

## PENGEMBANGAN MODEL PENENTUAN VOLUME SEGMENT TUBUH WANITA ETNIS JAWA

Ainur Komariah<sup>1\*</sup>, Suprpto<sup>2</sup>, dan Darsini<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik

<sup>2</sup>Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo

Jl. Letjen. S. Humardani No. 1 Sukoharjo – 57521

\*E-mail: ainurkomariah@yahoo.com

### Abstrak

Data antropometri sangat penting bagi model biomekanik. Salah satu data antropometri yang sulit untuk diukur adalah kerapatan massa segmen tubuh. Volume segmen tubuh adalah salah satu kunci untuk memperoleh kerapatan massa segmen tubuh. Karena itu penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model matematis volume segmen tubuh yaitu tangan dan kaki, dengan menggunakan prediktor panjang segmen, lingkaran segmen, dan tinggi tubuh keseluruhan. Metode yang digunakan untuk pengukuran adalah dengan metode pencelupan menggunakan hukum Archimedes, dan pengukuran menggunakan mistar ukur dan pita ukur. Model dibuat dengan metode regresi linier sederhana dan regresi linier berganda (3 variabel independen). Penelitian menghasilkan 11 model penentuan volume 6 segmen tubuh manusia, dengan akurasi model antara 0,15 hingga 0,93. Akurasi tertinggi diperoleh pada model penentuan volume tangan bagian bawah yaitu  $Y = -7,912 - 0,031X_1 + 0,017 2X_2 + 0,214X_3$ , akurasi terendah adalah pada model penentuan volume telapak tangan yaitu  $Y = -0,154 + 0,0038X_1 - 0,0059 2X_2 + 0,0178X_3$

**Kata kunci:** model matematis, regresi, volume segmen tubuh

## 1. PENDAHULUAN

Antropometri merupakan bidang ilmu yang berhubungan dengan dimensi tubuh manusia dan aplikasinya. Antropometri menyangkut geometri fisik, massa, dan kekuatan tubuh manusia. Data antropometri merupakan dasar untuk model biomekanik. Tanpa data antropometri model biomekanik tidak dapat dikembangkan (Chaffin dan Andersson, 1999). Contohnya, untuk perancangan kursi dibutuhkan data ukuran dimensi dari tinggi duduk yaitu panjang betis dan paha; untuk perancangan pakaian maupun alat pelindung diri dibutuhkan data volume tubuh; untuk pemilihan material protesa kaki dan tangan palsu dibutuhkan data kerapatan segmen tubuh. Untuk model dan perancangan biomekanik khususnya pada pembuatan protesa kaki palsu atau tangan palsu dan juga untuk analisis gerak manusia, dibutuhkan data dimensi panjang dan massa segmen tubuh (Suprpto dan Komariah, 2013). Data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi-dimensi yang tepat berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan atau menggunakan produk tersebut. Maka perancangan produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangan tersebut.

Data antropometri tubuh manusia akan berbeda pada tiap ras. Hal ini dipertegas oleh Winter (1990), bahwa ukuran fisik tubuh merupakan pembeda untuk karakteristik dari ras, jenis kelamin, umur, dan bentuk tubuh. Karena itu, data antropometri suatu jenis ras belum tentu dapat dipergunakan untuk jenis ras yang lainnya. Dengan latar belakang tersebut, pengukuran data antropometri dan parameter segmen tubuh seperti proporsi panjang segmen tubuh terhadap tinggi badan, volume, kerapatan dan massa segmen tubuh dari antropometri orang Indonesia etnis Jawa dilaksanakan oleh Suprpto (2010) dan Suprpto dan Komariah (2013).

Di antara data antropometri tersebut, volume segmen tubuh merupakan salah satu kunci untuk memperoleh kerapatan massa segmen tubuh. Volume segmen tubuh tersebut berbeda-beda tiap individu dan pengukuran volume segmen tubuh relatif sulit dilakukan. Metode yang umum dilakukan adalah metode pencelupan dengan menggunakan Hukum Archimedes. Sedangkan panjang segmen tubuh dan massa tubuh keseluruhan relatif lebih mudah diukur. Karena itu, dalam penelitian ini dikembangkan model untuk menentukan volume segmen tubuh wanita etnis

Jawa. Model yang dimaksud adalah model matematis yang dapat memprediksikan besarnya volume segmen tubuh tanpa melakukan pengukuran volume secara langsung.

Hipotesis yang diteliti dalam penelitian ini adalah bahwa volume segmen tubuh dipengaruhi oleh panjang segmen, tinggi tubuh, dan lingkaran segmen. Karena itu, pengembangan model penentuan volume segmen tubuh dilaksanakan dengan prediktor panjang segmen, tinggi tubuh keseluruhan, dan lingkaran segmen. Panjang segmen dan tinggi tubuh keseluruhan dapat dengan mudah diukur dengan mistar. Lingkaran segmen diukur dengan alat ukur panjang berupa pita.

### **1.1 Perumusan Masalah**

Selama ini data mengenai antropometri khususnya volume tubuh diperoleh dengan cara mengambil data langsung (dengan pengukuran). Dari penelitian sebelumnya, telah diperoleh database antropometri panjang segmen tubuh, volume, kerapatan, massa dan pusat massa tubuh khususnya wanita etnik Jawa Indonesia. Data tersebut diperoleh dengan metode pencelupan di bak ukur dan metode papan reaksi. Model matematis untuk memprediksikan volume segmen tubuh wanita etnis Jawa belum tersedia. Karena itu, dilaksanakan penelitian pengembangan model penentuan volume segmen tubuh wanita etnis Jawa dengan prediktor panjang segmen, tinggi tubuh keseluruhan, dan lingkaran segmen.

### **1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan model matematis untuk mengukur volume segmen tubuh wanita etnis Jawa dengan prediktor panjang segmen, tinggi tubuh keseluruhan, dan lingkaran segmen

Manfaat penelitian ini dalam jangka panjang adalah untuk mendapatkan model penentuan volume segmen tubuh manusia yang akurat dan sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dalam mengembangkan bahan ajar mata kuliah ergonomi dan penerapan ilmu statistika untuk ergonomi.

## **2. METODOLOGI**

### **2.1 Data Penelitian**

Data penelitian diperoleh dari hasil pengukuran antropometri 8 subjek yaitu wanita etnis Jawa berusia 20 hingga 30 tahun.

### **2.2 Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Mistar ukur, untuk mengukur panjang dari segmen tubuh.
- b. Timbangan badan digital (personal scale) dengan tingkat sensitifitas 0,1 kg, digunakan untuk mengukur berat badan dan untuk mengukur berat terhadap perubahan reaksi pada saat pengukuran pusat massa dengan metode papan reaksi.
- c. Bak ukur digunakan untuk pengukuran volume segmen tubuh dengan metode pencelupan.
- d. Papan reaksi digunakan untuk pengukuran pusat massa dari tubuh.

### **2.3 Prosedur Penelitian**

Untuk pengukuran volume tubuh dengan metode pencelupan menggunakan prosedur yang telah disusun oleh Suprpto dan Komariah (2013). Sedangkan pemodelan menggunakan metode regresi linier berganda dan regresi nonlinier.

### **2.4 Pengukuran Panjang Segmen Tubuh**

Pengukuran panjang berbagai segmen diasumsikan bahwa segmen dihubungkan dengan sambungan (joint) yang dapat diidentifikasi. Pengukuran antropometri dari panjang segmen tubuh dilakukan dengan posisi standar anatomi tubuh berdiri tegak yaitu mengacu pada pengukuran yang dilakukan oleh Drillis dan Contini (1966) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. Pengukuran antropometri panjang segmen tubuh menggunakan alat pengukur panjang yaitu mistar ukur. Hasil pengukuran antropometri dari berbagai panjang segmen tubuh ini dapat dihitung proporsinya terhadap tinggi badan, kemudian dibandingkan dengan hasil yang diperoleh Drillis dan Contini (1966) dengan subyek orang Amerika usia 20-40 tahun.

### **2.5 Pengukuran Volume Segmen Tubuh**

Dalam penelitian ini ada 6 segmen tubuh yang diukur volumenya yaitu paha, betis, lengan bawah, lengan atas, kaki dan tangan. Pada waktu pengukuran volume tubuh, subyek menggunakan celana renang.

Prosedur pengukuran volume segmen tubuh dilaksanakan dengan metode pencelupan (*immersion*) mengacu pada prinsip Archimedes. Pertama-tama air dituangkan ke bak ukur dan

dicatat volumenya. Kemudian segmen tubuh yang akan diukur volumenya dicelupkan ke air dan perubahan volume air diukur. Perbedaan menunjukkan volume segmen tubuh yang diukur.

Data panjang segmen tubuh ditulis sesuai dengan hasil pengukuran (satuan cm), sedangkan data volume segmen tubuh dinyatakan dengan satuan cm, yaitu volume segmen ( $\text{cm}^3$ ) dibagi dengan luas permukaan bak ukur ( $\text{cm}^2$ ). Luas permukaan bak ukur untuk mengukur volume telapak kaki adalah  $600 \text{ cm}^2$ ; luas permukaan bak ukur untuk mengukur volume telapak tangan adalah  $225 \text{ cm}^2$ ; luas permukaan bak ukur untuk mengukur volume kaki adalah  $1500 \text{ cm}^2$ ; dan luas permukaan bak ukur untuk mengukur volume tangan adalah  $400 \text{ cm}^2$ .

## 2.6 Pengembangan Model

Pengembangan model penentuan volume segmen tubuh wanita etnis Jawa dilakukan dengan metode regresi linier sederhana dan regresi linier berganda.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Data Penelitian

Pengukuran data antropometri dilakukan terhadap 8 orang subjek perempuan etnis Jawa berusia antara 20 hingga 30 tahun. Hasil pengukuran terangkum dalam Tabel 1.

**Tabel 1. Rata-rata hasil pengukuran**

No	Objek Pengukuran	Data rata-rata (cm)
1	Tinggi Badan	151,125
2	Berat Badan	46,4375
3	Lebar Telapak Kaki	9,6875
4	Tinggi Mata Kaki	6,6875
5	Vol Telapak kaki	1,1
6	Panjang Kaki Bag bawah	42,4375
7	Vol Kaki bag bawah	1,8375
8	Lingkar kaki bag bawah	32,7
9	Panjang Kaki	87,8875
10	Vol Kaki	3,875
11	Lingkar paha	51,175
12	Tinggi Badan	151,125
13	Berat Badan	46,4375
14	Panjang telapak tangan	16,6
15	Lebar Telapak tangan	9,35
16	Vol telapak tangan	0,4875
17	Panjang tangan Bag bawah	40,4375
18	Volume tangan bawah	2,2625
19	Lingkar tangan bag bawah	22,4
20	Panjang tangan	66
21	Volume tangan	4,625
22	Lingkar lengan	27,3125

### 3.2 Pengembangan Model Penentuan Volume Segmen Tubuh

Pembangunan model penentuan volume segmen tubuh dilaksanakan terhadap 6 segmen tubuh, yaitu (1) telapak kaki, (2) kaki bagian bawah, (3) kaki, (4) telapak tangan, (5) tangan bagian bawah, dan (6) tangan. Model dibangun menggunakan metode regresi linier sederhana (prediktor 1 variabel independen) dan regresi linier berganda (prediktor 3 variabel independen).

a. Pengembangan model penentuan volume telapak kaki

Pengembangan model penentuan volume telapak kaki menghasilkan model seperti yang terangkum dalam Tabel 2.

**Tabel 2. Model penentuan volume telapak kaki**

No	Model	Variabel independen	Akurasi Model ( $R^2$ )
1	$Y = -0,911 + 0,013X_1$	$X_1 =$ Tinggi badan	0,45
2	$Y = -1,938 + 0,0975X_1 + 0,038 2X_2 + 0,012X_3$	$X_1 =$ Lebar telapak kaki $X_2 =$ Tinggi mata kaki $X_3 =$ Tinggi badan	0,88

Dari hasil pengembangan model dalam Tabel 2., diperoleh model yang sangat baik untuk memprediksi volume telapak kaki. Akurasi model menunjukkan bahwa 88% keragaman dalam nilai telapak kaki, dipengaruhi oleh hubungan linearnya dengan lebar telapak, tinggi mata kaki, dan tinggi badan subjek. Model linier dengan 1 variabel independen belum cukup memuaskan, karena hanya menghasilkan akurasi sebesar 0,45.

b. Pengembangan model penentuan volume kaki bagian bawah

Pengembangan model penentuan volume kaki bagian bawah menghasilkan model seperti yang terangkum dalam Tabel 3.

**Tabel 3. Model penentuan volume kaki bagian bawah**

No	Model	Variabel independen	Akurasi Model ( $R^2$ )
1	$Y = -3,516 - 0,163X_1$	$X_1 =$ lingkaran segmen	0,68
2	$Y = -3,574 - 0,00035X_1 + 0,017 2X_2 + 0,145X_3$	$X_1 =$ tinggi badan $X_2 =$ Panjang segmen $X_3 =$ Lingkaran Segmen	0,69

Dari hasil pengembangan model dalam Tabel 3., diperoleh model yang cukup baik untuk memprediksi volume kaki bagian bawah. Akurasi model menunjukkan bahwa model dengan 3 variabel independen dan 1 variabel independen hanya menghasilkan selisih akurasi sebesar 1%. Sehingga, volume kaki bagian bawah dalam hal ini dapat dijelaskan dengan baik oleh lingkaran kaki bagian bawah saja.

## c. Pengembangan model penentuan volume kaki

Pengembangan model penentuan volume kaki menghasilkan model seperti yang terangkum dalam Tabel 4.

**Tabel 4. Model penentuan volume kaki**

No	Model	Variabel independen	Akurasi Model ( $R^2$ )
1	$Y = -3,516 - 0,163X_1$	$X_1 =$ lingkars segmen	0,78
2	$Y = -5,140 - 0,046X_1 + 0,095 2X_2 + 0,148X_3$	$X_1 =$ tinggi badan $X_2 =$ Panjang segmen $X_3 =$ Lingkars Segmen	0,90

Dari hasil pengembangan model dalam Tabel 4., diperoleh model yang sangat baik untuk memprediksi volume kaki. Akurasi model menunjukkan bahwa 90% keragaman dalam nilai volume kaki, dipengaruhi oleh hubungan linearnya dengan lingkars kaki (paha), panjang kaki, dan tinggi badan subjek. Model linier dengan 1 variabel independen pun cukup memuaskan, dengan menghasilkan akurasi sebesar 0,78; dengan variabel prediktor lingkars kaki.

## d. Pengembangan model penentuan volume telapak tangan

Pengembangan model penentuan volume telapak tangan menghasilkan model seperti yang terangkum dalam Tabel 5.

**Tabel 5. Model penentuan volume telapak tangan**

No	Model	Variabel independen	Akurasi Model ( $R^2$ )
1	$Y = -0,154 + 0,0038X_1 - 0,0059 2X_2 + 0,0178X_3$	$X_1 =$ tinggi badan $X_2 =$ Panjang segmen $X_3 =$ Lebar Segmen	0,15

Pengembangan model telapak tangan belum dapat menghasilkan model yang cukup memadai. Akurasi model yang dihasilkan hanya 0,15. Untuk selanjutnya, model dapat diperbaiki dengan mengumpulkan data dengan instrumen yang tepat. Instrumen bak air mungkin belum cukup akurat dalam mengukur volume telapak tangan.

## e. Pengembangan model penentuan volume tangan bagian bawah

Pengembangan model penentuan volume tangan bagian bawah menghasilkan model seperti yang terangkum dalam Tabel 6.

**Tabel 6. Model penentuan volume tangan bagian bawah**

No	Model	Variabel independen	Akurasi Model ( $R^2$ )
1	$Y = -2,236 - 0,201X_1$	$X_1 =$ lingkars segmen	0,71
2	$Y = -7,912 - 0,031X_1 + 0,017 2X_2 + 0,214X_3$	$X_1 =$ tinggi badan $X_2 =$ Panjang segmen $X_3 =$ Lingkars Segmen	0,93

Dari hasil pengembangan model dalam Tabel 6, diperoleh model yang sangat baik untuk memprediksi volume tangan bagian bawah. Akurasi model menunjukkan bahwa 93% keragaman

dalam nilai volume tangan bagian bawah, dipengaruhi oleh hubungan linearnya dengan lingkaran tangan bagian bawah, panjang tangan bagian bawah, dan tinggi badan subjek. Model linier dengan 1 variabel independen pun cukup memuaskan, dengan menghasilkan akurasi sebesar 0,71; dengan variabel prediktor lingkaran tangan bagian bawah.

f. Pengembangan model penentuan volume tangan

Pengembangan model penentuan volume tangan menghasilkan model seperti yang terangkum dalam Tabel 7.

**Tabel 7. Model penentuan volume tangan**

No	Model	Variabel independen	Akurasi Model ( $R^2$ )
1	$Y = 0,374 + 0,156X_1$	$X_1 =$ lingkaran segmen	0,44
2	$Y = -10,883 + 0,163X_1 - 0,210X_2 + 0,173X_3$	$X_1 =$ tinggi badan $X_2 =$ Panjang segmen $X_3 =$ Lingkaran Segmen	0,65

Dari hasil pengembangan model dalam Tabel 7., diperoleh model yang cukup baik untuk memprediksi volume tangan. Akurasi model menunjukkan bahwa 65% keragaman dalam nilai volume tangan, dipengaruhi oleh hubungan linearnya dengan lingkaran tangan, panjang tangan, dan tinggi badan subjek. Model linier dengan 1 variabel independen kurang memuaskan, karena menghasilkan akurasi hanya sebesar 0,44; dengan variabel prediktor lingkaran tangan.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa model penentuan volume segmen dengan 3 variabel independen menghasilkan akurasi yang lebih baik dibandingkan model dengan 1 variabel independen. Akurasi tertinggi diperoleh pada model penentuan volume tangan bagian bawah sebesar 0,93; sedangkan akurasi terendah diperoleh dalam model penentuan volume telapak tangan yang hanya menghasilkan akurasi sebesar 0,15.

#### 4. PENUTUP

##### 4.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah menghasilkan total 11 model penentuan volume untuk 6 segmen tubuh manusia, seperti yang terangkum dalam Tabel 8.

**Tabel 8. Daftar model penentuan volume segmen tubuh**

No	Jenis Model	Model	Akurasi
1	Volume telapak kaki	$Y = -0,911 + 0,013X_1$ $X_1 = \text{Tinggi badan}$	0,45
		$Y = -1,938 + 0,0975X_1 + 0,038 2X_2 + 0,012X_3$ $X_1 = \text{Lebar telapak kaki}$ $X_2 = \text{Tinggi mata kaki}$ $X_3 = \text{Tinggi badan}$	0,88
2	Volume kaki bagian bawah	$Y = -3,516 - 0,163X_1$ $X_1 = \text{lingkar segmen}$	0,68
		$Y = -3,574 - 0,00035X_1 + 0,017 2X_2 + 0,145X_3$ $X_1 = \text{tinggi badan}$ $X_2 = \text{Panjang segmen}$ $X_3 = \text{Lingkar Segmen}$	0,69
3	Volume kaki	$Y = -3,516 - 0,163X_1$ $X_1 = \text{lingkar segmen}$	0,78
		$Y = -5,140 - 0,046X_1 + 0,095 2X_2 + 0,148X_3$ $X_1 = \text{tinggi badan}$ $X_2 = \text{Panjang segmen}$ $X_3 = \text{Lingkar Segmen}$	0,90
4	Volume telapak tangan	$Y = -0,154 + 0,0038X_1 - 0,0059 2X_2 + 0,0178X_3$ $X_1 = \text{tinggi badan}$ $X_2 = \text{Panjang segmen}$ $X_3 = \text{Lebar Segmen}$	0,15
5	Volume tangan bagian bawah	$Y = -2,236 - 0,201X_1$ $X_1 = \text{lingkar segmen}$	0,71
		$Y = -7,912 - 0,031X_1 + 0,017 2X_2 + 0,214X_3$ $X_1 = \text{tinggi badan}$ $X_2 = \text{Panjang segmen}$ $X_3 = \text{Lingkar Segmen}$	0,93
6	Volume tangan	$Y = 0,374 + 0,156X_1$ $X_1 = \text{lingkar segmen}$	0,44
		$Y = -10,883 + 0,163X_1 - 0,210 2X_2 + 0,173X_3$ $X_1 = \text{tinggi badan}$ $X_2 = \text{Panjang segmen}$ $X_3 = \text{Lingkar Segmen}$	0,65

##### Saran

Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambah data, dan memperbaiki metode pengukuran.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bjornstrup, J., 1995, *Estimation of Human Body Segment Parameters Historical Background*, Internal Tech-Report.  
<http://trc.ucdavis.edu/kwilliams/EXS227/reading/Body.Seg.History.pdf>
- Chaffin, D.B and Andersson, G.B., 1999, *Occupational Biomechanics*, 2nd ed. New York, John Wiley & Sons.
- Clauser CE, McConville JT, Young JW., 1969 *Weight, volume, and center of mass of segments of the human body*. AMRL-TR-69-70. Wright-Patterson Air Force Base, OH
- Nurmianto, E., 1966, *Ergonomi : Konsep Dasar dan Aplikasinya*, PT. Guna Widya, Jakarta
- Suprpto, dan Komariah, A., 2013. *Antropometri Dan Karakteristik Biomekanik Segmen Tubuh Dari Wanita Etnik Jawa Indonesia*, URL: [http://lppmbantara.com/pros\\_013845.pdf](http://lppmbantara.com/pros_013845.pdf), diakses online 2 Januari 2014
- Winter, 1990. *Anthropometry*, Chapter 3., [http://www.mae.ufl.edu/~fregly/eml5595/Winter\\_1990.pdf](http://www.mae.ufl.edu/~fregly/eml5595/Winter_1990.pdf). Diakses 2 Januari 2014.