



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERHITUNGAN FORMULA LUAS TUBUH MANUSIA
INDONESIA DENGAN METODE INTERPOLASI**

SKRIPSI

**DWIKI DRAJAT GUMILAR
0806337535**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERHITUNGAN FORMULA LUAS TUBUH MANUSIA
INDONESIA DENGAN METODE INTERPOLASI**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

**DWIKI DRAJAT GUMILAR
0806337535**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Dwiki Drajat Gumilar

NPM : 0806337535

Tanda Tangan :



Tanggal : Juni 2012



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Dwiki Drajat Gumilar
NPM : 0806337535
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Perhitungan Formula Luas Tubuh Manusia
Indonesia dengan Metode Interpolasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Boy Nurtjahyo Moch., MSIE

Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, M.Si

Penguji : Ir. Dendi P. Ishak, MSIE

Penguji : Dwinta Utari S.T., M.T., MBA

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas segala Petunjuk, Kemurahan serta Rahmat-Nya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan dapat terwujud tanpa bimbingan, bantuan dan sumbangan pikiran dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Ir. Boy Nurtjahyo, MSIE, yang telah memberikan kesempatan untuk mengerjakan penelitian yang sangat menarik dan sangat menantang ini. Beliau memberikan saya banyak inspirasi dalam mencari jalan untuk menemukan cara agar dapat menyelesaikan penelitian ini tepat waktu, untuk tidak menyerah dan untuk secara cermat mempersiapkan berbagai alternatif metode dalam penyelesaian penelitian ini.
2. Bapak Arie Wibowo S.Si.,M.Si dari Departemen Matematika FMIPA UI yang telah memberikan banyak arahan tentang teknis pengerjaan dan aspek matematika dalam penelitian ini serta atas bimbingannya yang secara rutin memberikan pembelajaran baru kepada penulis.
3. Bapak Dr.Ir. Muhammad Idrus Alhamid, pengajar dari Departemen Teknik Mesin FTUI atas segala bimbingan, bantuan literatur, dan jaringan yang Bapak bukakan untuk saya, sehingga berbagai kesulitan dalam penelitian ini dapat teratasi.
4. Bapak Dr. Ir. Gandjar Kiswanto M.Eng selaku pengajar Departemen Teknik Mesin FTUI atas berbagai terobosan ide yang bapak berikan sebagai saran dan masukan atas pengerjaan penelitian ini.
5. Bapak Komarudin bin Sayuti ST.,MT, yang telah membuat program HitungLuas.exe untuk pengerjaan penelitian ini. Sehingga sangat membantu dalam terselesaikannya penelitian ini.
6. Bapak Prof.Teuku Yuri M. Zagloel, M.Eng.Sc Ibu Arian Dhini ST.,MT, Ibu Ir. Fauziah Dianawati,M.Si Ibu Dwinta Utari ST.MT,MBA dan Ibu

Maya Arlini Puspitasari,ST,MT,MBA yang telah memberika banyak masukan dan ide selama proses penyusunan penelitian ini.

7. Ibu Dr. Ing. Amalia Suzianti, M. Sc dan Bapak Dendi P. Ishak, B.Sc., MSIE atas masukan dan dorongan yang diberikan pada saat pengujian seminar dua sehingga saya terus terpacu untuk menyelesaikan penelitian ini dengan sebaik mungkin.
8. Adiyono dan Suratmi selaku orangtua penulis yang tanpa henti dan tanpa lelah selalu memberikan doa, dukungan, restu serta kasih sayangnya kepada penulis.
9. Seluruh keluarga PPSDMS atas segala dukungan dan bimbingan yang selalu diberikan kepada penulis, sehingga masa-masa pengerjaan penelitian ini menjadi lebih menyenangkan.
10. Asisten laboratorium Ergonomi: Chandra, Regina, Bayu, Mellisa, Handoyo, Ivan G, Valentina,Ivan, Florence, Citra, Meilin, Iftitah, Neni, Aisyah, Satrio, Pandhe, Andri Mubarak, Sendhi, Rina, Nauli, Adi Wira, serta Mas taufan selaku rekan kami di Laboratorium Ergonomics Centre yang selalu membantu kami dalam pengelolaan Laboratorium.
11. Kepada seluruh karyawan Departemen Teknik Industri UI yang telah membantu selama penulis menyelesaikan penelitian maupun selama menuntut ilmu di Teknikn Industri UI.
12. Seluruh sahabat yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan penelitian ini, rekan PPSDMS, saudara-saudaraku di angkatan 2008 Teknik Industri Universitas Indonesia, dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penelitian ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa karya ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala masukan sungguh sangat penulis nantikan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan dunia pendidikan dan penelitian serta dapat memberikan manfaat bagi setiap pembaca.

Depok, Juni 2012

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwiki Drajat Gumilar
NPM : 0806337535
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Perhitungan Formula Luas Tubuh Manusia Indonesia dengan Metode Interpolasi

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juni 2012

Yang menyatakan



Dwiki Drajat Gumilar

ABSTRAK

Nama : Dwiki Drajat Gumilar
Program Studi : Teknik Industri
Judul : **Perhitungan Formula Luas Tubuh Manusia Indonesia dengan Metode Interpolasi**

Perhitungan luas tubuh manusia atau *body surface area* telah menjadi perhatian berbagai ahli dalam berbagai disiplin ilmu. Dengan karakter antropometri yang unik, setiap suku bangsa seharusnya memiliki formula BSA yang sesuai dengan karakteristik antropometrinya. Dikembangkan dengan dukungan data antropometri yang diperoleh secara akurat dengan proses *3D Anthroscan*. Studi ini memberikan alternatif formula perhitungan BSA yang lebih sesuai dengan karakteristik antropometri Manusia Indonesia. Dalam studi kasus penelitian ini $BSA = 0.0113 \times W^{0.1956} \times H^{0.8169}$ adalah formulasi luas tubuh manusia yang mempunyai potensi menjawab karakteristik antropometri manusia Indonesia. Sebuah pendekatan geometrik juga disusun untuk menjawab kebutuhan formulasi BSA yang lebih personal.

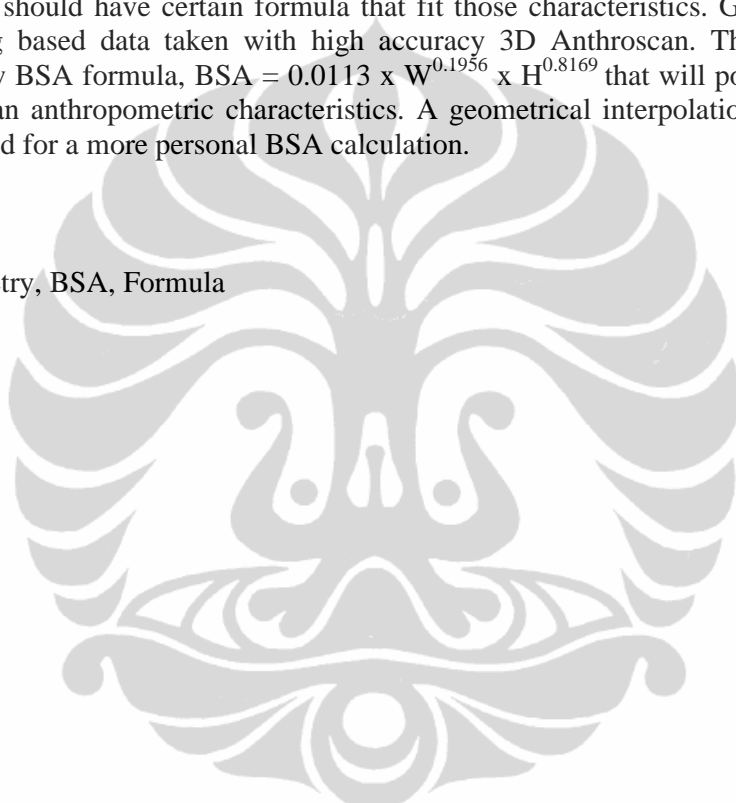
Kata Kunci:
Antropometri, BSA, Formulasi

ABSTRACT

Name : Dwiki Drajat Gumilar
Study Program : Industrial Engineering
Title : Indonesian Body Surface Area Database and Estimation Formula

The study of human body surface area has been a concern for many experts in several research fields. Having unique anthropometry characteristics, every human race should have certain formula that fit those characteristics. Generated using strong based data taken with high accuracy 3D Anthroscan. This study obtain a new BSA formula, $BSA = 0.0113 \times W^{0.1956} \times H^{0.8169}$ that will potentially fit Indonesian anthropometric characteristics. A geometrical interpolation model also proposed for a more personal BSA calculation.

Keywords:
Anthropometry, BSA, Formula



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Diagram Keterkaitan Masalah	4
1.3. Rumusan Masalah	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Batasan Penelitian	6
1.6. Metodologi Penelitian	6
1.7. Sistematika Penulisan.....	11
2. DASAR TEORI.....	12
2.1. Ergonomi, Antropometri dan Studi tentang Luas Tubuh Manusia.....	12
2.1.1. Antropometri dalam Ergonomi	12
2.1.2. Perkembangan Studi tentang Perhitungan Luas Tubuh Manusia.....	14
2.1.3. Aplikasi Riset Perhitungan Luas Tubuh Manusia.....	16
2.2. Permodelan dan Interpolasi Bentuk Tubuh Manusia	17
2.3. Penelitian Berbasis Data Antropometri.....	20
2.4. Pemindai Tiga Dimensi <i>Vius Vitronic XXL</i>	23
2.4.1. Timbangan	24
2.4.2. Kursi Pemindai	24
2.4.3. Perangkat Lunak Anthroscan	25
2.4.4. Pengukuran Tubuh dengan Antroscan.....	25
2.4.5. Personal Data pada Anthroscan.....	27
2.5. Database	27
2.5.1. Postur Data Antropometri	27
2.5.2. Penggunaan Alat Bantu Pemindai.....	28
3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	34
3.1. Penyusunan Penelitian Pembuatan Database Antropometri 3D sebagai Acuan Formulasi Luas Tubuh Manusia Indonesia.	34
3.2. Disain Pengumpulan Data Antropometri Menggunakan <i>Vitus Vitronic XXL</i>	37
3.3. Pengambilan Data Antropometri dalam Penelitian.....	38
3.3.1. Melakukan Kalibrasi Anthroscan	39
3.3.2. Pengaturan Sensor Laser.....	42
3.3.3. Mempersiapkan Objek Pemindaian.....	44

3.3.4.	Memindai Objek Menggunakan <i>Vitus Vitronic XXL</i>	45
3.3.5.	Pengambilan Data Berformat <i>Stereolithography</i>	49
3.3.6.	Perhitungan Luas Objek Pemindaian dengan Pendekatan Luas Segitiga Data <i>Stereolithography</i>	51
3.3.7.	Pengambilan Data Analisis <i>Redundant Triangles</i>	63
3.3.8.	Perhitungan Luas Tubuh Responden Dengan Interpolasi Segitiga pada Data Bertipe <i>Stereolythography</i>	68
4.	PEMBAHASAN	70
4.1.	Perhitungan Formula Luas Tubuh Manusia Indonesia dengan Metode Interpolasi Geometri Sederhana Berbasis Data Antropometri	70
4.1.1.	Simplifikasi Bentuk Tubuh Manusia kedalam Bentuk Geometri Dasar	70
4.1.2.	Perhitungan Luas Tubuh Manusia dengan Metode Interpolasi Geometri Sederhana Berbasis Data Antropometri	87
4.1.3.	Hasil Perhitungan Formula Luas Tubuh Manusia Indonesia dengan Metode Interpolasi Geometri Sederhana Berbasis Data Antropometri	91
4.2.	Perhitungan Formula Luas Tubuh Manusia Indonesia dengan Pendekatan Luas Segitiga pada Data Bertipe <i>Stereolytography</i>	95
4.2.1.	Penentuan Nilai Faktor Koreksi Alat Pemindai dalam Pengukuran Luas dengan Pendekatan Luas Segitiga pada Data Bertipe <i>Stereolytography</i>	95
4.2.2.	Hasil Perhitungan Formula Luas Tubuh Manusia Indonesia dengan Pendekatan Luas Segitiga pada Data Bertipe <i>Stereolytography</i>	96
5.	KESIMPULAN	100
5.1.	Kesimpulan	100
5.2.	Saran	101
DAFTAR PUSTAKA	107

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Karakteristik Sampel pada Penelitian	38
Tabel 3.2 Ukuran Tubuh yang Dihasilkan oleh Anthroscan.....	45
Tabel 3.3 Penjelasan Komponen Program C++ HitungLuas	52
Tabel 3.4 Perhitungan Luas Tabung Sebagai Instrumen Penentuan Faktor Koreksi	66
Tabel 3.5 Perhitungan Luas Tubuh Responden dengan Program C++	68
Tabel 4.1 Tabel Formula Perhitungan Luas Area Tangan	71
Tabel 4.2 Formula Perhitungan Luas Area Kaki.....	75
Tabel 4.3 Formula Perhitungan Luas Area Paha.....	77
Tabel 4.4 Formula Perhitungan Luas Area Kepala	79
Tabel 4.5 Formula Perhitungan Luas Area Leher	80
Tabel 4.6 Formula Perhitungan Luas Area Dada bagian Depan.....	82
Tabel 4.7 Formula Perhitungan Luas Area Punggung.....	82
Tabel 4.8 Formula Perhitungan Luas Area Samping Dada	82
Tabel 4.9 Formula Perhitungan Luas Area Pinggul	83
Tabel 4.10 Perhitungan Luas Tubuh Manusia dengan Menggunakan Interpolasi Geometri Sederhana	87
Tabel 4.11 Perbedaan Hasil Perhitungan BSA Dengan Metode Interpolasi Geometrik Sederhana dengan Metode BSA Milik Du Bois, Haycock dan Mosteller	89
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Luas Tubuh dengan Program C++ HitungLuas	96
Tabel 4.13 Perbedaan Perhitungan Luas Tubuh Manusia dengan Menggunakan Program C++ HitungLuas	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ilustrasi Body Surface Area oleh Universitas Michigan	2
Gambar 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
Gambar 1.3 Diagram Alir Metode Penelitian	10
Gambar 2.1 The Vitruvian Man, Ikon Klasik dalam Studi Antropometri	13
Gambar 2.2 Salahsatu Responden Riset Du Bois dengan Molding Tubuhnya.....	14
Gambar 2.3 Beberapa Ukuran Tubuh Manusia yang Diperhatikan dalam Perhitungan Du Bois	15
Gambar 2.4 Contoh Analogi yang dilakukan Haycock terhadap Bentuk Tubuh Manusia	18
Gambar 2.5 Contoh Penggunaan Data dengan Format .stl	19
Gambar 2.6 Contoh Aproksimasi dan Interpolasi Bentuk (Daniels, 2011)	20
Gambar 2.7 Vitus Vitronic XXL	23
Gambar 2.8 Platform Timbangan	24
Gambar 2.9 Kursi Pemindai	24
Gambar 2.10 Pengukuran Tubuh Interaktif	25
Gambar 2.11 Postur Pemindaian Standar	26
Gambar 2.12 Identifikasi Lanmark.....	26
Gambar 2.13 Postur Pengambilan Data	28
Gambar 2.14 RAMSIS dengan Landmark.....	29
Gambar 2.15 ISO 7250 Standing.....	29
Gambar 2.16 ISO 7250 Sitting	30
Gambar 2.17 ISO 8559 P1	30
Gambar 2.18 ISO 8559 P2	31
Gambar 2.19 ISO 8559 P3	31
Gambar 2.20 ISO 8559 P4	32
Gambar 2.21 ISO 8559 P5	32
Gambar 2.22 Standard Standing.....	33
Gambar 2.23 Standard Sitting	33
Gambar 3.1 <i>Vitus Vitronic XXL</i> Pada <i>Human Solution</i>	34
Gambar 3.2 Postur Standard untuk <i>Vitus Vitronic XXL</i>	35
Gambar 3.3 Ketentuan Busana dan Aksesori Responden.....	36
Gambar 3.4 Contoh Busana Standard Pemindaian.....	37
Gambar 3.5 Postur pada <i>Vitus Vitronic XXL</i>	38
Gambar 3.6 Contoh Pengukuran Interaktif	39
Gambar 3.7 Penempatan <i>Waterpass</i> Pada sisi Landasan Anthroscan	40
Gambar 3.8 Wizard Kalibrasi pada <i>Vitus Vitronic XXL</i>	40
Gambar 3.9 Tiang Kalibrasi dengan Posisi yang Telah Ditentukan	41
Gambar 3.10 Panduan Peletakan Tiang Kalibrasi	41

Gambar 3.11 <i>Setup System</i> pada Laser Antrhoscan	42
Gambar 3.12 Akses <i>Setup System</i>	42
Gambar 3.13 <i>Hardware Setup</i>	43
Gambar 3.14 <i>Wizard</i> Pengatur Ketinggian Laser.....	43
Gambar 3.15 <i>Wizard</i> Pengaturan Posisi Dasar Laser	44
Gambar 3.16 Posisi Tubuh Objek Pemindaian	45
Gambar 3.17 Tampilan <i>Output Folder</i>	49
Gambar 3.18 Tampilan Kode Pada berkas <i>Stereolithography</i> tipe ASCII	50
Gambar 3.19 Tampilan <i>Standar View</i> dari Hasil Pemindaian	51
Gambar 3.20 Proses <i>Exporting .stl File</i> dari Model Objek Hasil Pemindaian	51
Gambar 3.21 Tabung sebagai Instrumen untuk Mencari Faktor Koreksi.....	64
Gambar 3.22 Mengaktifkan cmd	65
Gambar 3.23 Mengakses <i>folder</i> Program HitungLuas dan file.stl Disimpan	66
Gambar 3.24 Menjalankan Program HitungLuas.....	66
Gambar 4.1 Tampilan Microsoft Excel Template untuk Perhitungan Luas Area Tangan	72
Gambar 4.2 Ilustrasi Dimensi <i>Upper Arm Length</i>	73
Gambar 4.3 Ilustrasi Dimensi <i>Upper Arm Girth</i>	73
Gambar 4.4 Ilustrasi Dimensi <i>Elbow Girth</i>	73
Gambar 4.5 Ilustrasi Dimensi <i>Forearm Length</i>	74
Gambar 4.6 Ilustrasi Dimensi <i>Forearm Girth</i>	74
Gambar 4.7 Ilustrasi Dimensi <i>Wrist Girth</i>	74
Gambar 4.8 Tampilan Microsoft Excel Template untuk Perhitungan Luas Area Kaki	75
Gambar 4.9 Ilustrasi Dimensi <i>Knee Height</i>	76
Gambar 4.10 Ilustrasi Dimensi <i>Angkle Height</i>	76
Gambar 4.11 Ilustrasi Dimensi <i>Knee Girth</i>	76
Gambar 4.12 Ilustrasi Dimensi <i>Angkle Girth</i>	76
Gambar 4.13 Tampilan Microsoft Excel Template untuk Perhitungan Luas Area Paha	77
Gambar 4.14 Ilustrasi Dimensi <i>Sideam Length</i>	78
Gambar 4.15 Ilustrasi Dimensi <i>Waistband to Buttock Height</i>	78
Gambar 4.16 Ilustrasi Dimensi <i>Thigh Girth</i>	78
Gambar 4.17 Tampilan Microsoft Excel Template untuk Perhitungan Luas Area Kepala.....	79
Gambar 4.18 Ilustrasi Dimensi <i>Head Circumference</i>	79
Gambar 4.19 Tampilan Microsoft Excel Template untuk Perhitungan Luas Area Leher.....	80
Gambar 4.20 Ilustrasi Dimensi <i>Body Height</i>	81
Gambar 4.21 Ilustrasi Dimensi <i>Neck Height Front</i>	81

Gambar 4.22 Tampilan Microsoft Excel Template untuk Perhitungan Luas Area Dada dan Pinggul	83
Gambar 4.23 Ilustrasi Dimensi <i>Waist Girth</i>	84
Gambar 4.24 Ilustrasi Dimensi <i>Armpit Width</i>	84
Gambar 4.25 Ilustrasi Dimensi <i>Neck Front to Waist</i>	84
Gambar 4.26 Ilustrasi Dimensi <i>Across Back Width Armpit Level</i>	84
Gambar 4.27 Ilustrasi Dimensi <i>Across Shoulder Over Neck</i>	84
Gambar 4.28 Ilustrasi Dimensi <i>Neck to Across Back Width</i>	85
Gambar 4.29 Ilustrasi Dimensi <i>Waist Girth</i>	85
Gambar 4.30 Ilustrasi Dimensi <i>Distance Across Back</i>	85
Gambar 4.31 Ilustrasi <i>Bust Chest Girth</i>	85
Gambar 4.32 Ilustrasi Dimensi <i>Torso Width at Waist</i>	85
Gambar 4.33 Ilustrasi Dimensi <i>Waist to Buttock</i>	86
Gambar 4.34 Ilustrasi Dimensi <i>Buttock Girth</i>	86
Gambar 4.35 Ilustrasi Dimensi <i>High Hip Girth</i>	86
Gambar 4.36 Ilustrasi Dimensi <i>Distance Waistband to Crotch</i>	86
Gambar 4.37 Ilustrasi Dimensi <i>Distance Waistband to Buttock</i>	87
Gambar 4.38 Ilustrasi Dimensi <i>Hip Girth</i>	87
Gambar 4.39 Hasil Least Square Tabung sebagai Dasar Pencarian Faktor Koreksi	95

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

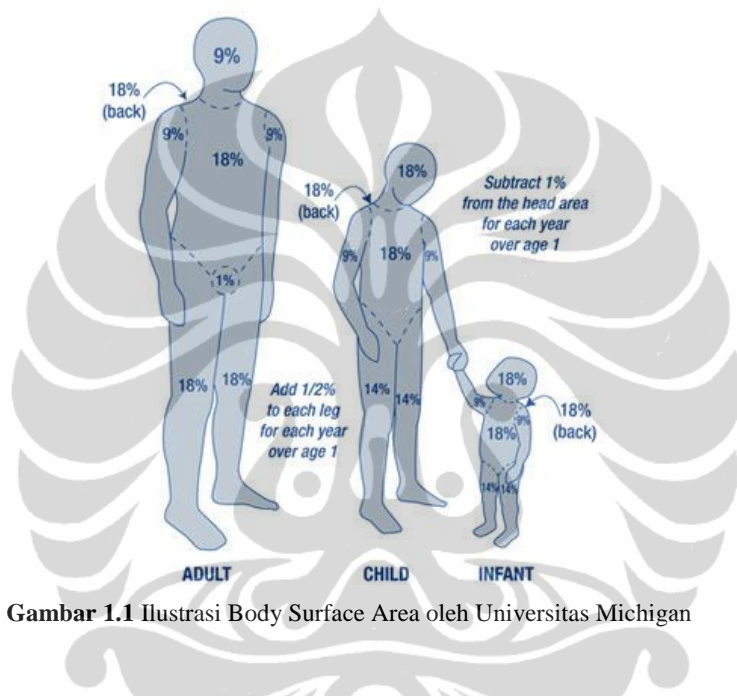
Seiring dengan perkembangan zaman, kepedulian manusia terhadap studi ergonomi semakin meningkat. Hal ini tidak terlepas dari upaya manusia untuk meningkatkan kualitas hidup manusia sebagai naluri alami yang dimiliki oleh manusia. Integrasi ergonomi dalam desain mesin, peralatan, stasiun kerja dan peralatan kerja akan memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas hidup manusia (Gradjean;1984). Kualitas yang dimaksud di sini bukan hanya berbicara masalah kesehatan fisik, namun juga mencakup produktifitas dan efisiensi tenaga yang diperlukan dalam sebuah aktivitas kerja.

Salah satu bidang ilmu ergonomi yang menjadi perhatian dalam perencanaan lingkungan kerja adalah antropometri. Antropometri adalah cabang dari ilmu ergonomi yang berkaitan dengan studi tentang pengukuran tubuh manusia, pengukuran yang dimaksud mencakup ukuran tubuh, bentuk, kekuatan dan kapasitas kerja (Pheasant;1993). Antropometri menjadi ilmu yang penting dikarenakan terdapat perbedaan ukuran tubuh yang signifikan antara ras dan suku manusia yang ada di dunia. Sehingga studi antropometri terhadap masing-masing ras menjadi perlu guna menghasilkan disain yang sesuai dalam penggunaan sehari-hari.

Dalam penggunaan data antropometri sebagai bahan pertimbangan bagi disain suatu benda, data tersebut harus merepresentasikan karakteristik dari pengguna yang akan menggunakan benda tersebut (Sanders, McCormick;1993). Sehingga apabila suatu produk atau disain akan digunakan oleh sejumlah manusia dengan karakteristik fisik yang sama seperti pada batasan suku atau negara. Data antropometri yang digunakan harus mewakili karakter fisik dari masyarakat pada negara atau suku tersebut.

Luas tubuh manusia (*Body Surface Area*) telah lama dipertimbangkan sebagai salah satu unsur penting dalam studi antropometri. BSA adalah parameter yang sangat penting dalam beberapa hal, diantaranya dalam mengetahui kualitas

fisiologi tubuh, penentuan dosis obat, estimasi dari luka bakar, dan studi dalam mekanisme transfer panas tubuh (Chi-Yuang Yu, 2009). Berbagai kegunaan dari data BSA tersebut telah membuat beberapa negara membuat proyek pendataan dan penyusunan database BSA bagi warganya. Seperti *3D Taiwanese Body Bank* di Taiwan, *Civilian American and European Surface Anthropometry Resource Project* (CAESAR) untuk warga eropa dan beberapa contoh lainnya.



Gambar 1.1 Ilustrasi Body Surface Area oleh Universitas Michigan

Database antropometri yang dimiliki oleh beberapa negara tersebut pada faktanya telah membantu dalam beberapa riset dan pengembangan industri yang berkaitan dengan ukuran tubuh manusia. Misalnya pada proses disain G-Suit atau pakaian militer yang biasa digunakan oleh penerbang pesawat tempur, dimana pada model ini gambaran realistis tentang bentuk tubuh manusia sangat dibutuhkan dalam proses perancangannya (Jones, and Rioux, 1997).

Dalam industri obat, BSA selain digunakan untuk menentukan dosis obat, utamanya pada pengobatan yang melibatkan obat dengan efek samping yang tinggi seperti kemoterapi, BSA juga digunakan untuk memperlitungkan presentasi luka bakar yang diderita oleh pasien (Chun-Yi Liao, 2007). Perhitungan ini seringkali dilakukan parsial atau per bagian tubuh yang terluka atau secara

menyeluruh bila luka bakar yang terjadi cukup parah. Hasil perhitungan ini kemudian menjadi dasar bagi penentuan besarnya jaringan pengganti yang harus diberikan kepada pasien untuk mengurangi dampak fatal dari kehilangan kulit akibat luka bakar.

Penentuan suhu ruangan juga erat kaitannya dengan pengukuran luas tubuh manusia. Dalam istilah tata udara studi yang berkaitan dengan hal ini dikenal dengan istilah *thermal comfort*. *Thermal Comfort* adalah kondisi dimana pikiran manusia merasa puas atau sesuai dengan suhu lingkungan disekitarnya (AHSRAE standar 55). Dalam praktik penentuan suhu ruangan besarnya daya yang dibebankan akan disesuaikan dengan kapasitas maksimum ruangan, dimana yang digunakan dalam perhitungan adalah luas tubuh manusia yang diasumsikan akan mengisi ruangan tersebut. Dengan mencari formulasi BSA untuk manusia Indonesia akan membantu perencanaan beban pendinginan ruangan yang lebih efisien dan akurat.

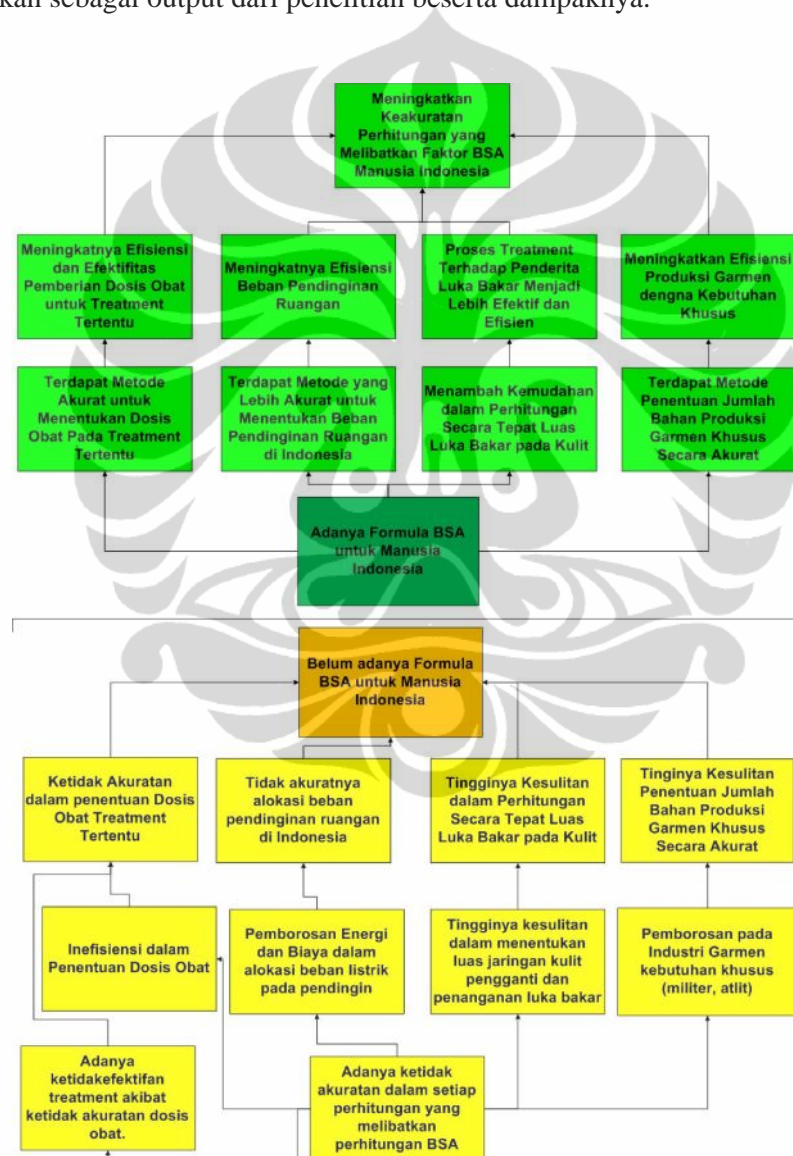
Dalam perkembangan studi yang berkaitan dengan luas tubuh manusia, telah disadari perlunya disosialisasikan perhitungan yang melakukan pendekatan luas tubuh manusia secara geometri. Bukan hanya berdasarkan hubungan empiris antara berat badan dan tinggi tubuh yang selama ini marak digunakan dalam perhitungan BSA dalam berbagai keperluan. Kepentingan ini seperti dinyatakan Haycock, bahwa formula luas tubuh manusia yang berdasar pada perbandingan tinggi dan berat tubuh semata seringkali memiliki angka kekeliruan yang cukup besar. Hal inilah yang menjadi salah satu pemicu terahirnya penelitian ini dimana dalam penelitian ini salah satu pendekatan yang digunakan adalah pendekatan interpolasi geometri.

Penelitian ini akan menghasilkan formula yang dapat mengkalkulasi luas tubuh manusia Indonesia secara akurat karena pengambilan data ukuran tubuh manusia yang digunakan untuk menyusun rumus ini akan menggunakan teknologi *3D Body Scanner* yang sanggup menghasilkan data pengukuran dengan akurasi tinggi. Dengan menggunakan studi kasus mahasiswa laki-laki di TIUI, hasil dan metode penelitian ini dapat diperluas sampel nya hingga angka yang representatif untuk menggambarkan karakteristik BSA seluruh manusia Indonesia. Penelitian ini juga dapat menjadi anak tangga bagi riset ergonomi antropometri selanjutnya

yang akan memperkaya pengetahuan kita akan antropometri tubuh manusia Indonesia.

1.2. Diagram Keterkaitan Masalah

Berikut adalah diagram yang menunjukkan keterkaitan antara permasalahan yang menjadi pemicu lahirnya penelitian hingga solusi yang ditawarkan sebagai output dari penelitian beserta dampaknya.



Gambar 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Diagram keterkaitan masalah diatas menunjukkan keterkaitan antar tiap permasalahan yang menjadi pemicu lahirnya penelitian ini. Selain itu digambarkan pula dalam diagram di atas rangkaian alur penyelesaian permasalahan yang diharapkan dapat membawa masalah sesuai konteks permasalahan yang timbul akibat belum adanya perumusan formula luas tubuh manusia Indonesia.

1.3. Rumusan Masalah

Permasalahan antropometri adalah permasalahan dimensi dari tubuh manusia yang berinteraksi dengan rancangan dari produk (objek) yang digunakan manusia (Stevenson, 1989). Terkait dengan ukuran luas tubuh manusia Indonesia maka yang dimaksud dengan permasalahan interaksi antara produk atau objek yang digunakan dengan manusia dapat mencakup hal hal seperti, penentuan dosis obat, penentuan beban pendinginan yang tepat bagi tercapainya *thermal comfort*, perancangan pakaian dengan kebutuhan akurasi tubuh yang tinggi, dan dapat juga mencakup penanganan terhadap luka bakar secara efektif. Telah jelas bahwa permasalahan ini akan membutuhkan solusi yang sanggup menjawab kebutuhan akan keakuratan data dan kemudahan penelitian untuk diperluas ruang sampel nya agar dapat berlaku untuk karakteristik manusia Indonesia yang lebih luas.

Dengan melakukan studi perbandingan serta studi literature dari berbagai disiplin ilmu, penulis akan merancang sebuah metodologi penelitian formulasi perhitungan luas tubuh manusia Indonesia dengan metode interpolasi dengan menjadikan data antropometri yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan 3D Body Scan sebagai bahan perhitungan. Adapun pemilihan sampelnya sendiri akan disesuaikan dengan batasan waktu, dan kebutuhan pengolahan data.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai oleh penelitian ini adalah tersusunnya suatu formula perhitungan luas tubuh manusia yang valid dan merepresentasikan karakteristik antropometri manusia Indonesia. Dengan studi kasus yang digunakan

terbatas pada mahasiswa jurusan Teknik Industri Universitas Indonesia diharapkan kedepan formulasi ini dapat dikembangkan *sample* nya sehingga lebih menggambarkan karakteristik antropometri manusia Indonesia.

Penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan kontribusi dalam pengembangan dunia ergonomis di Indonesia sebagai proyeksi jangka panjang penelitian. Juga dimaksudkan untuk memberikan manfaat terutama terkait dengan formula BSA yang sesuai dengan antropometri manusia terhadap para pembaca. Diharapkan kedepan penelitian ini dapat memicu lebih banyak riset multi bidang sehingga membentuk kerangka solusi yang komprehensif terhadap permasalahan perhitungan BSA manusia Indonesia.

1.5. Batasan Penelitian

Agar pelaksanaan dan hasil yang akan diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian, maka penulis melakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Data yang diambil berasal dari mahasiswa (pria) Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia pada kisaran 17-25 tahun.
2. Variabel yang diukur pada penelitian adalah variabel dimensi tubuh manusia berdasar pada 3D Body Scanner berjumlah 151 variabel sebagai dasar untuk memperoleh interpolasi luas permukaan tubuh manusia Indonesia.
3. Penelitian melalui *pilot project* yang dilakukan hanya sebagai contoh untuk memodelkan formulasi perhitungan luas tubuh manusia Indonesia dengan jumlah sampel yang terbatas. Bukan untuk menggambarkan karakteristik antropometri manusia Indonesia secara nasional.
4. Perancangan formula perhitungan luas tubuh manusia berdasarkan metode interpolasi yang disintesis atas studi literatur dengan bersumber pada data yang telah dimiliki.

1.6. Metodologi Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian secara efektif, maka seluruh kegiatan penelitian dirancang sesuai dengan alur penelitian yang utuh dan selaras. Metodologi tersebut seperti terpapar pada diagram alir penelitian yang dapat

dilihat pada gambar 1.3. Adapun penjelasan mengenai diagram alir tersebut adalah sebagai berikut:

1. Penentuan topik penelitian.

Adapun topik penelitian ini adalah mengembangkan rancangan penelitian pembuatan masterplan data antropometri 3D dan metode estimasi dimensi tubuh berdasar pada pilot project.

2. Pemahaman dasar teori .

Setelah menentukan topik penelitian, penulis mencari berbagai jurnal dan buku pegangan untuk memahami dasar teori sesuai dengan topik penelitian yang telah ditentukan. Dasar-dasar teori yang dipelajari adalah:

- Antropometri dan Studi tentang Luas Tubuh Manusia
- Permodelan Tubuh Manusia
- Prinsip Penelitian BSA Menggunakan Pemindai 3 Dimensi
- Peran teknologi *Rapid Prototyping* dalam Perkembangan Studi Perhitungan Luas Permukaan.
- Perhitungan Matematika dalam Penentuan Luas Permukaan dan Formulasinya.
- Penggunaan dan Prinsip Kerja Perangkat Lunak yang Digunakan dalam Penelitian.

3. Perancangan metodologi penelitian .

Pada tahap ini, penulis menentukan metode, peralatan, dan serangkaian prosedur penelitian sesuai dengan tujuan penelitian dan kebutuhan yang harus dipenuhi. Penentuan berbagai prosedur penelitian tersebut didasarkan pada studi perbandingan dan studi literatur terhadap penelitian yang telah berlangsung dan standar yang tersedia.

4. Studi kasus perancangan masterplan formula luas tubuh manusia Indonesia.

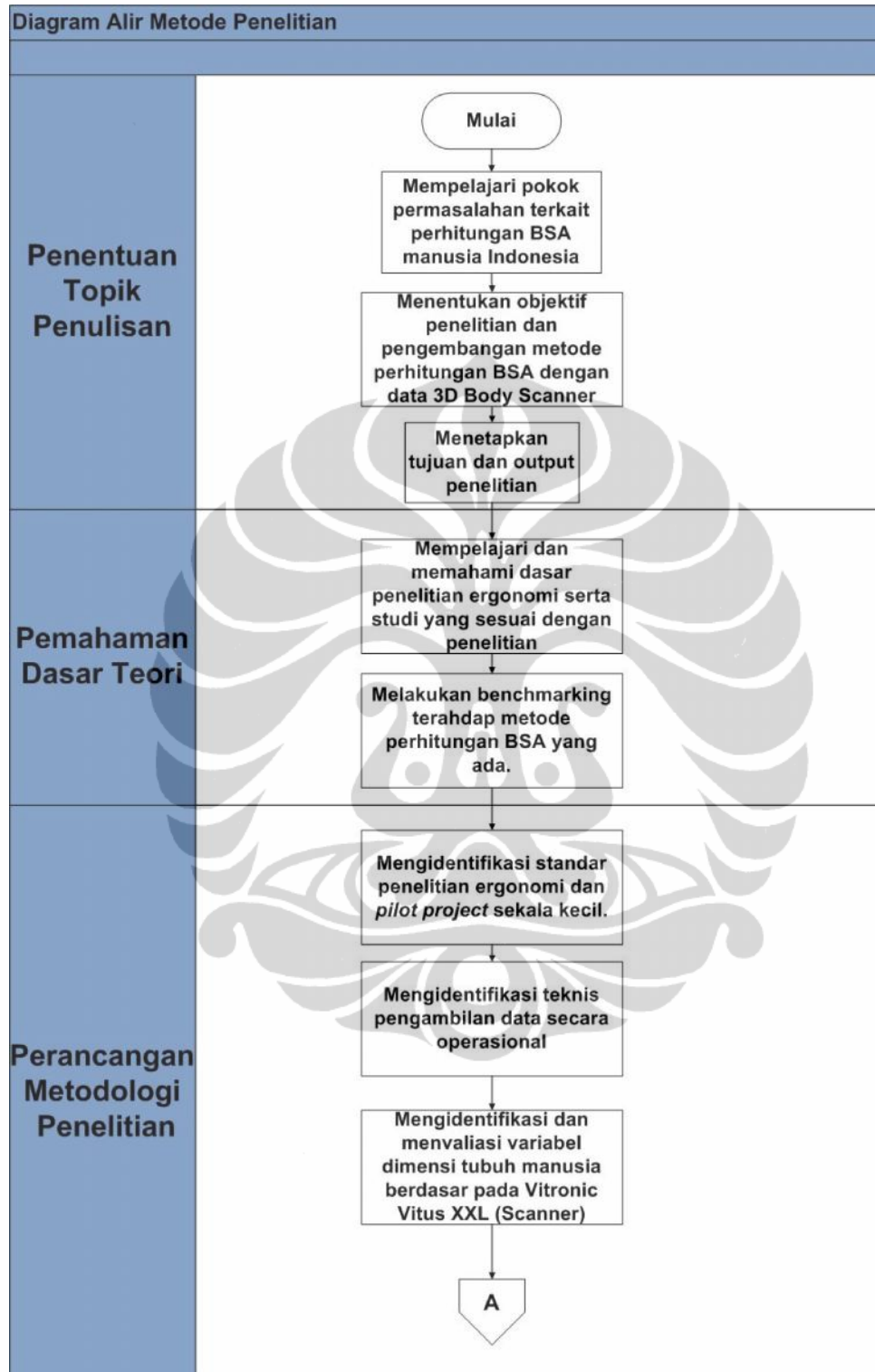
Perancangan prosedur penelitian yang telah ditentukan, selanjutnya diujikan pada studi formulasi luas tubuh manusia Indonesia yang akan menjawab kebutuhan karakteristik antropometri Manusia Indonesia. Dengan melakukan studi literatur terhadap proyek perhitungan luas tubuh manusia yang lebih sesuai dengan penduduk di beberapa negara seperti Amerika Serikat dan Taiwan, studi

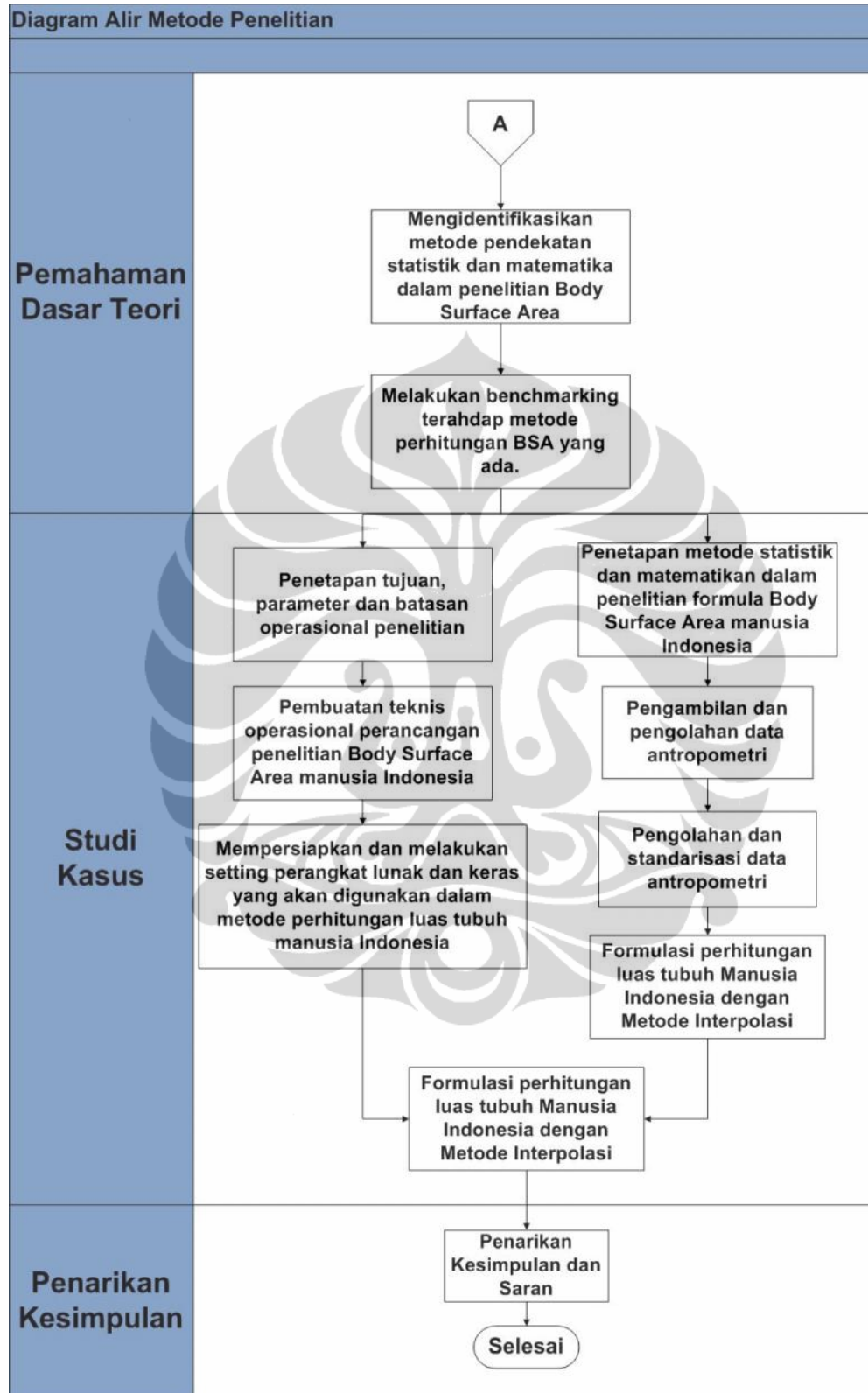
tentang formulasi luas tubuh manusia Indonesia ini akan menghasilkan *guidelines* bagi penyusunan proyek serupa di Indonesia.

5. Pengambilan kesimpulan

Pada tahap ini, penulis menarik kesimpulan dan mengajukan saran terhadap penelitian yang telah dilakukan.







Gambar 1.3 Diagram Alir Metode Penelitian

1.7. Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan penelitian ini dilakukan dengan mengikuti aturan sistematika penulisan yang baku sehingga memudahkan dalam proses penyusunannya. Laporan ini terdiri dari 5 bab dengan rincian sebagai berikut.

Bab 1 adalah bab pendahuluan. Bab ini berisikan tentang latar belakang, diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 adalah bab dasar teori. Bab ini berisikan berbagai penjelasan dan konsep dari berbagai disiplin ilmu yang akan dijadikan sebagai dasar dari penelitian. Adapun bab ini berisikan penjelasan mengenai ergonomi sebagai payung dari disiplin ilmu yang mendasari penelitian ini dan antropometri sebagai fokus penelitian. Terdapat pula tambahan mengenai berbagai metode perhitungan luas tubuh manusia yang telah umum digunakan. Selain itu juga dijelaskan mengenai metode interpolasi, karakteristik dan keunggulannya. Pada bab ini dilakukan studi perbandingan dan studi literatur dari berbagai penelitian yang telah dilakukan. Melalui studi perbandingan dan referensi dari berbagai standar yang ada, maka dirancanglah sebuah metode penelitian dan standar metodologi kerja.

Bab 3 adalah bab pengumpulan data perancangan metode penelitian. Pada bab ini akan dibahas berbagai data yang dikumpulkan selama penelitian berlangsung, seperti data antropometri, data mahasiswa Teknik Industri, serta proses pengolahan data menggunakan software Vitus Vitronic XXL.

Bab 4 adalah bab analisis. Bab ini berisikan analisa dari rancangan metode penelitian yang telah dibuat dan penjelasan serta analisa dari model formulasi perhitungan luas tubuh manusia Indonesia dengan metode Interpolasi. Studi statistic dan matematika digunakan untuk menguji kelayakan metode penelitian terhadap pembuatan model estimasi luas tubuh manusia.

Bab 5 merupakan kesimpulan dan saran dari keseluruhan penelitian ini. Kesimpulan yang diambil meliputi rancangan penelitian secara garis besar dan hasil studi kasus sesuai dengan tujuan penelitian ini. Penulis juga mengajukan saran terkait dengan rancangan penelitian dan pembuatan masterplan data antropometri Indonesia yang dijadikan sebagai studi kasus.

BAB II

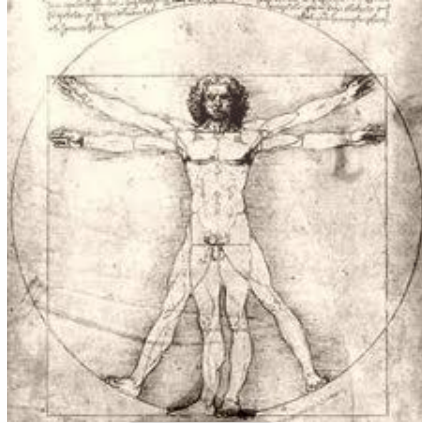
DASAR TEORI

2.1. Ergonomi, Antropometri dan Studi tentang Luas Tubuh Manusia

Ergonomi adalah sebuah bidang studi multidisiplin dimana didalamnya terlibat berbagai rumpun ilmu mencakup teknik rekayasa, matematika, ilmu anatomi, antropometri, psikologi dan biomekanik. Dalam kaitannya dengan kegiatan manusia sehari-hari studi tentang ergonomi berkaitan erat dengan proses disain suatu pekerjaan, alat, dan tentu saja lingkungan kerja (Roth, 2000). Sebagai bidang ilmu yang sangat bersinggungan dengan manusia, ergonomi memegang peranan yang penting dalam menjaga tidak hanya keamanan kerja namun juga kenyamanan dan produktifitas.

2.1.1. Antropometri dalam Ergonomi

Seperti telah disebutkan diatas, salah satu bagian dari disiplin ilmu dalam rumpun ergonomi adalah studi antropometri. Istilah antropometri secara etimologis berasal dari bahasa Yunani, yaitu antropos berarti manusia, dan metron berarti ukuran, sehingga antropometri merupakan studi tentang ukuran tubuh manusia. Pengertian antropometri menurut Stevenson (1989) dan Eko Nurmianto (1991) adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Antropometri secara luas digunakan sebagai pertimbangan perancangan (desain) produk maupun sistem kerja yang berinteraksi dengan manusia agar tercipta hasil perancangan yang ergonomis.



Gambar 2.1 The Vitruvian Man, Ikon Klasik dalam Studi Antropometri

Ada dua kategori data antropometri dalam kaitannya dengan posisi tubuh dikenal 2 cara pengukuran, yaitu :

- Pengukuran dimensi struktur tubuh (structural body dimension)

Tubuh diukur dalam berbagai posisi standard dan tidak bergerak (statis). Istilah lain dari pengukuran tubuh ini adalah “static anthropometry”. Ukuran dalam hal ini diambil dengan persentil tertentu seperti persentil 5 dan 95.

- Pengukuran dimensi fungsional tubuh (functional body dimensions)

Pengukuran dilakukan terhadap posisi tubuh pada saat melakukan gerakan tertentu yang berkaitan dengan perancangan dari kegiatan yang diteliti. Cara pengukuran semacam ini akan menghasilkan data “dynamic anthropometry”. Antropometri dalam posisi tubuh melaksanakan fungsinya yang dinamis akan banyak diaplikasikan dalam proses perancangan fasilitas maupun ruang kerja

Dalam praktiknya, dimensi struktur tubuh seringkali diasumsikan berbanding lurus dengan dimensi fungsional tubuh. Dalam kaitannya dengan luas tubuh manusia misalnya, kemampuan fungsional tubuh untuk melepaskan panas ke udara sekitar salah satunya diasumsikan sesuai dengan luas tubuh manusia tersebut (*ASHRAE Fundamental Handbook*).

Karena antropometri merupakan studi yang berkaitan erat dengan proporsi tubuh, maka dapat dikatakan studi antropometri harus dilaksanakan oleh setiap bangsa. Sebab perbedaan suku bangsa dapat diikuti dengan perbedaan signifikan baik dari segi dimensi struktur maupun fungsional tubuh. Dengan demikian untuk dapat mendisain peralatan, lingkungan kerja maupun beban penugasan, harus

dilakukan studi ergonomi yang spesifik. Dan mampu menjawab kebutuhan karakteristik antropometri penggunaanya.

2.1.2. Perkembangan Studi tentang Perhitungan Luas Tubuh Manusia

Perhitungan luas tubuh manusia, telah menjadi perhatian berbagai ahli dari berbagai disiplin ilmu selama bertahun-tahun. Dengan berbagai motif dan pendekatan, manusia telah sejak lama memulai mencoba merumuskan formula untuk menghitung luas tubuh manusia. Pada tahun 1879 misalnya, Mech seorang peneliti mencatatkan bahwa dia telah berhasil mengukur luas permukaan tubuh enam orang dewasa dan sepuluh anak-anak dengan berbagai metode. Metode yang digunakan diantaranya dengan memberikan pola geometri tertentu pada tubuh yang sedang diukur luasnya. Pola geometri ini kemudian dipindahkan keatas kertas tipis yang transparan untuk kemudian diukur luasnya dengan perhitungan berat dari potongan-potongan kertas yang tidak beraturan.



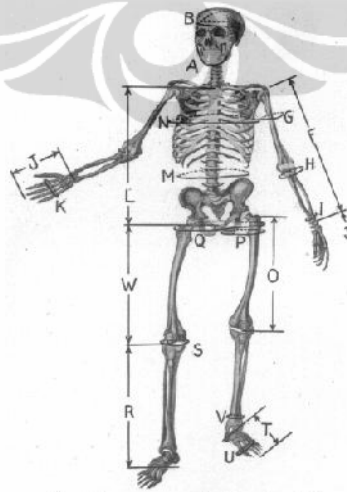
Gambar 2.2 Salahsatu Responden Riset Du Bois dengan Molding Tubuhnya

Terdapat juga Funke, peneliti yang melapisi tubuh manusia yang diukur luas tubuhnya dengan sejenis material perekat untuk kemudian ditempeli dengan kertas-kertas yang berbentuk persegi, dimana kemudia kertas-kertas inilah yang dijadikan acuan untuk menghitung luas tubuh manusia tersebut. (Du Bois, 1916)

Dalam periode riset waktu tersebut juga telah dikenal pendekatan luas tubuh manusia yang melibatkan perhitungan berat tubuh seperti yang dipopulerkan oleh Meeh. Dimana dia memformulasikan bahwa ada keterkaitan antaran tinggi badan (L) lingkar dada (U), dan berat badan sebagai faktor dominan dalam penentuan luas tubuh manusia.

Pada saat itu, gagasan untuk melakukan perhitungan luas tubuh manusia dengan pendekatan geometri salah satunya diprakarsai oleh Du Bois. Dimana dia menyatakan bahwa, tidak akan ada formula perhitungan luas tubuh manusia yang akurat jika masih didasarkan pada berat badan semata. Sebab perbedaan atau ketidaknormalan pada struktur tubuh dapat menyebabkan perbedaan pengaruh dari penambahan berat badan terhadap penambahan luas permukaan tubuh (Du Bois, 1916). Du Bois berpendapat adalah cara paling akurat untuk menghitung luas tubuh manusia adalah dengan mengalikan panjang suatu bidang dengan lebarnya, atau dengan kata lain dengan pendekatan geometri.

Dengan teknik molding, yang dilakukan pada responden risetnya Du Bois telah berhasil melaksanakan riset yang terbilang memberikan terobosan pada dunia riset luas tubuh manusia. Meski melibatkan beberapa responden yang tidak ideal secara fisik, formulasi Du Bois terhadap perhitungan luas tubuh manusia diterima secara luas dan dipergunakan dalam berbagai keperluan riset hingga saat ini.



Gambar 2.3 Beberapa Ukuran Tubuh Manusia yang Diperhatikan dalam Perhitungan Du Bois

Dalam studi lanjutan yang dilakukan oleh Du Bois sendiri, pada akhirnya dia mengemukakan bahwa diperlukan suatu formula yang dapat digunakan secara

ringkas. Sehingga tidak menyebabkan kesulitan dalam perhitungan luas tubuh manusia. Setelah melakukan perbandingan empirik antara tinggi badan dan berat badan dari respondend riset nya. Du Bois pada 1916 mempublikasikan formula luas tubuh manusia yang hingga sekarang masih dipakai dengan formulasi sebagai berikut:

$$BSA (m^2) = 0.007184 \times \text{Tinggi Badan (cm)}^{0.725} \times \text{Berat Badan(kg)}^{0.425}$$

Pada akhirnya bentuk formulasi ini dianggap representatif dalam menjawab kebutuhan akan perhitungan luas tubuh manusia. Sehingga beberapa ilmuwan yang memfokuskan riset pada perhitungan luas tubuh manusia menggunakan kerangka riset yang sama seperti Du Bois. Dengan melakukan berbagai perbaikan dalam hal metode dan pengambilan sampel.

Beberapa formula yang sering digunakan dalam berbagai keperluan BSA hingga saat ini diantaranya:

- Monsteller (1908):
 - $BSA (m^2) = ([\text{Tinggi Badan (cm)} \times \text{Berat Badan(kg)}] / 3600)^{1/2}$
- Haycock (1978):
 - $BSA (m^2) = 0.024265 \times \text{Height(cm)}^{0.3964} \times \text{Weight(kg)}^{0.5378}$
- Gehan and George (1970):
 - $BSA (m^2) = 0.024265 \times \text{Height(cm)}^{0.3964} \times \text{Weight(kg)}^{0.5378}$

2.1.3. Aplikasi Riset Perhitungan Luas Tubuh Manusia

Hingga saat ini *BSA (Body Surface Area)* telah digunakan dalam berbagai aplikasi teknologi dan industri. Mulai dari kesehatan, militer, olahraga. Diantara penggunaan tersebut adalah sebagai berikut (Jones & Rioux, 1997):

- a. Dalam dunia medis.
 - Deteksi dini terhadap kelainan pertumbuhan tubuh (*body deformity*)
 - Membantu deteksi glaucoma. (Takamoto & Schwartz, 1985)
 - Membantu deteksi kelainan pada pertumbuhan gigi / rahang.
 - Proses permodelan tiga dimensi dari permukaan tubuh telah dimanfaatkan dalam dunia bedah.
 - Meningkatkan efisiensi dan efektifitas manajemen obat, dengan memberikan perhitungan dosis obat yang semakin akurat.
- b. Dalam bisnis.

- Membantu mengenali ciri antropologi dari suatu populasi.
 - Membantu mencapai tingkat yang lebih baik dalam disain berbagai macam hal seperti helm keselamatan, kacamata, sarung tangan pakaian dan lain-lain
- c. Meningkatkan pemahaman tentang ilmu bentuk tubuh manusia (*human morphology*) yang sangat signifikan untuk mengantisipasi secara dini persebaran penyakit.
 - d. Membantu menganalisis pergerakan manusia yang dapat digunakan sebagai media untuk mendisain beban dan sistem kerja yang lebih baik.
 - e. Masih banyak lagi sumbangsih yang dapat diberikan dari penelitian dalam hal *Body Surface Area* ini di berbagai ranah seperti forensik, animasi, olahraga, antropologi dan lain lain.

2.2. Permodelan dan Interpolasi Bentuk Tubuh Manusia

Dalam berbagai studi kita mengenal bahwa model adalah suatu bentuk simplifikasi dari sistem di dunia nyata yang dibuat untuk memudahkan manusia mempelajarinya tanpa harus dilakukan intervensi terhadap sistem yang sedang berjalan. Dalam dunia antropometri sendiri, permodelan terhadap manusia telah banyak digunakan. Terutama untuk hal-hal yang sulit untuk diteliti karena keterbatasan manusia.

Haycock dalam merumuskan formula BSA yang digagas nya pun melakukan permodelan terhadap bentuk tubuh manusia, dimana beberapa bagian tubuh diasosiasikan dengan bentuk geometric sederhana agar dapat dianalisis. Hal tersebut dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini

Table 1. Measurements taken for calculation of body surface area and volume

<i>Body part</i>	<i>Length</i>	<i>Circumference</i>	<i>Analogue*</i>
Head	—	Occipitofrontal	1
Neck	Angle of mandible— sternomanubrial joint	Midpoint	2
Trunk	Sternomanubrial joint— intertrochanteric line	Mean of nipple, umbilical, and intertrochan- teric	3
Upper arm	Acromion—olecranon	Midpoint	2
Lower arm	Olecranon—tip of 4th metacarpal	Midpoint	2
Index finger	Tip of 2nd metacarpal— fingertip	Middle phalanx	3
Thigh	Greater trochanter— head of fibula	Midpoint	2
Lower leg	Head of fibula— lateral malleolus	Mean of calf and ankle	2
Foot	Calcaneum—tip of 4th toe	Midpoint	3

*Each section of the body was taken to correspond to one of the following geometric analogues for the purpose of surface area calculation: (1) a sphere minus the cross-sectional area of the neck; (2) a cylinder of which only the curved surface is interpreted as contributing to body surface area, both ends being in contact with adjacent segments; and (3) a cylinder of which the curved surface and the area of one end are incorporated. Some of the measurements, particularly of circumference, may appear arbitrary; however, preliminary trials indicated that they agree well with more elaborate methods involving multiple measures of each component. The area of one index finger, multiplied by ten, agrees closely with the sum of ten individual finger and thumb measurements. Measurements were taken with a nonelastic tape measure with the subject erect or supine, knees, and elbows straight.

Gambar 2.4 Contoh Analogi yang dilakukan Haycock terhadap Bentuk Tubuh Manusia

Dalam keterangan dari jurnal ilmiah yang dituangkan oleh Haycock di atas terlihat bahwa dalam proses perhitungan luas tubuh manusia peneliti terlebih dahulu menganalogkan beberapa bentuk tubuh kedalam bentuk primitif geometri yang lebih sederhana. Seperti selimut tabung, kerucut terpotong, bola dan lain lain.

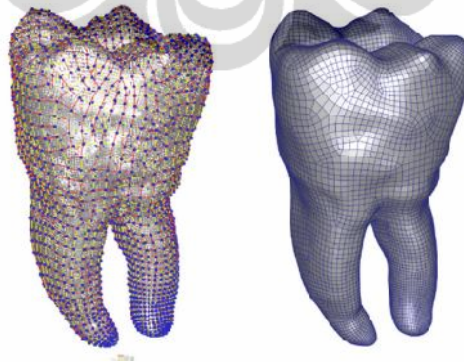
Dalam konsep permodelan modern, permodelan manusia pun berkembang dengan pesat. Beberapa studi yang diarahkan untuk membantu studi yang berkaitan dengan perhitungan luas tubuh manusia. Sebab dengan perkembangan teknologi yang ada, kemungkinan untuk meningkatkan akurasi perhitungan luas tubuh manusia terbuka lebar, dan hal itu berarti adalah kesempatan besar untuk meningkatkan kualitas hidup manusia dalam berbagai aspek kehidupan.

Dalam setiap tindakan yang berkaitan dengan permodelan, interpolasi merupakan suatu aktivitas yang tidak dapat dipisahkan. Interpolasi adalah proses

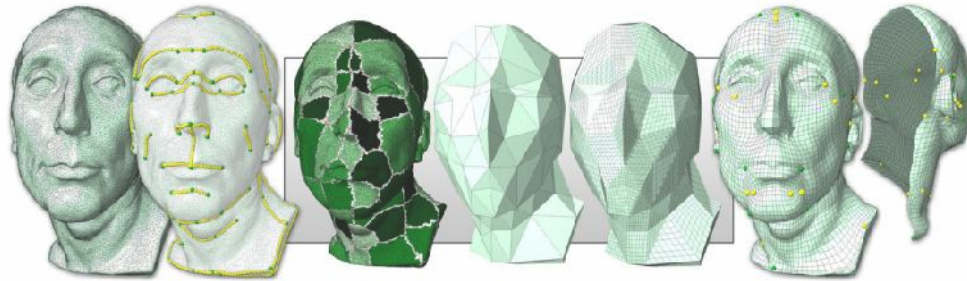
untuk mendefinisikan sebuah fungsi yang akan mengisi atau melewati suatu nilai tertentu pada titik tertentu (Fritsch and Carlson, 1980). Pada umumnya proses ini digunakan untuk membantu pendefinisian suatu fungsi dengan memberikan fungsi alternatif yang mendekati fungsi yang sebenarnya.

Dalam hal permodelan perbedaan dalam modeling sudah menjadi permasalahan yang sangat jamak. Perbedaan filosofi antara bahasa pemrograman satu dengan yang lain dan perbedaan basis modeling telah lama menjadi sumber permasalahan dalam proses komunikasi antar model (Stroud, 2000). Permasalahan ini bisa menjadi fatal manakala data yang dikomunikasikan menyangkut keselamatan manusia, atau disain sebuah fasilitas yang penting. Sebagai contoh adalah permodelan yang menyangkut grafik seperti yang lazim digunakan pada proses *rapid prototyping*. Untuk itulah disepakati bentuk dasar dari komunikasi data *rapid prototyping* dengan nama STL. Dikenal sebagai *standard transform language* atau juga *stereolytography*.

Dengan meluasnya penggunaan teknologi *3D Scan* dalam studi tentang antropometri, maka sangat dimungkinkan juga analisis data dengan format .stl dapat memberikan ruang bagi pengembangan studi antropometri yang lebih maju. Dengan adanya pengembangan ini, manusia dapat dimodelkan dengan semakin detail. Jikalau dulu simplifikasi bentuk tubuh manusia hanya sebatas pada bentuk-bentuk geometri sederhana yang berukuran besar, sekarang manusia dapat dipetakan menjadi kumpulan bangun-bangun ruang kecil.



Gambar 2.5 Contoh Penggunaan Data dengan Format .stl



Gambar 2.6 Contoh Aproksimasi dan Interpolasi Bentuk (Daniels, 2011)

2.3. Penelitian Berbasis Data Antropometri

Seperti telah diungkapkan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk menyusun sebuah formula luas tubuh manusia (*Body Surface Area*) berdasarkan *database* antropometri manusia Indonesia. Maka, untuk dapat menghasilkan formula yang *representative* terhadap karakteristik antropometri manusia Indonesia dibutuhkan dukungan data antropometri yang terpercaya dan dalam jumlah yang cukup. Pelibatan subjek yang tidak normal dalam perhitungan *body surface area* dapat menimbulkan pertanyaan terhadap keabsahan formula yang dihasilkan (Chi-Yuang Yu, 2009). Untuk itu diperlukan sumber data antropometri yang memenuhi nilai nilai ergo disain dalam pengumpulan data dan analisisnya.

Pendekatan ergodesain merupakan sebuah pendekatan makro ergonomi yang memiliki tujuan untuk menyelaraskan fungsi manusia dan sistem secara simultan bersama-sama dengan konseptualisasi desain dan pengembangannya. Ergodesain merupakan sebuah pendekatan yang penting dalam menunjang implementasi ergonomi dalam proses desain dan pengembangan produk, perlengkapan, dan sistem (Yap et al, 1997).

Dalam pelaksanaannya, terdapat berbagai standar yang dapat diikuti dalam pelaksanaan penelitian berbasis antropometri. Standar tersebut ada yang berlaku secara lokal atau hanya di suatu wilayah dan negara tertentu, serta berlaku internasional. The International Standards Organization (ISO) telah membuat standarisasi yang diperlukan, antara lain:

- *ISO 15535:2006 (General requirements for establishing anthropometric database) 21*

- *ISO 7250:1996 (Basic human body measurements for technological design)*
- *ISO 8559:1989 (Garment construction and anthropometric surveys – body dimensions)*

Telah terdapat berbagai database antropometri nasional yang dibuat oleh berbagai negara di dunia. Pelaksanaan pembuatan database tersebut mengikuti berbagai kaidah, yang tentunya akan mempengaruhi hasil akhir dari pembuatan database itu sendiri. Berbagai perbedaan yang terdapat dalam database yang ada meliputi tahun pengambilan data, jumlah pengukuran, jenis pengukuran, target populasi, dan sebagainya. Untuk menstandarkan metode pembuatan database antropometri tersebut, diperlukan adanya kontrol kualitas.

Kontrol kualitas dalam perancangan metode pembuatan database antropometri meliputi validitasi, komparasi, dan akurasi (Kouchi and Mochimaru, 2006). Penjelasan ketiga kontrol tersebut antara lain adalah:

1. Validasi

Validasi digunakan untuk menjawab pertanyaan: “apakah subyek penelitian dalam pembuatan database antropometri ini dapat menggambarkan populasi secara keseluruhan?”. Dalam pengontrolan validasi, terdapat beberapa hal yang dijadikan tinjauan utama, antara lain:

- a. Pengambilan sampel
 - Metode pengambilan sampel
- b. Deskripsi dari subyek populasi
 - Lokasi pengambilan data
 - Tahun pengambilan data
 - Jumlah subyek berdasarkan jenis kelamin dan kelompok umur
 - Spesifikasi lain yang diperlukan
- c. Perubahan sekuler
 - Tingkat perubahan ukuran berdasarkan waktu

2. Komparasi

Komparasi digunakan untuk pengukuran cara yang dilakukan dalam pembuatan database antropometri lainnya. Kontrol ini dilakukan untuk memastikan bahwa database antropometri yang dihasilkan sesuai dengan standar dan dapat digunakan secara internasional. Dalam pengontrolan komparasi, terdapat beberapa hal yang dijadikan sebagai tinjauan, antara lain:

- a. Penggunaan landmark
- b. Penggunaan definisi untuk menjelaskan ukuran tertentu

- c. Postur yang digunakan
- d. Peralatan yang digunakan
- e. Pakaian yang digunakan

3. Akurasi

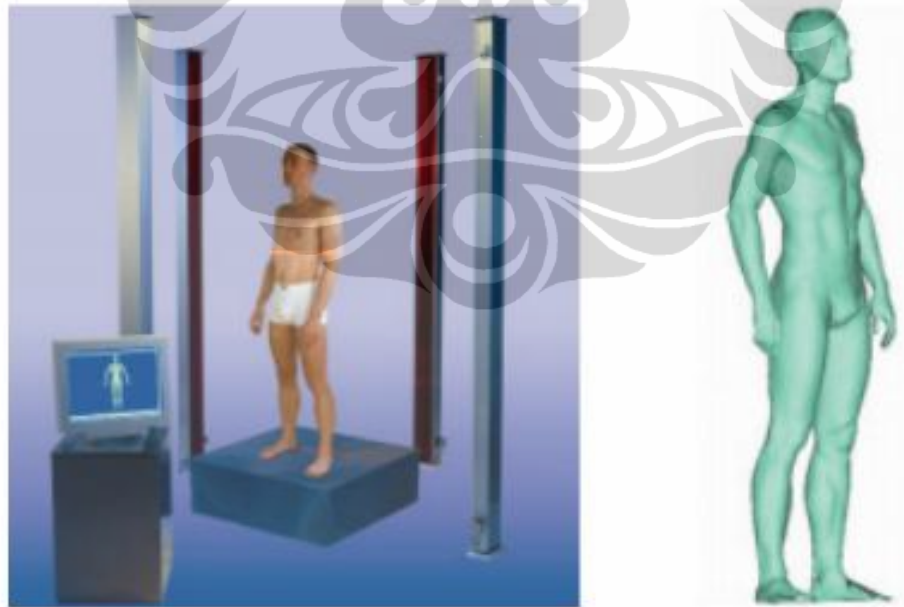
Akurasi digunakan untuk menjawab pertanyaan: “seberapa benar dan akurat pengukuran yang dilakukan?”. Akurasi ini dapat dibedakan ke dalam tiga proses, yaitu sebelum pengukuran, pada saat pengukuran, dan setelah pengukuran.

- a. Sebelum pengukuran
 - Pelatihan dari operator dan pihak yang terlibat
 - Perbandingan dari data antropometri digital dan manual
- b. Selama pengukuran
 - Pengulangan Pengukuran
- c. Setelah pengukuran
 - Pengubahan data untuk menghilangkan outlier yang disebabkan karena kesalahan.

2.4. Pemindai Tiga Dimensi *Vitus Vitronic XXL*

Alat utama yang akan digunakan pada proyek pengumpulan data antropometri penduduk Indonesia sebagai bahan perhitungan dari proses penyusunan formula perhitungan luas tubuh manusia ini adalah 3D Body Scanner atau yang disebut juga dengan Anthroscan. Fungsi dari empat buah laser yang dimilikinya memungkinkan terjadinya proses pengambilan data secara cepat dan akurat. Jenis alat pemindai yang digunakan adalah Vitus Vitronic XXL Body Scanner. Body scanner Vitus Vitronic XXL merupakan pemindai tubuh generasi terbaru yang telah memenuhi standar ISO 20685. Sistem kerja ini juga dapat melakukan berbagai pengukuran penting sesuai dengan ISO 7250 dan ISO 8559.

Pemindai tiga dimensi ini melakukan pengukuran tanpa kontak langsung dengan subjek yang diukur, dan dapat mendefinisikan 151 ukuran tubuh manusia dalam waktu singkat (10 - 12 detik). Hasil pemindaian berupa bentuk tiga dimensi dari subjek yang diukur, lengkap dengan ukuran – ukurannya. Hasil pengukuran akan langsung terintegrasi dengan computer user, dan dapat diolah secara statistik dengan sendirinya.



Gambar 2.7 Vitus Vitronic XXL

Sistem kerja utuh dari 3D Body scanner memungkinkan dilakukannya pemindaian tubuh manusia secara 3D, untuk mendapatkan ukuran tubuh, berat,

informasi personal, serta dapat digunakan untuk menyimpan dan menganalisa data yang diperoleh.

2.4.1. Timbangan

Sebuah timbangan dapat pula diintegrasikan ke dalam sistem kerja, agar berat dari subyek penelitian dapat diketahui selama proses pemindaian berlangsung. Berat (kg) tersebut kemudian disimpan bersama-sama dengan data pengukuran lainnya dari subyek penelitian yang dipindai.



Gambar 2.8 Platform Timbangan

2.4.2. Kursi Pemindai

Alat pemindai 3D ini juga dilengkapi dengan sebuah kursi duduk. Kursi itu dapat diposisikan di wilayah pemindaian sebagai alat bantu untuk mendapatkan postur duduk subyek penelitian. Selain itu, kursi tersebut dapat diposisikan di area pemindaian untuk mendapatkan postur berdiri.



Gambar 2.9 Kursi Pemindai

2.4.3. Perangkat Lunak Anthroscan

Anthroscan merupakan sebuah piranti yang digunakan untuk mengontrol perangkat keras pemindai dan memproses kegiatan pemindaian yang berlangsung. Anthroscan memungkinkan dilakukannya pengukuran tubuh dengan tiga cara:

A. Interaktif

- Pengukuran : Apa saja, dapat meliputi jarak, lingkaran dan sudut
- Postur : Apa saja

B. Otomatis

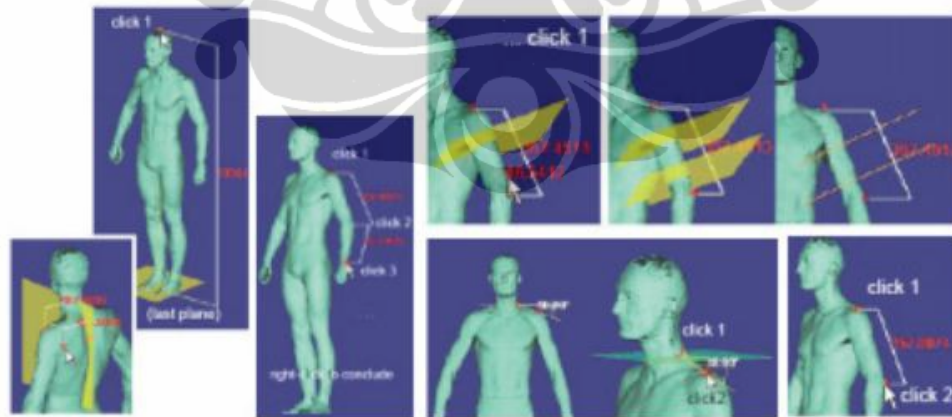
- Pengukuran : Berdasarkan standar yang telah disediakan
- Postur : Berdasarkan standar penggunaan alat

C. Semi-otomatis

- Pengukuran : Apa saja, ditentukan sebelumnya oleh pengguna.
- Postur: Apa saja, ditentukan sebelumnya oleh pengguna.

2.4.4. Pengukuran Tubuh dengan Antroscan

Pengukuran tubuh secara interaktif dilakukan ketika telah terdapat visualisasi hasil pemindaian. Berbagai ukuran tubuh dapat diperoleh (dengan jumlah yang tidak terbatas) dengan menggunakan cara ini.

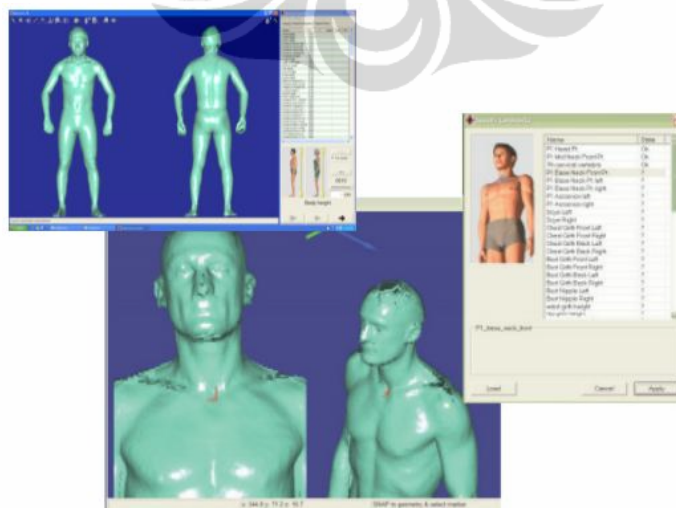


Gambar 2.10 Pengukuran Tubuh Interaktif



Gambar 2.11 Postur Pemindaian Standar

Anthroscan dapat diubah sesuai dengan keinginan penggunanya. Setiap dimensi tubuh merupakan fungsi dari postur dan aturan pengukuran yang didefinisikan. Sebagai contoh: ukuran tinggi tubuh akan bervariasi sesuai dengan postur yang digunakan. Tinggi tubuh pada posisi berdiri tentunya akan berbeda dengan tinggi tubuh pada posisi duduk. Dengan demikian, aturan pengukuran dapat diubah sesuai dengan skenario dan keinginan dari penggunanya. Dalam hal ini pengguna harus terlebih dahulu mendefinisikan sebuah ukuran, sehingga proses pemindaian dapat berlangsung dengan baik.



Gambar 2.12 Identifikasi Lanmark

2.4.5. Personal Data pada Anthroscan

Informasi pribadi juga dapat disimpan dengan menggunakan Anthroscan. Anthroscan menyajikan sebuah fitur untuk memasukkan data pribadi yang bersesuaian dengan hasil pemindaian. Data ini selanjutnya akan disimpan bersama-sama dengan hasil pemindaian 3D. Masukan mengenai data pribadi yang dibutuhkan dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan pengguna, melalui sebuah file XML. Contoh data pribadi adalah: nama, umur, latar belakang etnis, profesi, penghasilan, dan lain sebagainya.

2.5. Database

Database Antropometri Anthroscan merupakan sebuah aplikasi yang dapat mengolah data dari sejumlah besar kelompok manusia. Aplikasi ini sangat berguna bagi survei antropometri, baik untuk skenario ergonomi maupun untuk survei ukuran pakaian. Database Anthroscan ini adalah media penyimpanan berbagai data antropometri hasil pemindaian. Dengan menggunakan aplikasi ini dapat juga dilakukan proses analisa terhadap keseluruhan data antropometri yang ada.

Pada database ini terdapat fitur seleksi (filter), sehingga memungkinkan dilaksanakannya pengelompokkan data antropometri berdasarkan spesifikasi yang diinginkan (misalnya: ukuran, lokasi pemindaian, tanggal pemindaian, data sosial demografis, dan sebagainya).

Selanjutnya, setelah kelompok populasi tertentu dipilih dan disesuaikan dengan kebutuhan seleksi yang diinginkan, maka data antropometri yang diperoleh dapat dianalisa, misalnya korelasi antara pengukuran tubuh dan distribusi pengukuran.

2.5.1. Postur Data Antropometri

Postur tubuh objek yang akan diambil data antropometrinya menentukan data yang dapat diperoleh. Jenis-jenis postur tubuh yang dilakukan dibedakan berdasarkan tujuan pengambilan data. Apabila didasarkan kembali pada tujuan pengambilan data antropometri 3D penduduk Indonesia yaitu untuk membuat

desain berbasis ergonomi, maka postur tubuh yang dibutuhkan dapat didasarkan kepada ISO, antara lain:

1. ISO 7250 (desain berbasis ergonomi – technical ergonomics)
2. ISO 8559 (desain pakaian – apparel industry)

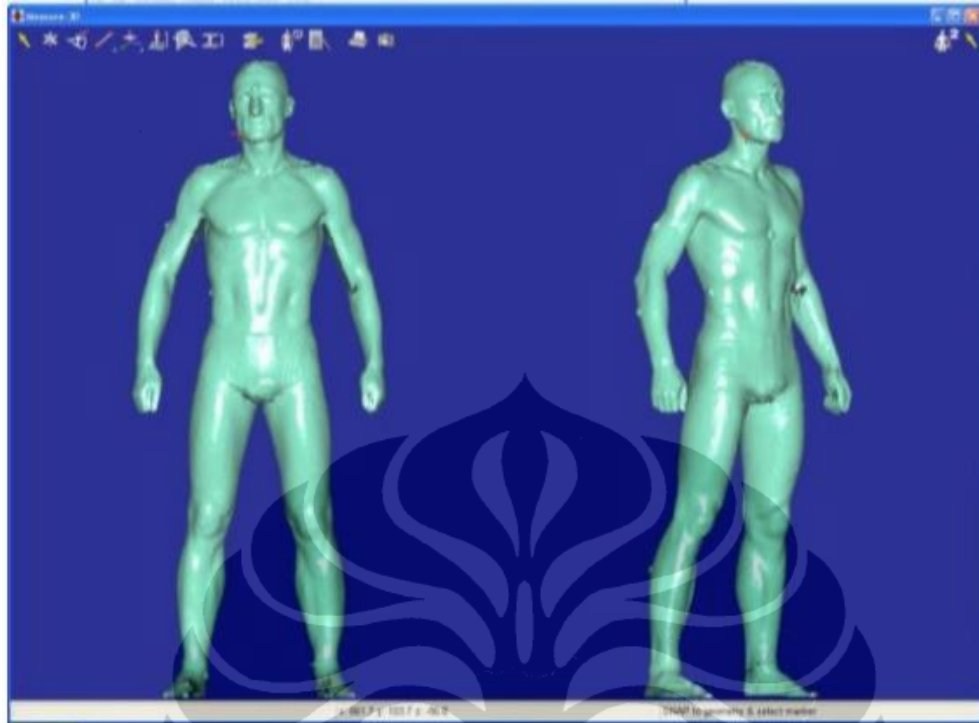
Berdasarkan kedua ISO tersebut, maka terdapat 4 postur tubuh yang harus dilakukan, terdiri dari 3 postur berdiri dan 1 postur duduk. (Wirsching, 2009)



Gambar 2.13 Postur Pengambilan Data

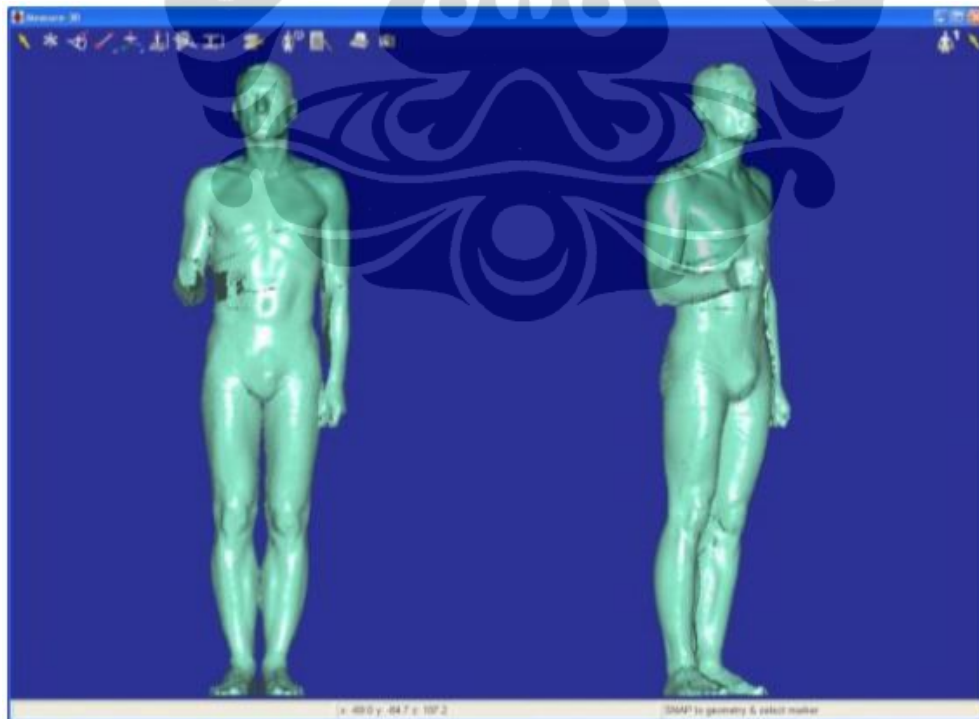
2.5.2. Penggunaan Alat Bantu Pemindai

Dalam melakukan ekstraksi data antropometri 3D, terdapat dua hal penting yang harus dipertimbangkan, antara lain mengenai identifikasi landmark dan standard pengukuran data antropometri itu sendiri. Untuk mendapatkan data ukuran secara efisien, standard yang tepat harus digunakan untuk menspesifikasi bagian tubuh yang hendak diukur (Blackwell et al, 2002). Berikut ini standard pengukuran yang dapat diterapkan pada Vitus Vitronic XXL:



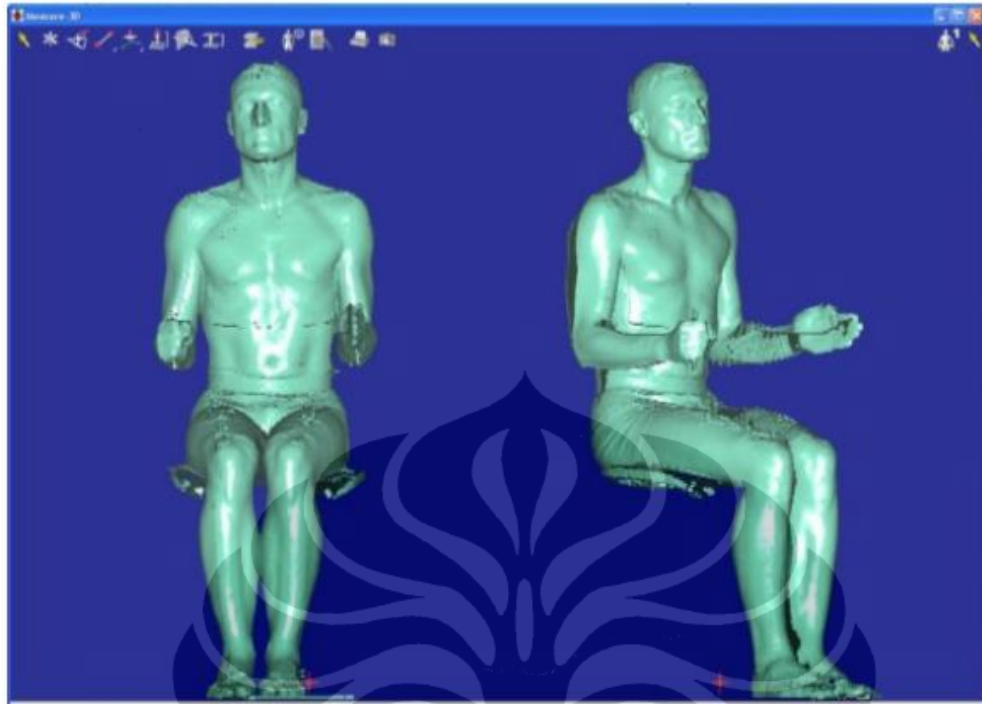
Gambar 2.14 RAMSIS dengan Landmark

Sumber: Vitus Vitronic XXL



Gambar 2.15 ISO 7250 Standing

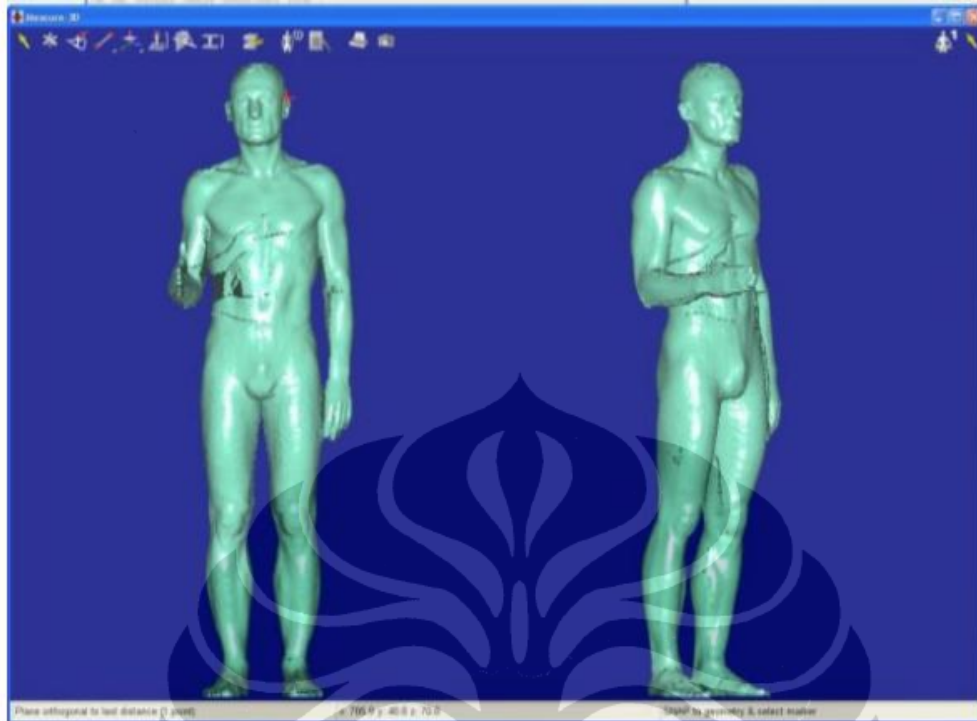
Sumber: Vitus Vitronic XXL



Gambar 2.16 ISO 7250 Sitting
 Sumber: Vitus Vitronic XXL



Gambar 2.17 ISO 8559 P1
 Sumber: Vitus Vitronic XXL



Gambar 2.18 ISO 8559 P2
Sumber: Vitus Vitronic XXL



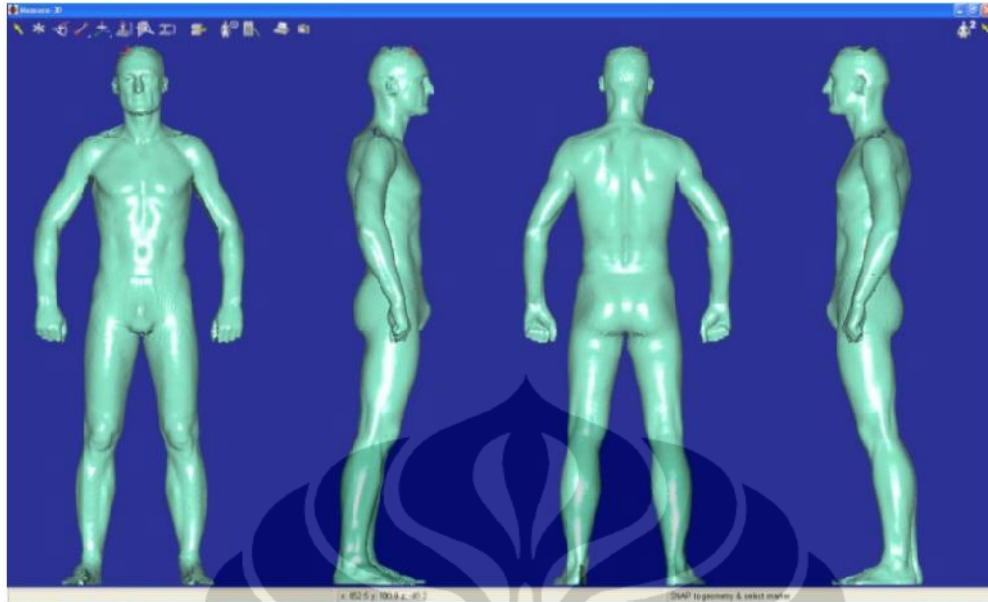
Gambar 2.19 ISO 8559 P3
Sumber: Vitus Vitronic XXL



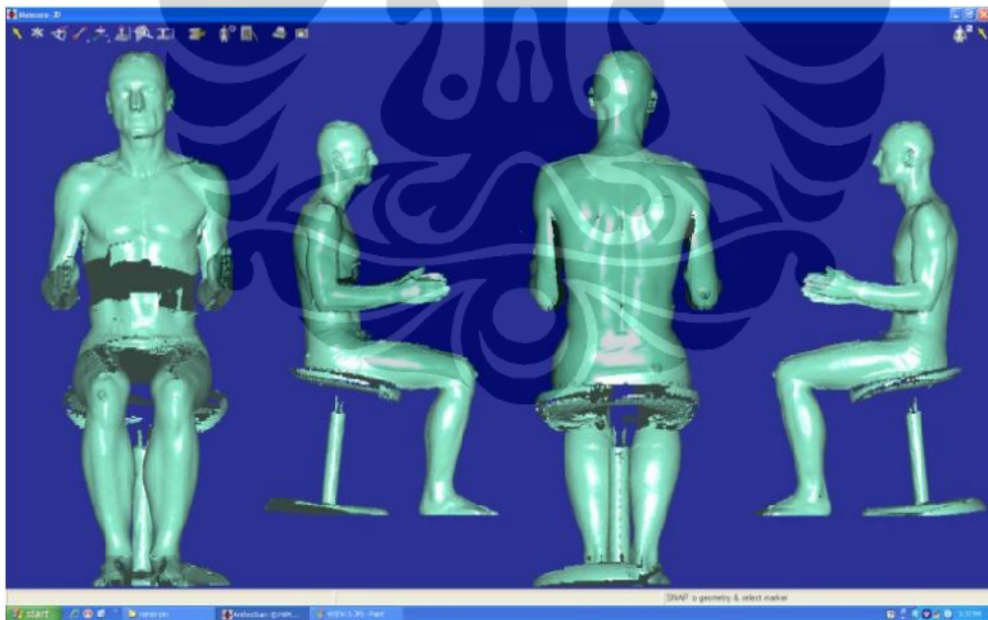
Gambar 2.20 ISO 8559 P4
 Sumber: Vitus Vitronic XXL



Gambar 2.21 ISO 8559 P5
 Sumber: Vitus Vitronic XXL



Gambar 2.22 Standard Standing
 Sumber: Vitus Vitronic XXL



Gambar 2.23 Standard Sitting
 Sumber: Vitus Vitronic XXL

BAB 3 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1. Penyusunan Penelitian Pembuatan Database Antropometri 3D sebagai Acuan Formulasi Luas Tubuh Manusia Indonesia.

Pada bab ini penulis melakukan beberapa langkah sebelum pembuatan model matematika, hal ini mencakup langkah pengambilan data menggunakan Vitus Vitronic XXL, langkah memvalidasi data hasil pindaian menggunakan Scanworx, dan langkah mengolah data hasil pindaian menggunakan XFit Army sehingga mendapatkan data antropometri 3D dari seluruh subjek yang dipindai dalam penelitian ini. Seluruh data tersebut dikelompokkan dalam model dimensi tubuh per variabel, berdasarkan pada landmark yang dimiliki oleh Vitus Vitronic XXL.

Pengumpulan data yang dilakukan dalam pembuatan model matematika ini merupakan bagian dari proyek pembuatan database antropometri 3D nasional. Pembuatan database antropometri nasional di Indonesia diperlukan sebagai dasar dalam perancangan yang menunjang keselamatan dan kenyamanan manusia saat menggunakan produk atau bekerja di lingkungan kerjanya. Hal ini juga dikarenakan banyaknya produk atau perlengkapan yang dibuat untuk penduduk Indonesia belum berdasarkan atas keterkaitan ukuran dimensi tubuh penduduk Indonesia.



Gambar 3.1 Vitus Vitronic XXL Pada Human Solution

Alat utama yang akan digunakan pada proyek pengumpulan data antropometri penduduk Indonesia ini adalah *3D Body Scan* atau yang juga dikenal dengan *Anthroscan*. Hasil pemindaian ini berupa objek tiga dimensi yang dapat mengkalkulasi pengukuran terhadap 151 variabel dimensi tubuh manusia. Dalam pengambilan data pada proses penyusunan database ini, responden yang menjadi objek ukur harus memenuhi syarat postur yang telah ditentukan oleh program *Anthroscan*. Hal ini sangat penting guna menghindari kesalahan dalam pemindaian.



Gambar 3.2 Postur Standard untuk *Vitus Vitronic XXL*

Selain dalam hal postur tubuh, standarisasi juga diberlakukan dalam hal pakaian yang dikenakan oleh responden. Hal ini dikarenakan *Vitus Vitronic XXL* akan mengidentifikasi seluruh permukaan dari objek yang dipindai tanpa sanggup membedakan bagian mana yang merupakan bagian tubuh dan bagian mana yang merupakan pakaian. Dan karena pemindai menggunakan sensor laser, maka pemakaian perhiasan atau pakaian yang mengkilap harus dihindari, guna menghindari kemungkinan objek tidak terpindai.



Gambar 3.3 Ketentuan Busana dan Aksesori Responden

Yang menjadi ketentuan pakaian dan aksesoris pada responden mencakup:

1. Menggunakan pakaian dalam untuk wanita dan celana dalam untuk pria. Pakaian dalam yang dimaksud adalah pakaian ketat tidak merubah bentuk dasar dari tubuh. Hal ini penting agar hasil pengukuran tetap akurat.
2. Menggunakan pakaian dalam berwarna terang seperti putih, kuning, dan seterusnya (tidak berwarna gelap).
3. Responden harus melepaskan seluruh atribut atau perhiasan yang dikenakan seperti jam tangan, gelang, cincin, anting dan kalung.
4. Mengenakan penutup kepala yang menutup rambut secara keseluruhan agar pemindaian pada bagian kepala dapat berjalan baik.
5. Responden harus melakukan posisi sesuai kebutuhan penelitian dan dilarang bergerak selama proses pemindaian berlangsung.

Pakaian yang disediakan sebagai kelengkapan responden adalah sebagaimana terlihat di bawah ini.



Gambar 3.4 Contoh Busana Standard Pemindaian

Data hasil pemindaian akan disimpan oleh *Vitus Vitronic XXL*. Software ini menyediakan fitur untuk memasukkan data pribadi yang bersesuaian dengan hasil pemindaian. Data ini selanjutnya akan disimpan bersama-sama dengan hasil pemindaian 3D. Data input tersebut dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan pengguna melalui sebuah file XML.

3.2. Disain Pengumpulan Data Antropometri Menggunakan *Vitus Vitronic XXL*

Pengumpulan data antropometri menggunakan *Vitus Vitronic XXL* ini merupakan tahapan penting dari proses perhitungan formula luas tubuh manusia. Sebab selain hasil pengukuran akan digunakan untuk melakukan perhitungan luas tubuh dengan pendekatan geometri, hasil scan juga akan dianalisis dengan menganalisa hasil 3D *body scan* yang berupa objek dengan format stl (stereolithography). Oleh sebab itu pengambilan data harus dilakukan secara seksama dan dengan perencanaan yang tepat.

Data yang diambil dalam database antropometri ini berjumlah 154 orang, dengan memperhatikan syarat-syarat tubuh yang ideal dan tidak obesitas. Sampel yang digunakan dalam penelitian seluruhnya laki-laki. Dengan rentang usia antar 17-25 tahun. Hal ini didasarkan pada hasil riset, yang mengatakan bahwa pada usia ini pertumbuhan tubuh pada laki-laki telah memasuki masa stabil (Anderson,1965). Postur dan ukuran yang dipindai pada penelitian ini dapat didasarkan pada metode standar, RAMSIS, ISO 7250 dan ISO 8559. Sedangkan postur yang dipilih adalah postur berdiri tegak.



Gambar 3.5 Postur pada *Vitus Vitronic XXL*

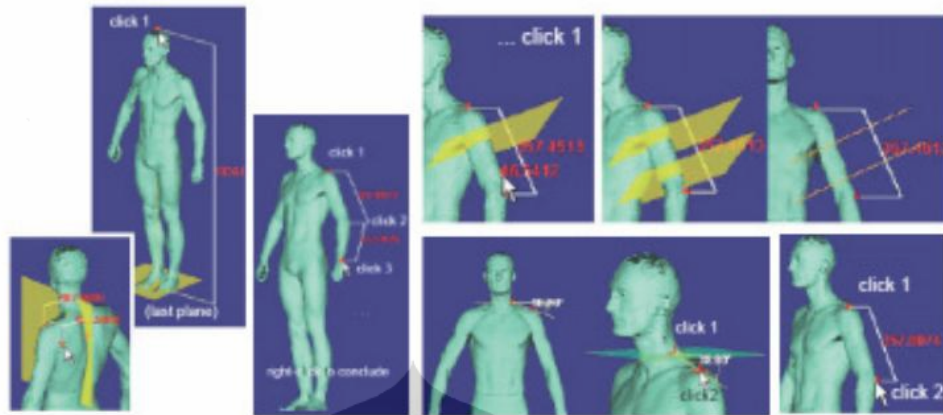
Dapat pula dirangkup bahwa karakteristik sampel yang digunakan untuk membangun database antropometri yang selanjutnya menjadi dasar bagi penyusunan formula *body surface area* untuk manusia Indonesia adalah sebagai tertulis pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Karakteristik Sampel pada Penelitian

Karakteristik	Kelompok dalam Penelitian
Jenis Kelamin	Laki-Laki
Umur	17-25 tahun
Ras	South East Asiatic
Lokasi	Jawa
Postur	Postur berdiri standar

3.3. Pengambilan Data Antropometri dalam Penelitian

Pada dasarnya, setelah dilakukan pemindaian terhadap suatu objek pengukuran, kita dapat melakukan penambahan ukuran tubuh sesuai dengan yang kita inginkan. Hal ini dimungkinkan dengan melakukan pengukuran tubuh secara interaktif dengan mengacu pada objek pemindaian yang akan ditampilkan dalam tampilan tatap muka *Vitus Vitronic XXL*.



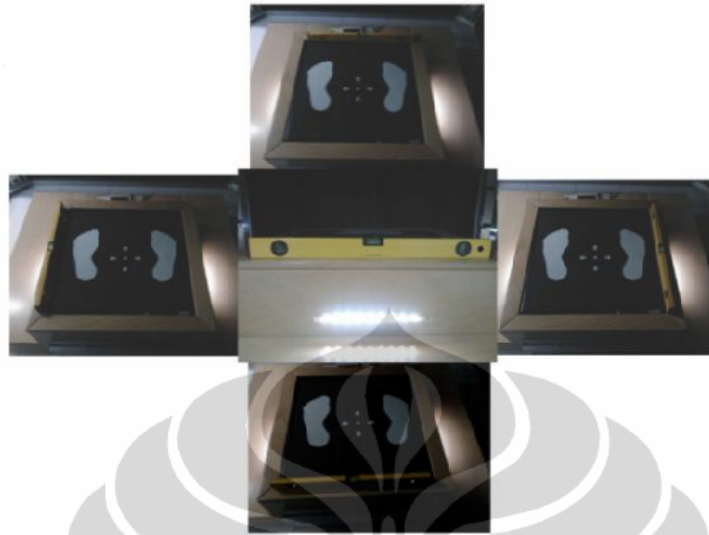
Gambar 3.6 Contoh Pengukuran Interaktif

Guna mendapatkan data yang konstan dan ajeg, serta sesuai dengan kualitas parameter yang diharapkan terdapat beberapa tahap pengambilan data antropometri menggunakan *Antrhoscan*. Adapun tahap-tahap tersebut adalah:

- Mengkalibrasi *Antrhoscan*
- Pengaturan laser
- Mempersiapkan subjek
- Memindai data menggunakan *Vitus Control – Scan Wizard*
- Memvalidasi data menggunakan *Measurement Tools*
- Memperbaiki data secara manual menggunakan *Mistar Tools 52*

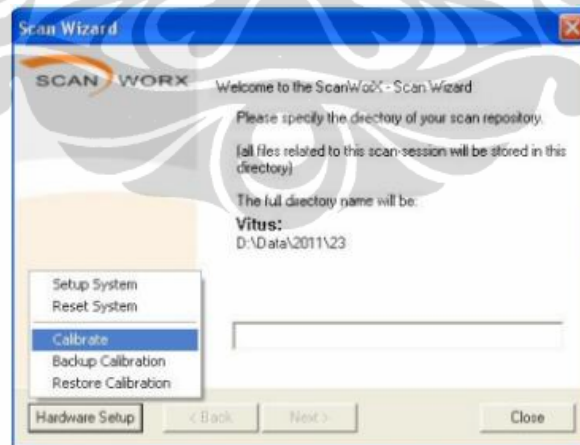
3.3.1. Melakukan Kalibrasi *Antrhoscan*

Kalibrasi dilakukan secara periodik, guna menjaga alat tetap bekerja pada standar yang ditentukan. Jika alat tidak dikalibrasi dalam rentang waktu yang cukup lama, akan muncul pemberitahuan dari *software* untuk segera melakukan kalibrasi sehingga alat dapat memiliki tingkat ketepatan pengukuran yang baik. Kalibrasi diawali dengan menggunakan *waterpass* pada sisi *force plate* untuk memastikan alat berada pada keadaan datar.



Gambar 3.7 Penempatan *Waterpass* Pada sisi Landasan Anthroscan

Selanjutnya adalah kalibrasi dengan menggunakan perangkat tiang kalibrasi. Kalibrasi ini menuntut ketepatan yang tinggi sebab pada kalibrasi ini akan ditentukan beberapa parameter standar pengukuran seperti tinggi maksimum dan batas area pemindaian. Ketidak tepatan peletakan tiang dan kemiringan posisi tiang dapat memberikan dampak negatif terhadap kualitas data yang didapatkan.



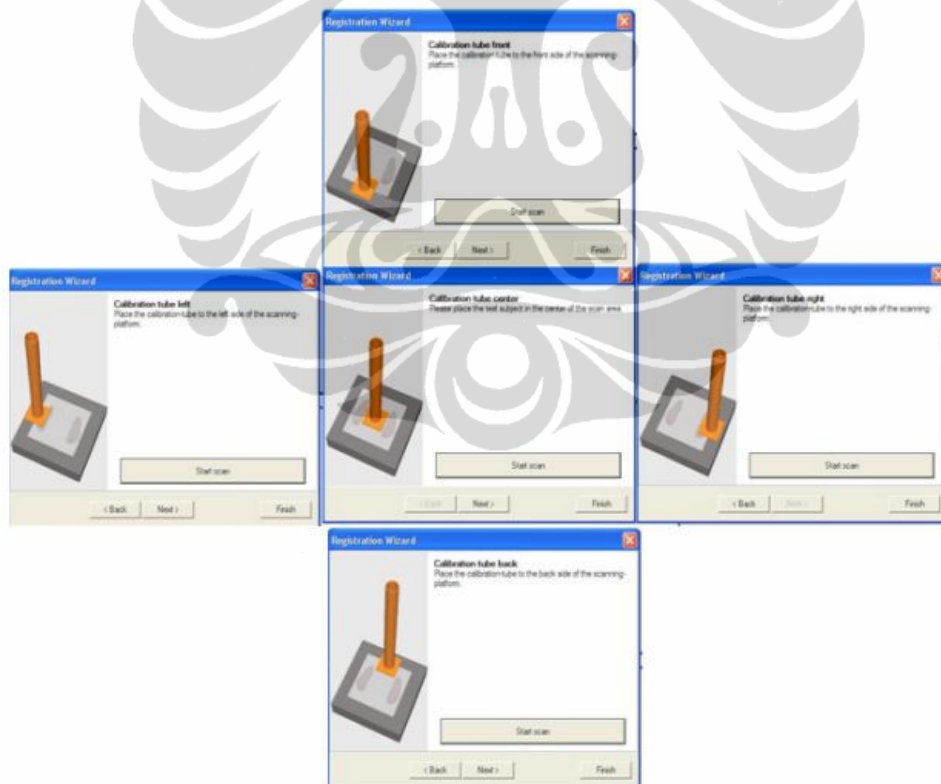
Gambar 3.8 Wizard Kalibrasi pada Vitus Vitronic XXL

Kalibrasi ini dilakukan dengan menggunakan tiang khusus yang telah ditentukan tinggi dan beratnya sehingga perangkat pemindaian dapat menentukan standar seperti yang telah digariskan dalam kerja perangkat pemindai tiga dimensi *Vitus Vitronic XXL*. Penempatan tiang harus dilakukan secara tepat sesuai dengan

tanda yang telah diberikan pada masing-masing sisi tiang. Dan tentu saja harus sesuai dengan panduan yang diberikan pada *wizard* dari perangkat lunak yang akan memandu kalibrasi oleh pengguna.



Gambar 3.9 Tiang Kalibrasi dengan Posisi yang Telah Ditentukan



Gambar 3.10 Panduan Peletakan Tiang Kalibrasi

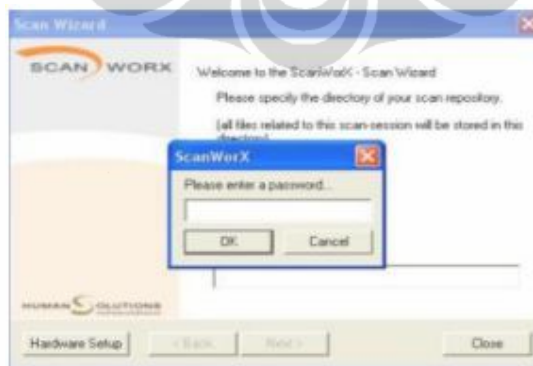
3.3.2. Pengaturan Sensor Laser

Setelah proses pengkalibrasian Anthroscan selesai dilakukan, langkah yang harus dilakukan adalah melakukan pengaturan kalibrasi laser. Karena pemindaian ini menggunakan empat sensor laser dimana masing-masing sensor berada di sudut ruang Anthroscan, maka perlu dipastikan agar keempat sensor berada pada posisi yang sejajar. Agar pendefinisian dimensi panjang dapat diperoleh dengan akurat. Kalibrasi ini dilakukan dengan membuka *wizard setup*.



Gambar 3.11 *Setup System* pada Laser Antrhoscan

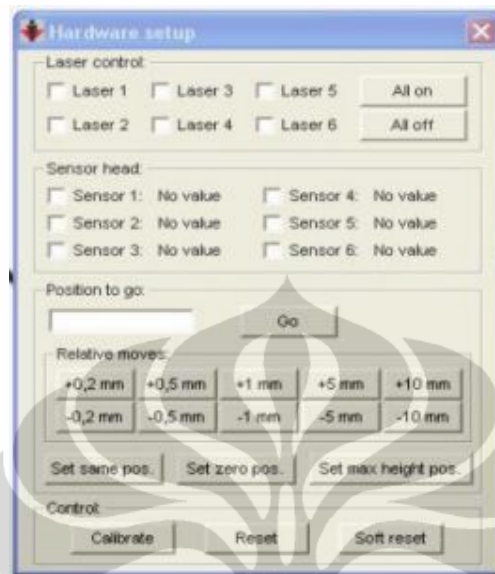
Guna menjaga keamanan, untuk mengakses *wizard setup* ini digunakan kata sandi. Kata sandi yang harus dimasukkan adalah “scanworx”. Setelah memasukkan sandi tersebut pengguna akan dapat mengakses pengaturan laser.



Gambar 3.12 Akses *Setup System*

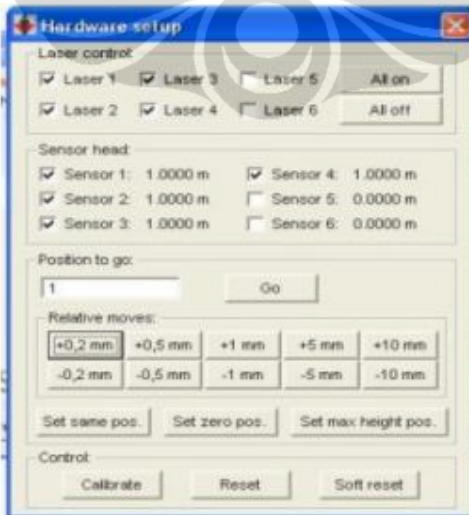
Setelah itu akan tampil wizard pengaturan laser dan untuk mengatur posisi laser, operator harus memilih opsi laser 1, laser 2, laser 3, dan laser 4 pada laser control dan sensor 1, sensor 2, sensor 3 dan sensor 4 pada sensor head. Hal ini

dikarenakan Anthroscan yang digunakan terdiri dari 4 kolom laser sehingga keseluruhan jumlah laser yang perlu diatur ada 4 buah.



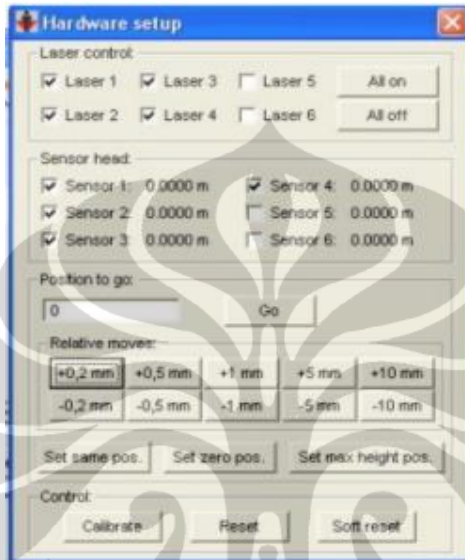
Gambar 3.13 Hardware Setup

Setelah itu, operator harus mengatur laser berada pada posisi yang sama. Untuk pengaturan ini, operator sebaiknya menurunkan laser ke posisi 1 meter dan mengecek piranti lunak dan posisi laser agar sejajar. Setelah berikutnya laser berada pada ketinggian yang sama maka operator dapat mengklik tombol set same position.



Gambar 3.14 Wizard Pengatur Ketinggian Laser

Setelah pengaturan posisi laser yang memiliki derajat dan ketinggian yang sama, maka selanjutnya operator harus mengatur posisi dasar laser. Untuk melakukan hal tersebut, operator mengatur posisi laser pada posisi 0 meter lalu mengklik tombol set zero position.

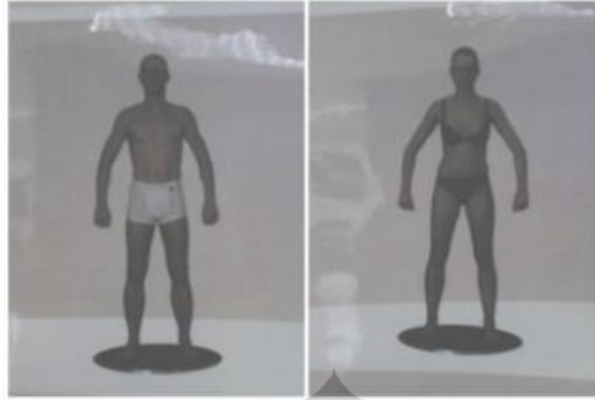


Gambar 3.15 Wizard Pengaturan Posisi Dasar Laser

3.3.3. Mempersiapkan Objek Pemindaian

Dalam melakukan pemindaian dengan posisi standar, penulis tidak membutuhkan persiapan landmark pada tubuh. Hal yang harus dipastikan adalah posisi berdiri yang tepat dengan rincian:

- Posisi kepala tegak lurus menghadap ke depan
- Posisi tubuh tegap dan tidak membungkuk
- Posisi tangan kanan dan tangan kiri berada pada posisi yang wajar namun tidak menempel pada paha
- Posisi kaki tepat berada di atas timbangan



Gambar 3.16 Posisi Tubuh Objek Pemindaian

3.3.4. Memindai Objek Menggunakan *Vitus Vitronic XXL*

Setelah melakukan kalibrasi dan pengaturan laser serta persiapan subjek telah selesai, maka operator dapat menggunakan Anthroscan. Pemindaian akan berlangsung selama sebelas detik untuk setiap responden dan dari setiap responden akan dikalkulasi 151 ukuran tubuhnya. Adapun ukuran tubuh yang dapat dihasilkan dari perhitungan ini seperti tampak pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Ukuran Tubuh yang Dihasilkan oleh Anthroscan

No	Body Dimension
1	3D waist band
2	3D waistband back height
3	3D waistband back to vertical
4	3D waistband front height
5	3D waistband front to vertical
6	3D waistband left to crotch
7	3D waistband right to crotch
8	Across back width
9	Across back width (armpit level)
10	Across front width
11	Ankle girth left
12	Ankle girth right
13	Ankle height
14	Arm length left
15	Arm length right
16	Arm length to neck back left
17	Arm length to neck back right
18	Arm length to neck left
19	Arm length to neck right

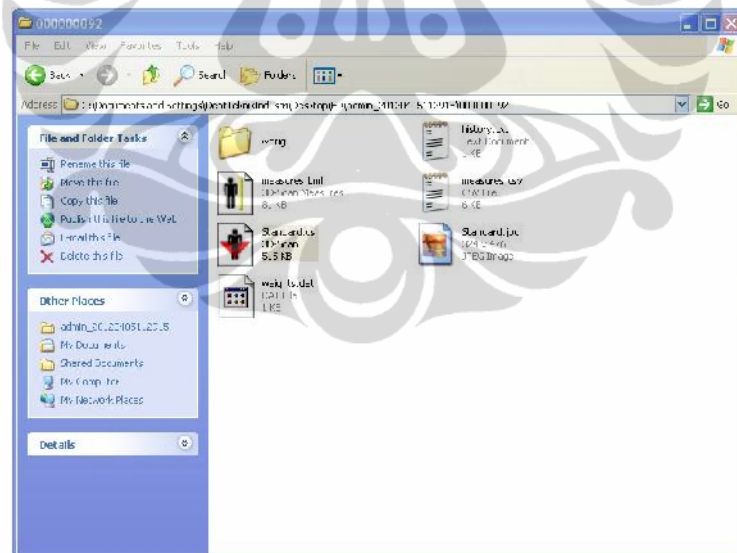
No	Body Dimension
20	Belly circumference
21	Belly circumference height
22	Body height
23	Breast height
24	Bust point to neck left
25	Bust point to neck right
26	Bust points around neck
27	Bust points width
28	Bust/chest girth
29	Bust/chest girth (horizontal)
30	Buttock girth
31	Buttock height
32	Calf girth left
33	Calf girth right
34	Cross shoulder
35	Cross shoulder over neck
36	Crotch height
37	Crotch length
38	Crotch length at waistband
39	Crotch length at waistband
40	Crotch length, front
41	Crotch length, rear
42	Dev. waist band from waist (back)
43	Dev. waist band from waist (front)
44	Dev. waist band from waist (side)
45	Distance 7CV - vertical
46	Distance abdomen to vertical
47	Distance across back width (armpit level) - waist
48	Distance back in belly height to vertical
49	Distance back in breast height to vertical
50	Distance back in hip height to vertical
51	Distance back in maximum belly height to vertical
52	Distance belly to vertical
53	Distance breast to vertical
54	Distance buttock to vertical
55	Distance crotch to waistband
56	Distance front in hip height to vertical
57	Distance maximum belly to vertical
58	Distance neck front to vertical

No	Body Dimension
59	Distance neck to hip
60	Distance neck-knee
61	Distance scapula to vertical
62	Distance waist back to vertical
63	Distance waist-knee
64	Distance waistband - buttock
65	Distance waistband-high hip back
66	Distance waistband-knee
67	Elbow girth left
68	Elbow girth right
69	Forearm girth left
70	Forearm girth right
71	Forearm length left
72	Forearm length right
73	Head circumference
74	Head height
75	Height of shoulder blades
76	High hip girth
77	High waist girth
78	High waist height
79	Hip girth
80	Hip height
81	Hip/thigh girth
82	Inseam left
83	Inseam right
84	Inside leg-ankle left
85	Inside leg-ankle right
86	Knee girth left
87	Knee girth right
88	Knee height
89	Maximum belly circumference
90	Maximum belly circumference height
91	Mid neck girth
92	Min. leg girth left
93	Min. leg girth right
94	Neck at base girth
95	Neck diameter
96	Neck front to waist
97	Neck front to waist over bust line
98	Neck height

No	Body Dimension
99	Neck height front
100	Neck left to waist back
101	Neck right to waist back
102	Neck right to waist over bust
103	Neck to across back width (armpit level)
104	Neck to waist center back
105	Scapula height 2
106	Shoulder angle left
107	Shoulder angle right
108	Shoulder width left
109	Shoulder width right
110	Side upper torso length left
111	Side upper torso length right
112	Sideseam 3D waistband left
113	Sideseam 3D waistband right
114	Sideseam ankle left
115	Sideseam ankle right
116	Sideseam at waist left
117	Sideseam at waist right
118	Sideseam left
119	Sideseam right
120	Thigh girth left (horizontal)
121	Thigh girth right (horizontal)
122	Torso width at waist
123	Total torso girth
124	Underbust circumference (horizontal)
125	Upper arm diameter left
126	Upper arm diameter right
127	Upper arm girth left
128	Upper arm girth right
129	Upper arm length left
130	Upper arm length right
131	Upper torso torsion
132	Waist band
133	Waist girth
134	Waist height
135	Waist to buttock
136	Waist to buttock height left
137	Waist to buttock height right
138	Waist to high hip back

No	Body Dimension
139	Waist to hip/thigh left
140	Waist to hip/thigh right
141	Waistband back height
142	Waistband back to vertical
143	Waistband front height
144	Waistband front to vertical
145	Waistband height
146	Waistband to buttock height left
147	Waistband to buttock height right
148	Weight
149	Width armpits
150	Wrist girth left
151	Wrist girth right

Hasil dari pengukuran ini selain dapat diolah di *database* yang ada pada perangkat pemindaian, dapat pula diambil dalam bentuk folder *output*. Dimana dalam setiap *folder* tersebut akan ada beberapa kelengkapan isi yang dapat dimanfaatkan oleh pengguna.



Gambar 3.17 Tampilan *Output Folder*

3.3.5. Pengambilan Data Berformat *Stereolithography*

Guna melakukan perhitungan luas tubuh manusia yang lebih akurat, dilakukan analisis perhitungan luas permukaan objek pemindaian dengan

menganalisis berkas yang menjadi keluaran dari proses pemindaian dengan format *stereolithography*. Berkas dengan format ini sebenarnya adalah kumpulan dari koordinat-koordinat dari setiap bagian tubuh objek pemindaian yang diinterpolasikan terbagi menjadi segitiga-segitiga kecil.

Dengan demikian, dengan melakukan perhitungan terhadap luas total segitiga, dengan menggunakan pendekatan panjang sisi. Teorema yang dipakai dalam perhitungan ini dikenal dengan Teorema Heron dimana:

$$L^2 = s(s-a)(s-b)(s-c)$$

$$L = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

Dimana:

L = luas segitiga

a,b,c = panjang sisi segitiga

s = setengah dari a+b+c

Dengan berasumsi bahwa seluruh permukaan tubuh diinterpolasikan sebagai segitiga yang saling berhimpit, maka dengan menghitung luas keseluruhan segitiga tersebut kita dapat menghitung luas segitiga seluruhnya. Adapun tipe file .stl yang dipilih adalah yang bertipe ASCII. Tipe ini cocok dengan pendekatan yang akan digunakan oleh penulis sebab pada tipe ini setiap segitiga dikemas dalam grup *vertex* yang teratur.

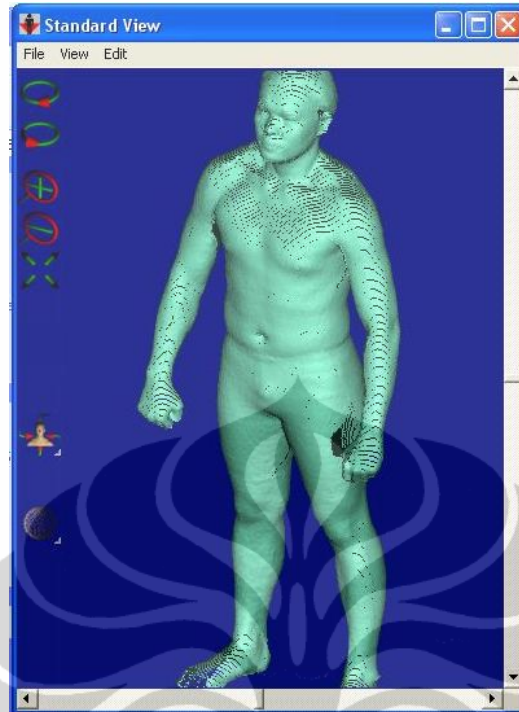
```

solid HUMAN SOLUTIONS SCAN
facet normal 0.471 0.233 -0.851
outer loop
vertex 110.60000 -18.20000 -62.10000
vertex 110.60000 -20.40000 -63.70000
vertex 107.00000 -16.40000 -63.60000
endloop
endfacet
facet normal 0.338 -0.104 -0.935
outer loop
vertex 110.60000 -18.20000 -62.10000
vertex 107.00000 -16.40000 -63.60000
vertex 110.60000 -14.60000 -62.50000
endloop
endfacet
facet normal -0.016 -0.325 -0.946
outer loop
vertex 107.00000 -48.10000 -57.80000
vertex 103.40000 -48.50000 -57.60000
vertex 107.00000 -44.90000 -58.90000
endloop

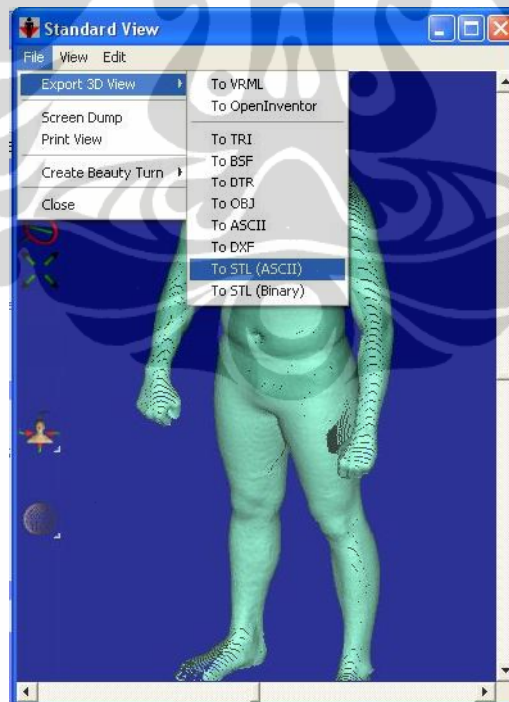
```

Gambar 3.18 Tampilan Kode Pada berkas *Stereolithography* tipe ASCII

Untuk dapat menghasilkan file tersebut cara yang harus dilakukan adalah dengan membuka kembali hasil pemindaian dan memilih menu *export* pada tampilan model fisik objek pemindaian pada perangkat lunak Anthroscan.



Gambar 3.19 Tampilan *Standar View* dari Hasil Pemindaian



Gambar 3.20 Proses *Exporting .stl File* dari Model Objek Hasil Pemindaian

3.3.6. Perhitungan Luas Objek Pemindaian dengan Pendekatan Luas Segitiga Data *Stereolithography*.

Untuk melakukan perhitungan luas dari objek pemindaian yang telah disimpan koordinat tiap titik nya dalam bentuk data dengan format *stereolithography* dengan tipe ASCII. Penulis menggunakan program C++ yang telah mampu menghitung luas total dari data .stl yang diolah. Program ini seperti layaknya program C++ sederhana dioperasikan melalui operator cmd (*command prompt dos*). Disamping sangat efektif, program ini juga mempercepat proses perhitungan karena tidak memerlukan instalasi. Program ini juga memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi untuk dapat digunakan pada berbagai sistem operasi karena menggunakan bahasa pemrograman dasar. Penjelasan mengenai komponen program dan perannya dapat dilihat pada tabel 3-3.

Tabel 3.3 Penjelasan Komponen Program C++ HitungLuas

No	Nama(Tipe)	Deret Kode	Peran
1	convert.h (header)	<pre> ifndef _HitungLuas_convert_h_ #define _HitungLuas_convert_h_ // File: convert.h #include <iostream> #include <sstream> #include <string> #include <stdexcept> #include <cctype> //prototypes for islower and toupper #include <iomanip> using std::setprecision; #include <cmath> using std::floor; class BadConversion : public std::runtime_error { public: BadConversion(const std::string& s) : std::runtime_error(s) { } </pre>	<p>Merubah dan memastikan setiap tipe variabel dari file.stl ke dalam bentuk yang dapat dimengerti oleh komputer sebagai variabel dalam bahasa pemrograman C++.</p>

No	Nama(Tipe)	Deret Kode	Peran
		<pre> }; inline double convertToDouble(const std::string& s) { std::istringstream i(s); double x = 0; if (!(i >> x)) throw BadConversion("convertToDouble(\"" + s + "\")"); return x; } inline double convertToLongDouble(const std::string& s) { std::istringstream i(s); long double x = 0; if (!(i >> x)) throw BadConversion("convertToDouble(\"" + s + "\")"); return x; } inline int convertToInteger(const std::string& s) { std::istringstream i(s); int x = 0; </pre>	

No	Nama(Tipe)	Deret Kode	Peran
		<pre> if (!(i >> x)) throw BadConversion("convertToInteger(\"" + s + "\")"); return x; } inline bool convertToBoolean(const std::string& s) { std::istringstream i(s); bool x = 0; if (!(i >> x)) throw BadConversion("convertToBoolean(\"" + s + "\")"); return x; } inline void convertToUpperCase(char *sPtr) { while (*sPtr != '\0' // loop while current character is not '\0' { if (std::islower(*sPtr)) *sPtr = std::toupper(*sPtr); sPtr++; } } /* round number n to d decimal points */ </pre>	

No	Nama(Tipe)	Deret Kode	Peran
		<pre> inline double fround(double n, double d) { return floor(n * pow(10., d) + .5) / pow(10., d); } #endif </pre>	
2	trim.h (header)	<pre> #ifndef _HitungLuas_trim_h_ #define _HitungLuas_trim_h_ #include <string> inline std::string trim_right_copy(const std::string& s, const std::string& delimiters = " \f\n\r\t\v") { return s.substr(0, s.find_last_not_of(delimiters) + 1); } inline std::string trim_left_copy(const std::string& s, const std::string& delimiters = " \f\n\r\t\v") { return s.substr(s.find_first_not_of(delimiters)); } inline std::string trim_copy(const std::string& s, </pre>	Menghapus bagian yang tidak dibutuhkan dari file.stl.

No	Nama(Tipe)	Deret Kode	Peran
		<pre> const std::string& delimiters = " \f\n\r\t\v") { std::string temp = trim_right_copy(s, delimiters); if (temp.empty()) return temp; else return trim_left_copy(temp, delimiters); } #endif </pre>	
3	tokenizer.h (header)	<pre> #ifndef _HitungLuas_tokenizer_h_ #define _HitungLuas_tokenizer_h_ #include <iostream> #include <string> #include <vector> #include <algorithm> #include <iterator> using namespace std; vector<string> split(const string& s, const string& delim, const bool keep_empty = false) { vector<string> result; if (delim.empty()) { result.push_back(s); return result; } string::const_iterator substart = </pre>	Sebagai file pengambil informasi yang dibutuhkan dari file.stl, terkait dengan informasi koordinat

No	Nama(Tipe)	Deret Kode	Peran
		<pre> s.begin(), subend; while (true) { subend = search(substart, s.end(), delim.begin(), delim.end()); string temp(substart, subend); if (keep_empty !temp.empty()) { result.push_back(temp); } if (subend == s.end()) { break; } substart = subend + delim.size(); } return result; } #endif </pre>	
4	HitungLuas.cpp (cpp file)	<pre> #ifndef _HitungLuas_ #define _HitungLuas_ #include <fstream> using std::ifstream; #include <iostream> using std::cerr; using std::cout; using std::endl; using std::ios; #include <cstring> using std::string; #include "convert.h" #include "trim.h" </pre>	Sebagai kerangka utama dari program HitungLuas.exe

No	Nama(Tipe)	Deret Kode	Peran
		<pre> #include "tokenizer.h" #include <ctime> int main(int argc, const char *argv[]) { time_t TimeBeginning = time(0); //save the time of beginning algorithm //sediakan variable int JumlahVertex; JumlahVertex = 0; long double x[3], y[3], z[3]; int JumlahVertexDalamBlok; bool IsEndFacet; long double LuasTotal, s, a, b, c; LuasTotal = 0; //buat stream file ifstream inFile(argv[1], ios::in); // input file could not be opened if (!inFile) { cout << "Input file is not defined or could not be opened" << endl; exit(-1); } </pre>	

No	Nama(Tipe)	Deret Kode	Peran
		<pre> //extract data from input file string myLine = ""; string myLine2 = ""; size_t start, next, start1, start2, start3 = 0; while(!inFile.eof()) { getline(inFile, myLine); //abaikan baris kosong if(!myLine.empty()) { myLine = trim_copy(myLine); if (!myLine.substr(0, 5).compare("FACET") !myLine.substr(0, 5).compare("facet")) { IsEndFacet = false; JumlahVertexDalamBlok = 0; while(!inFile.eof() && !IsEndFacet && JumlahVertexDalamBlok < 3) </pre>	

No	Nama(Tipe)	Deret Kode	Peran
		<pre> { getline(inFile, myLine2); myLine2 = trim_copy(myLine2); // kumpulkan baris yg dimulai dengan kata vertex if (!myLine2.substr(0, 6).compare("VERTEX") !myLine2.substr(0, 6).compare("vertex")) { myLine2 = myLine2.erase(0, 6); myLine2 = trim_copy(myLine2); vector <string> myresult = split(myLine2, " ", false); try </pre>	

No	Nama(Tipe)	Deret Kode	Peran
		<pre> { x[JumlahVertexDalamBlok] = convertToLongDouble(myresult[0]); y[JumlahVertexDalamBlok] = convertToLongDouble(myresult[1]); z[JumlahVertexDalamBlok] = convertToLongDouble(myresult[2]); JumlahVertexDalamBlok = JumlahVertexDalamBlok + 1; } catch(std::runtime_error) { cout << "Error!! Error in VERTEX value " << endl; return 0; </pre>	

No	Nama(Tipe)	Deret Kode	Peran
		<pre> } } if (!myLine2.substr(0, 8).compare("ENDFACET") !myLine2.substr(0, 8).compare("endfacet")) IsEndFacet = true; } if(JumlahVertexDalamBlok = 3) { JumlahVertex = JumlahVertex + 1; a = sqrt(pow(x[0] - x[1], 2) + pow(y[0] - y[1], 2) + pow(z[0] - z[1], 2)); b = sqrt(pow(x[0] - x[2], 2) + pow(y[0] - y[2], 2) + pow(z[0] - z[2], 2)); c = sqrt(pow(x[2] - x[1], 2) + pow(y[2] - y[1], 2) + pow(z[2] - z[1], 2)); </pre>	

No	Nama(Tipe)	Deret Kode	Peran
		<pre> s = (a + b + c) / 2; LuasTotal = LuasTotal + sqrt(s * (s - a) * (s - b) * (s - c)); } } } } cout << "Jumlah blok vertex yang berhasil dibaca: " << JumlahVertex << endl; cout << "Luas total: " << LuasTotal << endl; time_t TimeEnd = time(0); cout << "Waktu iterasi: " << TimeEnd - TimeBeginning << " seconds" << endl; return 0; } #endif </pre>	
5	HitungLuas.exe (file eksekusi)	Dijalankan dengan cmd (<i>command prompt dos</i>)	File Eksekusi

3.3.7. Pengambilan Data Analisis *Redundant Triangles*.

Dalam proses perhitungan formula luas tubuh manusia pada penelitian kali ini, disamping menggunakan pendekatan interpolasi geometri sederhana pada setiap bagian tubuh manusia, juga dilakukan analisis dengan melakukan perhitungan luas segitiga pada tiap output. Dan karena pendekatan luas segitiga

ini dilakukan dengan menganalisis file output dari pemindai tiga dimensi, perlu dilakukan tindakan untuk mengantisipasi adanya segitiga berlebih yang dibentuk pada saat figure objek pemindaian diekstraksi.

Antisipasi yang dilakukan oleh penulis adalah dengan melakukan pemindaian terhadap benda yang terlebih dahulu telah diketahui luasnya, untuk kemudian dilakukan kalkulasi dengan program C++ yang telah disusun khusus untuk menghitung luas segitiga yang tersimpan dalam file .stl secara kumulatif berdasarkan kode koordinat yang tersimpan dalam file tersebut.



Gambar 3.21 Tabung sebagai Instrumen untuk Mencari Faktor Koreksi

Penulis memilih benda berbentuk silinder sebagai *baseline* untuk mencari faktor koreksi dari luas benda hasil pemindaian berdasarkan perhitungan luas segitiga kumulatif pada berkas dengan format stl, dengan luas benda sebenarnya yang dapat diketahui dengan formula luas selimut tabung.

Dari hasil tersebut diperoleh data yang ternyata menunjukkan bahwa memang terdapat segitiga-segitiga dalam proses pembuatan berkas *stereolithography* dari setiap objek pemindaian, hal ini dapat diprediksi dari besarnya hasil perhitungan yang didapat dari program C++ yang telah disusun. Validasi ini juga dilakukan dengan program lain seperti pada Matlab, serta

beberapa program disain lainnya. Hasil luas sebenarnya dan hasil perhitungan C++ dapat dilihat seperti pada tabel dibawah ini.

Program C++ yang digunakan untuk menghitung disebut dengan program HitungLuas.exe. Dimana program ini telah dirancang untuk dapat menghapus bagian-bagian dari file .stl yang tidak diperlukan dalam perhitungan luas, serta mengekstrak koordiat dari setiap titik menjadi bilangan angka-angka yang selanjutnya dapat digunakan sebagai basis perhitungan luas segitiga dengan teorema heron. Mekanisme untuk menjalankan program ini sangat sederhana, seperti pada langkah berikut:

1. Tempatkan seluruh *file* program dan *file* .stl yang akan dihitung ke dalam satu *folder*.
2. Jalankan cmd (*command prompt dos*), arahkan akses pada direktori tempat *file* program HitungLuas dan *file* .stl yang akan dihitung disimpan.
3. Jalankan perintah HitungLuas namafile.stl
4. Hasil perhitungan akan menunjukkan jumlah segitiga yang berhasil dihitung dan luas total objek perhitungan dalam mm².



Gambar 3.22 Mengaktifkan cmd


```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Dwiki>cd Desktop\C++ Hitung Luas
C:\Users\Dwiki\Desktop\C++ Hitung Luas>

```

Gambar 3.23 Mengakses *folder* Program HitungLuas dan file.stl Disimpan

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Dwiki>cd Desktop\C++ Hitung Luas
C:\Users\Dwiki\Desktop\C++ Hitung Luas>HitungLuas 92.stl
Jumlah blok vertex yang berhasil dibaca: 712121
Luas total: 4.28155e+006
Waktu iterasi: 257 seconds
C:\Users\Dwiki\Desktop\C++ Hitung Luas>

```

Gambar 3.24 Menjalankan Program HitungLuas

Tabel 3.4 Perhitungan Luas Tabung Sebagai Instrumen Penentuan Faktor Koreksi

No	Tinggi (cm)	Waktu yang Diperlukan dalam Perhitungan (detik)	Luas Sebenarnya (mm ²)	Hasil Perhitungan C++ (mm ²)	Luas Setelah Direvisi (mm ²)
1	250	12	129525	239740	269370.7865
2	250	12	129525	241136	270939.3258
3	250	13	129525	241033	270823.5955
4	500	28	259050	545440	612853.9326
5	500	28	259050	545495	612915.7303
6	500	27	259050	545632	613069.6629
7	750	43	388575	853268	958728.0899
8	750	43	388575	852455	957814.6067

No	Tinggi (cm)	Waktu yang Diperlukan dalam Perhitungan (detik)	Luas Sebenarnya (mm ²)	Hasil Perhitungan C++ (mm ²)	Luas Setelah Direvisi (mm ²)
9	750	74	388575	852338	957683.1461
10	1000	64	518100	1157190	1300213.483
11	1000	78	518100	1157830	1300932.584
12	1000	66	518100	1157900	1301011.236
13	1250	74	647625	1466020	1647213.483
14	1250	74	647625	1465320	1646426.966
15	1250	74	647625	1466380	1647617.978
16	1500	91	777150	1744150	1959719.101
17	1500	92	777150	1743520	1959011.236
18	1500	87	777150	1743590	1959089.888
19	1750	102	906675	2012010	2260685.393
20	1750	104	906675	2012930	2261719.101
21	1750	103	906675	2012760	2261528.09
22	2000	117	1036200	2282330	2564415.73
23	2000	126	1036200	2282030	2564078.652
24	2000	116	1036200	2282590	2564707.865

3.3.8. Perhitungan Luas Tubuh Responden Dengan Interpolasi Segitiga pada Data Bertipe *Stereolithography*

Setelah seluruh data dari responden dirubah format ke dalam bentuk stl, dipilih beberapa data yang dianggap memenuhi syarat untuk dihitung luasnya dengan pendekatan interpolasi geometri. Interpolasi geometri di sini artinya perhitungan luas yang dilakukan tidak berdasarkan luas objek pemindaian secara sebenarnya, melainkan melalui pendekatan perhitungan luas segitiga yang diasumsikan menutupi seluruh permukaan dari objek pemindaian. Hasil dari pengolahan tersebut, diputuskan menggunakan 51 data responden yang dianggap memenuhi syarat, yaitu tidak hilang dalam jumlah besar bagian tubuh dari figur tiga dimensi objek pemindaian. Hasil perhitungan luas dapat dilihat pada tabel

Tabel 3.5 Perhitungan Luas Tubuh Responden dengan Program C++

No	Nama Sampel	Total Perhitungan Luas dengan C++ (m ²)
1	92	4.28155
2	93	3.62405
3	94	4.20551
4	95	4.41199
5	96	3.74859
6	97	3.67664
7	98	4.06192
8	99	4.53979
9	100	3.87571
10	101	3.94876
11	102	3.70874
12	103	4.00187
13	104	3.86353
14	105	3.80606
15	106	3.74796
16	107	4.10187
17	108	4.12154
18	109	4.41622
19	110	4.14542
20	111	4.74144
21	112	4.05348
22	113	4.1221

No	Nama Sampel	Total Perhitungan Luas dengan C++ (m ²)
23	114	4.69649
24	115	4.03237
25	116	4.16387
26	117	4.83558
27	118	3.73488
28	119	3.62724
29	120	3.62867
30	121	3.78079
31	122	4.11892
32	123	3.79803
33	124	3.8209
34	125	3.98435
35	126	4.61395
36	127	3.54969
37	128	4.45034
38	129	3.95774
39	130	3.87917
40	131	4.21721
41	137	3.77077
42	142	4.57522
43	143	4.05911
44	144	4.14135
45	145	4.43352
46	146	4.16052
47	147	4.22938
48	148	3.91727
49	150	4.80907
50	151	4.21188
51	152	4.03796

BAB 4 PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Formula Luas Tubuh Manusia Indonesia dengan Metode Interpolasi Geometri Sederhana Berbasis Data Antropometri

Hasil pemindaian tiga dimensi dari objek responden yaitu berupa 151 ukuran tubuh manusia akan menjadi *input* bagi proses perhitungan luas tubuh manusia. Dalam penelitian kali ini, penulis menggunakan metode pendekatan bentuk geometri sederhana yang diasumsikan akan merepresentasikan bentuk bagian tubuh responden yang sebenarnya. Pendekatan ini adalah pendekatan yang jamak dilakukan dalam penelitian tentang luas tubuh manusia. Penulis memilih metode ini disebabkan beberapa pertimbangan, diantaranya atas pertimbangan kemudahan penggunaan, dan juga memanfaatkan kelebihan alat *Vitrus Vitronic XXL* yang sanggup menghitung ukuran antropometri tubuh dengan cepat dan akurat. Serta sanggup memberikan keluaran (*output*) berupa data *Microsoft Excel* yang sangat mudah diolah lebih lanjut.

4.1.1. Simplifikasi Bentuk Tubuh Manusia kedalam Bentuk Geometri Dasar

Mengacu pada beberapa jurnal ilmiah yang telah diterbitkan pada penelitian-penelitian sebelumnya tentang luas tubuh manusia, bentuk bagian tubuh manusia pada penelitian kali ini akan disimplifikasi menjadi bentuk geometri sederhana seperti, selimut tabung, selimut kerucut terpotong, dan bola. Khusus untuk bagian telapak tangan (*hand*) dan kaki (*foot & sole*) akan dilakukan perhitungan luas dengan perbandingan proporsi dengan lengan dan betis. Hal ini dikarenakan bagian tubuh tersebut memiliki hubungan proporsi luas (Chi-Yuang Yu, 2009) dan memiliki bentuk yang terlalu rumit untuk didekati secara geometris.

Dalam sub-bab ini juga akan dijelaskan ukuran tubuh mana yang dilibatkan dalam perhitungan serta bagian mana yang dianggap representatif untuk digunakan sebagai komponen perhitungan luas tubuh manusia. Hal ini bertujuan untuk memudahkan apabila seandainya ingin dilakukan pengukuran manual tanpa bantuan *3D Anthroscan*, acuan ukuran tubuh tersebut dapat digunakan.

4.1.1.1. Tangan (*Arms & Hands*)

Bagian tangan dari tubuh manusia penulis interpolasikan luasnya dengan menggunakan pendekatan kepada selimut kerucut terpancung. Hal ini berkaitan dengan bentuk natural lengan manusia yang cenderung silindris. Pendekatan bentuk dengan kerucut terpancung dipilih karena struktur tangan manusia yang semakin keujung semakin runcing. Adapun luas pergelangan tangan, seperti telah dijelaskan sebelumnya diperoleh dari perhitungan proporsi luas permukaan tangan dengan lengan bagian bawah, dimana untuk manusia Asia, perbandingan luas telapak tangan dibagi dengan lengan bawah adalah sebesar 0.77 berbanding 1.

Tabel 4.1 Tabel Formula Perhitungan Luas Area Tangan

Body Sections	Body Dimensions Used	Square Area Formula
Upper Arm	Upper Arm Length	x upper arm length x (upper arm girth/2 + elbow girth/2)
	Upper Arm Girth	
	Elbow Girth	
Forearm	Forearm Length	x forearm length x (forearm girth/2 +wrist girth/2)
	Forearm Girth	
	Wirst Girth	
Hands	Body proportion	0.77*forearm square area

Dalam menyusun data yang akan digunakan dalam perhitungan formulasi luas tubuh manusia dengan elemen berat badan dan tinggi badan, digunakan alat bantu berupa template *Microsoft Excel* yang membantu proses perhitungan. Tampilan dari template tersebut untuk luas area tangan dapat dilihat pada gambar 4.1.

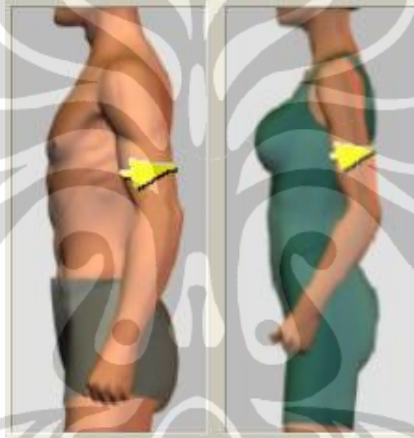
Arms & Hands	Upper Arm (cm)			Upper Arm Square Area (cm ²)
	Upper Arm Length	Upper Arm Girth	Elbow Girth	
Left	32.3	28.5	24.4	854.335
Right	32.4	28.9	25.5	881.28
	Forearm Arm Left (cm)			Forearm Square Area (cm ²)
	Forearm Length	Forearm Girth	Wrist Girth	
	27.2	23.8	15.8	538.56
	24.9	25.5	16.2	519.165
	Hand Area (cm ²)	Total Square Area (cm ²)		
	414.6912	3607.78825		
	399.75705			

Gambar 4.1 Tampilan Microsoft Excel Template untuk Perhitungan Luas Area Tangan

Dalam simplifikasi bentuk tangan manusia menjadi kerucut terpancung digunakan beberapa dimensi tubuh yang dihasilkan dari pengukuran dengan menggunakan 3D Anthroscan. Dimensi tersebut diantaranya adalah *upper arm length*, *upper arm girth*, *elbow girth*, *forearm length*, *forearm girth*, dan *wrist girth*. Dimensi tubuh tersebut dapat diilustrasikan seperti pada gambar 4.2 sampai dengan gambar 4.7



Gambar 4.2 Ilustrasi Dimensi *Upper Arm Length*



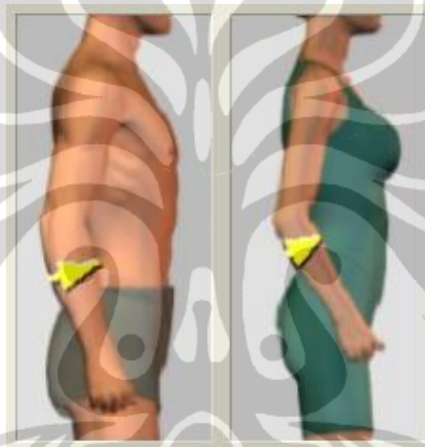
Gambar 4.3 Ilustrasi Dimensi *Upper Arm Girth*



Gambar 4.4 Ilustrasi Dimensi *Elbow Girth*



Gambar 4.5 Ilustrasi Dimensi *Forearm Length*



Gambar 4.6 Ilustrasi Dimensi *Forearm Girth*



Gambar 4.7 Ilustrasi Dimensi *Wrist Girth*

4.1.1..2. Kaki (Legs & Feet)

Bagian kaki dari tubuh manusia penulis interpolasikan luasnya dengan menggunakan pendekatan kepada selimut kerucut terpancung. Hal ini berkaitan dengan bentuk natural kaki manusia yang cenderung silindris. Pendekatan bentuk dengan kerucut terpancung dipilih karena struktur kaki manusia yang semakin ujung akan semakin runcing. Adapun luas pergelangan kaki dan telapak kaki, seperti telah dijelaskan sebelumnya diperoleh dari perhitungan proporsi luas tubuh antara kaki dan telapak kaki dengan betis (legs), dimana untuk manusia Asia, perbandingan luas telapak kaki dan kaki dengan betis adalah sebesar 0.492 berbanding 1.

Tabel 4.2 Formula Perhitungan Luas Area Kaki

Body Sections	Body Dimensions Used	Square Area Formula
Legs	Knee Height- Angkle Heigh	x (knee height- ankle height) x (knee girth/2 +ankle girth/2)
	Knee Girth	
	Angkle Girth	
Feet&Soles	Body proportion	0.492 x legs square area

Dalam menyusun data yang akan digunakan dalam perhitungan formulasi luas tubuh manusia dengan elemen berat badan dan tinggi badan, digunakan alat bantu berupa template *Microsoft Excel* yang membantu proses perhitungan. Tampilan dari template tersebut untuk area kaki dapat dilihat pada gambar 4.8.

Legs & Fool	Legs (cm)			Legs Square Area (cm ²)	Foot Square Area (cm ²)	Total Square Area (cm ²)
	Knee Height Angkle Height	Knee Girth	Angkle Girth			
left	39	36.4	24.6	1189.5	585.234	1207.8816
Right	39	38.3	26.6	1265.55	622.6506	

Gambar 4.8 Tampilan Microsoft Excel Template untuk Perhitungan Luas Area Kaki

Dalam simplifikasi bentuk kaki manusia menjadi kerucut terpancung digunakan beberapa dimensi tubuh yang dihasilkan dari pengukuran dengan menggunakan 3D Anthroscan. Dimensi tersebut diantaranya adalah *knee height*,

ankle height, *knee girth*, dan *ankle girth*. Dimensi tubuh tersebut dapat diilustrasikan seperti pada gambar 4.9 sampai dengan gambar 4.12.



Gambar 4.9 Ilustrasi Dimensi *Knee Height*



Gambar 4.10 Ilustrasi Dimensi *Ankle Height*



Gambar 4.11 Ilustrasi Dimensi *Knee Girth*



Gambar 4.12 Ilustrasi Dimensi *Ankle Girth*

4.1.1..3. Paha (*Thighs*)

Bagian paha dari tubuh manusia penulis interpolasikan luasnya dengan menggunakan pendekatan kepada selimut kerucut terpancung. Hal ini berkaitan dengan bentuk natural paha manusia yang cenderung silindris. Pendekatan bentuk dengan kerucut terpancung dipilih karena struktur paha manusia yang semakin ujung akan semakin runcing.

Tabel 4.3 Formula Perhitungan Luas Area Paha

Body Sections	Body Dimensions Used	Square Area Formula
Thighs	Thighs Length	x (sideam length-knee height height-waistband to buttock height) x (tigh girth/2 +knee girth/2)
	Thigh Girth	
	Knee Girth	

Dalam menyusun data yang akan digunakan dalam perhitungan formulasi luas tubuh manusia dengan elemen berat badan dan tinggi badan, digunakan alat bantu berupa template *Microsoft Excel* yang membantu proses perhitungan. Tampilan dari template tersebut untuk area paha dapat dilihat pada gambar 4.13.

Thighs	Thighs (cm)			Thighs Square Area (cm ²)	Total Square Area (cm ²)
	Thighs Length(Sideam Length-Knee Height-	Thigh Girth	Knee Girth		
Left	40.9	54.6	36.4	1860.95	3759.25
Right	41	54.3	38.3	1898.3	

Gambar 4.13 Tampilan Microsoft Excel Template untuk Perhitungan Luas Area Paha

Dalam simplifikasi bentuk paha manusia menjadi kerucut terpancung digunakan beberapa dimensi tubuh yang dihasilkan dari pengukuran dengan

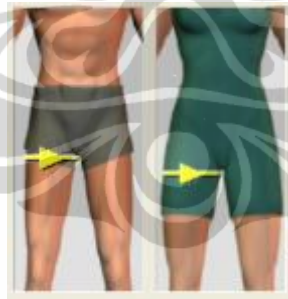
menggunakan 3D Anthroscan. Dimensi tersebut diantaranya adalah *sideam length*, *knee height*, *waistband to buttock height*, *thigh girth*, dan *knee girth*. Dimensi yang sebelumnya belum ditampilkan diilustrasikan seperti pada gambar 4.14 sampai 4.16.



Gambar 4.14 Ilustrasi Dimensi *Sidearm Length*



Gambar 4.15 Ilustrasi Dimensi *Waistband to Buttock Height*



Gambar 4.16 Ilustrasi Dimensi *Thigh Girth*

4.1.1..4. Kepala (*Head*)

Bagian kepala dari tubuh manusia penulis interpolasikan luasnya dengan menggunakan pendekatan kepada luas permukaan bola. Hal ini berkaitan dengan bentuk natural kepala manusia yang mendekati bola. Pendekatan bentuk kepala dan bola (*sphere*) juga sebelumnya digunakan oleh beberapa peneliti *body surface area*.

Tabel 4.4 Formula Perhitungan Luas Area Kepala

Head	Body Dimension	Square Area Formula
	Head Circumference	$4 \times ((\text{Head Circumference} / 2))^2$

Dalam menyusun data yang akan digunakan dalam perhitungan formulasi luas tubuh manusia dengan elemen berat badan dan tinggi badan, digunakan alat bantu berupa template *Microsoft Excel* yang membantu proses perhitungan. Tampilan dari template tersebut untuk area kepala dapat dilihat pada gambar 4.17.

Head	Head Circumference (cm)	Head Radius (cm)	Total Square Area (cm ²)
	61.8	9.840764331	1216.318471

Gambar 4.17 Tampilan Microsoft Excel Template untuk Perhitungan Luas Area Kepala

Dalam simplifikasi bentuk kepala manusia menjadi bentuk bola digunakan satuan antropometri keliling kepala, atau *head circumference*. Dimensi tersebut diilustrasikan seperti pada gambar 4.18.

**Gambar 4.18** Ilustrasi Dimensi *Head Circumference*

4.1.1..5. Leher (*Neck*)

Bagian leher dari tubuh manusia penulis interpolasikan luasnya dengan menggunakan pendekatan kepada selimut tabung. Hal ini berkaitan dengan bentuk

natural leher manusia yang cenderung silindris. Pendekatan bentuk dengan tabung dipilih karena diameter leher manusia cenderung memiliki diameter yang sama antara ujung dan pangkal.

Tabel 4.5 Formula Perhitungan Luas Area Leher

Neck	Body Dimensions (cm)		Square Area Formula
	Neck Length (Body Height-Neck Height Front)	Neck Diameter	
			$x \text{ (Body Height-Neck Height Front)} \times \text{Neck Diameter}$

Dalam menyusun data yang akan digunakan dalam perhitungan formulasi luas tubuh manusia dengan elemen berat badan dan tinggi badan, digunakan alat bantu berupa template *Microsoft Excel* yang membantu proses perhitungan. Tampilan dari template tersebut untuk area leher dapat dilihat pada gambar 4.19.

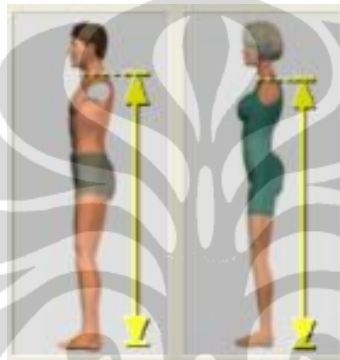
Neck	Body Dimensions (cm)		Total Square Area (cm ²)
	Neck Length (Body Height-Neck Height Front)	Neck Diameter	
	32.2	13.3	1344.7364

Gambar 4.19 Tampilan Microsoft Excel Template untuk Perhitungan Luas Area Leher

Dalam simplifikasi bentuk leher manusia menjadi selimut tabung digunakan beberapa dimensi tubuh yang dihasilkan dari pengukuran dengan menggunakan 3D Anthroscan. Dimensi tersebut diantaranya adalah *body height* dan *neck height front*. Dimensi tersebut diilustrasikan seperti pada gambar 4.20 sampai 4.21.



Gambar 4.20 Ilustrasi Dimensi *Body Height*



Gambar 4.21 Ilustrasi Dimensi *Neck Height Front*

4.1.1..6. Dada dan Pinggul (*Trunk*)

Bagian dada dan pinggul, yang dalam bahasa ergonomi lazim disebut *trunk* ini merupakan bagian paling rumit untuk diinterpolasi. Selain dikarenakan *trunk* adalah bagian tubuh yang berpotongan dengan bagian tubuh lain, bentuk dari bagian ini juga paling tidak beraturan dibanding dengan bagian tubuh lain.

Pada bagian ini penulis menginterpolasikan bentuk tubuh ini menjadi dua kelompok interpolasi, yang pertama adalah berbentuk trapesium untuk dada, punggung dan bagian samping dada, serta kelompok yang diinterpolasikan sebagai kerucut terpotong karena memiliki bentuk yang cenderung silindris, seperti bagian pinggul hingga batas paha. Untuk menghitung luas keseluruhan secara lebih akurat, penulis membagi wilayah *trunk* menjadi empat kelompok, yaitu dada bagian depan (*chest*), punggung (*back*), pinggul (*lower torso*), dan bagian dada samping (*side torso*). Formulasi luas keempat bagian tersebut seperti tertera pada tabel 4.7 sampai tabel 4.10

Tabel 4.6 Formula Perhitungan Luas Area Dada bagian Depan

Body Dimensions	Chest			
	Neck Front to Waist	Armpit Width	Waist Girth	Waist Diameter
Square Area Formula	$0.5 \times (\text{waist girth}/2 + \text{armpit width}) \times \text{neck front to waist}$			

Tabel 4.7 Formula Perhitungan Luas Area Punggung

Body Dimensions	Back			
	Cross Shoulder over Neck	Across Back Width (Armpit Level)	Neck to Across Back Width (Armpit Level)	Distance Across Back
Square Area Formula	$(0.5 \times (\text{across back width armpit level} + \text{Cross shoulder over Neck}) \times \text{Neck to Across Back Width}) + (0.5 \times (\text{waist girth}/2\pi + \text{across back width armpit level}) \times \text{distance across back})$			

Tabel 4.8 Formula Perhitungan Luas Area Samping Dada

Body Dimensions	Side Upper Torso							
	Bust Cest Girth	Armpit Width	Across Back (Armpit Level)	Upper Side Torso Width	Waist Girth	Torso Width at Waist	Lower Side Torso Width	Distance across back width (armpit level)
Square Area Formula	$0.5 \times \text{distance across back width (armpit level)} \times ((\text{bust cest girth} - \text{armpit width} - \text{across back armpit level})/2 + (\text{Waist Girth} - 2 \times \text{Torso Width at Waist})/2) \times 2$							

Tabel 4.9 Formula Perhitungan Luas Area Pinggul

Body Dimensions	Lower Torso					
	High Hip Girth	Buttock Girth	Hip Girth	Waist to Buttock	Waistband Right to Crotch	Distance Waisband to Buttock
Square Area Formula	$\left(x \text{ waist to buttock} \times \left(\frac{\text{buttock girth}}{2} + \frac{\text{high hip girth}}{2} \right) \right) + \left(x \left(\text{distance waistband to buttock} - \text{distance waistband right to crotch} \right) \times \left(\frac{\text{buttock girth}}{2} + \frac{\text{hip girth}}{2} \right) \right)$					

Dalam menyusun data yang akan digunakan dalam perhitungan formulasi luas tubuh manusia dengan elemen berat badan dan tinggi badan, digunakan alat bantu berupa template *Microsoft Excel* yang membantu proses perhitungan. Tampilan dari template tersebut untuk area dada dan pinggul dapat dilihat pada gambar 4.13.

	Chest				Chest Square Area (cm ²)	Back					Back Square Area (cm ²)
	Neck Front to Waist	Armpit Width	Waist Girth	Waist Diameter		Cross Shoulder over Neck	Across Back Width (Armpit)	Neck to Across Back Width	Distance Across Back	Waist Diameter	
	31	39.4	79.4	12.6433121	806.6713	39.9	39.9	15.1	21.1	12.61331	1176.673
Trunk	Side Upper Torso								Side Upper Torso Square Area (cm ²)		
	Best Chest Girth	Armpit Width	Across Back (Armpit)	Upper Side Torso Width	Waist Girth	Torso Width at Waist	Lower Side Torso Width	Distance across back width			
	95.5	39.1	39.5	8.3	79.1	33.2	6.5	21.1	316.72		
	Lower Torso							Lower Torso Square Area (cm ²)	Total Square Area (cm ²)		
	High Hip Girth	Buttock Girth	Hip Girth	Waist to Buttock	Waistband Right to Crotch	Distance Waistband to Buttock	Distance Buttock to Crotch				
	87.3	93.1	96.1	19.5	20.7	10.3	10.4	2700.005	4193.7281		

Gambar 4.22 Tampilan Microsoft Excel Template untuk Perhitungan Luas Area Dada dan Pinggul

Dalam simplifikasi bentuk dada dan pinggul menjadi bentuk trapesium dan kerucut terpancung digunakan beberapa dimensi tubuh yang dihasilkan dari pengukuran dengan menggunakan 3D Anthroscan. Dimensi tersebut diilustrasikan seperti pada gambar 4.23 sampai 4.38.



Gambar 4.23 Ilustrasi Dimensi *Waist Girth*



Gambar 4.24 Ilustrasi Dimensi *Armpit Width*



Gambar 4.25 Ilustrasi Dimensi *Neck Front to Waist*



Gambar 4.26 Ilustrasi Dimensi *Across Back Width Armpit Level*



Gambar 4.27 Ilustrasi Dimensi *Across Shoulder Over Neck*



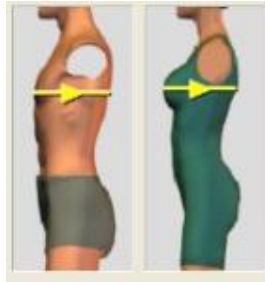
Gambar 4.28 Ilustrasi Dimensi *Neck to Across Back Width*



Gambar 4.29 Ilustrasi Dimensi *Waist Girth*



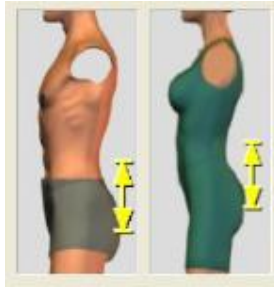
Gambar 4.30 Ilustrasi Dimensi *Distance Across Back*



Gambar 4.31 Ilustrasi *Bust Chest Girth*



Gambar 4.32 Ilustrasi Dimensi *Torso Width at Waist*



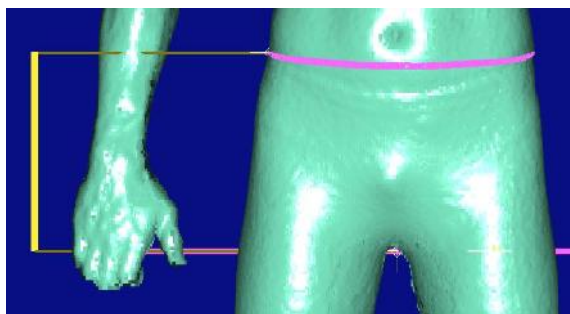
Gambar 4.33 Ilustrasi Dimensi *Waist to Buttock*



Gambar 4.34 Ilustrasi Dimensi *Buttock Girth*



Gambar 4.35 Ilustrasi Dimensi *High Hip Girth*



Gambar 4.36 Ilustrasi Dimensi *Distance Waistband to Crotch*



Gambar 4.37 Ilustrasi Dimensi *Distance Waistband to Buttock*



Gambar 4.38 Ilustrasi Dimensi *Hip Girth*

4.1.2. Perhitungan Luas Tubuh Manusia dengan Metode Interpolasi Geometri Sederhana Berbasis Data Antropometri

Dengan menggunakan asumsi simplifikasi bentuk tubuh menjadi bentuk dasar geometris, proses perhitungan luas tubuh manusia menjadi mungkin dilakukan. Dengan mengolah data *output* dari proses pemindaian yang dilakukan menggunakan Vitus Vitronic XXL, maka luas tubuh responden dapat seketika diketahui. Kemudian untuk dapat dicari rumus empiris perlu disusun *database* yang berisikan data-data berat badan, tinggi badan dan luas tubuh manusia tersebut. Hasil dari penelitian ini penulis cantumkan pada tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10 Perhitungan Luas Tubuh Manusia dengan Menggunakan Interpolasi Geometri Sederhana

No	Nama Sampel	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (cm)	Total (m ²)
1	92	74.40	170.80	1.72
2	93	48.60	158.50	1.31
3	94	70.2	170.8	1.62
4	95	76.4	171.5	1.65
5	96	20.8	169.7	1.39

No	Nama	Berat	Tinggi	Total
6	97	50.4	163.6	1.37
7	98	61.7	178.7	1.56
8	99	71.5	188.1	1.72
9	100	53.9	163.5	1.43
10	101	57.9	164.3	1.48
11	102	55	164.3	1.41
12	103	62.8	167.5	1.53
13	104	56.4	174.8	1.46
14	105	46.2	169	1.34
15	106	53.6	158.5	1.37
16	107	59	173.7	1.49
17	108	62.1	171.5	1.53
18	109	83.8	165	1.73
19	110	68.6	169	1.65
20	111	83.3	182	1.85
21	112	63.5	161	1.55
22	113	56	184.1	1.53
23	114	79.8	178	1.75
24	115	54.6	169.7	1.49
25	116	67	173.7	1.57
26	117	84.4	188.1	1.82
27	118	56.6	161.7	1.45
28	119	51.8	165.7	1.37
29	120	43.8	169	1.28
30	121	55.6	172.2	1.49
31	122	65.4	166.4	1.53
32	123	52.4	172.2	1.38
33	124	59	165	1.47
34	125	60.1	169.7	1.49
35	126	83.8	179.4	1.81
36	127	46.8	170.8	1.29
37	128	76.2	173.7	1.73
38	129	59.2	159.6	1.43
39	130	66.6	161.8	1.57
40	131	77.2	174.8	1.77
41	137	65.1	174.6	1.61
42	138	54	163.4	1.39
43	139	60.6	166.6	1.32
44	142	78.5	179.5	1.77
45	143	62.7	169	1.53
46	144	64.5	169	1.60
47	145	72.2	183.4	1.71

No	Nama	Berat	Tinggi	Total
48	146	58.6	178	1.53
49	147	64.1	172.9	1.54
50	148	53.4	163.6	1.40
51	149	68.2	182.7	1.62
52	150	94.3	182	1.91
53	151	63.6	178	1.55
54	152	63.5	168.3	1.53

Peneliti kemudian juga merasa perlu untuk melakukan perhitungan selisih antara luas tubuh manusia yang dihitung dengan formula pendekatan interpolasi geometri sederhana ini dengan rumus yang telah jamak dipakai dalam dunia penelitian *body surface area*. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini. Dengan rata-rata margin perbedaan diantara tiga metode tersebut berturut-turut untuk formula Du Bois, Haycock dan Mosteller adalah 11.34%,11,24% dan 11,17 %

Tabel 4.11 Perbedaan Hasil Perhitungan BSA Dengan Metode Interpolasi Geometrik Sederhana dengan Metode BSA Milik Du Bois, Haycock dan Mosteller

Perbedaan Luas Tubuh dengan Formula Du Bois (%)	Perbedaan Luas Tubuh dengan Formula Haycock (%)	Perbedaan Luas Tubuh dengan Formula Mosteller (%)
7.44	8.74	8.19
11.11	10.27	10.49
11.10	11.77	11.43
12.79	14.15	13.59
28.90	46.43	40.47
10.47	9.05	9.44
12.33	10.39	10.91
12.23	10.27	10.77
8.87	8.15	8.31
8.94	8.81	8.76
11.66	11.02	11.15
10.47	10.59	10.45
13.04	10.86	11.47
11.06	7.79	8.79
10.61	10.76	10.65
12.99	11.44	11.85
11.32	10.64	10.76

Perbedaan Luas Tubuh dengan Formula Du Bois (%)	Perbedaan Luas Tubuh dengan Formula Haycock (%)	Perbedaan Luas Tubuh dengan Formula Mosteller (%)
9.68	13.13	11.90
7.77	8.54	8.18
9.82	10.35	10.03
7.37	8.81	8.25
12.20	8.39	9.53
11.52	12.27	11.89
8.49	6.77	7.24
13.10	12.82	12.80
13.76	13.47	13.40
9.17	9.28	9.17
12.23	10.75	11.16
13.07	9.32	10.49
10.05	8.10	8.64
11.49	12.21	11.87
14.30	11.86	12.57
10.91	10.85	10.78
12.09	11.40	11.53
10.87	11.88	11.40
16.01	12.74	13.74
9.44	10.46	10.00
11.03	11.97	11.58
8.13	9.89	9.22
8.07	9.05	8.59
10.00	9.26	9.39
10.50	10.84	10.59
10.88	10.73	10.68
8.15	8.29	8.14
11.95	10.82	11.05
11.68	9.32	9.98
12.92	12.33	12.41
10.74	9.92	10.11
11.43	13.19	12.46
13.57	12.07	12.45
11.07	11.16	11.03

4.1.3. Hasil Perhitungan Formula Luas Tubuh Manusia Indonesia dengan Metode Interpolasi Geometri Sederhana Berbasis Data Antropometri

Dengan memperoleh *database* sebagai hasil penelitian, penulis merasa perlu dilakukan perhitungan rumus yang tidak hanya berlaku bagi orang per orang, namun dapat digunakan secara luas dan praktis, dan tetap sesuai dengan karakteristik antropometri manusia Indonesia. Untuk itulah perhitungan selanjutnya ditujukan untuk mengetahui formula empiris yang menghubungkan antara luas tubuh, berat badan dan tinggi badan manusia. Prinsip matematis yang digunakan adalah sebagai berikut:

Formula BSA yang lazim digunakan memiliki formulasi dasar sebagai berikut:

$$L = x W x H$$

Atau dapat juga dikatakan

$$\ln L = \ln x + \ln W + \ln H$$

Maka apabila kita misalkan ada tiga buah matriks yaitu:

- Sebuah matriks 3 x n bernama matriks A, dimana setiap kolom itu berisi satu baris konstanta 1, ln W, dan ln H. Berlanjut hingga 1, ln W_n, ln H_n
 - Contoh:

$$\begin{matrix} 1 & \ln W_1 & \ln H_1 \\ 1 & \ln W_2 & \ln H_2 \\ 1 & \ln W_n & \ln H_n \end{matrix}$$

- Sebuah matriks kolom bernama matriks x, yang berisikan dari atas ke bawah ln γ , dan β .

$$\begin{matrix} \ln \gamma \\ \alpha \\ \beta \end{matrix}$$

- Gambaran:

- Sebuah matriks kolom bernama matriks y, yang berisikan dari atas ke bawah ln L₁, ln L₂, seterusnya hingga ln L_n

$$\begin{matrix} \ln L_1 \\ \ln L_2 \\ \ln L_n \end{matrix}$$

- Gambaran:

Berdasarkan persamaan logaritma natural yang kita telah gariskan di atas akan berlaku persamaan:

$$Ax = y$$

Dimana jika kita ingin mengoreksi pangkat dari persamaan empiris formula BSA kita harus menemukan nilai matriks x . Hal ini dapat dicapai dengan mengolah persamaan matriks di atas menjadi seperti berikut:

$$Ax = y$$

$$A^T Ax = A^T y$$

Dimana

$$x = (A^T A)^{-1} y$$

Dengan kita memiliki matriks A seperti di bawah ini:

1	4.309456	5.140493
1	3.883624	5.065755
1	4.251348	5.140493
1	4.335983	5.144583
1	3.034953	5.134032
1	3.919991	5.097424
1	4.122284	5.185708
1	4.269697	5.236974
1	3.98713	5.096813
1	4.058717	5.101694
1	4.007333	5.101694
1	4.139955	5.120983
1	4.032469	5.163642
1	3.83298	5.129899
1	3.981549	5.065755
1	4.077537	5.15733
1	4.128746	5.144583
1	4.428433	5.105945
1	4.228293	5.129899
1	4.422449	5.204007
1	4.15104	5.081404
1	4.025352	5.215479
1	4.379524	5.181784
1	4.000034	5.134032
1	4.204693	5.15733
1	4.435567	5.236974
1	4.036009	5.085743
1	3.94739	5.110179
1	3.779634	5.129899
1	4.018183	5.148657
1	4.180522	5.114395
1	3.958907	5.148657

1	4.077537	5.105945
1	4.09601	5.134032
1	4.428433	5.189618
1	3.845883	5.140493
1	4.333361	5.15733
1	4.080922	5.072671
1	4.198705	5.086361
1	4.346399	5.163642
1	4.175925	5.162498
1	3.988984	5.096201
1	4.104295	5.115596
1	4.363099	5.190175
1	4.138361	5.129899
1	4.166665	5.129899
1	4.27944	5.21167
1	4.070735	5.181784
1	4.160444	5.152713
1	3.977811	5.097424
1	4.222445	5.207845
1	4.546481	5.204007
1	4.152613	5.181784
1	4.15104	5.125748

Dan matriks y memiliki nilai sebagai berikut:

0.545131
0.269558
0.480171
0.499888
0.329985
0.315173
0.444175
0.54504
0.360893
0.39413
0.341978
0.425744
0.381834
0.29504
0.316729
0.397001
0.428487
0.546188
0.49945
0.613239
0.435787

0.425947
 0.559765
 0.397546
 0.449731
 0.598019
 0.370391
 0.316152
 0.249572
 0.398712
 0.426719
 0.32506
 0.383331
 0.398172
 0.593633
 0.251023
 0.545664
 0.359362
 0.451412
 0.570811
 0.47631
 0.326126
 0.275155
 0.570389
 0.426886
 0.469081
 0.534115
 0.426757
 0.429699
 0.336729
 0.481214
 0.647849
 0.43994
 0.427188

Dengan menggunakan perangkat Matlab untuk melakukan kalkulasi terhadap perhitungan matriks di atas, akan diperoleh hasil bahwa matriks x bernilai:

$$\begin{aligned}
 \ln \gamma &= -5.1528 \\
 \alpha &= 0.2812 \\
 \beta &= 0.8604
 \end{aligned}$$

Dengan $\gamma = 0.0058$

Maka persamaan formula luas tubuh manusia sebagai hasil dari penelitian ini adalah:

$$L = 0.0058 \times W^{0.2812} \times H^{0.8604}$$

4.2. Perhitungan Formula Luas Tubuh Manusia Indonesia dengan Pendekatan Luas Segitiga pada Data Bertipe *Stereolytography*

4.2.1. Penentuan Nilai Faktor Koreksi Alat Pemindai dalam Pengukuran Luas dengan Pendekatan Luas Segitiga pada Data Bertipe *Stereolytography*

Dengan mengolah hasil pencarian faktor koreksi dari tabung yang digunakan sebagai objek pemindaian, akan didapatkan faktor koreksi yang dapat diaplikasikan sebagai faktor pengali dari hasil perhitungan luas tubuh responden dengan menggunakan program HitungLuas. Untuk mencari nilai dari faktor koreksi tersebut, penulis menggunakan metode least square dimana hasilnya dapat dilihat pada gambar

x	y	x ²	y ²	xy	dev x	dev y	(dev x) ²	(dev y) ²	dev x)(dev y)	(y _i -b-mx _i) ²
125525	270377.5025	16775725625	73104210226	3.5E+10	-453337.5	-1176395.83	2.05515E+11	1.38391E+12	5.333E+11	591212243.2
255050	512546.4419	67105902500	3.75703E+11	1.59E+11	-323812.5	-833827.294	1.04855E+11	6.95268E+11	2.7E+11	119078520.6
386575	758075.2800	1.50291E+11	9.17908E+11	3.72E+11	-194287.5	-483698.455	37747632656	2.38626E+11	9.4948E+10	25507704.25
518100	1300719.101	2.68428E+11	1.69187E+12	5.74E+11	-64762.5	-145054.635	4154181406	21331955356	9458863238	343300193.6
647625	1647085.142	4.19418E+11	2.71289E+12	1.07E+12	64762.5	200312.4064	4194181406	40125060145	1.2973E+10	1276590715
777150	1955273.403	5.03962E+11	3.83875E+12	1.52E+12	194287.5	512499.6723	37747632656	2.62656E+11	9.3572E+10	351583082.3
906675	2261310.861	8.2206E+11	5.11353E+12	2.05E+12	323812.5	814537.1255	1.04855E+11	6.63471E+11	2.5376E+11	70188505.25
1036200	2564400.740	1.07371E+12	5.57615E+12	2.66E+12	453337.5	1117627.013	2.05515E+11	1.24509E+12	5.0666E+11	1187075621

sum x	4662900	N	8
sum y	11574139.89	mean x	582862.5
sum (x ²)	3.42245E+12	mean y	1445773.736
sum (y ²)	2.12999E+13	b (intercept)=	-34473.2343
sum(xy)	8.53684E+12	m (slope)=	2.541331738
sum(dev x)	0	σ _y =	25705.19333
sum(dev y)	0	σ _x =	20029.32528
sum((dev x) ²)	7.04622E+11	σ _m =	0.03062264
sum((dev y) ²)	4.55468E+12	r ²	0.999129566
sum((dev x)(dev y))	1.79068E+12		
sum((y _i -b-mx _i) ²)	3964541785		

Gambar 4.39 Hasil Least Square Tabung sebagai Dasar Pencarian Faktor Koreksi

Faktor koreksi yang dimaksud di atas adalah besarnya bilangan yang harus dikalikan kepada luas permukaan sebuah benda agar nilainya sama dengan besar luas permukaan yang dihasilkan dengan cara menghitung luas segitiga dari data *stereolytography* yang dihasilkan oleh pemindai 3D Vitrus Vitronic XXL. Hal ini

kemungkinan muncul karena perangkat lunak berfokus pada tampilan, sehingga muncul segitiga ganda yang membuat luas permukaan terhitung menjadi berkali lipat.

Fakto koreksi dari perhitungan di atas adalah sebesar 2.541 dengan penambahan konstanta -34473.2343 milimeter persegi. Artinya hasil perhitungan yang didapat dari program HitungLuas, harus terlebih dahulu dibagi dengan angka 2.541 dan ditambahkan luasan sebesar 34473.2343 milimeter persegi. Hasil ini kemudian harus dikalikan lagi dengan faktor pengali 1.029 guna mengganti sebagian dari bagian telapak kaki yang tidak terpindai karena tidak dicapai laser.

4.2.2. Hasil Perhitungan Formula Luas Tubuh Manusia Indonesia dengan Pendekatan Luas Segitiga pada Data Bertipe Stereolytography

Berikut adalah hasil perhitungan luas yang telah dikoreksi dengan faktor koreksi dan faktor pengali sebagai pengganti proporsi tubuh yang tidak terpindai. Hasil dari perhitungan luas yang telah dikoreksi dapat dilihat pada Tabel 4.12 sementara nilai koreksi dengan formula lain dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Luas Tubuh dengan Program C++ HitungLuas

Nama Sampel	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (cm)	Total Luas Tubuh (m ²)
92	74.40	170.80	1.769255376
93	48.60	158.50	1.503045093
94	70.2	170.8	1.738468107
95	76.4	171.5	1.822068258
96	20.8	169.7	1.553469167
97	50.4	163.6	1.524337867
98	61.7	178.7	1.68033102
99	71.5	188.1	1.873812249
100	53.9	163.5	1.604937838
101	57.9	164.3	1.634514509
102	55	164.3	1.537334597
103	62.8	167.5	1.656017822
104	56.4	174.8	1.600006369
105	46.2	169	1.576737768
106	53.6	158.5	1.553214091
107	59	173.7	1.696506078

Nama Sampel	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (cm)	Total Luas Tubuh (m ²)
108	62.1	171.5	1.704470118
109	83.8	165	1.823780911
110	68.6	169	1.714138714
111	83.3	182	1.955456817
112	63.5	161	1.676913811
113	56	184.1	1.704696852
114	79.8	178	1.937257346
115	54.6	169.7	1.66836674
116	67	173.7	1.721608797
117	84.4	188.1	1.993572461
118	56.6	161.7	1.547918227
119	51.8	165.7	1.504336669
120	43.8	169	1.504915651
121	55.6	172.2	1.566506386
122	65.4	166.4	1.703409326
123	52.4	172.2	1.573486561
124	59	165	1.582746225
125	60.1	169.7	1.64892428
126	83.8	179.4	1.903838339
127	46.8	170.8	1.472938026
128	76.2	173.7	1.837595504
129	59.2	159.6	1.638150355
130	66.6	161.8	1.606338732
131	77.2	174.8	1.743205233
137	65.1	174.6	1.562449463
142	78.5	179.5	1.888157238
143	62.7	169	1.6791933
144	64.5	169	1.712490842
145	72.2	183.4	1.830785379
146	58.6	178	1.72025244
147	64.1	172.9	1.748132653
148	53.4	163.6	1.621764758
150	94.3	182	1.982839024
151	63.6	178	1.741047208
152	63.5	168.3	1.670630034

Perbedaan perhitungan luas tubuh antara metode analisis interpolasi segitiga terhadap data bertipe *stereolytography* dengan beberapa metode lain yang

jamak dipakaidapat dilihat pada tabel 4.13. Rata-rata perbedaan untuk metode Du Bois, Haycock dan Mosteller berturut turut adalah 4.38%, 4.92%, dan 4.61% lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan interpolasi geometrik sederhana.

Tabel 4.13 Perbedaan Perhitungan Luas Tubuh Manusia dengan Menggunakan Program C++
HitungLuas

Perbedaan Luas Tubuh dengan Formula Du Bois (%)	Perbedaan Luas Tubuh dengan Formula Haycock (%)	Perbedaan Luas Tubuh dengan Formula Mosteller (%)
5.05939396	6.390459505	5.830259543
2.038497215	2.997605355	2.7520494
4.378967629	5.099578165	4.741116099
3.607742605	5.115682189	4.492571679
43.95941106	63.53924878	56.88495581
0.416119674	1.155639587	0.722285281
5.514095288	3.426712589	3.98452453
4.644048229	2.516240401	3.053997666
1.945085282	2.752179782	2.578467258
0.356806592	0.49888021	0.54997499
3.525907764	2.827736137	2.966985231
3.13762892	3.274152625	3.121137883
5.022828235	2.644589704	3.314199872
4.400468222	8.243152114	7.064718838
1.146007443	0.975171897	1.108005698
0.751917928	1.007649366	0.549694467
1.526891415	0.774765339	0.9024814
4.59925316	8.238373839	6.940667161
4.054628269	4.861506818	4.480552068
4.488421164	5.059229033	4.711325592
0.465470981	1.096204284	0.491039085
2.245462022	2.005601448	0.734329916
2.070111014	2.894601061	2.472493677
2.588573477	4.520900363	3.993341048
4.581740619	4.272988586	4.247876771
5.455061109	5.136958756	5.066901701
2.92219614	3.044959956	2.918598096
3.754651021	2.127933342	2.575057527
1.929871644	6.319468485	4.950135013
5.423110221	3.375532945	3.9429045
1.599796757	2.398647691	2.027376924
2.578034841	0.198872989	0.612430224

Perbedaan Luas Tubuh dengan Formula Du Bois (%)	Perbedaan Luas Tubuh dengan Formula Haycock (%)	Perbedaan Luas Tubuh dengan Formula Mosteller (%)
3.89256241	3.826340111	3.751369467
2.65953806	1.893937893	2.034354126
6.273204528	7.335385195	6.836007862
3.747956204	0.00281633	1.151777317
3.573175556	4.655072627	4.165082123
1.754088458	0.678471686	1.117823643
6.030950254	7.837698644	7.154254364
9.447111328	10.40903409	9.963126281
12.66553551	11.948757	12.06847294
4.466541238	4.833124364	4.561775069
2.348750804	2.182710624	2.124313694
1.603150263	1.750022936	1.586132698
5.500766132	4.297267045	4.540221712
0.844942564	1.805223132	1.06124027
0.941435824	0.275031961	0.36793676
3.376924748	4.32590842	4.106256636
8.124036123	9.941963187	9.187178802
3.078428399	1.402812725	1.819952342
3.077603563	3.183687816	3.037765695

Dengan menggunakan perangkat Matlab dan cara yang sama dengan yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan pada pendekatan interpolasi geometri sederhana, akan diperoleh hasil bahwa matriks x untuk pendekatan interpolasi segitiga pada data berformat *stereolytography* bernilai:

$$\begin{aligned} \ln \gamma &= -4.4846 \\ \alpha &= 0.1956 \\ \beta &= 0.8169 \end{aligned}$$

Dengan $\gamma = 0.0113$

Maka persamaan formula luas tubuh manusia sebagai hasil dari penelitian ini adalah:

$$L = 0.0113 \times W^{0.1956} \times H^{0.8169}$$

BAB 5 KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Dalam penggunaannya, formula luas tubuh manusia (*body surface area*) terkadang dituntut untuk memberikan tingkat akurasi perhitungan yang tinggi. Dan tingkat akurasi yang tinggi tersebut akan sangat sulit untuk dicapai jika formula yang ditawarkan hanya sebatas formula empiris yang mengkorelasikan antara berat badan dan tinggi badan seperti yang selama ini lazim digunakan. Hal ini karena, setiap orang memiliki kepadatan tubuh, masa jenis, aktivitas dan karakter fisik bawaan yang berbeda-beda. Maka pendekatan geometri menjadi alternatif perhitungan yang cukup akurat, sebab pengukuran dilakukan secara langsung sesuai dengan keadaan fisik responden.

Menjawab respon dari munculnya pemikiran tersebut, studi ini dikembangkan untuk menjawab kebutuhan tersebut. Interpolasi luas permukaan tubuh dengan melakukan simplifikasi bentuk tubuh manusia ke dalam bentuk geometri dasar dijadikan dasar untuk mengolah data antropometri yang diperoleh dari alat pemindai tiga dimensi berakurasi tinggi. Dengan demikian peluang untuk mendapatkan perhitungan luas tubuh manusia Indonesia yang lebih presisi dapat ditingkatkan.

Dari pendekatan ini, kemudian dapat disusun sebuah formula perhitungan luas tubuh manusia Indonesia yang didasarkan pada perhitungan mendetail dari setiap bagian tubuh yang diinterpolasi menjadi bentuk geometri tertentu. Total ada empat bentuk geometri dasar yang digunakan, diantaranya yaitu jajar genjang, selimut kerucut, selimut tabung dan bola. Dengan melibatkan 38 dimensi tubuh *database* yang disusun memunculkan formula empiris untuk luas tubuh manusia Indonesia sebagai berikut: $BSA = 0.0058 \times W^{0.2812} \times H^{0.8604}$

Pendekatan lain yang dilakukan dalam penelitian kali ini adalah dengan melakukan perhitungan formula luas tubuh manusia dengan pendekatan interpolasi yang lebih mendetail. Pendekatan yang digunakan adalah dengan menganalisis data berformat *sthereolytography*. Dimana ini adalah bentuk dasar

dari bahasa permodelan *rapid prototyping* yang mentransformasikan permukaan objek pemindaian kedalam bentuk segitiga-segitiga atau bangun polinomial sederhana lain dan kemudian menyimpannya dalam bentuk koordinat-koordinat titik. Dengan meluasnya penggunaan pemindai tiga dimensi terbuka pula peluang untuk menggunakan teknik interpolasi dalam perhitungan luas tubuh manusia Indonesia. Maka dari itu penulis menjalankan penelitian ini dengan berfokus pada memperbaiki akurasi formula empirik yang mengkorelasikan luas tubuh manusia dengan berat badan dan tinggi badan.

Kelemahan yang jamak dari format .stl adalah peluang munculnya *redundant triangles* atau segitiga ganda yang berhimpit yang berpotensi menambah luas hasil pengukuran dengan analisis luas segitiga kumulatif menjadi jauh lebih besar daripada luas faktualnya. Kelemahan ini dapat diatasi dengan menguji reliabilitas dari alat ukur tersebut, dalam hal ini pemindai tiga dimensi, dan menghitung faktor koreksinya.

Dari perhitungan dengan menggunakan tabung yang divariasikan panjangnya didapat hubungan antara hasil pemindaian dengan luas actual dimana faktor koreksi yang diperoleh adalah sebesar 2.541 dengan penambahan konstanta -34473.2343 milimeter persegi. Maka dengan demikian setiap hasil perhitungan luas tubuh responden dengan program HitungLuas yang dipergunakan dalam penelitian kali ini harus terlebih dahulu dibagi dengan faktor koreksi sebesar 2.541 dan ditambahkan dengan konstanta luas sebesar 34473.234 milimeter persegi. Luas ini kemudian harus dikalikan dengan faktor koreksi proporsi telapak kaki yang tidak terpindai sebesar 1.018 kali, baru kemudian dapat diolah lebih lanjut untuk mendapatkan formula empiric. Dari pendekatan kedua ini formula BSA baru yang berpotensi memiliki tingkat akurasi lebih tinggi untuk manusia Indonesia menjadi, $BSA = 0.0113 \times W^{0.1956} \times H^{0.8169}$ formula tersebut akan memberikan koreksi sekitar 4-5% jika dibandingkan dengan perhitungan tiga formula BSA yang paling sering dipakai yaitu Du Bois, Haycock dan Mosteller.

5.2. Saran

Sebagai riset awal yang menggunakan metode pendekatan yang terbilang baru tentu penelitian ini masih sangat jauh dari sempurna. Adapun terdapat beberapa catatan strategis yang dapat dilanjutkan pada penelitian-penelitian

selanjutnya agar keberlangsungan riset ini dapat terjaga dan dapat memberikan manfaat yang lebih luas lagi bagi dunia industri, pendidikan dan masyarakat pada umumnya. Catatan tersebut diantaranya:

1. Perlu dilakukan perluasan sampel, sehingga formula yang disusun nantinya benar-benar dapat menjawab karakteristik antropometri yang sesuai dengan masyarakat Indonesia.
2. Dalam hal pendekatan perhitungan interpolasi geometri, perlu dilakukan segmentasi bagian tubuh yang lebih kecil lagi, sehingga meningkatkan ketelitian hasil perhitungan.
3. Perlu dilakukan sinkronisasi dengan riset sebelumnya yang mencari korelasi hubungan antar panjang tubuh, hal ini penting untuk meningkatkan kemudahan penggunaan formula tersebut oleh masyarakat luas.
4. Dalam hal pendekatan analisis data dengan format .stl beberapa masukan adalah dengan mengoptimalkan penggunaan perangkat lunak yang sanggup menghilangkan segitiga-segitiga ganda dan berhimpit, sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih akurat.
5. Dalam pencarian faktor koreksi, harap dilakukan dengan *dummy* yang lebih kompleks, seperti bola, dan juga penempatan sudut, agar semakin representatif dengan objek pemindaian yang sesungguhnya yaitu manusia.
6. Terhadap beberapa bagian tubuh yang rawan tidak terpindai disarankan dilakukan kerjasama untuk dapat merekayasa laser sehingga sensor dapat bergerak dengan sudut tertentu dan meminimalisir titik hilang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashby, P. (1979). *Ergonomic Handbook 1: Body Size and Strength*. SA Design Institute, Private Bag X191, Pretoria 0001
- Blackwell, S., Robinette, K., Daanen, H., Boehmer, M., Fleming, S., Kelly, S., Brill, T., Hoferlin, D., and Burnside, D. (2002) Civilian American and European Surface Anthropometry Resource (CAESAR), Final Report, Volume II: Descriptions, (in press)
- Boyd E (1935) Surface Area of the Human Body. University of Minnesota Press: Minneapolis
- Brians GL and Bailey BJR (1994) Surface area estimation: Pocket calculator v nomogram. *Archives of Disease in Childhood* 70:246-247
- Chapanis, Alphonse. (1994). Ergonomics in product development: a personalized review. In: Proceedings of IEA 94. Toronto: IEA. Vol 1, pag. 52 – 54.
- Chapanis, Alphonse. (1999). *The Chapanis chronicles: 50 years of human factors research, education, and design*. Santa Barbara (California): Aegean Publishing Company.
- Cobb, P. (2001). *Supporting the Improvement of Learning and Teaching in Social and Institutional Context*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Coon S. C., S. M. Garn, J. B. Birdsell. (1950). *Races: A Study of Race Formation in Man*. Cushman, William H. and Daniel J. Rosenberg. (1991). *Human Factors in Product Design*. Amsterdam: Elsevier.
- Daanen, Hein. (2007). 3D anthropometric data collection. In: WEAR meeting Brazil.
- Daw, S. F. (1970). Age of boys' puberty in Leipzig, 1727-49, as indicated by voice breaking in J. S. Bach's choir members. *Human Biology* 42: 87-89.
- Du Bois D, Du Bois EF. The measurement of the surface area of man. In: *Archives of internal medicine, clinical calorimetry, fifth paper*. 1915. p. 868–81.
- Du Bois D, Du Bois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. In: *Archives of internal medicine, clinical calorimetry, tenth paper*. 1916. p. 863–71.

- Edelson, Daniel C. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. *The Journal of The Learning Sciences*, 11(1), pp. 105-121. Northwestern: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Floud, R., K. Wachter, and A. Gregory. (1990). *Height, Health, and History: Nutritional Status in the United Kingdom, 1750-1980*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Garn, Stanley M. *Human Races*. Charles C. Thomas: United States of America. 1971.
- G. T. Herman, J. Zheng, and C. A. Bucholtz. Shape-based interpolation. *IEEE ComputerGraphics and Applications*, pages 69–79, May 1992.
- Harsojo, Prof. (1988). *Pengantar Antropologi*. Bandung: Binacipta,
- Haycock GB, Schwartz GJ, Wisotsky DH. Geometric methodfor measuring body surface area: a height weight formulavalidated in infants, children and adults. *J Pediatrics*1978;93(1):62–6.
- Hertzberg, H. T. E. et al. (1963). *Anthropometric Survey of Turkey, Greece, and Italy*. AGARDograph 73. Pergamon Press, Oxford.
- Hoebel, E. Adamson. (1949). *Anthropology: The Study of Man*. McGraw-Hill, Inc: United States of America.
- J.-D. Boissonnat. Shape reconstruction from planar cross sections. *Computer Vision,Graphics, and Image Processing*, 44:1–29, 1988.
- Knight, I. (1984). *The Heights and Weights of Adults in Great Britain*, London: HMSO. König HL, Kreuger AP, Lang S, Sonning W (1980) *Biologic Effects of Enviromental Electromagnetism*. Springer Verlag.
- Kouchi. M and M. Mochimaru. (2006). *Quality Control of Anthropometric Database*. Digital Human Research Center, AIST
- Lasker, G. W. and C. G. N. Mascie-Taylor.(1989). Effects of social\classand social mobility on growth in height, weight and Body mass index in a British cohort. *Ann Hum. Biol.* 16(1): 1-8.
- Lin, Yu-Cheng et al. (2004). The Comparison of Anthropometric Characteristics Among Four Peoples in East Asia. In: *Applied Ergonomics* 35, pp 173-178). Elsevier.

- Little, M.A (1995). Adaptation, adaptability, and multidisciplinary research. In: Biological Anthropology: The State of the Science, ed. By N. T. Boaz and L. D. Wolfe, pp. 121-147. Bend, Oregon: International Institute for Human Evolutionary Research.
- Pheasant, Steven. (1997). Bodyspace: anthropometry, ergonomics and the design of work. London: Taylor & Francis.
- Roberts, D.F. (1975) Population differences in dimensions, their genetic basis and their relevance to practical problems of design, in A.CHAPANIS (Ed.),Ethnic Variables in Human Factors Engineering. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Robinette, K. M. (2000). CAESAR Measures Up, in Ergonomics in Design,Vol.8, No. 3, pp 17-23, Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, CA
- Robinette K. M., Daanen H, Paquet E. (1999). The Caesar project: a 3-D surface anthropometry survey. In: Proceedings of the 2nd International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling. Ottawa, Canada, pp 380–386
- S.-Y. Chen, W.-C. Lin, C.-C. Liang, and C.-T. Chen. Improvement on dynamic elasticinterpolation technique for reconstructing 3-D objects from serial cross sections. IEEETransactions on Medical Imaging, 9(1):71–83, 1990.

