Ada |
| 14 | Sdr. J | L | 165 cm | Latah |
| 15 | Sdr. T | L | 170 cm | Tidak Ada |
| 16 | Sdr. M | L | 168 cm | Latah |
| 17 | Sdr. S | L | 164 cm | Tidak Ada |
| 18 | Sdr. F | L | 168 cm | Latah |
| 19 | Sdr.H | L | 167 cm | Latah |
| 20 | Sdr. M | L | 170 cm | Tidak Ada |

Dari hasil pengujian didapat hampir tidak ada keluhan rasa sakit atau pegal pada tangan dan pergelangan tangan hanya saja dari karesponden menyatakan bahwa karespondensi sering melakukan kegiatan semacam latah atau lupa (seperti kondisi dimana seseorang yang kebiasaan sehari-hari menggunakan sepeda motor bebek lalu pada suatu hari menggunakan sepeda motor matic yang terkadang kaki pengendara tersebut sering bergerak secara otomatis untuk memindahkan proseneling, padahal sepeda motor yang dikendarai adalah sepeda motor matic). Kegiatan latah di ungkapkan oleh karespondensi dari mahasiswa dengan pengetahuan akan dunia penerbang dan juga pernah mengendarai pesawat terbang pada flight simulator dengan jam terbang sekurang-kurangnya 15 jam dan pilot ini perlu maklum, karena pada dasarnya alat kemudi pesawat yang menggabungkan kedua alat kemudi ini belum pernah ditemukan di beberapa pesawat komersil maupun militer, baik pesawat yang berbadan kecil walaupun di pesawat berbadan besar. Berikut adalah gambar pengujian alat kemudi rudder IMAN KEMPES di Kampus 4 Universitas Muhammadiyah Surakarta :

Gambar 5. Pengujian alat kemudi *rudder* berbasis kendali tangan

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian diatas, dapat disimpulkan bahwa alat kemudi rudder berbasis kendali tangan merupakan penggabungan alat kemudi rudder dan control column dengan memberikan handle yang sudah diadopsi oleh ukuran tangan anthropometry persentil 50 dan 90 laki-laki Amerika dewasa, sehingga dalam pengoperasian alat kemudi rudder cukup menggunakan tangan. Hal ini dapat menciptakan kemudi yang lebih

nyaman, efisien, mudah dan dapat digunakan oleh pilot dari berbagai macam ras. Prototype kemudian diujikan terhadap 20 calon pengguna untuk melihat tingkat keandalan dan kenyamanan dari alat yang dirancang dari hasil pengujian diperoleh bahwa tidak ada keluhan rasa sakit dan pegal pada tangan hanya saja ada kegiatan latak pada pengguna. Kegiatan latak ini perlu maklumi karena pada dasarnya alat kemudi pesawat yang menggabungkan kedua alat kemudi ini belum pernah ditemukan di beberapa pesawat komersil maupun militer, baik pesawat yang berbadan kecil walaupun di pesawat berbadan besar.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih kami haturkan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian kami melalui program Kreativitas Mahasiswa (PKM).

Daftar Pustaka

- Daneshjo, N., Startyinski, C.D., Kohla, A, and Dietrich, C., (2013) "Flight control system". *Transfer inovácií*. 26 (2013): 33-38.
- Garg, A., Linda, R.I., and Chowdhury, T., (2013). "Evolution of aircraft flight control system and fly-by-light flight control system". *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 3 (12) pp. 61-63.
- Handoyo, S. dan Sudiby, D., (2014), "Aviopedia – Ensiklopedia Umum Penerbangan Jilid 2", PT. Gramedia,
- Hutagaol, D., (2013). "Pengantar Penerbangan Perspektif Profesional", Erlangga.
- Mc Cormick, Ernest J dan Sandres, M.S., (1993), "Human Factors in Engineering and Design", Mc Graw Hill.
- Nurmianto, E., (2003). "Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya", Guna Widya.
- Rene, S., Hongjun, X., and Bifeng, S., (2009). "Ergonomic virtual assesment for cockpit layout of civil aircraft. *System Engineering Theory and Practice* Vol 29 (1) pp. 186-191.
- Steven. (2014). "Apakah Menjadi Pilot Harus Tinggi?". <http://www.ilmuterbang.com/blog-mainmenu-9-60730/blog-umum-mainmenu-82/780-apakah-menjadi-pilot-harus-tinggi>. Diakses pada tanggal 14 September 2018.
- Tilley, A.R. (1993), "The Measure Of Man And Women", Waston-Guption Publications..
- Zongmin, W., Damin, Z., Xiaoru, W., Chen, L., and Huan, Z. 2014. "A model for discrimination and prediction of mental workload of aircraft cockpit display interface". *Chinese Journal of Aeronautic*, 27(5) pp: 1070-1077.