



MEMPELAJARI ANTROPOMETRI, BIOMEKANIK DAN BEBAN KERJA PILOT PESAWAT TERBANG RINGAN PENYEMPROT TANAMAN JENIS MINIMAX TIPE V-MAX 1550

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Oleh :
NUR RAHAYULITA DIANTI
F 29.0848



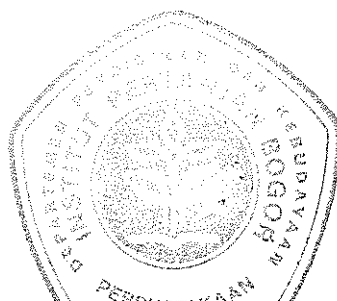
1997
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR

Nur Rahayulita Dianti. F 29.0848. Mempelajari Antropometri, Biomekanik dan Beban Kerja Pilot Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550. Dibawah bimbingan Ir. H. Kusen Morgan, MS. dan Dr. Ir. Sam Herodian, MS.

RINGKASAN

Penduduk Indonesia sebagian besar bermata pencaharian pada bidang pertanian. Indonesia sebagai salah satu negara agraris, dewasa ini tengah berusaha meningkatkan kuantitas maupun kualitas produk-produk pertaniannya. Kondisi pertanian tidak lepas dari gangguan hama dan penyakit tumbuhan. Keadaan ini mempengaruhi perkembangan aplikasi mesin-mesin untuk pemberian insektisida dan fungisida. Pesawat terbang ringan penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 merupakan salah satu mesin yang dapat digunakan sebagai alat bantu dalam bidang pertanian, seperti penyemprotan pestisida dan pupuk.

Sebagian besar mesin pertanian import maupun yang telah diproduksi di dalam negeri masih dirancang dan dibuat berdasarkan ukuran fisik pekerja Eropa atau Amerika yang merupakan negara produsen mesin-mesin pertanian modern. Secara umum ukuran tubuh pilot Indonesia lebih diutamakan yang memiliki ukuran tinggi diatas rata-rata orang Indonesia. Namun untuk kemajuan penggunaan mesin-mesin dalam meningkatkan produktivitas kerja petani, diperlukan ukuran yang sesuai dengan pekerja lokal. Oleh karena itu peranan segi ergonomi perlu diterapkan agar diperoleh penempatan alat-alat kendali yang sesuai dengan ukuran penggunanya.





Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi daerah kerja pilot di kokpit dari penempatan alat-alat kendali dalam pesawat terbang ringan penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 untuk dibandingkan dengan ukuran rata-rata antropometri dan biomekanik orang Indonesia, serta mempelajari besarnya tingkat beban kerja pilot pada saat mengemudikan pesawat terbang ringan penyemprot tanaman agar diperoleh kenyamanan, keamanan, kesehatan dan efisiensi kerja yang optimal.

Berdasarkan hasil analisa antropometri dan biomekanik terhadap ukuran umum pilot Indonesia menunjukkan bahwa penempatan alat-alat kendali pesawat terbang ringan penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 sudah berada di daerah normal kerja. Untuk ukuran rata-rata orang Indonesia penempatan tersebut berada di daerah maksimum kerja. Beberapa penyesuaian yang perlu dilakukan terjadi pada bagian alat kemudi utama yaitu : jarak penempatan *control column* pada 10,4 cm dari sisi depan tempat duduk, sehingga jangkauan maksimum tangan berada di daerah normal kerja. Selain itu jarak *rudder bar* pada 61,34 cm dari sisi depan tempat duduk dapat membentuk sudut gerak paha dan betis mendekati optimum (120 derajat).

Pekerjaan mengemudikan pesawat terbang ringan penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 tergolong kerja sedang dan pada kondisi *landing* terjadi kerja berat. Perubahan aktivitas syaraf simpatik secara mendadak yang juga dipengaruhi perubahan aktivitas mental pada saat *landing* mengakibatkan terjadinya peningkatan kecepatan denyut jantung. Pada saat pesawat *take off*, diperoleh perbedaan yaitu dari hasil perhitungan Laju Metabolisme Relatif menunjukkan kerja sedang dan hasil pengukuran denyut jantung termasuk dalam kerja berat. Waktu istirahat yang diperlukan



pilot setelah 18 menit terbang adalah 8,25 menit dengan besar efisiensi penggunaan energi yang dihasilkan adalah 22,55 persen.

Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SKRIPSI

MEMPELAJARI ANTROPOMETRI, BIOMEKANIK DAN BEBAN KERJA PILOT PESAWAT TERBANG RINGAN PENYEMPROT TANAMAN JENIS MINIMAX TIPE V-MAX 1550

oleh :

NUR RAHAYULITA DIANTI

F 29.0848



1997

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

**MEMPELAJARI ANTROPOMETRI, BIOMEKANIK DAN
BEBAN KERJA PILOT PESAWAT TERBANG RINGAN
PENYEMPROT TANAMAN JENIS MINIMAX TIPE V-MAX 1550**

SKRIPSI

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
di FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

oleh:

NUR RAHAYULITA DIANTI

F 29.0848

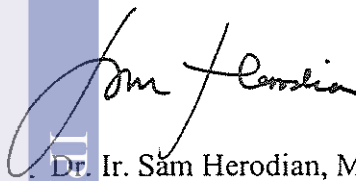
Dilahirkan pada tanggal 14 Juli 1973

di Jakarta

Lulus tanggal 28 Januari 1997

Bogor, 4 Februari 1997

disetujui oleh:



Dr. Ir. Sam Herodian, MS.

Dosen Pembimbing II



Ir. H. Kusen Morgan, MS.

Dosen Pembimbing I



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT, atas nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Strata Satu (S1) di Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Masalah khusus yang dipilih oleh Penulis dalam penyusunan skripsi ini adalah berkaitan dengan bidang Ergonomika di Jurusan Mekanisasi Pertanian.

Dengan penuh rasa tulus penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Kusen Morgan, MS., sebagai dosen Pembimbing Utama dan Kepala Laboratorium Ergonomika dan Elektronika Pertanian yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Sam Herodian, MS., sebagai dosen pembimbing pendamping dan pencetus ide masalah khusus ini yang telah membina dan membimbing penulis.
3. Bapak Ir. R. Godfried Sitompul, yang telah bersedia menguji skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Suryono Surjokusumo, Bapak Drs. Soemanto dan Bapak O.D. Djubair yang telah banyak membantu penulis selama pelaksanaan penelitian ini.
5. Ibu dan kakak atas kasih sayang, jerih payah dan do`a yang tak henti-hentinya untuk keberhasilan penulis serta Bapak (Alm) dan mbak Menik (Alm) tercinta yang semangat dan kasihnya tetap hidup dalam diri penulis.



6. Rekan Lenny, Iyod dan Ian atas bantuan dan kerja samanya selama pelaksanaan penelitian.

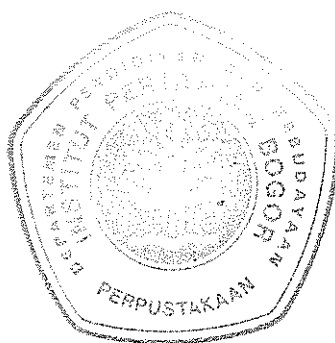
7. Teman-teman dan semua pihak yang tak dapat disebutkan satu per satu yang telah mendorong semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun dari semua pihak sangat penulis harapkan.

Akhirnya Penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna bagi yang memerlukan.

Bogor, Februari 1997

Penulis





DAFTAR ISI

Teks	Halaman
Kata Pengantar	iv
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Lampiran	xi
I. Pendahuluan.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan	3
II. Tinjauan Pustaka	4
A. Pesawat Terbang.....	4
B. Antropometri.....	8
C. Biomekanik	10
D. Pengukuran Beban Kerja	13
E. Laju Metabolisme Relatif (LMR).....	15
F. Waktu Istirahat.....	17
G. Efisiensi Penggunaan Tenaga.....	17
III. Metodologi.....	19
A. Tempat dan Waktu	19
B. Peralatan dan Perlengkapan	19



1. Subyek dan Obyek Penelitian	19
2. Instrumentasi dan Alat Ukur	19
C. Prosedur Penelitian	20
1. Pengambilan Data Di Lapang.....	20
2. Pengolahan Data.....	23
IV. Hasil dan Pembahasan.....	26
A. Spesifikasi Pesawat Terbang.....	26
B. Analisa Antropometri dan Biomekanik	27
C. Tingkat Beban Kerja.....	44
V. Kesimpulan.....	50
Daftar Pustaka.....	53
Lampiran.....	55



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1.	Kriteria Tingkat Beban Kerja Berdasarkan Parameter Fisiologis	14
Tabel 2.	Klasifikasi dari Tingkat Kelelahan	16
Tabel 3.	Nilai Efisiensi Penggunaan Tenaga dari Beberapa Aktivitas Kerja.....	18
Tabel 4.	Data Teknis Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550.....	26
Tabel 5.	Pengukuran Jarak Alat-alat Kendali pada Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V- Max 1550.....	27
Tabel 6.	Hasil Klasifikasi Beban Kerja Fisik Pilot saat Mengemudikan Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe 1550	47

Tidak boleh dipinjam IPB University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1.	Model Pesawat Terbang Ringan Berbadan Monokok	5
Gambar 2.	Model Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550.....	5
Gambar 3.	Bidang-bidang Pengendali Pada Pesawat Terbang Ringan.....	6
Gambar 4.	Cara Pengukuran Antropometri.....	9
Gambar 5.	Posisi Duduk Pilot Dalam Kokpit Pesawat Terbang Ringan	10
Gambar 6.	Pengukuran Besar Gaya pada <i>Control Column</i>	19
Gambar 7.	Pengukuran Besar Gaya pada <i>Rudder Bar</i>	20
Gambar 8.	Alat-alat Kendali Utama pada Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550	28
Gambar 9.	Sketsa Tata Letak Alat-alat Kendali dalam Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550	29
Gambar 10.	Tampak Atas dari Pemplotan Daerah Kerja Pilot pada Ruang Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550	30
Gambar 11.	Tampak Samping dari Pemplotan Daerah Kerja Pilot pada Ruang Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550	31
Gambar 12.	Tampak Atas dari Pemplotan Daerah Kerja Ukuran Rata-rata Pria Indonesia pada Ruang Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550.....	32
Gambar 13.	Tampak Atas dari Pemplotan Daerah Kerja Ukuran Rata-rata Pria Indonesia Pada Ruang Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550.....	33



Gambar 14.	Tampak Atas dari Pemplotan Daerah Kerja Ukuran Rata-rata Wanita Indonesia pada Ruang Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550	34
Gambar 15.	Tampak Atas dari Pemplotan Daerah Kerja Ukuran Rata-rata Wanita Indonesia pada Ruang Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550	35
Gambar 16.	Sketsa Selang Sudut Gerak Tangan Saat Mengoperasikan Control Column	36
Gambar 17.	Sketsa Penentuan Jarak Optimal Penempatan <i>Control Column</i>	37
Gambar 18.	Sketsa Selang Sudut Gerak Kaki untuk Ukuran Rata-rata Pria Indonesia saat Menginjak <i>Rudder Bar</i>	39
Gambar 19.	Sketsa Penentuan Jarak Optimal Penempatan <i>Rudder Bar</i>	39
Gambar 20.	Display-display pada Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550.....	41
Gambar 21.	Sudut Pandang Mata Pilot Terhadap Panel, Display dan Pengamatan Luar Pada Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman	41
Gambar 22.	Grafik Denyut Jantung Pilot dari Sebelum sampai Sesudah Melakukan Penerbangan	45
Gambar 23.	Beda Kemiringan dari Hasil Pengukuran Denyut Jantung Pilot Saat Melakukan <i>Take Off</i> dan <i>Landing</i>	46

ak Cipta Dilindungi Undang-undang
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutipkannya dengan menyebutkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Ukuran Rata-rata Antropometri Manusia Berbagai Negara di Dunia	55
Lampiran 2. Ukuran Rata-rata Antropometri Orang Indonesia	56
Lampiran 3. Gambaran Definisi Pengukuran Antropometri.....	57
Lampiran 4. a. Data Pengukuran Denyut Jantung Pilot Rata-rata per menit dari Sebelum Sampai Sesudah Terbang.....	59
b. Data Pengukuran Besar Gaya pada Alat Kendali Utama Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe 1550	59
Lampiran 5. Kebutuhan Oksigen pada Kondisi Basal Hasil Penelitian di Jepang Berdasarkan Luas Permukaan Kulit.....	60
Lampiran 6. Konsumsi Oksigen pada Kondisi Basal Hasil Penelitian Lembaga Gizi Masyarakat Indonesia	61
Lampiran 7. Ukuran Fisik Tubuh Pilot Standar Eropa	62

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Penduduk Indonesia sebagian besar bermata pencaharian pada bidang pertanian. Indonesia sebagai salah satu negara agraris, dewasa ini tengah berusaha meningkatkan kuantitas maupun kualitas produk-produk pertaniannya. Kondisi pertanian tidak lepas dari gangguan hama dan penyakit tumbuhan. Keadaan ini mempengaruhi aplikasi mesin-mesin untuk pemberian insektisida dan fungisida.

Dewasa ini aplikasi mesin-mesin dalam budidaya pertanian telah berkembang pesat. Penggunaannya dalam bidang pertanian bertujuan untuk meningkatkan produktivitas kerja petani dan merubah pekerjaan berat menjadi ringan dan menarik (Daywin, 1991).

Pesawat terbang ringan dapat diaplikasikan sebagai alat bantu dalam bidang pertanian. Fungsinya tidak hanya sebagai alat angkut bahan input produksi maupun hasil pertanian, tetapi juga dapat digunakan dalam kegiatan monitoring suatu areal, alat bantu dalam kegiatan hujan buatan atau penyemprotan pupuk dan pestisida.

Sebagian besar alat dan mesin yang digunakan dalam bidang pertanian dirancang dan dibuat berdasarkan ukuran fisik pekerja Eropa dan Amerika yang merupakan negara produsen mesin-mesin pertanian modern. Mesin-mesin pertanian modern tersebut, tidak hanya digunakan oleh pekerja-pekerja Eropa dan

Amerika, tetapi juga digunakan dalam pertanian di negara-negara lain, termasuk pertanian Indonesia.

Secara umum ukuran tubuh pilot Indonesia lebih diutamakan yang memiliki ukuran tinggi diatas rata-rata orang Indonesia. Namun untuk kemajuan penggunaan mesin-mesin dalam meningkatkan produktivitas kerja petani, diperlukan ukuran yang sesuai dengan pekerja lokal.

Pada kondisi tertentu penggunaan mesin-mesin import yang dirancang dan dibuat berdasarkan ukuran fisik pekerja Eropa dan Amerika sering menimbulkan kesulitan bagi pekerja lokal saat pelaksanaan kerja berupa menurunnya unjuk kerja mesin, kelelahan pada operator yang memungkinkan terjadi kecelakaan kerja. Untuk menghindari kondisi tersebut, segi “human engineering” atau “ergonomics” perlu diperhitungkan.

Ergonomika merupakan bidang ilmu yang meninjau manusia dari aspek “Keteknikan dan Sistem” dalam hubungannya dengan fasilitas dan lingkungan tempat kerja. Penggunaan pesawat terbang ringan penyemprot tanaman dalam kegiatan penyemprotan tanaman dapat dikategorikan sebagai sistem mekanik, dimana dalam pengoperasiannya pilot berperan sebagai pengendali dan sumber tenaga utama berasal dari motor bakar. Oleh karena itu kemampuan pilot sebagai subyek pengendali pesawat terbang sangat mempengaruhi hasil kerja, disamping lingkungan tempat alat-alat kontrol, motor, ruang kerja pilot dan kualitas mesinnya.

Untuk mencapai efisiensi dan produktivitas kerja yang maksimal, maka antropometri dan biomekanik dalam keadaan statis maupun dinamis saat bekerja



perlu disesuaikan dengan pekerja lokal. Hal ini tidak saja berguna pada saat pengoperasian mesin, tetapi juga untuk desain alat dan mesin yang akan diproduksi di Indonesia. Disamping itu lingkungan yang dapat mengakibatkan beban kerja atau segi tata letak perlengkapan serta ukuran ruang untuk kenyamanan, keamanan, kesehatan dan efisiensi kerja, memiliki banyak faktor menarik untuk diteliti.

B. TUJUAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan :

1. Memberikan rekomendasi ruang kerja pilot di kokpit dari penempatan alat-alat kendali dalam pesawat terbang ringan penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 untuk dibandingkan dengan ukuran rata-rata antropometri dan biomekanik orang Indonesia.
2. Mempelajari besarnya tingkat beban kerja pilot pada saat mengemudikan pesawat terbang ringan penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 agar diperoleh kenyamanan, keamanan, kesehatan dan efisiensi kerja yang optimal.





II. TINJAUAN PUSTAKA

A. PESAWAT TERBANG

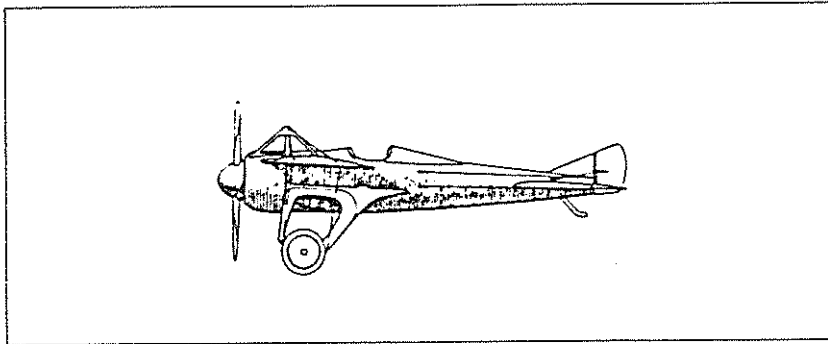
Pemakaian pesawat terbang untuk memberi dan menyebarkan bahan semprotan telah menjadi salah satu cara yang ekonomis dalam pemberian pupuk dan pestisida (Smith et al; 1965). Untuk areal pertanian yang luasnya lebih dari 100 hektar, sistem *aircraft sprayer* pada penyemprotan pupuk atau pestisida dengan menggunakan pesawat terbang ringan penyemprot tanaman akan lebih efisien (Daywin, 1991).

Sebuah pesawat dapat mengangkasa karena adanya empat gaya yang bekerja (William, 1979) yaitu :

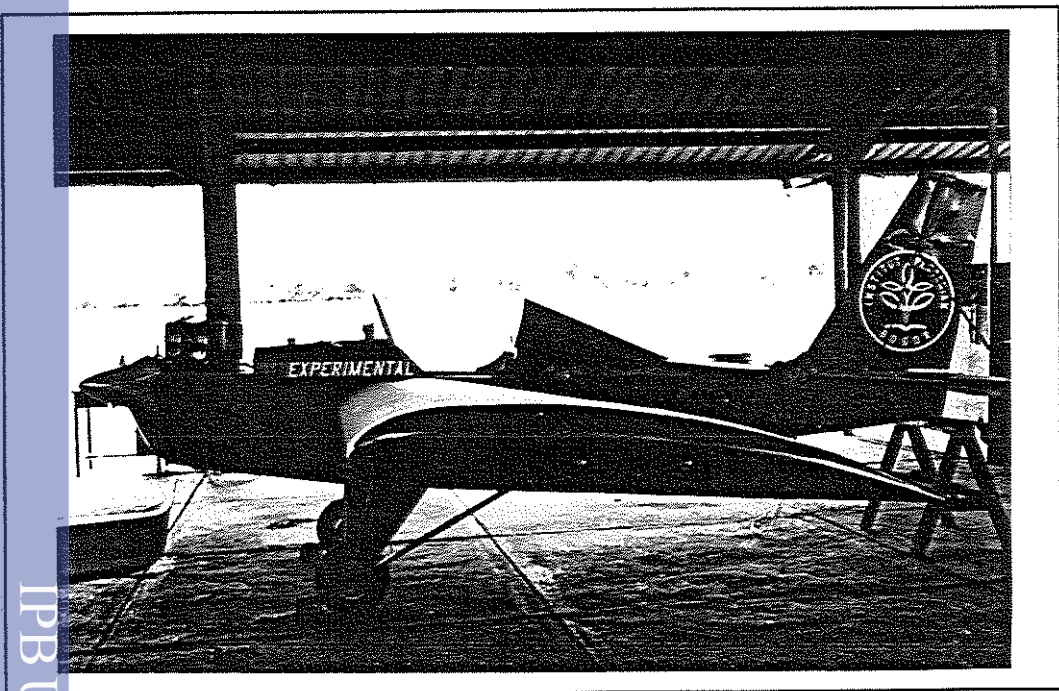
1. Gaya angkat (*Lift*), yaitu gaya yang ditimbulkan oleh gerakan sayap melalui udara.
2. Gaya tolakan (*Thrust*), yaitu gaya yang dihasilkan mesin pesawat dan menggerakkan pesawat ke depan.
3. Gaya hambatan (*Drag*), yaitu tahanan udara terhadap gerakan pesawat.
4. Gaya berat (*Weight*), yaitu gaya yang bekerja pada pesawat itu akibat gravitasi bumi.

Ditinjau dari bentuk badannya, pesawat terbang ringan penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 tergolong berbadan monokok (Gambar 2) yang mempunyai bentuk membulat dan bergaris arus sehingga memberikan kekuatan

struktural serta keuntungan aerodinamik berupa kurangnya hambatan. Pemakaian badan monokok (Gambar 1) sudah dijadikan sebagai prinsip standar dalam konstruksi pesawat (Steven, 1982).



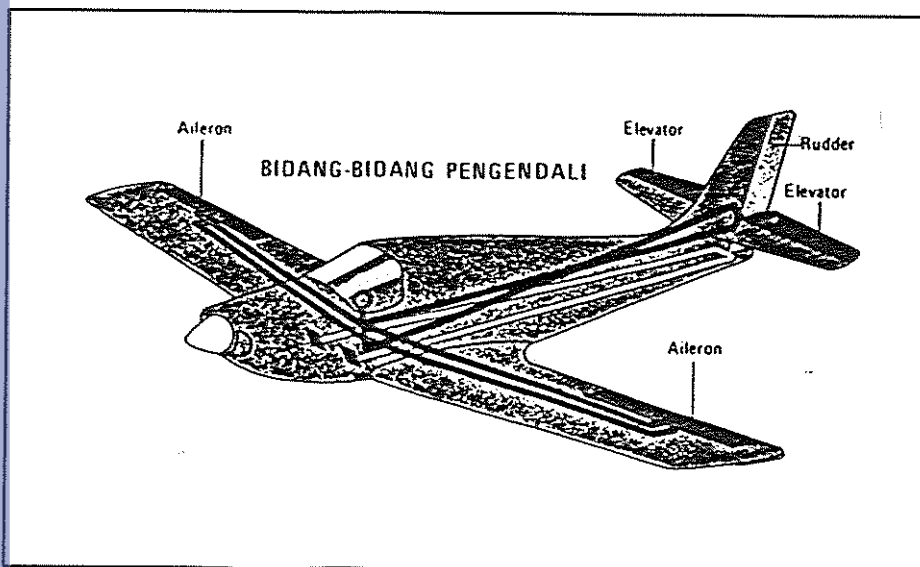
Gambar 1. Model Pesawat Terbang Ringan Berbadan Monokok



Gambar 2. Model Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman
Jenis Minimax Tipe V-Max 1550

Bidang-bidang pengendali pesawat (Gambar 3) terdiri dari *aileron* yaitu keping pada pinggiran belakang pesawat yang dapat digerakkan ke atas dan ke bawah, *elevator* merupakan keping pada pinggiran belakang dari ekor pesawat yang dapat digerakkan ke atas dan ke bawah, dan *Rudder* yaitu sebuah keping pada ekor pesawat yang dapat digerakkan ke kiri dan ke kanan (William, 1979). Bidang-bidang pengendali tersebut dikendalikan pilot melalui:

1. *Rudder bar*, berupa pedal yang dihubungkan ke rudder (daun kemudi) sehingga pesawat dapat berbelok ke kiri dan ke kanan. *Rudder bar* dikendalikan dengan kaki.
2. *Control column*, berupa tuas kemudi yang dihubungkan ke *elevator* dan *aileron*. *Control column* dikendalikan dengan tangan.



Gambar 3. Bidang-bidang Pengendali pada Pesawat Terbang Ringan

Selain alat kemudi, pada umumnya pesawat dilengkapi dengan display untuk memberikan informasi yang diperlukan seorang pilot. Berdasarkan tipenya, display dibedakan menjadi tiga (Sanders, 1987) yaitu:

1. Skala tetap dengan jarum yang bergerak
2. Skala bergerak dengan jarum tetap
3. Display digital

Sehubungan dengan lingkungan, display dibagi menjadi dua kelas (Sutalaksana et al; 1979) yaitu:

1. Display dinamis, yang menggambarkan perubahan menurut waktu sesuai dengan variabelnya, seperti *air speed indicator*.
2. Display statis, menggambarkan perubahan yang terjadi namun tidak dipengaruhi waktu, seperti peta kota.

Display yang memerlukan pengamatan mata pilot (Steven et al., 1982) yaitu:

1. Cakrawala buatan, yaitu alat yang menunjukkan kelurusan dan kedataran pesawat.
2. Altimeter, yaitu alat pengukur tinggi pesawat di atas permukaan bumi.
3. *Air Speed Indicator*, yaitu penunjuk kecepatan pesawat di udara.
4. *Vertical Speed Indicator*, yaitu penunjuk kecepatan pesawat di udara saat menurun dan mendaki.
5. Kompas, yaitu alat penunjuk arah.



Sebuah pesawat dapat menunjukkan tiga gerakan yang dibuat seorang pilot

yaitu:

1. *Pitch*, yaitu gerakan dari hidung pesawat yang mengakibatkan pesawat bergerak menukik atau naik.
2. *Yaw*, yaitu gerakan mendatar dari pesawat ke arah kanan atau ke arah kiri.
3. *Roll*, yaitu gerakan yang memiringkan sayap ke atas atau ke bawah sehingga menghasilkan gerakan berputar pada pesawat.

B. ANTROPOMETRI

Antropometri merupakan istilah yang digunakan dalam pengukuran sifat fisik tubuh manusia yang mengenai panjang, tebal, berat atau volume maupun faktor lain yang berkaitan dengan rancangan suatu alat (Sanders, 1987). Dalam merancang mesin agar operator dapat mengoperasikan dengan nyaman, efisiensi dan aman perlu diperhatikan ukuran alat yang sesuai dengan operatornya (Purcell, 1980 dalam Fatah, 1991).

Pengukuran antropometri dibedakan menjadi dua tipe yaitu tipe struktural atau statik dan tipe dinamik (Sanders, 1987). Tipe statik menghasilkan data dimensi tubuh dalam keadaan diam, seperti tinggi badan atau tinggi bahu. Sedangkan pada tipe dinamik, pengukuran antropometri lebih memperhatikan kemampuan gerak manusia dalam melakukan aktivitas.



Data antropometri tergantung dari rata-rata ukuran tubuh suatu populasi yang diukur. Perbedaan ukuran tubuh pada masing-masing populasi tidak mengikuti suatu perbandingan yang baku, karena adanya perbedaan spesifik untuk tiap anggota tubuh.

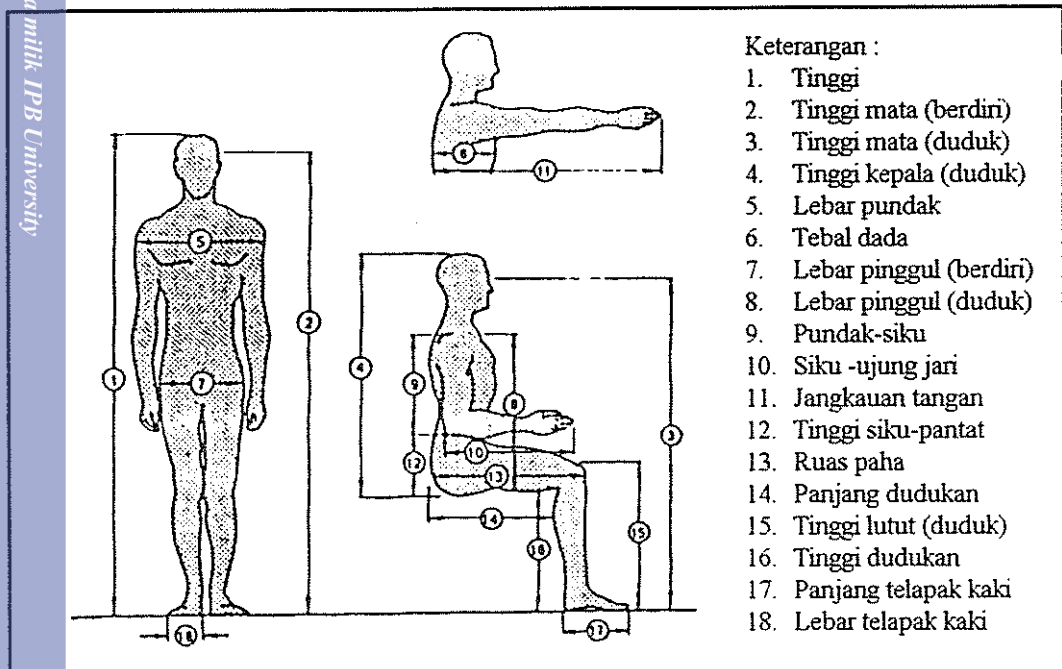
Secara umum data antropometri yang diterapkan untuk hal-hal yang khusus, cukup diambil dari persentil ke 5, ke 50, ke 95 atau antara persentil ke 5 sampai ke 95. Dalam keteknikan untuk merancang mesin, umumnya dipakai selang persentil 50, contohnya tempat duduk pada kendaraan umum. Persentil 100 diterapkan pada rancangan yang dapat digunakan oleh semua orang, contoh perlengkapan di rumah-rumah sakit. Zander (1972) mengemukakan bahwa alat yang dapat diatur sesuai dengan operatornya seperti tempat duduk, posisi pegangan kendali, dirancang agar dapat memenuhi selang persentil ke 5 sampai ke 95.

Ukuran-ukuran tubuh sangat diperlukan dalam pembuatan tata letak dalam suatu ruang kerja, termasuk penyebaran posisi kerja yang baik, sehingga dapat menurunkan beban kerja. Untuk merancang tata letak tempat duduk yang nyaman, persyaratan yang harus dipenuhi antara lain bahwa seseorang yang duduk di atasnya akan mendapat kemantapan pada posisi duduk, yaitu rasa nyaman sesuai dengan ukuran tubuhnya dan memberikan relaksasi pada otot-otot yang sedang tidak digunakan untuk bekerja dan tempat duduk itu tidak mengadakan penekanan-penekanan pada bagian tubuh yang dapat mengganggu peredaran darah.

Faktor fisiologis yang perlu diperhatikan adalah dimensi tubuh yang meliputi: tinggi tubuh, tinggi duduk tegak, tinggi duduk normal, tinggi lutut, tinggi betis, tinggi

betis, tinggi siku, tebal paha, jarak lutut sampai paha atas, jarak paha atas sampai ke betis, lebar siku, lebar duduk dan berat badan (Sanders, 1987).

@Hak cipta milik IPB University



Gambar 4. Cara Pengukuran Antropometri

Pergerakan tubuh yang dapat dilakukan oleh manusia normal mempunyai batas tertentu. Karena keterbatasan gerakan manusia maka ada daerah yang paling optimum untuk melakukan kerja sesuai antropometri operatornya.

C. BIOMEKANIK

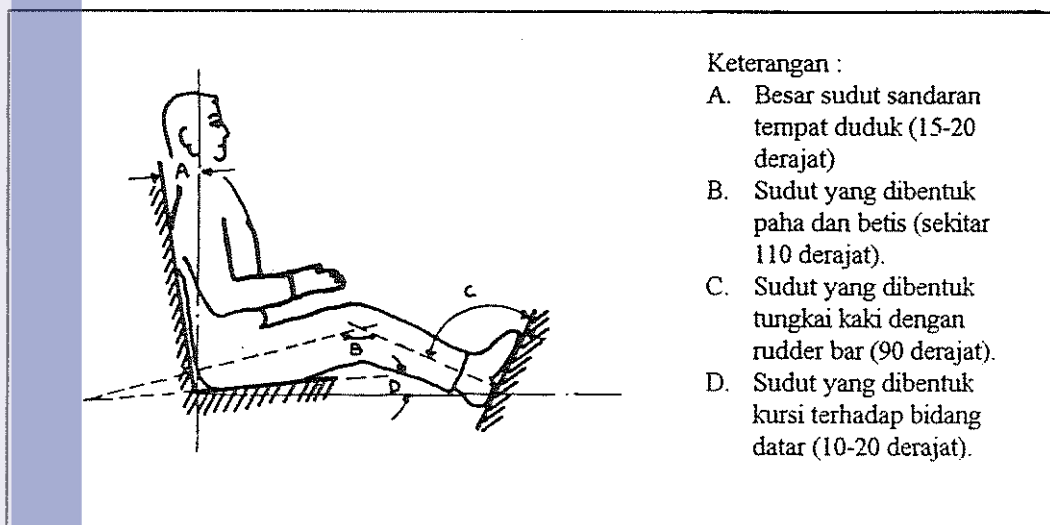
Biomekanik mempelajari berbagai aspek dari pergerakan fisik tubuh dan anggota tubuh (Sanders, 1987). Penerapan biomekanik untuk selang gerak sangat berkaitan dengan data antropometri.

Setiap ruas anggota tubuh dapat bergerak sesuai dengan jenis persendiannya dan besar selang gerak tertentu yang berbeda. Gerakan-gerakan tertentu dari anggota tubuh sangat berkaitan dengan besar tenaga yang dikeluarkan (Sastrowinoto, 1989 dalam Nurul, 1992). Beberapa jenis gerak tubuh yaitu:

1. Fleksi siku (dengan tangan terbuka) terkuat pada sudut 90° (efek pengukit).
2. Ekstensi siku (perentangan lengan terhadap siku) paling kuat jika dimulai dari fleksi posisi penuh.
3. Rotasi (perputaran) tangan ke arah dalam paling kuat jika dimulai dengan telapak tangan berada dalam keadaan rotasi keluar secara penuh (supinasi penuh).
4. Rotasi tangan ke arah luar paling kuat jika dimulai dengan telapa tangan berada dalam keadaan rotasi ke dalam secara penuh (pronasi penuh).
5. Pada pekerjaan mendorong dengan tangan sambil duduk, kekuatan terbesar didapat pada keadaan siku bersudut 150° - 160° dan dengan pegangan tangan pada jarak kira-kira 66 cm dari bidang sandaran pinggang.
6. Secara ungkitan, tenaga terbesar berada pada posisi duduk diperoleh jika pegangan tangan berada pada ketinggian diantara bahu dan siku.
7. Sambil duduk, kekuatan terhadap pedal terbesar, didapat pada fleksi lutut dan fleksi sendi kaki 120° , sikap istirahat terbesar diperoleh dengan fleksi lutut 105° - 135° .



Perbedaan gaya tekan kaki terbesar yang diberikan pilot adalah jika pedal disusun sejajar dengan tinggi pinggul dan membentuk sudut antara batas paha dan betis sekitar 170 derajat, ketika kaki menekan pedal rudder. Pada kenyataannya, hasil yang diperoleh tidak sama dengan teori tersebut, dimana semua pedal harus ditekan kaki dengan gaya besar pada penempatan rudder bar yang jauh (Van Cott et al; 1972)



Gambarr 5. Posisi Duduk Pilot Dalam Kokpit Pesawat Terbang Ringan

Untuk memudahkan pergerakan kaki pada kedua pedal rudder, dan menghindari ketegangan pada urat kaki, maka pedal rudder disusun lebih dekat dengan besar sudut yang dibentuk antara paha dan betis adalah sekitar 110 derajat (Gambar 5).

D. PENGUKURAN BEBAN KERJA FISIK

Menurut Sanders dan Mc Cormick (1987), metabolisme merupakan proses kimia yang mengubah bahan makanan menjadi dua bentuk yaitu energi panas dan energi mekanik. Energi panas terjadi akibat kita melakukan suatu pekerjaan, dan energi mekanik yang digunakan untuk kegiatan internal tubuh (proses pernafasan maupun pencernaan) dan kegiatan eksternal seperti bekerja, berjalan maupun kegiatan lainnya. Pengukuran beban kerja fisik dapat dilakukan dengan empat cara yaitu memperhatikan parameter fisiologis sebagai berikut:

1. Konsumsi Energi

Perubahan karbohidrat, lemak dan protein menjadi energi memerlukan oksigen, dengan demikian konsumsi oksigen dapat dijadikan parameter untuk pengukuran beban kerja. Dengan mengekuivalenkan antara kebutuhan energi dan kebutuhan oksigen diperoleh hubungan yang nyata antara keduanya. Konsumsi energi bersih per kegiatan dapat diukur dengan mengurangi energi yang dibutuhkan untuk metabolisme basal.

2. Laju Ventilasi dan Frekuensi Pernapasan.

Laju pernapasan akan seirama dengan laju pernapasan paru-paru penghisap oksigen. Dengan mengetahui laju dan frekuensi pernapasan dapat dihitung besarnya konsumsi oksigen dan akhirnya dapat dihitung tingkat beban kerja.

3. Denyut Jantung

Kebutuhan bahan bakar bagi tubuh untuk melakukan gerak disalurkan oleh darah melalui pembuluh-pembuluh darah ke seluruh bagian tubuh yang membutuhkannya, dengan jantung sebagai penggerakannya. Setiap peningkatan penggunaan tenaga mekanis akan meningkatkan kerja jantung. Laju denyut jantung yang tinggi tetapi diikuti oleh konsumsi oksigen yang rendah biasanya menunjukkan kelelahan otot, terutama untuk pekerjaan statis.

4. Suhu Tubuh

Peningkatan beban kerja akan menaikkan suhu tubuh, sehingga suhu tubuh dapat dijadikan parameter pengukuran beban kerja fisik.

Tabel 1 menunjukkan batasan-batasan beban kerja fisik yang diukur berdasarkan parameter fisiologisnya.

Tabel 1. Kriteria Tingkat Beban Kerja Fisik Berdasarkan Parameter Fisiologis

Beban Kerja	Variabel			
	Konsumsi O ₂ (lt/mnt)	Kebutuhan tenaga (kkal/mnt)	denyut jantung (denyut/mnt)	suhu rektal (°C)
Istirahat	0.3	1.5	60-70	37.5
Sangat ringan	0.32-0.5	1.6-2.5	65-75	37.5
Ringan	0.5-1.0	2.5-5.0	75-100	37.5
Sedang	1.0-1.5	5.0-7.5	100-125	37.5-38.0
Berat	1.5-2.0	7.5-10.0	125-150	38.0-38.5
Sangat Berat	2.0-2.5	10.0-12.5	150-180	38.5-39.0
Luar Biasa Berat	>2.5	>12.5	>180	>39

Sumber : Sanders,1987



Selama berlangsungnya proses pengeluaran energi tubuh ketika melakukan kerja akan terbentuk limbah metabolisme berupa asam laktat yang tertimbun pada jaringan otot dan darah. Limbah tersebut sebagai penyebab timbulnya kelelahan otot, oleh karena itu limbah tadi harus segera dibebaskan dari tubuh. Timbunan limbah tersebut akan semakin banyak bila laju metabolisme tubuh semakin besar. Pembebasan paling intensi berlangsung pada saat melakukan istirahat, dimana melalui proses oksidasi asam laktat akan terurai menjadi CO_2 dan H_2O sehingga mudah dikeluarkan oleh tubuh.

E. LAJU METABOLISME RELATIF (LMR)

Besar kecilnya kebutuhan energi basal seseorang dipengaruhi oleh ukuran tubuhnya, semakin besar tubuhnya maka kebutuhan energi basalnya semakin tinggi. Di Jepang telah dilakukan penelitian yang memperoleh hubungan antara luas permukaan tubuh dengan kebutuhan energi basal. Perhitungan luas permukaan tubuh diperoleh dengan mengukur tinggi dan berat badan dengan menggunakan rumus :

$$A = \frac{W^{0.444} \times H^{0.663} \times 88.83}{10.000} \quad (1)$$

dimana, A = Luas permukaan kulit (m^2)

W = Berat Badan responden (kg)

H = Tinggi tubuh responden (cm)

Tingkat kelelahan dapat ditentukan dengan mengukur langsung kebutuhan oksigen per menit pada saat bekerja atau menghitung perbandingan antara kebutuhan oksigen pada saat kerja dikurangi kebutuhan oksigen pada saat istirahat dibagi dengan kebutuhan oksigen pada saat basal.

Nilai LMR yang diperoleh menunjukkan tingkat kelelahan dari pekerjaan yang dilakukan. Rumus dari “Japan Association of Industrial Health” adalah :

$$\text{LMR} = \frac{\text{VOW} - \text{VOI}}{\text{VOB}} \quad (2)$$

dimana, LMR = Laju Metabolisme Relatif

VOW = Volume oksigen pada saat bekerja (liter O₂ per menit)

VOI = Volume oksigen pada saat istirahat (liter O₂ per menit)

VOB = Volume oksigen pada kondisi istirahat (liter O₂ per menit)

Tabel 2 memperlihatkan klasifikasi tingkat kelelahan berdasarkan metada LMR. Nilai tersebut merupakan perbandingan relatif antara konsumsi oksigen pada saat bekerja dikurangi pada saat istirahat kemudian dibagi dengan konsumsi oksigen pada saat basal.

Tabel 2. Klasifikasi dari Tingkat Kelelahan

Beban Kerja	Jenis Pekerjaan
LMR < 1	Kerja Ringan
LMR < 2	Kerja Ringan
LMR < 3	Kerja Ringan
LMR < 4	Kerja Sedang
LMR < 5	Kerja Berat
LMR < 6	Kerja Sangat Berat

Jadi untuk tiap operator yang mempunyai berat dan tinggi badan serta kebiasaan kerja yang berbeda dapat dihitung tingkat kelelahannya.

F. WAKTU ISTIRAHAT

Lama periode pemulihan atau istirahat tergantung dari lama melakukan kerja dan tingkat besar tenaga yang dikeluarkan atau laju metabolisme. Waktu istirahat dilakukan setelah bekerja dalam waktu tertentu, hal ini dapat membantu pemulihan otot dari timbunan asam laktat yang dapat mengakibatkan kelelahan setelah melakukan kerja. Menurut Sanders (1987) lama waktu istirahat dapat dihitung dengan rumus :

$$R = \frac{T \times (K - S)}{K - 1,5} \quad (3)$$

dimana, R = waktu istirahat yang diperlukan (menit)

T = total waktu kerja (menit)

K = Rata-rata kilo kalori per menit dari kerja

s = tetapan yang besarnya 3, 4, 5, dan 6 kkal/menit (lazim digunakan 4 kkal/menit)

G. EFISIENSI PENGGUNAAN TENAGA

Efisiensi penggunaan tenaga manusia untuk tenaga mekanis maksimum adalah 30%, sebagian besar sisanya keluar dalam bentuk panas (Sanders,1987).

Walaupun demikian beberapa hal dapat menjadikan efisiensi penggunaan energi lebih kecil seperti menahan beban statis, posisi tubuh yang kurang sempurna dalam bekerja atau penggunaan alat-alat yang kurang efisien. Efisiensi penggunaan energi dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{\text{Tenaga Mekanik}}{\text{Total Tenaga Tubuh yang Dikonsumsi}} \times 100\% \quad (4)$$

dimana, η = Efisiensi penggunaan tenaga (persen)

Contoh efisiensi penggunaan tenaga dari beberapa aktivitas kerja terdapat dalam tabel 3.

Tabel 3. Nilai Efisiensi Penggunaan Tenaga dari Beberapa Aktivitas Kerja

Aktivitas	Efisiensi (persen)
1. Menyekop dengan tubuh membungkuk	3
2. Menyekop dengan tubuh tegak	6
3. Memalu dengan martil	15
4. Bersepeda	23
5. Berjalan tanpa alas	27

*) Sumber : Sanders, 1987





III. METODOLOGI PENELITIAN

A. TEMPAT DAN WAKTU

Penelitian ini akan dilakukan di Lapangan Udara Pelita Pondok Cabe, Jakarta. Pelaksanaannya dari bulan November 1996 sampai bulan Januari 1997 meliputi pengambilan data di lapang dan pengolahan data.

B. PERALATAN DAN PERLENGKAPAN

1. Subyek dan Obyek Penelitian

Subyek yang akan diukur untuk memperoleh data denyut jantung adalah pilot pria dalam keadaan sehat jasmani dan rohani dengan obyek yang akan diteliti adalah pesawat terbang ringan penyemprot tanaman tipe Minimax 1550.

2. Instrumentasi dan Alat Ukur

a) Meteran pita (*type*)

Berukuran panjang 2.5 meter, untuk mengukur data yang diperlukan.

b) *Spring Balance*,

Digunakan untuk mengukur gaya pada alat kendali

c) *Stopwatch*

Digunakan sebagai alat pengukur waktu selama pengambilan data.

d) *Heart Rate Monitor tipe PE 3300*

Untuk mengukur denyut jantung pilot

- e) **Komputer dan kalkulator**
Digunakan untuk mengolah data yang terkumpul.
- Kamera Foto**
Untuk pengambilan dokumentasi saat pengukuran

C. PROSEDUR PENELITIAN

Penelitian ini dibagi menjadi dua tahap pekerjaan yaitu pengambilan data di lapangan dan pengolahan data. Pengambilan data di lapangan bertujuan untuk mendapatkan data primer dan penggunaan literatur untuk memperoleh data sekunder. Metoda untuk mendapatkan data primer dilakukan dengan pengambilan data denyut jantung pilot, pengukuran jarak alat-alat kendali pada obyek penelitian sehingga daerah kerja pilot dapat diketahui dan penggunaan data sekunder ukuran rata-rata antropometri orang Indonesia dan pengukuran besar gaya pada alat-alat kendali pesawat terbang ringan penyemprot tanaman.

1. Pengambilan Data Di Lapangan

Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan dan pengukuran untuk pengambilan data sebagai berikut:

- a) Pengukuran dan pengamatan ruang kendali pesawat terbang ringan
- b) Pengukuran sudut selang gerak pada alat-alat pengendali yang dikontrol oleh kaki dan tangan serta pada alat-alat yang memerlukan pengamatan.



- c) Pengukuran denyut jantung dengan *Heart rate monitor* PE 3300 untuk mengetahui tingkat beban kerja fisik yang dialami pilot saat mengemudikan pesawat terbang ringan penyemprot tanaman.

Pengukuran denyut jantung pada pilot meliputi lima kondisi yaitu:

- 1) pada saat pilot beristirahat dalam posisi duduk sebelum bekerja.
- 2) pada saat pesawat sedang *take off*.
- 3) pada saat pesawat di udara.
- 4) pada saat pesawat sedang *landing*.
- 5) pada saat pilot beristirahat setelah melakukan kerja.

Pengukuran untuk masing-masing kondisi dilakukan dengan interval waktu lima detik dari sebelum sampai sesudah mengemudi pesawat terbang ringan.

- d) Pengukuran besar gaya pada alat-alat kendali utama pesawat terbang ringan penyemprot tanaman (Gambar 6 dan Gambar 7)

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





Gambar 6. Pengukuran Besar Gaya pada *Control Column*



Gambar 7. Pengukuran Besar Gaya pada *Rudder Bar*

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau trjlasan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

2. Pengolahan Data

a) Dari data pengukuran jarak alat-alat kendali di pesawat terbang ringan penyemprot tanaman tipe Minimax 1550 yang diperoleh, selanjutnya dilakukan penggambaran daerah kerja dan selang gerak pilot terhadap alat-alat pengendali untuk dibandingkan dengan ukuran rata-rata antropometri orang Indonesia sehingga dapat diketahui kondisi ruang kerja pesawat terbang ringan penyemprot tanaman.

b) Menganalisa data hasil pengukuran denyut jantung yang didapat menggunakan metoda statistik untuk mencari bentuk hubungan antara denyut jantung dengan tingkat beban kerja fisik yang dialami pilot sewaktu mengoperasikan pesawat terbang ringan penyemprot tanaman.

1) Metoda statistika yang digunakan untuk mencari hubungan antara denyut jantung dengan tingkat beban kerja fisik adalah Linierisasi.

$$Y = C + AX \quad (5)$$

dimana, Y = denyut jantung

X = waktu pengukuran

A, C = suatu tetapan

2) Untuk perhitungan Laju Metabolisme Relatif dan Effisiensi kerja digunakan persamaan-persamaan sebagai berikut:

$$LMR = (M_w - M_R)/M_B \quad (6)$$

dimana, LMR = Laju metabolisme relatif

M_w = Metabolisme pada saat bekerja (Vol. O_2 /menit)

M_R = Metabolisme saat istirahat (Rest) (Vol. O_2 /menit)

M_B = Metabolisme Basal (Vol. O_2 /menit)

Sebelumnya, Metabolisme Basal ditentukan dengan perhitungan luas permukaan kulit yaitu:

$$A = \frac{W^{0.444} \times H^{0.663} \times 88.83}{10.000} \quad (7)$$

dimana, A = Luas permukaan kulit (m^2)

W = Berat Badan responden (kg)

H = Tinggi tubuh responden (cm)

Metabolisme Basal dapat diketahui melalui tabel kebutuhan oksigen pada kondisi basal hasil penelitian di Jepang berdasarkan luas permukaan kulit.

Metabolisme saat pilot melakukan kerja dan saat istirahat diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan persamaan hubungan denyut jantung dengan konsumsi oksigen yang merupakan hasil pengamatan terhadap 400 orang karyawan di Indonesia (Tarwotjo et al; 1976 dalam Herodian, 1991).

Persamaan hubungan tersebut :

$$M_w = \text{Vol. } O_2 (w) = - 0.6510 + 0.0138 \times DJ_w \quad (8)$$

$$M_R = \text{Vol. } O_2 (R) = - 0.6510 + 0.0138 \times DJ_R \quad (9)$$

dimana, M_w = Metabolisme pada saat bekerja (Vol. O_2 /menit)

- M_R = Metabolisme saat istirahat (Rest) (Vol. O_2 /menit)
 DJ_W = Denyut jantung saat melakukan kerja (pulsamenit)
 DJ_R = Total denyut jantung saat istirahat (pulsa/menit)

Waktu istirahat seorang pilot setelah melakukan penerbangan akan dihitung dengan persamaan (Sanders, 1987):

$$R = \frac{T \times (K - S)}{K - 1,5} \quad (10)$$

- dimana, R = waktu istirahat yang diperlukan (menit)
 T = total waktu kerja (menit)
 K = Rata-rata kilo kalori per menit dari kerja
 s = tetapan yang besarnya 3, 4, 5, dan 6 kkal/menit

d) Efisiensi kerja dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\text{Tenaga Mekanik}}{\text{Total Tenaga Tubuh yang Dikonsumsi}} \times 100\% \quad (11)$$

dimana, η = Efisiensi penggunaan tenaga (persen)

Besar tenaga tubuh merupakan hasil perkalian konsumsi oksigen dengan konversi daya (1 liter O_2 /menit = 342 watt).

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. SPESIFIKASI PESAWAT TERBANG

Pesawat terbang penyemprot jenis minimax tipe V-Max 1550 termasuk dalam kategori pesawat terbang ringan yang bermesin tunggal. Mesin yang digunakan adalah Rotax 447 berdaya 52 HP dengan dua silinder dan dua penyalaan (*starter*).

Pesawat terbang ini menggunakan konstruksi kayu damar (*Aghatis lorantbifolia*) yang mempunyai rasio kekuatan terhadap berat jenisnya 1.667. Kecepatan maksimum pesawat terbang ringan penyemprot ini adalah 70 mil per jam (112.6 km per jam) dengan kecepatan normalnya 50 mil per jam (80.5 km per jam). Tinggi terbang maksimumnya bisa mencapai 10.000 kaki (914.4 meter).

Tabel 4. Data Teknis Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550

Keterangan	Ukuran
1. Desain berat kotor	250 kg
2. Berat kosong	165 kg
3. Luas sayap	10.5 m ²
4. Panjang sayap	7.6 m
5. Airfoil (modifikasi)	NACA 4414 CL max
6. Luas ekor horisontal	2 m ²
7. Luas ekor vertikal	0.7 m ²
8. Panjang ekor horisontal	2.3 m
9. Panjang badan pesawat	4.6 m
10. Daya mesin	28 sampai 45 HP
11. Besar faktor pembebanan	+ 44.4 G 1.8 G
12. Faktor keamanan minimum	1.5
13. Bahan bakar	Bensin Premix

Motor penggerak dan tangki bensin pesawat terbang ini terletak di depan.

Pada bagian sayap dibuat ruang kosong untuk penempatan bahan cair pupuk atau pestisida dengan kapasitas maksimum isi untuk satu sayap adalah 20 liter bahan cair.

Pesawat terbang penyemprot ini mampu beroperasi selama satu jam.

B. ANALISA ANTROPOMETRI DAN BIOMEKANIK

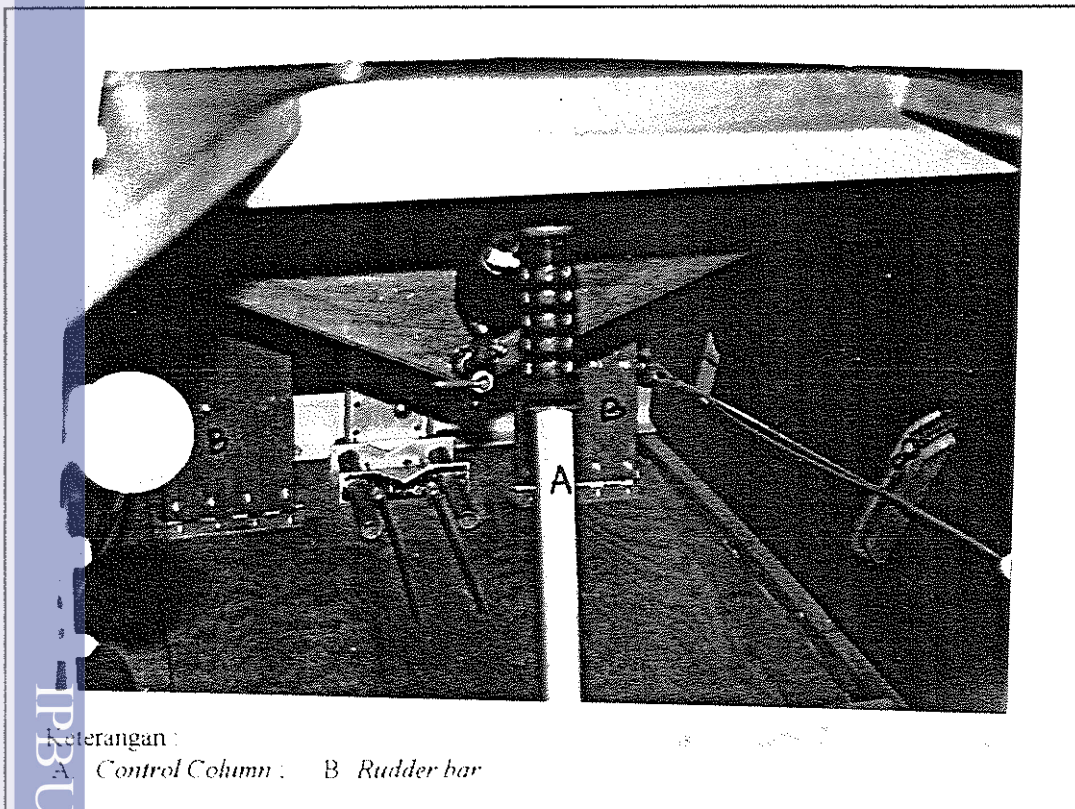
Penggambaran daerah kerja pilot pesawat terbang ringan penyemprot tanaman type Minimax 1550 ini merupakan pemplotan dari pengukuran jarak alat-alat kendali untuk dibandingkan dengan ukuran rata-rata antropometri pria Indonesia. Pengukuran jarak alat kendali meliputi alat-alat yang dikendalikan oleh tangan, kaki, display yang memerlukan pengamatan mata serta kenyamanan posisi duduk (Tabel 4).

Tabel 5. Pengukuran Jarak Alat-alat Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Type Minimax 1550 yang Berhubungan dengan Pilot

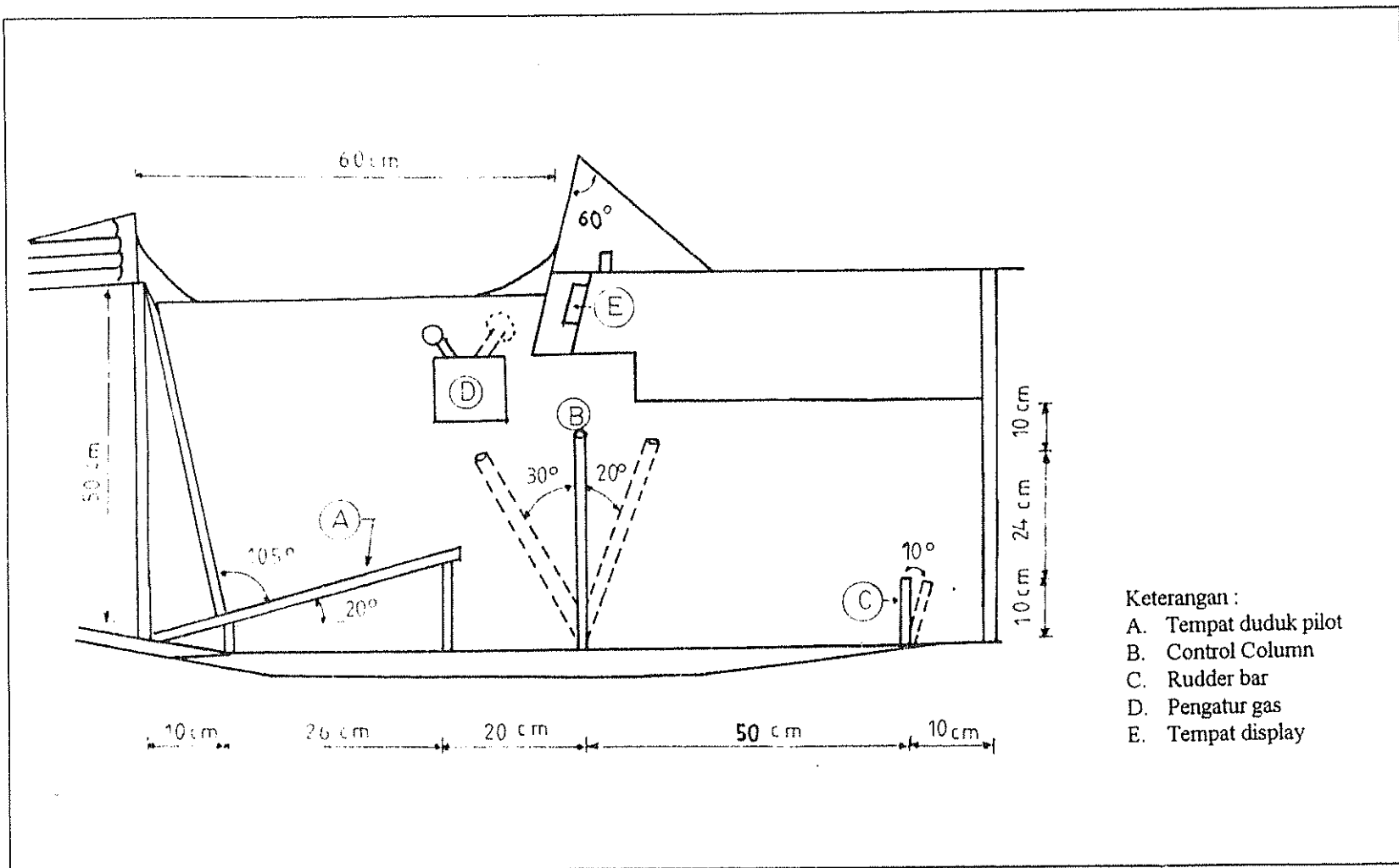
No.	Keterangan	Ukuran
1.	Jangkauan tangan ke <i>control column</i> (posisi normal)	74 cm
2.	Besar sudut yang dibentuk <i>control column</i> ke depan	20 °
3.	Besar sudut yang dibentuk <i>control column</i> ke belakang	30 °
4.	Besar sudut yang dibentuk <i>control column</i> ke samping	25 °
5.	Jangkauan tangan kiri ke tombol <i>starter</i>	55 cm
6.	Jarak <i>rudder bar</i> sampai tempat duduk	70 cm
7.	Besar sudut yang dibentuk kaki	20 °
8.	Panjang <i>rudder bar</i>	20 cm
9.	Lebar <i>rudder bar</i>	10 cm
10.	Jarak pandang mata ke kaca	80 cm
11.	Sudut pandang mata ke display	30 °
12.	Jarak pandang mata ke display	70 cm
13.	Tinggi sandaran duduk	50 cm
14.	Lebar sandaran duduk	50 cm
15.	Panjang tempat duduk	28 cm
16.	Lebar tempat duduk	50 cm
17.	sudut yang dibentuk tempat duduk dengan lantai	20 °
18.	Sudut tempat duduk dengan sandaran	105 °
19.	Jarak poros <i>control column</i> ke sisi depan tempat duduk	20 cm

Control column dan *rudder bar* merupakan alat kendali utama pada pesawat terbang ringan ini (Gambar 8). Sketsa penempatan alat-alat kendali dalam kokpit secara garis besar dapat dilihat pada gambar 9.

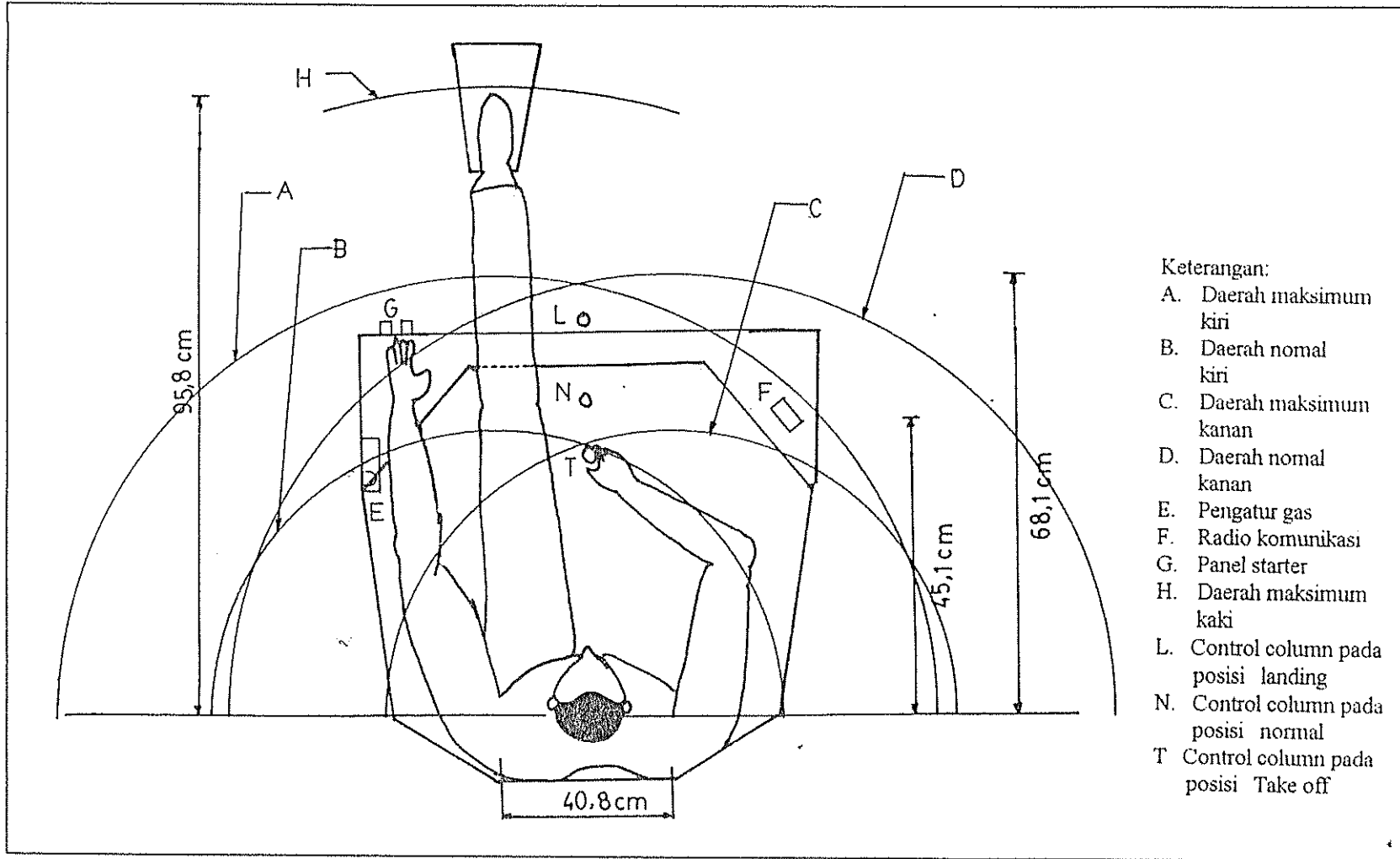
Hasil pemplotan data tersebut memperlihatkan bahwa posisi pilot terhadap alat kendali utama terletak pada daerah kerja normal (Gambar 10 dan 11). Tetapi untuk ukuran rata-rata orang Indonesia, baik pria maupun wanita, jarak penempatan alat-alat kendali utama tersebut sebagian terletak di daerah maksimum kerja (Gambar 12, 13, 14 dan 15). Hal ini ditunjukkan oleh garis putus-putus yang menggambarkan gerakan tubuh yang kemungkinan terjadi selama bekerja.



Gambar 8. Alat-alat Kendali Utama pada Pesawat terbang ringan penyemprot tanaman Type Minimax 1550



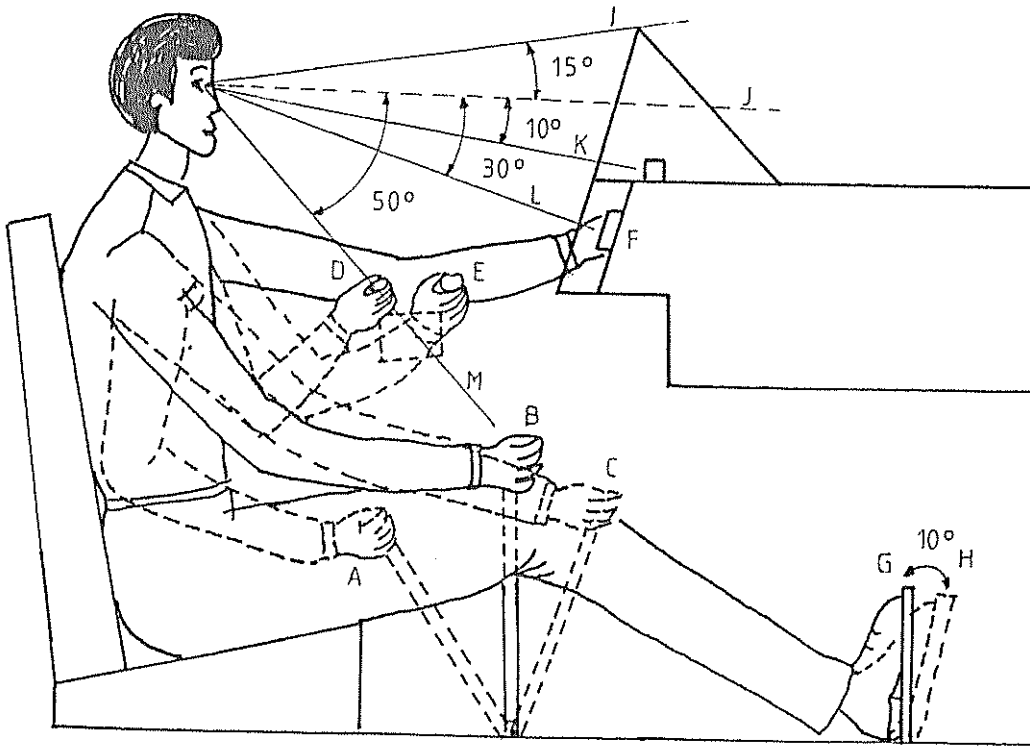
Gambar 9. Sketsa Tata Letak Alat-alat Kendali dalam Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550



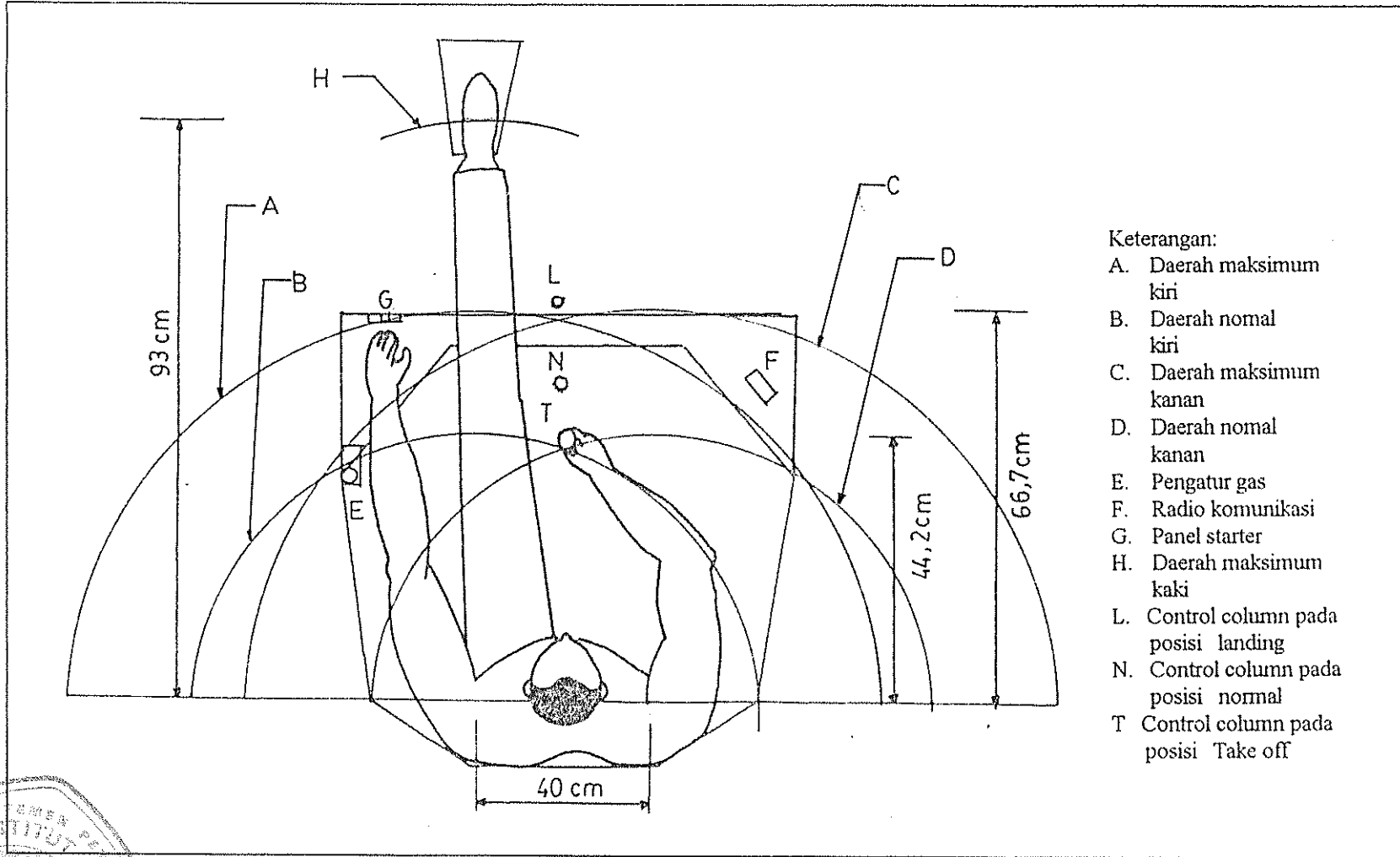
Gambar 10. Tampak Atas dari Pemplotan Daerah Kerja Pilot pada Ruang Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Type Minimax 1550

Keterangan :

- A. Posisi tangan saat take off
- B. Posisi tangan di normal control column
- C. Posisi tangan saat landing
- D. Posisi tangan kiri saat mengecilkan gas
- E. Posisi tangan kiri saat memperbesar gas
- F. Jangkauan tangan menyalakan panel start
- G. Posisi kaki sebelum menekan rudder bar
- H. Posisi kaki sebelum menekan rudder bar
- I. Sudut pandang mata ke depan atas
- J. Garis normal pandangan
- K. Sudut Pengamatan mata ke display
- L. Sudut pengamatan mata ke display kompas
- M. Sudut pengamatan mata ke control column

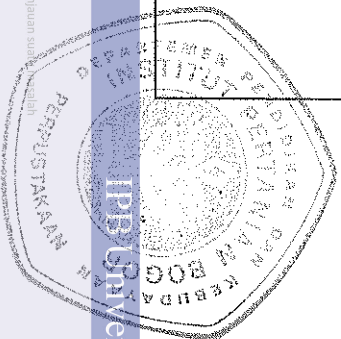


Gambar 11. Tampak Samping Pemplotan Daerah Kerja Pilot pada Ruang Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Type Minimax 1550



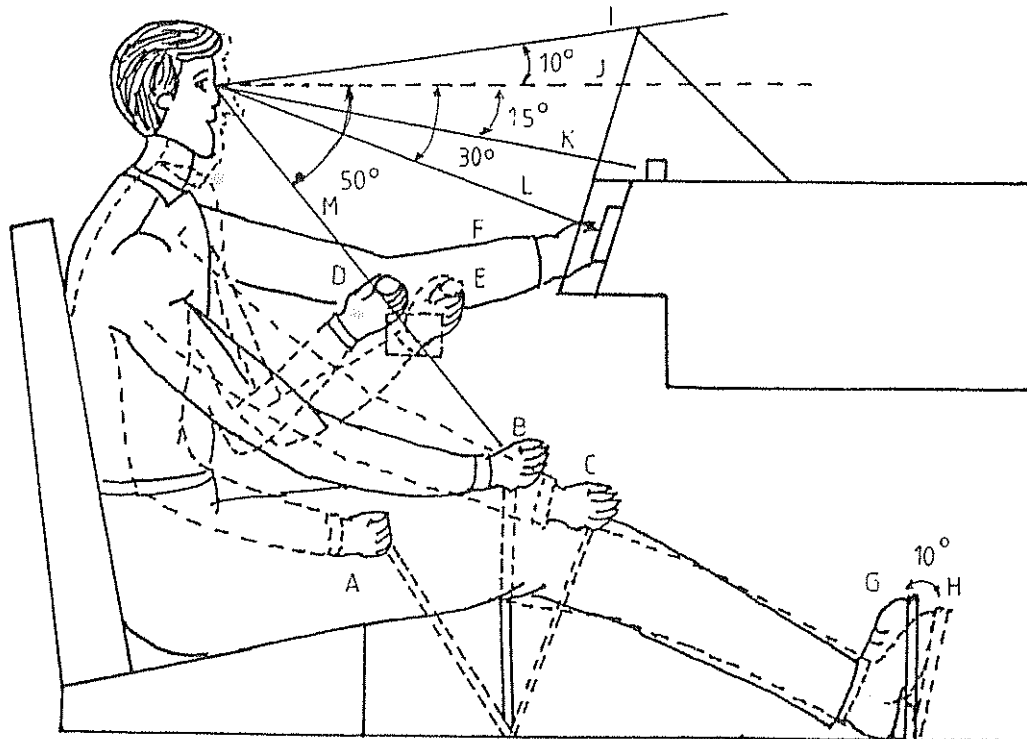
- Keterangan:
- A. Daerah maksimum kiri
 - B. Daerah normal kiri
 - C. Daerah maksimum kanan
 - D. Daerah normal kanan
 - E. Pengatur gas
 - F. Radio komunikasi
 - G. Panel starter
 - H. Daerah maksimum kaki
 - L. Control column pada posisi landing
 - N. Control column pada posisi normal
 - T. Control column pada posisi Take off

Gambar 12. Tampak Atas Pemplotan Daerah Kerja untuk Ukuran Rata-rata Pria Indonesia pada Ruang Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Type Minimax 1550

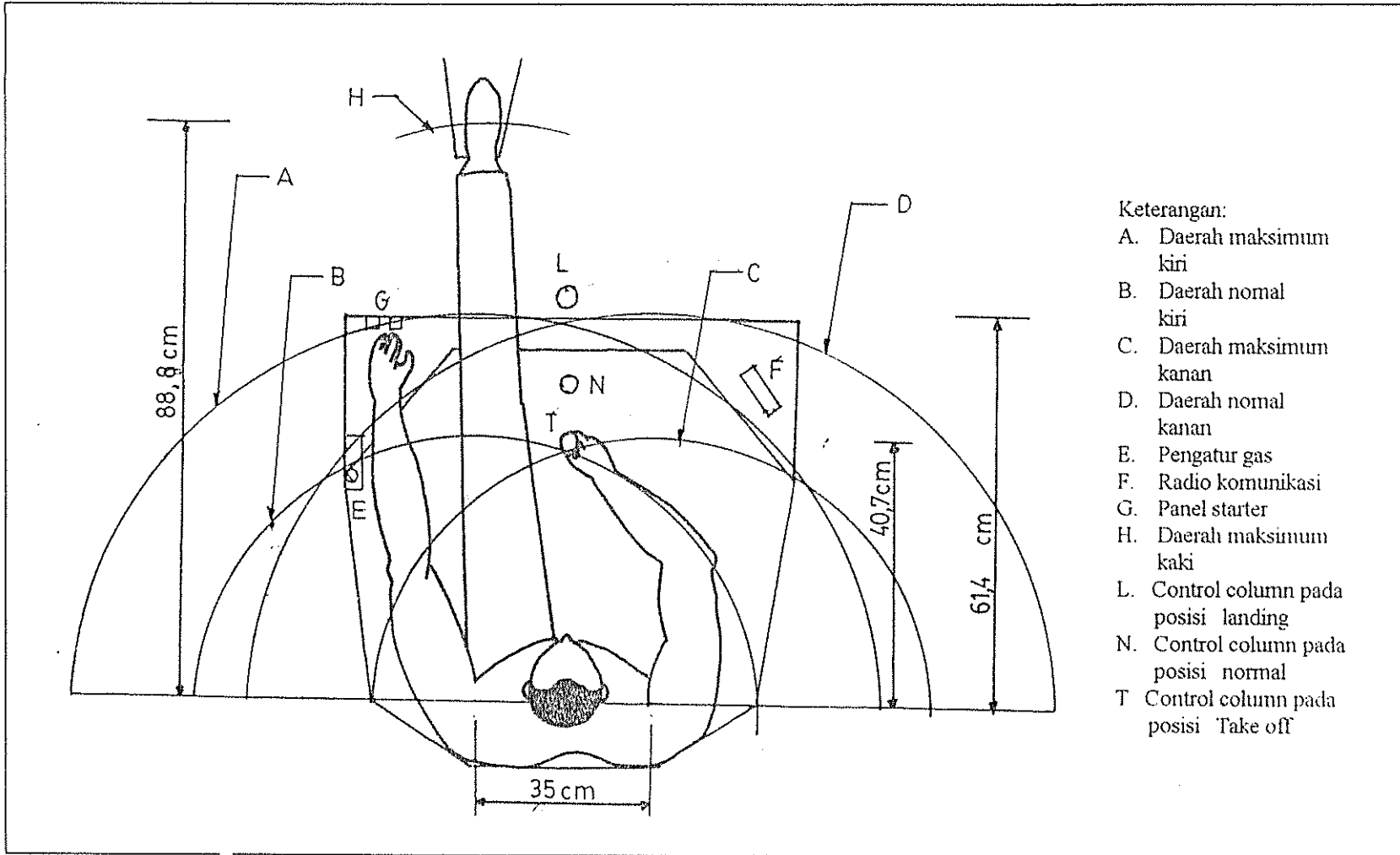


Keterangan :

- A. Posisi tangan saat take off
- B. Posisi tangan di normal control column
- C. Posisi tangan saat landing
- D. Posisi tangan kiri saat mengecilkan gas
- E. Posisi tangan kiri saat memperbesar gas
- F. Jangkauan tangan menyalakan panel start
- G. Posisi kaki sebelum menekan rudder bar
- H. Posisi kaki sebelum menekan rudder bar
- I. Sudut pandang mata ke depan atas
- J. Garis normal pandangan
- K. Sudut Pengamatan mata ke display
- L. Sudut pengamatan mata ke display kompas
- M. Sudut pengamatan mata ke control column



Gambar 13. Tampak Samping Pemplotan Daerah Kerja untuk Ukuran Rata-rata Pria Indonesia pada Ruang Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Type Minimax 1550



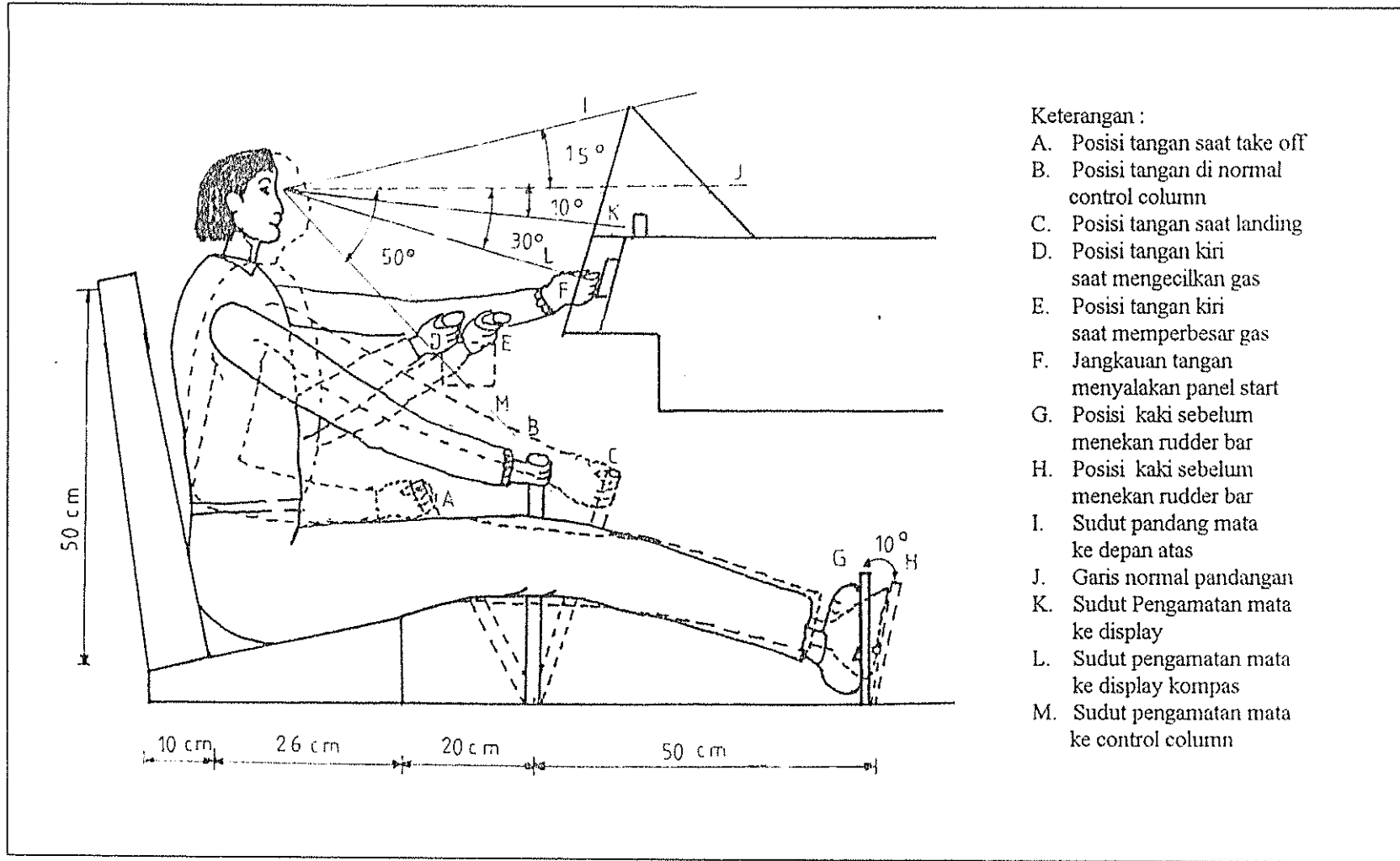
Keterangan:

- A. Daerah maksimum kiri
- B. Daerah normal kiri
- C. Daerah maksimum kanan
- D. Daerah normal kanan
- E. Pengatur gas
- F. Radio komunikasi
- G. Panel starter
- H. Daerah maksimum kaki
- L. Control column pada posisi landing
- N. Control column pada posisi normal
- T. Control column pada posisi Take off

Gambar 14. Tampak Atas Pemplotan Daerah Kerja untuk Ukuran Rata-rata Wanita Indonesia pada Ruang Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Type Minimax 1550

Hak cipta dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau hujatan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak mengaitkan tanggung jawab yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

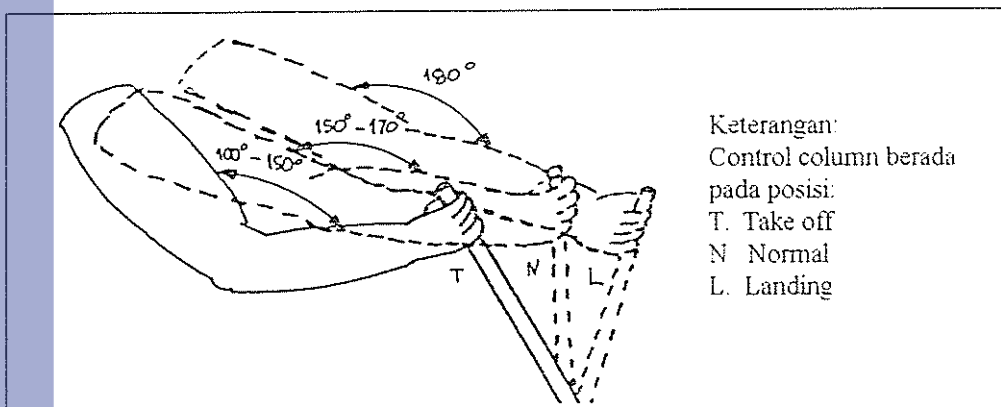


- Keterangan :
- A. Posisi tangan saat take off
 - B. Posisi tangan di normal control column
 - C. Posisi tangan saat landing
 - D. Posisi tangan kiri saat mengecilkan gas
 - E. Posisi tangan kiri saat memperbesar gas
 - F. Jangkauan tangan menyalakan panel start
 - G. Posisi kaki sebelum menekan rudder bar
 - H. Posisi kaki sebelum menekan rudder bar
 - I. Sudut pandang mata ke depan atas
 - J. Garis normal pandangan
 - K. Sudut Pengamatan mata ke display
 - L. Sudut pengamatan mata ke display kompas
 - M. Sudut pengamatan mata ke control column

Gambar 15. Tampak Samping Pemplotan Daerah Kerja untuk Ukuran Rata-rata Wanita Indonesia pada Ruang Kendali Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman Type Minimax 1550

1. Alat Kendali yang Dioperasikan dengan Tangan

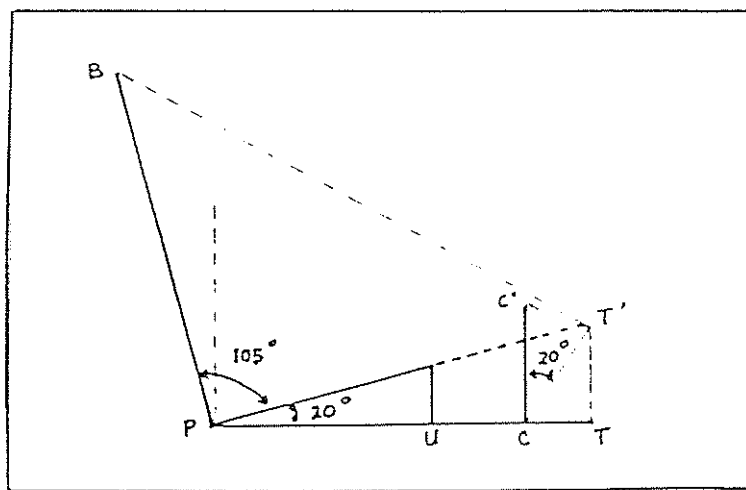
Posisi alat yang dikendalikan oleh tangan seperti tombol *starter* dan *control column* berada pada daerah normal kerja pilot, tetapi merupakan daerah kerja maksimum dari ukuran rata-rata orang Indonesia. Gerakan yang dilakukan tangan untuk mencapai *control column* adalah adduksi (*adduction*). Posisi *control column* berada di daerah optimum kerja ketika pesawat melakukan *take off* atau melakukan gerakan *pitch* ke bawah. Pada saat itu, *control column* ditarik ke belakang dan sudut yang dibentuk tangan antara 100 derajat sampai 150 derajat (Gambar 16). Pada saat pesawat mengudara, jangkauan tangan untuk mengendalikan *control column* masih berada di daerah normal kerja dengan sudut yang dibentuk tangan sekitar 150 derajat sampai 170 derajat.



Gambar 16. Sketsa Sudut Gerak Tangan Saat Mengoperasikan *Control column*

Pergerakan tangan untuk mendorong *control column* ke depan saat mengendalikan pesawat *landing* atau melakukan gerakan *pitch* ke bawah, telah

mengubah sudut tangan pilot mendekati sudut 180 derajat, sedangkan berdasarkan ukuran rata-rata orang Indonesia baik pria maupun wanita keadaan ini mengakibatkan perubahan posisi tubuh menjadi sedikit condong ke depan. Hal ini dikarenakan *control column* berpindah ke luar daerah kerja maksimum (Gambar 13 dan 15). Pada kondisi ini diperlukan perbaikan terhadap jarak alat kendali, mengingat gerakan mendorong dengan sudut 180 derajat yang dibentuk tangan seseorang memiliki kekuatan terbesar, sehingga dikhawatirkan dapat menimbulkan rasa kurang nyaman saat mengemudikan pesawat. Agar *control column* berada pada posisi daerah normal kerja saat untuk ukuran rata-rata pria Indonesia saat melakukan *landing* atau gerakan *pitch* ke bawah maka perlu adanya penyesuaian penempatan *control column*. Jarak tersebut dapat dicari dengan menggunakan rumus ratio trigonometri dan rumus aturan cosinus (Gambar 17).



Gambar 17. Sketsa Penentuan Jarak Optimal Penempatan *Control column*

Segitiga BPT merupakan penggambaran dari bahu (B), pinggul (P) dan tangan (T). Nilai BP diperoleh dari selisih antara tinggi bahu dan pinggul dari ukuran rata-rata antropometri orang Indonesia yaitu 39 cm. BT merupakan kesetaraan panjang tangan rata-rata pria Indonesia, sehingga dari hasil perhitungan dengan rumus aturan cosinus diperoleh nilai PT' yaitu 51.3 cm. Perkalian PT' terhadap cosinus sudut 20 derajat menghasilkan nilai PT yaitu 48.2 cm. Hasil pengurangan nilai PT dengan CT diperoleh nilai PC yaitu 36.4 cm. CT merupakan perkalian tangen simpang sudut terbesar dari *control column* dengan tinggi *control column* (CC'). Pengurangan PC dengan panjang tempat duduk pilot yaitu PU akan diperoleh jarak penempatan *control column* yang diukur dari sisi depan tempat duduk yaitu UC sebesar 10.4 cm.

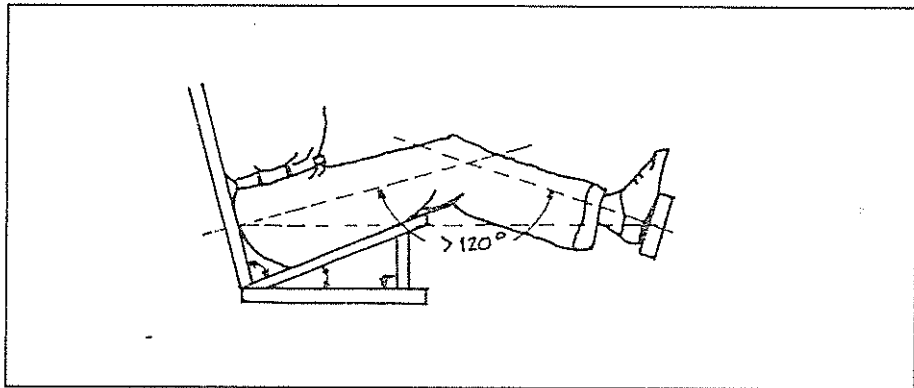
2. Alat Kendali yang Dioperasikan dengan Kaki

Rudder bar merupakan alat kendali utama lainnya pada pesawat ini yang dioperasikan dengan kaki. Jarak *rudder bar* sampai pinggir tempat duduk adalah 70 cm dengan ukuran luas penampang *rudder* 20 x 10 cm.

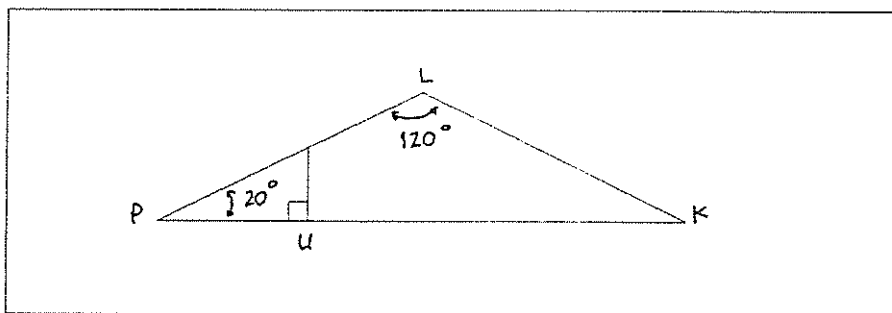
Hasil pemplotan daerah kerja (Gambar 11) memperlihatkan *rudder bar* terletak pada daerah kerja normal pilot, tetapi jarak tersebut merupakan jangkauan maksimum kaki dari ukuran rata-rata orang Indonesia (Gambar 13 dan Gambar 15). Dari segi biomekanik, untuk ukuran rata-rata pria Indonesia selang sudut gerak paha terhadap betis yang terjadi lebih besar dari 120 derajat sebelum penekanan pedal (Gambar 18). Pada saat pesawat berbelok, penekanan pedal

mengubah sudut antara paha dan betis menjadi 160 derajat sampai 170 derajat.

Pada keadaan tersebut penekanan pedal *rudder* dilakukan dengan ujung telapak kaki, sedangkan tumit digunakan sebagai engsel penekanan. Untuk itu perlu adanya penyesuaian penempatan *rudder bar* agar *rudder bar* terletak diposisi daerah kerja normal.



Gambar 18. Sketsa Selang Sudut Gerak Kaki untuk Ukuran Rata-rata Pria Indonesia Saat Menginjak *Rudder bar*



Gambar 19. Sketsa Penentuan Jarak Optimal Penempatan *Rudder bar*

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau trijauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

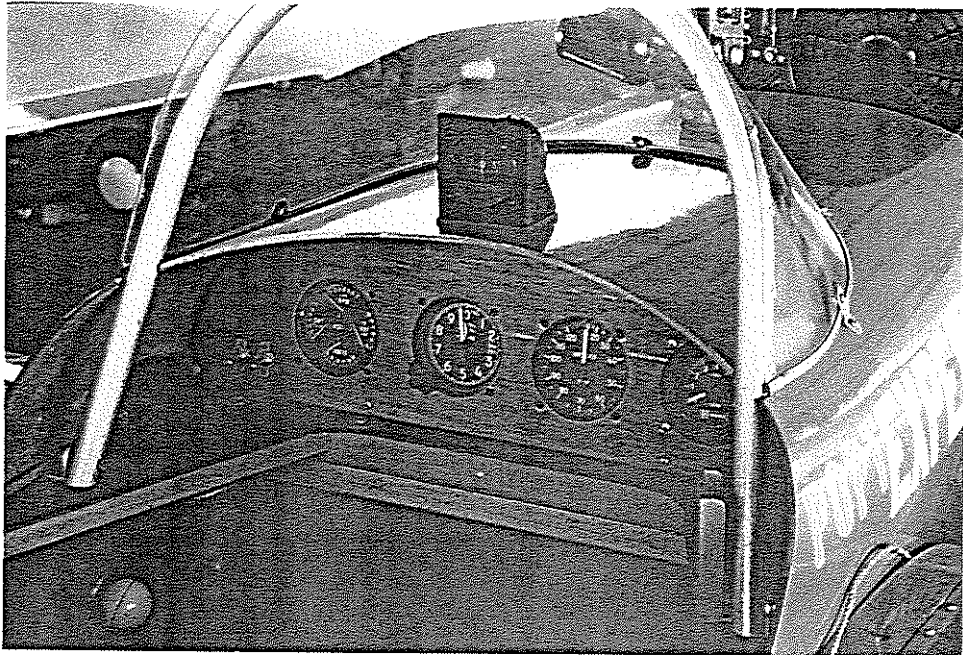
Jarak penempatan *rudder bar* dapat dicari dengan menggunakan rumus

aturan cosinus dan ratio trigonometri. Segitiga PLK (Gambar 19) merupakan penggambaran dari posisi pinggul (P), lutut (L), dan telapak kaki (K) dengan besar sudut PK adalah optimum yaitu 120 derajat (Gambar 12). PL dan LK merupakan penggambaran ukuran rata-rata dari panjang paha dan tinggi lutut pria Indonesia setelah dikalikan dengan faktor koreksi 1,073. Dengan menggunakan rumus aturan cosinus nilai PK dapat diketahui yaitu 87,66 cm. Sedangkan segitiga PDU menggambarkan tempat duduk pilot di dalam pesawat. Hasil perhitungan dengan ratio trigonometri diperoleh panjang DU sebesar 26 cm. Selisih nilai PK dengan DU merupakan jarak *rudder bar* sampai sisi depan tempat duduk (KU) yaitu sebesar 61,34 cm.

3. Pengamatan Display

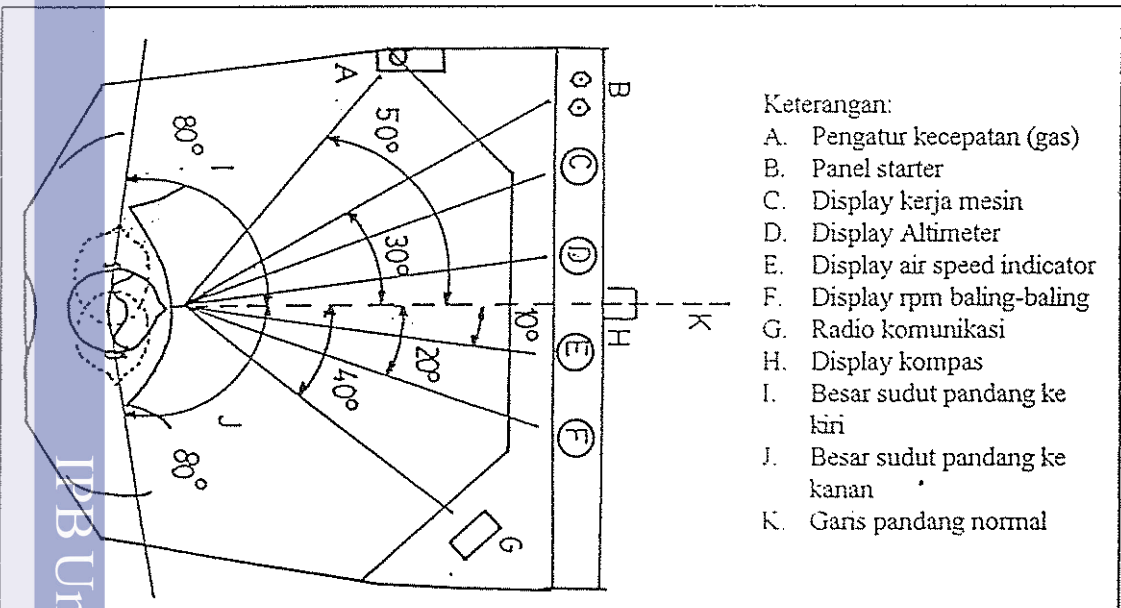
Ruang kendali pesawat terbang ringan penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 dilengkapi dengan lima display yang dapat memberikan informasi pada pilot saat melakukan penerbangan (Gambar 20). Display-display yang ada di pesawat terbang ringan penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 ini terdiri dari :

1. Kompas, sebagai penunjuk arah mata angin
2. Display yang menunjukkan kondisi kerja mesin
3. Altimeter, untuk menginformasikan ketinggian terbang pada pilot
4. *Airspeed indicator*, menginformasikan kecepatan angin yang terjadi
5. Display yang menunjukkan kecepatan perputaran baling-baling pesawat



@Hak cipta milik IPB University

Gambar 20. Display-display pada Pesawat terbang ringan penyemprot tanaman Jenis Minimax Tipe V-Max 1550



Gambar 21. Sudut Pandang Mata Pilot Terhadap Panel, Display dan Pengamatan Luar Pada Pesawat Terbang Ringan Penyemprot Tanaman

Display yang dipasang pada pesawat ini membentuk sudut pandang tertentu pada mata pilot (Gambar 21). Display tersebut berdasarkan disain skalanya dapat dikategorikan sebagai display dengan disain yang bagus karena dapat menyampaikan informasi selengkap mungkin tanpa menimbulkan banyak kesalahan pada pembacanya (Sutalaksana et al; 1979). Sedangkan berdasarkan kelasnya, display tersebut termasuk dalam kelas display dinamis tidak langsung, yaitu menggambarkan perubahan menurut waktu sesuai dengan variabelnya tetapi keadaan lingkungan yang diketahui disampaikan secara tidak langsung melalui jarum penunjuk.

Display pada pesawat terbang ringan penyemprot tanaman tipe Minimax 1550 memiliki warna dasar hitam dengan angka dan huruf berwarna putih, kuning dan merah. Berdasarkan hasil penelitian Berger, kombinasi warna tersebut adalah yang paling baik, karena masih dapat terlihat oleh pembacanya pada jarak yang lebih jauh dari jarak baca normal (Sutalaksana et al; 1979).

Display kompas merupakan tipe display skala bergerak dengan jarum tetap. Sedangkan ke-empat display lainnya dikategorikan dalam tipe skala tetap dengan jarum yang bergerak. Dalam pemakaiannya display tipe ini memiliki kelebihan terutama untuk kondisi tempo pembacaan yang terbatas, yaitu dapat terhindarnya pembacaan yang terfokus pada satu display bila perubahan angka yang terjadi sering atau terus menerus.

Pemasangan display yang menunjukkan cakrawala pada pesawat terbang ringan penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 belum dilakukan.

Display cakrawala merupakan salah satu display penting ketika mengemudikan pesawat. Fungsi display ini adalah memberikan informasi pada pilot dalam menjaga kelurusan dan kedataran pesawat terhadap bidang permukaan bumi (Steuer, 1982). Pemasangan display cakrawala pada pesawat terbang ringan penyemprot tanaman ini sangat diperlukan untuk mempermudah pilot saat mengemudikan pesawat terutama dalam kegiatan penyemprotan tanaman maupun saat melakukan *landing*.

4. Posisi Duduk

Posisi duduk pilot di pesawat terbang ringan penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 berbeda dengan posisi duduk pengemudi pada kendaraan darat. Prinsip utama dalam penyusunan ruang kendali pesawat terbang ringan penyemprot tanaman ini adalah berdasarkan penempatan tempat duduk, penempatan *control column* dan *rudder bar*. Selain itu penentuan pusat gravitasi dan keseimbangan tubuh pilot juga diperhitungkan.

Pusat gravitasi pilot pada saat mengudara akan berada di titik perpotongan dari batas badan dan paha (Hovey, 1981). Pada saat mengemudikan pesawat, posisi duduk pilot agak ke belakang dengan kondisi tempat duduk membentuk sudut 20 derajat ke atas. Posisi duduk pilot yang demikian dapat meminimumkan berat badan pilot saat menerbangkan pesawat dan pusat gravitasi pilot akan berpindah ke belakang sehingga slope pesawat untuk mengangkat pesawat pada saat *take off* lebih besar.

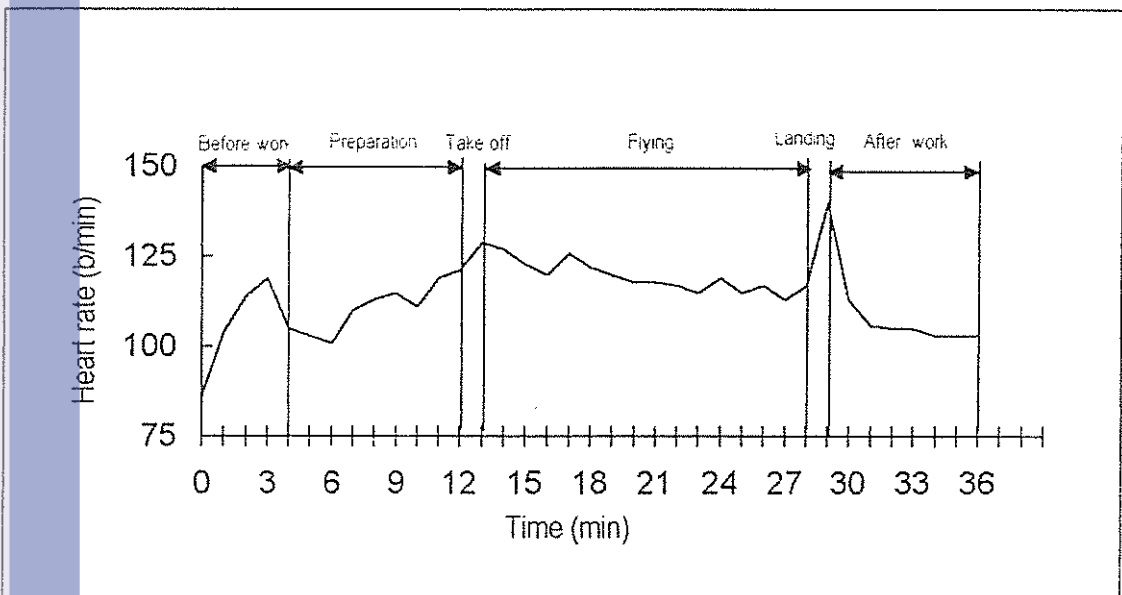
Posisi pilot pada saat mengemudikan pesawat dalam hal kenyamanan dapat tercapai bila kerja otot statik dapat dihindari serta beban kepala dan badan ditopang oleh *columna vertebralis* yang dibantu oleh penopang dari luar. Dengan demikian kerja kedua lengan dan kontraksi otot *ekstensor* pada punggung tidak terlibat. Pada saat pilot mengemudikan pesawat, posisi punggung lurus dan sedikit condong ke belakang. Kecondongan ini ditopang oleh sandaran yang dipasang pada tempat duduk, dengan kecondongan 5 derajat. Dengan posisi demikian, berat tubuh dapat ditopang oleh sandaran ke arah belakang dan oleh *columna vertebralis* serta tempat duduk ke arah bawah.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa jangkauan tangan dan kaki pilot terhadap alat-alat kendali pesawat terbang penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 sudah sesuai dengan daerah normal kerja. Tetapi bila penggunaannya merupakan seseorang yang memiliki ukuran rata-rata orang Indonesia, maka perlu adanya penyesuaian jarak dari penempatan alat kendali utama pada pesawat terbang ringan penyemprot tanaman jenis Minimax tipe V-Max 1550 agar jangkauan kerja di luar daerah maksimum dapat dihindari sehingga tujuan ergonomi yang telah dikemukakan sebelumnya terpenuhi.

C. TINGKAT BEBAN KERJA

Hasil pengukuran denyut jantung memperlihatkan bahwa pekerjaan yang dilakukan pilot saat mengendalikan pesawat terbang ringan penyemprot tanaman

termasuk dalam klasifikasi kerja sedang. Hal ini dapat terlihat pada gambar 16. Sedangkan denyut jantung pilot menunjukkan peningkatan kecepatan selama *take off* dan *landing* sehingga pada kondisi ini beban kerja fisik pilot diklasifikasikan dalam kerja berat.

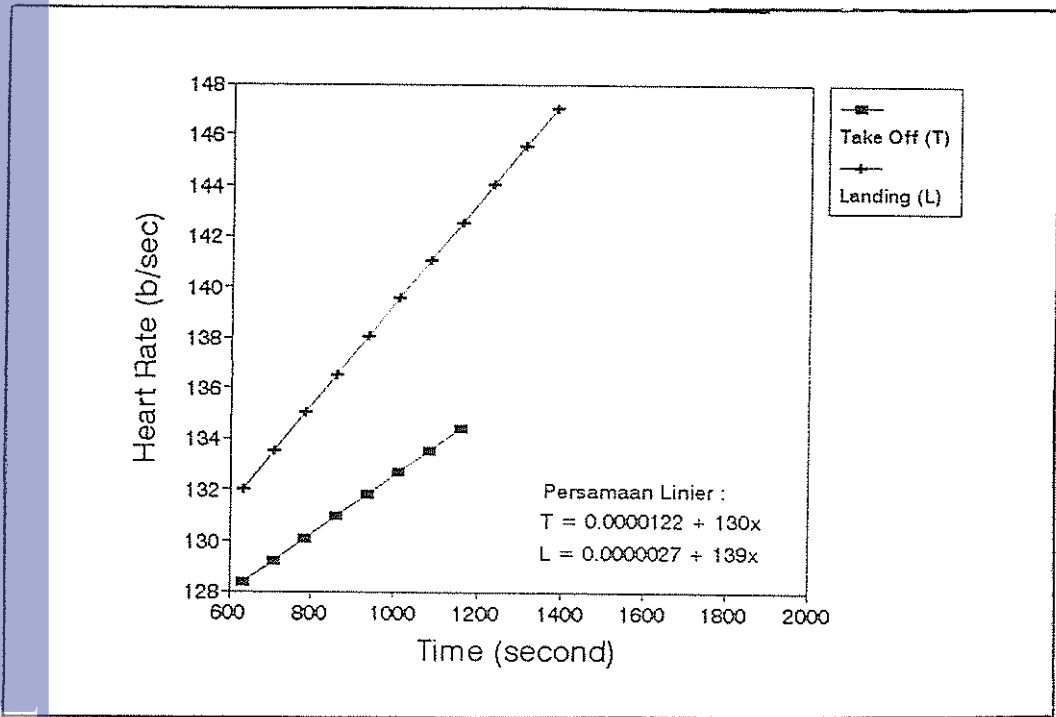


Gambar 22. Denyut Jantung Pilot dari Sebelum sampai Sesudah Melakukan Penerbangan

Pilot yang sedang mengendalikan pesawat, memerlukan ketelitian dalam mengemudi sehingga dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada tingkat aktivitas syaraf simpatik. Siklus hormon oleh jantung sangat berhubungan dengan aktivitas syaraf simpatik. Perubahan aktivitas syaraf simpatik sangat dipengaruhi oleh perubahan aktivitas mental (psikologi). Perubahan aktivitas yang mendadak,

seperti pada saat *take off* dan *landing*, mengakibatkan terjadinya perubahan kecepatan denyut jantung.

Data hasil pengukuran denyut jantung diregresikan terhadap waktu sehingga menghasilkan persamaan linier seperti pada gambar 22, dimana variabel y menunjukkan tingkat denyut jantung dan variabel x menunjukkan waktu. Gambar 22 menunjukkan beda kemiringan tingkat denyut jantung ketika pesawat *take off* dan *landing*.



Gambar 23. Beda Kemiringan dari Hasil Pengukuran Metoda Denyut Jantung Pilot Saat Melakukan *Take off* dan *Landing*

Pada kondisi pesawat selama *take off* (gambar 22 (T)), slope yang diperoleh menunjukkan sudut yang lebih kecil dibandingkan dengan saat kondisi pesawat *landing* (gambar 22 (L)). Hasil ini memperlihatkan bahwa perubahan ketinggian terbang pesawat yang mendadak dari tinggi ke rendah ketika akan *landing* menyebabkan terjadinya perubahan aktivitas syaraf simpatik. Hal ini dikarenakan pilot memerlukan konsentrasi yang tinggi untuk mengamati display. Selain itu pengontrolan pesawat, khususnya dengan *control column* saat melakukan gerakan *pitch* ke bawah, memerlukan tenaga yang lebih besar untuk mengendalikan pesawat dan menahan tubuh yang condong ke depan dibandingkan ketika akan *take off*, sehingga mengakibatkan ritme denyut jantung meningkat.

Tabel 6. Hasil Klasifikasi Beban Kerja Fisik Pilot saat Mengemudikan Pesawat Terbang Ringan Tipe Minimax 1550

No.	Kondisi	Denyut jantung		L M R	
		Nilai (pulsa/menit)	Beban kerja	Nilai	Beban kerja
1.	Istirahat	86	Ringan		
2.	<i>Take off</i>	129	Berat	3,57	Sedang
3.	Terbang	121	Sedang	3,06	Sedang
4.	<i>Landing</i>	140	Berat	4,05	Berat
5.	Istirahat	103	Sedang		

Penentuan klasifikasi beban kerja fisik berdasarkan metoda LMR menunjukkan beban kerja fisik yang meningkat. Pilot mengalami beban kerja sedang pada kondisi *take off* dan mengemudikan pesawat. Sedangkan pada kondisi pesawat *landing*, beban fisik yang dialami pilot merupakan kerja berat.

Konsumsi oksigen dalam perhitungan diperoleh dengan menggunakan persamaan hubungan antara denyut jantung dengan konsumsi oksigen dari hasil penelitian terhadap 400 karyawan di Indonesia (Tarwotjo et al; 1976 dalam Herodian, 1991). Sedangkan konsumsi oksigen untuk kondisi basal yang digunakan adalah hasil penelitian Jepang yang telah dikalibrasikan dari hasil penelitian ‘Studi Pendahuluan Mengenai Metabolisme Basal Wanita dan Laki-laki Dewasa Indonesia’ yang dilakukan oleh Lembaga Gizi Masyarakat Indonesia dengan faktor koreksi yang telah dihitung oleh Sarwono (1990).

Hasil yang diperoleh dari metoda LMR memperlihatkan sedikit perbedaan dengan pengukuran denyut jantung. Perbedaan ini terjadi pada kondisi pesawat *take off* (Tabel 4). Penentuan tingkat beban kerja berdasarkan nilai LMR memperlihatkan kesesuaian dengan kondisi lapang dibandingkan hasil pengukuran denyut jantung.

Penentuan beban kerja fisik dengan menggunakan LMR menggambarkan tingkat kelelahan yang sebenarnya karena merupakan nilai perbandingan kebutuhan energi seseorang saat bekerja, saat istirahat dan kebutuhan energi pada kondisi basal. Sedangkan penentuan beban kerja fisik dengan pengukuran denyut jantung dipengaruhi faktor individu seperti emosi, kondisi kesehatan, jenis kelamin, lingkungan yang dapat melemahkan hasil yang diperoleh. Walaupun demikian pengukuran denyut jantung memiliki kelebihan yaitu mudah dilakukan sehingga tidak mengganggu pilot selama bekerja dan datanya dapat dipakai sebagai parameter untuk mengetahui kemampuan kerja.

Lama waktu istirahat pilot pesawat terbang ringan penyemprot tanaman tipe Minimax 1550 setelah melakukan penerbangan selama 18 menit adalah 8.25 menit. Faktor lain yang mempengaruhi pemilihan pesawat terbang ringan penyemprot tanaman sebagai salah satu mesin penunjang untuk meningkatkan produktivitas kerja petani, khususnya untuk areal pertanian yang luasnya lebih dari 100 hektar adalah efisiensi penggunaannya. Efisiensi penggunaan energi pilot dari kegiatan mengemudikan pesawat terbang ringan penyemprot tanaman tipe Minimax 1550 adalah sebesar 22,55%. Total tenaga mekanis yang dikeluarkan pilot selama bekerja adalah 88.18 watt dengan total tenaga tubuh yang dikeluarkan sebesar 391 watt. Nilai efisiensi penggunaan energi yang dihasilkan hampir mendekati nilai efisiensi kerja optimum yaitu 30% (Sanders, 1987), sedangkan sisanya diubah dalam bentuk panas tubuh.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tujuan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



121 pulsa per menit. Dari hasil ini juga memperlihatkan adanya kerja berat bagi pilot pada kondisi *take off* dan *landing*. Faktor yang mempengaruhi pengukuran ini adalah faktor individu.

5. Berdasarkan perhitungan Laju Metabolisme Relatif terjadi perbedaan pada kondisi *take off*, dimana pada kondisi ini beban yang dialami pilot termasuk kerja sedang sebesar 3,57. Mengemudi pesawat dan kondisi *landing* dari hasil perhitungan ini menunjukkan hasil yang sama dengan pengukuran denyut jantung yaitu termasuk dalam kerja sedang dan berat.
6. Waktu istirahat yang diperlukan pilot setelah terbang selama 18 menit adalah 8,25 menit dengan besar efisiensi penggunaan tenaga yaitu 22,55%.

B. SARAN

Dari hasil penelitian ini, maka saran-saran yang hendaknya bisa menjadi pertimbangan diantaranya:

1. Letak penempatan *control column* dan *rudder bar* sebaiknya ditinjau kembali, agar pemakai pesawat terbang penyemprot tanaman tidak hanya terbatas pada orang-orang yang memiliki ukuran tubuh tertentu dan jenis kelamin, sehingga diperoleh posisi kerja normal, terutama pada saat pesawat *landing* maupun ketika melakukan gerakan *pitch* ke bawah, karena dalam pelaksanaan penyemprotan tanaman gerakan *pitch* ke bawah akan dilakukan pilot berulang-ulang.



2. Alternatif lain, dapat dirancang dan dibuat sistem tempat duduk geser yang dapat disetel sesuai dengan ukuran panjang kaki pilot. Untuk cara ini, letak pusat gravitasi pesawat perlu diperhitungkan secara seksama sehingga penambahan beban ke belakang tempat duduk dapat diketahui besarnya.
3. Penambahan display, terutama display cakrawala agar kelurusan dan kedataran pesawat dapat terjaga pada saat penyemprotan tanaman. Selain itu, cara untuk masuk ke kokpit pesawat perlu ditinjau kembali agar memudahkan pilot saat masuk dan keluar dari kokpit.
4. Untuk penelitian lebih lanjut, data ukuran antropometri wanita dapat digunakan agar hasil kerja yang lebih efisien dapat diketahui.



DAFTAR PUSTAKA

- Aryandini, N. 1987. Mempelajari Efisiensi Transformasi Tenaga Manusia ke Tenaga Mekanis Melalui Lengan untuk Memutar Engkol. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Indonesia.
- Daywin, F. J., R. G. Sitompul dan I. Hidayat. 1992. Mesin-mesin Budidaya Pertanian. JICA-DGHE/IPB Project/ADAET. Bogor.
- Fatah, G. S. H. 1991. Mempelajari Beban Kerja Operator, Getaran dan Antropometri Traktor Tangan Merek "Botani" Tipe B 185 PR. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Indonesia.
- Fuadi, A. 1982. Mempelajari Traktor Tangan Merek "Bouyer" Dalam Hubungannya dengan Ergonomi. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Indonesia.
- Herodian, S. 1991. Analisis Biomekanik dan Mekanik Penggunaan Pikulan sebagai Alat Transportasi Manual. Tesis. Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Indonesia.
- Hovey, R. W. 1981. Ultra-Light Aircraft Design. Fourth edition.
- Kurniadi, D. 1990. Mempelajari Beban Cangkul yang Berbeda Terhadap Pengeluaran Energi Tubuh, Kapasitas dan Efisiensi Kerja. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Indonesia.
- Nurul, R. Rr. D. R. 1992. Mempelajari Antropometri, Kestabilan dan Kebutuhan Tenaga Manusia pada Pengoperasian Becak Sebagai Alat Transportasi Komoditi Pertanian. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Indonesia.
- McCormick, E. J. 1957. Human Factors Engineering. 3rd. ed. McGraw-Hill Co., New York.
- Morecki, A. 1987. Biomechanics of Engineering, Modelling, Simulation, Control. CISM, Udine, Italy.
- Negoro, S. T., B. Harahap dan Mursyid S. 1985. Rumus-rumus, Sifat-sifat, Tabel Matematika. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Sears, F. W., Mark W. Z dan Hugh D. Y. 1987. Fisika Universitas. Edisi keenam. Penerbit Erlangga. Jakarta.

- ✓ Sanders, M. S. and E. J. Mc Cormick. 1987. *Human Factors in Engineering and Design*. 6th. ed. McGraw-Hill Co., New York.
- ✓ Sastrowinoto, S. 1985. *Meningkatkan Produktivitas Dengan Ergonomika*. PT Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
- ✓ Smith, H. P. and Lambert H. Wilkes. 1965. *Farm Machinery and Equipment*. McGraw-Hill, Inc. New York. USA.
- ✓ Steel, R. G. D., and James H. R. 1991. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- ✓ Steven, H. G., James J. Haggerty dan Para Editor Pustaka Time-Life. 1982. *Penerbangan*. Tira Pustaka. Jakarta.
- ✓ Sutalaksana, I., Ruhana A. dan Jann H. T. 1979. *Teknik Tata Cara Kerja*. Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- ✓ Van Cott, H. P. and Robert G. K. 1972. *Human Engineering Guide To Equipment Design*. McGrawn-Hill company. Washington, D. C. USA.
- ✓ Zander, J. 1972. *Ergonomics in Machin Design*, N. V. Veeman and Zonen, Wageningen.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengizinkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IPB University



LAMPIRAN

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 1.

Ukuran Rata-rata Antropometri Berdasarkan Negara
di Berbagai Bagian Dunia

Bagian Dunia	Negara	Tinggi badan Rata-rata (cm)	
		Pria	Wanita
EROPA	Belgia	179.90	-
	Norwegia	177.50	-
	Ingggris	177.40	-
	Swedia	175.80	163.80
	Jerman Barat	174.90	-
	Perancis	171.30	-
	Italia	170.60	-
	Polandia	169.70	-
AMERIKA	Canada	177.40	-
	USA	177.20	162.00
AFRIKA	Tanzania	170.00	150.00
	Afrika Selatan	169.00	156.90
	Tunisia	169.00	-
	Sudan	168.50	-
	Sahel	167.80	158.60
	Zimbabwe	165.00	155.00
	Ethopia	170.00	160.00
	Zambia	168.00	-
TIMUR TENGAH	Turki	169.30	-
	Mesir	168.30	-
	Iran	168.10	-
	Kuwait	167.00	-
AMERIKA LATIN	Chili	170.00	160.00
	Amerika latin	166.40	-
	Kosta Rika	165.00	160.00
	Bolivia	160.10	-
ASIA TIMUR	Korea	170.00	160.00
	Philipina	170.00	157.50
	Cina	167.20	157.40
	Jepang	166.70	-
	Malaysia	165.60	153.90
	Thailand	164.80	155.00
	Indonesia	161.30	151.60
	Vietnam	160.50	-
ASIA BARAT	Pakistan	167.50	-
	Bangladesh	165.00	150.00
	Sri Lanka	163.90	152.30
	India	163.00	152.00

¹⁾ Sumber: Abeysekara, 1979



Lampiran 2

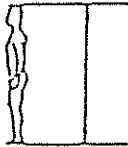
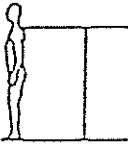
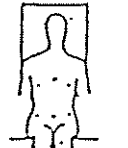
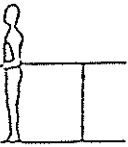
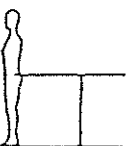
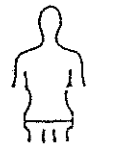
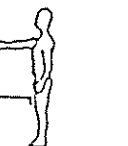

Ukuran Rata-rata Antropometri Orang Indonesia

Ukuran Antropometri	Laki - laki		Wanita	
	Rata-rata (cm)	STD (cm)	Rata-rata (cm)	STD (cm)
Berdiri				
1. Tinggi	161.3	5.6	151.6	5.4
2. Tinggi bahu	132.6	10.3	122	5.6
3. Lebar bahu	39.6	6.6	34.9	3
4. Tinggi siku	97.8	17.5	90.8	4.1
5. Tinggi pinggul	93.6	20.4	88.8	4.2
6. Lebar pinggul	28.9	5.7	31.5	2.5
7. Panjang tangan	66.7	11.7	61.4	3.5
8. Panjang lengan atas	34.8	4.9	31.5	2.3
9. Panjang lengan bawah	44.2	7	40.7	2.7
10. Jangkauan vertikal tangan	202.1	8	186.9	8
11. Jangkauan horisontal tangan	165.6	6.9	151.7	6.8
Duduk				
1. Tinggi duduk	83.2	3.7	77.9	3.4
2. Tinggi siku	23	10	22.2	3.1
3. Tinggi pinggul	18.4	3.9	18	2.2
4. Tinggi lutut	49.5	6	46.3	1.8
5. Panjang paha	44.8	6.3	42.1	2.9
	41.4	5.3	39	2.8

*) Sumber: Sumatma, 1965

Lampiran 3

Gambar Definisi Pengukuran Antropometri

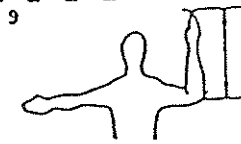
Ukuran Anthropometri	Gambar
Berdiri	
1. Tinggi	
2. Tinggi bahu	
3. Lebar bahu	
4. Tinggi siku	
5. Tinggi pinggul	
6. Lebar pinggul	
7. Panjang tangan	
8. Panjang lengan atas	

© Hak cipta milik IPB University

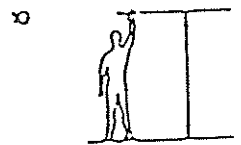
IPB University

Lanjutan Lampiran 3

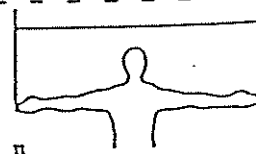
9. Panjang lengan bawah



10. Jangkauan vertikal tangan

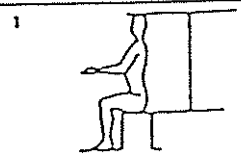


11. Jangkauan horisontal tangan



Duduk

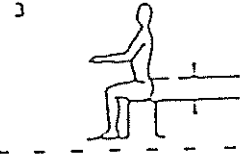
1. Tinggi duduk



2. Tinggi siku



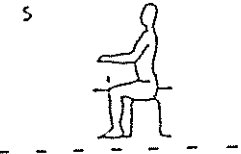
3. Tinggi pinggul



4. Tinggi lutut



5. Panjang paha



6. Tinggi pantat ke lantai



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang menjiplak dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 4. a. Data Pengukuran Denyut Jantung Pilot Rata-rata Per Menit
Dari Sebelum Sampai Sesudah Terbang

Menit	Pulsa	Menit	Pulsa	Menit	Pulsa	Menit	Pulsa
0	86	10	111	20	118	30	113
1	104	11	119	21	118	31	106
2	114	12	121	22	117	32	105
3	119	13	129	23	115	33	105
4	102	14	127	24	119	34	103
5	103	15	123	25	115	35	103
6	101	16	120	26	117	36	103
7	110	17	126	27	113		
8	113	18	122	28	117		
9	115	19	120	29	140		

Lampiran 4. b. Data Pengukuran Besar Gaya pada Alat Kendali Utama
Pesawat Ringan Type Minimax 1550

No.	Alat Kendali	Perpindahan Arah	Besar Gaya (N)
1	Control Column	Normal ke arah depan	12.94
		Depan ke arah normal	9.41
		Normal ke arah belakang	9.41
		Belakang ke arah normal	8.04
2	Rudder Bar	Normal ke arah depan	2.94



Lampiran 5. Kebutuhan Oksigen pada Kondisi Basal Hasil Penelitian di Jepang Berdasarkan Luas Permukaan Kulit

Luas Per- mukaan kulit (m)	Laki-laki									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	(1/100 m)									
1.0	125	126	128	129	130	131	133	134	135	136
1.1	138	139	140	141	143	144	145	146	148	149
1.2	150	151	153	154	155	156	158	159	160	161
1.3	163	164	165	166	168	169	170	171	173	174
1.4	175	176	178	179	180	181	183	184	185	186
1.5	188	189	191	191	193	194	195	196	198	199
1.6	200	201	203	204	205	206	208	209	210	211
1.7	213	214	215	216	218	219	220	221	223	224
1.8	225	226	228	229	230	231	233	234	235	236
1.9	238	239	240	241	243	244	245	246	248	249
2.0	250	251	253	254	255	256	258	259	260	261
2.1	263	264	265	266	268	269	270	271	273	274

Luas Per- mukaan kulit (m)	Wanita									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	(1/100 m)									
1.0	114	115	116	117	119	120	121	122	123	124
1.1	125	127	128	129	130	131	132	133	135	136
1.2	137	138	139	140	140	143	144	145	146	147
1.3	148	149	150	152	153	154	155	156	157	158
1.4	160	161	162	163	164	165	166	168	169	170
1.5	171	172	172	174	176	177	178	179	180	181
1.6	182	184	185	186	187	188	189	190	192	193
1.7	194	195	196	197	198	200	201	202	202	204
1.8	205	206	207	209	210	211	212	213	214	215
1.9	217	218	219	220	221	222	223	225	226	227

Keterangan : Konsumsi Oksigen pada tabel dalam satuan cc Oksigen per menit.

Lampiran 6. Kebutuhan Oksigen pada Kondisi Basal Hasil Penelitian di Jepang Berdasarkan Luas Permukaan Kulit Setelah Dikonversi

Luas Per- mukaan kulit (m)	Laki-laki									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	(1/100 m)									
1.0	123	124	126	127	128	129	131	132	133	134
1.1	136	138	138	139	141	142	143	144	146	147
1.2	148	149	151	152	153	154	155	156	157	158
1.3	160	161	162	163	165	166	167	168	170	171
1.4	172	173	175	176	177	178	180	182	182	183
1.5	185	186	188	189	190	191	192	193	196	196
1.6	197	198	200	201	202	203	205	206	207	208
1.7	209	210	211	212	214	215	215	216	217	220
1.8	221	222	224	225	226	227	229	230	231	232
1.9	234	235	236	237	239	240	241	242	244	245
2.0	246	247	249	250	251	252	254	255	256	257
2.1	259	260	261	262	264	265	266	267	268	269

Luas Per- mukaan kulit (m)	Wanita									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	(1/100 m)									
1.0	118	119	120	121	123	124	125	126	127	128
1.1	129	131	132	133	134	135	137	138	140	142
1.2	143	144	145	146	147	149	150	151	152	153
1.3	154	155	156	158	159	160	161	162	163	164
1.4	166	167	168	169	170	171	173	174	176	177
1.5	178	179	180	181	183	184	185	186	187	188
1.6	189	191	192	193	194	195	196	197	199	201
1.7	202	203	204	205	206	208	209	210	211	212
1.8	213	214	215	217	218	219	220	221	222	224
1.9	216	226	225	229	230	231	232	234	235	236

Keterangan : Konsumsi Oksigen pada tabel dalam satuan cc Oksigen per menit.

Lampiran 7. Ukuran Fisik Tubuh Pilot Standar Eropa.

Keterangan	Persentil		
	5 (cm)	50 (cm)	95 (cm)
Tinggi	170	180	190
Tinggi pinggul	95	100	105
Tinggi bahu	140	150	160
Tinggi lutut	50	52.5	55
Panjang paha	45	47,5	50
Tinggi Siku	120	125	130
Panjang tangan	70	80	90
Pj. Tangan bawah	42.5	45	45
Pj. Lengan atas	30	35	40

*Sumber : R.W. Hovey