



RSM

612.01441

Sep

9-1

2009

TUGAS AKHIR (*Desain*) - RM1522

**ANALISA KINEMATIKA-KINETIKA POLA GERAK  
BERJALAN PADA MANUSIA**

RIFFAL SETYOAJI  
NRP. 2105100095

Dosen Pembimbing,  
Dr.Eng Harus Laksana Guntur, ST. M.Eng

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2009

PERPUSTAKAAN  
ITS

Tgl. Terima	9-8-2009
Terima Dari	H1
No. Agenda Prp.	14



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## **FINAL PROJECT (*Desain*) - RM1522**

### **KINEMATIC AND KINETIC HUMAN GAIT ANALYSIS**

**RIFFAL SETYOAJI**  
**NRP. 2105100095**

**Academic Supervisor**  
**Dr.Eng Harus Laksana Guntur, ST. M.Eng**

**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**Faculty of Industrial Technology**  
**Sepuluh Nopember Institute of Technology**  
**Surabaya 2009**

## ANALISA KINEMATIKA-KINETIKA POLA GERAK BERJALAN PADA MANUSIA

**Nama Mahasiswa** : RIFFAL SETYOAJI  
**NRP** : 2105 100 095  
**Jurusan** : Teknik Mesin FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr.Eng Harus L.G, ST,M.Eng

### **Abstrak**

Aktivitas berjalan pada manusia menyimpan energi kinetik yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif terbarukan. Salah satu metode yang terbaru ini dilakukan adalah mengubah energi kinetik pada gerak berjalan manusia menjadi energi listrik dengan menggunakan material piezoelectric dan prinsip elektromagnet yang dapat dikenakan di lutut, sepatu atau di lantai sebagai permukaan pijakan berjalan. Pada Tugas Akhir ini dianalisa potensi dari energi kinetik pada gerak berjalan manusia yang ditunjukkan dengan pola gerak berjalan serta gaya reaksi permukaan pijakan kaki.

Potensi energi kinetik pada gerak berjalan manusia didapatkan dengan menganalisa kinematika-kinetika gerak berjalan manusia menggunakan prinsip vektor dan hukum newton tentang gerak. Di dalam memodelkan gerak berjalan manusia ini dilakukan pengamatan gerak berjalan menggunakan kamera video yang diletakkan pada sisi samping (saggital plane) sehingga didapatkan data koordinat posisi x,y dari 13 titik segmen pada bagian tubuh. Pengambilan data dilakukan terhadap tiga orang laki-laki normal dengan tinggi rata-rata 176.67m, massa rata-rata 60.33kg dilakukan dua kali percobaan. Data yang diperoleh ini digunakan sebagai inputan untuk mendapatkan pola gerak berjalan yang ditunjukkan dengan lintasan perpindahan posisi, kecepatan dan percepatan linier serta perubahan sudut, kecepatan sudut, percepatan sudut dari pusat massa dari tiap bagian tubuh. Kemudian dari data ini dapat dilakukan perhitungan gaya reaksi permukaan pijakan kaki.

Dari Tugas Akhir ini didapatkan: pola gerak berjalan (posisi, kecepatan, percepatan linier dan sudut), hubungan antara gerak berjalan dengan gaya reaksi permukaan pijakan kaki manusia. Hasil Tugas Akhir ini dapat digunakan sebagai dasar rancang bangun pembangkit listrik tenaga gerak berjalan manusia.

**Kata kunci:** kinematika, kinetika, gerak berjalan manusia,  
gaya reaksi, energi kinetik

## KINEMATIC AND KINETIC HUMAN GAIT ANALYSIS

Name of Student : RIFFAL SETYOAJI  
NRP : 2105 100 095  
Department : Mechanical Engineering Dept.FTI-ITS  
Counselor Lecturer : Dr.Eng Harus L.G, ST,M.Eng

### *Abstract*

Human walking Activity have kinetic energy that can be used as a source of renewable alternative energy. One of the methods is transform kinetic energy of human walking motion into electricity by using the material piezoelectric and elektromagnet principles that can be used on the knee, shoes on the floor or footing as a walking surface. This final project is analyzed potential of kinetic energy of human walking motion that indicated by human gait and reaction force of surface feet.

Potential of kinetic energy of human walking is obtained by analyzing kinematic-kinetic human walking using the principles of law and the Newton vector of motion. Modeling motion of human walking observation was conducted using video camera placed on the side (sagittal plane) so that the data obtained coordinate position x, y point of 13 segments in the body. The data carried out on three men with high normal average 176.67m, the mass average 60.33kg experiment performed twice. The data obtained is used as input to get the motion pattern is shown with a walking track motion position, velocity and acceleration linier and changes angle, angle speed, angle acceleration of the center of mass of each body part. Then the data from this calculation can be done reaction force of surface feet.

End of this final project was found: gait or walking motion pattern (linier angle position, speed and acceleration), the relationship between gait with the reaction force of surface feet. End result of this final project can be used basic design of harvesting of human motion.

*Key word : kinematic, kinetic, human gait,  
force reaction, kinetic energy*

# **ANALISA KINEMATIKA-KINETIKA POLA GERAK BERJALAN PADA MANUSIA**

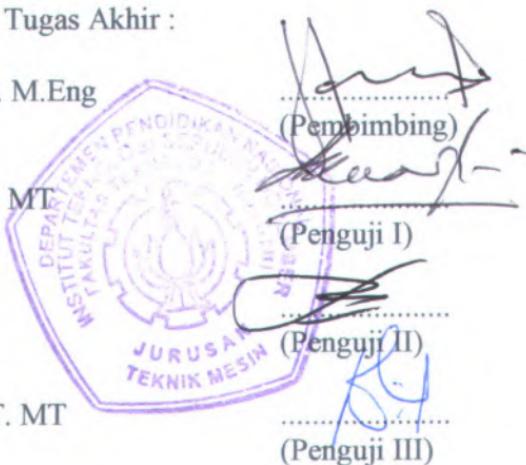
## **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Desain  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**RIFFAL SETYOAJI**  
NRP. 2105 100 095

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Eng. Harus L.G, ST. M.Eng  
NIP 132232026
2. Ir. Yunarko Triwinarno, MT  
NIP 130541833
3. Ir.J.Lubi  
NIP 130541835
4. Wiwiek Hendrowati, ST. MT  
NIP 132173133



**SURABAYA  
JULI, 2009**

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirahmanirahiim,*

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala ridho, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dengan judul “**ANALISA KINEMATIKA-KINETIKA POLA GERAK BERJALAN PADA MANUSIA**”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Dr. Eng. Harus L.G, ST, MEng. selaku dosen pembimbing yang tidak henti-hentinya memberikan arahan, bimbingan, dukungan, serta motivasi sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ir. Yunarko Triwinarno, MT, Ir. J.Lubi, Wiwiek Hendrowati, ST. MT selaku dosen penguji pada sidang tugas akhir penulis yang memberikan saran dan kritik demi kesempurnaan tugas akhir ini.
3. Seluruh Dosen Teknik Mesin FTI-ITS, yang telah memberi ilmu yang insya’Allah bermanfaat bagi penulis.
4. Seluruh Pegawai Teknik Mesin FTI-ITS, yang telah turut membantu kelancaran dalam penggerjaan tugas akhir ini.
5. Ibu (Retno Wulan), Ayah (Achmad Sirod), adik (Dewi Yulianda Putri) tercinta beserta keluarga yang senantiasa mendukung melalui doa, perhatian, dan kasih sayang.
6. Ade’ (Galih Ika Safitri) yang menjadi inspirasi penulis.
7. Syamsu, Rosyd, Baskara dan Syamsul yang membantu dalam proses pengambilan data pada tugas akhir ini.
8. Teman-teman satu grup riset, Deny, Bagus Arif, Jefri, Mukhtar, Yulian, Cahyo, Provost, Indra, Jibril, Kurniawan Adi, Budi Yuli, Mustaza, terima kasih atas saran dan kritiknya, senang berdiskusi dengan kalian.

9. Teman-teman Lab desain lainnya, Danik, Dhebita, Naje, Ikok, Satiya dan lain-lain yang tidak disebutkan oleh penulis, terima kasih atas bantuannya.
10. AR31 grup, Sutris, Ibnu, Mukhtar, yang menjadi inspirasi penulis arti sebuah persahabatan, terima kasih atas bantuan dan dukungan doanya.
11. Teman-teman M47, M48, M49 keseluruhan yang tidak mungkin penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Serta sahabat-sahabat tercinta yang telah memberikan dorongan motivasi dan semangat.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 2009

**Penulis**

## DAFTAR ISI

### HALAMAN

Judul Tugas Akhir .....	i
Abstrak .....	iii
Lembar Pengesahan.....	v
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi .....	ix
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Tugas Akhir.....	5
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Analisa Gaya Berjalan.....	7
2.2 Karakteristik Biomekanikal Gerak Berjalan	
2.2.1 Siklus Gaya Berjalan (Gait Cycle).....	7
2.2.2 Langkah (Stride).....	9
2.2.3 Kecepatan Gerak Berjalan .....	10
2.2.4 Gaya Reaksi Permukaan Pijakan.....	10
2.3 Kinematika Gerak Berjalan pada Manusia	
2.3.1 Anatomi Gerak Manusia.....	12
2.3.2 Kinematika Gerak Linier dari Berjalan.....	16
2.3.3 Kinematika Gerak Angular dari Berjalan.....	18
2.3.4 Hubungan Gerak Linier dan Angular.....	19
2.3.5 Analisa Matematis Vektor Gerak .....	21
2.4 Kinetika Gerak Berjalan pada Manusia	
2.4.1 Gaya (Force).....	30
2.4.2 Pusat Gravitasi Tubuh Manusia.....	31
2.5 Energi Kinetik dan Energi Potensial.....	34
2.6 Teknik Pengukuran Gerak.....	34



<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian secara Global.....	37
3.2 Peralatan yang digunakan.....	38
3.3 Prosedur Pengambilan Data.....	41
3.4 Prosedur Pengolahan Data.....	43
3.5 Diagram Alir Pengolahan Data.....	45
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA</b>	
4.1 Pengambilan dan Pengolahan Data.....	45
4.2 Perhitungan dan Analisa Pola Gerak Berjalan	
4.2.1 Perhitungan Koordinat C.G tiap bagian tubuh.	53
4.2.2 Perhitungan Kecepatan C.G.....	55
4.2.3 Perhitungan Percepatan C.G.....	59
4.2.4 Perhitungan Perubahan Sudut .....	63
4.2.5 Perhitungan Kecepatan Sudut .....	67
4.2.6 Perhitungan Percepatan Sudut .....	69
4.2.7 Analisa Pola Gerak Berjalan .....	72
4.3 Perhitungan dan Analisa Gaya Reaksi .....	87
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	93
5.2 Saran .....	94
<b>Daftar Pustaka .....</b>	95
<b>Lampiran-lampiran .....</b>	97

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Piezoelectric yang disispkan di sol sepatu	3
Gambar 1.2	Mekanisme rotasi yang diletakan di sepatu atau lutut	3
Gambar 1.3	Mekanisme getaran	3
Gambar 1.4	Pemanfaatan energi gerak jalan sebagai sumber energi lampu penerangan	3
Gambar 2.1	Siklus gerak berjalan pada manusia normal	7
Gambar 2.2	Skema dari fase pada siklus gaya berjalan	8
Gambar 2.3	Fase dari siklus gerak berjalan, satu langkah penuh dengan acuan dari kaki kanan	9
Gambar 2.4	Siklus gaya berjalan yang tersusun dari step dan stride	10
Gambar 2.5	Grafik gaya reaksi vertikal untuk gerak berjalan normal	11
Gambar 2.6	Grafik gaya reaksi horisotal untuk gerak berjalan normal	12
Gambar 2.7	Skema gerak anatomi manusia	13
Gambar 2.8	Skema perbedaan gerak flexion dan extension	13
Gambar 2.9	Skema perbedaan gerak inversion dan eversion	14
Gambar 2.10	Skema perbedaan dari dua dimensi dan tiga dimensi	14
Gambar 2.11	Skema bidang sagital	15
Gambar 2.12	Skema bidang frontal	15
Gambar 2.13	Skema bidang tranverse	15
Gambar 2.14	Skema keterkaitan antara koordinat global dan lokal	16
Gambar 2.15	Skema macam gerak linier	17
Gambar 2.16	Skema gerak angular	18
Gambar 2.17	Skema perbedaan sudut absolut dan sudut relatif	19

Gambar 2.18	Skema perbedaan jarak linier dan perpindahan linier	20
Gambar 2.19	Operasi penjumlahan dan pengurangan vektor	22
Gambar 2.20	Kecepatan relatif titik A yang bergerak terhadap titik pangkal O	23
Gambar 2.21	Kecepatan titik B terhadap titik O, dimana B dan O dihubungkan dengan titik A	24
Gambar 2.22	Percepatan sebuah titik A relatif terhadap titik O	26
Gambar 2.23	Percepatan relatif titik B terhadap titik O, dimana titik B dan titik O dihubungkan dengan titik A	28
Gambar 2.24	Gaya gesek dan gaya normal yang bekerja pada kaki	30
Gambar 2.25	Skema perhitungan pusat massa dari tubuh	31
Gambar 2.26	Skema perhitungan pusat massa tubuh bidang dua dimensi	32
Gambar 2.26	Skema penentuan titik-titik pada tiap segmen tubuh	33
Gambar 2.27	Skema pengaruh resolusi terhadap penentuan posisi koordinat yang diamati	35
Gambar 2.28	Skema banyaknya frame gambar pada video	35
Gambar 2.29	Skema posisi kamera terhadap bidang gerak	36
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian global	38
Gambar 3.2	Video Kamera	38
Gambar 3.3	Tripod	39
Gambar 3.4	Layar hitam dan kalibrasi	40
Gambar 3.5	Marker atau tanda	40
Gambar 3.6	Setup peralatan pada proses pengambilan data	41
Gambar 3.7	Pemasangan marker pada tiap segmen bagian tubuh	42
Gambar 3.8	Proses penentuan koordinat	44
Gambar 3.9	Diagram alir pengolahan data	46

Gambar 4.1	Proses penentuan koordinat x,y menggunakan matlab	48
Gambar 4.2	Koordinat x,y orang berjalan pertama dengan dua kali pengambilan data (a) 1-A (b) 1-B	49
Gambar 4.3	Koordinat x,y orang berjalan kedua dengan dua kali pengambilan data (a) 1-A (b) 1-B	50
Gambar 4.4	Koordinat x,y orang berjalan kedua dengan dua kali pengambilan data (a) 1-A (b) 1-B	51
Gambar 4.5	Penentuan C.G (pusat gravitasi)	53
Gambar 4.6	Skema posisi C.G dari tiap bagian tubuh	54
Gambar 4.7	Grafik kecepatan arah x,y C.G kaki (a) kanan (b) kiri	55
Gambar 4.8	Grafik kecepatan arah x,y C.G betis (a) kanan (b) kiri dan paha (c) kanan (d) kiri	56
Gambar 4.9	Grafik kecepatan arah x,y C.G lengan atas (a) kanan (b) kiri dan lengan bawah (c) kanan (d) kiri	57
Gambar 4.10	Grafik kecepatan arah x,y C.G badan dan kepala	58
Gambar 4.11	Grafik kecepatan arah x,y C.G total	58
Gambar 4.12	Grafik percepatan arah x,y C.G kaki (a) kanan (b) kiri	59
Gambar 4.13	Grafik percepatan arah x,y C.G betis (a) kanan (b) kiri dan paha (c) kanan (d) kiri	60
Gambar 4.14	Grafik percepatan arah x,y C.G lengan atas (a) kanan (b) kiri dan lengan bawah (c) kanan (d) kiri	61
Gambar 4.15	Grafik percepatan arah x,y C.G badan dan kepala	62
Gambar 4.16	Grafik percepatan arah x,y C.G total	62
Gambar 4.17	Perhitungan perubahan sudut	63
Gambar 4.18	Diagram tubuh manusia	64
Gambar 4.19	Grafik perubahan sudut (a) kaki, (b) betis dan (c) paha	65

Gambar 4.20	Grafik perubahan sudut (a) badan dan kepala, (b) lengan atas, (c) lengan bawah	66
Gambar 4.21	Grafik kecepatan sudut (a) kaki, (b) betis dan (c) paha	68
Gambar 4.22	Grafik kecepatan sudut (a) badan dan kepala, (b) lengan atas, (c) lengan bawah	69
Gambar 4.23	Grafik percepatan sudut (a) kaki, (b) betis dan (c) paha	70
Gambar 4.24	Grafik percepatan sudut (a) badan dan kepala, (b) lengan atas, (c) lengan bawah	71
Gambar 4.25	Klasifikasi gerak berdasarkan kaki kanan atau kaki kiri	77
Gambar 4.26	Free body diagram dari tiap bagian tubuh	87
Gambar 4.27	Grafik gaya reaksi total per satuan massa dari permukaan pijakan kaki	90

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Energi yang dikeluarkan dari beberapa aktivitas manusia	2
Tabel 2.1	Pergerakan dari tiap fase pada siklus gerak berjalan	9
Tabel 2.2	Tabel posisi pusat gravitasi dan prosentase berat	33
Tabel 4.1	Parameter objek pengamatan	47
Tabel 4.2	Pencatatan data koordinat x,y tiap titik pada bagian tubuh orang berjalan	48
Tabel 4.3	Parameter data gerak berjalan untuk tiap orang	52
Tabel 4.4	Identifikasi phase gerak berjalan	53
Tabel 4.5	Penentuan posisi x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan loading phase	78
Tabel 4.6	Penentuan kecepatan linier x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan loading phase	79
Tabel 4.7	Penentuan percepatan linier x dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan loading phase	80
Tabel 4.8	Penentuan percepatan linier y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan loading phase	80
Tabel 4.9	Penentuan posisi x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan mid stance phase	81
Tabel 4.10	Penentuan kecepatan linier x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan mid stance phase	81
Tabel 4.11	Penentuan percepatan linier x dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan mid stance phase	81
Tabel 4.12	Penentuan percepatan linier y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan mid stance phase	81
Tabel 4.13	Penentuan posisi x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan drive off phase	82
Tabel 4.14	Penentuan kecepatan linier x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan drive off phase	83
Tabel 4.15	Penentuan percepatan linier x dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan drive off phase	84

Tabel 4.16	Penentuan percepatan linier y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan drive off phase	84
Tabel 4.17	Penentuan posisi x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan swing phase	85
Tabel 4.18	Penentuan kecepatan linier x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan swing phase	85
Tabel 4.19	Penentuan percepatan linier x dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan swing phase	85
Tabel 4.20	Penentuan percepatan linier y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan swing phase	85

51	Analisis gerakan lari jauh manusia	1.1 Pendahuluan
52	gerakan lari jauh dengan kaki kanan	1.2 Analisis
53	gerakan lari jauh dengan kaki kiri	1.3 Analisis
54	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap awal	2.1 Pendahuluan
55	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap akhir	2.2 Analisis
56	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap tengah	2.3 Analisis
57	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap awal	3.1 Pendahuluan
58	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap akhir	3.2 Analisis
59	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap tengah	3.3 Analisis
60	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap awal	4.1 Pendahuluan
61	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap akhir	4.2 Analisis
62	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap tengah	4.3 Analisis
63	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap awal	5.1 Pendahuluan
64	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap akhir	5.2 Analisis
65	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap tengah	5.3 Analisis
66	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap awal	6.1 Pendahuluan
67	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap akhir	6.2 Analisis
68	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap tengah	6.3 Analisis
69	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap awal	7.1 Pendahuluan
70	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap akhir	7.2 Analisis
71	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap tengah	7.3 Analisis
72	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap awal	8.1 Pendahuluan
73	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap akhir	8.2 Analisis
74	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap tengah	8.3 Analisis
75	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap awal	9.1 Pendahuluan
76	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap akhir	9.2 Analisis
77	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap tengah	9.3 Analisis
78	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap awal	10.1 Pendahuluan
79	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap akhir	10.2 Analisis
80	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap tengah	10.3 Analisis
81	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap awal	11.1 Pendahuluan
82	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap akhir	11.2 Analisis
83	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap tengah	11.3 Analisis
84	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap awal	12.1 Pendahuluan
85	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap akhir	12.2 Analisis
86	Analisis gerakan lari jauh manusia pada tahap tengah	12.3 Analisis

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan sumber energi yang semakin meningkat telah mendorong manusia menemukan sumber energi alternatif, sebagai salah satu contoh pada perkembangan teknologi saat ini telah menciptakan beberapa peralatan yang memungkinkan untuk dapat dibawa kemana saja atau yang sering dikenal dengan *portable equipment*. Kelebihan peralatan ini adalah selain ukurannya yang memang kecil, konsumsi energinya pun juga lebih hemat. Untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut digunakan battery yang berfungsi sebagai penyimpan energi sementara. Namun penyimpanan energi ini adalah faktor yang terbatas pada peralatan ini. Keterbatasan inilah yang menyebabkan mengurangi masa pemakaian dan mobilitas penggunaan tergantung dari besar kapasitas penyimpanan energi tersebut. Ketergantungan akan kebutuhan energi pada peralatan-peralatan *portable* inilah yang menjadi salah satu yang mendasari dicarinya sumber energi alternatif sebagai sumber energi tambahan yang mampu memperlama masa pemakaian serta masih mendukung konsep mobilitas untuk peralatan *portable* ini.

Aktivitas berjalan manusia merupakan salah satu pilihan berupa energi kinetik yang berpotensi untuk dapat dikonversi ke dalam bentuk energi lain. Jika dilihat dari hasil penelitian T.Starner pada tabel 1.1, aktivitas berjalan manusia menduduki 5 terbesar dari sekian energi dikeluarkan manusia untuk melakukan berbagai aktivitasnya. Dari tabel tersebut diperkirakan energi persatuan waktu atau daya yang terbuang ketika aktivitas manusia berjalan dengan kecepatan rata-rata 4mph yaitu sebesar 407 Watt. Hal inilah yang mendorong agar energi yang cukup besar ini dapat dikonversi kedalam bentuk energi lain sehingga bisa dimanfaatkan. Namun tidak semua energi itu bisa dikonversi. Untuk dapat memanfaatkan energi tersebut maka diperlukan penelitian lebih lanjut baik dari perancangan *energy converter*

maupun analisa secara kinetik sebagai dasar pertimbangan peletakan *energy converter* tersebut. Pemanfaatan dari energi ini harapannya tidak lagi terbatas sebagai sumber energi untuk peralatan *portable*, namun bisa dikembangkan sebagai sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi dalam skala besar seperti untuk memenuhi kebutuhan listrik di dalam suatu ruangan.

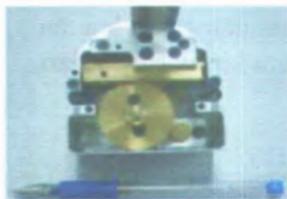
**Tabel 1.1 Energi yang dikeluarkan dari beberapa aktivitas manusia**

Activity	Kilocal/hr	Watt
<i>sleeping</i>	70	80
<i>lying quietly</i>	80	93
<i>sitting</i>	100	116
<i>standing at ease</i>	110	128
<i>conversation</i>	110	128
<i>eating meal</i>	110	128
<i>driving car</i>	140	163
<i>strolling</i>	140	163
<i>playing violin or piano</i>	140	163
<i>housekeeping</i>	150	175
<i>carpentry</i>	230	268
<i>hiking, 4mph</i>	350	407
<i>swimming</i>	500	582
<i>mountain climbing</i>	600	698
<i>long distance run</i>	900	1.048
<i>sprinting</i>	1.400	1.630

Ada beberapa konsep yang bisa digunakan untuk memanfaatkan energi manusia ketika berjalan diantaranya memanfaatkan material piezoelectric yang disisipkan di sol sepatu seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.1. Material piezoelectric ini mampu menghasilkan tegangan listrik jika mengalami deformasi akibat tekanan. Konsep lain yaitu menggunakan mekanisme putar dan getaran yang mampu membangkitkan tenaga listrik dengan prinsip induksi elektromagnetik yang bisa diletakkan di lutut atau sepatu ditunjukkan pada gambar 1.2 dan 1.3. Sedangkan untuk memenuhi kebutuhan energi didalam ruangan, material piezoelectric dapat disisipkan di bawah lantai seperti pada gambar 1.4. berikut.

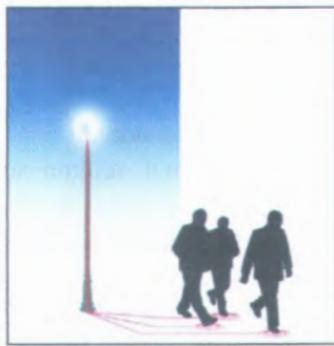


Gambar1.1. Piezoelectric yang disisipkan di sol sepatu



Gambar1.2. Mekanisme rotasi yang diletakkan di sepatu atau di lutut

Gambar 1.3. Mekanisme getaran



Gambar1.4 Pemanfaatan energi gerak jalan sebagai sumber energi lampu penerangan

Oleh karena itu, melalui penelitian pada Tugas Akhir ini dicari seberapa besar energi kinetik dari aktivitas manusia ketika berjalan dengan mengamatinya berdasarkan metode berbasis video kamera. Pemilihan metode ini didasari dengan kemudahannya jika dibandingkan dengan metode yang lainnya.

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan dasar untuk mengetahui besar energi yang berpotensi untuk digunakan sebagai sumber energi pada dasar perancangan *energy converter* dan peletakannya. Sementara ini diperkirakan energi yang cukup besar yang bisa dimanfaatkan dari aktivitas gerak berjalan pada manusia adalah pada bagian kaki yaitu pada tapak tekan kaki, sehingga pada pembahasan selanjutnya pada penelitian pada Tugas Akhir ini juga difokuskan pada pengamatan pada bagian tapak tekan kaki selain pengamatan gerak secara keseluruhan dari gerak berjalan manusia.

### 1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang ingin dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimana pola gerak berjalan pada manusia dan gaya reaksi permukaan pada kaki manusia sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi.

### 1.3. Batasan Masalah

Beberapa batasan dan asumsi yang diajukan pada penyusunan Tugas Akhir ini guna menyederhanakan permasalahan yang akan dibahas adalah:

1. Manusia laki-laki normal dengan anggota tubuh lengkap dan normal.
2. Berat yang diperhitungkan adalah berat tubuh manusia normal dan tidak sedang menanggung beban dari luar.
3. Gerak berjalan manusia normal.
4. Permukaan pijakan datar sepanjang lintasan jalan dan kekasaran permukaan pijakan seragam dan tidak licin.
5. Permukaan pijakan tidak mengalami percepatan atau perlambatan arah horizontal dan vertikal.
6. Pengambilan data pola gerak berjalan pada manusia dilakukan dengan menggunakan kamera dengan sudut pandang samping (*sagittal plane*).

7. Dilakukan analisa berdasarkan perhitungan matematis untuk mendapatkan besar gaya reaksi permukaan pijakan kaki ketika manusia berjalan.

#### **1.4. Tujuan Tugas Akhir**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian pada Tugas Akhir ini antara lain:

1. Menganalisa pola gerak berjalan pada manusia.
2. Manganalisa gaya reaksi permukaan pada kaki manusia agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi.

#### **1.5. Manfaat Tugas Akhir**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui pola gerak berjalan pada manusia
2. Mengetahui gaya reaksi tumpuan pada kaki manusia agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi.

## **HALAMAN KOSONG**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Analisa Gaya Berjalan (Gait Analysis)

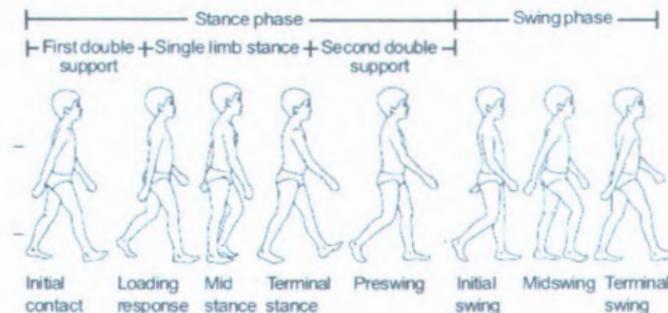
Gait analysis adalah metode pengukuran dan penaksiran secara kuantitatif dari gerakan manusia baik gerak berjalan maupun berlari. Beberapa contoh kegunaan dari analisa ini seperti pada bidang kesehatan, olahraga dan sebagainya.

#### 2.2. Ketrakteristik Biomekanikal Gerak Berjalan

Pada analisa gerak berjalan, ada beberapa istilah yang mendefinisikan tahapan dari gerak berjalan yang diuraikan sebagai berikut,

##### 2.2.1 Siklus Gaya Berjalan (Gait Cycle)

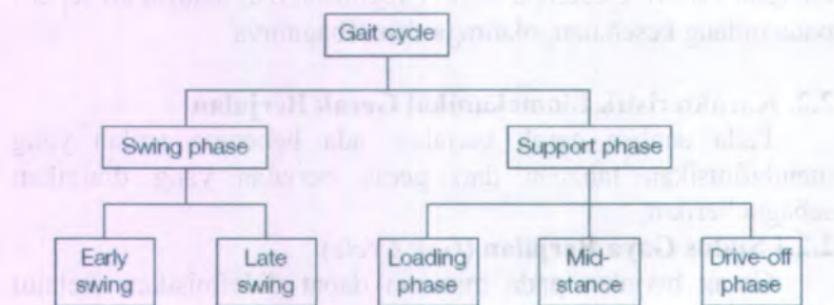
Gerak berjalan pada manusia dapat didefinisikan melalui siklus gaya berjalan yang sering disebut dengan istilah *gait cycle*. Siklus gaya berjalan ini terdiri dari fase *stance* dan fase *swing*, dimana selama fase *stance* kaki menapak pada permukaan pijakan, sedangkan fase *swing* kaki melakukan gerak mengayun dan tidak sedang menapak pada permukaan pijakan, untuk fase *stance* dikategorikan lagi menjadi 3 macam yaitu pada saat kedua kaki sedang menapak tahap pertama, hanya satu kaki yang menapak dan pada saat kedua kaki sedang menapak pada tahap kedua, seperti pada gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2.1** Siklus gerak berjalan pada manusia normal

(Sumber : L Vaughan, Christopher. , L Davis, Brian. , dan C O.Connor, Jeremy. 1999. Dynamics of Human Gait, Second Edition.)

Siklus dari gaya berjalan ini juga dapat disederhanakan dalam bentuk skema gambar 2.2 berikut. Perbandingan periode dari fase stance menuju fase swing pada gerak berjalan berkisar 60% stance dan 40% swing. Sedangkan pergerakan yang terkait dengan tiap fase pada siklus gaya berjalan ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut.



**Gambar 2.2 Skema dari Fase pada Siklus Gaya Berjalan**

**Tabel 2.1 Pergerakan dari tiap fase pada siklus gaya berjalan**

**Swing phase**

**Early swing**

Joint	Movement	Range of motion
Hip	Flexion	9° ext-30° ex
Knee	Flexion	30° ex-60° ex
Ankle ..	Dorsi- exion	5° PF-0° DF

**Late swing**

Joint	Movement	Range of motion
Hip	Extension	30° ex-25° ex
Knee	Extension	60° ex-10° ex
Ankle	Dorsi- exion	0° DF-5° DF

Stance phase

## Loading phase

Joint	Movement	Range of motion
Hip	Flexion	25° ex-30° ex
Knee	Flexion	10° ex-20° ex
Ankle	Plantar- exion	5° DF-10° PF

## Mid-stance

Joint	Movement	Range of motion
Hip	Extension	30° ex-0° ext
Knee	Extension	20° ex-5° ex
Ankle	Dorsi- exion	10° PF-20° DF

## Drive-off

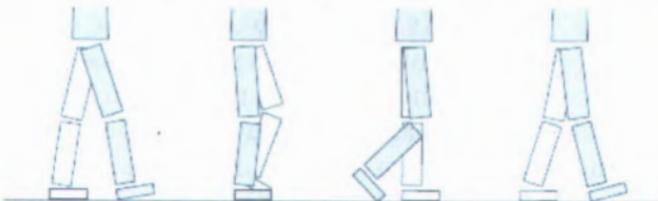
Joint	Movement	Range of motion
Hip	Extension	0° ext-9° ext
Knee	Flexion	5° ex-30° ex
Ankle	Plantar- exion	20° DF-5° PF

DF = Dorsi- exion

PF = Plantar- exion

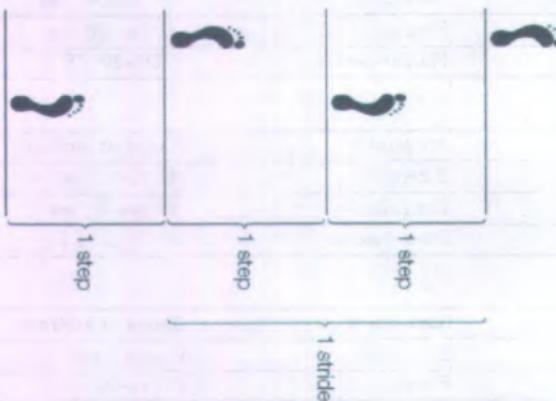
**2.2.2 Langkah (Stride)**

Pada analisa gerak berjalan terdapat istilah yang disebut dengan langkah penuh atau *stride*. Istilah ini untuk mendefinisikan satu siklus gerak berjalan untuk langkah penuh terhitung ketika salah satu sisi kaki menapak pada permukaan pijakan kembali ke sisi kaki tersebut, baik itu dari acuan sisi kaki kanan atau kaki kiri seperti ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut.



**Gambar 2.3 Fase dari siklus gerak berjalan, satu langkah penuh dengan acuan dari kaki kanan**

Pada satu siklus gerak berjalan terdiri dari dua step, tiap step terhitung dari satu sisi kaki menapak sampai tapakan kaki berikutnya. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4 berikut.



**Gambar 2.4** Siklus gaya berjalan yang tersusun dari steps dan stride.

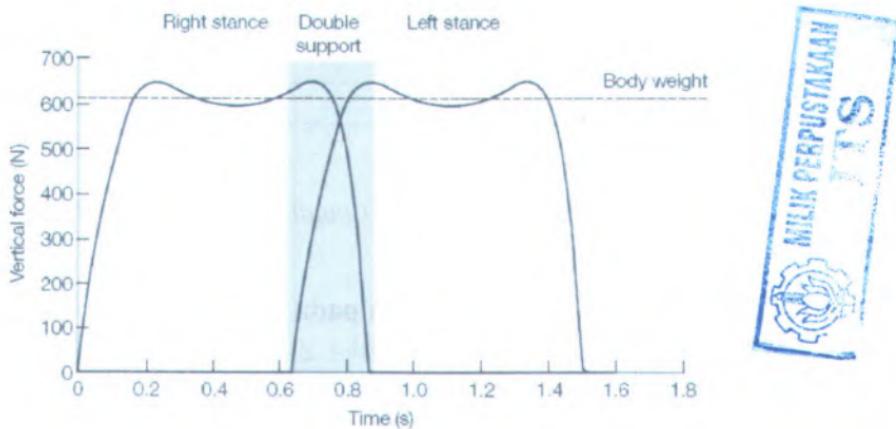
### 2.2.3 Kecepatan Gerak Berjalan

Kecepatan gerak berjalan dapat dihitung dengan panjang langkah (satuan panjang) dikalikan dengan frekuensi langkah (satuan langkah per satuan waktu). Sehingga untuk menaikkan kecepatan gerak berjalan harus meningkatkan panjang langkah dan frekuensi langkah.

### 2.2.4 Gaya Reaksi Permukaan Pijakan

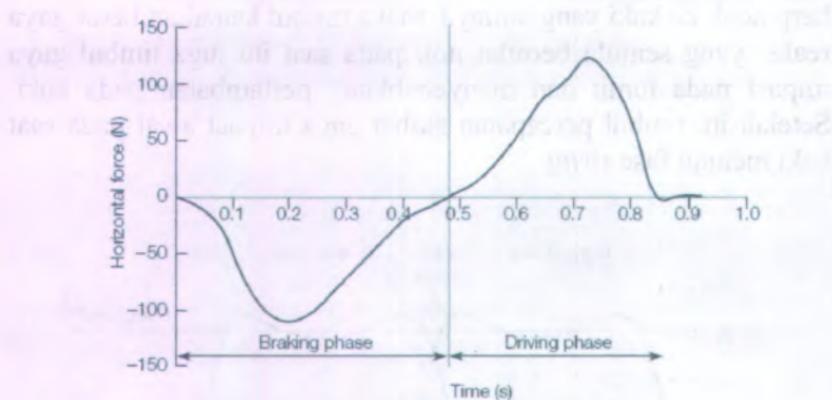
Penentuan gaya reaksi ini dilakukan sebagai cara untuk mengetahui besar gaya-gaya yang bekerja pada tapak kaki. Gaya reaksi ini dikategorikan menjadi gaya reaksi arah vertikal dan arah horizontal. Pada gambar 2.5 berikut ditunjukkan gaya reaksi vertikal untuk gaya berjalan normal dimana gaya reaksi ini tergantung dari kondisi fase dari pergerakan kaki, apakah *single stance* atau *double stance* sekaligus besar berat keseluruhan dari badan. Pada saat fase awal *double stance*, dimana beban dari berat badan yang semula ditanggung satu kaki kemudian

berpindah ke kaki yang lainnya, maka timbul kenaikan besar gaya reaksi yang semula bernilai nol, pada saat itu juga timbul gaya impact pada tumit dan menyebabkan perlambatan pada kaki. Setelah itu timbul percepatan akibat gaya impact awal pada saat kaki menuju fase *swing*.



**Gambar 2.5** Grafik gaya reaksi vertikal untuk gerak berjalan normal

Sedangkan untuk gaya reaksi arah horisontal ditunjukkan pada gambar 2.6. Pada gaya reaksi horisontal ini dikategorikan tergantung dari arah gaya tersebut, yang kemudian dikenal dengan gaya *breaking* dan *driving*. Gaya impact yang bekerja berlawanan dengan pergerakan badan disebut dengan *braking force*, sedangkan gaya impact yang bekerja searah dengan pergerakan badan disebut *driving force*. Gaya *breaking* terjadi ketika awal kaki menapak ke permukaan pijakan setelah fase *swing*. Kemudian seketika pusat massa badan melampaui fase *mid stance* maka gaya *driving* mulai bekerja. Titik dimana terjadi perubahan dari gaya *breaking* menuju gaya *driving* untuk berjalan normal yaitu diantara 45% sampai 50% dari total waktu fase *stance*.



Gambar 2.6 Grafik gaya reaksi horisontal untuk gerak berjalan normal

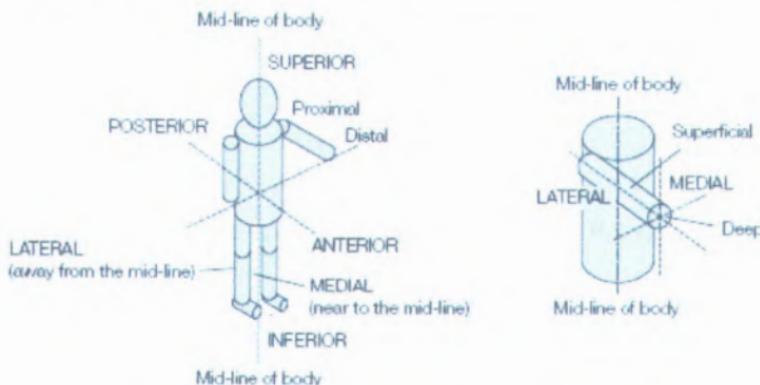
## 2.3 Kinematika Gerak Berjalan pada Manusia

Berikut dijabarkan kinematika gerak yang terkait dengan analisa gerak berjalan.

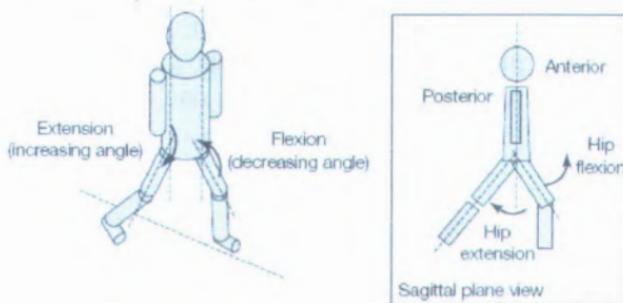
### 2.3.1 Anatomi Gerak Manusia

Penjabaran secara anatomi dari gerak manusia adalah dasar penting dalam melakukan analisa gerak berjalan manusia. Ada beberapa istilah dalam memahami gerak secara anatomi pada manusia sebagai berikut. *Super Cial* adalah struktur yang terdapat pada permukaan objek, sedangkan *deep* adalah struktur yang tidak dekat dengan permukaan objek. *Anterior* adalah bagian depan dari tubuh, sedangkan *posterior* bagian belakang dari tubuh. Pergerakan *medial* adalah pergerakan dengan arah menuju garis tengah tubuh, sedangkan *lateral* adalah pergerakan dengan arah menjauhi garis tengah tubuh. Bagian *medial* adalah bagian yang mendekati garis tengah tubuh, sedangkan bagian *lateral* adalah bagian yang menjauhi garis tengah tubuh. *Superior* adalah bagian atas dari tubuh, sedangkan *inferior* adalah bagian bawah dari tubuh. *Proximal* adalah bagian terdekat dari bagian tubuh tertentu, sedangkan *distal* adalah bagian terjauh dari bagian tubuh tertentu. Pada gambar 2.7 berikut ditunjukkan skema dari penjabaran di atas.

Ada beberapa istilah juga yang mendefinisikan gerak dari tiap sambungan pada bagian-bagian tubuh manusia yaitu *flexion* dan *extension*. *Flexion* mendefinisikan gerak dimana dua bagian tubuh yang terhubung saling mendekat, sedangkan *extension* mendefinisikan gerak dimana dua bagian tubuh yang terhubung tersebut saling menjauh atau melurus. Pada gambar 2.8 ditunjukkan perbedaan *flexion* dan *extension*.



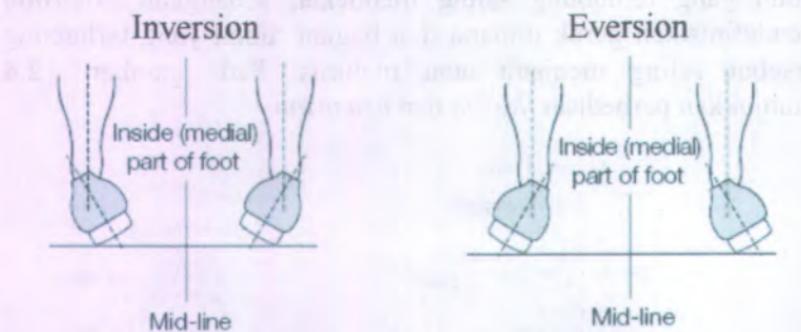
**Gambar 2.7 Skema gerak anatomi manusia**



**Gambar 2.8 Skema perbedaan gerak flexion dan extension**

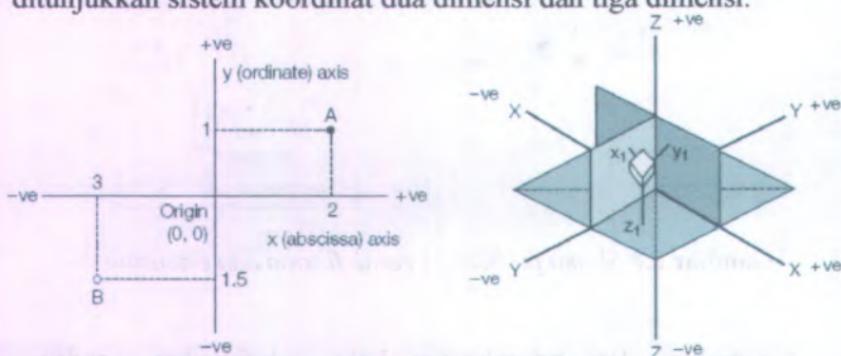
Pergerakan dari pergelangan kaki didefinisikan sendiri menjadi *inversion* dan *eversion*. *Inversion* mendefinisikan gerak dari pergelangan kaki menuju keluar, sedangkan *eversion*

mendefinisikan gerak dari pergelangan kaki menuju kedalam. Pada gambar 2.9 ditunjukkan perbedaan dari gerak *inversion* dan *eversion*.



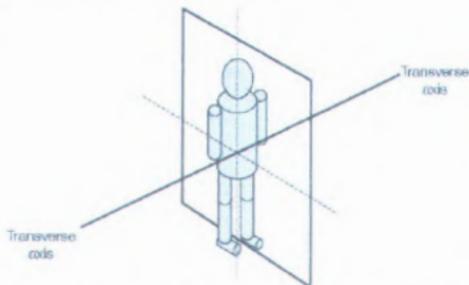
**Gambar 2.9 Skema perbedaan gerak inversion dan eversion**

Dalam mengenali pergerakan dari gaya berjalan pada manusia dibutuhkan pemahaman tentang sistem koordinat baik dua dimensi ataupun tiga dimensi. Terdapat tiga bidang yang dibentuk dari tiga axis yang akan membantu menentukan pergerakan dari tiap bagian tubuh manusia tersebut. Sedangkan Penentuan titik pusat acuan dari sistem koordinat ini dapat ditentukan dari pusat massa tubuh. Pada gambar 2.10 berikut ditunjukkan sistem koordinat dua dimensi dan tiga dimensi.

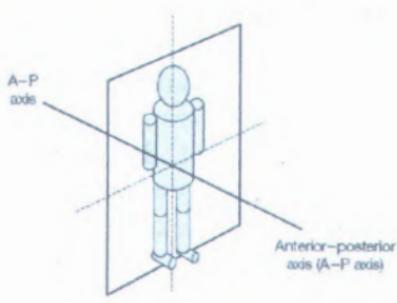


**Gambar 2.10 Skema perbedaan dua dimensi dan tiga dimensi**

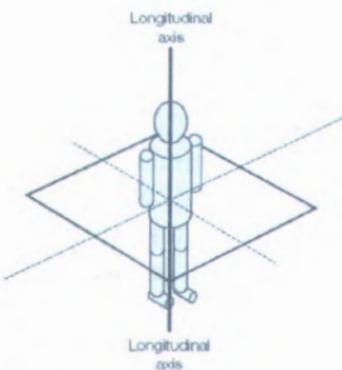
Dari tiga bidang berdasarkan sistem koordinat tiga dimensi tersebut akan digunakan sebagai sudut pandang dalam mengamati pergerakan dari orang berjalan. Istilah dari ketiga bidang tersebut adalah bidang *sagittal*, bidang *frontal* dan bidang *transverse* ditunjukkan pada gambar 2.11, 2.12 dan 2.13. Bidang *sagittal* didefinisikan sebagai bidang dengan sudut pandang samping kiri dan samping kanan, kemudian bidang *frontal* didefinisikan sebagai bidang dengan sudut pandang depan dan belakang, sedangkan bidang *transverse* didefinisikan sebagai bidang dengan sudut pandang atas dan bawah. Untuk mengamati gerakan berjalan cukup bisa diwakili dengan pengamatan dari sudut pandang arah bidang *sagittal* dan *frontal*.



**Gambar 2.11 Skema bidang sagittal**

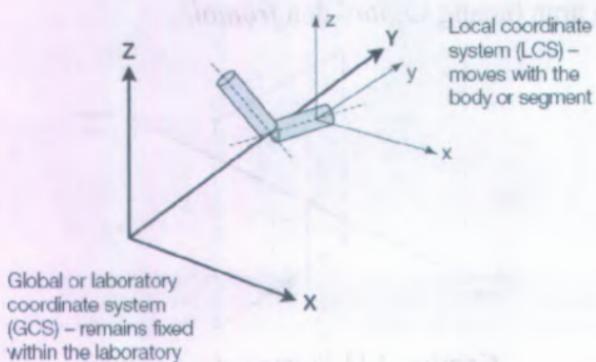


**Gambar 2.12 Skema bidang frontal**



**Gambar 2.13 Skema bidang transverse**

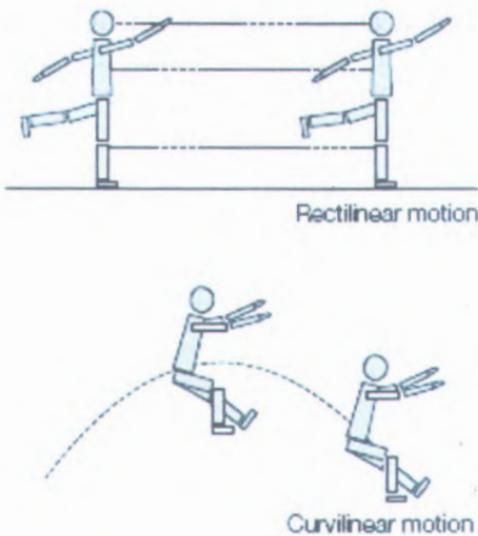
Dalam penentuan posisi spesifik dari tiap bagian tubuh ketika melakukan gerak berjalan perlu juga dipahami mengenai sistem koordinat yang dibedakan menjadi sistem koordinat global dan sistem koordinat lokal. Sistem koordinat global diperlukan ketika menentukan posisi dari tiap titik dari bagian tubuh yang diamati berdasarkan referensi titik acuan tetap, sedangkan sistem koordinat lokal diperlukan ketika menentukan posisi diantara dua titik dari bagian tubuh. Keterkaitan dari kedua sistem koordinat ini dapat dilihat pada gambar 2.14 berikut.



Gambar 2.14 Skema keterkaitan antara koordinat global dan lokal

### 2.3.2 Kinematika Gerak Linier dari Berjalan

Kinematika gerak linier ini yaitu terkait dengan penjelasan secara kuantitatif dari gerak tubuh secara linier seperti *distance* (*jarak*), *displacement* (*perpindahan*), *speed* (*kelajuan*), *velocity* (*kecepatan*), and *acceleration*. Kuantitatif tersebut dibedakan menjadi dua yaitu skalar dan vektor. Skalar diwakili dengan nilai saja seperti jarak dan kelajuan, sedangkan vektor diwakili dengan nilai dan arah seperti perpindahan, kecepatan dan percepatan. Gambar 2.15 ditunjukkan macam gerak linier.



**Gambar 2.15 Skema macam gerak liner**

Pada pengamatan gerak berjalan manusia ini yang perlu dilakukan adalah pencatatan dari perubahan atau perpindahan posisi dari tiap titik dari bagian tubuh. Kemudian data yang diperoleh tersebut dinyatakan dalam bentuk tabel data dan grafik perpindahan fungsi waktu. Dari grafik ini maka didapatkan grafik kecepatan fungsi waktu dan percepatan fungsi waktu melalui proses penurunan atau diferensial.

Penurunan rumus kecepatan :

$$\text{Kecepatan} = \frac{\text{perpindahan}}{\text{waktu}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.1)$$

Penurunan rumus percepatan :

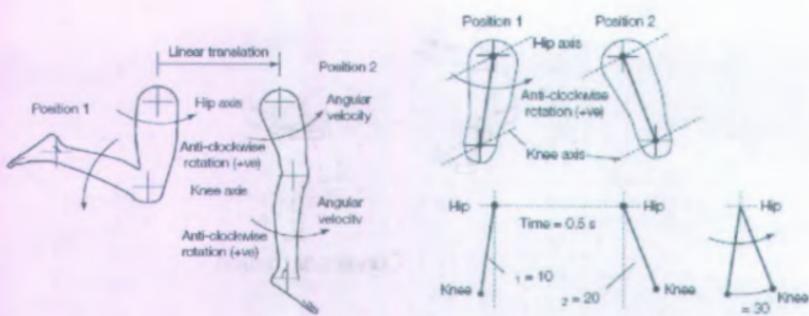
$$\text{Percepatan} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad \dots \dots \dots \quad (2.2)$$

Keterangan :  $v_1$  = kecepatan awal atau waktu ke-1

$v_2$  = kecepatan akhir atau waktu ke-2

### 2.3.3 Kinematika Gerak Angular dari Berjalan

Kinematika gerak angular ini yaitu terkait dengan penjabaran secara kuantitatif dari gerak putar pada bagian tubuh yang dinyatakan ke dalam perpindahan angular, kecepatan angular dan percepatan angular. Berikut deskripsi tentang gerak angular ditunjukkan pada gambar 2.16.



**Gambar 2.16 Skema gerak angular**

Penurunan rumus kecepatan angular :

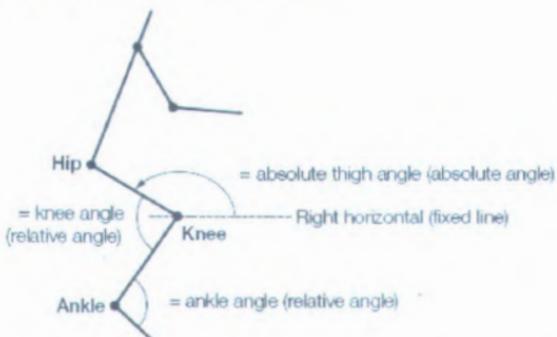
$$\text{Kecepatan angular } (\omega) = \frac{\text{perpindahan angular}}{\text{waktu}} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Penurunan rumus percepatan angular :

$$\text{Percepatan angular} = \frac{\text{kecepatan angular } (\omega_{\text{final}} - \omega_{\text{initial}})}{t_2 - t_1} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :  $\omega_{\text{final}}$  = kecepatan angular awal \ waktu ke-1  
 $\omega_{\text{final}}$  = kecepatan angular akhir \ waktu ke-2

Ada hal yang perlu dipahami dalam pengukuran perubahan posisi sudut gerak pada pengamatan gerak berjalan yaitu perbedaan antara sudut absolut dan sudut relatif. Perbedaan ini dapat ditunjukkan pada gambar 2.17 berikut.

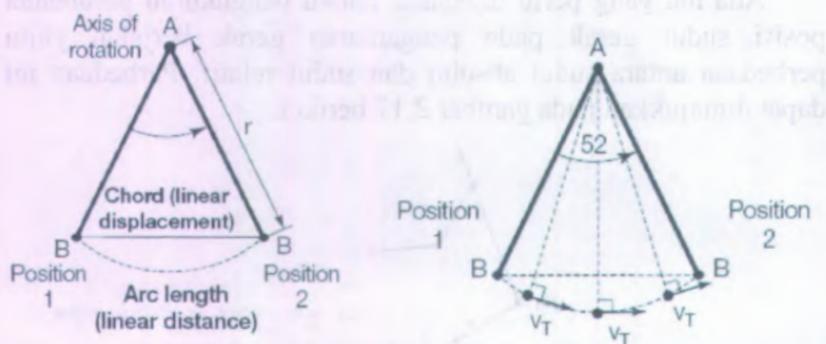


Gambar 2.17 Skema perbedaan sudut absolut dan sudut relatif

### 2.3.4 Hubungan Antara Gerak Linier dan Gerak Anguler

Komponen gerak linier dan gerak angular dapat dikaitkan melalui hubungan matematis. Sehingga dari gerak rotasi suatu objek yang memiliki segment seperti ketika mengamati gerak berjalan pada manusia dapat ditentukan gerak liniernya. Hal ini juga berlaku sebaliknya, dengan mengetahui lintasan gerak linier dari tiap titik dari segment bagian tubuh dari manusia yang sedang berjalan maka dapat diketahui gerak angular baik secara relatif dari bagian segment tubuh lainnya atau gerak angular secara absolut.

Perumusan dan penjelasan skematis dari hubungan gerak linier dan angular untuk jarak dan perpindahan dari titik pada segment yang berotasi dapat dilihat pada gambar 2.18 berikut.



Gambar 2.18 Skema perbedaan jarak linier dan perpindahan linier

Dari gambar ini ditunjukkan perbedaan antara perpindahan linier dan jarak linier dari titik yang berputar pada pusat putarnya dengan panjang lengan tertentu. Untuk perpindahan linier ditunjukkan dengan panjang *chord*. Sedangkan jarak linier ditunjukkan dengan panjang busur sehingga dari perumusan dapat ditentukan sebagai berikut,

$$s = r \cdot \theta \quad \dots \dots \dots \quad (2.5)$$

$s$  = panjang linier / jarak linier

$\theta$  = perubahan sudut / angular

$r$  = panjang segment /jari-jari rotasi

Kemudian hubungan antara kecepatan linier dan kecepatan angular dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$v = r \cdot \omega \quad \dots \dots \dots \quad (2.6)$$

$v$  = kecepatan linier rata-rata

$\omega$  = kecepatan angular rata-rata

$r$  = panjang segment /jari-jari rotasi

Sedangkan hubungan antara percepatan linier dan percepatan angular dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$\mathbf{a} = \mathbf{r} \cdot \boldsymbol{\alpha} \quad \dots \dots \dots \quad (2.7)$$

$\mathbf{a}$  = percepatan linier rata-rata

$\boldsymbol{\alpha}$  = percepatan angular rata-rata

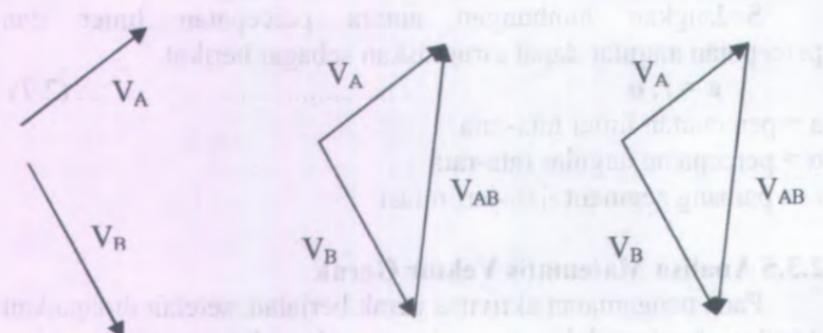
$\mathbf{r}$  = panjang segment /jari-jari rotasi

### 2.3.5 Analisa Matematis Vektor Gerak

Pada pengamatan aktivitas gerak berjalan, setelah didapatkan data kinematik melalui proses penetuan koordinat posisi dari hasil gambar pada metode video kamara tersebut, maka dapat ditentukan posisi koordinat dari setiap titik pada segment pada selang waktu satu siklus gerak berjalan. Dari koordinat ini maka dapat dilakukan perhitungan secara matematis berdasarkan prinsip vektor untuk menganalisa perubahan posisi, kecepatan dan percepatan gerak dari tiap titik pada segment tubuh manusia ketika berjalan. Vektor secara skematis dinyatakan dengan garis dengan ujung tanda panah, panjang garis menyatakan besar vektor sedangkan arah panah menunjukkan arah dari vektor tersebut. Berikut pada gambar 2.19 ditunjukkan operasi penjumlahan dan pengurangan vektor dalam menyusun diagram kecepatan. Kecepatan relatif A terhadap B dapat dinyatakan dengan kecepatan absolute A dikurangi kecepatan absolute B, begitu sebaliknya kecepatan relatif B terhadap A dapat dinyatakan dengan kecepatan absolute B dikurangi kecepatan absolute A.

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_{AB} &= \mathbf{v}_A - \mathbf{v}_B \\ &= \vec{\mathbf{v}}_A + (-\vec{\mathbf{v}}_B) \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \quad (2.8)$$

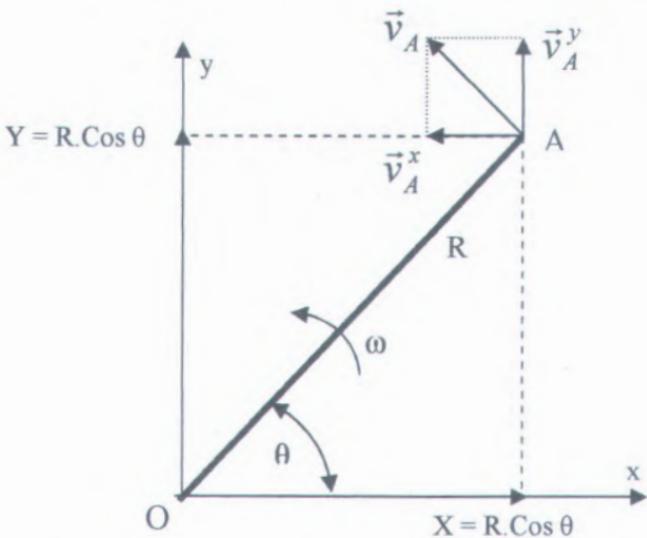
$$\begin{aligned} \mathbf{v}_{BA} &= \mathbf{v}_B - \mathbf{v}_A \\ &= \vec{\mathbf{v}}_B + (-\vec{\mathbf{v}}_A) \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \quad (2.9)$$

**Gambar 2.19 Operasi penjumlahan dan pengurangan vektor**

Pada gerak berjalan terdapat pula gerak angular pada sambungan antara dua segment bagian tubuh seperti pada pinggul, lutut dan pergelangan kaki. Gambar 2.20 ditunjukkan secara skematis kecepatan titik A relatif terhadap titik pangkal O. Hal ini dapat diibaratkan kecepatan relatif lutut terhadap pangkal pinggul atau kecepatan relatif pergelangan kaki terhadap lutut. Panjang O-A sendiri dapat dinyatakan dengan panjang R yang menunjukkan jarak antara lutut dengan pinggul atau pergelangan kaki dengan lutut. Sedangkan nilai  $\vec{\theta}$  sendiri menunjukkan perubahan posisi sudut absolut terhadap garis horisontal atau sumbu x positif. Maka dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan posisi koordinat x dan y titik A berdasarkan panjang R dan  $\vec{\theta}$  sebagai berikut.

$$\vec{x}_A = R \cdot \cos \vec{\theta} \quad \dots (2.10)$$

$$\vec{y}_A = R \cdot \sin \vec{\theta} \quad \dots (2.11)$$



**Gambar 2.20** Kecepatan relatif titik A yang bergerak terhadap titik pangkal O

Dari persamaan posisi koordinat x dan y fungsi  $\vec{\theta}$  maka didapatkan persamaan kecepatan fungsi  $\vec{\theta}$  dengan cara dideferensialkan terhadap waktu dengan nilai R konstan maka diperoleh perumusan sebagai berikut,

$$\frac{d\vec{x}_A}{dt} = \frac{d(R.\cos\vec{\theta})}{dt} = R.(-\sin\vec{\theta}) \cdot \frac{d\vec{\theta}}{dt} \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\frac{d\vec{y}_A}{dt} = \frac{d(R.\sin\vec{\theta})}{dt} = R.\cos\vec{\theta} \cdot \frac{d\vec{\theta}}{dt} \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan  $\frac{d\vec{x}_A}{dt} = \vec{v}_A^x$ ;  $\frac{d\vec{y}_A}{dt} = \vec{v}_A^y$ ;  $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\theta}}{dt}$

Maka kecepatan pada titik A :

$$1. \text{ Dalam arah } x \text{ adalah } \vec{v}_A^x = -R\bar{\omega} \cdot \sin\bar{\theta} \quad \dots \dots \dots \quad (2.14)$$

$$2. \text{ Dalam arah } y \text{ adalah } \vec{v}_A^y = R\bar{\omega} \cdot \cos\bar{\theta} \quad \dots \dots \dots \quad (2.15)$$

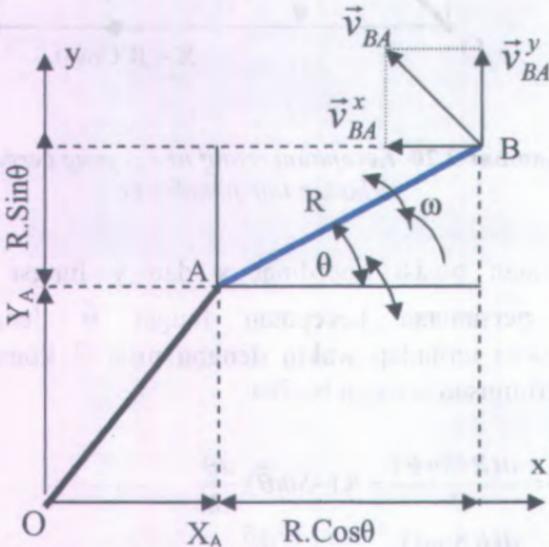
Kecepatan total titik A diperoleh dengan menjumlahkan elemen kecepatan dalam sumbu x dan sumbu y maka didapatkan,

$$\vec{v}_A = \sqrt{(\vec{v}_A^x)^2 + (\vec{v}_A^y)^2}$$

$$\vec{v}_A = \sqrt{[(-R\bar{\omega} \cdot \sin\bar{\theta})^2 + (R\bar{\omega} \cdot \cos\bar{\theta})^2]} \quad \dots \dots \dots \quad (2.16)$$

$$\vec{v}_A = R\bar{\omega}$$

Dari gambar 2.20 ditunjukkan bahwa garis kerja kecepatan titik A tegak lurus terhadap garis O - A.



**Gambar 2.21 Kecepatan titik B terhadap titik O, dimana B dan O dihubungkan dengan titik A**

Kemudian pada perhitungan kecepatan relatif dari pergelangan kaki terhadap pangkal pinggul dimana pergelangan kaki tidak terhubung langsung dengan pinggul namun dihubungkan melalui lutut pada kasus gerak berjalan pada

manusia, hal ini dapat dirumuskan melalui gambar 2.21 dimana ditunjukkan skema kecepatan relatif titik B terhadap titik O dimana titik B ini terhubung dengan titik A dan titik A terhubung dengan titik O.

Maka dari skema pada gambar 2.21 dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan posisi koordinat x dan y titik B berdasarkan panjang R dan  $\vec{\theta}$  sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\vec{x}_B &= \vec{x}_A + R \cdot \cos \vec{\theta} \\ \vec{y}_B &= \vec{y}_A + R \cdot \sin \vec{\theta}\end{aligned}\quad \dots \dots \dots \quad (2.17, 2.18)$$

Dari persamaan posisi dari titik B yang dinyatakan dengan koordinat x dan y fungsi  $\vec{\theta}$  maka didapatkan kecepatan titik B relatif terhadap titik O dengan cara dideferensialkan terhadap waktu (t), dimana R adalah panjang ruas dari titik A menuju B dengan nilai tetap, sehingga didapatkan perumusan sebagai berikut,

$$\frac{d\vec{x}_B}{dt} = \frac{d\vec{x}_A}{dt} + \frac{d(R \cdot \cos \vec{\theta})}{dt} = \vec{v}_A^x + R \cdot (-\sin \vec{\theta}) \cdot \frac{d\vec{\theta}}{dt} \quad \dots \dots \quad (2.19)$$

$$\frac{d\vec{y}_B}{dt} = \frac{d\vec{y}_A}{dt} + \frac{d(R \cdot \sin \vec{\theta})}{dt} = \vec{v}_A^y + R \cdot \cos \vec{\theta} \cdot \frac{d\vec{\theta}}{dt} \quad \dots \dots \quad (2.20)$$

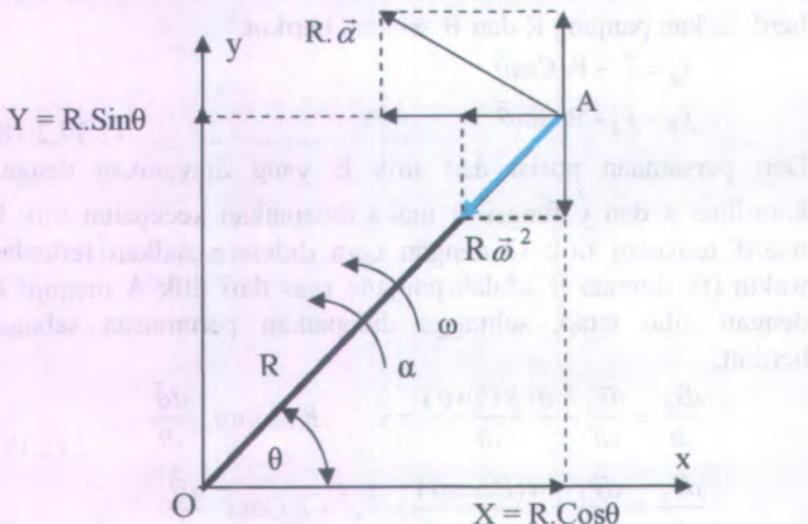
Garis kerja kecepatan ditunjukkan pada gambar 2.21 dengan menjumlahkan kedua persamaan diatas akan diperoleh kecepatan total titik B.

$$\begin{aligned}\vec{v}_B &= (\vec{v}_B^x)^2 + (\vec{v}_B^y)^2 \\ \vec{v}_A &= [\vec{v}_A^x + R \cdot \vec{\omega} \cdot (-\sin \vec{\theta})] + [\vec{v}_A^y + R \cdot \vec{\omega} \cdot \cos \vec{\theta}] \\ \vec{v}_B &= \vec{v}_A + R \cdot \vec{\omega}\end{aligned}\quad \dots \dots \quad (2.21)$$

Dengan  $R \cdot \vec{\omega}$  adalah vektor kecepatan relatif yang garis kerjanya tegak lurus garis A - B dan satu arah dengan kecepatan sudutnya. Kecepatan relatif titik B terhadap titik A adalah  $\vec{v}_{B/A} = R \cdot \vec{\omega}$

Sedangkan dalam penentuan percepatan yang dialami dititik A ketika melakukan gerak putar relatif terhadap O dapat dirumuskan dengan mendifferensialkan persamaan kecepatan titik

A relatif terhadap O. Pada gambar 2.22 ditunjukkan skema arah percepatan yang berlaku pada titik A, dimana percepatan ini terdapat dua arah, yang pertama percepatan menuju ke pusat putaran atau arah radial dan yang kedua percepatan menuju arah tangensial. Perumusan dari percepatan yang berkerja pada titik A sebagai berikut,



**Gambar 2.22** Percepatan sebuah titik A relatif terhadap titik O

Kecepatan titik A adalah :

$$\frac{d\vec{x}_A}{dt} = \frac{d(R \cdot \cos \theta)}{dt} = R \cdot (-\sin \theta) \cdot \frac{d\theta}{dt}$$

$$\frac{d\vec{y}_A}{dt} = \frac{d(R \cdot \sin \theta)}{dt} = R \cdot \cos \theta \cdot \frac{d\theta}{dt}$$

Dideferensialkan terhadap waktu t, dan R adalah konstanta dihasilkan,

$$\frac{d^2\vec{x}_A}{dt^2} = R[\ddot{\alpha} \cdot (-\cos \theta) \cdot \frac{d\theta}{dt} - \sin \theta \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2}] \quad \dots \dots \dots (2.22)$$

$$\frac{d^2 \vec{y}_A}{dt^2} = R[\vec{\omega} \cdot (-\sin \vec{\theta}) \cdot \frac{d\vec{\theta}}{dt} + \cos \vec{\theta} \cdot \frac{d^2 \vec{\theta}}{dt^2}] \quad \dots \dots \dots (2.23)$$

Sehingga persamaan diatas menjadi,

$$\vec{a}_A^x = -R\vec{\omega}^2 \cos \vec{\theta} - R\vec{\alpha} \cdot \sin \vec{\theta} \quad \dots \dots \dots (2.24)$$

$$\vec{a}_A^y = -R\vec{\omega}^2 \sin \vec{\theta} + R\vec{\alpha} \cdot \cos \vec{\theta} \quad \dots \dots \dots (2.25)$$

Resultan dari kedua komponen percepatan ini menjadi,

$$\vec{a}_A = \vec{a}_A^x + \vec{a}_A^y$$

$$\vec{a}_A = [-R\vec{\omega}^2 \cos \vec{\theta} - R\vec{\alpha} \cdot \sin \vec{\theta}] + [-R\vec{\omega}^2 \sin \vec{\theta} + R\vec{\alpha} \cdot \cos \vec{\theta}]$$

$$\vec{a}_A = [-R\vec{\omega}^2 \cos \vec{\theta} - R\vec{\omega}^2 \sin \vec{\theta}] + [-R\vec{\alpha} \cdot \sin \vec{\theta} + R\vec{\alpha} \cdot \cos \vec{\theta}] \dots (2.26)$$

Kedua komponen tegak lurus dalam tanda kurung pertama, yang ditunjukkan dalam gambar 2.22 memberikan sebuah resultan  $R\vec{\omega}^2$ , yang mempunyai arah dari titik A ke pusat perputaran penghubung (link). Komponen kedua tegak lurus dalam tanda kurung kedua, yang ditunjukkan dalam gambar 2.22, memberikan sebuah resultan  $R\vec{\alpha}$ , yang mempunyai garis kerja tegak lurus ke garis A - O. Sehingga percepatan total titik A dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\vec{a}_A = R\vec{\omega}^2 + R\vec{\alpha} \quad \dots \dots \dots (2.27)$$

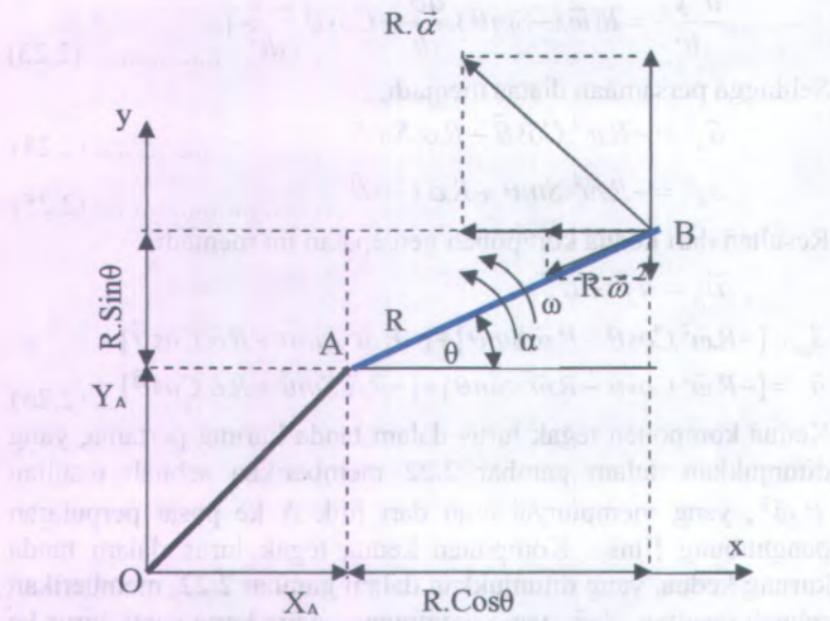
Dimana :  $R\vec{\omega}^2$  disebut komponen percepatan radial

$R\vec{\alpha}$  disebut komponen percepatan tangensial

Kemudian dalam menentukan percepatan relatif titik terhadap titik lain untuk kasus dimana titik tersebut tidak terhubung secara langsung, namun dihubungkan melalui titik lainnya lagi. Pada kasus ini dicontohkan dimana titik yang dianalisa adalah titik B, skema ditunjukkan pada gambar 2.23 berikut. Maka dapat dirumuskan koordinat titik B adalah :

$$\vec{x}_B = \vec{x}_A + R \cdot \cos \vec{\theta}$$

$$\vec{y}_B = \vec{y}_A + R \cdot \sin \vec{\theta}$$



**Gambar 2.23** Percepatan relatif titik B terhadap titik O, dimana titik B dan titik O dihubungkan dengan titik A

Persamaan kecepatan titik B adalah :

$$\frac{d\vec{x}_B}{dt} = \frac{d\vec{x}_A}{dt} + \frac{d(R.Cos\vec{\theta})}{dt} = \vec{v}_A^x + R.(-Sin\vec{\theta}).\frac{d\vec{\theta}}{dt}$$

$$\frac{d\vec{y}_B}{dt} = \frac{d\vec{y}_A}{dt} + \frac{d(R.Sin\vec{\theta})}{dt} = \vec{v}_A^y + R.Cos\vec{\theta}.\frac{d\vec{\theta}}{dt}$$

Dideferensialkan terhadap waktu (t) dan R adalah konstanta dihasilkan :

$$\frac{d^2\vec{x}_B}{dt^2} = \frac{d^2\vec{x}_A}{dt^2} + \frac{d^2(R.Cos\vec{\theta})}{dt^2}$$

$$\frac{d^2\vec{x}_B}{dt^2} = \frac{d\vec{v}_A}{dt} + R[\vec{\omega}.(-Cos\theta)\cdot\frac{d\vec{\theta}}{dt} - Sin\theta\cdot\frac{d^2\vec{\theta}}{dt^2}] \quad ..(2.28)$$

$$\begin{aligned}\frac{d^2\vec{y}_B}{dt^2} &= \frac{d^2\vec{y}_A}{dt^2} + \frac{d^2(R.Sin\theta)}{dt^2} \\ \frac{d^2\vec{y}_B}{dt^2} &= \frac{d\vec{v}_A}{dt} - R[\vec{\omega}.(-Sin\theta)\cdot\frac{d\vec{\theta}}{dt} + Cos\theta\cdot\frac{d^2\vec{\theta}}{dt^2}] \quad ..(2.29)\end{aligned}$$

Maka persamaan diatas dapat dituliskan menjadi :

$$\vec{a}_B^x = \vec{a}_A^x - R.\vec{\omega}^2.Cos\theta - R.\vec{\alpha}.Sin\theta \quad ..(2.30)$$

$$\vec{a}_B^y = \vec{a}_A^y - R.\vec{\omega}^2.Sin\theta + R.\vec{\alpha}.Cos\theta \quad ..(2.31)$$

Percepatan total titik B adalah :

$$\begin{aligned}\vec{a}_B &= \vec{a}_B^x + \vec{a}_B^y \\ \vec{a}_B &= [\vec{a}_A^x - R.\vec{\omega}^2.Cos\theta - R.\vec{\alpha}.Sin\theta] \\ &\quad + [\vec{a}_A^y - R.\vec{\omega}^2.Sin\theta + R.\vec{\alpha}.Cos\theta] \quad ..(2.32)\end{aligned}$$

Dengan menjumlahkan vektor pada sumbu x dan sumbu y diperoleh :

$$\begin{aligned}\vec{a}_B &= [\vec{a}_A^x + \vec{a}_A^y] + [-R.\vec{\omega}^2.Cos\theta - R.\vec{\omega}^2.Sin\theta] \\ &\quad + [-R.\vec{\alpha}.Sin\theta + R.\vec{\alpha}.Cos\theta] \quad ..(2.33)\end{aligned}$$

Suku dalam kurung pertama adalah percepatan total titik A. Suku dalam kurung kedua adalah sama dengan  $R.\vec{\omega}^2$  yaitu vektor yang arahnya dari B ke A. Suku dalam kurung ketiga adalah sama dengan  $R.\vec{\alpha}$  yaitu vektor dengan arah tegak lurus B - A dan arahnya sesuai dengan arah percepatan sudutnya.

Sehingga percepatan titik B dapat dinyatakan dengan :

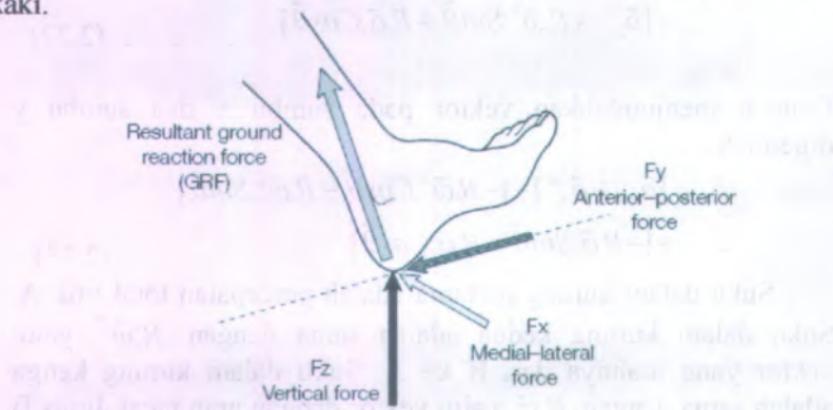
$$\begin{aligned}\vec{a}_B &= \vec{a}_A + [R.\vec{\omega}^2 + R.\vec{\alpha}] \\ \vec{a}_B &= \vec{a}_A + \vec{a}_{AB} \quad ..(2.34)\end{aligned}$$

## 2.4 Kinetika Gerak Berjalan pada Manusia

Berikut dijabarkan kinetika gerak yang terkait dengan analisa gerak berjalan.

### 2.4.1 Gaya (Force)

Pada pembahasan tentang gaya terkait dengan gerak pada manusia dapat didefinisikan ke dalam dua kategori yaitu gaya yang langsung bersinggungan dan tidak langsung bersinggungan. Sebagai contoh untuk gaya langung seperti gaya gesek dan gaya normal antara kaki manusia dengan tanah ketika berjalan, sedangkan gaya tidak langsung seperti gaya gravitasi bumi yang berkerja pada tubuh. Selain itu gaya gerak dapat diklasifikasikan menjadi gaya internal dan gaya eksternal. Dimaksud dengan gaya internal adalah gaya yang berkerja di dalam tubuh manusia seperti gaya pada persendian antar tulang, sedangkan gaya eksternal adalah gaya yang berkerja dari luar tubuh seperti gaya gesek dan gaya normal tanah pada kaki. Berikut pada gambar 2.24 ditunjukkan arah gaya gesek dan gaya normal yang berkerja pada kaki.



**Gambar 2.24** Gaya gesek dan gaya normal yang berkerja pada kaki.

Analisa terkait gaya ini dapat dijabarkan dengan hukum Newton kesatu, kedua dan ketiga. Hukum Newton gerak kesatu terkait dengan inersia yaitu suatu objek akan tetap pada kondisi

diam atau bergerak dengan kecepatan konstan kecuali objek tersebut dikenai gaya, hukum Newton gerak kedua menjelaskan adanya percepatan yaitu jika gaya bekerja pada suatu objek maka terjadi perubahan gerak (momentum) dengan arah sesuai dengan garis kerja gaya tersebut yang sebanding dengan gaya tersebut dan berbanding terbalik dengan massa, hukum Newton gerak ketiga menjabarkan tentang prinsip antara gaya aksi dan gaya reaksi. Berikut ini perumusan dari hukum Newton tentang gerak.

- Hukum Newton I

$$\sum F = 0 \text{ (Linier)} ; \sum \tau = 0 \text{ (Angular)} \dots\dots\dots(2.35)$$

{ kondisi setimbang atau bergerak dengan kecepatan konstan}

- Hukum Newton II

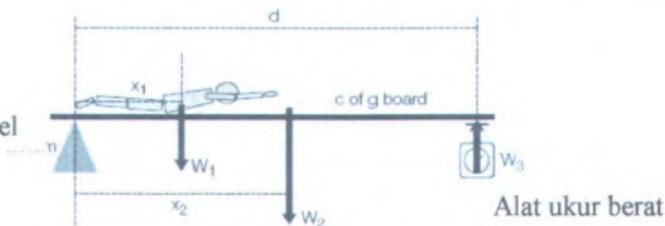
$$\sum F = m \cdot a \text{ (Linier)} ; \sum \tau = I \cdot a \text{ (Angular)} \dots\dots\dots(2.36)$$

- Hukum Newton III

$$\sum F_{\text{aksi}} = \sum F_{\text{reaksi}} \dots\dots\dots(2.37)$$

#### 2.4.2 Pusat Gravitasi Tubuh Manusia

Pusat gravitasi tubuh didefinisikan sebagai titik pusat konsentrasi yang mewakili seluruh berat dari tubuh. Pada objek yang memiliki massa uniform, letak pusat gravitasi dapat ditentukan pada pusat dari geometri objek tersebut. Namun pada tubuh manusia memiliki massa yang tidak uniform dengan geometri tubuh yang tak tentu serta pengaruh pergerakan tubuh maka posisi pusat gravitasi perlu didefinisikan dari perhitungan. Perhitungan posisi pusat gravitasi pada posisi vertikal dapat dilakukan dengan prinsip momen ditunjukkan pada gambar 2.25 berikut ini.

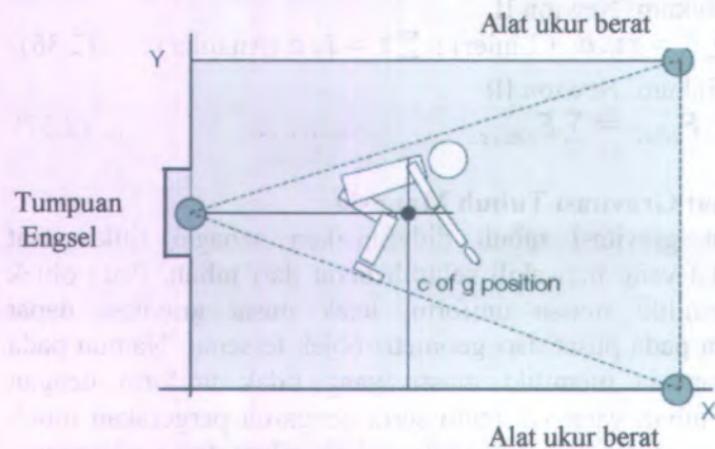


Gambar 2.25 Skema perhitungan pusat massa tubuh

Maka dari perumusan,  $\sum M = 0$ , didapatkan,

$$x_1 = \frac{W_3 \cdot x_3 - W_2 \cdot x_2}{W_1} \quad (2.38)$$

Pada penentuan pusat gravitasi juga tergantung pada perubahan posisi akibat pergerakan dari bagian-bagian tubuh, sehingga ada suatu kondisi dimana pusat gravitasi berada diluar tubuh. Berikut pada gambar 2.26 ditunjukkan metode untuk menentukan pusat gravitasi untuk bidang dua dimensi. Perhitungan dilakukan dengan cara yang sama yaitu menggunakan prinsip momen.



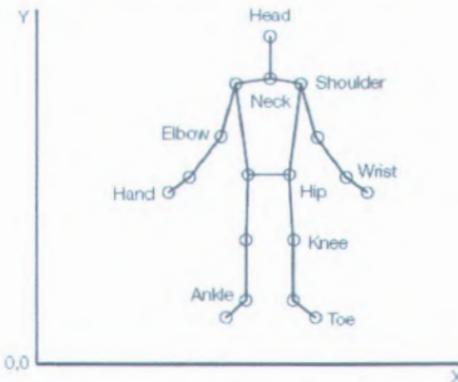
**Gambar 2.25** Skema perhitungan pusat massa tubuh bidang dua dimensi

Dikarenakan pusat gravitasi dapat dimungkinkan berubah tergantung dari perubahan posisi dari bagian-bagian tubuh, maka perlu dipakai metode alternatif untuk menentukan pusat gravitasi dari seluruh tubuh manusia yaitu dengan cara menganggap tiap bagian dari tubuh manusia sebagai susunan batang yang memiliki

pusat massa seperti pada gambar 2.26, dimana pada tabel 2.2 ditunjukkan posisi dari pusat gravitasi relatif terhadap titik ujung dari batang tersebut, sehingga dapat dilakukan perhitungan pusat gravitasi dari keseluruhan tubuh berdasarkan prinsip momen sebagai berikut,

$$x_{cg} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.39)$$

$$y_{cg} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} W_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad \dots \quad (2.40)$$



**Gambar 2.26** Skema penentuan titik-titik pada tiap segmen tubuh

**Tabel 2.2** Tabel posisi pusat gravitasi dan prosentase berat

Segment	Location of center of mass (expressed as a % of the distance from each end)		Proportion of total body weight (expressed as a % for each individual segment)
	Proximal	Distal	
Head and neck	100	0	8.1
Trunk	50	50	49.7
Trunk, head, and neck	66	34	57.8
Upper arm	43.6	56.4	2.8
Forearm	43	57	1.6
Hand	50.6	49.4	0.6
Upper leg (thigh)	43.3	56.7	10.0
Lower leg	43.3	56.7	4.65
Foot	50	50	1.45
Total (all segments)			100.00

## 2.5 Energi Kinetik dan Energi Potensial

Energi didefinisikan sebagai kapasitas untuk melakukan kerja. Energi sendiri dapat dikategorikan dengan banyak macam, namun terdapat dua bentuk energi mekanik yang dapat dihubungkan dengan pembahasan gerak berjalan pada manusia yaitu energi potensial gravitasi yang terkait dengan posisi dan energi kinetik yang terkait dengan gerak. Secara perumusan dapat dituliskan sebagai berikut,

- Energi potensial gravitasi :

$$E_{pg} = m.g.h \quad \dots (2.41)$$

dimana :  $m$  = massa ;  $g$  = percepatan gravitasi ;  $h$  = posisi

- Energi Kinetik :

$$E_k = \frac{1}{2} m.v^2 \text{ (gerak linier)} ; \quad \dots (2.42)$$

$$E_k = \frac{1}{2} I. \omega^2 \text{ (gerak angular)}$$

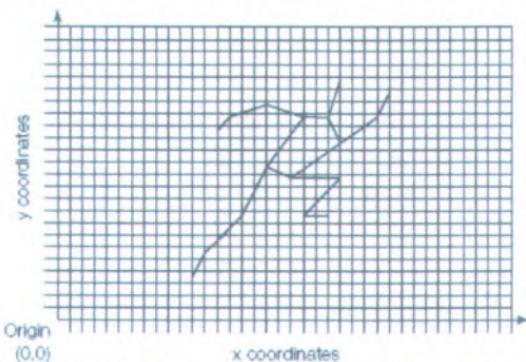
Dimana :  $m$  = massa ;  $v$  = kecepatan linier ;

$I$  = inersia ;  $\omega$  = kecepatan sudut.

## 2.6 Teknik pengukuran gerak

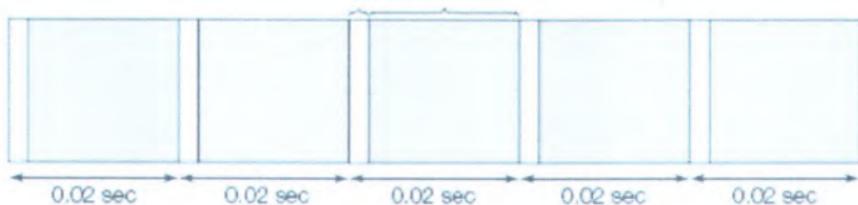
Ada beberapa teknik yang digunakan untuk mengamati gerak dari aktivitas manusia seperti aktvitas berjalan. Namun salah satu teknik yang populer digunakan adalah berbasis video kamera. Hal ini disebabkan karena kemudahan dan fleksibilitas dalam penggunaannya yang dapat digunakan untuk mengamati beragam aktivitas gerak manusia. Teknik berbasis video ini dapat digunakan untuk pengamatan secara kualitatif maupun kuantitatif. Secara kualitatif terkait dengan pengamatan untuk kepentingan klinikal kesehatan dan peningkatan kemampuan fisik pada latihan keolahragaan, sedangkan secara kuantitatif digunakan untuk mendapatkan data informasi kinematik yaitu lintasan gerak, kecepatan dan percepatan. Dari data informasi kinematik ini dapat digunakan untuk menghitung kinematika gerak dari pusat massa bagian tubuh, tingkat energi dan tenaga. Dalam pengambilan data dibutuhkan kamera yang mampu mengambil video, yang kemudian dikonversi ke dalam kumpulan gambar. Dari gambar tersebut ditandai untuk mendapatkan koordinat posisi secara

horisontal maupun vertikal. Dengan menggabungkan sudut pandang dari beberapa posisi kamera, maka didapatkan koordinat posisi gerak secara tiga dimensi dari tiap segment bagian tubuh.



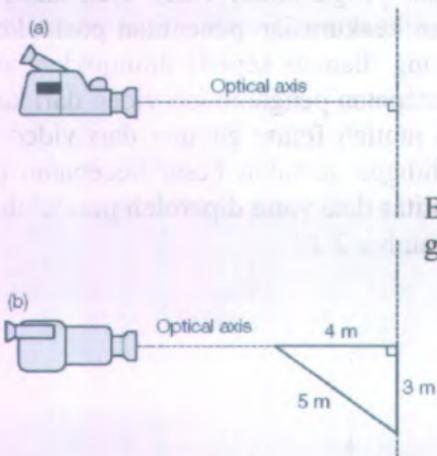
**Gambar 2.27 Skema pengaruh resolusi terhadap penentuan posisi koordinat yang diamati**

Hasil data kinematik dan keakurasiannya dari teknik berbasis video kamera ini tergantung kepada resolusi gambar dari format video dan kecepatan pengambilan video oleh kamera. Resolusi video terkait dengan keakurasi penentuan posisi koordinat dari titik pada objek yang diamati seperti ditunjukkan pada gambar 2.27, sedangkan kecepatan pengambilan video dari kamera terkait dengan banyaknya jumlah frame gambar dari video pada selang waktu tertentu, sehingga semakin besar kecepatan pengambilan video maka kontinuitas data yang diperoleh pun lebih baik seperti ditunjukkan pada gambar 2.28.



**Gambar 2.28 Skema banyaknya frame gambar pada video**

Prosedur dalam pengambilan video juga berpengaruh pada keakuriasan data kinematik, maka dari itu perlu diperhatikan penentuan posisi kamera. Pada analisa dua dimensi penentuan posisi kamera diusahakan jauh dan tegak lurus dari bidang gerak objek yang diamati, untuk mengurangi pengaruh kesalahan perspektif ditunjukkan pada gambar 2.29. Pada saat pengambilan video berlangsung diusahakan kamera tidak bergeser dan lurus terhadap garis normal dari bidang gerak dari objek yang diamati, maka dari itu perlu disangga pada tripod yang cukup tegar. Hasil rekaman pula jangan terlalu panjang, diambil potongan rekaman yang dibutuhkan saja, namun rekamannya jangan terlalu pendek sehingga tidak bisa dilakukan proses penentuan posisi koordinat dengan akurat. Untuk mempermudah dalam proses ini perlu diberikan tanda warna yang kontras terhadap latar belakang. Pemberian tanda dapat diletakkan pada tiap titik ujung segment objek yang diamati atau pada bagian titik pertemuan antar segment.



**Gambar 2.29 Skema posisi kamera tehadap bidang gerak**

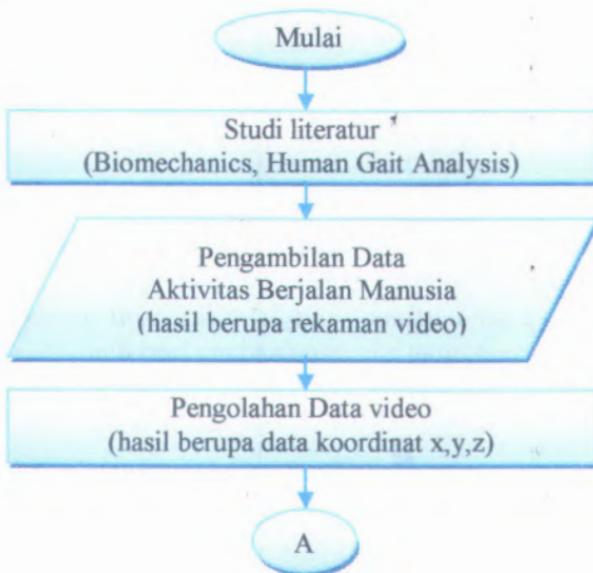
## BAB III

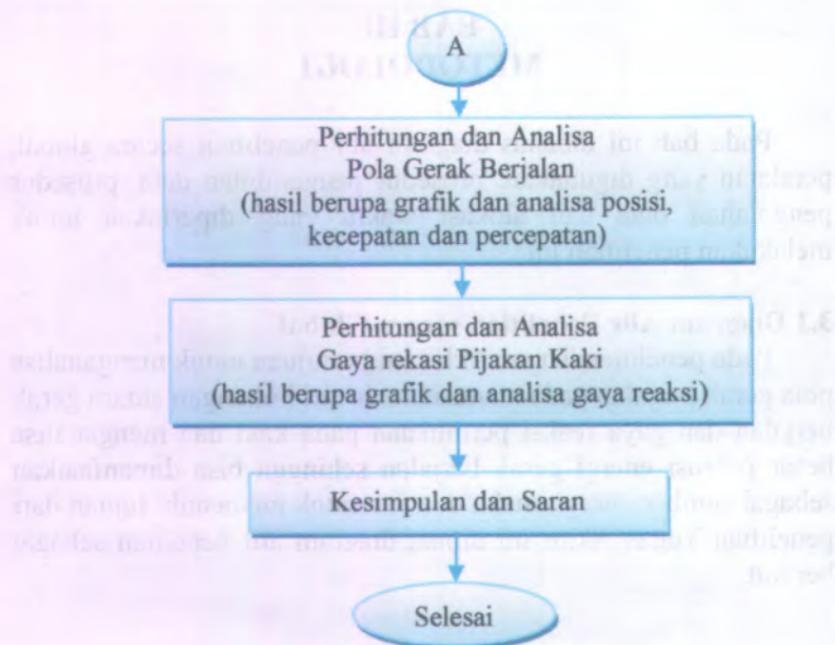
### METODOLOGI

Pada bab ini dibahas diagram alir penelitian secara global, peralatan yang digunakan, prosedur pengambilan data, prosedur pengolahan data dan alokasi waktu yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini.

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian secara Global

Pada penelitian Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisa pola gerak berjalan pada manusia, mencari hubungan antara gerak berjalan dan gaya reaksi permukaan pada kaki dan menganalisa besar potensi energi gerak berjalan sehingga bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi, maka dari itu untuk memenuhi tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini dibuat diagram alir penelitian sebagai berikut.





**Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Global**

### 3.2 Peralatan yang digunakan

Pada penelitian ini diperlukan beberapa peralatan sebagai berikut,

1. *Video camera*

Video kamera ini berfungsi untuk mengambil gambar video dari aktivitas gerak manusia yang sedang berjalan.



**Gambar 3.2 Video Kamera**

**Spesifikasi :**

- a) Resolusi gambar: 1280 x 960 pixels
- b) Lensa: 8x super smooth digital zoom
- c) Jangkauan fokus:  $\geq 0.7\text{m}$
- d) *Compact Flash card interface*: SD / MMC card

**2. Tripod**

Tripod ini berfungsi untuk memposisikan kamera pada ketinggian dan pada sudut pandang yang tetap.



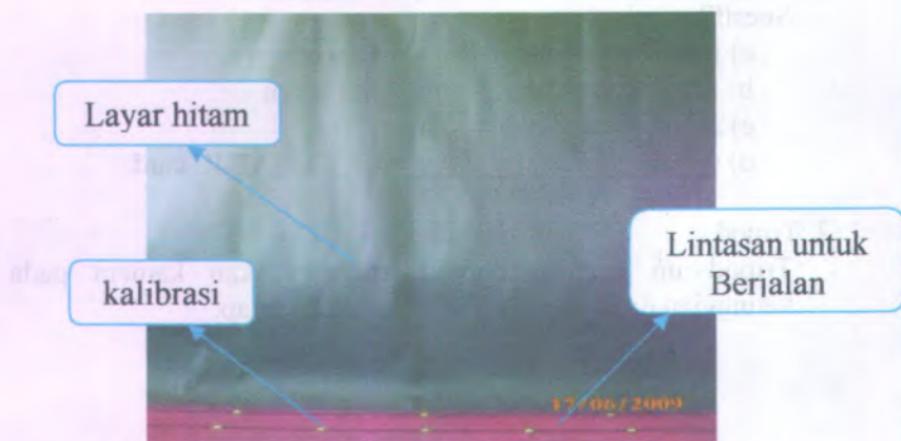
**Gambar 3.3 Tripod**

**Spesifikasi:**

- a) Tinggi pemegang: 685mm
- b) Tinggi maksimal: 1,650mm
- c) Tinggi minimal: 640mm
- d) Kapasitas beban maksimal: 4kg

**3. Layar hitam sebagai background dan Kalibrasi**

Layar hitam ini berfungsi sebagai background sehingga mendapatkan gambar yang kontras dan jelas pada objek yang bergerak, sedangkan kalibrasi digunakan untuk skala ukuran yang tertangkap di gambar dengan ukuran sebenarnya.



Gambar 3.4 Layar hitam dan kalibrasi

#### 4. Marker/ tanda

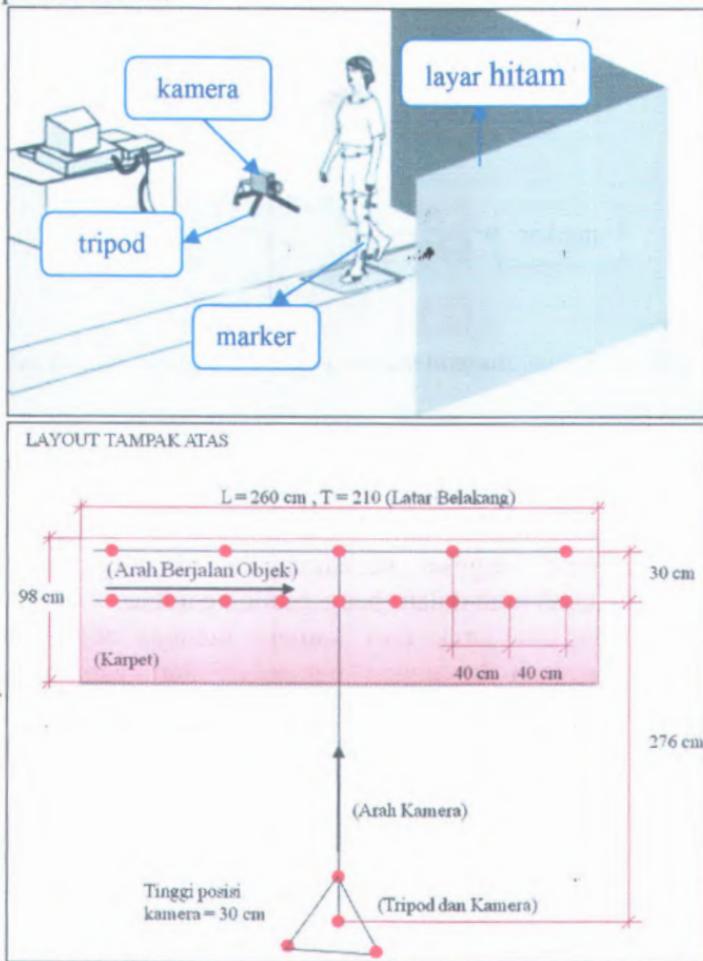
Marker ini berfungsi untuk memberikan tanda pada sambungan segment pada bagian tubuh manusia yang sedang bergerak seperti pada pergelangan kaki, lutut, pinggul dan sebagainya menyesuaikan kebutuhan seberapa banyak titik yang perlu dianalisa.



Gambar 3.5 Marker atau tanda

### 3.3 Prosedur Pengambilan Data

Pada proses pengambilan gambar video dilakukan dengan merekam objek gerak yaitu manusia yang sedang berjalan. Posisi kamera diatur pada sisi samping dari objek gerak. Tujuan dari peletakan posisi kamera ini yaitu untuk mendapatkan rekaman gambar video dari sudut pandang samping, sehingga bisa teramat pergerakan dari arah samping ketika berjalan. Pada gambar 3.6 ditunjukkan set up peralatan yang digunakan pada pengambilan data penelitian ini.



Gambar 3.6 Set up peralatan pada proses pengambilan data

Secara umum prosedur pengambilan data berupa video gambar dapat dijabarkan sebagai berikut,

1. Pemasangan marker/tanda pada tiap segment bagian tubuh. Untuk mempermudah pengamatan maka diletakkan marker/tanda pada tiap bagian tubuh manusia sebanyak yang ditentukan pada sisi seperti pada gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Pemasangan marker pada tiap segmen bagian tubuh

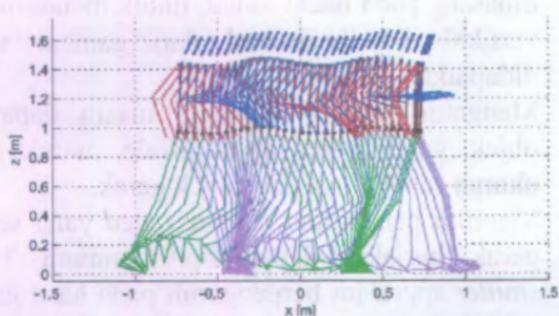
2. Pengaturan kamera dan layar hitam serta proses kalibrasi  
Untuk mendapatkan hasil gambar video yang tepat, maka perlu dilakukan pengaturan kamera sebagai berikut,
  - a. Meletakkan kamera pada tripod, untuk mencegah kamera bergeser posisinya dan mencegah kamera berubah arah dalam pengambilan gambar.
  - b. Mengatur jarak dari kamera menuju objek, untuk mencegah kesalahan perspektif dari gambar yang didapatkan.
  - c. Mengatur fokus gambar, untuk mendapatkan gambar yang lebih jelas.
  - d. Mengatur arah sudut pandang kamera sehingga lurus terhadap bidang gerak dari objek, untuk menghindari kesalahan prespektif.

- e. Mengatur kamera sehingga masih dapat merekam objek gerak serta referensi vertikal dan horizontal yang dipasang pada background, untuk mendefinisikan arah vertikal dan horizontal dari gambar video yang didapatkan
  - f. Mengatur kamera sehingga masih dapat merekam objek gerak serta objek skala, untuk mengetahui ukuran sebenarnya dari objek gerak.
  - g. Memilih pengaturan *shutter speed* yang sesuai, untuk gerak berjalan dapat dipilih antara 1/150-1/250, *shutter speed* ini berpengaruh pada hasil gambar yang tidak kabur pada objek yang bergerak.
  - h. Mengatur pencahayaan yang ditangkap oleh kamera, untuk menghasilkan gambar video yang kontrast.
  - i. Mengatur *frame rate* dari kamera, untuk objek gerak berjalan cukup dengan dipilih 25-50 Hz, *frame rate* ini berpengaruh pada presisi dan akurasi dalam pengukuran posisi koordinat dari titik objek gerak pada gambar video.
3. Pengambilan video dan penyimpanan data video
- Pada proses ini dilakukan perekaman video dari gerak berjalan pada manusia untuk satu siklus berjalan menggunakan satu kamera yang terpasang pada sudut padang samping. Setelah dilakukan pengambilan video, kemudian disimpan dalam bentuk format file video AVI.

### 3.4 Prosedur Pengolahan Data

Dari video yang didapatkan melalui pengambilan data tersebut dilakukan proses *trim* yaitu pemotongan video untuk mendapatkan rentang video yang dibutuhkan untuk satu siklus gerak berjalan. Hasil video yang telah dilakukan proses trim kemudian diubah menjadi gambar perframe. Pada tiap frame gambar ini dilakukan proses pengukuran koordinat x,y,z dari tiap marker/titik yang terpasang pada bagian tubuh objek yang

diamati. Proses pengukuran ini ditunjukkan pada gambar 3.8 berikut.



**Gambar 3.8 Proses penentuan koodinat**

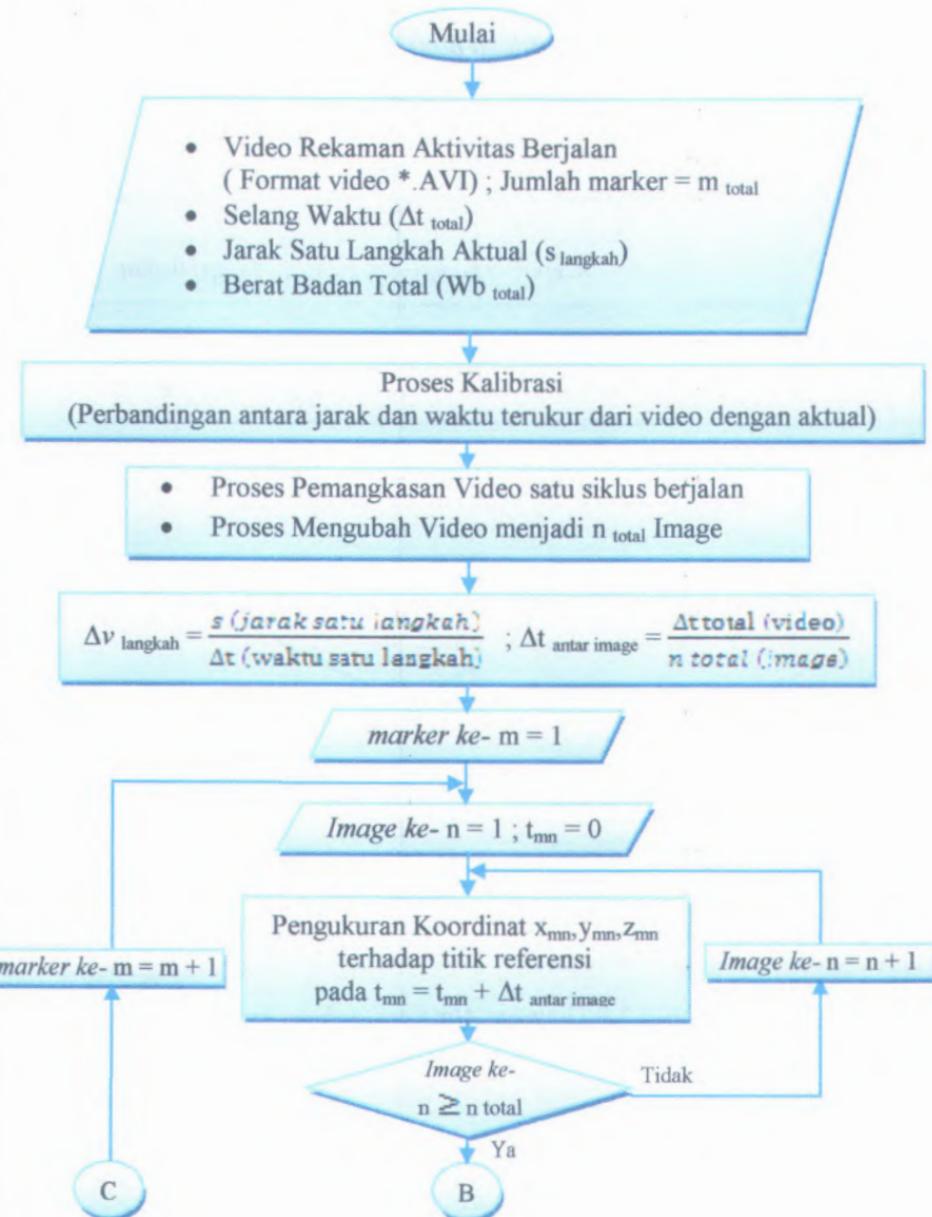
Dari pengukuran koordinat x,y,z ini maka didapatkan grafik sebagai berikut,

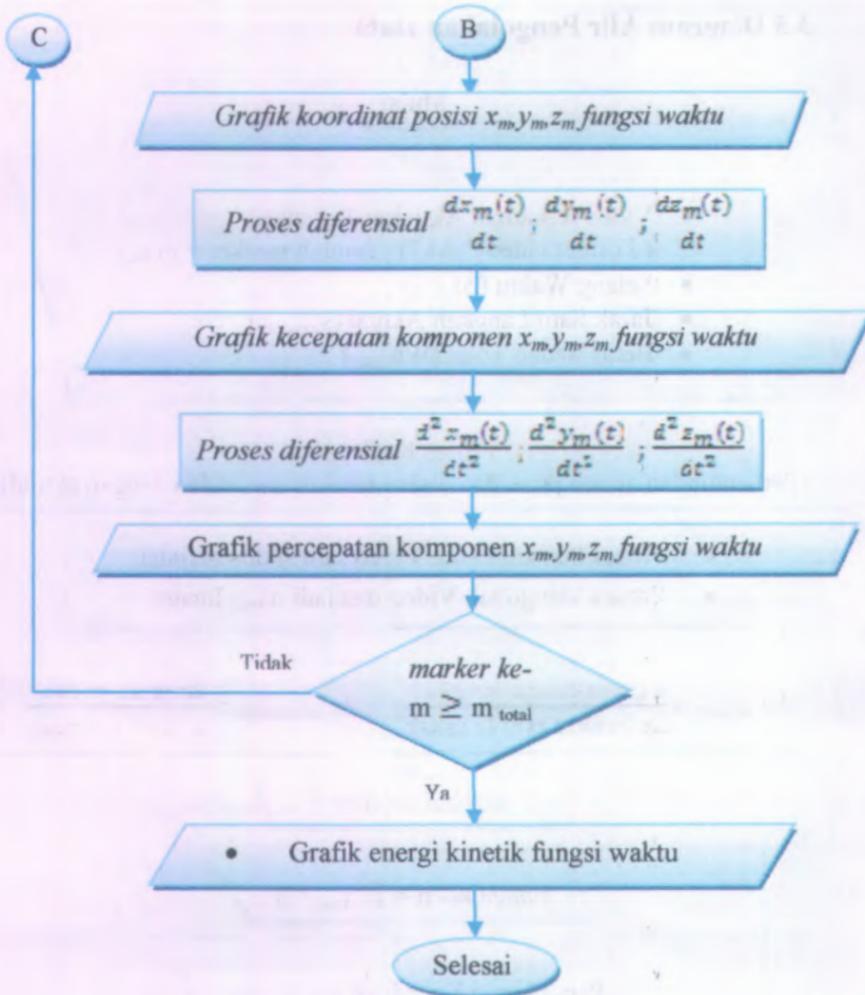
1. Grafik posisi koordinat x fungsi waktu dan prosentase satu siklus berjalan.
2. Grafik posisi koordinat y fungsi waktu dan prosentase satu siklus berjalan.
3. Grafik posisi koordinat z fungsi waktu dan prosentase satu siklus berjalan.

Kemudian dari grafik-grafik tersebut dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan kecepatan, percepatan, gaya reaksi pijakan kaki dan energi kinetik yang diplotkan kedalam bentuk grafik sebagai berikut,

1. Grafik kecepatan dari tiap komponen x,y,z fungsi waktu dan prosentase satu siklus berjalan.
2. Grafik percepatan dari tiap komponen x,y,z fungsi waktu dan prosentase satu siklus berjalan.
3. Grafik gaya reaksi pijakan kaki fungsi waktu dan prosentase satu siklus berjalan.
4. Grafik energi kinetik fungsi waktu dan prosentase satu siklus berjalan.

### 3.5 Diagram Alir Pengolahan Data





Gambar 3.9 Diagram Alir Pengolahan Data

## BAB IV

### HASIL DAN ANALISA

#### 4.1 Pengambilan dan Pengolahan Data

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan satu kamera dengan sudut pengambilan gambar dari sisi samping kanan dari objek pengamatan. Frame rate pada kamera menggunakan 30 Hz yaitu video dengan kemampuan kecepatan pengambilan gambar setara dengan 30 frame/detik. Jarak antara kamera dengan objek pengamatan sejauh 2,76 m untuk sisi paling dekat dan 3,06 m untuk sisi terjauh. Kamera mampu mengambil objek pengamatan beserta latar belakang dengan lebar maksimal 2,4 m dan tinggi maksimal 2,1 m. Kamera dijaga pada posisi tetap pada tripod setinggi 0,3 m. Objek yang diamati ialah 3 orang laki-laki yang berjalan pada lintasan yang telah disediakan dengan parameter ditunjukkan pada tabel 4.1 dan 4.2. Pengambilan data dilakukan dua kali untuk setiap objek pengamatan.

*Tabel 4.1 Parameter objek pengamatan*

Objek pengamatan	Tinggi (m)	Massa (Kg)	Usia (Tahun)
Rata-rata	176.67	60.33	21.67
S.D	2,8868	1,5275	0,5774

Hasil pengambilan data berupa video rekaman tersebut dipilih sebatas pada rentang satu siklus gerak berjalan yang kemudian diolah sehingga didapatkan file gambar sejumlah frame pada rentang satu siklus gerak berjalan tersebut. Proses selanjutnya adalah proses kalibrasi yaitu mengukur jarak sebenarnya kemudian dibandingkan dengan jarak pixel yang terbaca pada gambar dimana dalam hal ini didapatkan bahwa 234 pixel sama dengan 0,3 m. Dalam pengambilan data kinematika gerak berjalan pada manusia sebagai objek pengamatan ini dilakukan dengan cara menentukan koordinat pixel dari setiap titik yang terbagi menjadi 13 titik yaitu yang terletak pada L Foot,

L Ankle, L Knee, L Elbow, L Wrist, R Wrist, R Elbow, R shoulder, R Hip, R Knee, L Ankle, L Foot dan Head. Untuk mempermudah pengambilan data kinematika ini dibantu dengan program Matlab yang ditunjukkan pada gambar 4.1, sehingga didapatkan data kinematika koordinat x,y yang dapat ditabelkan seperti dicontohkan pada tabel 4.2.



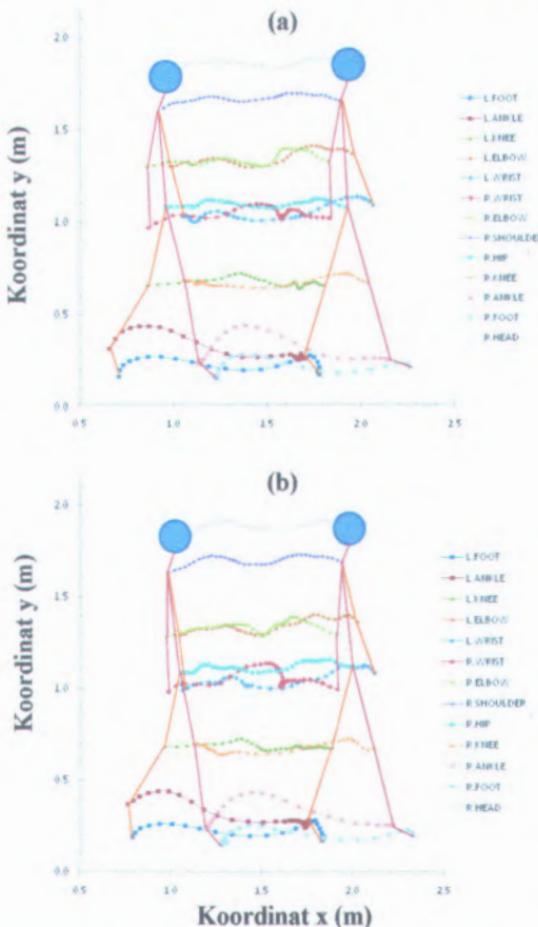
**Gambar 4.1** Proses penentuan koordinat x,y menggunakan Matlab

**Tabel 4.2.** Pencatatan data koordinat x,y tiap titik pada tubuh orang berjalan

Wkt	13 TITIK PADA TUBUH												
	1		2		3		.....			13			
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x
$t_1$													
$t_2$													
....													
$t_n$													

Dari data koordinat x,y satuan pixel pada tabel 4.2 perlu dikonversi dalam satuan meter dan selanjutnya dibuat grafik koordinat x,y untuk ketiga objek pengamatan dengan dua kali pengambilan data untuk mengetahui lintasan dari tiap titik tersebut, berikut ditunjukkan pada gambar 4.2, 4.3, 4.4.

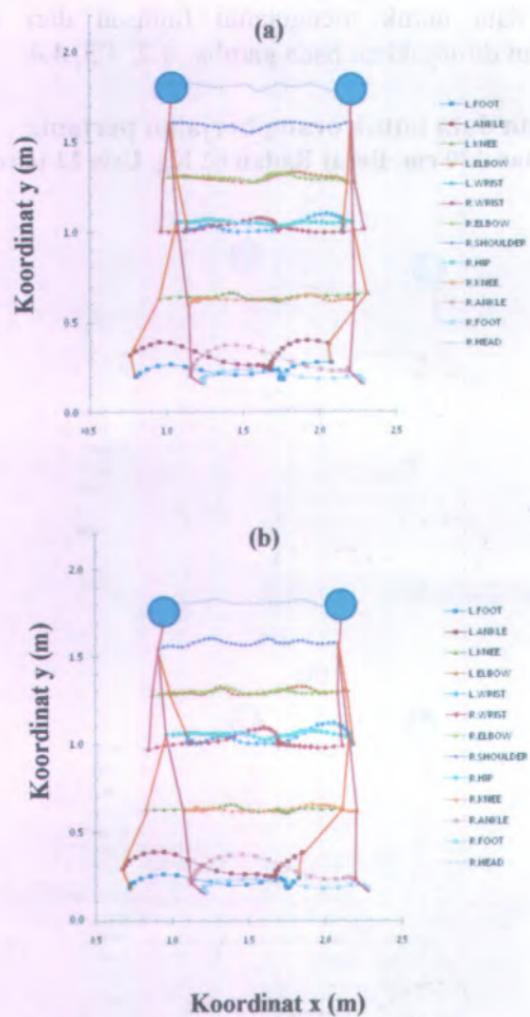
**a. Pengambilan data untuk orang berjalan pertama  
(Tinggi Badan 180 cm, Berat Badan 62 Kg, Usia 22 tahun)**



**Gambar 4.2.** Koordinat x,y orang berjalan pertama dengan dua kali pengambilan data (a) I-A dan (b) I-B

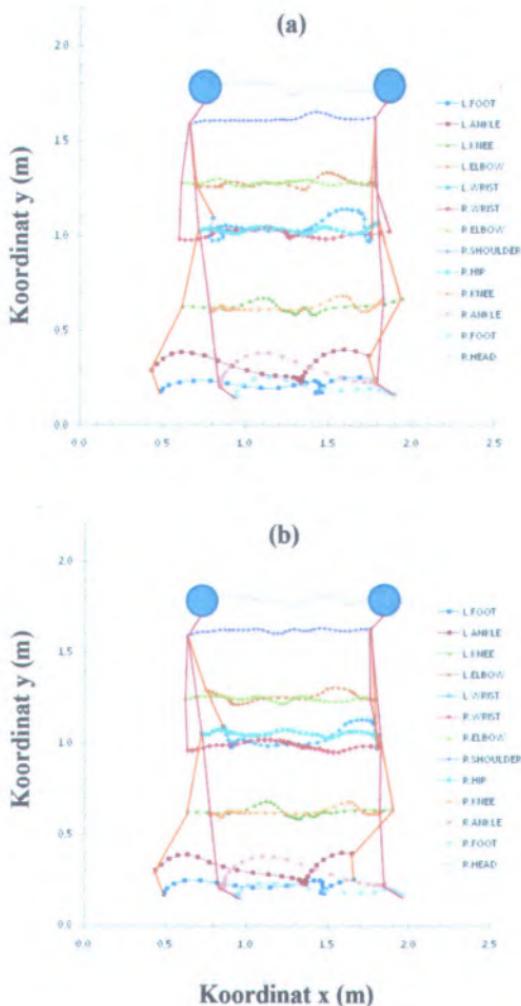
**b. Pengambilan data untuk orang berjalan kedua**

(Tinggi Badan 175 cm, Berat Badan 59 Kg, Usia 21 tahun)



**Gambar 4.3** Koordinat x,y orang berjalan kedua dengan dua kali pengambilan data (a) I-A dan (b) I-B

**c. Pengambilan data untuk orang berjalan ketiga  
(Tinggi Badan 175 cm, Berat Badan 60 Kg, Usia 22 tahun)**



**Gambar 4.4 Koordinat x,y orang berjalan ketiga dengan dua kali pengambilan data (a )I-A dan (b )I-B**

Dari pengambilan data yang dilakukan ditentukan parameter-parameter antara lain:

- a. Waktu tempuh dalam melakukan satu kali stride, diperoleh dari waktu yang dibutuhkan untuk melakukan langkah penuh terhitung ketika salah satu sisi kaki menapak pada permukaan pijakan kembali ke sisi kaki tersebut, dalam hal ini digunakan acuan kaki kanan.
- b. Panjang stride diperoleh dari jarak yang terukur untuk melakukan satu kali stride.
- c. Frekuensi stride diperoleh dari banyaknya stride persatuan waktu.
- d. Walking Speed diperoleh dari frekuensi stride dikali dengan panjang stride.

Hasil perhitungan dari tiap parameter ditunjukkan pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Parameter data gerak berjalan untuk tiap orang**

Orang-Pengamatan	Waktu stride (detik)	Panjang stride (m)	Frekuensi stride (n/menit)	Walking speed (m/s)
1-A	1,419	1,094	42,2833	0,7710
1-B	1,452	1,05	41,3223	0,7231
2-A	1,254	0,966	47,8469	0,7703
2-B	1,254	1,027	47,8469	0,8190
3-A	1,287	0,941	46,6200	0,7312
3-B	1,287	0,98	46,6200	0,7615
<b>Rata-rata</b>	<b>1,3255</b>	<b>1,0097</b>	<b>45,4232</b>	<b>0,7627</b>
<b>S.D.</b>	<b>0,0871</b>	<b>0,0575</b>	<b>2,8737</b>	<b>0,0342</b>

Selain itu dapat juga diidentifikasi phase-phase berdasarkan gambar 2.2 dilihat dari pergerakan kaki kanan pada data pengamatan yang diperoleh, ditunjukkan dalam tabel 4.4 berikut.

**Tabel 4.4 Identifikasi phase gerak berjalan**

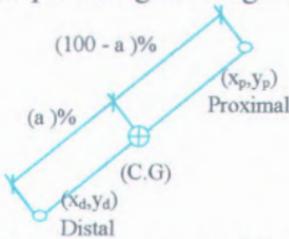
Subjek-Pengamatan	Mid Stance (% cycle)	Drive off Phase (% cycle)	Swing Phase (% cycle)	Loading Phase (% cycle)
1-A	41,8605	9,3023	39,5349	9,3023
1-B	40,9091	9,0909	40,9091	9,0909
2-A	42,1053	7,8947	39,4737	10,5263
2-B	42,1053	7,8947	39,4737	10,5263
3-A	41,0256	7,6923	41,0256	10,2564
3-B	41,0256	7,6923	41,0256	10,2564
Rata-rata	41,5052	8,2612	40,2404	9,9931
S.D.	0,5765	0,7332	0,8190	0,6322

## 4.2 Perhitungan dan Analisa Pola Gerak Berjalan

Pola gerak berjalan pada manusia ini coba ditunjukkan dengan kecepatan dan percepatan linier x, y dari C.G (pusat gravitasi), perubahan sudut, kecepatan dan percepatan sudut dari tiap bagian tubuh, proses perhitungan dijabarkan sebagai berikut.

### 4.2.1 Perhitungan Koordinat C.G Tiap Bagian Tubuh

Sebelum menentukan kecepatan dan percepatan C.G dari tiap bagian tubuh, perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu dari perubahan posisi x,y C.G. Penentuan C.G tersebut didasarkan dari tabel 2.2 dengan perhitungan sebagai berikut.

**Gambar 4.5 Penentuan C.G(Pusat Gravitas)**

- Penentuan C.G tiap bagian tubuh untuk koordinat x

$$[x_{c,g}]_m = x_d + [a\%]_m \cdot (x_p - x_d)$$

- Penentuan C.G tiap bagian tubuh untuk koordinat y

$$[y_{c,g}]_m = y_d + [a\%]_m \cdot (y_p - y_d)$$

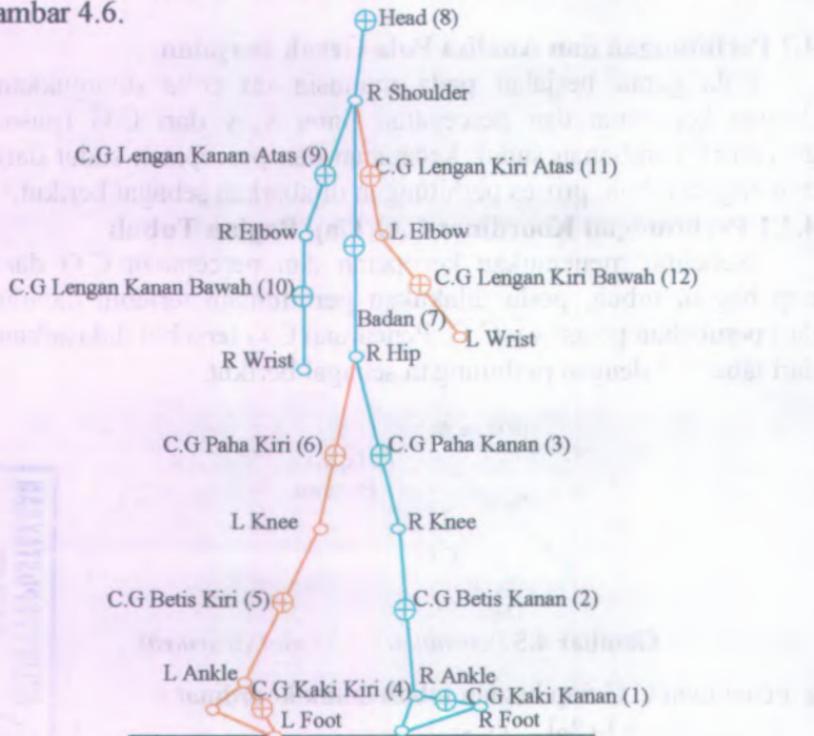


Dimana ( $m$ ) adalah index dari C.G tiap bagian tubuh,  $(x_d, y_d)$  adalah koordinat posisi x,y distal,  $(x_p, y_p)$  adalah koordinat posisi x,y proximal, pengertian distal dan proximal dapat dilihat pada gambar 2.7, ( $a\%$ ) adalah persentase jarak dari distal menuju C.G terhadap jarak distal menuju proximal, nilai ini dapat dilihat pada tabel 2.2. Sedangkan untuk menentukan C.G total dapat dicari dengan menggunakan perumusan sebagai berikut.

$$x_{cg} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad y_{cg} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Dimana  $W_i$  menyatakan persentase berat tiap bagian tubuh terhadap berat total. Nilai  $W$  dapat dilihat pada tabel 2.2

Berikut ini skema C.G dari tiap bagian tubuh ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Skema posisi C.G dari tiap bagian tubuh

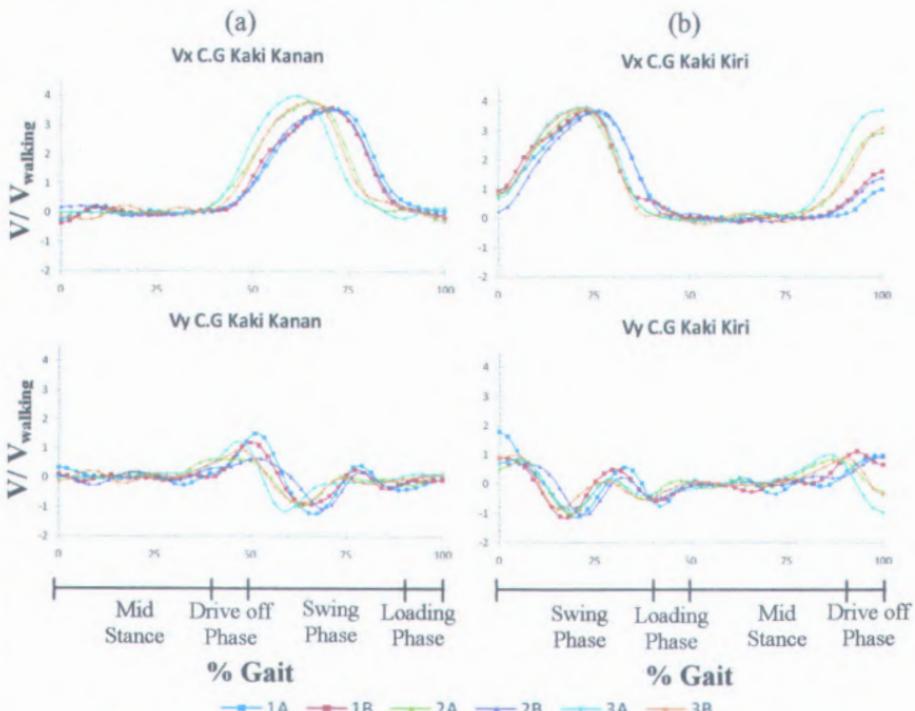
#### 4.2.2 Perhitungan Kecepatan C.G ( Pusat Gravitasi)

Dari perhitungan koordinat x,y C.G dari tiap bagian tubuh seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5 dilakukan perhitungan nilai kecepatan arah x,y C.G tiap bagian tubuh menggunakan perumusan berikut.

$$[(\vec{v}_n)_x]_m = \left[ \frac{\vec{x}_{n+1} - \vec{x}_{n-1}}{t_{n+1} - t_{n-1}} \right]_m \text{ dan } [(\vec{v}_n)_y]_m = \left[ \frac{\vec{y}_{n+1} - \vec{y}_{n-1}}{t_{n+1} - t_{n-1}} \right]_m$$

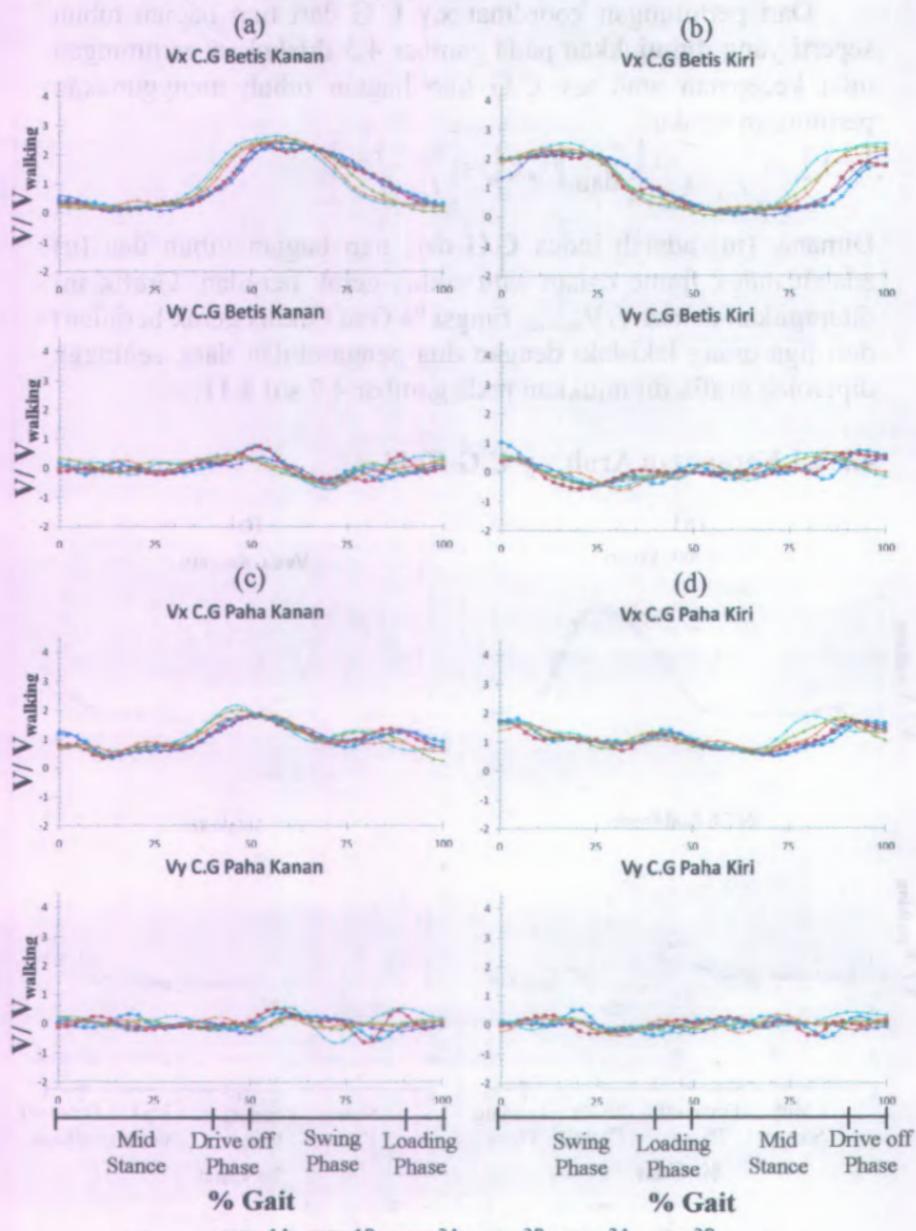
Dimana, (m) adalah index C.G dari tiap bagian tubuh dan (n) adalah index frame dalam satu siklus gerak berjalan. Grafik ini ditampilkan dalam  $V/V_{walking}$  fungsi % Gait (siklus gerak berjalan) dari tiga orang laki-laki dengan dua pengambilan data, sehingga diperoleh grafik ditunjukkan pada gambar 4.7 s/d 4.11.

##### 4.2.2.1 Kecepatan Arah x,y C.G Kaki



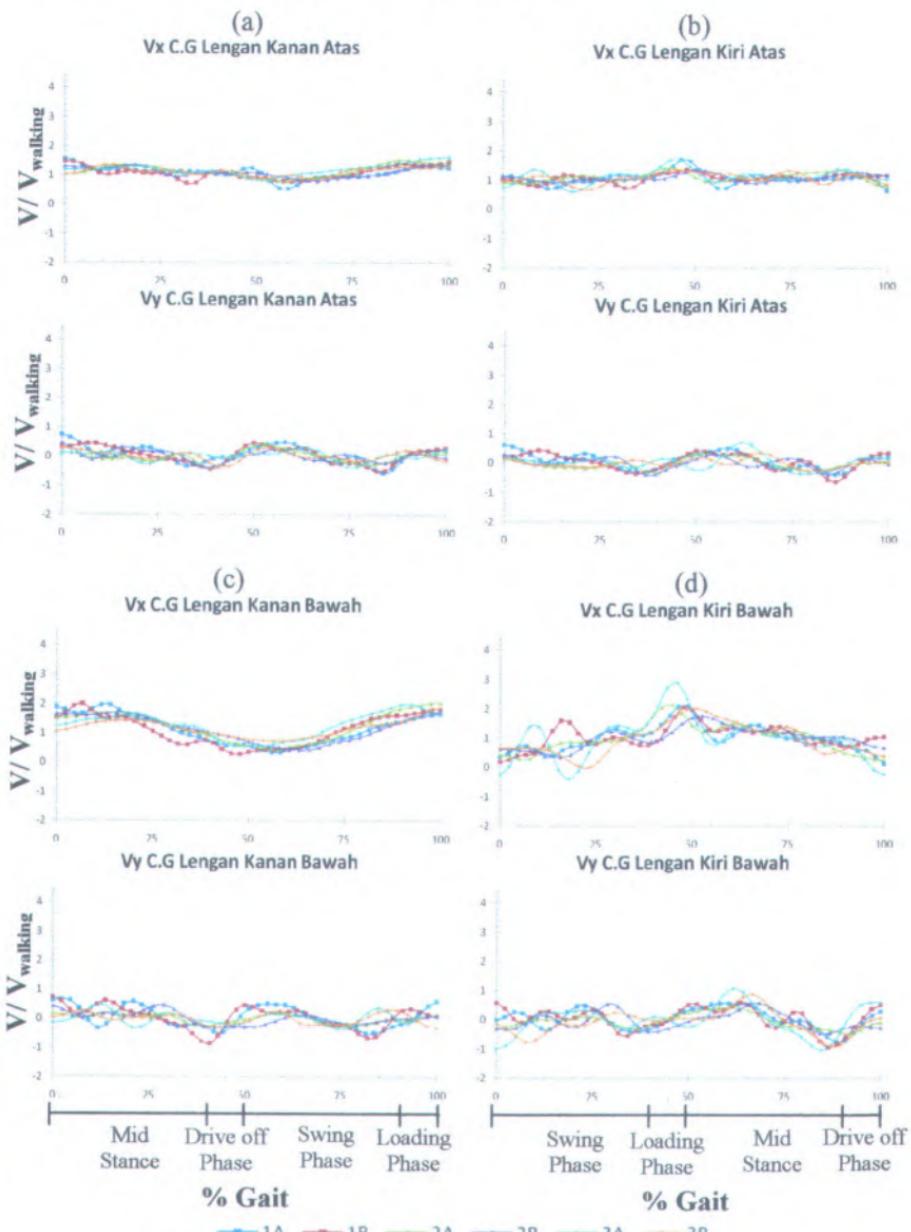
Gambar 4.7 Grafik kecepatan arah x,y C.G kaki (a) kanan (b) kiri.

#### 4.2.2.2 Kecepatan Arah x,y C.G Betis dan Paha



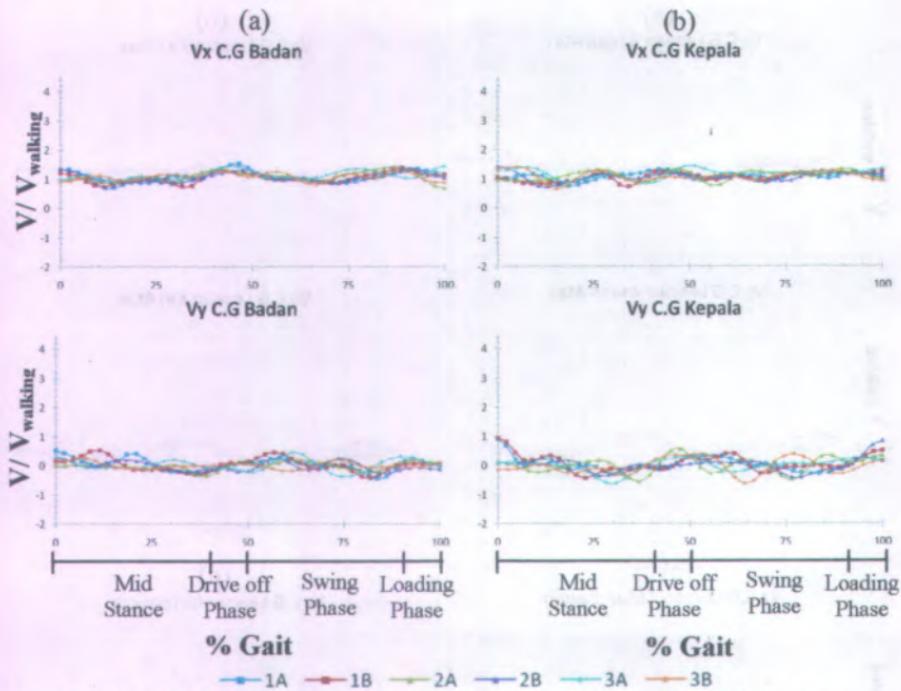
**Gambar 4.8** Grafik kecepatan arah x,y C.G Betis(a) kanan (b) Kiri, Paha (c) kanan (d) kiri.

#### 4.2.2.3 Kecepatan Arah x,y C.G Lengan



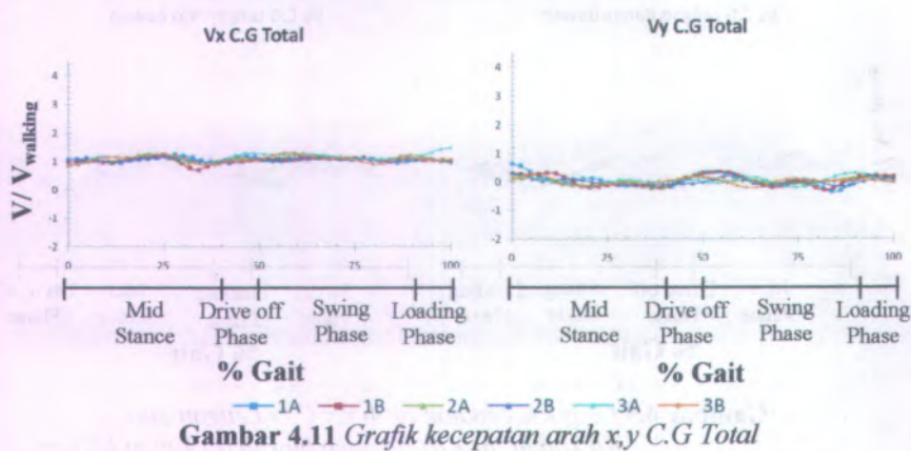
**Gambar 4.9** Grafik kecepatan arah x,y C.G Lengan atas  
(a) kanan (b) Kiri, Lengan bawah (c) kanan (d) kiri.

#### 4.2.2.4 Kecepatan Arah x,y C.G Badan dan Kepala



Gambar 4.10 Grafik kecepatan arah x,y C.G (a) Badan (b) Kepala

#### 4.2.2.5 Kecepatan Arah x,y pada C.G Total



Gambar 4.11 Grafik kecepatan arah x,y C.G Total

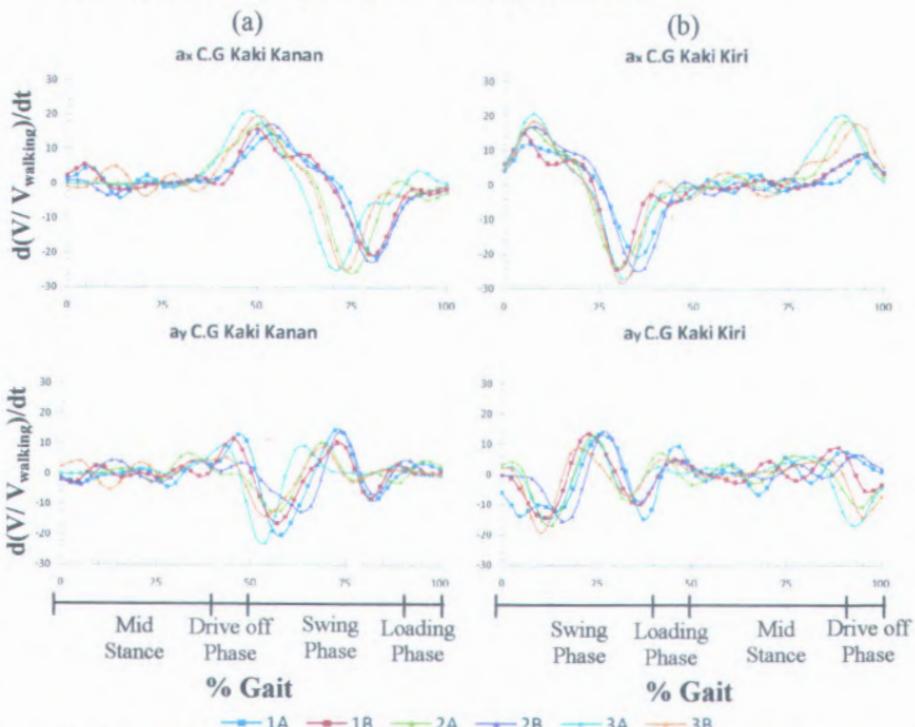
#### 4.2.3 Perhitungan Percepatan C.G ( Pusat Gravitasi)

Dari data kecepatan x,y C.G tiap bagian tubuh yang ditampilkan pada grafik pada gambar 4.5 s/d 4.11, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan percepatan C.G tiap bagian tubuh menggunakan perumusan berikut.

$$[(\ddot{a}_n)_x]_m = \left[ \frac{[\dot{v}_{n+1}]_x - [\dot{v}_{n-1}]_x}{t_{n+1} - t_{n-1}} \right]_m \text{ dan } [(\ddot{a}_n)_y]_m = \left[ \frac{[\dot{v}_{n+1}]_y - [\dot{v}_{n-1}]_y}{t_{n+1} - t_{n-1}} \right]_m$$

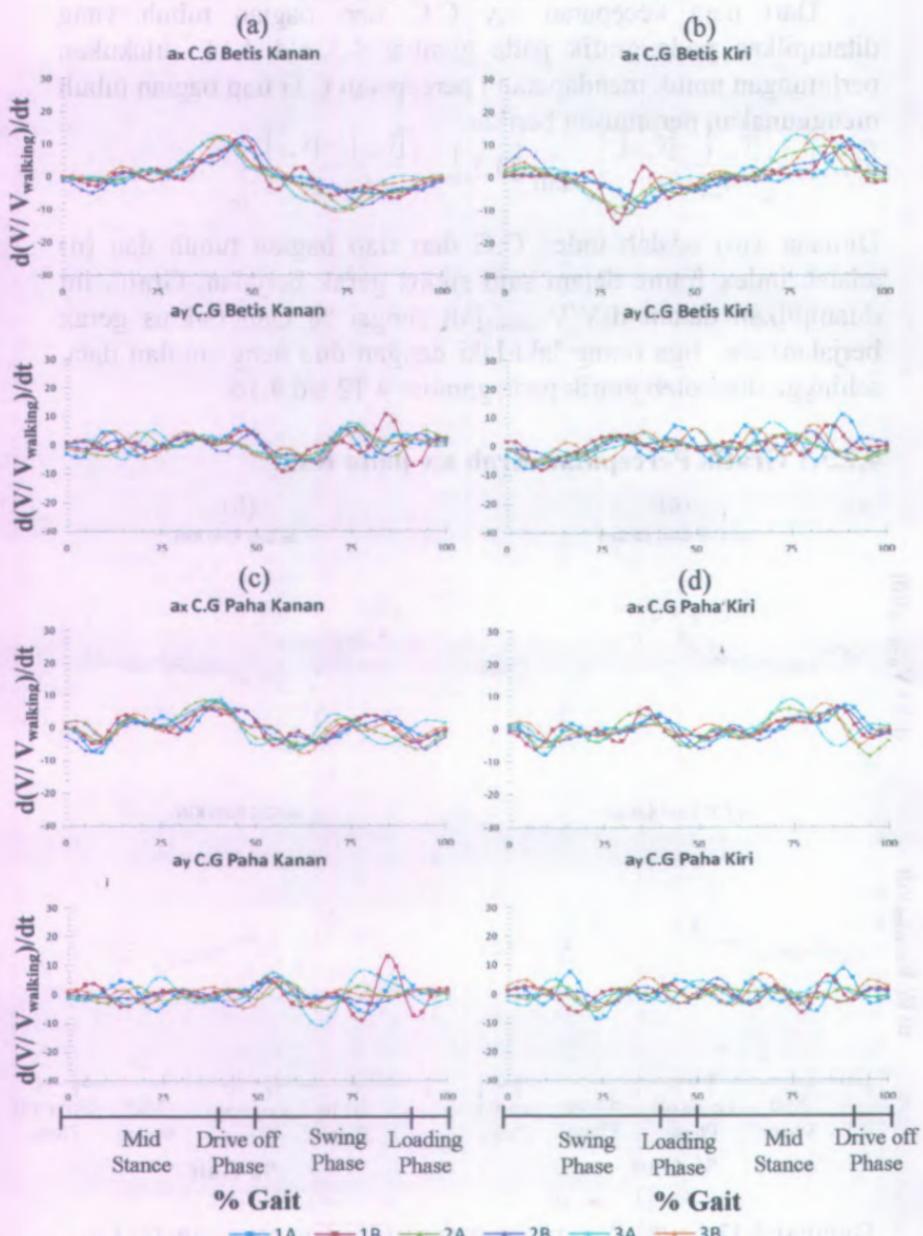
Dimana, (m) adalah index C.G dari tiap bagian tubuh dan (n) adalah index frame dalam satu siklus gerak berjalan. Grafik ini ditampilkan dalam  $d[V/V_{walking}]/dt$  fungsi % Gait (siklus gerak berjalan) dari tiga orang laki-laki dengan dua pengambilan data, sehingga diperoleh grafik pada gambar 4.12 s/d 4.16.

##### 4.2.3.1 Grafik Percepatan Arah x,y pada Kaki



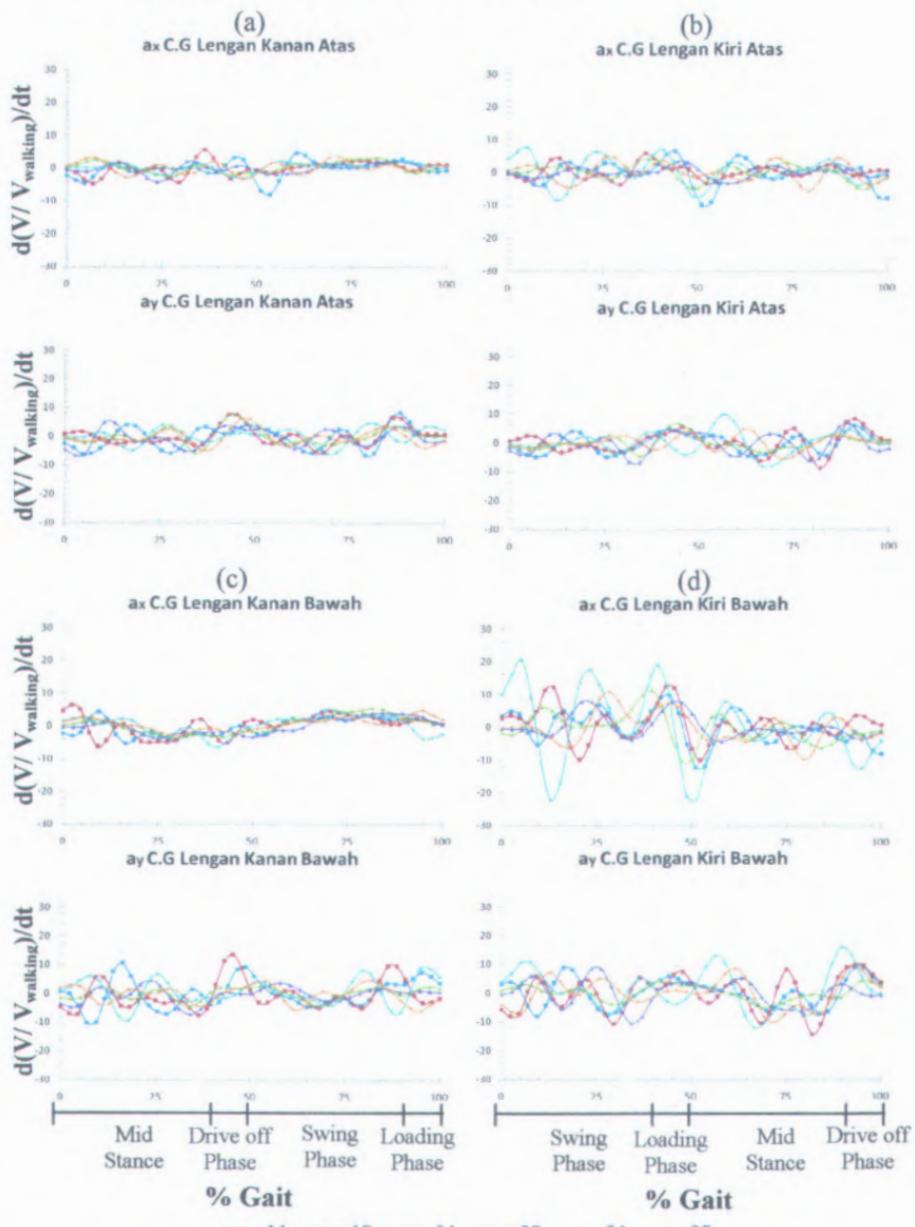
Gambar 4.12 Grafik Percepatan arah x,y C.G Kaki (a) kanan (b) Kiri

#### 4.2.3.2 Percepatan Arah x,y C.G Betis dan Paha



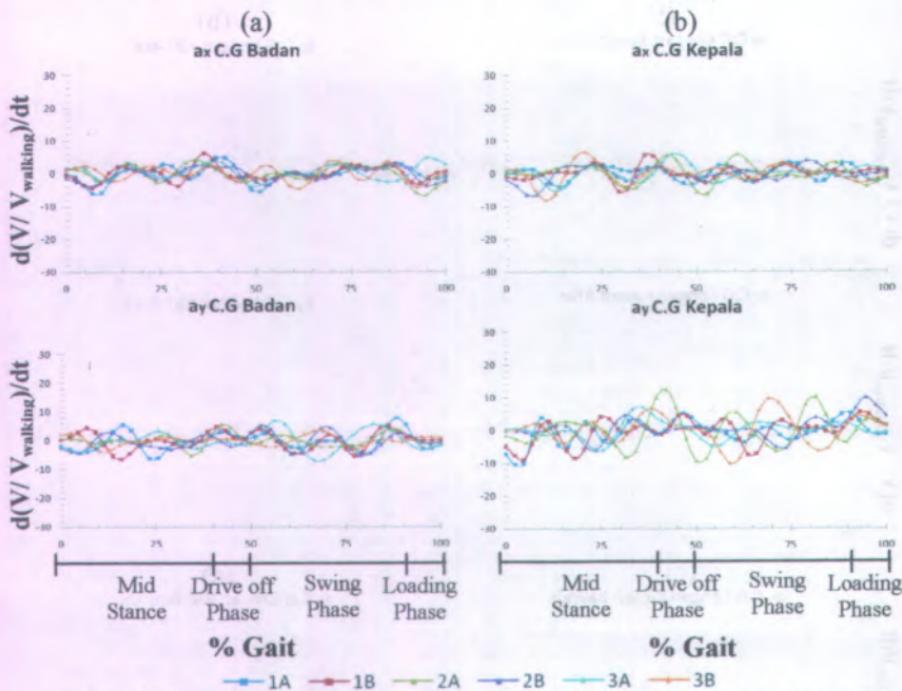
Gambar 4.13 Grafik Percepatan arah x,y C.G Betis(a) kanan (b) Kiri, Paha (c) kanan (d) kiri.

#### 4.2.3.3 Percepatan Arah x,y C.G Lengan



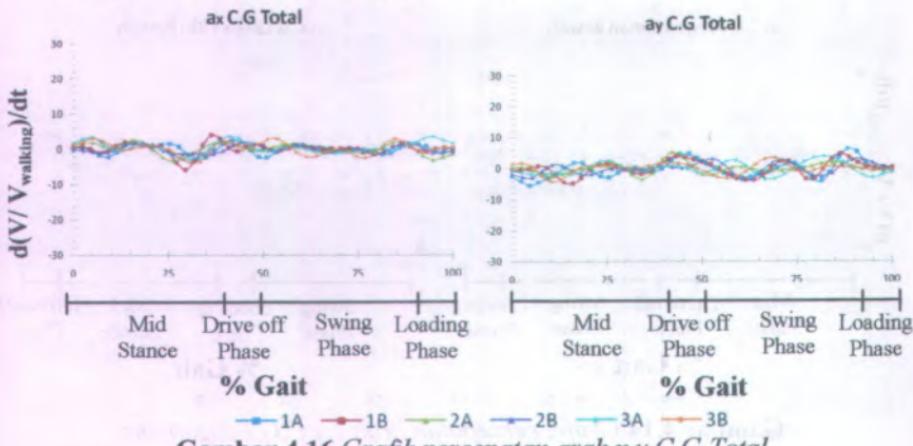
**Gambar 4.14** Grafik percepatan arah x,y C.G Lengan atas  
 (a) kanan (b) Kiri, Lengan bawah (c) kanan (d) kiri.

#### 4.2.3.4 Percepatan x,y C.G Badan dan Kepala



Gambar 4.15 Grafik percepatan arah x,y C.G (a)Badan (b)Kepala

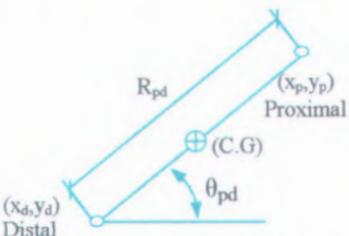
#### 4.2.3.5 Percepatan Arah x,y pada C.G Total



Gambar 4.16 Grafik percepatan arah x,y C.G Total

#### 4.2.4 Perhitungan Perubahan Sudut dari Tiap Bagian Tubuh

Perhitungan perubahan sudut dari tiap bagian tubuh dapat diperoleh dari data koordinat x,y hasil percobaan pada 13 titik dimana dalam hal ini diwakilkan dengan koordinat dari proximal dan distal pada bagian tubuh. Pengertian proximal dan distal lihat gambar 2.7



**Gambar 4.17 Perhitungan perubahan sudut**

Dari gambar 4.17 ditunjukkan keterkaitan antara perubahan sudut ( $\theta_{pd}$ ) koordinat proximal ( $x_d, y_d$ ) dan distal ( $x_p, y_p$ ) dengan perumusan sebagai berikut.

$$\vec{y}_p = \vec{y}_d + R_{pd} \cdot \sin \vec{\theta}_{pd}$$

$$\vec{x}_p = \vec{x}_d + R_{pd} \cdot \cos \vec{\theta}_{pd}$$

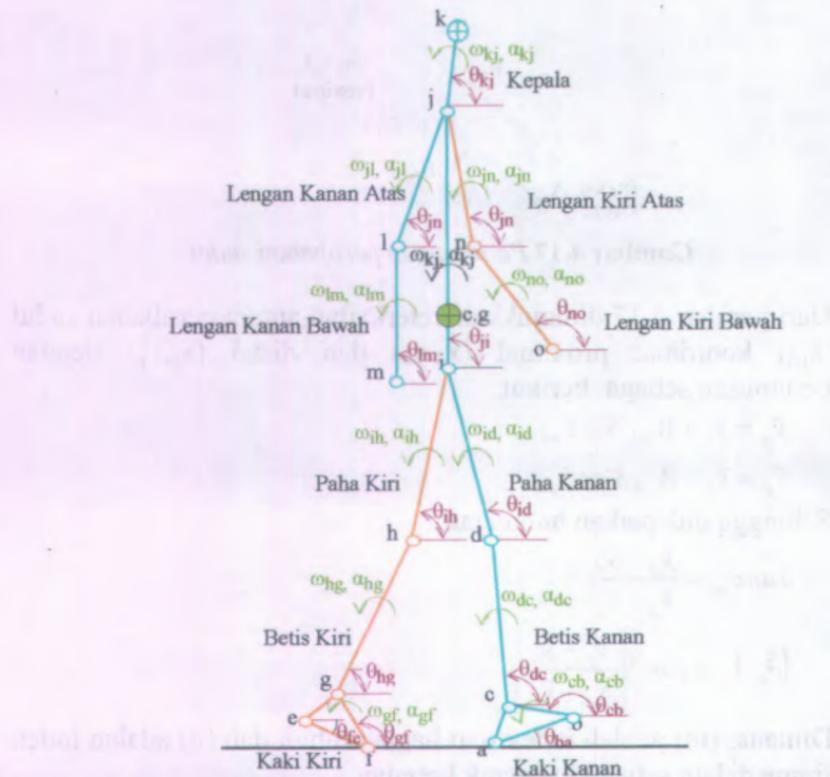
Sehingga didapatkan hubungan,

$$\tan \vec{\theta}_{pd} = \frac{\vec{y}_p - \vec{y}_d}{\vec{x}_p - \vec{x}_d}$$

$$(\vec{\theta}_{pd})_{mn} = \tan^{-1} \left[ \frac{\vec{y}_p - \vec{y}_d}{\vec{x}_p - \vec{x}_d} \right]_{mn}$$

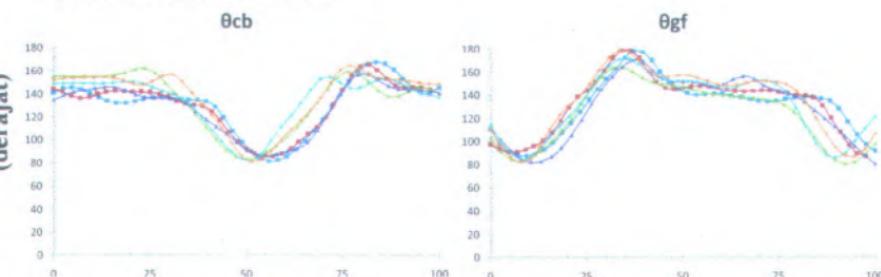
Dimana, (m) adalah index tiap bagian tubuh dan (n) adalah index frame dalam satu siklus gerak berjalan.

Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik dalam ( $\theta$ ) fungsi % Gait (siklus gerak berjalan) dari tiga orang laki-laki dengan dua pengambilan data, dimana diagram tubuh manusia ditunjukkan pada gambar 4.18, sedangkan grafik ( $\theta$ ) fungsi % Gait ditunjukkan pada gambar 4.19 dan 4.20.

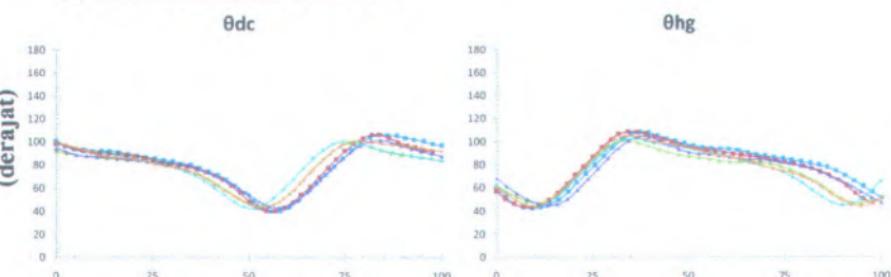


Gambar 4.18 Diagram tubuh manusia

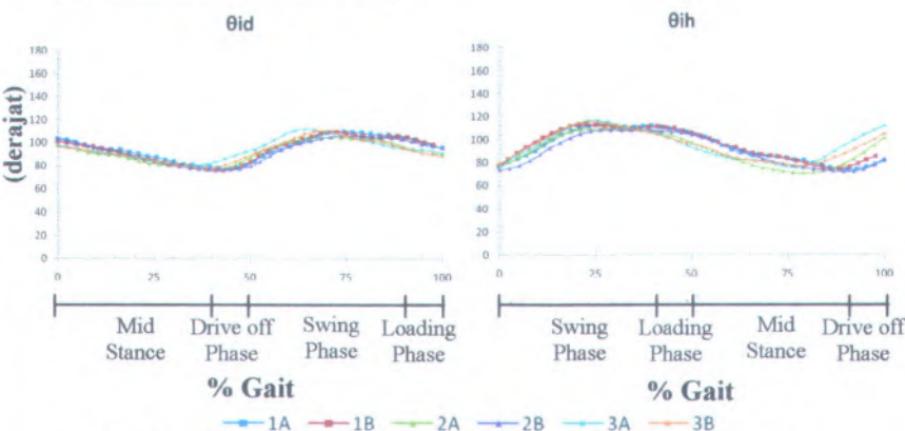
## (a) Kaki Kanan dan Kaki



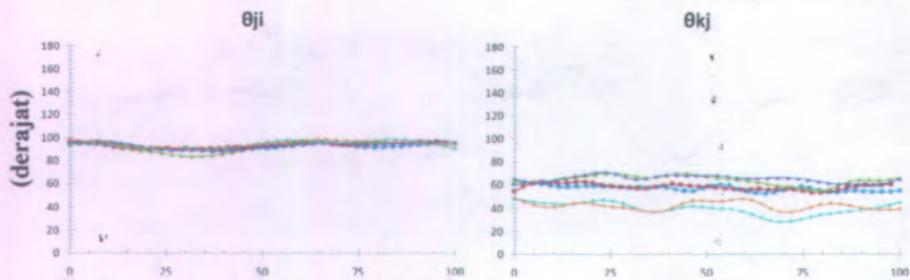
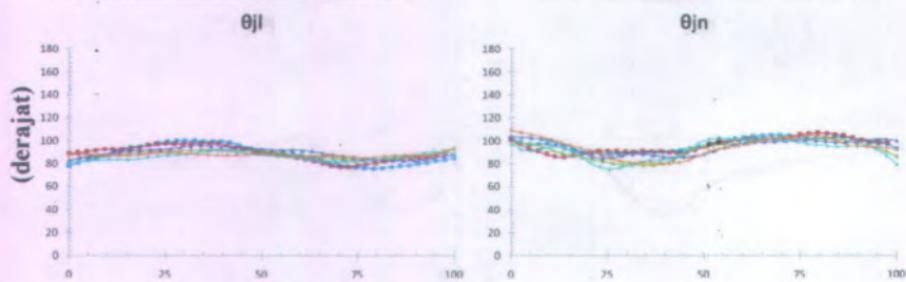
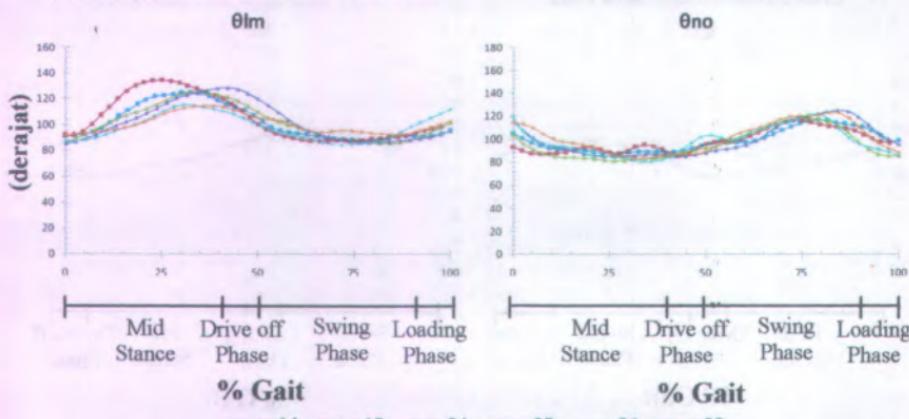
## (b) Betis Kanan dan Betis Kiri



## (c) Paha Kanan dan Paha Kiri



Gambar 4.19 Grafik Perubahan sudut (a)Kaki,(b)Betis,(c)Paha

(a) Badan dan Kepala(b) Lengan Atas Kanan dan Kiri(c) Lengan Bawah Kanan dan Kiri

**Gambar 4.20** Grafik Perubahan sudut (a)Badan dan Kepala, (b)Lengan Atas,(c)Lengan Bawah

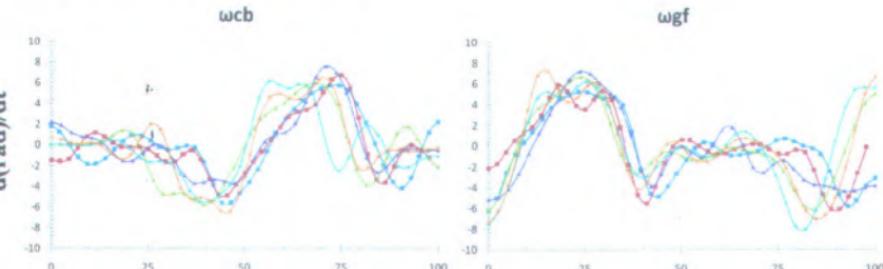
#### 4.2.5 Perhitungan Kecepatan Sudut dari Tiap Bagian Tubuh

Dari data perubahan sudut tiap bagian tubuh yang ditampilkan pada grafik pada gambar 4.19 s/d 4.20, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan kecepatan sudut tiap bagian tubuh menggunakan perumusan berikut.

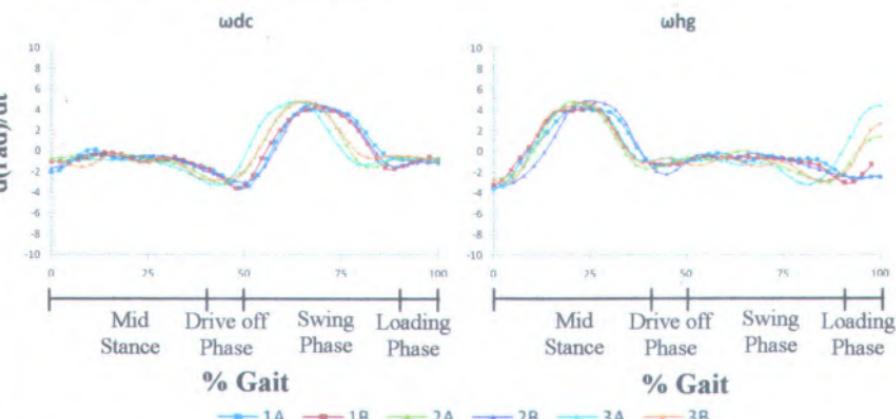
$$[(\bar{\omega}_n)_x]_m = \left[ \frac{[\theta_{n+1}]_x - [\theta_{n-1}]_x}{t_{n+1} - t_{n-1}} \right]_m \text{ dan } [(\bar{\omega}_n)_y]_m = \left[ \frac{[\theta_{n+1}]_y - [\theta_{n-1}]_y}{t_{n+1} - t_{n-1}} \right]_m$$

Dimana, (m) adalah index dari tiap bagian tubuh dan (n) adalah index frame dalam satu siklus gerak berjalan. Grafik ini ditampilkan dalam  $d(\text{rad})/dt$  fungsi % Gait (siklus gerak berjalan) dari tiga orang laki-laki dengan dua pengambilan data, sehingga diperoleh grafik pada gambar 4.21 s/d 4.22.

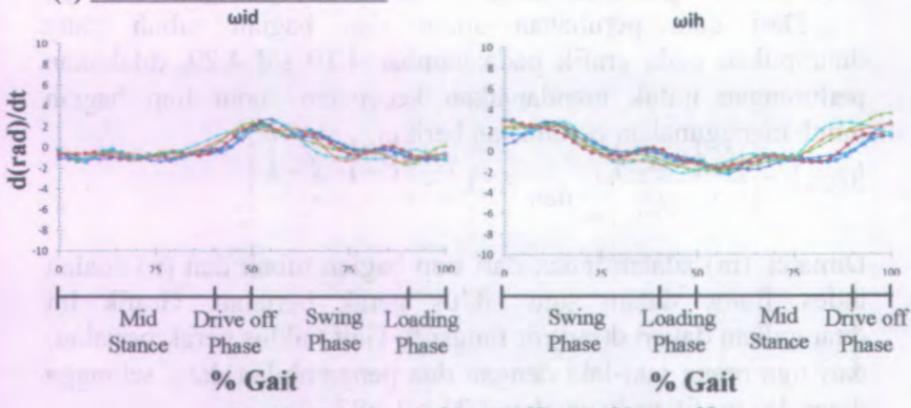
(a) Kaki Kanan dan Kiri Kiri



(b) Betis Kanan dan Betis Kiri

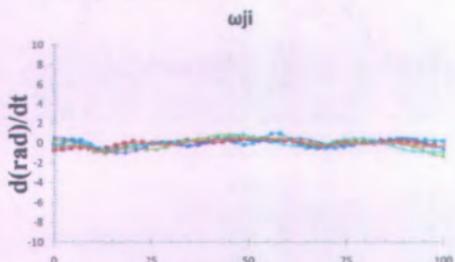


## (c) Paha Kanan dan Paha Kiri

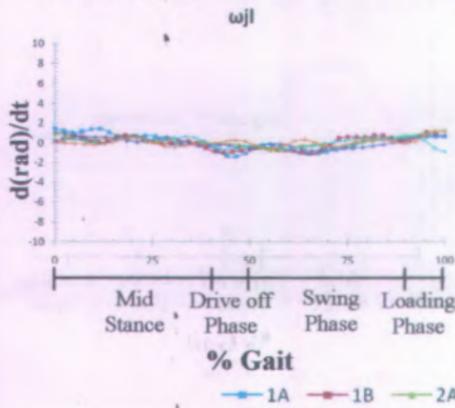


Gambar 4.21 Grafik Kecepatan sudut (a)Kaki,(b)Betis,(c)Paha.

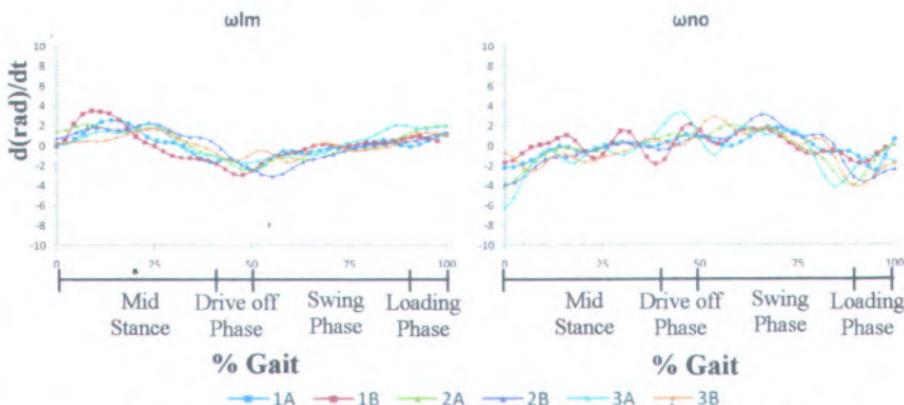
## (a) Badan dan Kepala

 $\omega_{kj}$ 

## (b) Lengan Atas Kanan dan Kiri

 $\omega_{jn}$

## (c) Lengan Bawah Kanan dan Kiri



**Gambar 4.22** Grafik Kecepatan sudut (a)Badan dan Kepala, (b)Lengan Atas,(c)Lengan Bawah

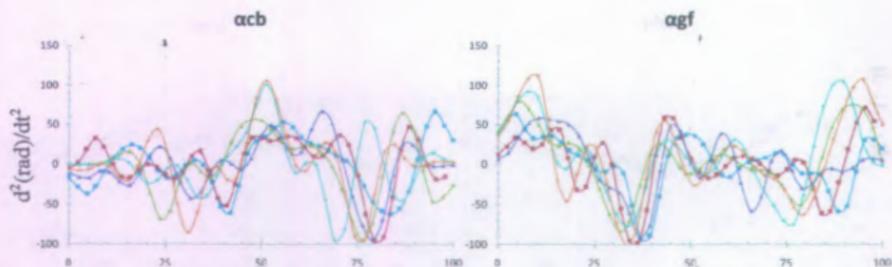
#### 4.2.6 Perhitungan Percepatan Sudut dari Tiap Bagian Tubuh

Dari data kecepatan sudut tiap bagian tubuh yang ditampilkan pada grafik pada gambar 4.21 s/d 4.22, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan percepatan sudut tiap bagian tubuh menggunakan perumusan berikut.

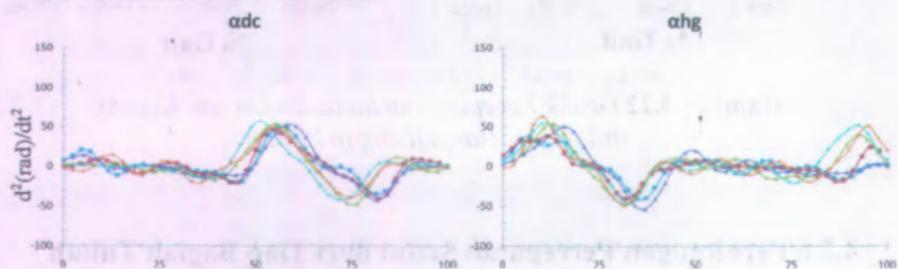
$$[(\ddot{\alpha}_n)_x]_m = \left[ \frac{[\vec{\omega}_{n+1}]_x - [\vec{\omega}_{n-1}]_x}{t_{n+1} - t_{n-1}} \right]_m \quad \text{dan} \quad [(\ddot{\alpha}_n)_y]_m = \left[ \frac{[\vec{\omega}_{n+1}]_y - [\vec{\omega}_{n-1}]_y}{t_{n+1} - t_{n-1}} \right]_m$$

Dimana, (m) adalah index dari tiap bagian tubuh dan (n) adalah index frame dalam satu siklus gerak berjalan. Grafik ini ditampilkan dalam  $d^2(\text{rad})/dt^2$  fungsi % Gait (siklus gerak berjalan) dari tiga orang laki-laki dengan dua pengambilan data, sehingga diperoleh grafik pada gambar 4.23 s/d 4.24.

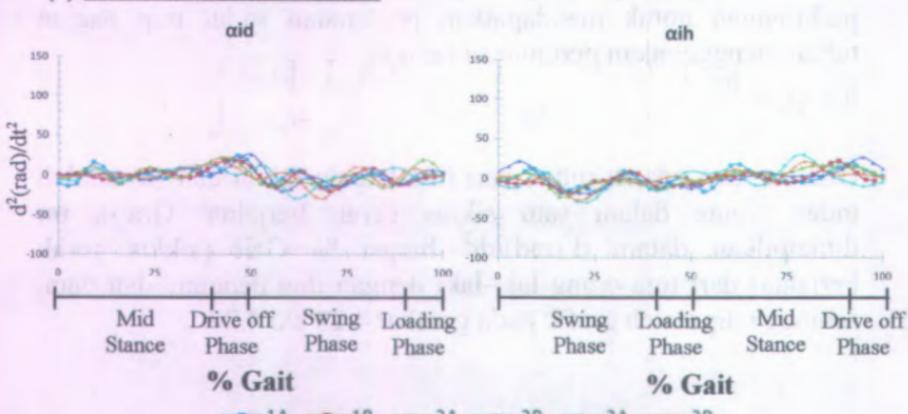
## (a) Kaki Kanan dan Kaki



## (b) Betis Kanan dan Betis Kiri

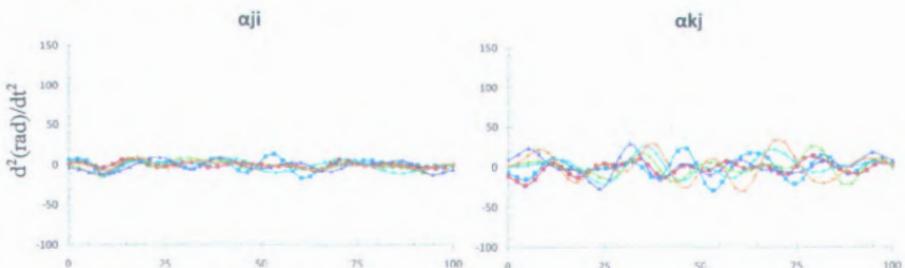


## (c) Paha Kanan dan Paha Kiri

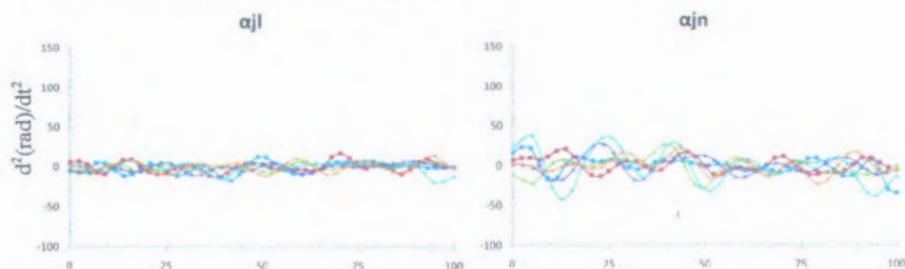


Gambar 4.23 Grafik Percepatan sudut (a)Kaki, (b)Betis, (c)Paha

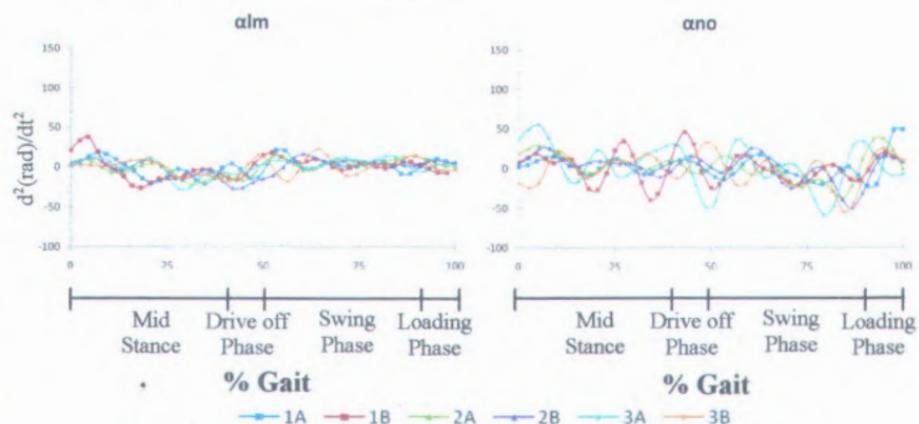
## (a) Badan dan Kepala



## (b) Lengan Atas Kanan dan Kiri



## (c) Lengan Bawah Kanan dan Kiri



**Gambar 4.24** Grafik Percepatan sudut (a)Badan dan Kepala,  
(b)Lengan Atas,(c)Lengan Bawah

#### 4.2.7 Analisa Pola Gerak Berjalan

Dari hasil perhitungan kecepatan dan percepatan linier C.G pada tiap bagian tubuh serta perhitungan perubahan sudut, kecepatan sudut, percepatan sudut yang kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik-grafik pada gambar 4.7 s/d 4.24 didapatkan adanya kecendrungan pola pada tiap grafik, dimana dalam satu grafik tersebut didapatkan dari data percobaan yang dilakukan pada tiga orang dengan dua kali pengambilan data. Berikut ini dianalisa masing-masing grafik pada bagian tubuh yang sama.

##### 1. Kaki kanan dan kaki kiri

Pada grafik pada gambar 4.7 (kecepatan linier), 4.12 (percepatan linier), 4.19 (perubahan sudut), 4.21 (kecepatan sudut), 4.23 (percepatan sudut) ditunjukkan tren yang hampir sama tiap grafik antara kaki kanan dan kaki kiri untuk fase yang sama. Pada grafik tersebut ditunjukkan tren yang cendrung mendatar pada kisaran nilai nol ketika fase *mid stance* (0-40% *gait cycle*). Hal ini dikarenakan memang hampir tidak terjadi pergerakan arah x,y maupun perubahan sudut dari kaki tersebut.

Pada fase *drive off* (40-50%), mulai menunjukkan perubahan tren grafik, untuk kecepatan arah x,y tren grafik cendrung naik berarti terjadi pertambahan kecepatan, terbukti pada grafik percepatan arah x,y juga menunjukkan tren naik, hal yang sama ditunjukkan pada grafik kecepatan sudut juga terjadi perubahan tren, namun cendrung menurun bernilai negatif yang berarti terjadi pertambahan kecepatan sudut arah berbalikan dengan referensi, terbukti pada grafik percepatan terjadi tren menurun.

Pada fase *swing* (50-90%), kecepatan arah x terjadi tren naik sampai maksimum pada  $\pm 70\%$  *gait* dengan nilai  $\pm 3.5$  kali  $V_{walking}$  kemudian menurun, yang berarti terjadi pertambahan kecepatan sampai maksimum kemudian terjadi perlambatan terbukti dengan ditunjukkan tren pada grafik percepatan. Berbeda dengan kecepatan arah y pada fase ini, tren diawali dengan nilai maksimum  $\pm V_{walking}$  arah y positif kemudian terjadi penurunan sampai minimum  $\pm V_{walking}$  arah y negatif

pada  $\pm 65\%$  *gait* kemudian naik terbukti dengan terjadi percepatan arah x,y yang bernilai positif ketika terjadi pertambahan kecepatan dan bernilai negatif ketika terjadi penurunan kecepatan atau perlambatan. Pada fase ini juga terjadi pertambahan sudut, yang ditunjukkan dengan tren kecepatan sudut yang cendrung naik dan bernilai positif sampai maksimum pada  $\pm 80\%$  *gait* kemudian menurun sampai pada  $\pm 90\%$  *gait*, terbukti dengan nilai percepatan sudut cendrung bernilai positif jika terjadi pertambahan kecepatan arah positif dan bernilai negatif jika terjadi perlambatan kecepatan sehingga kecepatan sudut bernilai negatif dan bernilai minimum pada  $\pm 90\%$  *gait* tersebut.

Pada fase *loading* (90-100%), tren kecepatan arah x,y kembali mulai menunjukkan tren mendatar dan bernilai nol. Fase ini merupakan transisi dari fase *swing* yaitu kaki melakukan pergerakan mengayun menuju fase *mid stance* yaitu kaki menapak pada permukaan pijakan kaki.

## 2. Betis kanan dan kiri

Pada grafik pada gambar 4.8 (kecepatan linier), 4.13 (percepatan linier), 4.19 (perubahan sudut), 4.21 (kecepatan sudut), 4.23 (percepatan sudut) ditunjukkan tren yang hampir sama antara betis kanan dan betis kiri untuk fase yang sama. Pada grafik kecepatan arah x menunjukkan tren yang cendrung mendatar pada range nilai mendekati  $\pm 0.4V_{walking}$  pada fase *mid stance* (0-40% *gait cycle*), sedangkan kecepatan arah y, tren cendrung mendatar sedikit fluktuatif mendekati nilai nol sampai 40% *gait cycle*.

Pada fase *drive off* (40-50%), mulai menunjukkan perubahan tren grafik, untuk kecepatan arah x,y tren grafik cendrung naik berarti terjadi pertambahan kecepatan, terbukti pada grafik percepatan arah x,y juga menunjukkan tren naik, hal yang sama ditunjukkan pada grafik kecepatan sudut juga terjadi perubahan tren, namun cendrung menurun bernilai negatif yang berarti terjadi pertambahan kecepatan sudut arah

berbalikan dengan referensi, terbukti pada grafik percepatan terjadi tren menurun.

Pada fase *swing* (50-90%), kecepatan arah x terjadi tren naik sampai maksimum pada  $\pm 60\%$  *gait* dengan nilai  $\pm 2.5$  kali  $V_{walking}$  kemudian menurun, yang berarti terjadi pertambahan kecepatan sampai maksimum kemudian terjadi perlambatan terbukti dengan ditunjukkan tren pada grafik percepatan. Berbeda dengan kecepatan arah y pada fase ini, tren diawali dengan nilai maksimum  $\pm 0.5V_{walking}$  arah y positif kemudian terjadi penurunan sampai minimum  $\pm 0.5V_{walking}$  arah y negatif pada  $\pm 70\%$  *gait* kemudian naik sampai pada  $\pm 90\%$  *gait* terbukti dengan terjadi percepatan arah x yang bernilai positif ketika terjadi pertambahan kecepatan dan bernilai negatif ketika terjadi penurunan kecepatan atau perlambatan. Pada fase ini juga terjadi pertambahan sudut, yang ditunjukkan dengan tren kecepatan sudut yang cendrung naik dan bernilai positif sampai maksimum pada  $\pm 80\%$  *gait* kemudian menurun sampai pada  $\pm 90\%$  *gait*, terbukti dengan nilai percepatan sudut cendrung bernilai positif jika terjadi pertambahan kecepatan arah positif.

Pada fase *loading* (90-100%), tren kecepatan arah x,y kembali mulai menunjukkan tren mendatar dan bernilai nol. Fase ini merupakan transisi dari fase *swing* menuju fase *mid stance*.

### 3. Paha kanan dan kiri

Pada grafik pada gambar 4.8 (kecepatan linier), 4.13 (percepatan linier), 4.19 (perubahan sudut), 4.21 (kecepatan sudut), 4.23 (percepatan sudut) ditunjukkan tren yang hampir sama antara paha kanan dan paha kiri untuk fase yang sama. Pada fase *mid stance* (0-40% *gait cycle*), grafik kecepatan arah x menunjukkan tren cendrung menurun pada 0-10% *gait cycle*, kemudian cendrung mendatar pada range nilai mendekati  $\pm 0.8V_{walking}$  sampai 40% *gait cycle*. Sedangkan grafik kecepatan arah y menunjukkan tren yang cendrung mendatar

sedikit fluktuatif pada range nilai nol sampai akhir fase *mid stance* 40% *gait cycle*.

Pada fase *drive off* (40-50%), mulai menunjukkan perubahan tren grafik, untuk kecepatan arah x,y tren grafik cendrung naik berarti terjadi pertambahan kecepatan, terbukti pada grafik percepatan arah x,y juga menunjukkan tren naik, hal yang sama ditunjukkan pada grafik kecepatan sudut juga terjadi perubahan tren, namun cendrung menurun bernilai negatif yang berarti terjadi pertambahan kecepatan sudut arah berbalikan dengan referensi, terbukti pada grafik percepatan terjadi tren menurun. Jika dibandingkan dengan betis dan kaki, perubahan sudut pada paha cendrung lebih kecil.

Pada fase *swing* (50-90%), kecepatan arah x terjadi tren maksimum pada  $\pm 50\%$  *gait cycle* dengan nilai  $\pm 2$  kali  $V_{walking}$  kemudian menurun, yang berarti terjadi pertambahan kecepatan sampai maksimum kemudian terjadi perlambatan terbukti dengan ditunjukkan tren pada grafik percepatan. Berbeda dengan kecepatan arah y pada fase ini, perubahannya tidak terlalu signifikan berada pada kisaran mendekati nilai nol sampai pada 90% *gait cycle*.

Pada fase *loading* (90-100%), tren kecepatan arah x,y kembali mulai menunjukkan tren mendatar sama seperti awal fase *mid stance*. Fase ini merupakan transisi dari fase *swing* menuju fase *mid stance*.

#### 4. Badan, kepala, lengan

Pada grafik pada gambar 4.9 dan 4.10 (kecepatan linier), 4.14 dan 4.15 (percepatan linier), 4.20 (perubahan sudut), 4.22 (kecepatan sudut), 4.24 (percepatan sudut) ditunjukkan tiap grafik dari badan, kepala dan lengan. Jika dilihat dari masing-masing grafik, secara umum untuk badan dan kepala terlihat ada kemiripan tren grafik yaitu untuk kecepatan linier arah x antara keduanya sama-sama ada kecendrungan fluktuatif pada nilai sama dengan  $V_{walking}$ , sedangkan arah y; fluktuatif pada range bernilai nol, yang artinya bahwa perubahan kecepatan arah x berada pada kisaran  $V_{walking}$ , sedangkan perubahan

kecepatan arah y berada pada kisaran nilai nol. Hal yang sama untuk kecepatan sudut, sedikit terjadi perubahan sudut dan kecepatan sudutnya. Sedangkan pada grafik dari lengan dijumpai tren grafik yang cendrung tidak menentu dari data percobaan yang dilakukan.

Jika dibandingkan antara grafik dari kaki, betis, paha, badan, kepala, lengan sampai pada penentuan grafik C.G (pusat gravitasi) total, dapat dilihat bahwa terdapat pola yang menarik dimana jika diurutkan dari bagian tubuh bagian bawah yaitu kaki sampai dengan bagian atas yaitu badan dan kepala, ada kecendrungan tren naik dan turun grafik semakin tereduksi dari bagian tubuh paling bawah sampai atas. Kecepatan arah x pada tubuh bagian atas atau pada C.G total semakin mendekati kecepatan gerak berjalan sedangkan kecepatan arah y pada tubuh bagian atas atau C.G total cendrung sedikit fluktuatif pada kisaran nilai nol. Begitu pula pada perubahan sudut dan kecepatan sudut, pada tubuh bagian atas atau C.G total perubahan cendrung kecil jika dibandingkan dengan tubuh bagian bawah.

Pola gerak berjalan pada manusia yang ditunjukkan melalui grafik perubahan posisi, kecepatan, percepatan baik secara linier maupun angular tersebut memperlihatkan bahwa ketika berjalan tiap bagian tubuh memiliki fungsi masing-masing dimana bagian tubuh bagian bawah seperti kaki, betis dan paha berperan untuk membawa bagian tubuh bagian atas dan lengan sebagai penyeimbang. Hal ini sesuai dengan data yang diperoleh, pola pergerakan terlihat signifikan pada tubuh bagian bawah, sedangkan pada tubuh bagian atas pola pergerakannya sebagai akibat dari pergerakan dari bagian bawah.

Berdasarkan hasil ini dapat dilihat bahwa pola gerak berjalan pada manusia memiliki potensi besar berupa energi kinetik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Jika dilihat dari pergerakannya yang paling besar ketika berjalan terletak pada bagian tubuh bagian bawah yaitu kaki, lutut dan paha.

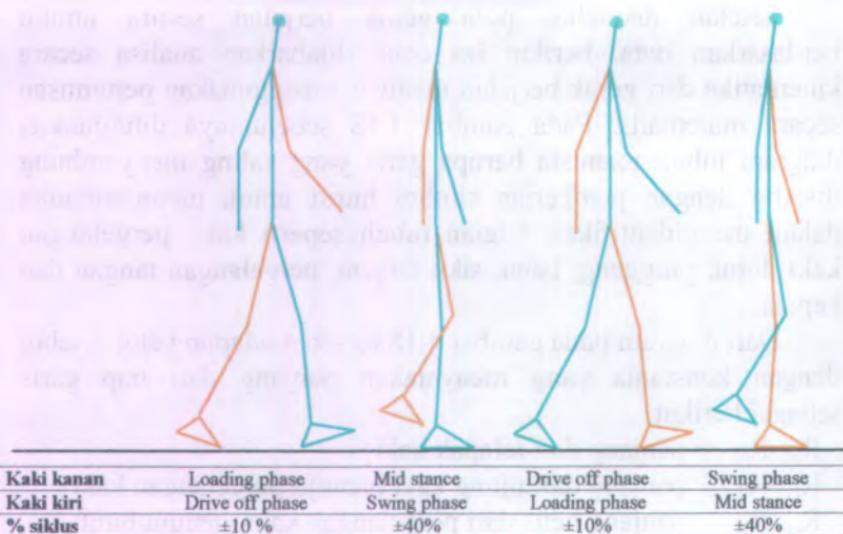
Setelah diketahui pola gerak berjalan secara umum berdasarkan data, berikut ini coba dijabarkan analisa secara kinematika dari gerak berjalan manusia menggunakan perumusan secara matematis. Pada gambar 4.18 sebelumnya ditunjukkan diagram tubuh manusia berupa garis yang saling menyambung disertai dengan pemberian simbol huruf untuk mempermudah dalam mengidentifikasi bagian tubuh seperti kaki, pergelangan kaki, lutut, pinggang, bahu, siku tangan, pergelangan tangan dan kepala.

Dari diagram pada gambar 4.18 tersebut adapun yang disebut dengan konstanta yang menyatakan panjang dari tiap garis sebagai berikut.

- $R_{ab}, R_{ef}$  : panjang dari telapak kaki;
- $R_{bc}, R_{fg}$  : panjang dari ujung kaki menuju pergelangan kaki ;
- $R_{cd}, R_{gh}$  : panjang betis dari pergelangan kaki menuju lutut;
- $R_{di}, R_{hi}$  : panjang paha dari lutut menuju pinggang;
- $R_{ij}$  : panjang badan dari pinggang menuju bahu;
- $R_{jk}$  : panjang dari bahu menuju kepala;
- $R_{jl}, R_{jn}$  : panjang lengan atas;
- $R_{lm}, R_{no}$  : panjang lengan bawah;

Kemudian jika dinyatakan dengan koordinat polar, variabel yang berubah adalah perubahan sudut  $\theta$ , kecepatan sudut  $\omega$ , percepatan sudut  $\alpha$  dari tiap bagian panjang tubuh tersebut. Sedangkan jika dinyatakan dalam koordinat kartesian x,y maka variabel yang berubah adalah perubahan posisi x dan y, kecepatan linier  $V_x$  dan  $V_y$  , percepatan linier  $a_x$  dan  $a_y$ .

Pada gambar 4.25 ditunjukkan klasifikasi dalam menyatakan gerak berjalan. Klasifikasi gerak ini dapat membantu dalam menuliskan persamaan-persamaan yang menyatakan keterkaitan antara variabel-variabel tersebut pada gerak berjalan manusia.



Gambar 4.25 Klasifikasi gerak bedasarkan kaki kanan atau kaki kiri

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.25 terdapat empat kategori secara umum terkait tentang gerakan kaki yang dapat dijelaskan sebagai berikut, pada saat kaki pertama kali menapakkan sebelum sampai keseluruhan telapak kaki menyentuh permukaan pijakan disebut dengan *loading phase*, kemudian pada saat telapak kaki menapak secara keseluruhan dan kaki lainnya sedang mengayun disebut dengan *mid stance*, dilanjutkan sampai hanya ujung kaki depan yang menapak sebelum kaki tersebut mengayun disebut dengan *drive off phase*, pada saat mengayun disebut dengan *swing phase*. Dari empat kategori ini didapatkan persamaan kinematika yang berbeda dari setiap kondisi tersebut, berikut penjabarannya.

#### a. Kaki kanan Loading phase dan Kaki kiri Drive off phase.

Pada kondisi ini dapat diperhatikan dari gambar 4.25 bahwa yang menjadi tumpuan dari tubuh adalah tumit kaki kanan, sehingga untuk dapat menentukan posisi dari gerakan dari tiap

bagian tubuh dinyatakan relatif terhadap tumit kaki kanan, ditunjukkan pada tabel 4.5 berikut.

**Tabel 4.5 Penentuan posisi x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan loading phase**

Bagian tubuh	Posisi x	Posisi y
R Heel (a)	$\vec{x}_a$	$\vec{y}_a$
R foot (b)	$\vec{x}_b = \vec{x}_a + R_{ba} \cdot \cos \vec{\theta}_{ba}$	$\vec{y}_b = \vec{y}_a + R_{ba} \cdot \sin \vec{\theta}_{ba}$
R Angkle (c)	$\vec{x}_c = \vec{x}_b + R_{cb} \cdot \cos \vec{\theta}_{cb}$	$\vec{y}_c = \vec{y}_b + R_{cb} \cdot \sin \vec{\theta}_{cb}$
R Knee (d)	$\vec{x}_d = \vec{x}_c + R_{dc} \cdot \cos \vec{\theta}_{dc}$	$\vec{y}_d = \vec{y}_c + R_{dc} \cdot \sin \vec{\theta}_{dc}$
Hip (i)	$\vec{x}_i = \vec{x}_d + R_{id} \cdot \cos \vec{\theta}_{id}$	$\vec{y}_i = \vec{y}_d + R_{id} \cdot \sin \vec{\theta}_{id}$
Shoulder (j)	$\vec{x}_j = \vec{x}_i + R_{ji} \cdot \cos \vec{\theta}_{ji}$	$\vec{y}_j = \vec{y}_i + R_{ji} \cdot \sin \vec{\theta}_{ji}$
Head (k)	$\vec{x}_k = \vec{x}_j + R_{kj} \cdot \cos \vec{\theta}_{kj}$	$\vec{y}_k = \vec{y}_j + R_{kj} \cdot \sin \vec{\theta}_{kj}$
L Knee (h)	$\vec{x}_h = \vec{x}_i + R_{hi} \cdot \cos \vec{\theta}_{hi}$	$\vec{y}_h = \vec{y}_i + R_{hi} \cdot \sin \vec{\theta}_{hi}$
L Angkle (g)	$\vec{x}_g = \vec{x}_h + R_{gh} \cdot \cos \vec{\theta}_{gh}$	$\vec{y}_g = \vec{y}_h + R_{gh} \cdot \sin \vec{\theta}_{gh}$
L foot (f)	$\vec{x}_f = \vec{x}_g + R_{fg} \cdot \cos \vec{\theta}_{fg}$	$\vec{y}_f = \vec{y}_g + R_{fg} \cdot \sin \vec{\theta}_{fg}$
L Heel (e)	$\vec{x}_e = \vec{x}_f + R_{ef} \cdot \cos \vec{\theta}_{ef}$	$\vec{y}_e = \vec{y}_f + R_{ef} \cdot \sin \vec{\theta}_{ef}$
R Elbow (l)	$\vec{x}_l = \vec{x}_j + R_{yl} \cdot \cos \vec{\theta}_y$	$\vec{y}_l = \vec{y}_j + R_{yl} \cdot \sin \vec{\theta}_y$
R wrist (m)	$\vec{x}_m = \vec{x}_l + R_{ml} \cdot \cos \vec{\theta}_{ml}$	$\vec{y}_m = \vec{y}_l + R_{ml} \cdot \sin \vec{\theta}_{ml}$
L Elbow (n)	$\vec{x}_n = \vec{x}_j + R_{nj} \cdot \cos \vec{\theta}_{nj}$	$\vec{y}_n = \vec{y}_j + R_{nj} \cdot \sin \vec{\theta}_{nj}$
L Wrist (o)	$\vec{x}_o = \vec{x}_n + R_{on} \cdot \cos \vec{\theta}_{on}$	$\vec{y}_o = \vec{y}_n + R_{on} \cdot \sin \vec{\theta}_{on}$

Sedangkan untuk menentukan kecepatan linier dapat diturunkan dari persamaan posisi x,y di atas sehingga didapatkan persamaan pada tabel 4.6 berikut.

**Tabel 4.6 Penentuan kecepatan linier x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan loading phase**

Bagian tubuh	Kecepatan linier x	Kecepatan liner y
R Heel (a)	$\vec{v}_a$	$\vec{v}_a$
R foot (b)	$\vec{v}_b = [\vec{v}_a + R_{ba} \cdot \omega_{ba} \cdot (-\sin \theta_{ba})]$	$\vec{v}_b = [\vec{v}_a' + R_{ba} \cdot \omega_{ba} \cdot \cos \theta_{ba}]$
R Angkle (c)	$\vec{v}_c = [\vec{v}_b + R_{cb} \cdot \bar{\omega}_{cb} \cdot (-\sin \theta_{cb})]$	$\vec{v}_c = [\vec{v}_b' + R_{cb} \cdot \bar{\omega}_{cb} \cdot \cos \theta_{cb}]$
R Knee (d)	$\vec{v}_d = [\vec{v}_c + R_{dc} \cdot \bar{\omega}_{dc} \cdot (-\sin \theta_{dc})]$	$\vec{v}_d = [\vec{v}_c' + R_{dc} \cdot \bar{\omega}_{dc} \cdot \cos \theta_{dc}]$
Hip (i)	$\vec{v}_i = [\vec{v}_d + R_{id} \cdot \omega_{id} \cdot (-\sin \theta_{id})]$	$\vec{v}_i = [\vec{v}_d' + R_{id} \cdot \omega_{id} \cdot \cos \theta_{id}]$

Shoulder (j)	$\bar{v}_j = [\bar{v}_i + R_{ji} \cdot \bar{\omega}_{ji} \cdot (-\sin\theta_{ji})]$	$\bar{v}_j = [\bar{v}_i' + R_{ji} \cdot \bar{\omega}_{ji} \cdot \cos\theta_{ji}]$
Head (k)	$\bar{v}_k = [\bar{v}_j + R_{kj} \cdot \bar{\omega}_{kj} \cdot (-\sin\theta_{kj})]$	$\bar{v}_k = [\bar{v}_j' + R_{kj} \cdot \bar{\omega}_{kj} \cdot \cos\theta_{kj}]$
L Knee (h)	$\bar{v}_h = [\bar{v}_k + R_{hi} \cdot \bar{\omega}_{hi} \cdot (-\sin\theta_{hi})]$	$\bar{v}_h = [\bar{v}_k' + R_{hi} \cdot \bar{\omega}_{hi} \cdot \cos\theta_{hi}]$
L Angkle (g)	$\bar{v}_g = [\bar{v}_h + R_{gh} \cdot \bar{\omega}_{gh} \cdot (-\sin\theta_{gh})]$	$\bar{v}_g = [\bar{v}_h' + R_{gh} \cdot \bar{\omega}_{gh} \cdot \cos\theta_{gh}]$
L foot (f)	$\bar{v}_f = [\bar{v}_g + R_{fg} \cdot \bar{\omega}_{fg} \cdot (-\sin\theta_{fg})]$	$\bar{v}_f = [\bar{v}_g' + R_{fg} \cdot \bar{\omega}_{fg} \cdot \cos\theta_{fg}]$
L Heel (e)	$\bar{v}_e = [\bar{v}_f + R_{ef} \cdot \bar{\omega}_{ef} \cdot (-\sin\theta_{ef})]$	$\bar{v}_e = [\bar{v}_f' + R_{ef} \cdot \bar{\omega}_{ef} \cdot \cos\theta_{ef}]$
R Elbow (l)	$\bar{v}_l = [\bar{v}_i + R_{yl} \cdot \bar{\omega}_{yl} \cdot (-\sin\theta_{yl})]$	$\bar{v}_l = [\bar{v}_j + R_{yl} \cdot \bar{\omega}_{yl} \cdot \cos\theta_{yl}]$
R wrist (m)	$\bar{v}_m = [\bar{v}_l + R_{ml} \cdot \bar{\omega}_{ml} \cdot (-\sin\theta_{ml})]$	$\bar{v}_m = [\bar{v}_l' + R_{ml} \cdot \bar{\omega}_{ml} \cdot \cos\theta_{ml}]$
L Elbow (n)	$\bar{v}_n = [\bar{v}_j + R_{nj} \cdot \bar{\omega}_{nj} \cdot (-\sin\theta_{nj})]$	$\bar{v}_n = [\bar{v}_j' + R_{nj} \cdot \bar{\omega}_{nj} \cdot \cos\theta_{nj}]$
L Wrist (o)	$\bar{v}_o = [\bar{v}_n + R_{on} \cdot \bar{\omega}_{on} \cdot (-\sin\theta_{on})]$	$\bar{v}_o = [\bar{v}_n' + R_{on} \cdot \bar{\omega}_{on} \cdot \cos\theta_{on}]$

Selanjutnya untuk menentukan percepatan linier dapat diturunkan dari persamaan kecepatan linier x,y di atas sehingga didapatkan persamaan pada tabel 4.7 dan 4.8 berikut.

**Tabel 4.7 Penentuan percepatan linier x dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan loading phase**

Bagian tubuh	Percepatan linier x
R Heel (a)	$\vec{a}_a^x$
R foot (b)	$\vec{a}_b^x = \vec{a}_a^x - R_{ba} \cdot [\vec{\omega}_{ba}^2 \cdot \cos\vec{\theta}_{ba} + \vec{\alpha}_{ba} \cdot \sin\vec{\theta}_{ba}]$
R Angkle (c)	$\vec{a}_c^x = \vec{a}_b^x - R_{cb} \cdot [\vec{\omega}_{cb}^2 \cdot \cos\vec{\theta}_{cb} + \vec{\alpha}_{cb} \cdot \sin\vec{\theta}_{cb}]$
R Knee (d)	$\vec{a}_d^x = \vec{a}_c^x - R_{dc} \cdot [\vec{\omega}_{dc}^2 \cdot \cos\vec{\theta}_{dc} + \vec{\alpha}_{dc} \cdot \sin\vec{\theta}_{dc}]$
Hip (i)	$\vec{a}_i^x = \vec{a}_d^x - R_{id} \cdot [\vec{\omega}_{id}^2 \cdot \cos\vec{\theta}_{id} + \vec{\alpha}_{id} \cdot \sin\vec{\theta}_{id}]$
Shoulder (j)	$\vec{a}_j^x = \vec{a}_i^x - R_{ji} \cdot [\vec{\omega}_{ji}^2 \cdot \cos\vec{\theta}_{ji} + \vec{\alpha}_{ji} \cdot \sin\vec{\theta}_{ji}]$
Head (k)	$\vec{a}_k^x = \vec{a}_j^x - R_{kj} \cdot [\vec{\omega}_{kj}^2 \cdot \cos\vec{\theta}_{kj} + \vec{\alpha}_{kj} \cdot \sin\vec{\theta}_{kj}]$
L Knee (h)	$\vec{a}_h^x = \vec{a}_i^x - R_{hi} \cdot [\vec{\omega}_{hi}^2 \cdot \cos\vec{\theta}_{hi} + \vec{\alpha}_{hi} \cdot \sin\vec{\theta}_{hi}]$
L Angkle (g)	$\vec{a}_g^x = \vec{a}_h^x - R_{gh} \cdot [\vec{\omega}_{gh}^2 \cdot \cos\vec{\theta}_{gh} + \vec{\alpha}_{gh} \cdot \sin\vec{\theta}_{gh}]$
L foot (f)	$\vec{a}_f^x = \vec{a}_g^x - R_{fg} \cdot [\vec{\omega}_{fg}^2 \cdot \cos\vec{\theta}_{fg} + \vec{\alpha}_{fg} \cdot \sin\vec{\theta}_{fg}]$
L Heel (e)	$\vec{a}_e^x = \vec{a}_f^x - R_{ef} \cdot [\vec{\omega}_{ef}^2 \cdot \cos\vec{\theta}_{ef} + \vec{\alpha}_{ef} \cdot \sin\vec{\theta}_{ef}]$

R Elbow (l)	$\vec{a}_l^x = \vec{a}_j^x - R_{lj} \cdot [\vec{\omega}_{lj}^2 \cdot \cos \vec{\theta}_{lj} + \vec{\alpha}_{lj} \cdot \sin \vec{\theta}_{lj}]$
R wrist (m)	$\vec{a}_m^x = \vec{a}_l^x - R_{ml} \cdot [\vec{\omega}_{ml}^2 \cdot \cos \vec{\theta}_{ml} + \vec{\alpha}_{ml} \cdot \sin \vec{\theta}_{ml}]$
L Elbow (n)	$\vec{a}_n^x = \vec{a}_j^x - R_{nj} \cdot [\vec{\omega}_{nj}^2 \cdot \cos \vec{\theta}_{nj} + \vec{\alpha}_{nj} \cdot \sin \vec{\theta}_{nj}]$
L Wrist (o)	$\vec{a}_o^x = \vec{a}_n^x - R_{on} \cdot [\vec{\omega}_{on}^2 \cdot \cos \vec{\theta}_{on} + \vec{\alpha}_{on} \cdot \sin \vec{\theta}_{on}]$

**Tabel 4.8 Penentuan percepatan linier y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan loading phase**

Bagian tubuh	Percepatan linier y
R Heel (a)	$\vec{a}_a^y$
R foot (b)	$\vec{a}_b^y = \vec{a}_a^y - R_{ba} \cdot [\vec{\omega}_{ba}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{ba} - \vec{\alpha}_{ba} \cdot \cos \vec{\theta}_{ba}]$
R Angkle (c)	$\vec{a}_c^y = \vec{a}_b^y - R_{cb} \cdot [\vec{\omega}_{cb}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{cb} - \vec{\alpha}_{cb} \cdot \cos \vec{\theta}_{cb}]$
R Knee (d)	$\vec{a}_d^y = \vec{a}_c^y - R_{dc} \cdot [\vec{\omega}_{dc}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{dc} - \vec{\alpha}_{dc} \cdot \cos \vec{\theta}_{dc}]$
Hip (i)	$\vec{a}_i^y = \vec{a}_d^y - R_{id} \cdot [\vec{\omega}_{id}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{id} - \vec{\alpha}_{id} \cdot \cos \vec{\theta}_{id}]$
Shoulder (j)	$\vec{a}_j^y = \vec{a}_i^y - R_{ji} \cdot [\vec{\omega}_{ji}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{ji} - \vec{\alpha}_{ji} \cdot \cos \vec{\theta}_{ji}]$
Head (k)	$\vec{a}_k^y = \vec{a}_j^y - R_{kj} \cdot [\vec{\omega}_{kj}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{kj} - \vec{\alpha}_{kj} \cdot \cos \vec{\theta}_{kj}]$
L Knee (h)	$\vec{a}_h^y = \vec{a}_i^y - R_{hi} \cdot [\vec{\omega}_{hi}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{hi} - \vec{\alpha}_{hi} \cdot \cos \vec{\theta}_{hi}]$
L Angkle (g)	$\vec{a}_g^y = \vec{a}_h^y - R_{gh} \cdot [\vec{\omega}_{gh}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{gh} - \vec{\alpha}_{gh} \cdot \cos \vec{\theta}_{gh}]$
L foot (f)	$\vec{a}_f^y = \vec{a}_g^y - R_{fg} \cdot [\vec{\omega}_{fg}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{fg} - \vec{\alpha}_{fg} \cdot \cos \vec{\theta}_{fg}]$
L Heel (e)	$\vec{a}_e^y = \vec{a}_f^y - R_{ef} \cdot [\vec{\omega}_{ef}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{ef} - \vec{\alpha}_{ef} \cdot \cos \vec{\theta}_{ef}]$
R Elbow (l)	$\vec{a}_l^y = \vec{a}_j^y - R_{lj} \cdot [\vec{\omega}_{lj}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{lj} - \vec{\alpha}_{lj} \cdot \cos \vec{\theta}_{lj}]$
R wrist (m)	$\vec{a}_m^y = \vec{a}_l^y - R_{ml} \cdot [\vec{\omega}_{ml}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{ml} - \vec{\alpha}_{ml} \cdot \cos \vec{\theta}_{ml}]$
L Elbow (n)	$\vec{a}_n^y = \vec{a}_j^y - R_{nj} \cdot [\vec{\omega}_{nj}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{nj} - \vec{\alpha}_{nj} \cdot \cos \vec{\theta}_{nj}]$
L Wrist (o)	$\vec{a}_o^y = \vec{a}_n^y - R_{on} \cdot [\vec{\omega}_{on}^2 \cdot \sin \vec{\theta}_{on} - \vec{\alpha}_{on} \cdot \cos \vec{\theta}_{on}]$

### b. Kaki kanan Mid stance phase dan Kaki kiri Swing phase.

Pada kondisi ini dapat diperhatikan dari gambar 4.20 bahwa yang menjadi tumpuan dari tubuh adalah keseluruhan telapak kaki kanan  $\theta_{ba} = 0$ , maka untuk menentukan posisi, kecepatan liner dan

percepatan linier dari R Heel dan R Foot didapatkan perumusan yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.9, 4.10, 4.11 dan 4.12 berikut.

**Tabel 4.9** Penentuan posisi x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan Mid stance phase

Bagian tubuh	Posisi x	Posisi y
R Heel (a)	$\vec{x}_a$	$\vec{y}_a$
R foot (b)	$\vec{x}_b = \vec{x}_a + R_{ab}$	$\vec{y}_b = \vec{y}_a$

**Tabel 4.10** Penentuan kecepatan linier x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan Mid stance phase

Bagian tubuh	Kecepatan linier x	Kecepatan liner y
R Heel (a)	$\vec{v}_a$	$\vec{v}_a$
R foot (b)	$\vec{v}_b = \vec{v}_a$	$\vec{v}_b' = [\vec{v}_a' + R_{ba} \cdot \vec{\omega}_{ba}]$

**Tabel 4.11** Penentuan percepatan linier x dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan Mid stance phase

Bagian tubuh	Percepatan linier x
R Heel (a)	$\vec{a}_a^x$
R foot (b)	$\vec{a}_b^x = \vec{a}_a^x - R_{ba} \cdot \vec{\omega}_{ba}^2$

**Tabel 4.12** Penentuan percepatan linier y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan Mid stance phase

Bagian tubuh	Percepatan linier y
R Heel (a)	$\vec{a}_a^y$
R foot (b)	$\vec{a}_b^y = \vec{a}_a^y + R_{ba} \cdot \vec{\alpha}_{ba}$

Sedangkan untuk menentukan posisi x,y ,kecepatan linier x,y dan percepatan linier x,y dari R Angkle (c), R Knee (d), Hip (i), Shoulder (j), Head (k), L Knee (h), L Angkle (g), L foot (f), L Heel (e), R Elbow (l), R wrist (m), L Elbow (n), L Wrist (o) sama seperti pada kondisi kaki kanan loading phase dan kaki kiri drive off phase.

### c. Kaki kiri Loading phase dan Kaki kanan Drive off phase.

Pada kondisi ini berkebalikan dengan kondisi sebelumnya bahwa yang menjadi tumpuan dari tubuh adalah tumit kaki kiri ditunjukkan pada gambar 4.20, sehingga untuk dapat menentukan posisi dari gerakan dari tiap bagian tubuh dinyatakan relatif terhadap tumit kaki kiri, ditunjukkan pada tabel 4.13 berikut.

**Tabel 4.13** Penentuan posisi x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan drive off phase

Bagian tubuh	Posisi x	Posisi y
L Heel (e)	$\vec{x}_e = \vec{x}_{a(Right\_loading\_phase)} + Step$	$\vec{y}_e = \vec{y}_{a(Right\_loading\_phase)}$
L foot (f)	$\vec{x}_f = \vec{x}_e + R_{fe} \cdot \cos \vec{\theta}_{fe}$	$\vec{y}_f = \vec{y}_e + R_{fe} \cdot \sin \vec{\theta}_{fe}$
L Angkle (g)	$\vec{x}_g = \vec{x}_f + R_{gf} \cdot \cos \vec{\theta}_{gf}$	$\vec{y}_g = \vec{y}_f + R_{gf} \cdot \sin \vec{\theta}_{gf}$
L Knee (h)	$\vec{x}_h = \vec{x}_g + R_{hg} \cdot \cos \vec{\theta}_{hg}$	$\vec{y}_h = \vec{y}_g + R_{hg} \cdot \sin \vec{\theta}_{hg}$
Hip (i)	$\vec{x}_i = \vec{x}_h + R_{hi} \cdot \cos \vec{\theta}_{hi}$	$\vec{y}_i = \vec{y}_h + R_{hi} \cdot \sin \vec{\theta}_{hi}$
Shoulder (j)	$\vec{x}_j = \vec{x}_i + R_{ji} \cdot \cos \vec{\theta}_{ji}$	$\vec{y}_j = \vec{y}_i + R_{ji} \cdot \sin \vec{\theta}_{ji}$
Head (k)	$\vec{x}_k = \vec{x}_j + R_{kj} \cdot \cos \vec{\theta}_{kj}$	$\vec{y}_k = \vec{y}_j + R_{kj} \cdot \sin \vec{\theta}_{kj}$
R Knee (d)	$\vec{x}_d = \vec{x}_i + R_{di} \cdot \cos \vec{\theta}_{di}$	$\vec{y}_d = \vec{y}_i + R_{di} \cdot \sin \vec{\theta}_{di}$
R Angkle (c)	$\vec{x}_c = \vec{x}_d + R_{cd} \cdot \cos \vec{\theta}_{cd}$	$\vec{y}_c = \vec{y}_d + R_{cd} \cdot \sin \vec{\theta}_{cd}$
R foot (b)	$\vec{x}_b = \vec{x}_c + R_{bc} \cdot \cos \vec{\theta}_{bc}$	$\vec{y}_b = \vec{y}_c + R_{bc} \cdot \sin \vec{\theta}_{bc}$
R Heel (a)	$\vec{x}_a = \vec{x}_b + R_{ab} \cdot \cos \vec{\theta}_{ab}$	$\vec{y}_a = \vec{y}_b + R_{ab} \cdot \sin \vec{\theta}_{ab}$
R Elbow (l)	$\vec{x}_l = \vec{x}_j + R_{ly} \cdot \cos \vec{\theta}_y$	$\vec{y}_l = \vec{y}_j + R_{ly} \cdot \sin \vec{\theta}_y$
R wrist (m)	$\vec{x}_m = \vec{x}_l + R_{ml} \cdot \cos \vec{\theta}_{ml}$	$\vec{y}_m = \vec{y}_l + R_{ml} \cdot \sin \vec{\theta}_{ml}$
L Elbow (n)	$\vec{x}_n = \vec{x}_j + R_{nj} \cdot \cos \vec{\theta}_{nj}$	$\vec{y}_n = \vec{y}_j + R_{nj} \cdot \sin \vec{\theta}_{nj}$
L Wrist (o)	$\vec{x}_o = \vec{x}_n + R_{on} \cdot \cos \vec{\theta}_{on}$	$\vec{y}_o = \vec{y}_n + R_{on} \cdot \sin \vec{\theta}_{on}$

Sedangkan untuk menentukan kecepatan linier dapat diturunkan dari persamaan posisi x,y di atas sehingga didapatkan persamaan pada tabel 4.14 berikut.

**Tabel 4.14** Penentuan kecepatan linier x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan drive off phase

Bagian tubuh	Kecepatan linier x	Kecepatan liner y
L Heel (e)	$\vec{v}_e$	$\vec{v}_e'$

L foot (f)	$\bar{v}_f = [\bar{v}_e + R_{fe} \bar{\omega}_{fe} (-\sin \theta_{fe})]$	$\bar{v}_f' = [\bar{v}_e' + R_{fe} \bar{\omega}_{fe} \cos \theta_{fe}]$
L Angkle (g)	$\bar{v}_g = [\bar{v}_f + R_{gf} \bar{\omega}_{gf} (-\sin \theta_{gf})]$	$\bar{v}_g' = [\bar{v}_f' + R_{gf} \bar{\omega}_{gf} \cos \theta_{gf}]$
L Knee (h)	$\bar{v}_h = [\bar{v}_g + R_{hg} \bar{\omega}_{hg} (-\sin \theta_{hg})]$	$\bar{v}_h' = [\bar{v}_g' + R_{hg} \bar{\omega}_{hg} \cos \theta_{hg}]$
Hip (i)	$\bar{v}_i = [\bar{v}_h + R_{ih} \bar{\omega}_{ih} (-\sin \theta_{ih})]$	$\bar{v}_i' = [\bar{v}_h' + R_{ih} \bar{\omega}_{ih} \cos \theta_{ih}]$
Shoulder (j)	$\bar{v}_j = [\bar{v}_i + R_{ji} \bar{\omega}_{ji} (-\sin \theta_{ji})]$	$\bar{v}_j' = [\bar{v}_i' + R_{ji} \bar{\omega}_{ji} \cos \theta_{ji}]$
Head (k)	$\bar{v}_k = [\bar{v}_j + R_{kj} \bar{\omega}_{kj} (-\sin \theta_{kj})]$	$\bar{v}_k' = [\bar{v}_j' + R_{kj} \bar{\omega}_{kj} \cos \theta_{kj}]$
R Knee (d)	$\bar{v}_d = [\bar{v}_i + R_{di} \bar{\omega}_{di} (-\sin \theta_{di})]$	$\bar{v}_d' = [\bar{v}_i' + R_{di} \bar{\omega}_{di} \cos \theta_{di}]$
R Angkle (c)	$\bar{v}_c = [\bar{v}_d + R_{cd} \bar{\omega}_{cd} (-\sin \theta_{cd})]$	$\bar{v}_c' = [\bar{v}_d' + R_{cd} \bar{\omega}_{cd} \cos \theta_{cd}]$
R foot (b)	$\bar{v}_b = [\bar{v}_c + R_{bc} \bar{\omega}_{bc} (-\sin \theta_{bc})]$	$\bar{v}_b' = [\bar{v}_c' + R_{bc} \bar{\omega}_{bc} \cos \theta_{bc}]$
R Heel (a)	$\bar{v}_a = [\bar{v}_b + R_{ab} \bar{\omega}_{ab} (-\sin \theta_{ab})]$	$\bar{v}_a' = [\bar{v}_b' + R_{ab} \bar{\omega}_{ab} \cos \theta_{ab}]$
R Elbow (l)	$\bar{v}_l = [\bar{v}_j + R_{yj} \bar{\omega}_y (-\sin \theta_y)]$	$\bar{v}_l' = [\bar{v}_j' + R_{yj} \bar{\omega}_y \cos \theta_y]$
R wrist (m)	$\bar{v}_m = [\bar{v}_l + R_{ml} \bar{\omega}_{ml} (-\sin \theta_{ml})]$	$\bar{v}_m' = [\bar{v}_l' + R_{ml} \bar{\omega}_{ml} \cos \theta_{ml}]$
L Elbow (n)	$\bar{v}_n = [\bar{v}_j + R_{nj} \bar{\omega}_{nj} (-\sin \theta_{nj})]$	$\bar{v}_n' = [\bar{v}_j' + R_{nj} \bar{\omega}_{nj} \cos \theta_{nj}]$
L Wrist (o)	$\bar{v}_o = [\bar{v}_n + R_{on} \bar{\omega}_{on} (-\sin \theta_{on})]$	$\bar{v}_o' = [\bar{v}_n' + R_{on} \bar{\omega}_{on} \cos \theta_{on}]$

Selanjutnya untuk menentukan percepatan linier dapat diturunkan dari persamaan kecepatan linier x,y di atas sehingga didapatkan persamaan pada tabel 4.15 dan 4.16 berikut.

Tabel 4.15 Penentuan percepatan linier x dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan drive off phase

Bagian tubuh	Percepatan linier x
L Heel (e)	$\vec{a}_e^x$
L foot (f)	$\vec{a}_f^x = \vec{a}_e^x - R_{fe} [\vec{\omega}_{fe}^2 \cos \bar{\theta}_{fe} + \vec{\alpha}_{fe} \cdot \sin \bar{\theta}_{fe}]$
L Angkle (g)	$\vec{a}_g^x = \vec{a}_f^x - R_{gf} [\vec{\omega}_{gf}^2 \cos \bar{\theta}_{gf} + \vec{\alpha}_{gf} \cdot \sin \bar{\theta}_{gf}]$
L Knee (h)	$\vec{a}_h^x = \vec{a}_g^x - R_{hg} [\vec{\omega}_{hg}^2 \cos \bar{\theta}_{hg} + \vec{\alpha}_{hg} \cdot \sin \bar{\theta}_{hg}]$
Hip (i)	$\vec{a}_i^x = \vec{a}_h^x - R_{ih} [\vec{\omega}_{ih}^2 \cos \bar{\theta}_{ih} + \vec{\alpha}_{ih} \cdot \sin \bar{\theta}_{ih}]$
Shoulder (j)	$\vec{a}_j^x = \vec{a}_i^x - R_{ji} [\vec{\omega}_{ji}^2 \cos \bar{\theta}_{ji} + \vec{\alpha}_{ji} \cdot \sin \bar{\theta}_{ji}]$
Head (k)	$\vec{a}_k^x = \vec{a}_j^x - R_{kj} [\vec{\omega}_{kj}^2 \cos \bar{\theta}_{kj} + \vec{\alpha}_{kj} \cdot \sin \bar{\theta}_{kj}]$
R Knee (d)	$\vec{a}_d^x = \vec{a}_i^x - R_{di} [\vec{\omega}_{di}^2 \cos \bar{\theta}_{di} + \vec{\alpha}_{di} \cdot \sin \bar{\theta}_{di}]$

R Angkle (c)	$\vec{a}_c^x = \vec{a}_d^x - R_{cd} \cdot [\vec{\omega}^2_{cd} \cdot \cos \vec{\theta}_{cd} + \vec{\alpha}_{cd} \cdot \sin \vec{\theta}_{cd}]$
R foot (b)	$\vec{a}_b^x = \vec{a}_c^x - R_{bc} \cdot [\vec{\omega}^2_{bc} \cdot \cos \vec{\theta}_{bc} + \vec{\alpha}_{bc} \cdot \sin \vec{\theta}_{bc}]$
R Heel (a)	$\vec{a}_a^x = \vec{a}_b^x - R_{ab} \cdot [\vec{\omega}^2_{ab} \cdot \cos \vec{\theta}_{ab} + \vec{\alpha}_{ab} \cdot \sin \vec{\theta}_{ab}]$
R Elbow (l)	$\vec{a}_l^x = \vec{a}_j^x - R_{lj} \cdot [\vec{\omega}^2_{lj} \cdot \cos \vec{\theta}_{lj} + \vec{\alpha}_{lj} \cdot \sin \vec{\theta}_{lj}]$
R wrist (m)	$\vec{a}_m^x = \vec{a}_l^x - R_{ml} \cdot [\vec{\omega}^2_{ml} \cdot \cos \vec{\theta}_{ml} + \vec{\alpha}_{ml} \cdot \sin \vec{\theta}_{ml}]$
L Elbow (n)	$\vec{a}_n^x = \vec{a}_j^x - R_{nj} \cdot [\vec{\omega}^2_{nj} \cdot \cos \vec{\theta}_{nj} + \vec{\alpha}_{nj} \cdot \sin \vec{\theta}_{nj}]$
L Wrist (o)	$\vec{a}_o^x = \vec{a}_n^x - R_{on} \cdot [\vec{\omega}^2_{on} \cdot \cos \vec{\theta}_{on} + \vec{\alpha}_{on} \cdot \sin \vec{\theta}_{on}]$

**Tabel 4.16 Penentuan percepatan linier y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan drive off phase**

Bagian tubuh	Percepatan linier y
L Heel (e)	$\vec{a}_e^y$
L foot (f)	$\vec{a}_f^y = \vec{a}_e^y - R_{fe} \cdot [\vec{\omega}^2_{fe} \cdot \sin \vec{\theta}_{fe} - \vec{\alpha}_{fe} \cdot \cos \vec{\theta}_{fe}]$
L Angkle (g)	$\vec{a}_g^y = \vec{a}_f^y - R_{gf} \cdot [\vec{\omega}^2_{gf} \cdot \sin \vec{\theta}_{gf} - \vec{\alpha}_{gf} \cdot \cos \vec{\theta}_{gf}]$
L Knee (h)	$\vec{a}_h^y = \vec{a}_g^y - R_{hg} \cdot [\vec{\omega}^2_{hg} \cdot \sin \vec{\theta}_{hg} - \vec{\alpha}_{hg} \cdot \cos \vec{\theta}_{hg}]$
Hip (i)	$\vec{a}_i^y = \vec{a}_h^y - R_{ih} \cdot [\vec{\omega}^2_{ih} \cdot \sin \vec{\theta}_{ih} - \vec{\alpha}_{ih} \cdot \cos \vec{\theta}_{ih}]$
Shoulder (j)	$\vec{a}_j^y = \vec{a}_i^y - R_{ji} \cdot [\vec{\omega}^2_{ji} \cdot \sin \vec{\theta}_{ji} - \vec{\alpha}_{ji} \cdot \cos \vec{\theta}_{ji}]$
Head (k)	$\vec{a}_k^y = \vec{a}_j^y - R_{kj} \cdot [\vec{\omega}^2_{kj} \cdot \sin \vec{\theta}_{kj} - \vec{\alpha}_{kj} \cdot \cos \vec{\theta}_{kj}]$
R Knee (d)	$\vec{a}_d^y = \vec{a}_i^y - R_{di} \cdot [\vec{\omega}^2_{di} \cdot \sin \vec{\theta}_{di} - \vec{\alpha}_{di} \cdot \cos \vec{\theta}_{di}]$
R Angkle (c)	$\vec{a}_c^y = \vec{a}_d^y - R_{cd} \cdot [\vec{\omega}^2_{cd} \cdot \sin \vec{\theta}_{cd} - \vec{\alpha}_{cd} \cdot \cos \vec{\theta}_{cd}]$
R foot (b)	$\vec{a}_b^y = \vec{a}_c^y - R_{bc} \cdot [\vec{\omega}^2_{bc} \cdot \sin \vec{\theta}_{bc} - \vec{\alpha}_{bc} \cdot \cos \vec{\theta}_{bc}]$
R Heel (a)	$\vec{a}_a^y = \vec{a}_b^y - R_{ab} \cdot [\vec{\omega}^2_{ab} \cdot \sin \vec{\theta}_{ab} - \vec{\alpha}_{ab} \cdot \cos \vec{\theta}_{ab}]$
R Elbow (l)	$\vec{a}_l^y = \vec{a}_j^y - R_{lj} \cdot [\vec{\omega}^2_{lj} \cdot \sin \vec{\theta}_{lj} - \vec{\alpha}_{lj} \cdot \cos \vec{\theta}_{lj}]$
R wrist (m)	$\vec{a}_m^y = \vec{a}_l^y - R_{ml} \cdot [\vec{\omega}^2_{ml} \cdot \sin \vec{\theta}_{ml} - \vec{\alpha}_{ml} \cdot \cos \vec{\theta}_{ml}]$
L Elbow (n)	$\vec{a}_n^y = \vec{a}_j^y - R_{nj} \cdot [\vec{\omega}^2_{nj} \cdot \sin \vec{\theta}_{nj} - \vec{\alpha}_{nj} \cdot \cos \vec{\theta}_{nj}]$
L Wrist (o)	$\vec{a}_o^y = \vec{a}_n^y - R_{on} \cdot [\vec{\omega}^2_{on} \cdot \sin \vec{\theta}_{on} - \vec{\alpha}_{on} \cdot \cos \vec{\theta}_{on}]$

#### d. Kaki Kiri Mid stance phase dan Kaki Kanan Swing phase.

Pada kondisi ini dapat diperhatikan dari gambar 4.20 bahwa yang menjadi tumpuan dari tubuh adalah keseluruhan telapak kaki kanan  $\theta_{ba} = 0$ , maka untuk menentukan posisi, kecepatan liner dan percepatan linier dari R Heel dan R Foot didapatkan perumusan yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.17, 4.18, 4.19 dan 4.20 berikut.

**Tabel 4.17** Penentuan posisi x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan swing phase

Bagian tubuh	Posisi x	Posisi y
L Heel (e)	$\vec{x}_e$	$\vec{y}_e$
L foot (f)	$\vec{x}_f = \vec{x}_e + R_{ab}$	$\vec{y}_f = \vec{y}_e$

**Tabel 4.18** Penentuan kecepatan linier x,y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan swing phase

Bagian tubuh	Kecepatan liner x	Kecepatan liner y
L Heel (e)	$\vec{v}_e$	$\vec{v}_e'$
L foot (f)	$\vec{v}_f = \vec{v}_e$	$\vec{v}_f' = [\vec{v}_e' + R_{fe} \cdot \vec{\omega}_{fe}]$

**Tabel 4.19** Penentuan percepatan linier x dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan swing phase

Bagian tubuh	Percepatan linier x
L Heel (e)	$\vec{a}_e^x$
L foot (f)	$\vec{a}_f^x = \vec{a}_e^x - R_{fe} \cdot \vec{\omega}_{fe}^2$

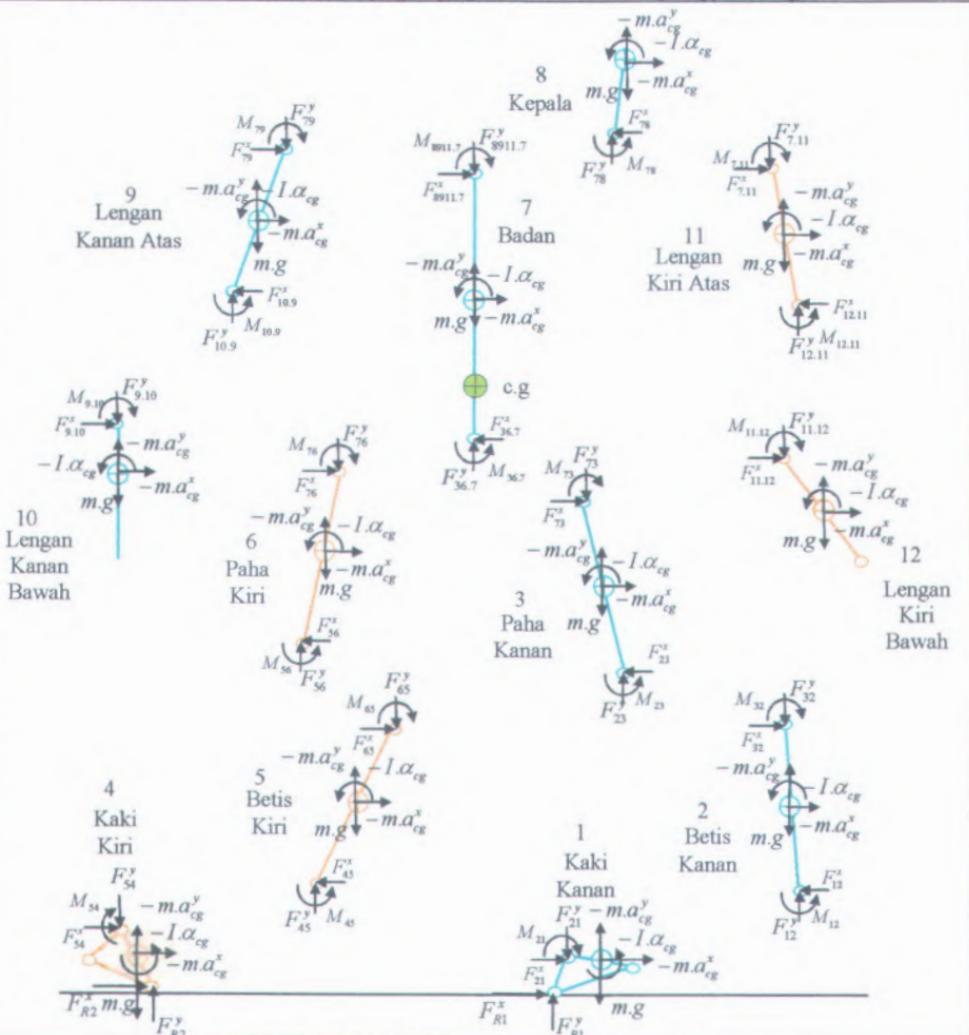
**Tabel 4.20** Penentuan percepatan linier y dari tiap bagian tubuh pada saat kaki kanan swing phase

Bagian tubuh	Percepatan linier y
L Heel (e)	$\vec{a}_e^y$
L foot (f)	$\vec{a}_f^y = \vec{a}_e^y + R_{fe} \cdot \vec{\alpha}_{fe}$

Sedangkan untuk menentukan posisi x,y ,kecepatan linier x,y dan percepatan linier x,y dari R Angkle (c), R Knee (d), Hip (i), Shoulder (j), Head (k), L Knee (h), L Angkle (g), L foot (f), L Heel (e), R Elbow (l), R wrist (m), L Elbow (n), L Wrist (o) sama seperti pada kondisi kaki kanan loading phase dan kaki kiri drive off phase.

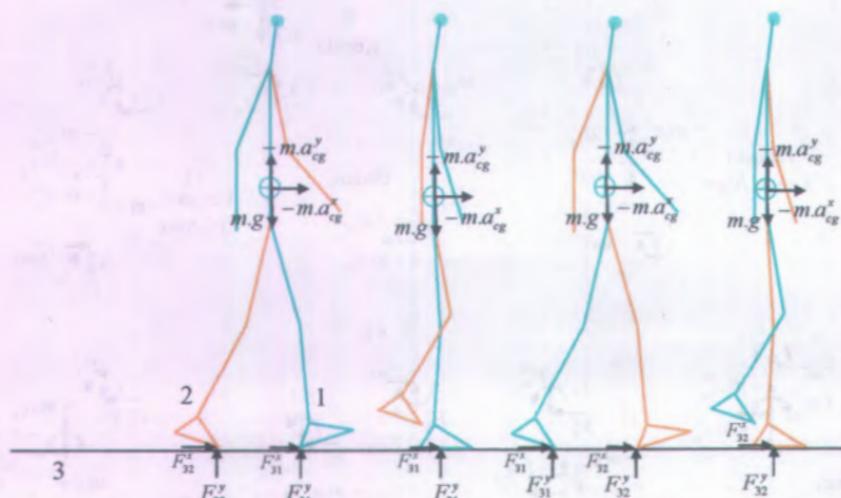
### 4.3 Perhitungan dan Analisa Gaya Reaksi permukaan pijakan kaki

Perhitungan dari gaya reaksi permukaan pijakan kaki pada manusia dapat dilakukan dengan mengetahui berat badan dari manusia tersebut, gaya inersia yang berkerja pada C.G total tubuh manusia dan gaya-gaya eksternal lainnya. Pada gambar 4.26 berikut ditunjukkan *free body diagram* dari tiap bagian tubuh manusia disertai dengan gaya-gaya dan momen yang bekerja.



Gambar 4.26 Free body diagram dari tiap bagian tubuh

Pada gambar 4.26 tersebut ditunjukkan *free body diagram* dari tiap bagian tubuh, sistem yang ditinjau adalah masing-masing bagian tubuh tersebut. Hal ini dapat berguna jika digunakan untuk mencari gaya-gaya internal pasangan gaya aksi reaksi dan momen dari tiap sambungan pada bagian tubuh. Namun jika yang ditinjau adalah sistem secara keseluruhan maka pasangan gaya aksi reaksi pada sambungan tersebut menjadi saling meniadakan. Sehingga dapat digambarkan sebagai berikut (gambar 4.27).



Kaki kanan	Loading phase	Mid stance	Drive off phase	Swing phase
Kaki kiri	Drive off phase	Swing phase	Loading phase	Mid stance
% siklus	$\pm 10\%$	$\pm 40\%$	$\pm 10\%$	$\pm 40\%$

Gambar 4.26 Mencari gaya reaksi pada pijakan kaki

Penurunan rumus untuk mengetahui gaya reaksi pijakan kaki dibedakan berdasarkan kondisi tiap fase dari kaki kanan jika diketahui data kinematik C.G total dari pengambilan data sebagai berikut.

a. *Loading Phase.*

$$F_{32n}^x + F_{31n}^x = m \cdot a_{cg,n}^x$$

$$F_{32n}^y + F_{31n}^y = m \cdot a_{cg,n}^y + m \cdot g$$

b. *Mid Stance.*

$$F_{31n}^x = m.a_{cg_n}^x$$

$$F_{31n}^y = m.a_{cg_n}^y + m.g$$

c. *Drive off Phase.*

$$F_{32n}^x + F_{31n}^x = m.a_{cg_n}^x$$

$$F_{32n}^y + F_{31n}^y = m.a_{cg_n}^y + m.g$$

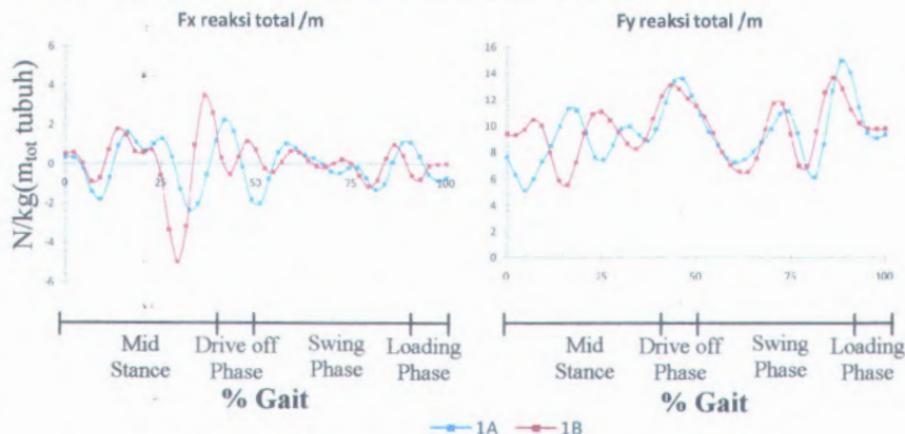
d. *Swing Phase*

$$F_{32n}^x = m.a_{cg_n}^x$$

$$F_{32n}^y = m.a_{cg_n}^y + m.g$$

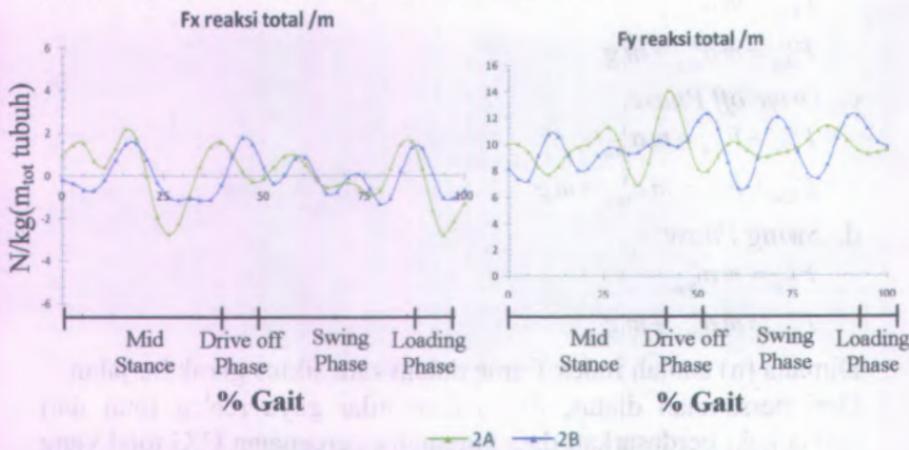
Dimana (n) adalah index frame dalam satu siklus gerak berjalan. Dari persamaan diatas, didapatkan nilai gaya reaksi total dari kedua kaki berdasarkan data kinematik percepatan C.G total yang ditampilkan dalam grafik pada gambar 4.27 berikut.

(a) Orang pertama dengan dua kali pengambilan data :



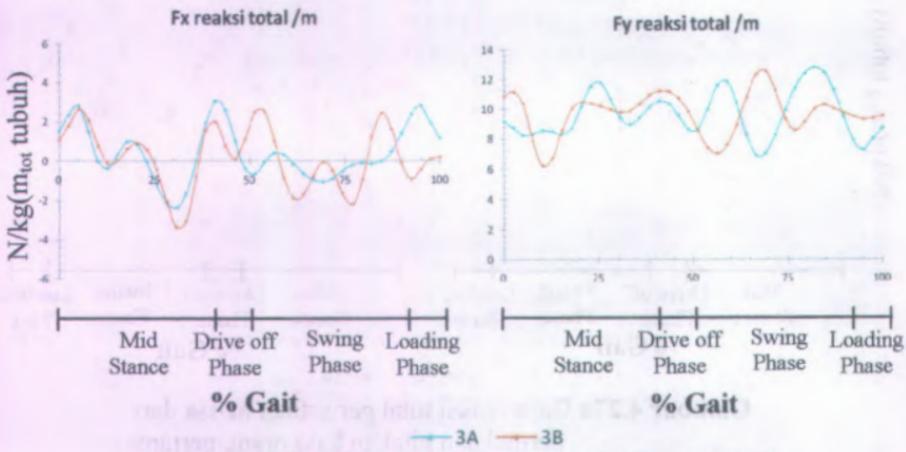
**Gambar 4.27a** Gaya reaksi total per satuan massa dari permukaan pijakan kaki orang pertama

(b) Orang kedua dengan dua kali pengambilan data



Gambar 4.27b Gaya reaksi total per satuan massa dari permukaan pijakan kaki orang kedua

(c) Orang ketiga dengan dua kali pengambilan data

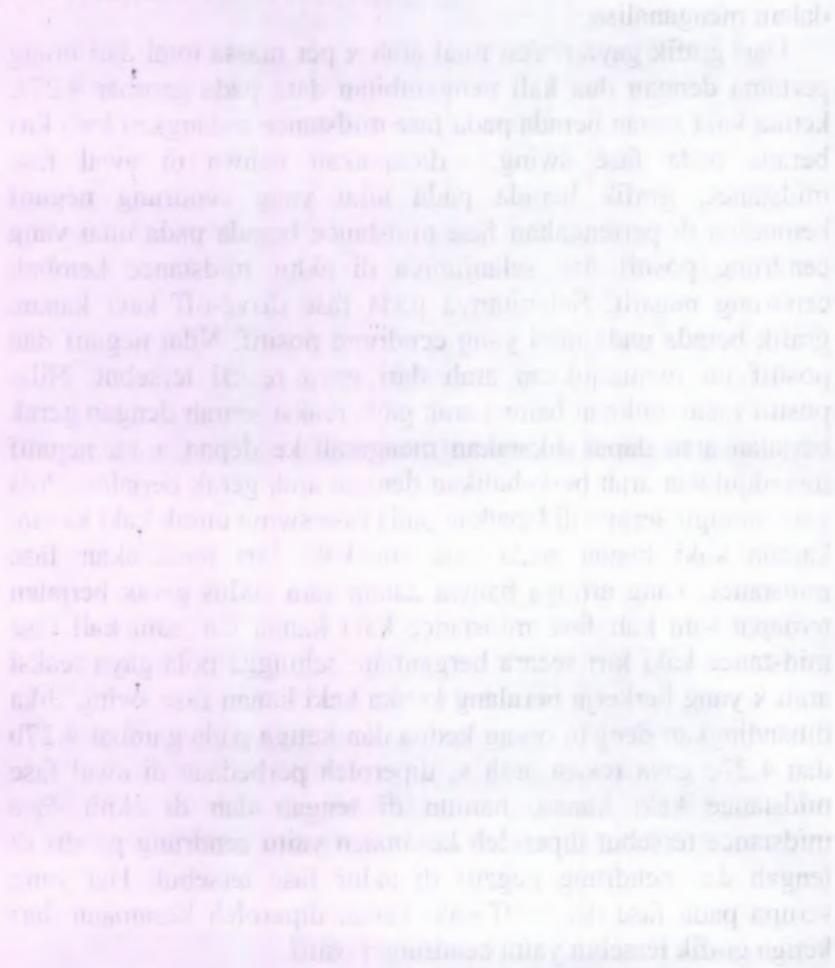


Gambar 4.27c Gaya reaksi total per satuan massa dari permukaan pijakan kaki orang ketiga

Dari gambar 4.27a.b.c ditunjukkan grafik gaya reaksi total dari permukaan pijakan yang bekerja pada kedua kaki per massa total tubuh fungsi siklus gerak berjalan yang dinyatakan dalam % Gait. Fase siklus gerak berjalan digunakan mengacu pada kaki kanan. Grafik ini ditunjukkan secara terpisah antara gaya reaksi arah x dengan gaya reaksi arah y, begitu juga pada tiap objek pengamatan (1-A,1-B,2-A,2-B,3-A,3-B) agar mempermudah dalam menganalisa.

Dari grafik gaya reaksi total arah x per massa total dari orang pertama dengan dua kali pengambilan data pada gambar 4.27a, ketika kaki kanan berada pada fase midstance sedangkan kaki kiri berada pada fase swing, didapatkan bahwa di awal fase midstance, grafik berada pada nilai yang cendrung negatif kemudian di pertengahan fase midstance berada pada nilai yang cendrung positif dan selanjutnya di akhir midstance kembali cendrung negatif. Selanjutnya pada fase drive-off kaki kanan, grafik berada pada nilai yang cendrung positif. Nilai negatif dan positif ini menunjukkan arah dari gaya reaksi tersebut. Nilai positif menunjukkan bahwa arah gaya reaksi searah dengan gerak berjalan atau dapat dikatakan mengarah ke depan, nilai negatif menunjukkan arah berkebalikan dengan arah gerak berjalan. Pola yang hampir serupa didapatkan pada fase swing untuk kaki kanan, karena kaki kanan pada fase itu kaki kiri melakukan fase midstance, yang artinya bahwa dalam satu siklus gerak berjalan terdapat satu kali fase midstance kaki kanan dan satu kali fase midstance kaki kiri secara bergantian, sehingga pola gaya reaksi arah x yang berkerja berulang ketika kaki kanan fase swing. Jika dibandingkan dengan orang kedua dan ketiga pada gambar 4.27b dan 4.27c gaya reaksi arah x, diperoleh perbedaan di awal fase midstance kaki kanan, namun di tengah dan di akhir fase midstance tersebut diperoleh kesamaan yaitu cendrung positif di tengah dan cendrung negatif di akhir fase tersebut. Hal yang serupa pada fase drive-off kaki kanan diperoleh kesamaan dari ketiga grafik tersebut yaitu cendrung positif.

Dari grafik gaya reaksi total arah y per massa total dari orang pertama, kedua dan orang ketiga dengan dua kali pengambilan data dari masing-masing orang yang ditunjukkan pada gambar 4.27a, 4.27b dan 4.27c diperoleh bahwa tren grafik fluktuatif dikisaran nilai berat tubuh per massa tubuh dan bernilai positif keseluruhan. Nilai positif menunjukkan bahwa gaya rekasi tersebut memiliki arah vertikal ke atas.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengambilan data dari tiga orang laki-laki normal dengan tinggi rata-rata 176.67m, massa rata-rata 60.33kg, dilakukan dua kali percobaan dan analisa kinematika-kinetika pola gerak berjalan manusia pada penelitian Tugas Akhir ini, maka dapat disimpulkan :

1. Jika dibandingkan sisi bagian tubuh kanan dan kiri didapatkan pola gerak yang cendrung serupa.
2. Jika dibandingkan tiap bagian tubuh keseluruhan, bagian kaki, betis dan paha memiliki pola gerak yang cendrung konsisten dibandingkan dengan badan, kepala dan lengan.
3. Jika dibandingkan dari kaki, betis, paha, badan, kepala, lengan sampai pada penentuan grafik C.G (pusat gravitasi) total, ada kecendrungan tren naik dan turun grafik semakin tereduksi dari bagian tubuh paling bawah sampai atas.
4. Kecepatan arah x pada tubuh bagian atas atau pada C.G total semakin mendekati kecepatan gerak berjalan sedangkan kecepatan arah y pada tubuh bagian atas atau C.G total cendrung sedikit fluktuatif pada kisaran nilai nol. Begitu pula pada perubahan sudut dan kecepatan sudut, pada tubuh bagian atas atau C.G total perubahan cendrung kecil jika dibandingkan dengan tubuh bagian bawah.
5. Berdasarkan hasil ini dapat dilihat bahwa pola gerak berjalan pada manusia memiliki potensi besar berupa energi kinetik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Rekomendasi diletakan pada bagian tubuh bagian bawah yaitu kaki, betis dan paha.
6. Besar dan arah gaya reaksi permukaan pijakan kaki x,y dipengaruhi oleh besar dan arah percepatan liniernya, dan semakin besar percepatan yang ditimbulkan maka gaya reaksinya yang bekerja juga semakin besar.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan analisa yang diperoleh dengan menggunakan metodologi pada Tugas Akhir ini, adapun saran-saran untuk penelitian selanjutnya dengan topik yang sama agar diperoleh hasil yang lebih baik, sebagai berikut.

1. Data kinematik berupa posisi koordinat x,y yang diperoleh dari pengambilan data berbasis video kamera didapatkan hasil yang lebih baik tergantung dari resolusi pixel dari video atau image kamera yang digunakan.
2. Pengaruh proyeksi yang timbul dari hasil rekaman video sisi samping (sagittal plane) perlu diperhatikan karena jarak pixel yang terbaca pada sisi terjauh dan terdekat didapatkan nilai berbeda. Maka pada saat kalibrasi dengan jarak sebenarnya juga perlu dibedakan.
3. Pengambilan rekaman video dari sisi samping terbatas hanya mengamati pergerakan arah samping saja, maka perlu penambahan kamera dari arah depan dan belakang jika diperlukan untuk mengamati pergerakan dari arah depan atau belakang.
4. Perlu adanya pembanding nilai gaya reaksi permukaan pijakan kaki diperoleh berdasarkan perhitungan teoritis dengan pengukuran menggunakan alat ukur sebagai validasi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Kinbrell, Jack T. 1991. **Kinematics Analysis and Synthesis.** New York : McGraw-Hill Inc.
- Peterson, Donald R., dan Bronzino, Joseph D . 2008. **Biomechanics Principles and Applications.** Boca Raton, London, New York dan Washington, D.C.: CRC Press.
- Schneck, Daniel J., dan Bronzino, Joseph D . 2003. **Biomechanics Principles and Applications.** Boca Raton, London, New York dan Washington, D.C.: CRC Press.
- Knudson, Duane. 2007. **Fundamental of Biomechanics, Second Edition** . New York : Springer.
- Bartlett, Roger. 2007. **Introduction to Sport Biomechanics Analysing Human Movement Patterns, Second Edition.** London dan New York : Routledge .
- Tozeren, Aydin . 2000. **Human Body Dynamics: Classical Mechanics and Human Movement.** Verlag, New York, Berlin dan Heidelberg: Springer.
- Klenerman, Leslie dan Wood, Bernard. 2006. **The Human Foot, A Companion to Clinical Studies.** Verlag, London : Springer.
- Garcia de Jalon, Javier dan Bayo, Eduardo . 2000. **Kinematic and Dynamic Simulation of Multibody Systems.** Verlag, London : Springer.

- L Vaughan, Christopher. , L Davis, Brian. , dan C O.Connor, Jeremy. 1999. **Dynamics of Human Gait, Second Edition.** Cape Town, South Africa: Kiboho Publishers.
- Hamill, Joseph dan Knutzen, Kathleen M. 2008. **Biomechanical Basis of Human Movement, 3rd Edition.** Washington : Lippincott Williams & Wilkins.
- Payton, Carl J. dan Barlett, Roger M. 2009. **Biomechanical Evaluation of Movement in Sport and Exercise.** USA dan Canada: Routledge.

## LAMPIRAN-LAMPIRAN

Tabel Hasil pengambilan data koordinat x,y

1A			1		2		3		4		5		6	
frame	% Time[sec]	Time[sec]	L.FOOT		L.ANKLE		L.KNEE		L.ELBOW		L.WRIST		R.WRIST	
			x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,668	0,168	0,610	0,326	0,825	0,687	0,952	1,357	1,029	1,073	0,828	1,010
1	2,33	0,033	0,673	0,203	0,647	0,382	0,885	0,690	0,970	1,358	1,027	1,072	0,877	1,036
2	4,65	0,066	0,690	0,233	0,686	0,423	0,944	0,695	0,994	1,365	1,031	1,074	0,923	1,080
3	6,98	0,099	0,724	0,255	0,729	0,445	1,002	0,702	1,020	1,376	1,043	1,078	0,969	1,080
4	9,3	0,132	0,772	0,272	0,778	0,453	1,057	0,709	1,043	1,383	1,054	1,076	1,022	1,083
5	11,6	0,165	0,832	0,282	0,833	0,453	1,108	0,714	1,057	1,380	1,062	1,067	1,085	1,074
6	14	0,198	0,903	0,282	0,893	0,446	1,156	0,716	1,066	1,373	1,070	1,054	1,151	1,065
7	16,3	0,231	0,984	0,270	0,958	0,428	1,201	0,721	1,079	1,369	1,082	1,043	1,214	1,069
8	18,6	0,264	1,075	0,250	1,028	0,399	1,244	0,731	1,098	1,374	1,098	1,042	1,269	1,087
9	20,9	0,297	1,170	0,229	1,104	0,362	1,285	0,743	1,120	1,385	1,114	1,052	1,316	1,110
10	23,3	0,330	1,268	0,213	1,186	0,325	1,321	0,752	1,142	1,396	1,129	1,069	1,360	1,128
11	25,6	0,363	1,366	0,208	1,272	0,298	1,353	0,755	1,165	1,402	1,150	1,087	1,400	1,139
12	27,9	0,396	1,462	0,212	1,360	0,283	1,379	0,750	1,194	1,404	1,182	1,100	1,437	1,144
13	30,2	0,429	1,552	0,227	1,444	0,279	1,402	0,740	1,226	1,401	1,219	1,102	1,468	1,144
14	32,6	0,462	1,629	0,251	1,520	0,284	1,426	0,730	1,258	1,395	1,253	1,094	1,494	1,141
15	34,9	0,495	1,690	0,275	1,582	0,290	1,453	0,721	1,287	1,387	1,282	1,082	1,514	1,137
16	37,2	0,528	1,733	0,289	1,625	0,292	1,483	0,712	1,314	1,376	1,309	1,072	1,529	1,132
17	39,5	0,561	1,761	0,281	1,650	0,286	1,515	0,702	1,343	1,365	1,337	1,065	1,542	1,122
18	41,9	0,594	1,779	0,254	1,662	0,275	1,546	0,692	1,375	1,356	1,370	1,058	1,553	1,105
19	44,2	0,627	1,790	0,224	1,669	0,268	1,575	0,684	1,412	1,354	1,414	1,053	1,564	1,083
20	46,5	0,660	1,795	0,203	1,677	0,268	1,600	0,682	1,458	1,357	1,469	1,052	1,573	1,065
21	48,8	0,693	1,793	0,197	1,683	0,273	1,620	0,687	1,508	1,365	1,531	1,056	1,577	1,059
22	51,2	0,726	1,787	0,198	1,686	0,278	1,636	0,695	1,553	1,376	1,588	1,062	1,577	1,061
23	53,5	0,759	1,782	0,201	1,688	0,280	1,648	0,703	1,587	1,390	1,630	1,066	1,576	1,067
24	55,8	0,792	1,781	0,202	1,689	0,278	1,657	0,705	1,611	1,409	1,659	1,069	1,578	1,070
25	58,1	0,825	1,783	0,202	1,691	0,275	1,662	0,698	1,633	1,431	1,681	1,073	1,583	1,073
26	60,5	0,858	1,783	0,202	1,691	0,276	1,666	0,683	1,656	1,450	1,707	1,080	1,591	1,077
27	62,8	0,891	1,780	0,203	1,688	0,283	1,671	0,671	1,684	1,464	1,742	1,094	1,599	1,085
28	65,1	0,924	1,778	0,206	1,685	0,291	1,680	0,669	1,714	1,472	1,785	1,115	1,607	1,095
29	67,4	0,957	1,779	0,206	1,684	0,297	1,693	0,679	1,745	1,476	1,831	1,139	1,618	1,106
30	69,8	0,990	1,782	0,200	1,688	0,294	1,706	0,690	1,773	1,477	1,876	1,159	1,632	1,113
31	72,1	1,023	1,785	0,190	1,692	0,286	1,716	0,696	1,798	1,472	1,914	1,172	1,650	1,113
32	74,4	1,056	1,788	0,183	1,694	0,279	1,725	0,696	1,820	1,464	1,945	1,180	1,669	1,105
33	76,7	1,089	1,790	0,184	1,693	0,277	1,736	0,699	1,842	1,456	1,974	1,184	1,689	1,092
34	79,1	1,122	1,790	0,189	1,694	0,278	1,749	0,706	1,866	1,453	2,002	1,186	1,712	1,080
35	81,4	1,155	1,789	0,194	1,696	0,277	1,764	0,709	1,893	1,455	2,027	1,182	1,741	1,073
36	83,7	1,188	1,788	0,194	1,700	0,274	1,778	0,702	1,920	1,455	2,050	1,172	1,775	1,070
37	86	1,221	1,789	0,192	1,702	0,273	1,793	0,690	1,946	1,447	2,071	1,157	1,811	1,069
38	88,4	1,254	1,792	0,190	1,705	0,278	1,814	0,685	1,972	1,431	2,092	1,137	1,846	1,063
39	90,7	1,287	1,792	0,191	1,711	0,294	1,847	0,690	1,996	1,412	2,109	1,116	1,881	1,053
40	93	1,320	1,789	0,195	1,725	0,320	1,892	0,701	2,019	1,400	2,115	1,098	1,918	1,046
41	95,3	1,353	1,790	0,203	1,748	0,352	1,945	0,710	2,043	1,396	2,115	1,087	1,960	1,047
42	97,7	1,386	1,799	0,218	1,778	0,384	1,999	0,716	2,071	1,401	2,116	1,085	2,005	1,058
43	100	1,419	1,816	0,238	1,812	0,414	2,053	0,717	2,103	1,410	2,124	1,089	2,053	1,076

Tabel Hasil pengambilan data koordinat x,y

1A	7		8		9		10		11		12		13	
	R.ELBOW	R.SHOULDER			R.HIP		R.KNEE		R.ANKLE		R.FOOT		R.HEAD	
frame	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0,819	1,355	0,883	1,661	0,927	1,126	1,027	0,714	1,118	0,237	1,220	0,154	1,021	1,906
1	0,866	1,362	0,918	1,688	0,960	1,125	1,052	0,718	1,110	0,243	1,216	0,167	1,047	1,929
2	0,908	1,373	0,949	1,706	0,995	1,126	1,074	0,713	1,106	0,248	1,213	0,175	1,073	1,940
3	0,946	1,383	0,975	1,714	1,029	1,131	1,090	0,701	1,108	0,253	1,213	0,178	1,101	1,941
4	0,983	1,387	0,998	1,717	1,056	1,133	1,100	0,691	1,116	0,256	1,214	0,177	1,130	1,941
5	1,021	1,382	1,020	1,721	1,072	1,129	1,107	0,689	1,125	0,259	1,217	0,175	1,159	1,946
6	1,061	1,373	1,044	1,725	1,082	1,123	1,114	0,696	1,131	0,261	1,219	0,172	1,185	1,954
7	1,098	1,368	1,071	1,729	1,095	1,124	1,122	0,705	1,131	0,263	1,217	0,169	1,208	1,955
8	1,132	1,372	1,098	1,734	1,113	1,135	1,129	0,710	1,127	0,264	1,215	0,168	1,227	1,952
9	1,164	1,381	1,124	1,740	1,134	1,152	1,136	0,708	1,123	0,264	1,215	0,168	1,247	1,948
10	1,196	1,391	1,149	1,747	1,153	1,164	1,144	0,703	1,123	0,263	1,217	0,172	1,269	1,948
11	1,230	1,401	1,174	1,751	1,175	1,167	1,154	0,696	1,124	0,264	1,218	0,177	1,293	1,949
12	1,262	1,406	1,200	1,751	1,201	1,163	1,166	0,692	1,126	0,264	1,217	0,180	1,319	1,946
13	1,291	1,402	1,227	1,747	1,231	1,157	1,178	0,690	1,126	0,260	1,214	0,177	1,347	1,939
14	1,318	1,392	1,256	1,741	1,259	1,155	1,191	0,688	1,126	0,254	1,213	0,169	1,376	1,931
15	1,346	1,382	1,285	1,733	1,282	1,154	1,205	0,687	1,125	0,250	1,215	0,161	1,405	1,926
16	1,374	1,377	1,313	1,726	1,305	1,150	1,223	0,686	1,125	0,249	1,216	0,159	1,434	1,924
17	1,400	1,376	1,340	1,722	1,334	1,142	1,247	0,687	1,127	0,251	1,215	0,161	1,466	1,923
18	1,422	1,372	1,367	1,723	1,371	1,133	1,278	0,686	1,134	0,257	1,211	0,163	1,499	1,921
19	1,440	1,366	1,399	1,726	1,413	1,127	1,315	0,683	1,145	0,271	1,207	0,162	1,533	1,917
20	1,459	1,360	1,435	1,731	1,455	1,124	1,361	0,678	1,163	0,298	1,208	0,162	1,565	1,916
21	1,482	1,360	1,475	1,736	1,491	1,123	1,417	0,675	1,188	0,338	1,213	0,174	1,594	1,920
22	1,508	1,369	1,510	1,741	1,522	1,122	1,479	0,674	1,223	0,383	1,225	0,204	1,620	1,929
23	1,530	1,385	1,536	1,745	1,553	1,124	1,542	0,678	1,267	0,422	1,251	0,245	1,644	1,937
24	1,546	1,405	1,552	1,750	1,586	1,131	1,603	0,685	1,318	0,448	1,294	0,279	1,669	1,945
25	1,557	1,425	1,566	1,756	1,622	1,140	1,659	0,694	1,376	0,456	1,355	0,296	1,696	1,953
26	1,568	1,443	1,583	1,763	1,656	1,147	1,710	0,705	1,439	0,449	1,428	0,292	1,725	1,961
27	1,583	1,456	1,607	1,769	1,683	1,150	1,757	0,719	1,506	0,428	1,511	0,273	1,754	1,965
28	1,599	1,463	1,635	1,773	1,704	1,152	1,801	0,733	1,577	0,397	1,602	0,249	1,781	1,966
29	1,617	1,463	1,664	1,772	1,722	1,155	1,841	0,744	1,653	0,358	1,697	0,224	1,805	1,965
30	1,635	1,457	1,693	1,768	1,740	1,160	1,875	0,750	1,731	0,320	1,794	0,203	1,828	1,965
31	1,655	1,452	1,721	1,763	1,757	1,167	1,904	0,754	1,813	0,290	1,892	0,192	1,851	1,966
32	1,677	1,452	1,748	1,760	1,774	1,171	1,926	0,756	1,894	0,274	1,989	0,194	1,876	1,966
33	1,700	1,455	1,774	1,759	1,794	1,172	1,943	0,757	1,972	0,271	2,081	0,210	1,904	1,962
34	1,724	1,452	1,800	1,759	1,818	1,169	1,960	0,753	2,042	0,274	2,162	0,230	1,935	1,956
35	1,749	1,437	1,825	1,756	1,845	1,160	1,980	0,742	2,099	0,277	2,223	0,246	1,965	1,949
36	1,776	1,415	1,851	1,748	1,874	1,147	2,006	0,726	2,139	0,275	2,263	0,249	1,993	1,942
37	1,806	1,396	1,877	1,737	1,905	1,135	2,034	0,712	2,165	0,270	2,285	0,241	2,019	1,935
38	1,838	1,387	1,904	1,730	1,938	1,128	2,061	0,705	2,183	0,265	2,296	0,226	2,044	1,930
39	1,873	1,385	1,933	1,732	1,975	1,129	2,087	0,702	2,195	0,263	2,303	0,208	2,073	1,929
40	1,911	1,384	1,964	1,740	2,012	1,134	2,110	0,697	2,204	0,262	2,308	0,190	2,104	1,934
41	1,948	1,384	1,995	1,749	2,048	1,138	2,129	0,692	2,210	0,261	2,311	0,178	2,135	1,941
42	1,985	1,390	2,025	1,753	2,082	1,139	2,145	0,692	2,213	0,256	2,313	0,175	2,164	1,947
43	2,022	1,402	2,053	1,754	2,114	1,138	2,158	0,698	2,214	0,249	2,314	0,181	2,190	1,950

Tabel Hasil pengambilan data koordinat x,y

1B			1		2		3		4		5		6	
frame	%	Time[sec]	L.FOOT		L.ANKLE		L.KNEE		L.ELBOW		L.WRIST		R.WRIST	
			x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,738	0,193	0,714	0,375	0,929	0,703	1,014	1,326	1,031	1,014	0,951	1,003
1	2,27	0,033	0,756	0,216	0,744	0,397	0,996	0,702	1,026	1,327	1,026	1,046	0,989	1,039
2	4,55	0,066	0,786	0,239	0,781	0,419	1,059	0,707	1,039	1,329	1,029	1,056	1,043	1,053
3	6,82	0,099	0,835	0,257	0,829	0,439	1,116	0,714	1,053	1,334	1,039	1,042	1,113	1,048
4	9,09	0,132	0,897	0,266	0,886	0,450	1,166	0,717	1,064	1,342	1,049	1,027	1,186	1,042
5	11,4	0,165	0,968	0,265	0,947	0,448	1,213	0,716	1,078	1,350	1,064	1,028	1,251	1,055
6	13,6	0,198	1,045	0,256	1,012	0,428	1,261	0,719	1,100	1,356	1,093	1,042	1,305	1,087
7	15,9	0,231	1,128	0,242	1,081	0,392	1,306	0,729	1,133	1,357	1,138	1,055	1,354	1,121
8	18,2	0,264	1,220	0,224	1,153	0,348	1,345	0,740	1,171	1,357	1,187	1,057	1,401	1,144
9	20,5	0,297	1,318	0,208	1,231	0,311	1,376	0,743	1,207	1,360	1,223	1,053	1,444	1,155
10	22,7	0,330	1,419	0,199	1,318	0,288	1,404	0,735	1,236	1,366	1,242	1,053	1,482	1,160
11	25	0,363	1,520	0,202	1,410	0,279	1,432	0,720	1,262	1,372	1,254	1,065	1,512	1,165
12	27,3	0,396	1,613	0,216	1,499	0,277	1,460	0,704	1,285	1,376	1,274	1,082	1,536	1,166
13	29,5	0,429	1,690	0,240	1,572	0,279	1,483	0,690	1,308	1,375	1,307	1,091	1,555	1,162
14	31,8	0,462	1,745	0,264	1,621	0,281	1,499	0,682	1,327	1,366	1,344	1,083	1,568	1,152
15	34,1	0,495	1,778	0,281	1,651	0,284	1,515	0,679	1,347	1,356	1,373	1,062	1,579	1,141
16	36,4	0,528	1,798	0,282	1,671	0,285	1,537	0,682	1,369	1,347	1,391	1,044	1,589	1,129
17	38,6	0,561	1,813	0,267	1,691	0,284	1,568	0,687	1,396	1,340	1,401	1,037	1,600	1,111
18	40,9	0,594	1,827	0,241	1,710	0,281	1,602	0,690	1,425	1,333	1,410	1,038	1,610	1,088
19	43,2	0,627	1,837	0,216	1,725	0,277	1,631	0,692	1,454	1,327	1,433	1,037	1,614	1,063
20	45,5	0,660	1,844	0,198	1,732	0,273	1,656	0,696	1,488	1,327	1,477	1,031	1,612	1,044
21	47,7	0,693	1,847	0,191	1,735	0,269	1,676	0,701	1,529	1,340	1,541	1,024	1,606	1,034
22	50	0,726	1,849	0,190	1,736	0,265	1,693	0,705	1,573	1,359	1,609	1,025	1,600	1,033
23	52,3	0,759	1,850	0,192	1,737	0,264	1,707	0,705	1,615	1,376	1,662	1,037	1,598	1,038
24	54,5	0,792	1,850	0,194	1,739	0,264	1,717	0,702	1,651	1,385	1,698	1,055	1,600	1,048
25	56,8	0,825	1,849	0,195	1,740	0,265	1,726	0,697	1,682	1,389	1,730	1,068	1,605	1,057
26	59,1	0,858	1,847	0,195	1,742	0,266	1,736	0,693	1,711	1,397	1,769	1,074	1,611	1,063
27	61,4	0,891	1,843	0,193	1,742	0,265	1,745	0,694	1,738	1,411	1,815	1,079	1,618	1,065
28	63,6	0,924	1,840	0,189	1,742	0,262	1,754	0,698	1,763	1,425	1,860	1,093	1,628	1,066
29	65,9	0,957	1,837	0,183	1,741	0,255	1,761	0,702	1,787	1,435	1,900	1,118	1,642	1,066
30	68,2	0,990	1,837	0,177	1,740	0,249	1,769	0,701	1,814	1,436	1,936	1,141	1,660	1,066
31	70,5	1,023	1,839	0,175	1,741	0,247	1,780	0,698	1,844	1,428	1,974	1,150	1,683	1,067
32	72,7	1,056	1,841	0,177	1,743	0,249	1,792	0,697	1,880	1,417	2,013	1,147	1,708	1,069
33	75	1,089	1,843	0,181	1,745	0,255	1,805	0,700	1,915	1,410	2,047	1,142	1,736	1,072
34	77,3	1,122	1,843	0,183	1,747	0,261	1,819	0,703	1,946	1,416	2,072	1,144	1,769	1,071
35	79,5	1,155	1,843	0,184	1,749	0,263	1,835	0,702	1,971	1,429	2,090	1,149	1,805	1,065
36	81,8	1,188	1,842	0,185	1,750	0,263	1,851	0,697	1,993	1,434	2,108	1,146	1,844	1,052
37	84,1	1,221	1,843	0,185	1,753	0,267	1,870	0,695	2,018	1,422	2,128	1,132	1,885	1,035
38	86,4	1,254	1,845	0,184	1,759	0,282	1,897	0,696	2,045	1,396	2,147	1,111	1,928	1,019
39	88,6	1,287	1,847	0,184	1,773	0,311	1,936	0,699	2,071	1,370	2,160	1,090	1,973	1,010
40	90,9	1,320	1,849	0,192	1,798	0,349	1,986	0,699	2,097	1,353	2,169	1,068	2,019	1,012
41	93,2	1,353	1,854	0,210	1,832	0,388	2,043	0,697	2,123	1,349	2,179	1,049	2,068	1,024
42	95,5	1,386	1,869	0,235	1,870	0,420	2,099	0,697	2,150	1,353	2,196	1,038	2,117	1,038
43	97,7	1,419	1,901	0,257	1,910	0,443	2,152	0,704	2,178	1,363	2,220	1,041	2,167	1,042
44	100	1,452	2,163	0,306	2,165	0,510	2,445	0,795	2,451	1,528	2,497	1,173	2,464	1,152

Tabel Hasil pengambilan data koordinat x,y

1B	7		8		9		10		11		12		13	
	R.ELBOW		R.SHOULDER		R.HIP		R.KNEE		R.ANKLE		R.FOOT		R.HEAD	
frame	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0,940	1,320	0,945	1,673	1,020	1,113	1,100	0,716	1,169	0,254	1,290	0,168	1,094	1,885
1	0,979	1,327	0,982	1,681	1,044	1,112	1,116	0,712	1,168	0,254	1,271	0,173	1,120	1,909
2	1,019	1,336	1,017	1,691	1,069	1,111	1,132	0,709	1,169	0,254	1,261	0,173	1,146	1,926
3	1,058	1,346	1,047	1,703	1,093	1,113	1,147	0,710	1,169	0,253	1,262	0,166	1,169	1,933
4	1,090	1,355	1,074	1,717	1,110	1,121	1,158	0,711	1,168	0,254	1,271	0,160	1,191	1,936
5	1,116	1,362	1,100	1,731	1,123	1,136	1,164	0,708	1,168	0,255	1,281	0,160	1,213	1,942
6	1,143	1,365	1,127	1,744	1,136	1,150	1,168	0,702	1,168	0,256	1,288	0,163	1,235	1,951
7	1,174	1,367	1,153	1,754	1,155	1,156	1,172	0,697	1,170	0,256	1,289	0,167	1,258	1,960
8	1,210	1,369	1,178	1,760	1,179	1,153	1,178	0,694	1,173	0,255	1,287	0,168	1,281	1,963
9	1,244	1,371	1,201	1,763	1,204	1,145	1,187	0,693	1,174	0,254	1,284	0,168	1,305	1,957
10	1,274	1,375	1,225	1,762	1,230	1,140	1,197	0,688	1,177	0,255	1,283	0,168	1,329	1,946
11	1,303	1,379	1,252	1,758	1,256	1,137	1,209	0,679	1,170	0,256	1,281	0,167	1,357	1,935
12	1,329	1,381	1,280	1,753	1,283	1,138	1,223	0,670	1,170	0,255	1,278	0,165	1,388	1,929
13	1,353	1,382	1,305	1,747	1,306	1,139	1,237	0,664	1,174	0,253	1,273	0,162	1,418	1,927
14	1,372	1,383	1,324	1,741	1,327	1,138	1,250	0,660	1,178	0,252	1,266	0,161	1,441	1,925
15	1,390	1,382	1,341	1,733	1,348	1,136	1,261	0,659	1,180	0,254	1,263	0,161	1,460	1,920
16	1,412	1,376	1,362	1,724	1,373	1,130	1,276	0,661	1,181	0,259	1,265	0,162	1,479	1,917
17	1,438	1,360	1,390	1,717	1,403	1,121	1,297	0,666	1,184	0,263	1,269	0,160	1,505	1,916
18	1,465	1,337	1,423	1,714	1,437	1,113	1,326	0,670	1,189	0,268	1,269	0,154	1,536	1,915
19	1,487	1,320	1,456	1,715	1,471	1,112	1,361	0,670	1,198	0,278	1,264	0,150	1,568	1,911
20	1,505	1,318	1,486	1,717	1,504	1,116	1,404	0,665	1,213	0,299	1,258	0,154	1,599	1,909
21	1,522	1,333	1,515	1,718	1,538	1,121	1,458	0,660	1,235	0,331	1,260	0,168	1,629	1,911
22	1,541	1,355	1,542	1,722	1,573	1,122	1,523	0,660	1,268	0,368	1,277	0,193	1,660	1,917
23	1,561	1,372	1,569	1,730	1,606	1,125	1,594	0,666	1,314	0,404	1,310	0,220	1,689	1,924
24	1,580	1,380	1,593	1,740	1,637	1,133	1,661	0,678	1,369	0,431	1,358	0,242	1,715	1,929
25	1,596	1,383	1,617	1,750	1,665	1,147	1,718	0,692	1,429	0,445	1,417	0,253	1,740	1,934
26	1,611	1,387	1,641	1,757	1,693	1,163	1,766	0,702	1,491	0,442	1,486	0,251	1,765	1,943
27	1,626	1,396	1,666	1,763	1,722	1,175	1,811	0,710	1,556	0,424	1,565	0,238	1,793	1,955
28	1,642	1,409	1,691	1,768	1,749	1,180	1,855	0,718	1,626	0,396	1,653	0,221	1,822	1,964
29	1,658	1,420	1,717	1,770	1,773	1,178	1,899	0,727	1,705	0,364	1,748	0,204	1,848	1,965
30	1,674	1,424	1,745	1,768	1,793	1,175	1,937	0,735	1,790	0,334	1,847	0,190	1,873	1,960
31	1,694	1,419	1,772	1,764	1,812	1,175	1,967	0,741	1,875	0,306	1,947	0,180	1,896	1,952
32	1,718	1,408	1,796	1,761	1,834	1,179	1,990	0,743	1,957	0,284	2,048	0,178	1,921	1,947
33	1,747	1,396	1,819	1,760	1,860	1,184	2,009	0,743	2,033	0,269	2,144	0,188	1,949	1,944
34	1,778	1,386	1,843	1,759	1,888	1,182	2,028	0,735	2,102	0,263	2,228	0,208	1,978	1,943
35	1,810	1,374	1,871	1,756	1,919	1,171	2,049	0,718	2,160	0,262	2,293	0,226	2,008	1,942
36	1,846	1,357	1,899	1,748	1,951	1,156	2,076	0,696	2,205	0,262	2,335	0,230	2,037	1,941
37	1,884	1,339	1,928	1,739	1,984	1,146	2,110	0,683	2,234	0,261	2,358	0,219	2,065	1,941
38	1,923	1,327	1,959	1,729	2,020	1,144	2,145	0,691	2,252	0,258	2,366	0,201	2,095	1,941
39	1,961	1,327	1,993	1,723	2,057	1,149	2,177	0,713	2,261	0,256	2,368	0,189	2,125	1,939
40	1,998	1,335	2,028	1,721	2,094	1,153	2,202	0,733	2,265	0,255	2,371	0,183	2,155	1,938
41	2,036	1,343	2,060	1,724	2,128	1,154	2,222	0,738	2,267	0,253	2,376	0,180	2,184	1,939
42	2,077	1,347	2,089	1,730	2,157	1,151	2,238	0,732	2,267	0,252	2,379	0,176	2,214	1,945
43	2,120	1,353	2,119	1,737	2,185	1,148	2,251	0,727	2,268	0,251	2,376	0,173	2,244	1,956
44	2,405	1,512	2,389	1,937	2,457	1,273	2,512	0,810	2,522	0,277	2,630	0,190	2,528	2,187

Tabel Hasil pengambilan data koordinat x,y

2A			1		2		3		4		5		6	
frame	% Time[sec]	Time[sec]	L.FOOT		L.ANKLE		L.KNEE		L.ELBOW		L.WRIST		R.WRIST	
			x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,750	0,210	0,719	0,336	0,896	0,666	1,007	1,374	1,072	1,114	0,907	1,061
1	2,63	0,033	0,757	0,215	0,753	0,357	0,959	0,674	1,032	1,383	1,065	1,084	0,954	1,060
2	5,26	0,066	0,779	0,231	0,792	0,380	1,022	0,678	1,053	1,388	1,057	1,065	1,005	1,059
3	7,89	0,099	0,824	0,255	0,840	0,400	1,083	0,678	1,068	1,387	1,052	1,059	1,059	1,061
4	10,5	0,132	0,889	0,275	0,897	0,411	1,142	0,676	1,083	1,384	1,055	1,064	1,113	1,068
5	13,2	0,165	0,968	0,281	0,962	0,407	1,196	0,676	1,101	1,381	1,070	1,069	1,166	1,079
6	15,8	0,198	1,056	0,270	1,034	0,388	1,246	0,683	1,123	1,379	1,091	1,072	1,217	1,089
7	18,4	0,231	1,153	0,249	1,114	0,358	1,289	0,693	1,146	1,377	1,113	1,074	1,269	1,096
8	21,1	0,264	1,257	0,228	1,200	0,325	1,325	0,701	1,170	1,375	1,133	1,079	1,320	1,101
9	23,7	0,297	1,363	0,219	1,289	0,298	1,354	0,700	1,195	1,373	1,153	1,089	1,368	1,107
10	26,3	0,330	1,458	0,224	1,373	0,282	1,380	0,691	1,218	1,371	1,176	1,098	1,413	1,119
11	28,9	0,363	1,534	0,239	1,445	0,277	1,403	0,677	1,241	1,369	1,201	1,101	1,455	1,132
12	31,6	0,396	1,587	0,250	1,499	0,276	1,428	0,666	1,263	1,367	1,227	1,096	1,491	1,141
13	34,2	0,429	1,620	0,247	1,531	0,272	1,454	0,662	1,288	1,364	1,254	1,085	1,522	1,142
14	36,8	0,462	1,637	0,232	1,547	0,264	1,482	0,662	1,317	1,360	1,285	1,071	1,547	1,137
15	39,5	0,495	1,644	0,214	1,556	0,255	1,511	0,664	1,354	1,355	1,326	1,061	1,568	1,130
16	42,1	0,528	1,645	0,204	1,561	0,250	1,538	0,664	1,399	1,352	1,381	1,057	1,583	1,125
17	44,7	0,561	1,642	0,204	1,564	0,250	1,561	0,663	1,451	1,351	1,444	1,058	1,594	1,120
18	47,4	0,594	1,639	0,209	1,566	0,253	1,577	0,663	1,500	1,354	1,504	1,060	1,602	1,111
19	50	0,627	1,638	0,210	1,567	0,257	1,587	0,662	1,539	1,362	1,550	1,062	1,609	1,097
20	52,6	0,660	1,638	0,206	1,565	0,258	1,592	0,661	1,568	1,372	1,588	1,066	1,615	1,080
21	55,3	0,693	1,638	0,199	1,562	0,258	1,597	0,660	1,592	1,381	1,626	1,076	1,621	1,068
22	57,9	0,726	1,636	0,194	1,558	0,258	1,604	0,661	1,618	1,389	1,672	1,090	1,626	1,066
23	60,5	0,759	1,634	0,194	1,557	0,260	1,610	0,662	1,648	1,396	1,722	1,106	1,632	1,074
24	63,2	0,792	1,635	0,199	1,561	0,263	1,615	0,659	1,681	1,403	1,768	1,122	1,638	1,084
25	65,8	0,825	1,638	0,203	1,566	0,266	1,618	0,654	1,712	1,408	1,810	1,138	1,645	1,089
26	68,4	0,858	1,642	0,202	1,570	0,268	1,622	0,652	1,738	1,410	1,849	1,152	1,655	1,088
27	71,1	0,891	1,646	0,197	1,571	0,269	1,632	0,654	1,763	1,407	1,885	1,161	1,669	1,084
28	73,7	0,924	1,649	0,193	1,572	0,271	1,650	0,660	1,791	1,402	1,918	1,163	1,688	1,078
29	76,3	0,957	1,653	0,192	1,577	0,279	1,675	0,668	1,823	1,397	1,950	1,158	1,712	1,073
30	78,9	0,990	1,657	0,194	1,585	0,295	1,708	0,676	1,857	1,392	1,981	1,149	1,739	1,067
31	81,6	1,023	1,658	0,200	1,600	0,319	1,749	0,682	1,890	1,386	2,008	1,138	1,772	1,060
32	84,2	1,056	1,656	0,209	1,622	0,347	1,797	0,684	1,921	1,382	2,026	1,124	1,810	1,055
33	86,8	1,089	1,658	0,224	1,651	0,376	1,854	0,682	1,952	1,381	2,030	1,106	1,856	1,053
34	89,5	1,122	1,675	0,245	1,691	0,401	1,918	0,681	1,982	1,378	2,024	1,087	1,908	1,052
35	92,1	1,155	1,716	0,268	1,740	0,417	1,985	0,683	2,010	1,370	2,016	1,069	1,964	1,052
36	94,7	1,188	1,781	0,285	1,799	0,422	2,050	0,689	2,030	1,359	2,013	1,058	2,025	1,055
37	97,4	1,221	1,860	0,292	1,864	0,416	2,111	0,694	2,042	1,351	2,017	1,054	2,087	1,062
38	100	1,254	1,946	0,292	1,931	0,404	2,167	0,697	2,048	1,347	2,025	1,054	2,150	1,072

Tabel Hasil pengambilan data koordinat x,y

2A	7		8		9		10		11		12		13	
	R.ELBOW		R.SHOULDER		R.HIP		R.KNEE		R.ANKLE		R.FOOT		R.HEAD	
frame	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0,926	1,371	0,965	1,699	1,007	1,114	1,077	0,627	1,089	0,216	1,167	0,179	1,077	1,920
1	0,959	1,380	0,988	1,698	1,035	1,113	1,087	0,643	1,089	0,216	1,167	0,179	1,103	1,923
2	0,991	1,384	1,013	1,699	1,064	1,114	1,096	0,655	1,089	0,216	1,167	0,179	1,128	1,923
3	1,022	1,384	1,041	1,699	1,090	1,116	1,103	0,664	1,089	0,216	1,167	0,179	1,152	1,920
4	1,055	1,380	1,072	1,698	1,109	1,118	1,112	0,668	1,089	0,216	1,167	0,179	1,177	1,915
5	1,092	1,378	1,105	1,695	1,122	1,119	1,120	0,665	1,089	0,215	1,167	0,179	1,202	1,909
6	1,130	1,379	1,137	1,691	1,135	1,120	1,125	0,658	1,089	0,215	1,167	0,181	1,228	1,906
7	1,168	1,383	1,169	1,686	1,156	1,125	1,129	0,652	1,089	0,216	1,167	0,186	1,257	1,906
8	1,203	1,384	1,202	1,681	1,180	1,129	1,133	0,653	1,089	0,218	1,167	0,192	1,288	1,907
9	1,237	1,381	1,235	1,675	1,204	1,130	1,142	0,660	1,089	0,221	1,167	0,196	1,320	1,910
10	1,270	1,376	1,267	1,671	1,223	1,128	1,154	0,668	1,089	0,225	1,167	0,193	1,354	1,915
11	1,302	1,373	1,295	1,672	1,241	1,126	1,167	0,670	1,088	0,230	1,168	0,183	1,389	1,919
12	1,331	1,373	1,321	1,677	1,263	1,125	1,181	0,670	1,088	0,239	1,167	0,173	1,421	1,920
13	1,359	1,373	1,348	1,678	1,291	1,124	1,198	0,670	1,090	0,251	1,162	0,170	1,449	1,913
14	1,387	1,369	1,376	1,670	1,326	1,119	1,223	0,669	1,096	0,268	1,155	0,176	1,472	1,898
15	1,416	1,361	1,405	1,656	1,365	1,113	1,259	0,667	1,110	0,289	1,151	0,186	1,494	1,884
16	1,444	1,353	1,433	1,645	1,407	1,109	1,307	0,662	1,131	0,313	1,153	0,196	1,519	1,881
17	1,469	1,350	1,460	1,642	1,451	1,108	1,367	0,659	1,159	0,336	1,163	0,204	1,550	1,890
18	1,493	1,351	1,484	1,647	1,491	1,109	1,436	0,658	1,196	0,359	1,186	0,214	1,585	1,906
19	1,515	1,359	1,509	1,656	1,527	1,106	1,508	0,659	1,242	0,378	1,226	0,227	1,620	1,919
20	1,535	1,373	1,533	1,664	1,560	1,101	1,576	0,659	1,299	0,392	1,286	0,240	1,648	1,922
21	1,553	1,386	1,556	1,672	1,592	1,095	1,638	0,660	1,366	0,394	1,366	0,249	1,670	1,916
22	1,569	1,396	1,580	1,680	1,626	1,091	1,692	0,665	1,442	0,384	1,457	0,249	1,690	1,909
23	1,586	1,399	1,604	1,687	1,659	1,092	1,740	0,675	1,525	0,360	1,554	0,239	1,712	1,906
24	1,607	1,400	1,628	1,693	1,689	1,096	1,783	0,686	1,613	0,329	1,655	0,223	1,741	1,910
25	1,630	1,402	1,652	1,698	1,715	1,102	1,818	0,692	1,704	0,297	1,761	0,206	1,774	1,915
26	1,653	1,404	1,678	1,699	1,739	1,108	1,849	0,688	1,796	0,270	1,866	0,196	1,807	1,918
27	1,675	1,400	1,704	1,699	1,763	1,112	1,877	0,677	1,882	0,253	1,961	0,198	1,839	1,918
28	1,700	1,393	1,732	1,698	1,792	1,113	1,906	0,663	1,954	0,246	2,037	0,206	1,870	1,911
29	1,728	1,384	1,762	1,696	1,824	1,113	1,936	0,654	2,004	0,245	2,089	0,213	1,900	1,899
30	1,759	1,377	1,794	1,690	1,858	1,111	1,968	0,654	2,031	0,246	2,118	0,211	1,930	1,886
31	1,794	1,372	1,826	1,682	1,893	1,109	1,998	0,660	2,043	0,250	2,128	0,203	1,958	1,881
32	1,833	1,368	1,861	1,674	1,928	1,108	2,026	0,664	2,049	0,255	2,128	0,196	1,986	1,887
33	1,875	1,367	1,899	1,668	1,965	1,108	2,047	0,662	2,052	0,259	2,127	0,192	2,017	1,897
34	1,918	1,367	1,937	1,668	2,001	1,110	2,061	0,658	2,056	0,256	2,131	0,190	2,051	1,904
35	1,961	1,365	1,973	1,674	2,035	1,113	2,069	0,657	2,057	0,247	2,137	0,185	2,086	1,906
36	2,003	1,360	2,007	1,683	2,060	1,115	2,074	0,661	2,055	0,241	2,143	0,181	2,118	1,908
37	2,047	1,355	2,039	1,691	2,073	1,115	2,081	0,668	2,051	0,242	2,141	0,178	2,146	1,914
38	2,093	1,352	2,070	1,698	2,079	1,113	2,089	0,676	2,045	0,250	2,133	0,178	2,171	1,923

Tabel Hasil pengambilan data koordinat x,y

2B			1		2		3		4		5		6	
frame	%	Time[sec]	LFOOT		LANKLE		LKNEE		LELBOW		LWRIST		R.WRIST	
			x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,669	0,187	0,624	0,301	0,769	0,661	0,914	1,354	1,028	1,109	0,786	1,014
1	2,63	0,033	0,666	0,200	0,640	0,327	0,822	0,662	0,944	1,354	1,028	1,090	0,835	1,029
2	5,26	0,066	0,672	0,213	0,666	0,352	0,880	0,662	0,973	1,354	1,028	1,069	0,886	1,039
3	7,89	0,099	0,694	0,227	0,705	0,375	0,943	0,662	0,998	1,355	1,031	1,054	0,938	1,044
4	10,5	0,132	0,737	0,245	0,756	0,394	1,009	0,662	1,019	1,357	1,038	1,052	0,992	1,049
5	13,2	0,165	0,798	0,262	0,815	0,406	1,072	0,663	1,037	1,360	1,045	1,061	1,047	1,054
6	15,8	0,198	0,874	0,271	0,880	0,405	1,129	0,665	1,052	1,360	1,049	1,067	1,102	1,056
7	18,4	0,231	0,962	0,266	0,952	0,389	1,181	0,670	1,066	1,357	1,053	1,063	1,158	1,057
8	21,1	0,264	1,061	0,247	1,029	0,359	1,226	0,678	1,083	1,350	1,063	1,054	1,214	1,063
9	23,7	0,297	1,169	0,223	1,113	0,322	1,264	0,688	1,107	1,345	1,083	1,050	1,267	1,076
10	26,3	0,330	1,280	0,209	1,203	0,292	1,296	0,691	1,137	1,349	1,112	1,055	1,316	1,096
11	28,9	0,363	1,388	0,211	1,294	0,275	1,323	0,685	1,170	1,364	1,145	1,066	1,362	1,114
12	31,6	0,396	1,482	0,227	1,381	0,271	1,350	0,673	1,202	1,382	1,180	1,079	1,403	1,128
13	34,2	0,429	1,553	0,243	1,454	0,270	1,376	0,663	1,230	1,390	1,213	1,091	1,441	1,135
14	36,8	0,462	1,599	0,248	1,506	0,264	1,404	0,657	1,255	1,381	1,240	1,098	1,474	1,139
15	39,5	0,495	1,623	0,238	1,536	0,254	1,433	0,654	1,279	1,364	1,263	1,097	1,502	1,141
16	42,1	0,528	1,631	0,218	1,547	0,246	1,465	0,652	1,305	1,351	1,285	1,088	1,526	1,138
17	44,7	0,561	1,634	0,201	1,550	0,241	1,498	0,652	1,335	1,345	1,313	1,074	1,549	1,128
18	47,4	0,594	1,639	0,191	1,551	0,239	1,527	0,655	1,370	1,345	1,352	1,059	1,568	1,112
19	50	0,627	1,644	0,189	1,554	0,238	1,549	0,657	1,410	1,347	1,401	1,050	1,581	1,096
20	52,6	0,660	1,648	0,189	1,560	0,237	1,563	0,658	1,454	1,350	1,455	1,048	1,586	1,081
21	55,3	0,693	1,648	0,188	1,564	0,238	1,571	0,658	1,498	1,355	1,506	1,049	1,587	1,066
22	57,9	0,726	1,646	0,188	1,565	0,239	1,578	0,658	1,539	1,359	1,554	1,051	1,586	1,054
23	60,5	0,759	1,644	0,190	1,563	0,238	1,587	0,659	1,573	1,362	1,600	1,055	1,586	1,046
24	63,2	0,792	1,645	0,195	1,561	0,236	1,596	0,657	1,600	1,366	1,648	1,065	1,587	1,043
25	65,8	0,825	1,645	0,200	1,563	0,236	1,602	0,653	1,623	1,372	1,698	1,086	1,590	1,044
26	68,4	0,858	1,643	0,201	1,564	0,239	1,606	0,649	1,647	1,380	1,747	1,114	1,596	1,046
27	71,1	0,891	1,639	0,198	1,564	0,244	1,609	0,648	1,674	1,386	1,791	1,140	1,605	1,046
28	73,7	0,924	1,637	0,194	1,562	0,247	1,614	0,647	1,704	1,390	1,828	1,157	1,620	1,044
29	76,3	0,957	1,639	0,191	1,562	0,251	1,624	0,644	1,734	1,392	1,863	1,166	1,639	1,041
30	78,9	0,990	1,642	0,191	1,564	0,258	1,637	0,642	1,762	1,390	1,898	1,169	1,660	1,038
31	81,6	1,023	1,642	0,193	1,567	0,270	1,655	0,645	1,788	1,381	1,931	1,167	1,686	1,035
32	84,2	1,056	1,640	0,195	1,572	0,285	1,680	0,654	1,815	1,366	1,961	1,160	1,716	1,033
33	86,8	1,089	1,639	0,194	1,579	0,299	1,711	0,664	1,846	1,353	1,986	1,147	1,751	1,031
34	89,5	1,122	1,642	0,192	1,592	0,313	1,749	0,667	1,882	1,349	2,006	1,127	1,789	1,028
35	92,1	1,155	1,649	0,193	1,614	0,330	1,796	0,664	1,919	1,353	2,021	1,104	1,831	1,025
36	94,7	1,188	1,661	0,204	1,646	0,351	1,851	0,661	1,955	1,361	2,033	1,082	1,878	1,025
37	97,4	1,221	1,682	0,223	1,687	0,375	1,912	0,661	1,987	1,366	2,041	1,061	1,929	1,028
38	100	1,254	1,710	0,250	1,735	0,400	1,977	0,663	2,015	1,367	2,047	1,043	1,984	1,035

Tabel Hasil pengambilan data koordinat x,y

2B	7		8		9		10		11		12		13	
	R.ELBOW		R.SHOULDER		R.HIP		R.KNEE		R.RANKLE		R.FOOT		R.HEAD	
frame	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0,811	1,338	0,847	1,617	0,897	1,101	1,003	0,655	1,037	0,243	1,104	0,176	0,973	1,893
1	0,852	1,347	0,878	1,632	0,940	1,103	1,029	0,659	1,040	0,241	1,110	0,181	1,011	1,895
2	0,890	1,349	0,908	1,638	0,977	1,106	1,051	0,663	1,045	0,237	1,118	0,181	1,047	1,898
3	0,927	1,346	0,938	1,634	1,008	1,108	1,066	0,667	1,051	0,231	1,126	0,175	1,076	1,900
4	0,962	1,346	0,968	1,630	1,032	1,110	1,073	0,669	1,054	0,224	1,134	0,168	1,099	1,902
5	0,999	1,351	0,999	1,632	1,052	1,111	1,078	0,670	1,054	0,220	1,138	0,164	1,118	1,903
6	1,038	1,358	1,032	1,642	1,070	1,112	1,082	0,670	1,051	0,222	1,137	0,163	1,139	1,907
7	1,077	1,362	1,067	1,655	1,088	1,111	1,088	0,670	1,050	0,228	1,134	0,165	1,163	1,912
8	1,114	1,361	1,103	1,666	1,108	1,109	1,096	0,667	1,051	0,236	1,130	0,169	1,189	1,917
9	1,149	1,360	1,136	1,676	1,131	1,108	1,104	0,663	1,053	0,241	1,126	0,173	1,216	1,916
10	1,180	1,363	1,163	1,681	1,156	1,107	1,109	0,658	1,053	0,242	1,123	0,176	1,246	1,908
11	1,209	1,372	1,186	1,682	1,181	1,106	1,114	0,656	1,051	0,240	1,121	0,177	1,278	1,898
12	1,237	1,383	1,209	1,677	1,205	1,105	1,121	0,656	1,051	0,238	1,119	0,174	1,308	1,891
13	1,265	1,388	1,237	1,668	1,229	1,104	1,135	0,660	1,052	0,241	1,117	0,169	1,336	1,889
14	1,294	1,382	1,268	1,657	1,254	1,105	1,156	0,665	1,057	0,250	1,115	0,167	1,363	1,890
15	1,323	1,369	1,298	1,649	1,284	1,107	1,183	0,668	1,062	0,263	1,112	0,170	1,391	1,891
16	1,351	1,357	1,327	1,644	1,318	1,110	1,214	0,666	1,070	0,278	1,111	0,175	1,422	1,891
17	1,379	1,351	1,356	1,642	1,357	1,109	1,251	0,659	1,081	0,291	1,112	0,181	1,453	1,890
18	1,406	1,350	1,386	1,641	1,398	1,102	1,297	0,652	1,099	0,307	1,117	0,189	1,485	1,890
19	1,434	1,349	1,418	1,644	1,438	1,089	1,358	0,648	1,128	0,328	1,131	0,199	1,515	1,891
20	1,461	1,346	1,449	1,651	1,474	1,076	1,428	0,649	1,168	0,353	1,161	0,212	1,544	1,893
21	1,487	1,345	1,476	1,663	1,506	1,070	1,500	0,650	1,220	0,374	1,211	0,224	1,573	1,895
22	1,513	1,348	1,502	1,673	1,535	1,074	1,566	0,652	1,285	0,388	1,280	0,234	1,601	1,898
23	1,536	1,354	1,527	1,676	1,566	1,085	1,623	0,656	1,360	0,391	1,361	0,241	1,629	1,901
24	1,556	1,360	1,551	1,670	1,600	1,093	1,672	0,665	1,443	0,383	1,450	0,242	1,657	1,903
25	1,574	1,366	1,576	1,659	1,632	1,096	1,718	0,676	1,527	0,361	1,546	0,233	1,686	1,906
26	1,592	1,370	1,601	1,650	1,659	1,098	1,759	0,686	1,611	0,326	1,649	0,214	1,716	1,909
27	1,612	1,372	1,627	1,649	1,682	1,104	1,795	0,690	1,696	0,287	1,757	0,194	1,745	1,910
28	1,634	1,372	1,654	1,654	1,704	1,112	1,827	0,689	1,783	0,257	1,861	0,185	1,770	1,906
29	1,656	1,368	1,682	1,661	1,729	1,120	1,855	0,686	1,866	0,243	1,954	0,191	1,795	1,896
30	1,679	1,361	1,711	1,666	1,758	1,124	1,880	0,684	1,938	0,242	2,029	0,203	1,822	1,883
31	1,703	1,355	1,740	1,665	1,786	1,124	1,906	0,681	1,991	0,247	2,081	0,209	1,853	1,873
32	1,731	1,351	1,769	1,658	1,816	1,120	1,934	0,676	2,023	0,250	2,112	0,203	1,887	1,868
33	1,762	1,350	1,800	1,649	1,850	1,115	1,965	0,667	2,039	0,246	2,128	0,189	1,921	1,864
34	1,796	1,351	1,831	1,644	1,889	1,109	1,995	0,658	2,048	0,240	2,135	0,178	1,955	1,861
35	1,833	1,354	1,864	1,646	1,932	1,103	2,022	0,651	2,055	0,236	2,136	0,176	1,987	1,858
36	1,873	1,355	1,896	1,650	1,972	1,098	2,043	0,649	2,060	0,236	2,135	0,179	2,018	1,863
37	1,914	1,355	1,930	1,652	2,003	1,093	2,059	0,650	2,062	0,238	2,133	0,183	2,049	1,877
38	1,955	1,354	1,963	1,650	2,027	1,088	2,073	0,652	2,061	0,240	2,131	0,184	2,079	1,900

Tabel Hasil pengambilan data koordinat x,y

3A			1		2		3		4		5		6	
frame	% Time[sec]	Time[sec]	LFOOT		LANKLE		LKNEE		LELBOW		LWRIST		RWRIST	
			x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,488	0,195	0,434	0,313	0,622	0,668	0,711	1,341	0,808	1,165	0,605	1,047
1	2,56	0,033	0,491	0,198	0,465	0,346	0,687	0,668	0,715	1,341	0,787	1,106	0,636	1,043
2	5,13	0,066	0,505	0,209	0,504	0,378	0,750	0,666	0,734	1,341	0,782	1,061	0,672	1,041
3	7,69	0,099	0,541	0,228	0,554	0,404	0,810	0,661	0,772	1,341	0,802	1,039	0,712	1,046
4	10,3	0,132	0,604	0,247	0,613	0,416	0,867	0,658	0,816	1,341	0,837	1,039	0,756	1,058
5	12,8	0,165	0,690	0,257	0,680	0,412	0,923	0,663	0,846	1,341	0,865	1,054	0,801	1,074
6	15,4	0,198	0,789	0,253	0,753	0,395	0,978	0,679	0,857	1,340	0,866	1,071	0,847	1,088
7	17,9	0,231	0,891	0,239	0,834	0,370	1,030	0,698	0,853	1,340	0,847	1,086	0,893	1,094
8	20,5	0,264	0,994	0,223	0,920	0,339	1,075	0,714	0,849	1,343	0,830	1,098	0,942	1,093
9	23,1	0,297	1,097	0,214	1,009	0,311	1,112	0,719	0,855	1,350	0,833	1,107	0,992	1,092
10	25,6	0,330	1,200	0,217	1,098	0,292	1,141	0,714	0,875	1,360	0,854	1,115	1,040	1,096
11	28,2	0,363	1,294	0,232	1,180	0,283	1,165	0,699	0,909	1,365	0,882	1,117	1,082	1,104
12	30,8	0,396	1,370	0,247	1,246	0,280	1,185	0,680	0,949	1,362	0,914	1,114	1,118	1,110
13	33,3	0,429	1,418	0,254	1,290	0,274	1,206	0,662	0,987	1,353	0,947	1,108	1,151	1,109
14	35,9	0,462	1,442	0,247	1,313	0,267	1,227	0,651	1,019	1,344	0,979	1,103	1,182	1,102
15	38,5	0,495	1,451	0,232	1,322	0,262	1,247	0,648	1,049	1,344	1,014	1,098	1,210	1,095
16	41	0,528	1,455	0,215	1,326	0,261	1,265	0,646	1,086	1,352	1,063	1,093	1,229	1,092
17	43,6	0,561	1,456	0,204	1,330	0,261	1,280	0,639	1,138	1,360	1,139	1,090	1,240	1,090
18	46,2	0,594	1,453	0,197	1,333	0,258	1,291	0,630	1,199	1,360	1,232	1,089	1,247	1,085
19	48,7	0,627	1,447	0,194	1,337	0,252	1,303	0,627	1,259	1,350	1,315	1,092	1,252	1,073
20	51,3	0,660	1,441	0,192	1,339	0,246	1,316	0,634	1,306	1,335	1,364	1,096	1,258	1,060
21	53,8	0,693	1,436	0,190	1,340	0,242	1,330	0,649	1,338	1,324	1,384	1,100	1,264	1,053
22	56,4	0,726	1,431	0,188	1,341	0,242	1,343	0,662	1,359	1,325	1,398	1,107	1,271	1,054
23	59	0,759	1,427	0,188	1,341	0,244	1,354	0,666	1,380	1,341	1,424	1,124	1,283	1,062
24	61,5	0,792	1,424	0,189	1,340	0,246	1,367	0,659	1,405	1,367	1,464	1,150	1,296	1,068
25	64,1	0,825	1,428	0,191	1,338	0,248	1,382	0,645	1,435	1,392	1,507	1,180	1,311	1,071
26	66,7	0,858	1,439	0,191	1,336	0,250	1,396	0,630	1,466	1,410	1,546	1,203	1,326	1,070
27	69,2	0,891	1,453	0,191	1,335	0,252	1,409	0,624	1,492	1,418	1,580	1,213	1,345	1,068
28	71,8	0,924	1,462	0,191	1,336	0,256	1,424	0,628	1,514	1,417	1,613	1,212	1,372	1,064
29	74,4	0,957	1,464	0,192	1,340	0,265	1,448	0,642	1,535	1,411	1,647	1,207	1,406	1,057
30	76,9	0,990	1,458	0,193	1,347	0,280	1,486	0,656	1,557	1,402	1,680	1,200	1,444	1,049
31	79,5	1,023	1,452	0,193	1,363	0,304	1,538	0,666	1,580	1,392	1,705	1,187	1,485	1,045
32	82,1	1,056	1,447	0,195	1,389	0,335	1,600	0,670	1,604	1,381	1,717	1,159	1,531	1,049
33	84,6	1,089	1,451	0,205	1,428	0,369	1,665	0,672	1,631	1,369	1,720	1,115	1,582	1,060
34	87,2	1,122	1,472	0,227	1,476	0,400	1,727	0,674	1,666	1,359	1,724	1,068	1,639	1,072
35	89,7	1,155	1,520	0,253	1,532	0,422	1,786	0,678	1,704	1,354	1,736	1,037	1,698	1,078
36	92,3	1,188	1,596	0,271	1,595	0,429	1,843	0,686	1,735	1,355	1,750	1,032	1,758	1,078
37	94,9	1,221	1,692	0,274	1,666	0,420	1,897	0,698	1,753	1,362	1,758	1,049	1,815	1,079
38	97,4	1,254	1,795	0,264	1,745	0,397	1,947	0,715	1,760	1,370	1,753	1,074	1,869	1,089
39	100	1,287	1,899	0,248	1,829	0,365	1,994	0,734	1,761	1,377	1,739	1,098	1,920	1,108



Tabel Hasil pengambilan data koordinat x,y

3A	7		8		9		10		11		12		13	
	R.ELBOW		R.SHOULDER		R.HIP		R.KNEE		R.ANKLE		R.FOOT		R.HEAD	
frame	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0,619	1,360	0,669	1,687	0,725	1,092	0,786	0,642	0,853	0,221	0,951	0,162	0,864	1,905
1	0,649	1,358	0,698	1,695	0,745	1,099	0,800	0,645	0,853	0,221	0,951	0,162	0,897	1,907
2	0,681	1,356	0,727	1,701	0,771	1,101	0,813	0,649	0,853	0,221	0,951	0,162	0,930	1,910
3	0,714	1,356	0,756	1,705	0,800	1,098	0,825	0,655	0,853	0,220	0,951	0,162	0,966	1,913
4	0,745	1,360	0,785	1,707	0,826	1,093	0,838	0,665	0,854	0,221	0,951	0,162	1,001	1,915
5	0,776	1,370	0,815	1,707	0,846	1,089	0,849	0,673	0,854	0,221	0,951	0,162	1,033	1,916
6	0,808	1,380	0,846	1,707	0,863	1,088	0,861	0,676	0,852	0,220	0,951	0,162	1,060	1,916
7	0,843	1,382	0,876	1,707	0,882	1,086	0,872	0,669	0,850	0,219	0,951	0,162	1,083	1,916
8	0,879	1,372	0,906	1,707	0,906	1,082	0,883	0,658	0,848	0,220	0,951	0,162	1,105	1,917
9	0,914	1,356	0,935	1,707	0,932	1,078	0,895	0,650	0,848	0,224	0,951	0,162	1,129	1,915
10	0,946	1,344	0,964	1,707	0,958	1,078	0,908	0,650	0,849	0,231	0,952	0,162	1,156	1,907
11	0,976	1,341	0,990	1,707	0,983	1,084	0,923	0,654	0,850	0,240	0,952	0,162	1,184	1,894
12	1,005	1,346	1,015	1,707	1,008	1,095	0,940	0,656	0,851	0,246	0,951	0,162	1,212	1,878
13	1,036	1,354	1,039	1,707	1,036	1,105	0,963	0,656	0,852	0,253	0,947	0,162	1,238	1,864
14	1,069	1,360	1,063	1,707	1,065	1,111	0,992	0,656	0,857	0,265	0,942	0,161	1,263	1,856
15	1,100	1,364	1,090	1,706	1,097	1,112	1,031	0,656	0,867	0,282	0,936	0,160	1,285	1,855
16	1,129	1,362	1,120	1,706	1,132	1,110	1,082	0,657	0,884	0,305	0,932	0,160	1,306	1,858
17	1,153	1,358	1,152	1,707	1,173	1,106	1,144	0,657	0,910	0,333	0,936	0,170	1,330	1,862
18	1,175	1,353	1,181	1,709	1,218	1,100	1,211	0,654	0,951	0,364	0,952	0,195	1,359	1,868
19	1,195	1,352	1,207	1,712	1,264	1,091	1,278	0,652	1,006	0,392	0,990	0,233	1,394	1,876
20	1,214	1,355	1,229	1,712	1,304	1,082	1,339	0,655	1,073	0,409	1,053	0,266	1,431	1,884
21	1,234	1,361	1,251	1,710	1,338	1,074	1,397	0,666	1,145	0,410	1,141	0,276	1,466	1,889
22	1,253	1,366	1,276	1,710	1,368	1,073	1,455	0,687	1,222	0,393	1,244	0,261	1,498	1,890
23	1,274	1,369	1,304	1,715	1,394	1,080	1,510	0,709	1,305	0,364	1,356	0,233	1,528	1,886
24	1,296	1,369	1,334	1,726	1,419	1,092	1,556	0,727	1,394	0,330	1,468	0,210	1,557	1,880
25	1,319	1,371	1,364	1,738	1,441	1,104	1,589	0,735	1,488	0,298	1,575	0,202	1,586	1,875
26	1,344	1,375	1,394	1,748	1,463	1,111	1,612	0,731	1,580	0,273	1,672	0,205	1,615	1,871
27	1,371	1,376	1,424	1,752	1,489	1,110	1,633	0,713	1,660	0,257	1,751	0,209	1,644	1,870
28	1,401	1,373	1,453	1,750	1,519	1,103	1,656	0,687	1,720	0,250	1,809	0,207	1,673	1,870
29	1,433	1,364	1,483	1,744	1,554	1,093	1,680	0,661	1,758	0,249	1,844	0,199	1,703	1,871
30	1,467	1,353	1,513	1,734	1,593	1,083	1,705	0,646	1,777	0,251	1,866	0,190	1,733	1,873
31	1,503	1,347	1,542	1,725	1,633	1,076	1,728	0,645	1,784	0,251	1,882	0,184	1,762	1,874
32	1,540	1,348	1,572	1,719	1,670	1,075	1,747	0,652	1,786	0,247	1,896	0,181	1,792	1,875
33	1,578	1,356	1,602	1,714	1,703	1,081	1,763	0,660	1,787	0,241	1,903	0,181	1,822	1,876
34	1,615	1,364	1,634	1,713	1,729	1,093	1,777	0,668	1,788	0,237	1,898	0,180	1,852	1,878
35	1,656	1,364	1,667	1,714	1,749	1,108	1,790	0,677	1,789	0,238	1,887	0,181	1,880	1,882
36	1,699	1,357	1,701	1,717	1,766	1,122	1,803	0,690	1,791	0,243	1,879	0,181	1,908	1,887
37	1,743	1,349	1,738	1,721	1,784	1,131	1,816	0,704	1,792	0,250	1,879	0,181	1,938	1,894
38	1,782	1,351	1,779	1,724	1,807	1,134	1,828	0,716	1,793	0,259	1,885	0,180	1,970	1,899
39	1,817	1,363	1,824	1,725	1,834	1,134	1,839	0,726	1,795	0,267	1,892	0,177	2,003	1,903

Tabel Hasil pengambilan data koordinat x,y

38			1		2		3		4		5		6	
frame	%	Time[sec]	LFOOT		LANKLE		LKNEE		L.ELBOW		L.WRIST		R.WRIST	
			x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,486	0,180	0,433	0,320	0,631	0,664	0,739	1,370	0,839	1,150	0,628	1,014
1	2,56	0,033	0,492	0,193	0,473	0,354	0,688	0,660	0,761	1,361	0,850	1,153	0,658	1,013
2	5,13	0,066	0,510	0,215	0,518	0,386	0,750	0,654	0,783	1,353	0,860	1,139	0,690	1,019
3	7,69	0,099	0,549	0,242	0,570	0,408	0,814	0,650	0,807	1,345	0,869	1,107	0,726	1,031
4	10,3	0,132	0,616	0,262	0,629	0,413	0,876	0,650	0,830	1,337	0,880	1,069	0,763	1,043
5	12,8	0,165	0,707	0,262	0,693	0,396	0,934	0,660	0,851	1,328	0,892	1,045	0,802	1,048
6	15,4	0,198	0,811	0,247	0,765	0,367	0,987	0,678	0,868	1,320	0,902	1,039	0,843	1,047
7	17,9	0,231	0,918	0,228	0,845	0,340	1,035	0,698	0,881	1,312	0,906	1,041	0,886	1,047
8	20,5	0,264	1,025	0,218	0,934	0,320	1,075	0,713	0,890	1,305	0,901	1,041	0,929	1,053
9	23,1	0,297	1,131	0,219	1,027	0,307	1,108	0,721	0,896	1,298	0,892	1,036	0,973	1,063
10	25,6	0,330	1,233	0,230	1,120	0,296	1,133	0,717	0,901	1,291	0,887	1,036	1,016	1,072
11	28,2	0,363	1,325	0,245	1,202	0,286	1,155	0,704	0,913	1,286	0,894	1,047	1,058	1,075
12	30,8	0,396	1,394	0,259	1,266	0,276	1,177	0,685	0,936	1,285	0,912	1,064	1,097	1,074
13	33,3	0,429	1,434	0,263	1,305	0,266	1,199	0,664	0,964	1,288	0,939	1,076	1,131	1,074
14	35,9	0,462	1,449	0,251	1,323	0,257	1,220	0,648	0,993	1,295	0,969	1,077	1,161	1,074
15	38,5	0,495	1,451	0,229	1,327	0,251	1,240	0,639	1,020	1,305	1,002	1,068	1,189	1,070
16	41	0,528	1,452	0,207	1,330	0,247	1,258	0,636	1,050	1,314	1,036	1,056	1,212	1,065
17	43,6	0,561	1,455	0,193	1,336	0,244	1,275	0,632	1,088	1,320	1,074	1,047	1,230	1,060
18	46,2	0,594	1,457	0,191	1,343	0,241	1,291	0,626	1,133	1,323	1,117	1,043	1,243	1,059
19	48,7	0,627	1,456	0,193	1,346	0,239	1,305	0,622	1,182	1,323	1,171	1,045	1,257	1,058
20	51,3	0,660	1,452	0,195	1,344	0,240	1,318	0,627	1,228	1,323	1,234	1,049	1,275	1,053
21	53,8	0,693	1,446	0,194	1,338	0,244	1,331	0,639	1,269	1,322	1,301	1,053	1,296	1,044
22	56,4	0,726	1,441	0,193	1,336	0,248	1,345	0,649	1,306	1,321	1,363	1,056	1,315	1,037
23	59	0,759	1,437	0,192	1,338	0,250	1,358	0,650	1,343	1,322	1,417	1,062	1,329	1,034
24	61,5	0,792	1,438	0,191	1,343	0,249	1,370	0,642	1,382	1,328	1,464	1,076	1,340	1,035
25	64,1	0,825	1,444	0,190	1,347	0,248	1,384	0,633	1,418	1,340	1,507	1,101	1,355	1,034
26	66,7	0,858	1,454	0,188	1,346	0,248	1,400	0,634	1,450	1,357	1,547	1,134	1,376	1,031
27	69,2	0,891	1,461	0,187	1,343	0,250	1,417	0,644	1,477	1,373	1,584	1,165	1,402	1,028
28	71,8	0,924	1,462	0,188	1,340	0,252	1,435	0,656	1,507	1,382	1,619	1,185	1,429	1,024
29	74,4	0,957	1,455	0,191	1,341	0,253	1,453	0,663	1,544	1,383	1,654	1,193	1,455	1,018
30	76,9	0,990	1,446	0,196	1,345	0,256	1,471	0,662	1,583	1,377	1,688	1,195	1,483	1,010
31	79,5	1,023	1,443	0,198	1,351	0,266	1,495	0,658	1,615	1,368	1,718	1,195	1,513	1,004
32	82,1	1,056	1,447	0,196	1,361	0,287	1,531	0,659	1,634	1,356	1,740	1,190	1,545	1,006
33	84,6	1,089	1,454	0,192	1,382	0,317	1,582	0,665	1,646	1,343	1,755	1,171	1,577	1,016
34	87,2	1,122	1,460	0,194	1,414	0,350	1,642	0,671	1,660	1,331	1,765	1,134	1,611	1,028
35	89,7	1,155	1,472	0,208	1,457	0,383	1,705	0,673	1,683	1,322	1,771	1,088	1,649	1,037
36	92,3	1,188	1,501	0,231	1,508	0,409	1,764	0,670	1,714	1,318	1,774	1,050	1,692	1,041
37	94,9	1,221	1,556	0,252	1,565	0,422	1,819	0,669	1,744	1,316	1,775	1,030	1,741	1,039
38	97,4	1,254	1,637	0,263	1,628	0,417	1,873	0,677	1,768	1,315	1,776	1,028	1,794	1,036
39	100	1,287	1,734	0,264	1,695	0,398	1,926	0,691	1,786	1,313	1,777	1,036	1,848	1,034

Tabel Hasil pengambilan data koordinat x,y

3B	7		8		9		10		11		12		13	
	R.ELBOW	R.SHOULDER	R.HIP	R.KNEE	R.ANKLE	R.FOOT	R.HEAD	x	y	x	y	x	y	x
0	0,617	1,317	0,631	1,678	0,714	1,111	0,770	0,645	0,842	0,214	0,942	0,161	0,834	1,912
1	0,644	1,320	0,658	1,690	0,735	1,105	0,782	0,652	0,841	0,208	0,936	0,161	0,869	1,908
2	0,672	1,324	0,686	1,698	0,759	1,108	0,797	0,652	0,839	0,208	0,929	0,164	0,906	1,905
3	0,703	1,328	0,718	1,703	0,784	1,120	0,814	0,643	0,833	0,213	0,922	0,170	0,944	1,903
4	0,736	1,332	0,754	1,707	0,808	1,131	0,829	0,632	0,827	0,220	0,919	0,176	0,977	1,903
5	0,770	1,333	0,791	1,710	0,830	1,132	0,840	0,629	0,823	0,224	0,920	0,178	1,001	1,904
6	0,805	1,332	0,825	1,714	0,848	1,127	0,849	0,639	0,825	0,224	0,927	0,174	1,019	1,903
7	0,838	1,330	0,855	1,716	0,868	1,121	0,859	0,655	0,832	0,222	0,934	0,166	1,036	1,897
8	0,871	1,326	0,881	1,717	0,892	1,116	0,875	0,666	0,838	0,221	0,938	0,160	1,060	1,890
9	0,904	1,320	0,907	1,717	0,921	1,111	0,893	0,667	0,839	0,222	0,938	0,160	1,089	1,885
10	0,936	1,315	0,936	1,717	0,951	1,107	0,909	0,663	0,839	0,221	0,936	0,167	1,123	1,883
11	0,965	1,314	0,969	1,717	0,980	1,104	0,923	0,659	0,840	0,219	0,937	0,174	1,157	1,880
12	0,993	1,318	1,001	1,717	1,008	1,102	0,937	0,657	0,844	0,218	0,942	0,176	1,189	1,874
13	1,018	1,325	1,032	1,719	1,036	1,101	0,955	0,658	0,849	0,225	0,946	0,171	1,216	1,864
14	1,044	1,329	1,059	1,719	1,066	1,101	0,978	0,658	0,852	0,241	0,947	0,164	1,241	1,855
15	1,070	1,328	1,086	1,714	1,098	1,105	1,009	0,657	0,855	0,263	0,945	0,160	1,265	1,852
16	1,099	1,320	1,116	1,706	1,134	1,114	1,048	0,656	0,863	0,287	0,941	0,161	1,290	1,855
17	1,130	1,310	1,147	1,697	1,171	1,126	1,099	0,656	0,883	0,312	0,938	0,169	1,318	1,863
18	1,162	1,299	1,175	1,693	1,207	1,133	1,158	0,656	0,918	0,339	0,940	0,185	1,346	1,873
19	1,190	1,290	1,199	1,697	1,241	1,132	1,222	0,655	0,965	0,368	0,955	0,208	1,373	1,882
20	1,213	1,288	1,222	1,707	1,274	1,126	1,285	0,653	1,021	0,392	0,996	0,229	1,399	1,891
21	1,233	1,295	1,248	1,717	1,310	1,118	1,347	0,652	1,085	0,402	1,065	0,240	1,425	1,902
22	1,253	1,309	1,277	1,719	1,349	1,113	1,408	0,659	1,154	0,398	1,156	0,239	1,453	1,911
23	1,277	1,324	1,306	1,716	1,386	1,109	1,467	0,674	1,231	0,381	1,259	0,230	1,483	1,915
24	1,304	1,332	1,331	1,712	1,419	1,105	1,522	0,694	1,315	0,355	1,364	0,216	1,512	1,908
25	1,330	1,331	1,353	1,712	1,446	1,097	1,567	0,711	1,406	0,325	1,472	0,200	1,539	1,892
26	1,354	1,323	1,374	1,716	1,469	1,088	1,602	0,719	1,501	0,295	1,579	0,188	1,564	1,875
27	1,377	1,316	1,398	1,721	1,490	1,085	1,628	0,714	1,592	0,268	1,679	0,187	1,589	1,865
28	1,400	1,312	1,428	1,724	1,514	1,090	1,648	0,700	1,671	0,250	1,763	0,196	1,616	1,864
29	1,428	1,309	1,460	1,724	1,542	1,102	1,667	0,683	1,731	0,240	1,823	0,208	1,645	1,870
30	1,460	1,305	1,493	1,721	1,573	1,114	1,685	0,667	1,768	0,235	1,859	0,211	1,677	1,881
31	1,494	1,302	1,523	1,716	1,600	1,121	1,704	0,657	1,788	0,234	1,879	0,205	1,709	1,890
32	1,528	1,300	1,552	1,712	1,625	1,123	1,723	0,653	1,799	0,235	1,895	0,194	1,742	1,896
33	1,564	1,301	1,582	1,710	1,652	1,122	1,741	0,651	1,806	0,236	1,911	0,185	1,774	1,895
34	1,598	1,305	1,614	1,712	1,685	1,120	1,755	0,650	1,813	0,236	1,923	0,180	1,808	1,889
35	1,632	1,313	1,648	1,715	1,719	1,115	1,766	0,650	1,819	0,236	1,930	0,177	1,841	1,881
36	1,665	1,322	1,682	1,719	1,750	1,109	1,777	0,652	1,823	0,237	1,932	0,176	1,872	1,874
37	1,700	1,327	1,713	1,721	1,774	1,103	1,787	0,657	1,825	0,238	1,931	0,177	1,901	1,872
38	1,741	1,322	1,740	1,724	1,794	1,101	1,797	0,662	1,826	0,240	1,927	0,179	1,927	1,874
39	1,786	1,310	1,767	1,727	1,815	1,100	1,806	0,669	1,825	0,241	1,922	0,181	1,951	1,877

Tabel Koordinat c.g (pusat gravitasi) tiap bagian tubuh

1A			1		2		3		4		5		6	
frame	%	Time[sec]	c.g kaki (R)	c.g betis (R)	c.g paha (R)	c.g kaki (L)	c.g betis (L)	c.g paha (L)	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	1,169	0,196	1,066	0,508	0,970	0,948	0,639	0,247	0,732	0,530	0,883	0,936
1	2,326	0,033	1,163	0,205	1,077	0,512	1,000	0,949	0,660	0,292	0,782	0,556	0,927	0,936
2	4,651	0,066	1,160	0,212	1,088	0,512	1,029	0,947	0,688	0,328	0,833	0,577	0,973	0,940
3	6,977	0,099	1,160	0,215	1,098	0,507	1,056	0,945	0,727	0,350	0,884	0,591	1,018	0,945
4	9,302	0,132	1,165	0,217	1,107	0,503	1,075	0,941	0,775	0,363	0,936	0,598	1,057	0,949
5	11,63	0,165	1,171	0,217	1,115	0,503	1,087	0,939	0,833	0,368	0,989	0,601	1,088	0,949
6	13,95	0,198	1,175	0,217	1,122	0,508	1,096	0,938	0,898	0,364	1,042	0,599	1,114	0,947
7	16,28	0,231	1,174	0,216	1,126	0,514	1,106	0,942	0,971	0,349	1,096	0,594	1,141	0,949
8	18,6	0,264	1,171	0,216	1,128	0,517	1,120	0,951	0,102	0,325	1,151	0,587	1,170	0,960
9	20,93	0,297	1,169	0,216	1,131	0,516	1,135	0,960	1,137	0,296	1,207	0,578	1,199	0,975
10	23,26	0,330	1,170	0,218	1,135	0,512	1,149	0,964	1,227	0,269	1,263	0,568	1,226	0,986
11	25,58	0,363	1,171	0,221	1,141	0,509	1,166	0,963	1,319	0,253	1,318	0,557	1,252	0,988
12	27,91	0,396	1,172	0,222	1,149	0,507	1,186	0,959	1,411	0,247	1,371	0,547	1,278	0,984
13	30,23	0,429	1,170	0,218	1,156	0,504	1,208	0,955	1,498	0,253	1,420	0,541	1,305	0,977
14	32,56	0,462	1,170	0,212	1,163	0,500	1,229	0,953	1,573	0,267	1,467	0,537	1,331	0,971
15	34,88	0,495	1,170	0,206	1,170	0,498	1,249	0,952	1,636	0,283	1,509	0,534	1,356	0,966
16	37,21	0,528	1,170	0,204	1,181	0,497	1,270	0,949	1,679	0,290	1,545	0,530	1,382	0,960
17	39,53	0,561	1,171	0,206	1,195	0,498	1,296	0,945	1,705	0,283	1,573	0,522	1,412	0,952
18	41,86	0,594	1,172	0,210	1,215	0,500	1,330	0,940	1,720	0,265	1,596	0,511	1,446	0,942
19	44,19	0,627	1,176	0,216	1,242	0,505	1,370	0,935	1,730	0,246	1,616	0,503	1,483	0,935
20	46,51	0,660	1,185	0,230	1,276	0,514	1,414	0,931	1,736	0,236	1,633	0,503	1,517	0,933
21	48,84	0,693	1,200	0,256	1,318	0,529	1,459	0,929	1,738	0,235	1,647	0,508	1,547	0,934
22	51,16	0,726	1,224	0,294	1,368	0,548	1,504	0,928	1,737	0,238	1,658	0,515	1,571	0,937
23	53,49	0,759	1,259	0,333	1,423	0,567	1,548	0,931	1,735	0,240	1,665	0,520	1,594	0,942
24	55,81	0,792	1,306	0,363	1,480	0,582	1,594	0,938	1,735	0,240	1,671	0,520	1,617	0,946
25	58,14	0,825	1,365	0,376	1,536	0,591	1,638	0,947	1,737	0,239	1,675	0,515	1,640	0,948
26	60,47	0,858	1,433	0,370	1,592	0,594	1,679	0,956	1,737	0,239	1,677	0,507	1,660	0,946
27	62,79	0,891	1,509	0,351	1,648	0,593	1,715	0,964	1,734	0,243	1,678	0,503	1,678	0,943
28	65,11	0,924	1,589	0,323	1,704	0,588	1,746	0,971	1,731	0,249	1,682	0,506	1,694	0,943
29	67,44	0,957	1,675	0,291	1,759	0,577	1,773	0,977	1,731	0,252	1,689	0,513	1,710	0,949
30	69,77	0,990	1,763	0,262	1,813	0,564	1,798	0,983	1,735	0,247	1,696	0,519	1,725	0,957
31	72,09	1,023	1,852	0,241	1,864	0,553	1,821	0,988	1,739	0,238	1,706	0,518	1,739	0,963
32	74,42	1,056	1,941	0,234	1,912	0,547	1,840	0,992	1,741	0,231	1,712	0,515	1,753	0,966
33	76,74	1,089	2,027	0,240	1,956	0,547	1,859	0,993	1,741	0,230	1,717	0,516	1,769	0,968
34	79,07	1,122	2,102	0,252	1,996	0,546	1,879	0,989	1,742	0,233	1,725	0,520	1,788	0,968
35	81,4	1,155	2,161	0,262	2,032	0,541	1,904	0,979	1,743	0,235	1,735	0,522	1,810	0,965
36	83,72	1,188	2,201	0,262	2,063	0,531	1,931	0,965	1,744	0,234	1,744	0,517	1,833	0,954
37	86,05	1,221	2,225	0,256	2,090	0,521	1,961	0,952	1,746	0,232	1,754	0,509	1,857	0,942
38	88,37	1,254	2,240	0,246	2,114	0,515	1,992	0,945	1,748	0,234	1,767	0,508	1,885	0,936
39	90,7	1,287	2,249	0,236	2,134	0,512	2,023	0,944	1,751	0,242	1,788	0,518	1,920	0,939
40	93,02	1,320	2,256	0,226	2,151	0,509	2,054	0,945	1,757	0,257	1,820	0,536	1,960	0,946
41	95,35	1,353	2,261	0,219	2,164	0,505	2,083	0,945	1,769	0,278	1,860	0,555	2,004	0,953
42	97,67	1,386	2,263	0,216	2,174	0,503	2,109	0,945	1,788	0,301	1,903	0,572	2,046	0,956
43	100	1,419	2,264	0,215	2,183	0,504	2,133	0,948	1,814	0,326	1,949	0,586	2,087	0,956

Tabel Koordinat c.g (pusat gravitasi) tiap bagian tubuh

1A			7		8		9		10		11		12	
frame	%	Time[sec]	c.g badan		c.g kepala		c.g lenganA(R)		c.g lenganB(R)		c.g lenganA(L)		c.g lenganB(L)	
			x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,905	1,393	1,021	1,906	0,855	1,527	0,823	1,206	0,913	1,529	0,985	1,235
1	2,326	0,033	0,939	1,406	1,047	1,929	0,895	1,546	0,871	1,222	0,941	1,544	0,995	1,235
2	4,651	0,066	0,972	1,416	1,073	1,940	0,931	1,561	0,915	1,239	0,968	1,557	1,010	1,240
3	6,977	0,099	1,002	1,422	1,101	1,941	0,963	1,570	0,956	1,253	0,995	1,567	1,030	1,248
4	9,302	0,132	1,027	1,425	1,130	1,941	0,992	1,573	1,000	1,256	1,018	1,572	1,048	1,251
5	11,63	0,165	1,046	1,425	1,159	1,946	1,021	1,573	1,049	1,249	1,037	1,573	1,059	1,246
6	13,95	0,198	1,063	1,424	1,184	1,954	1,052	1,572	1,100	1,240	1,054	1,572	1,068	1,236
7	16,28	0,231	1,083	1,426	1,208	1,955	1,083	1,572	1,148	1,239	1,074	1,572	1,080	1,229
8	18,6	0,264	1,105	1,434	1,227	1,952	1,113	1,576	1,191	1,249	1,098	1,577	1,098	1,232
9	20,93	0,297	1,129	1,446	1,247	1,948	1,141	1,583	1,229	1,264	1,122	1,585	1,117	1,242
10	23,26	0,330	1,151	1,456	1,269	1,948	1,170	1,592	1,267	1,278	1,146	1,594	1,136	1,255
11	25,58	0,363	1,174	1,459	1,293	1,949	1,198	1,598	1,303	1,288	1,170	1,599	1,159	1,267
12	27,91	0,396	1,200	1,457	1,319	1,946	1,227	1,600	1,337	1,293	1,197	1,599	1,189	1,273
13	30,23	0,429	1,229	1,452	1,347	1,939	1,255	1,597	1,367	1,291	1,227	1,596	1,223	1,272
14	32,56	0,462	1,257	1,448	1,376	1,931	1,283	1,589	1,394	1,284	1,257	1,590	1,256	1,266
15	34,88	0,495	1,284	1,443	1,405	1,926	1,311	1,580	1,418	1,276	1,286	1,582	1,285	1,256
16	37,21	0,528	1,309	1,438	1,434	1,924	1,340	1,574	1,441	1,271	1,314	1,574	1,312	1,245
17	39,53	0,561	1,337	1,432	1,466	1,923	1,366	1,571	1,461	1,267	1,341	1,566	1,340	1,236
18	41,86	0,594	1,369	1,428	1,499	1,921	1,391	1,570	1,478	1,257	1,370	1,563	1,373	1,228
19	44,19	0,627	1,406	1,426	1,533	1,917	1,417	1,569	1,494	1,244	1,405	1,564	1,413	1,224
20	46,51	0,660	1,445	1,427	1,565	1,916	1,446	1,569	1,508	1,233	1,445	1,568	1,463	1,226
21	48,84	0,693	1,483	1,429	1,594	1,920	1,478	1,572	1,523	1,231	1,489	1,574	1,518	1,232
22	51,16	0,726	1,516	1,432	1,620	1,929	1,509	1,579	1,538	1,237	1,529	1,582	1,568	1,241
23	53,49	0,759	1,544	1,435	1,644	1,937	1,533	1,588	1,550	1,248	1,558	1,590	1,605	1,251
24	55,81	0,792	1,569	1,440	1,669	1,945	1,549	1,599	1,560	1,261	1,578	1,601	1,632	1,263
25	58,14	0,825	1,594	1,448	1,696	1,953	1,562	1,612	1,568	1,273	1,595	1,614	1,653	1,277
26	60,47	0,858	1,620	1,455	1,725	1,961	1,577	1,623	1,578	1,286	1,615	1,627	1,678	1,291
27	62,79	0,891	1,645	1,460	1,754	1,965	1,596	1,633	1,590	1,297	1,640	1,636	1,709	1,305
28	65,12	0,924	1,669	1,462	1,781	1,966	1,619	1,638	1,603	1,305	1,669	1,642	1,745	1,319
29	67,44	0,957	1,693	1,463	1,805	1,965	1,644	1,637	1,617	1,309	1,699	1,643	1,782	1,331
30	69,77	0,990	1,717	1,464	1,828	1,965	1,668	1,633	1,634	1,309	1,728	1,641	1,817	1,340
31	72,09	1,023	1,739	1,465	1,851	1,966	1,692	1,628	1,653	1,306	1,755	1,636	1,848	1,343
32	74,42	1,056	1,761	1,465	1,876	1,966	1,717	1,626	1,674	1,303	1,780	1,631	1,874	1,342
33	76,74	1,089	1,784	1,465	1,904	1,962	1,742	1,626	1,695	1,299	1,804	1,627	1,899	1,339
34	79,07	1,122	1,809	1,464	1,935	1,956	1,767	1,625	1,719	1,292	1,829	1,626	1,925	1,338
35	81,4	1,155	1,835	1,458	1,965	1,949	1,792	1,617	1,746	1,281	1,855	1,625	1,950	1,338
36	83,72	1,188	1,863	1,447	1,993	1,942	1,818	1,603	1,776	1,267	1,881	1,620	1,976	1,333
37	86,05	1,221	1,891	1,436	2,019	1,935	1,846	1,588	1,808	1,255	1,907	1,610	2,000	1,322
38	88,37	1,254	1,921	1,429	2,044	1,930	1,875	1,580	1,841	1,247	1,934	1,600	2,024	1,305
39	90,7	1,287	1,954	1,430	2,073	1,929	1,907	1,581	1,877	1,242	1,961	1,593	2,044	1,285
40	93,02	1,320	1,988	1,437	2,104	1,934	1,941	1,585	1,914	1,239	1,988	1,592	2,060	1,270
41	95,35	1,353	2,022	1,443	2,135	1,941	1,975	1,590	1,953	1,239	2,016	1,595	2,074	1,263
42	97,67	1,386	2,054	1,446	2,164	1,947	2,008	1,595	1,994	1,248	2,045	1,600	2,091	1,265
43	100	1,419	2,084	1,446	2,190	1,950	2,040	1,601	2,036	1,262	2,075	1,604	2,112	1,272

Tabel Koordinat c.g (pusat gravitasi) tiap bagian tubuh

18			1		2		3		4		5		6	
frame	%	Time[sec]	c.g kaki (R)	c.g betis (R)	c.g paha (R)	c.g kaki (L)	c.g betis (L)	c.g paha (L)	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	1,229	0,211	1,129	0,516	1,054	0,941	0,726	0,284	0,836	0,561	0,980	0,935
1	2,273	0,033	1,220	0,214	1,138	0,513	1,075	0,939	0,750	0,307	0,887	0,570	1,023	0,935
2	4,545	0,066	1,215	0,213	1,148	0,512	1,096	0,937	0,784	0,329	0,939	0,583	1,065	0,936
3	6,818	0,099	1,215	0,210	1,156	0,512	1,116	0,938	0,832	0,348	0,992	0,595	1,103	0,940
4	9,091	0,132	1,220	0,207	1,162	0,513	1,131	0,944	0,892	0,358	1,045	0,602	1,134	0,946
5	11,36	0,165	1,224	0,207	1,166	0,512	1,141	0,951	0,958	0,357	1,098	0,600	1,162	0,954
6	13,64	0,198	1,228	0,210	1,168	0,509	1,150	0,956	1,028	0,342	1,153	0,593	1,190	0,963
7	15,91	0,231	1,230	0,212	1,171	0,506	1,162	0,957	1,104	0,317	1,208	0,583	1,220	0,971
8	18,18	0,264	1,230	0,212	1,176	0,504	1,178	0,954	1,186	0,286	1,262	0,570	1,251	0,974
9	20,45	0,297	1,229	0,211	1,181	0,503	1,197	0,949	1,275	0,259	1,313	0,556	1,279	0,971
10	22,73	0,330	1,227	0,211	1,186	0,500	1,216	0,944	1,369	0,244	1,367	0,541	1,305	0,964
11	25	0,363	1,226	0,211	1,192	0,496	1,236	0,939	1,465	0,240	1,423	0,529	1,333	0,957
12	27,27	0,396	1,224	0,210	1,200	0,490	1,257	0,935	1,556	0,247	1,477	0,519	1,359	0,950
13	29,55	0,429	1,223	0,208	1,210	0,486	1,276	0,933	1,631	0,259	1,521	0,512	1,383	0,944
14	31,82	0,462	1,222	0,206	1,219	0,483	1,294	0,931	1,683	0,273	1,552	0,508	1,402	0,941
15	34,09	0,495	1,221	0,208	1,226	0,484	1,310	0,929	1,715	0,283	1,574	0,508	1,420	0,938
16	36,36	0,528	1,223	0,210	1,235	0,487	1,331	0,927	1,735	0,284	1,595	0,510	1,444	0,936
17	38,64	0,561	1,226	0,211	1,248	0,491	1,357	0,924	1,752	0,275	1,621	0,512	1,474	0,933
18	40,91	0,594	1,229	0,211	1,267	0,496	1,389	0,921	1,768	0,261	1,649	0,513	1,508	0,930
19	43,18	0,627	1,231	0,214	1,291	0,500	1,423	0,920	1,781	0,246	1,672	0,513	1,540	0,930
20	45,45	0,660	1,235	0,226	1,321	0,507	1,461	0,921	1,788	0,236	1,689	0,513	1,570	0,934
21	47,73	0,693	1,247	0,250	1,361	0,518	1,504	0,921	1,791	0,230	1,701	0,514	1,598	0,939
22	50	0,726	1,273	0,280	1,413	0,533	1,551	0,922	1,792	0,228	1,712	0,515	1,625	0,942
23	52,27	0,759	1,312	0,312	1,473	0,553	1,601	0,926	1,793	0,228	1,720	0,514	1,650	0,943
24	54,55	0,792	1,364	0,337	1,535	0,571	1,547	0,936	1,794	0,229	1,727	0,512	1,672	0,946
25	56,82	0,825	1,423	0,349	1,593	0,585	1,688	0,950	1,795	0,230	1,732	0,510	1,692	0,952
26	59,09	0,858	1,489	0,346	1,647	0,589	1,725	0,963	1,794	0,230	1,738	0,508	1,712	0,959
27	61,36	0,891	1,560	0,331	1,700	0,586	1,760	0,974	1,793	0,229	1,744	0,508	1,732	0,966
28	63,64	0,924	1,640	0,308	1,756	0,579	1,795	0,980	1,791	0,226	1,749	0,509	1,751	0,971
29	65,91	0,957	1,727	0,284	1,815	0,570	1,828	0,983	1,789	0,219	1,752	0,508	1,768	0,972
30	68,18	0,990	1,818	0,262	1,874	0,562	1,855	0,985	1,788	0,213	1,757	0,505	1,783	0,970
31	70,45	1,023	1,911	0,243	1,927	0,553	1,879	0,987	1,790	0,211	1,763	0,503	1,798	0,968
32	72,73	1,056	2,003	0,231	1,976	0,544	1,902	0,990	1,792	0,213	1,771	0,503	1,816	0,970
33	75	1,089	2,089	0,229	2,020	0,538	1,924	0,993	1,794	0,218	1,779	0,507	1,836	0,974
34	77,27	1,122	2,165	0,235	2,060	0,531	1,949	0,989	1,795	0,222	1,788	0,512	1,859	0,975
35	79,55	1,155	2,227	0,244	2,097	0,521	1,975	0,975	1,796	0,224	1,798	0,512	1,883	0,968
36	81,82	1,188	2,270	0,246	2,132	0,508	2,005	0,957	1,796	0,224	1,807	0,509	1,908	0,957
37	84,09	1,221	2,296	0,240	2,164	0,500	2,039	0,945	1,798	0,226	1,819	0,510	1,935	0,950
38	86,36	1,254	2,309	0,230	2,192	0,503	2,074	0,948	1,802	0,233	1,837	0,517	1,966	0,950
39	88,64	1,287	2,315	0,222	2,214	0,515	2,109	0,960	1,810	0,247	1,865	0,531	2,004	0,954
40	90,91	1,320	2,318	0,219	2,230	0,526	2,141	0,971	1,823	0,270	1,905	0,547	2,047	0,956
41	93,18	1,353	2,321	0,217	2,242	0,528	2,169	0,974	1,843	0,299	1,952	0,563	2,091	0,956
42	95,45	1,386	2,323	0,214	2,251	0,524	2,192	0,970	1,870	0,328	2,000	0,577	2,132	0,955
43	97,73	1,419	2,322	0,212	2,258	0,521	2,213	0,966	1,906	0,350	2,047	0,591	2,170	0,956
44	100	1,452	2,576	0,234	2,516	0,579	2,481	1,072	2,164	0,408	2,324	0,671	2,452	1,066

Tabel Koordinat c.g (pusat gravitasi) tiap bagian tubuh

1B			7		8		9		10		11		12	
frame	%	Time[sec]	c.g badan	c.g kepala	c.g lenganA(R)	c.g lenganB(R)	c.g lenganA(L)	c.g lenganB(L)	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,982	1,393	1,094	1,885	0,943	1,519	0,944	1,184	0,975	1,521	1,021	1,192
1	2,273	0,033	1,013	1,397	1,120	1,909	0,981	1,527	0,983	1,203	1,001	1,527	1,026	1,206
2	4,545	0,066	1,043	1,401	1,146	1,926	1,018	1,536	1,029	1,214	1,027	1,533	1,035	1,212
3	6,818	0,099	1,070	1,408	1,169	1,933	1,052	1,547	1,082	1,218	1,049	1,542	1,047	1,208
4	9,091	0,132	1,092	1,419	1,191	1,936	1,081	1,559	1,132	1,221	1,070	1,554	1,058	1,207
5	11,36	0,165	1,112	1,434	1,213	1,942	1,107	1,570	1,174	1,230	1,090	1,565	1,072	1,212
6	13,64	0,198	1,132	1,447	1,235	1,951	1,134	1,579	1,212	1,245	1,115	1,575	1,097	1,221
7	15,91	0,231	1,154	1,455	1,258	1,960	1,162	1,585	1,251	1,261	1,144	1,580	1,136	1,227
8	18,18	0,264	1,178	1,456	1,281	1,963	1,192	1,589	1,292	1,272	1,175	1,584	1,178	1,228
9	20,45	0,297	1,203	1,454	1,305	1,957	1,220	1,592	1,330	1,278	1,204	1,587	1,214	1,228
10	22,73	0,330	1,228	1,451	1,329	1,946	1,247	1,593	1,364	1,283	1,230	1,589	1,239	1,231
11	25	0,363	1,254	1,448	1,357	1,935	1,274	1,593	1,393	1,287	1,256	1,590	1,258	1,240
12	27,27	0,396	1,281	1,445	1,388	1,929	1,301	1,591	1,418	1,289	1,282	1,589	1,281	1,250
13	29,55	0,429	1,306	1,443	1,418	1,927	1,326	1,588	1,439	1,287	1,306	1,580	1,307	1,253
14	31,82	0,462	1,326	1,440	1,441	1,925	1,345	1,585	1,456	1,284	1,326	1,578	1,334	1,245
15	34,09	0,495	1,344	1,434	1,460	1,920	1,363	1,580	1,471	1,279	1,344	1,569	1,358	1,230
16	36,36	0,528	1,367	1,427	1,479	1,917	1,384	1,572	1,488	1,269	1,365	1,560	1,379	1,217
17	38,64	0,561	1,396	1,419	1,505	1,916	1,411	1,561	1,508	1,253	1,393	1,553	1,398	1,210
18	40,91	0,594	1,430	1,414	1,536	1,915	1,441	1,550	1,527	1,230	1,424	1,548	1,419	1,206
19	43,18	0,627	1,463	1,414	1,568	1,911	1,469	1,543	1,542	1,209	1,455	1,546	1,445	1,202
20	45,45	0,660	1,495	1,417	1,599	1,909	1,494	1,543	1,551	1,200	1,487	1,547	1,483	1,200
21	47,73	0,693	1,527	1,420	1,629	1,911	1,518	1,550	1,558	1,205	1,521	1,553	1,534	1,204
22	50	0,726	1,557	1,422	1,660	1,917	1,542	1,562	1,566	1,217	1,555	1,564	1,588	1,215
23	52,27	0,759	1,587	1,427	1,689	1,924	1,565	1,574	1,577	1,229	1,589	1,576	1,635	1,230
24	54,55	0,792	1,615	1,436	1,715	1,929	1,587	1,583	1,589	1,237	1,618	1,585	1,671	1,243
25	56,82	0,825	1,641	1,448	1,740	1,934	1,608	1,590	1,600	1,243	1,646	1,593	1,703	1,251
26	59,09	0,858	1,667	1,460	1,765	1,943	1,628	1,596	1,611	1,248	1,672	1,600	1,736	1,258
27	61,36	0,891	1,694	1,469	1,793	1,955	1,649	1,603	1,623	1,254	1,697	1,609	1,771	1,268
28	63,64	0,924	1,720	1,474	1,822	1,964	1,670	1,611	1,636	1,261	1,722	1,618	1,805	1,283
29	65,91	0,957	1,745	1,474	1,848	1,965	1,691	1,618	1,651	1,268	1,748	1,624	1,836	1,299
30	68,18	0,990	1,769	1,472	1,873	1,960	1,714	1,618	1,668	1,270	1,775	1,624	1,866	1,309
31	70,45	1,023	1,792	1,470	1,896	1,952	1,738	1,614	1,689	1,268	1,803	1,618	1,900	1,309
32	72,73	1,056	1,815	1,470	1,921	1,947	1,762	1,607	1,714	1,262	1,832	1,611	1,937	1,301
33	75	1,089	1,839	1,472	1,949	1,944	1,788	1,601	1,743	1,257	1,861	1,607	1,972	1,295
34	77,27	1,122	1,866	1,471	1,978	1,943	1,815	1,596	1,774	1,251	1,888	1,610	2,000	1,299
35	79,55	1,155	1,895	1,463	2,008	1,942	1,845	1,589	1,808	1,241	1,914	1,613	2,022	1,309
36	81,82	1,188	1,925	1,452	2,037	1,941	1,876	1,578	1,845	1,226	1,940	1,611	2,042	1,310
37	84,09	1,221	1,956	1,442	2,065	1,941	1,909	1,564	1,884	1,208	1,967	1,601	2,065	1,297
38	86,36	1,254	1,989	1,437	2,095	1,941	1,943	1,554	1,925	1,195	1,996	1,584	2,089	1,274
39	88,64	1,287	2,025	1,436	2,125	1,939	1,979	1,550	1,966	1,191	2,027	1,569	2,110	1,249
40	90,91	1,320	2,061	1,437	2,155	1,938	2,015	1,553	2,007	1,196	2,058	1,561	2,128	1,231
41	93,18	1,353	2,094	1,439	2,184	1,939	2,050	1,558	2,050	1,206	2,087	1,561	2,147	1,220
42	95,45	1,386	2,123	1,441	2,214	1,945	2,084	1,563	2,094	1,214	2,116	1,566	2,170	1,218
43	97,73	1,419	2,152	1,443	2,244	1,956	2,119	1,569	2,140	1,219	2,145	1,574	2,196	1,225
44	100	1,452	2,423	1,605	2,528	2,187	2,396	1,751	2,430	1,357	2,416	1,759	2,471	1,375

Tabel Koordinat c.g (pusat gravitasi) tiap bagian tubuh

2A			1		2		3		4		5		6	
frame	%	Time[sec]	c.g kaki (R)	c.g betis (R)	c.g paha (R)	c.g kaki (L)	c.g betis (L)	c.g paha (L)	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	1,128	0,197	1,082	0,449	1,038	0,903	0,735	0,273	0,819	0,523	0,959	0,920
1	2,632	0,033	1,128	0,197	1,088	0,458	1,058	0,910	0,755	0,286	0,870	0,537	1,002	0,923
2	5,263	0,066	1,128	0,197	1,093	0,465	1,078	0,916	0,786	0,305	0,923	0,549	1,046	0,925
3	7,895	0,099	1,128	0,197	1,097	0,470	1,096	0,920	0,832	0,328	0,978	0,558	1,087	0,926
4	10,53	0,132	1,128	0,197	1,102	0,472	1,110	0,923	0,893	0,343	1,036	0,561	1,123	0,926
5	13,16	0,165	1,128	0,197	1,106	0,471	1,121	0,922	0,965	0,344	1,095	0,560	1,154	0,927
6	15,79	0,198	1,128	0,198	1,109	0,466	1,131	0,920	1,045	0,329	1,154	0,555	1,183	0,931
7	18,42	0,231	1,128	0,201	1,111	0,463	1,144	0,920	1,133	0,303	1,213	0,548	1,213	0,938
8	21,05	0,264	1,128	0,205	1,114	0,464	1,160	0,923	1,229	0,277	1,271	0,538	1,243	0,944
9	23,68	0,297	1,128	0,208	1,119	0,470	1,177	0,927	1,326	0,258	1,326	0,526	1,269	0,944
10	26,32	0,330	1,128	0,209	1,126	0,476	1,193	0,929	1,416	0,253	1,377	0,514	1,291	0,939
11	28,95	0,363	1,128	0,207	1,133	0,480	1,209	0,929	1,490	0,258	1,422	0,504	1,312	0,932
12	31,58	0,396	1,127	0,206	1,140	0,483	1,227	0,928	1,543	0,263	1,458	0,498	1,334	0,926
13	34,21	0,429	1,126	0,211	1,151	0,488	1,251	0,927	1,575	0,260	1,487	0,493	1,362	0,924
14	36,84	0,462	1,126	0,222	1,168	0,496	1,281	0,924	1,592	0,248	1,510	0,490	1,393	0,921
15	39,47	0,495	1,130	0,238	1,194	0,503	1,319	0,920	1,600	0,234	1,530	0,487	1,428	0,918
16	42,11	0,528	1,142	0,254	1,231	0,511	1,364	0,915	1,603	0,227	1,548	0,485	1,464	0,916
17	44,74	0,561	1,161	0,270	1,277	0,519	1,414	0,913	1,603	0,227	1,562	0,485	1,498	0,916
18	47,37	0,594	1,191	0,286	1,332	0,528	1,467	0,913	1,603	0,231	1,572	0,485	1,528	0,916
19	50	0,627	1,234	0,302	1,393	0,537	1,519	0,913	1,602	0,233	1,578	0,486	1,553	0,914
20	52,63	0,660	1,293	0,316	1,456	0,543	1,567	0,910	1,602	0,232	1,580	0,486	1,574	0,910
21	55,26	0,693	1,366	0,322	1,520	0,545	1,612	0,907	1,600	0,229	1,582	0,486	1,594	0,907
22	57,89	0,726	1,450	0,316	1,584	0,543	1,655	0,907	1,597	0,226	1,584	0,487	1,616	0,905
23	60,53	0,759	1,540	0,300	1,647	0,539	1,694	0,911	1,596	0,227	1,587	0,488	1,638	0,905
24	63,16	0,792	1,634	0,276	1,709	0,531	1,730	0,918	1,598	0,231	1,592	0,488	1,657	0,907
25	65,79	0,825	1,733	0,251	1,769	0,521	1,760	0,925	1,602	0,235	1,595	0,486	1,673	0,908
26	68,42	0,858	1,831	0,233	1,826	0,507	1,786	0,926	1,606	0,235	1,600	0,486	1,688	0,911
27	71,05	0,891	1,922	0,226	1,879	0,493	1,813	0,924	1,608	0,233	1,606	0,487	1,707	0,914
28	73,68	0,924	1,996	0,226	1,927	0,482	1,841	0,918	1,611	0,232	1,616	0,491	1,730	0,917
29	76,32	0,957	2,047	0,229	1,966	0,477	1,872	0,914	1,615	0,235	1,633	0,499	1,759	0,920
30	78,95	0,990	2,075	0,228	1,995	0,478	1,905	0,913	1,621	0,245	1,655	0,511	1,793	0,923
31	81,58	1,023	2,086	0,226	2,018	0,482	1,939	0,915	1,629	0,259	1,684	0,525	1,830	0,924
32	84,21	1,056	2,088	0,226	2,036	0,487	1,970	0,915	1,639	0,278	1,721	0,538	1,872	0,924
33	86,84	1,089	2,090	0,225	2,049	0,487	2,000	0,915	1,655	0,300	1,766	0,550	1,917	0,924
34	89,47	1,122	2,093	0,223	2,059	0,484	2,027	0,914	1,683	0,323	1,820	0,560	1,965	0,924
35	92,11	1,155	2,097	0,216	2,064	0,480	2,050	0,916	1,728	0,343	1,879	0,568	2,013	0,927
36	94,74	1,188	2,099	0,211	2,066	0,479	2,066	0,918	1,790	0,354	1,942	0,573	2,056	0,930
37	97,37	1,221	2,096	0,210	2,068	0,484	2,077	0,921	1,862	0,354	2,004	0,574	2,090	0,932
38	100	1,254	2,089	0,214	2,070	0,492	2,083	0,924	1,939	0,348	2,065	0,570	2,117	0,933

Tabel Koordinat c.g (pusat gravitasi) tiap bagian tubuh

2A		7		8		9		10		11		12		
		c.g badan		c.g kepala		c.g lenganA(R)		c.g lenganB(R)		c.g lenganA(L)		c.g lenganB(L)		
frame	%	Time[sec]	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,986	1,406	1,077	1,920	0,948	1,556	0,918	1,238	0,984	1,557	1,035	1,262
1	2,632	0,033	1,011	1,406	1,103	1,923	0,975	1,560	0,957	1,242	1,007	1,561	1,046	1,255
2	5,263	0,066	1,038	1,407	1,128	1,923	1,003	1,562	0,997	1,244	1,030	1,563	1,055	1,249
3	7,895	0,099	1,066	1,408	1,152	1,920	1,033	1,562	1,038	1,245	1,053	1,563	1,061	1,246
4	10,53	0,132	1,091	1,408	1,177	1,915	1,065	1,560	1,080	1,246	1,077	1,561	1,071	1,246
5	13,16	0,165	1,113	1,407	1,202	1,909	1,099	1,557	1,124	1,249	1,103	1,558	1,088	1,247
6	15,79	0,198	1,136	1,406	1,228	1,906	1,134	1,555	1,168	1,255	1,131	1,555	1,109	1,247
7	18,42	0,231	1,162	1,405	1,257	1,906	1,168	1,554	1,211	1,259	1,159	1,551	1,132	1,246
8	21,05	0,264	1,191	1,405	1,288	1,907	1,202	1,551	1,253	1,262	1,188	1,547	1,154	1,248
9	23,68	0,297	1,220	1,403	1,320	1,910	1,236	1,546	1,294	1,263	1,218	1,543	1,177	1,251
10	26,32	0,330	1,245	1,400	1,354	1,915	1,269	1,542	1,332	1,265	1,246	1,540	1,200	1,254
11	28,95	0,363	1,268	1,399	1,389	1,919	1,298	1,542	1,368	1,269	1,272	1,540	1,224	1,254
12	31,58	0,396	1,292	1,401	1,421	1,920	1,326	1,544	1,400	1,273	1,296	1,542	1,248	1,250
13	34,21	0,429	1,320	1,401	1,449	1,913	1,353	1,545	1,429	1,274	1,322	1,541	1,273	1,244
14	36,84	0,462	1,351	1,395	1,472	1,898	1,381	1,539	1,456	1,269	1,350	1,535	1,303	1,236
15	39,47	0,495	1,385	1,385	1,494	1,884	1,410	1,528	1,481	1,262	1,383	1,525	1,342	1,229
16	42,11	0,528	1,420	1,377	1,519	1,881	1,438	1,518	1,504	1,255	1,418	1,517	1,391	1,225
17	44,74	0,561	1,455	1,375	1,550	1,890	1,464	1,515	1,523	1,251	1,456	1,515	1,448	1,225
18	47,37	0,594	1,488	1,378	1,585	1,906	1,488	1,518	1,540	1,248	1,491	1,520	1,502	1,228
19	50	0,627	1,518	1,381	1,620	1,919	1,511	1,527	1,555	1,247	1,522	1,528	1,544	1,233
20	52,63	0,660	1,546	1,383	1,648	1,922	1,534	1,537	1,570	1,247	1,548	1,537	1,577	1,240
21	55,26	0,693	1,574	1,383	1,670	1,916	1,555	1,548	1,582	1,249	1,572	1,545	1,607	1,250
22	57,89	0,726	1,603	1,385	1,690	1,909	1,575	1,556	1,593	1,254	1,596	1,553	1,641	1,260
23	60,53	0,759	1,631	1,389	1,712	1,906	1,596	1,561	1,606	1,259	1,623	1,560	1,680	1,271
24	63,16	0,792	1,659	1,391	1,741	1,910	1,619	1,566	1,620	1,264	1,651	1,567	1,719	1,282
25	65,79	0,825	1,684	1,400	1,774	1,915	1,643	1,569	1,637	1,268	1,678	1,571	1,754	1,292
26	68,42	0,858	1,708	1,404	1,807	1,918	1,667	1,570	1,654	1,268	1,704	1,573	1,786	1,299
27	71,05	0,891	1,734	1,406	1,839	1,918	1,691	1,569	1,673	1,264	1,730	1,572	1,815	1,301
28	73,68	0,924	1,762	1,406	1,870	1,911	1,718	1,565	1,695	1,258	1,758	1,569	1,846	1,299
29	76,32	0,957	1,793	1,404	1,900	1,899	1,747	1,560	1,721	1,250	1,789	1,565	1,878	1,294
30	78,95	0,990	1,826	1,401	1,930	1,886	1,779	1,554	1,751	1,244	1,821	1,560	1,910	1,287
31	81,58	1,023	1,860	1,396	1,958	1,881	1,812	1,547	1,785	1,238	1,854	1,553	1,941	1,279
32	84,21	1,056	1,895	1,391	1,986	1,887	1,849	1,540	1,823	1,234	1,887	1,547	1,966	1,271
33	86,84	1,089	1,932	1,388	2,017	1,897	1,888	1,537	1,867	1,232	1,922	1,543	1,985	1,263
34	89,47	1,122	1,969	1,389	2,051	1,904	1,929	1,537	1,914	1,232	1,957	1,542	2,000	1,253
35	92,11	1,155	2,004	1,394	2,086	1,906	1,968	1,539	1,962	1,230	1,989	1,542	2,012	1,241
36	94,74	1,188	2,033	1,399	2,118	1,908	2,005	1,542	2,012	1,229	2,017	1,542	2,023	1,230
37	97,37	1,221	2,056	1,403	2,146	1,914	2,043	1,545	2,064	1,229	2,040	1,543	2,031	1,223
38	100	1,254	2,075	1,405	2,171	1,923	2,080	1,547	2,117	1,232	2,061	1,545	2,038	1,221

Tabel Koordinat c.g (pusat gravitasi) tiap bagian tubuh

28			1		2		3		4		5		6	
frame	%	Time[sec]	c.g kaki (R)	c.g betis (R)	c.g paha (R)	c.g kaki (L)	c.g betis (L)	c.g paha (L)	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	1,070	0,209	1,018	0,476	0,943	0,908	0,647	0,244	0,707	0,505	0,842	0,910
1	2,632	0,033	1,075	0,211	1,034	0,478	0,978	0,911	0,653	0,264	0,743	0,517	0,889	0,912
2	5,263	0,066	1,081	0,209	1,048	0,479	1,009	0,914	0,669	0,283	0,787	0,526	0,935	0,914
3	7,895	0,099	1,089	0,203	1,059	0,478	1,033	0,917	0,699	0,301	0,840	0,538	0,980	0,915
4	10,53	0,132	1,094	0,196	1,065	0,476	1,050	0,919	0,746	0,319	0,899	0,546	1,022	0,916
5	13,16	0,165	1,096	0,192	1,067	0,475	1,063	0,920	0,806	0,334	0,961	0,552	1,061	0,917
6	15,79	0,198	1,094	0,192	1,069	0,476	1,075	0,920	0,877	0,338	1,022	0,552	1,096	0,918
7	18,42	0,231	1,092	0,197	1,072	0,478	1,088	0,920	0,957	0,328	1,082	0,548	1,128	0,920
8	21,05	0,264	1,091	0,202	1,077	0,480	1,103	0,918	1,045	0,303	1,141	0,540	1,159	0,923
9	23,68	0,297	1,089	0,207	1,082	0,480	1,119	0,915	1,141	0,273	1,199	0,529	1,189	0,926
10	26,32	0,330	1,088	0,209	1,085	0,478	1,136	0,913	1,242	0,250	1,255	0,518	1,216	0,927
11	28,95	0,363	1,086	0,208	1,087	0,476	1,152	0,911	1,341	0,243	1,311	0,507	1,243	0,924
12	31,58	0,396	1,085	0,206	1,091	0,475	1,169	0,911	1,431	0,249	1,363	0,499	1,268	0,918
13	34,21	0,429	1,085	0,205	1,099	0,478	1,188	0,912	1,504	0,256	1,410	0,493	1,292	0,913
14	36,84	0,462	1,086	0,209	1,113	0,485	1,212	0,914	1,553	0,256	1,448	0,487	1,319	0,911
15	39,47	0,495	1,087	0,217	1,131	0,493	1,240	0,917	1,579	0,246	1,478	0,481	1,349	0,911
16	42,11	0,528	1,090	0,226	1,152	0,498	1,273	0,917	1,589	0,232	1,501	0,476	1,382	0,912
17	44,74	0,561	1,096	0,236	1,177	0,500	1,311	0,914	1,592	0,221	1,520	0,474	1,418	0,912
18	47,37	0,594	1,108	0,248	1,212	0,503	1,354	0,907	1,595	0,215	1,537	0,475	1,454	0,909
19	50	0,627	1,130	0,264	1,258	0,510	1,403	0,898	1,599	0,213	1,552	0,475	1,486	0,902
20	52,63	0,660	1,165	0,283	1,315	0,521	1,454	0,891	1,604	0,213	1,562	0,476	1,513	0,895
21	55,26	0,693	1,216	0,299	1,379	0,531	1,503	0,888	1,606	0,213	1,568	0,476	1,534	0,892
22	57,89	0,726	1,282	0,311	1,444	0,537	1,548	0,892	1,605	0,213	1,572	0,477	1,554	0,894
23	60,53	0,759	1,361	0,316	1,509	0,541	1,591	0,899	1,603	0,214	1,577	0,477	1,575	0,900
24	63,16	0,792	1,446	0,312	1,573	0,543	1,631	0,907	1,603	0,216	1,581	0,475	1,598	0,904
25	65,79	0,825	1,537	0,297	1,635	0,540	1,669	0,914	1,604	0,218	1,585	0,472	1,619	0,904
26	68,42	0,858	1,630	0,270	1,695	0,530	1,702	0,920	1,603	0,220	1,588	0,472	1,636	0,904
27	71,05	0,891	1,727	0,240	1,752	0,515	1,731	0,924	1,601	0,221	1,589	0,473	1,650	0,906
28	73,68	0,924	1,822	0,221	1,808	0,502	1,757	0,929	1,599	0,220	1,592	0,474	1,665	0,911
29	76,32	0,957	1,910	0,217	1,860	0,494	1,784	0,932	1,600	0,221	1,597	0,474	1,684	0,914
30	78,95	0,990	1,983	0,223	1,905	0,493	1,811	0,934	1,603	0,224	1,605	0,475	1,705	0,915
31	81,58	1,023	2,036	0,228	1,943	0,493	1,838	0,932	1,605	0,232	1,617	0,483	1,730	0,916
32	84,21	1,056	2,067	0,226	1,972	0,491	1,867	0,928	1,606	0,240	1,633	0,495	1,757	0,918
33	86,84	1,089	2,083	0,218	1,997	0,485	1,899	0,921	1,609	0,247	1,654	0,506	1,790	0,920
34	89,47	1,122	2,091	0,209	2,018	0,477	1,935	0,914	1,617	0,253	1,681	0,514	1,829	0,918
35	92,11	1,155	2,096	0,206	2,036	0,472	1,971	0,908	1,631	0,262	1,717	0,519	1,873	0,913
36	94,74	1,188	2,098	0,208	2,050	0,470	2,003	0,903	1,653	0,277	1,762	0,527	1,920	0,909
37	97,37	1,221	2,098	0,210	2,061	0,471	2,028	0,901	1,684	0,299	1,815	0,537	1,964	0,906
38	100	1,254	2,096	0,212	2,068	0,474	2,047	0,899	1,722	0,325	1,872	0,549	2,005	0,904

Tabel Koordinat c.g (pusat gravitasi) tiap bagian tubuh

28		7		8		9		10		11		12		
		c.g badan		c.g kepala		c.g lenganA(R)		c.g lenganB(R)		c.g lenganA(L)		c.g lenganB(L)		
frame	%	Time[sec]	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,872	1,359	0,973	1,893	0,832	1,495	0,800	1,199	0,877	1,502	0,963	1,249
1	2,632	0,033	0,909	1,368	1,011	1,895	0,867	1,507	0,845	1,210	0,907	1,511	0,980	1,241
2	5,263	0,066	0,943	1,372	1,047	1,898	0,901	1,512	0,889	1,216	0,936	1,514	0,997	1,232
3	7,895	0,099	0,973	1,371	1,076	1,900	0,933	1,509	0,932	1,217	0,964	1,513	1,012	1,225
4	10,53	0,132	1,000	1,370	1,099	1,902	0,966	1,506	0,975	1,218	0,991	1,511	1,027	1,226
5	13,16	0,165	1,026	1,372	1,118	1,903	0,999	1,509	1,020	1,223	1,016	1,513	1,041	1,231
6	15,79	0,198	1,051	1,377	1,139	1,907	1,035	1,518	1,066	1,228	1,041	1,519	1,051	1,234
7	18,42	0,231	1,078	1,383	1,163	1,912	1,071	1,527	1,112	1,231	1,067	1,525	1,060	1,230
8	21,05	0,264	1,106	1,388	1,189	1,917	1,108	1,533	1,157	1,233	1,094	1,528	1,074	1,223
9	23,68	0,297	1,133	1,392	1,216	1,916	1,141	1,543	1,199	1,238	1,123	1,531	1,096	1,218
10	26,32	0,330	1,159	1,394	1,246	1,908	1,170	1,543	1,239	1,248	1,151	1,536	1,126	1,222
11	28,95	0,363	1,183	1,394	1,278	1,898	1,196	1,547	1,275	1,261	1,179	1,543	1,159	1,236
12	31,58	0,396	1,207	1,391	1,308	1,891	1,221	1,549	1,309	1,273	1,206	1,549	1,193	1,252
13	34,21	0,429	1,223	1,386	1,336	1,889	1,249	1,546	1,341	1,279	1,234	1,546	1,223	1,261
14	36,84	0,462	1,261	1,381	1,363	1,890	1,279	1,537	1,371	1,278	1,262	1,537	1,249	1,260
15	39,47	0,495	1,291	1,378	1,391	1,891	1,309	1,527	1,400	1,271	1,290	1,525	1,272	1,249
16	42,11	0,528	1,323	1,377	1,422	1,891	1,337	1,519	1,426	1,263	1,318	1,516	1,297	1,238
17	44,74	0,561	1,356	1,376	1,453	1,890	1,366	1,515	1,452	1,255	1,347	1,513	1,326	1,228
18	47,37	0,594	1,392	1,372	1,485	1,890	1,395	1,514	1,476	1,248	1,379	1,512	1,362	1,222
19	50	0,627	1,428	1,366	1,515	1,891	1,425	1,515	1,497	1,240	1,415	1,514	1,406	1,219
20	52,63	0,660	1,461	1,363	1,544	1,893	1,454	1,518	1,515	1,232	1,451	1,520	1,454	1,220
21	55,26	0,693	1,491	1,366	1,573	1,895	1,481	1,524	1,530	1,225	1,486	1,528	1,502	1,223
22	57,89	0,726	1,518	1,374	1,601	1,898	1,507	1,531	1,544	1,221	1,518	1,536	1,545	1,227
23	60,53	0,759	1,546	1,380	1,629	1,901	1,531	1,535	1,558	1,223	1,547	1,539	1,585	1,230
24	63,16	0,792	1,576	1,381	1,657	1,903	1,554	1,535	1,570	1,224	1,573	1,537	1,621	1,237
25	65,79	0,825	1,604	1,377	1,686	1,906	1,575	1,531	1,581	1,228	1,597	1,534	1,656	1,249
26	68,42	0,858	1,630	1,374	1,716	1,909	1,597	1,528	1,593	1,231	1,621	1,533	1,690	1,266
27	71,05	0,891	1,654	1,376	1,745	1,910	1,621	1,528	1,609	1,232	1,648	1,534	1,724	1,280
28	73,68	0,924	1,679	1,383	1,770	1,906	1,646	1,531	1,628	1,231	1,676	1,539	1,758	1,290
29	76,32	0,957	1,706	1,391	1,795	1,896	1,671	1,533	1,649	1,227	1,705	1,544	1,790	1,295
30	78,95	0,990	1,734	1,395	1,822	1,883	1,697	1,533	1,671	1,222	1,733	1,546	1,820	1,295
31	81,58	1,023	1,763	1,394	1,853	1,873	1,724	1,530	1,696	1,217	1,761	1,541	1,849	1,289
32	84,21	1,056	1,793	1,389	1,887	1,868	1,753	1,524	1,725	1,214	1,789	1,531	1,878	1,278
33	86,84	1,089	1,825	1,382	1,921	1,864	1,783	1,518	1,757	1,213	1,820	1,520	1,906	1,264
34	89,47	1,122	1,860	1,377	1,955	1,861	1,816	1,516	1,793	1,212	1,853	1,515	1,935	1,253
35	92,11	1,155	1,898	1,375	1,987	1,858	1,850	1,518	1,832	1,212	1,888	1,518	1,963	1,246
36	94,74	1,188	1,934	1,374	2,018	1,863	1,886	1,521	1,875	1,213	1,922	1,524	1,988	1,241
37	97,37	1,221	1,966	1,372	2,049	1,877	1,923	1,522	1,921	1,215	1,954	1,527	2,010	1,235
38	100	1,254	1,995	1,369	2,079	1,900	1,959	1,521	1,967	1,217	1,986	1,527	2,029	1,228

Tabel Koordinat c.g (pusat gravitasi) tiap bagian tubuh

3A			1		2		3		4		5		6	
frame	%	Time[sec]	c.g kaki (R)	c.g betis (R)	c.g paha (R)	c.g kaki (L)	c.g betis (L)	c.g paha (L)	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,902	0,191	0,815	0,460	0,751	0,897	0,461	0,254	0,541	0,514	0,680	0,908
1	2,564	0,033	0,902	0,191	0,823	0,461	0,769	0,903	0,478	0,272	0,591	0,529	0,720	0,912
2	5,128	0,066	0,902	0,191	0,830	0,463	0,789	0,905	0,505	0,294	0,643	0,541	0,762	0,913
3	7,692	0,099	0,902	0,191	0,837	0,467	0,811	0,906	0,547	0,316	0,699	0,550	0,805	0,909
4	10,26	0,132	0,902	0,191	0,844	0,472	0,831	0,907	0,608	0,331	0,757	0,553	0,844	0,905
5	12,82	0,165	0,902	0,191	0,851	0,477	0,847	0,909	0,685	0,334	0,817	0,554	0,879	0,905
6	15,38	0,198	0,902	0,191	0,857	0,478	0,862	0,909	0,771	0,324	0,880	0,556	0,912	0,911
7	17,95	0,231	0,901	0,191	0,862	0,474	0,878	0,905	0,862	0,304	0,945	0,556	0,946	0,918
8	20,51	0,264	0,900	0,191	0,868	0,468	0,896	0,898	0,957	0,281	1,008	0,552	0,979	0,922
9	23,08	0,297	0,900	0,193	0,875	0,466	0,916	0,893	1,053	0,262	1,068	0,542	1,010	0,923
10	25,64	0,330	0,901	0,197	0,883	0,469	0,936	0,893	1,149	0,255	1,122	0,531	1,037	0,920
11	28,21	0,363	0,901	0,201	0,891	0,475	0,957	0,898	1,237	0,257	1,171	0,519	1,061	0,918
12	30,77	0,396	0,901	0,204	0,901	0,479	0,979	0,905	1,308	0,263	1,212	0,507	1,085	0,915
13	33,33	0,429	0,900	0,208	0,915	0,482	1,004	0,911	1,354	0,264	1,242	0,494	1,109	0,914
14	35,9	0,462	0,900	0,213	0,934	0,486	1,034	0,914	1,378	0,257	1,264	0,485	1,135	0,912
15	38,46	0,495	0,902	0,221	0,960	0,494	1,069	0,915	1,387	0,247	1,280	0,481	1,162	0,911
16	41,03	0,528	0,908	0,232	0,996	0,505	1,110	0,914	1,390	0,238	1,292	0,479	1,190	0,909
17	43,59	0,561	0,923	0,251	1,043	0,516	1,160	0,911	1,393	0,232	1,301	0,475	1,219	0,903
18	46,15	0,594	0,952	0,280	1,099	0,528	1,215	0,907	1,393	0,228	1,310	0,469	1,250	0,896
19	48,72	0,627	0,998	0,312	1,160	0,539	1,270	0,901	1,392	0,223	1,318	0,464	1,281	0,890
20	51,28	0,660	1,063	0,338	1,223	0,549	1,319	0,897	1,390	0,219	1,326	0,466	1,310	0,888
21	53,85	0,693	1,143	0,343	1,288	0,555	1,364	0,898	1,388	0,216	1,335	0,473	1,335	0,890
22	56,41	0,726	1,223	0,327	1,354	0,559	1,405	0,906	1,386	0,215	1,342	0,480	1,357	0,895
23	58,97	0,759	1,330	0,298	1,421	0,559	1,444	0,919	1,384	0,216	1,348	0,483	1,377	0,900
24	61,54	0,792	1,431	0,270	1,486	0,555	1,478	0,934	1,382	0,218	1,355	0,480	1,396	0,904
25	64,1	0,825	1,532	0,250	1,545	0,546	1,505	0,944	1,383	0,219	1,363	0,473	1,415	0,905
26	66,67	0,858	1,626	0,239	1,598	0,532	1,528	0,946	1,388	0,220	1,370	0,465	1,434	0,903
27	69,23	0,891	1,706	0,233	1,645	0,516	1,551	0,938	1,394	0,221	1,377	0,463	1,454	0,899
28	71,79	0,924	1,764	0,228	1,684	0,497	1,578	0,923	1,399	0,223	1,386	0,467	1,478	0,898
29	74,36	0,957	1,801	0,224	1,714	0,483	1,609	0,906	1,402	0,228	1,401	0,479	1,508	0,898
30	76,92	0,990	1,821	0,221	1,736	0,475	1,641	0,894	1,403	0,236	1,426	0,493	1,547	0,898
31	79,49	1,023	1,833	0,217	1,752	0,475	1,674	0,889	1,407	0,248	1,462	0,509	1,592	0,898
32	82,05	1,056	1,841	0,214	1,764	0,477	1,703	0,892	1,418	0,265	1,509	0,525	1,640	0,899
33	84,62	1,089	1,845	0,211	1,773	0,479	1,729	0,898	1,440	0,287	1,562	0,541	1,686	0,904
34	87,18	1,122	1,843	0,209	1,781	0,481	1,750	0,909	1,474	0,314	1,619	0,556	1,728	0,912
35	89,74	1,155	1,838	0,209	1,789	0,487	1,767	0,921	1,526	0,337	1,676	0,567	1,765	0,922
36	92,31	1,188	1,835	0,212	1,798	0,496	1,782	0,935	1,595	0,350	1,735	0,574	1,799	0,933
37	94,87	1,221	1,836	0,216	1,806	0,507	1,798	0,946	1,679	0,347	1,797	0,578	1,833	0,943
38	97,44	1,254	1,839	0,219	1,813	0,518	1,816	0,953	1,770	0,330	1,860	0,577	1,867	0,952
39	100	1,287	1,843	0,222	1,820	0,528	1,836	0,957	1,864	0,306	1,923	0,574	1,903	0,960

Tabel Koordinat c.g (pusat gravitasi) tiap bagian tubuh

3A			7		8		9		10		11		12	
frame	% Time[sec]	c.g badan		c.g kepala		c.g lenganA(R)		c.g lenganB(R)		c.g lenganA(L)		c.g lenganB(L)		
		x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	
0	0	0,000	0,697	1,390	0,864	1,905	0,647	1,545	0,613	1,226	0,687	1,536	0,753	1,265
1	2,564	0,033	0,722	1,397	0,897	1,907	0,677	1,548	0,644	1,222	0,705	1,541	0,746	1,240
2	5,128	0,066	0,749	1,401	0,930	1,910	0,707	1,551	0,677	1,221	0,730	1,544	0,755	1,220
3	7,692	0,099	0,778	1,401	0,966	1,913	0,737	1,553	0,713	1,223	0,763	1,546	0,785	1,211
4	10,26	0,132	0,806	1,400	1,001	1,915	0,768	1,556	0,750	1,230	0,798	1,547	0,825	1,211
5	12,82	0,165	0,830	1,398	1,033	1,916	0,798	1,560	0,787	1,243	0,829	1,547	0,854	1,217
6	15,38	0,198	0,854	1,397	1,060	1,916	0,829	1,564	0,825	1,255	0,851	1,547	0,861	1,225
7	17,95	0,231	0,879	1,396	1,083	1,916	0,862	1,565	0,864	1,258	0,866	1,547	0,851	1,231
8	20,51	0,264	0,906	1,394	1,105	1,917	0,894	1,561	0,906	1,252	0,881	1,548	0,841	1,237
9	23,08	0,297	0,934	1,392	1,129	1,915	0,926	1,554	0,948	1,242	0,900	1,551	0,845	1,246
10	25,64	0,330	0,961	1,392	1,156	1,907	0,956	1,548	0,987	1,237	0,925	1,555	0,866	1,254
11	28,21	0,363	0,986	1,395	1,184	1,894	0,984	1,547	1,022	1,239	0,958	1,558	0,898	1,259
12	30,77	0,396	1,012	1,401	1,212	1,878	1,011	1,550	1,054	1,245	0,988	1,557	0,934	1,256
13	33,33	0,429	1,037	1,406	1,238	1,864	1,038	1,553	1,085	1,249	1,016	1,552	0,970	1,248
14	35,9	0,462	1,064	1,409	1,263	1,856	1,066	1,556	1,117	1,249	1,044	1,549	1,002	1,240
15	38,46	0,495	1,094	1,409	1,285	1,855	1,095	1,557	1,147	1,248	1,072	1,548	1,034	1,239
16	41,03	0,528	1,126	1,408	1,306	1,858	1,124	1,556	1,172	1,246	1,106	1,552	1,076	1,241
17	43,59	0,561	1,162	1,406	1,330	1,862	1,153	1,555	1,191	1,243	1,146	1,556	1,138	1,244
18	46,15	0,594	1,200	1,404	1,359	1,868	1,178	1,554	1,206	1,238	1,189	1,557	1,213	1,243
19	48,72	0,627	1,235	1,402	1,394	1,876	1,201	1,555	1,219	1,232	1,230	1,554	1,283	1,239
20	51,28	0,660	1,267	1,397	1,431	1,884	1,223	1,556	1,233	1,228	1,263	1,548	1,331	1,233
21	53,85	0,693	1,295	1,392	1,466	1,889	1,244	1,558	1,247	1,229	1,289	1,542	1,358	1,228
22	56,41	0,726	1,322	1,391	1,498	1,890	1,266	1,560	1,261	1,232	1,313	1,542	1,376	1,232
23	58,97	0,759	1,349	1,397	1,528	1,886	1,291	1,564	1,278	1,237	1,337	1,552	1,399	1,248
24	61,54	0,792	1,376	1,405	1,557	1,880	1,317	1,570	1,296	1,240	1,365	1,569	1,430	1,274
25	64,1	0,825	1,403	1,421	1,586	1,875	1,345	1,578	1,316	1,242	1,395	1,588	1,466	1,301
26	66,67	0,858	1,429	1,430	1,615	1,871	1,372	1,585	1,336	1,244	1,425	1,601	1,500	1,321
27	69,23	0,891	1,456	1,431	1,644	1,870	1,401	1,588	1,360	1,244	1,453	1,606	1,530	1,330
28	71,79	0,924	1,486	1,427	1,673	1,870	1,431	1,586	1,389	1,240	1,480	1,605	1,557	1,329
29	74,36	0,957	1,518	1,418	1,703	1,871	1,461	1,578	1,421	1,232	1,506	1,599	1,583	1,323
30	76,92	0,990	1,553	1,409	1,733	1,873	1,493	1,568	1,457	1,223	1,532	1,590	1,610	1,315
31	79,49	1,023	1,588	1,401	1,762	1,874	1,525	1,560	1,495	1,217	1,559	1,580	1,634	1,304
32	82,05	1,056	1,621	1,397	1,792	1,875	1,558	1,557	1,536	1,219	1,586	1,571	1,652	1,286
33	84,62	1,089	1,652	1,398	1,822	1,876	1,591	1,558	1,579	1,229	1,615	1,564	1,669	1,260
34	87,18	1,122	1,681	1,403	1,852	1,878	1,626	1,561	1,625	1,238	1,648	1,559	1,691	1,234
35	89,74	1,155	1,708	1,411	1,880	1,882	1,662	1,561	1,674	1,241	1,683	1,557	1,717	1,217
36	92,31	1,188	1,734	1,419	1,908	1,887	1,700	1,560	1,724	1,237	1,716	1,559	1,742	1,216
37	94,87	1,221	1,761	1,426	1,938	1,894	1,740	1,559	1,774	1,233	1,745	1,564	1,755	1,227
38	97,44	1,254	1,793	1,429	1,970	1,899	1,780	1,561	1,819	1,238	1,771	1,569	1,757	1,242
39	100	1,287	1,829	1,429	2,003	1,903	1,821	1,567	1,861	1,253	1,797	1,574	1,751	1,257

Tabel Koordinat c.g (pusat gravitasi) tiap bagian tubuh

3B			1		2		3		4		5		6	
	%	Time[sec]	c.g kaki (R)	c.g betis (R)	c.g paha (R)	c.g kaki (L)	c.g betis (L)	c.g paha (L)	x	y	x	y	x	y
frame	%	Time[sec]	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,892	0,188	0,801	0,458	0,738	0,909	0,460	0,250	0,545	0,515	0,678	0,918
1	2,564	0,033	0,889	0,185	0,808	0,460	0,755	0,909	0,483	0,273	0,595	0,527	0,715	0,912
2	5,128	0,066	0,884	0,186	0,815	0,459	0,775	0,911	0,514	0,300	0,649	0,538	0,755	0,912
3	7,692	0,099	0,878	0,191	0,822	0,457	0,797	0,914	0,559	0,325	0,708	0,545	0,797	0,917
4	10,26	0,132	0,873	0,198	0,826	0,453	0,818	0,915	0,622	0,337	0,769	0,547	0,838	0,923
5	12,82	0,165	0,872	0,201	0,833	0,454	0,834	0,914	0,700	0,329	0,830	0,546	0,875	0,928
6	15,38	0,198	0,876	0,199	0,838	0,459	0,848	0,916	0,788	0,307	0,891	0,543	0,908	0,933
7	17,95	0,231	0,883	0,194	0,847	0,467	0,864	0,919	0,882	0,284	0,952	0,543	0,940	0,938
8	20,51	0,264	0,888	0,190	0,859	0,473	0,885	0,921	0,979	0,269	1,014	0,543	0,971	0,942
9	23,08	0,297	0,889	0,191	0,870	0,474	0,909	0,919	1,079	0,263	1,073	0,542	1,002	0,942
10	25,64	0,330	0,887	0,194	0,879	0,472	0,933	0,915	1,176	0,263	1,127	0,535	1,030	0,938
11	28,21	0,363	0,889	0,197	0,887	0,468	0,955	0,911	1,263	0,266	1,175	0,523	1,056	0,931
12	30,77	0,396	0,893	0,197	0,897	0,467	0,977	0,909	1,330	0,268	1,215	0,508	1,081	0,921
13	33,33	0,429	0,898	0,198	0,905	0,470	1,001	0,909	1,370	0,265	1,245	0,492	1,107	0,912
14	35,9	0,462	0,900	0,203	0,924	0,478	1,028	0,909	1,386	0,254	1,265	0,479	1,133	0,905
15	38,46	0,495	0,900	0,212	0,942	0,487	1,059	0,911	1,389	0,240	1,278	0,471	1,160	0,903
16	41,03	0,528	0,902	0,224	0,968	0,496	1,097	0,916	1,391	0,227	1,289	0,468	1,188	0,907
17	43,59	0,561	0,911	0,240	1,005	0,507	1,140	0,922	1,395	0,219	1,302	0,464	1,216	0,912
18	46,15	0,594	0,929	0,262	1,054	0,519	1,186	0,927	1,400	0,216	1,314	0,459	1,244	0,914
19	48,72	0,627	0,960	0,288	1,111	0,531	1,233	0,926	1,401	0,216	1,323	0,456	1,269	0,912
20	51,28	0,660	1,009	0,310	1,171	0,540	1,279	0,921	1,398	0,218	1,329	0,459	1,293	0,910
21	53,85	0,693	1,075	0,321	1,234	0,544	1,326	0,916	1,392	0,219	1,334	0,468	1,319	0,910
22	56,41	0,726	1,155	0,319	1,298	0,546	1,374	0,916	1,388	0,221	1,341	0,476	1,347	0,912
23	58,97	0,759	1,245	0,306	1,365	0,547	1,421	0,921	1,388	0,221	1,349	0,477	1,374	0,910
24	61,54	0,792	1,340	0,286	1,432	0,547	1,463	0,927	1,390	0,220	1,358	0,472	1,398	0,904
25	64,1	0,825	1,439	0,263	1,498	0,544	1,498	0,930	1,395	0,219	1,368	0,467	1,419	0,896
26	66,67	0,858	1,540	0,241	1,558	0,535	1,526	0,928	1,400	0,218	1,377	0,467	1,439	0,892
27	69,23	0,891	1,636	0,228	1,612	0,521	1,550	0,924	1,402	0,219	1,385	0,473	1,458	0,894
28	71,79	0,924	1,717	0,223	1,658	0,505	1,572	0,921	1,401	0,220	1,394	0,481	1,480	0,902
29	74,36	0,957	1,777	0,224	1,694	0,491	1,596	0,921	1,398	0,222	1,404	0,486	1,503	0,912
30	76,92	0,990	1,813	0,223	1,721	0,480	1,621	0,921	1,396	0,226	1,416	0,486	1,528	0,918
31	79,49	1,023	1,834	0,220	1,740	0,474	1,645	0,920	1,397	0,232	1,432	0,488	1,555	0,921
32	82,05	1,056	1,847	0,215	1,756	0,472	1,667	0,919	1,404	0,241	1,458	0,498	1,584	0,922
33	84,62	1,089	1,858	0,211	1,769	0,471	1,690	0,918	1,418	0,255	1,495	0,514	1,622	0,924
34	87,18	1,122	1,868	0,208	1,780	0,471	1,715	0,917	1,437	0,272	1,543	0,532	1,666	0,926
35	89,74	1,155	1,874	0,207	1,789	0,471	1,740	0,914	1,464	0,295	1,597	0,547	1,713	0,924
36	92,31	1,188	1,877	0,206	1,797	0,472	1,762	0,911	1,504	0,320	1,653	0,557	1,756	0,919
37	94,87	1,221	1,878	0,207	1,803	0,475	1,779	0,910	1,561	0,337	1,709	0,562	1,793	0,916
38	97,44	1,254	1,876	0,209	1,809	0,479	1,795	0,911	1,633	0,340	1,767	0,564	1,828	0,917
39	100	1,287	1,874	0,211	1,814	0,484	1,811	0,913	1,714	0,331	1,826	0,564	1,863	0,923

Tabel Koordinat c.g (pusat gravitasi) tiap bagian tubuh

3B			7		8		9		10		11		12	
frame	%	Time[sec]	c.g badan	c.g kepala	c.g lenganA(R)	c.g lenganB(R)	c.g lenganA(L)	c.g lenganB(L)	x	y	x	y	x	y
0	0	0,000	0,672	1,395	0,834	1,912	0,625	1,521	0,621	1,187	0,678	1,544	0,782	1,275
1	2,564	0,033	0,697	1,397	0,869	1,908	0,652	1,529	0,650	1,188	0,703	1,547	0,799	1,272
2	5,128	0,066	0,723	1,403	0,906	1,905	0,680	1,535	0,680	1,193	0,729	1,548	0,816	1,261
3	7,692	0,099	0,751	1,412	0,944	1,903	0,711	1,540	0,713	1,201	0,757	1,547	0,834	1,243
4	10,26	0,132	0,781	1,419	0,977	1,903	0,746	1,543	0,748	1,208	0,787	1,545	0,851	1,222
5	12,82	0,165	0,810	1,421	1,001	1,904	0,782	1,546	0,784	1,210	0,817	1,544	0,868	1,207
6	15,38	0,198	0,837	1,421	1,019	1,903	0,816	1,547	0,821	1,209	0,844	1,542	0,883	1,199
7	17,95	0,231	0,861	1,419	1,036	1,897	0,848	1,548	0,859	1,208	0,866	1,540	0,892	1,196
8	20,51	0,264	0,887	1,417	1,060	1,890	0,877	1,547	0,896	1,208	0,885	1,537	0,895	1,191
9	23,08	0,297	0,914	1,414	1,089	1,885	0,906	1,544	0,934	1,210	0,902	1,534	0,894	1,185
10	25,64	0,330	0,944	1,412	1,123	1,883	0,936	1,542	0,970	1,210	0,921	1,531	0,895	1,182
11	28,21	0,363	0,974	1,410	1,157	1,880	0,967	1,541	1,005	1,211	0,945	1,529	0,905	1,183
12	30,77	0,396	1,005	1,410	1,189	1,874	0,998	1,543	1,037	1,213	0,973	1,529	0,925	1,190
13	33,33	0,429	1,034	1,410	1,216	1,864	1,026	1,547	1,067	1,217	1,002	1,531	0,953	1,197
14	35,9	0,462	1,062	1,410	1,241	1,855	1,052	1,549	1,094	1,219	1,030	1,534	0,983	1,202
15	38,46	0,495	1,092	1,410	1,265	1,852	1,079	1,546	1,121	1,217	1,057	1,536	1,012	1,203
16	41,03	0,528	1,125	1,410	1,290	1,855	1,109	1,538	1,148	1,210	1,087	1,535	1,044	1,203
17	43,59	0,561	1,159	1,411	1,318	1,863	1,140	1,528	1,173	1,203	1,121	1,532	1,082	1,202
18	46,15	0,594	1,191	1,413	1,346	1,873	1,169	1,521	1,197	1,196	1,157	1,531	1,127	1,203
19	48,72	0,627	1,220	1,415	1,373	1,882	1,195	1,520	1,219	1,191	1,192	1,534	1,177	1,204
20	51,28	0,660	1,248	1,416	1,399	1,891	1,218	1,525	1,239	1,187	1,225	1,540	1,230	1,205
21	53,85	0,693	1,279	1,417	1,425	1,902	1,241	1,533	1,260	1,187	1,257	1,545	1,283	1,206
22	56,41	0,726	1,313	1,416	1,453	1,911	1,267	1,540	1,280	1,192	1,290	1,546	1,331	1,207
23	58,97	0,759	1,346	1,413	1,483	1,915	1,293	1,545	1,299	1,199	1,322	1,544	1,375	1,210
24	61,54	0,792	1,375	1,408	1,512	1,908	1,319	1,546	1,319	1,204	1,353	1,544	1,417	1,219
25	64,1	0,825	1,399	1,404	1,539	1,892	1,343	1,546	1,341	1,203	1,381	1,550	1,457	1,237
26	66,67	0,858	1,421	1,402	1,564	1,875	1,365	1,545	1,364	1,198	1,407	1,560	1,492	1,261
27	69,23	0,891	1,444	1,403	1,589	1,865	1,389	1,544	1,387	1,192	1,433	1,569	1,523	1,284
28	71,79	0,924	1,471	1,407	1,616	1,864	1,416	1,544	1,412	1,188	1,462	1,575	1,555	1,297
29	74,36	0,957	1,501	1,413	1,645	1,870	1,446	1,543	1,440	1,184	1,497	1,575	1,592	1,301
30	76,92	0,990	1,533	1,417	1,677	1,881	1,478	1,539	1,470	1,178	1,532	1,571	1,628	1,299
31	79,49	1,023	1,562	1,418	1,709	1,894	1,510	1,535	1,502	1,174	1,563	1,564	1,659	1,294
32	82,05	1,056	1,589	1,417	1,742	1,896	1,542	1,532	1,535	1,174	1,588	1,557	1,680	1,285
33	84,62	1,089	1,617	1,416	1,774	1,895	1,574	1,532	1,569	1,178	1,610	1,550	1,693	1,269
34	87,18	1,122	1,649	1,416	1,808	1,889	1,607	1,535	1,604	1,186	1,634	1,546	1,705	1,246
35	89,74	1,155	1,684	1,415	1,841	1,881	1,641	1,540	1,640	1,195	1,664	1,544	1,721	1,222
36	92,31	1,188	1,716	1,414	1,872	1,874	1,675	1,546	1,677	1,201	1,696	1,544	1,740	1,203
37	94,87	1,221	1,743	1,412	1,901	1,872	1,707	1,549	1,718	1,203	1,726	1,545	1,758	1,193
38	97,44	1,254	1,767	1,412	1,927	1,874	1,740	1,549	1,763	1,199	1,752	1,546	1,771	1,192
39	100	1,287	1,791	1,413	1,951	1,877	1,775	1,545	1,813	1,191	1,775	1,546	1,782	1,194

Tabel Koordinat C.G Total

C.G TOTAL			1A			1B			C.G TOTAL			2A			2B			C.G TOTAL			3A			3B		
frame	%	Time[sec]	x	y	x	y	frame	%	Time[sec]	x	y	x	y	frame	%	Time[sec]	x	y	x	y	frame	%	Time[sec]	x	y	
0	0	0,000	0,913	1,106	0,990	1,109	0	0	0,000	0,978	1,115	0,877	1,084	0	0	0,000	0,704	1,102	0,687	1,104						
1	2,326	0,033	0,940	1,123	1,016	1,117	1	2,632	0,033	1,001	1,118	0,906	1,092	1	2,564	0,033	0,726	1,108	0,710	1,107						
2	4,651	0,066	0,969	1,135,	1,042	1,124	2	5,263	0,066	1,025	1,121	0,935	1,097	2	5,128	0,066	0,751	1,113	0,735	1,114						
3	6,977	0,099	0,997	1,142	1,069	1,131	3	7,895	0,099	1,052	1,125	0,963	1,098	3	7,692	0,099	0,780	1,116	0,763	1,121						
4	9,302	0,132	1,023	1,145	1,094	1,138	4	10,53	0,132	1,079	1,126	0,990	1,099	4	10,26	0,132	0,810	1,118	0,793	1,126						
5	11,63	0,165	1,048	1,146	1,119	1,147	5	13,16	0,165	1,105	1,125	1,017	1,102	5	12,82	0,165	0,839	1,118	0,824	1,126						
6	13,95	0,198	1,071	1,146	1,144	1,154	6	15,79	0,198	1,134	1,122	1,045	1,105	6	15,38	0,198	0,868	1,117	0,855	1,124						
7	16,28	0,231	1,096	1,145	1,171	1,157	7	18,42	0,231	1,164	1,119	1,075	1,108	7	17,95	0,231	0,898	1,115	0,885	1,120						
8	18,6	0,264	1,122	1,147	1,200	1,154	8	21,05	0,264	1,198	1,116	1,106	1,109	8	20,51	0,264	0,928	1,111	0,916	1,117						
9	20,93	0,297	1,150	1,150	1,230	1,150	9	23,68	0,297	1,231	1,114	1,138	1,108	9	23,08	0,297	0,960	1,107	0,948	1,114						
10	23,26	0,330	1,178	1,153	1,259	1,145	10	26,32	0,330	1,261	1,112	1,170	1,107	10	25,64	0,330	0,991	1,106	0,981	1,112						
11	25,58	0,363	1,207	1,154	1,290	1,141	11	28,95	0,363	1,289	1,112	1,201	1,105	11	28,21	0,363	1,022	1,107	1,014	1,111						
12	27,91	0,396	1,238	1,152	1,321	1,139	12	31,58	0,396	1,314	1,113	1,230	1,104	12	30,77	0,396	1,050	1,109	1,044	1,110						
13	30,23	0,429	1,270	1,148	1,349	1,138	13	34,21	0,429	1,338	1,112	1,258	1,102	13	33,33	0,429	1,075	1,111	1,071	1,108						
14	32,56	0,462	1,300	1,145	1,370	1,137	14	36,84	0,462	1,363	1,108	1,285	1,099	14	35,9	0,462	1,098	1,111	1,094	1,107						
15	34,88	0,495	1,327	1,142	1,388	1,134	15	39,47	0,495	1,389	1,101	1,311	1,097	15	38,46	0,495	1,122	1,111	1,116	1,106						
16	37,21	0,528	1,352	1,139	1,407	1,130	16	42,11	0,528	1,417	1,097	1,337	1,095	16	41,03	0,528	1,147	1,111	1,141	1,107						
17	39,53	0,561	1,376	1,134	1,431	1,124	17	44,74	0,561	1,447	1,099	1,363	1,094	17	43,59	0,561	1,176	1,112	1,168	1,109						
18	41,86	0,594	1,402	1,129	1,457	1,119	18	47,37	0,594	1,476	1,104	1,391	1,092	18	46,15	0,594	1,208	1,114	1,195	1,112						
19	44,19	0,627	1,431	1,126	1,484	1,117	19	50	0,627	1,505	1,110	1,421	1,091	19	48,72	0,627	1,241	1,116	1,223	1,117						
20	46,51	0,660	1,461	1,127	1,509	1,118	20	52,63	0,660	1,534	1,113	1,452	1,092	20	51,28	0,660	1,273	1,117	1,251	1,121						
21	48,84	0,693	1,492	1,133	1,535	1,123	21	55,26	0,693	1,563	1,114	1,481	1,096	21	53,85	0,693	1,305	1,115	1,282	1,125						
22	51,16	0,726	1,520	1,140	1,562	1,130	22	57,89	0,726	1,593	1,114	1,511	1,102	22	56,41	0,726	1,336	1,114	1,316	1,126						
23	53,49	0,759	1,545	1,149	1,591	1,138	23	60,53	0,759	1,624	1,115	1,542	1,106	23	58,97	0,759	1,368	1,115	1,351	1,123						
24	55,81	0,792	1,570	1,157	1,619	1,148	24	63,16	0,792	1,656	1,116	1,573	1,107	24	61,54	0,792	1,400	1,119	1,385	1,119						
25	58,14	0,825	1,596	1,165	1,646	1,157	25	65,79	0,825	1,688	1,117	1,605	1,104	25	64,1	0,825	1,432	1,124	1,417	1,113						

Tabel Koordinat C.G Total

C.G TOTAL			1A		1B		C.G TOTAL			2A		2B		C.G TOTAL			3A		3B	
frame	%	Time[sec]	x	y	x	y	frame	%	Time[sec]	x	y	x	y	frame	%	Time[sec]	x	y	x	y
26	60,47	0,858	1,623	1,169	1,673	1,154	26	68,42	0,858	1,719	1,117	1,636	1,100	26	66,67	0,858	1,464	1,127	1,447	1,109
27	62,79	0,891	1,651	1,171	1,702	1,169	27	71,05	0,891	1,749	1,116	1,666	1,098	27	69,23	0,891	1,494	1,126	1,476	1,107
28	65,12	0,924	1,679	1,171	1,730	1,170	28	73,58	0,924	1,780	1,115	1,695	1,099	28	71,79	0,924	1,524	1,123	1,506	1,109
29	67,44	0,957	1,708	1,169	1,760	1,168	29	76,32	0,957	1,809	1,114	1,725	1,102	29	74,36	0,957	1,552	1,118	1,535	1,112
30	69,77	0,990	1,736	1,166	1,789	1,163	30	78,95	0,990	1,838	1,112	1,755	1,104	30	76,92	0,990	1,580	1,113	1,563	1,115
31	72,09	1,023	1,765	1,163	1,817	1,159	31	81,58	1,023	1,866	1,110	1,783	1,104	31	79,49	1,023	1,608	1,110	1,587	1,116
32	74,42	1,056	1,792	1,161	1,846	1,156	32	84,21	1,056	1,894	1,110	1,810	1,101	32	82,05	1,056	1,636	1,109	1,611	1,116
33	76,74	1,089	1,820	1,161	1,875	1,157	33	86,84	1,089	1,924	1,112	1,836	1,097	33	84,62	1,089	1,663	1,112	1,636	1,117
34	79,07	1,122	1,847	1,161	1,905	1,157	34	89,47	1,122	1,955	1,115	1,865	1,093	34	87,18	1,122	1,690	1,118	1,664	1,118
35	81,4	1,155	1,874	1,158	1,933	1,153	35	92,11	1,155	1,988	1,119	1,895	1,092	35	89,74	1,155	1,718	1,125	1,694	1,120
36	83,72	1,188	1,899	1,150	1,961	1,146	36	94,74	1,188	2,019	1,122	1,926	1,094	36	92,31	1,188	1,747	1,133	1,724	1,121
37	86,05	1,221	1,923	1,141	1,987	1,139	37	97,37	1,221	2,046	1,125	1,955	1,097	37	94,87	1,221	1,779	1,138	1,752	1,122
38	88,37	1,254	1,948	1,135	2,014	1,135	38	100	1,254	2,070	1,127	1,982	1,101	38	97,44	1,254	1,814	1,140	1,780	1,123
39	90,7	1,287	1,973	1,135	2,042	1,135								39	100	1,287	1,851	1,140	1,808	1,123
40	93,02	1,320	2,000	1,139	2,071	1,138														
41	95,35	1,353	2,027	1,145	2,099	1,143														
42	97,67	1,386	2,054	1,150	2,126	1,148														
43	100	1,419	2,080	1,155	2,153	1,153														

Tabel Perubahan sudut tiap bagian tubuh

1A			θcb	θdc	θid	θgf	θhg	θih	θji	θkj	θjl	θlm	θjn	θno
frame	%	Time[sec]												
0	0	0,000	140,9	100,8	103,6	110,3	59,2	76,9	94,7	60,7	78,3	91,4	102,8	105,2
1	2,326	0,033	144,3	96,9	102,9	98,3	52,4	80,3	94,3	61,8	81,0	91,9	99,1	101,2
2	4,651	0,066	145,7	93,9	100,9	91,3	46,5	83,4	94,5	62,0	83,1	92,7	97,5	97,4
3	6,977	0,099	144,3	92,3	98,0	88,5	43,3	86,4	95,3	61,1	84,9	94,4	97,5	94,3
4	9,302	0,132	141,1	92,1	95,7	88,2	42,5	90,1	95,7	59,5	87,3	97,4	97,6	92,1
5	11,63	0,165	137,5	92,4	94,6	89,6	43,4	95,0	95,0	58,4	90,2	101,6	96,2	90,9
6	13,95	0,198	134,4	92,2	94,3	93,3	45,8	100,3	93,6	58,3	92,7	106,3	93,6	90,6
7	16,28	0,231	132,6	91,2	93,7	99,4	50,3	104,8	92,3	58,8	94,3	111,2	91,3	90,6
8	18,6	0,264	132,5	89,7	92,2	107,4	56,9	108,0	91,4	59,3	95,3	115,7	90,0	90,1
9	20,93	0,297	133,9	88,4	90,3	116,4	64,6	110,3	90,9	59,4	96,3	119,5	89,3	89,0
10	23,26	0,330	135,9	87,3	88,8	126,0	72,4	112,2	90,5	59,1	97,6	121,8	88,8	87,7
11	25,58	0,363	137,2	86,1	87,4	136,2	80,0	113,3	90,1	58,8	99,2	123,0	88,6	87,2
12	27,91	0,396	137,4	84,7	85,7	145,7	87,6	113,3	90,2	58,5	100,2	123,7	89,1	87,7
13	30,23	0,429	136,5	83,1	83,6	154,4	95,1	112,4	90,3	58,0	100,5	124,5	89,8	88,6
14	32,56	0,462	135,6	81,5	81,7	163,2	101,9	111,6	90,2	57,7	100,1	125,0	90,2	89,2
15	34,88	0,495	135,3	79,6	80,6	172,2	106,7	111,6	89,7	58,1	99,8	124,4	90,3	89,2
16	37,21	0,528	135,2	77,3	79,9	178,1	108,7	112,1	89,3	58,5	99,9	122,3	90,2	89,0
17	39,53	0,561	134,0	74,6	79,2	177,2	108,0	112,3	89,4	58,0	99,9	119,2	90,5	88,8
18	41,86	0,594	129,2	71,5	78,2	169,7	105,6	111,7	90,3	56,4	98,9	116,1	91,1	89,2
19	44,19	0,627	119,5	67,6	77,6	159,9	102,8	110,1	91,4	54,9	96,6	113,6	92,1	90,3
20	46,51	0,660	108,1	62,4	78,2	151,4	100,5	108,2	91,8	55,0	93,7	111,0	93,5	92,0
21	48,84	0,693	98,4	55,8	80,6	145,2	98,7	106,4	91,5	57,1	91,2	107,4	95,1	94,3
22	51,16	0,726	90,6	48,7	84,4	141,5	97,0	104,8	91,2	59,5	89,7	102,7	96,7	96,4
23	53,49	0,759	84,8	42,9	88,7	140,1	95,4	102,7	91,6	60,5	89,2	98,2	98,2	97,7
24	55,81	0,792	81,8	39,9	92,1	140,6	94,3	99,4	93,2	59,2	88,9	95,5	99,8	97,9
25	58,14	0,825	82,5	40,0	94,7	141,4	93,9	95,2	95,2	56,7	88,4	94,3	101,6	97,7
26	60,47	0,858	86,3	43,4	97,0	141,0	93,5	91,2	96,7	54,3	87,3	93,6	103,2	97,8
27	62,79	0,891	92,0	49,2	99,8	139,4	92,5	88,6	97,0	53,0	85,6	92,5	104,2	98,9
28	65,12	0,924	99,3	56,5	103,0	137,6	90,7	87,2	96,4	52,8	83,5	91,2	104,8	101,2
29	67,44	0,957	108,2	64,0	106,1	136,2	88,7	86,5	95,4	53,8	81,3	90,2	105,2	104,4
30	69,77	0,990	118,2	71,5	108,3	135,1	87,4	85,9	94,4	55,6	79,4	89,6	105,3	108,0
31	72,09	1,023	128,9	78,8	109,6	134,4	86,6	85,1	93,4	57,4	77,9	89,2	104,7	111,2
32	74,42	1,056	139,9	86,2	110,1	134,7	85,7	84,1	92,5	58,2	76,9	88,7	103,6	113,8
33	76,74	1,089	150,7	93,4	109,8	136,1	84,2	83,0	91,9	57,5	76,2	88,3	102,6	115,9
34	79,07	1,122	159,8	99,8	108,8	137,5	82,6	81,6	91,8	55,6	76,1	88,2	102,3	116,8
35	81,4	1,155	165,8	104,3	107,9	137,9	81,1	79,8	91,9	54,0	76,6	88,7	102,7	116,2
36	83,72	1,188	168,0	106,5	107,3	137,6	79,7	77,8	92,3	53,7	77,4	89,7	103,3	114,6
37	86,05	1,221	166,3	106,6	106,9	137,0	77,8	75,8	92,7	54,4	78,2	90,9	103,5	113,2
38	88,37	1,254	160,9	105,4	106,2	134,6	74,9	74,4	93,3	55,0	79,1	91,4	102,7	112,3
39	90,7	1,287	152,9	103,9	104,7	127,9	71,0	73,8	93,9	54,7	80,2	91,3	101,0	110,9
40	93,02	1,320	145,2	102,3	102,6	117,0	66,3	74,6	94,5	54,1	81,5	91,3	99,1	107,8
41	95,35	1,353	141,0	100,6	100,3	105,8	61,2	76,4	95,0	53,9	82,6	91,9	97,7	103,1
42	97,67	1,386	141,3	98,8	98,0	97,3	56,3	78,9	95,3	54,3	83,8	93,4	97,5	98,1
43	100	1,419	145,6	97,1	95,7	91,3	51,5	81,7	95,6	55,1	85,0	95,5	98,3	93,6

Tabel Perubahan sudut tiap bagian tubuh

18														
frame	%	Time[sec]	θcb	θdc	θid	θgf	θhg	θih	θji	θkj	θji'	θlm	θjn	θno
0	0	0,000	144,7	98,5	101,4	97,8	56,7	77,5	97,6	55,0	89,1	92,0	101,2	93,1
1	2,273	0,033	142,0	96,6	100,1	93,8	50,5	83,2	96,2	58,8	89,4	92,0	97,0	90,0
2	4,545	0,066	138,8	94,6	98,8	91,5	46,1	88,5	95,2	61,2	90,4	94,8	93,5	87,8
3	6,818	0,099	136,9	92,8	97,6	91,6	43,9	93,4	94,4	62,1	91,7	100,5	90,8	87,3
4	9,091	0,132	137,6	91,3	96,6	93,6	43,6	97,9	93,4	62,0	92,5	107,1	88,4	87,4
5	11,36	0,165	140,0	90,4	95,5	96,4	45,2	102,2	92,2	61,8	92,5	113,7	86,6	87,6
6	13,64	0,198	142,1	90,0	94,0	100,6	49,5	106,1	90,9	62,3	92,4	120,2	85,1	88,7
7	15,91	0,231	143,1	89,8	92,1	107,7	56,2	109,5	90,2	63,0	93,2	126,1	87,2	91,0
8	18,18	0,264	142,8	89,3	90,0	118,4	63,8	111,9	90,1	63,0	94,6	130,3	89,1	93,0
9	20,45	0,297	142,2	88,3	87,8	130,0	71,4	113,1	90,3	62,0	96,2	132,8	90,8	93,1
10	22,73	0,330	141,9	86,7	85,8	138,5	79,1	113,2	90,4	60,6	97,2	134,0	91,6	91,1
11	25	0,363	141,5	84,7	84,1	144,7	87,1	112,8	90,4	59,4	97,6	134,4	91,4	88,6
12	27,27	0,396	140,3	82,8	82,7	151,9	95,2	112,3	90,2	58,6	97,6	133,9	90,8	87,8
13	29,55	0,429	137,6	81,2	81,7	161,7	102,2	111,5	90,1	58,0	97,4	132,5	90,4	89,8
14	31,82	0,462	134,1	80,0	80,8	172,2	107,0	110,7	90,2	57,5	97,6	130,4	90,5	93,2
15	34,09	0,495	131,5	78,7	79,7	178,7	109,0	110,1	90,6	57,6	98,0	128,0	90,8	95,2
16	36,36	0,528	130,6	76,8	78,3	178,8	108,7	110,2	91,1	58,7	98,2	125,6	91,1	94,1
17	38,64	0,561	129,5	74,2	76,9	172,1	107,0	110,8	91,3	60,0	97,7	123,1	90,9	90,9
18	40,91	0,594	125,3	71,2	76,0	161,1	104,9	111,3	91,3	60,7	96,3	120,1	90,2	87,2
19	43,18	0,627	117,1	67,5	76,1	151,3	102,7	111,0	91,4	60,3	94,5	116,3	89,7	85,7
20	45,45	0,660	107,2	62,4	77,4	146,2	100,3	109,8	91,7	59,6	92,7	111,4	90,3	87,8
21	47,73	0,693	98,7	55,8	80,1	145,2	97,8	108,1	92,3	59,1	91,1	105,7	92,1	92,2
22	50	0,726	92,7	48,8	83,9	146,2	95,6	106,1	92,9	58,9	89,8	100,4	94,9	96,1
23	52,27	0,759	88,8	43,1	88,5	147,5	93,9	103,6	93,5	58,2	88,8	96,3	97,5	97,9
24	54,55	0,792	86,6	40,3	93,1	148,1	92,8	100,6	94,1	57,1	87,9	93,5	99,2	98,2
25	56,82	0,825	86,4	40,6	96,6	147,5	91,8	97,7	94,5	56,3	86,7	91,5	100,2	98,5
26	59,09	0,858	88,5	43,5	99,0	146,0	90,8	95,2	95,0	56,2	85,3	89,9	100,9	100,1
27	61,36	0,891	92,9	48,4	100,8	144,4	89,6	92,8	95,5	56,4	83,9	88,6	101,6	103,1
28	63,64	0,924	98,8	54,6	103,0	134,4	88,5	90,5	95,7	56,3	82,3	87,7	101,9	106,3
29	65,91	0,957	105,0	61,9	105,6	143,2	87,4	88,5	95,4	56,1	80,3	87,5	101,8	109,5
30	68,18	0,990	111,5	69,9	108,1	143,5	86,3	87,1	94,6	56,3	78,3	87,9	101,7	112,5
31	70,45	1,023	119,7	78,1	109,6	144,0	85,0	86,2	93,9	56,5	77,2	88,2	102,2	115,0
32	72,73	1,056	130,7	85,9	109,7	143,9	83,6	85,1	93,8	56,0	77,7	88,2	103,7	116,3
33	75	1,089	143,8	92,9	108,7	142,7	82,3	83,6	94,1	54,9	78,9	88,1	105,5	116,1
34	77,27	1,122	156,2	99,0	107,3	141,0	80,7	81,8	94,5	53,8	80,1	88,3	106,6	114,9
35	79,55	1,155	164,5	103,7	106,0	139,9	79,0	79,8	94,7	53,6	81,0	89,0	107,0	113,1
36	81,82	1,188	166,2	106,5	105,2	139,6	76,9	77,7	95,0	54,4	82,2	89,8	106,6	111,7
37	84,09	1,221	161,3	106,4	105,2	137,7	74,6	75,8	95,4	55,8	83,7	90,3	105,9	110,7
38	86,36	1,254	153,5	103,8	105,5	131,0	71,6	74,7	95,9	57,3	84,9	91,0	104,5	109,7
39	88,64	1,287	147,7	100,4	105,4	120,1	67,3	74,9	96,4	58,7	85,3	92,2	102,5	107,6
40	90,91	1,320	145,7	97,5	104,5	107,9	61,7	76,7	96,6	59,7	85,5	93,8	100,6	104,2
41	93,18	1,353	146,0	95,2	102,8	97,1	55,6	79,5	96,8	60,0	86,4	95,7	99,5	100,7
42	95,45	1,386	145,8	93,4	100,9	89,6	50,4	82,7	96,7	59,9	88,1	97,4	99,2	98,3
43	97,73	1,419	144,1	92,1	98,9	87,3	47,2	85,7	96,4	60,2	90,1	98,7	99,0	97,4
44	100	1,452	141,3	91,1	96,7	89,2	45,5	88,5	95,8	61,0	92,1	99,4	98,5	97,5

Tabel Perubahan sudut tiap bagian tubuh

2A														
frame	%	Time[sec]	θcb	θdc	θid	θgf	θhg	θih	θji	θkj	θjl	θlm	θjn	θno
0	0	0,000	155,1	91,6	98,2	103,6	61,9	76,0	94,1	63,1	83,2	86,4	97,4	103,9
1	2,632	0,033	155,1	90,2	96,3	91,8	56,9	80,2	94,6	62,9	84,9	89,1	98,1	96,2
2	5,263	0,066	155,1	89,1	94,0	85,0	52,4	84,5	95,0	62,9	86,1	92,5	97,4	90,8
3	7,895	0,099	155,1	88,1	91,7	83,4	48,8	89,1	94,8	63,3	86,5	96,5	95,0	87,1
4	10,53	0,132	155,1	87,1	90,3	86,4	47,2	94,2	93,6	64,2	86,9	100,4	92,0	85,0
5	13,16	0,165	155,3	86,0	89,7	92,7	48,9	99,6	91,7	65,6	87,7	103,8	89,4	84,2
6	15,79	0,198	156,3	85,3	88,8	100,4	54,3	104,2	89,9	66,9	88,8	106,7	87,5	84,0
7	18,42	0,231	158,7	84,7	86,8	109,4	62,4	107,2	88,7	68,1	89,8	109,5	85,9	83,7
8	21,05	0,264	161,7	84,1	84,4	120,4	71,6	108,6	87,8	69,2	90,2	112,4	84,1	82,8
9	23,68	0,297	162,5	83,1	82,5	133,0	80,7	109,3	86,7	70,2	90,4	115,6	82,3	81,7
10	26,32	0,330	158,1	81,6	81,4	145,6	89,1	109,7	85,4	70,3	90,6	119,1	80,7	81,2
11	28,95	0,363	149,4	79,8	80,7	156,5	96,0	109,9	84,3	69,3	91,2	122,3	79,8	81,5
12	31,58	0,396	140,1	77,8	79,7	163,5	100,3	109,8	84,0	67,8	91,9	124,5	79,4	82,4
13	34,21	0,429	131,6	75,4	78,4	164,6	101,1	109,4	84,2	66,7	92,1	125,1	79,2	83,0
14	36,84	0,462	122,4	72,4	77,2	160,6	99,3	108,9	84,8	67,1	92,1	124,6	79,3	83,6
15	39,47	0,495	111,7	68,4	76,7	155,2	96,3	108,0	85,8	68,7	92,1	123,3	80,3	84,5
16	42,11	0,528	100,7	63,3	77,3	151,2	93,2	106,3	87,2	70,0	92,0	121,4	83,4	86,4
17	44,74	0,561	91,7	57,2	79,4	149,3	90,4	103,9	89,0	69,9	91,9	118,5	88,2	88,8
18	47,37	0,594	86,0	51,3	83,0	148,5	88,5	101,0	90,7	68,7	91,6	114,5	93,0	90,8
19	50	0,627	83,8	46,5	87,6	147,2	87,2	97,6	91,9	67,1	91,2	109,7	96,0	92,1
20	52,63	0,660	85,4	43,9	92,2	144,8	86,2	94,2	92,8	65,8	90,5	105,4	96,9	93,7
21	55,26	0,693	89,9	44,4	96,0	142,2	84,9	90,7	93,6	65,0	89,3	102,1	97,0	96,5
22	57,89	0,726	96,1	48,5	98,8	140,3	83,5	87,1	94,5	64,5	87,7	99,9	97,4	100,4
23	60,53	0,759	103,2	55,7	101,0	139,3	82,5	83,5	95,3	63,6	86,6	97,9	98,7	104,2
24	63,16	0,792	111,7	64,6	102,8	139,0	82,2	80,4	95,9	62,3	86,0	95,5	100,3	107,3
25	65,79	0,825	122,1	73,9	104,1	138,6	82,4	77,7	96,0	60,7	85,7	92,7	101,6	110,1
26	68,42	0,858	133,4	82,8	104,6	137,6	82,2	75,7	95,9	59,3	85,2	90,4	101,8	113,3
27	71,05	0,891	144,7	90,7	104,6	136,3	81,0	74,0	95,8	58,3	84,5	88,9	101,4	116,4
28	73,68	0,924	154,5	96,6	104,2	134,7	78,7	72,6	95,8	57,2	83,9	87,9	101,1	118,1
29	76,32	0,957	159,6	99,4	103,8	131,5	75,7	71,6	96,0	55,8	83,7	87,1	101,5	118,0
30	78,95	0,990	157,8	98,8	103,5	125,4	72,1	71,1	96,3	55,1	83,7	86,4	102,0	117,0
31	81,58	1,023	150,9	96,3	103,2	115,7	67,7	71,4	96,6	56,4	84,1	85,9	102,1	115,5
32	84,21	1,056	143,1	93,2	102,4	103,7	62,4	72,8	96,7	59,7	84,7	85,9	101,5	112,2
33	86,84	1,089	138,4	90,8	100,4	92,4	56,5	75,4	96,7	62,7	85,5	86,5	100,4	106,0
34	89,47	1,122	138,7	89,2	97,5	84,3	51,0	79,0	96,6	64,1	86,5	88,1	99,0	98,1
35	92,11	1,155	142,5	88,3	94,3	80,8	47,4	83,4	96,3	64,1	87,7	90,7	96,9	91,1
36	94,74	1,188	145,5	87,4	91,9	82,2	46,7	88,8	95,3	63,8	89,3	94,0	94,0	86,9
37	97,37	1,221	144,8	86,0	90,9	88,2	48,3	95,1	93,4	64,4	91,4	97,7	90,5	85,3
38	100	1,254	140,9	84,2	91,2	97,7	51,1	101,9	90,9	65,8	93,7	101,5	86,5	85,3

Tabel Perubahan sudut tiap bagian tubuh

2B			θcb	θdc	θid	θgf	θhg	θih	θji	θkj	θjl	θlm	θjn	θno
frame	%	Time[sec]												
0	0	0,000	134,9	94,7	103,4	111,3	68,1	73,8	95,6	65,6	82,6	85,6	104,3	115,0
1	2,632	0,033	139,1	91,5	101,4	101,5	61,5	75,1	96,7	63,2	84,8	87,0	103,4	107,7
2	5,263	0,066	141,9	89,3	99,4	92,6	55,3	77,6	97,4	62,0	86,4	89,2	102,7	101,1
3	7,895	0,099	143,5	88,0	97,4	85,9	50,2	81,8	97,5	62,6	87,7	92,2	102,0	96,4
4	10,53	0,132	144,9	87,5	95,3	82,7	46,6	87,0	97,0	64,4	88,8	95,7	100,6	93,4
5	13,16	0,165	146,0	86,9	93,3	83,3	45,1	92,5	95,8	66,3	90,0	99,1	98,0	91,4
6	15,79	0,198	145,6	86,1	91,6	87,4	46,2	97,6	94,1	68,0	91,1	102,1	94,1	89,3
7	18,42	0,231	143,2	85,1	90,0	95,0	50,7	101,9	92,2	69,6	91,8	105,0	89,8	87,4
8	21,05	0,264	139,8	84,0	88,4	105,8	58,4	105,3	90,6	71,1	92,1	108,5	86,4	86,0
9	23,68	0,297	137,5	83,1	86,5	119,3	67,6	107,5	89,6	71,5	92,3	112,7	85,0	85,4
10	26,32	0,330	137,1	82,2	84,1	133,3	76,9	108,6	89,3	69,9	93,1	117,0	85,5	85,2
11	28,95	0,363	137,6	81,4	81,6	145,6	85,9	108,7	89,5	67,0	94,3	120,6	87,1	85,3
12	31,58	0,396	136,4	80,4	79,5	156,1	94,4	108,5	89,6	65,1	95,4	123,0	88,6	85,8
13	34,21	0,429	132,1	78,9	78,1	165,0	101,2	108,5	89,2	65,8	95,8	124,8	88,7	86,6
14	36,84	0,462	125,3	76,6	77,4	170,3	104,6	108,4	88,6	67,8	95,5	126,5	87,4	87,0
15	39,47	0,495	118,1	73,4	77,1	169,1	104,4	108,2	88,5	69,0	95,0	128,1	86,2	86,5
16	42,11	0,528	111,7	69,6	76,8	161,8	101,4	107,8	89,1	69,0	94,8	128,6	85,8	85,6
17	44,74	0,561	105,5	65,2	76,7	154,4	97,2	107,1	90,2	68,5	94,6	127,3	86,1	85,4
18	47,37	0,594	98,4	60,2	77,4	151,4	93,2	106,1	91,2	68,4	93,9	124,2	86,9	86,4
19	50	0,627	91,4	54,4	79,7	151,6	90,6	104,5	92,0	68,6	93,0	120,2	88,4	88,2
20	52,63	0,660	87,2	48,6	83,9	151,5	89,6	102,0	92,5	68,5	92,2	115,3	91,0	90,1
21	55,26	0,693	86,6	44,5	89,3	149,4	89,1	99,0	92,8	67,5	92,0	109,6	94,1	91,5
22	57,89	0,726	88,3	43,2	94,2	147,7	88,2	95,9	93,2	66,2	92,0	103,9	96,8	92,8
23	60,53	0,759	90,4	45,3	97,5	149,4	86,5	92,8	93,9	65,5	91,8	99,1	98,4	94,9
24	63,16	0,792	92,9	50,8	99,7	153,6	85,3	89,6	94,8	65,7	90,9	95,6	99,1	99,0
25	65,79	0,825	98,3	58,9	101,6	156,2	84,5	86,2	95,6	66,0	89,5	92,9	99,3	104,7
26	68,42	0,858	108,8	67,7	103,6	154,0	84,2	83,3	95,9	66,0	88,1	90,7	99,6	110,7
27	71,05	0,891	123,1	76,2	105,3	148,6	83,7	80,9	95,7	65,8	86,9	88,8	100,2	115,3
28	73,68	0,924	137,6	84,2	106,2	144,4	82,5	79,1	95,2	65,3	85,9	87,5	100,7	118,0
29	76,32	0,957	149,6	91,5	106,1	142,1	81,1	77,5	95,0	64,3	85,0	86,9	100,9	119,7
30	78,95	0,990	156,7	97,5	105,6	139,2	79,3	75,9	94,9	62,9	84,0	86,7	100,5	121,5
31	81,58	1,023	157,0	101,1	105,1	133,9	76,8	74,7	94,9	61,5	83,4	86,9	99,6	123,8
32	84,21	1,056	152,2	101,8	104,9	126,9	73,7	73,7	95,0	60,7	83,0	87,3	98,9	125,3
33	86,84	1,089	147,2	100,0	104,4	119,8	70,1	72,9	95,4	60,5	82,9	87,9	98,9	124,1
34	89,47	1,122	144,6	97,2	103,2	112,5	66,1	72,4	96,2	60,3	83,2	88,7	99,7	119,3
35	92,11	1,155	143,7	94,5	101,2	104,4	61,4	72,7	97,2	59,9	84,1	89,6	100,8	112,3
36	94,74	1,188	143,2	92,4	99,0	95,9	56,5	74,5	97,8	60,2	85,5	90,8	101,4	105,5
37	97,37	1,221	142,2	90,4	97,2	88,0	51,7	78,1	97,5	62,1	87,0	92,6	101,3	100,1
38	100	1,254	141,3	88,3	96,1	80,8	47,3	83,3	96,5	65,0	88,5	95,1	100,4	95,6

Tabel Perubahan sudut tiap bagian tubuh

3A														
frame	%	Time[sec]	$\theta_{cb}$	$\theta_{dc}$	$\theta_{id}$	$\theta_{gf}$	$\theta_{hg}$	$\theta_{ih}$	$\theta_{ji}$	$\theta_{kj}$	$\theta_{jl}$	$\theta_{lm}$	$\theta_{jn}$	$\theta_{no}$
0	0	0,000	149,1	99,0	97,8	114,4	62,2	76,3	95,4	48,1	81,3	87,4	96,9	119,0
1	2,564	0,033	149,1	97,2	96,8	100,1	55,4	82,2	94,5	46,9	81,8	87,6	92,7	107,1
2	5,128	0,066	149,2	95,4	95,3	90,5	49,4	87,2	94,2	45,7	82,5	88,2	91,2	99,6
3	7,692	0,099	149,2	93,7	93,2	85,6	45,1	91,3	94,2	44,7	83,2	89,7	92,6	95,5
4	10,26	0,132	149,0	92,1	91,5	86,7	43,7	95,4	93,9	44,0	83,5	92,1	94,8	94,1
5	12,82	0,165	149,0	90,5	90,5	94,0	46,0	100,2	92,9	43,8	83,4	95,0	94,9	93,7
6	15,38	0,198	149,5	88,9	89,7	104,2	51,6	105,7	91,6	44,3	83,4	97,5	91,8	92,0
7	17,95	0,231	150,4	87,2	88,6	113,7	59,2	110,8	90,6	45,4	84,2	99,8	86,5	88,5
8	20,51	0,264	150,6	85,5	86,8	122,3	67,5	114,7	84,2	46,6	85,4	102,6	81,1	85,6
9	23,08	0,297	149,0	83,8	85,0	132,2	75,8	116,7	89,7	47,0	86,5	106,4	77,2	84,9
10	25,64	0,330	145,8	82,1	83,4	143,9	84,1	116,8	89,4	46,3	87,2	110,7	75,7	84,9
11	28,21	0,363	142,7	80,1	82,1	155,7	92,1	115,3	89,3	44,1	87,8	114,1	76,6	83,8
12	30,77	0,396	140,0	77,7	81,2	165,3	98,6	113,1	89,4	41,0	88,5	115,5	79,2	81,9
13	33,33	0,429	136,1	74,7	80,8	170,9	102,3	111,0	89,7	38,2	89,6	115,0	81,8	80,5
14	35,9	0,462	129,2	71,0	80,9	171,2	102,7	109,3	90,2	36,8	90,9	113,7	83,1	80,6
15	38,46	0,495	119,3	66,4	81,8	166,7	101,0	107,9	90,6	37,4	91,6	112,2	83,5	81,9
16	41,03	0,528	108,6	60,7	83,6	160,5	99,0	106,0	91,2	39,3	91,4	110,3	84,5	84,9
17	43,59	0,561	98,8	54,2	86,3	155,6	97,6	102,9	92,0	41,1	90,3	108,0	87,7	90,2
18	46,15	0,594	90,4	48,1	89,1	153,1	96,5	98,8	93,5	41,8	89,0	105,0	93,0	96,8
19	48,72	0,627	84,1	43,8	91,8	152,2	95,1	94,8	95,2	41,2	88,1	101,6	98,3	102,1
20	51,28	0,660	82,4	42,7	94,6	152,0	93,3	91,6	96,8	40,4	87,6	98,4	101,6	103,6
21	53,85	0,693	88,1	45,5	98,2	151,3	91,4	88,9	97,8	39,8	87,1	95,6	102,7	101,7
22	56,41	0,726	99,6	51,6	102,7	149,6	89,8	86,5	98,2	39,0	86,2	93,3	102,2	100,1
23	58,97	0,759	111,3	59,3	107,3	147,3	88,2	84,5	98,1	37,3	85,0	91,6	101,4	101,6
24	61,54	0,792	121,4	67,9	110,6	146,1	86,2	83,2	97,6	34,7	83,9	90,1	101,1	105,4
25	64,1	0,825	131,9	77,1	111,8	147,5	83,7	82,7	96,9	31,6	83,0	88,4	101,6	108,9
26	66,67	0,858	143,4	86,0	111,3	150,5	81,1	82,0	96,2	29,2	82,4	86,6	102,0	111,3
27	69,23	0,891	152,6	93,3	110,0	152,6	78,8	80,7	95,8	28,1	82,1	85,2	101,6	113,2
28	71,79	0,924	154,4	98,4	108,2	152,5	76,7	78,7	95,8	28,5	82,2	84,6	100,4	115,7
29	74,36	0,957	149,7	100,7	106,3	149,4	73,9	76,8	96,2	30,1	82,5	84,8	98,8	118,7
30	76,92	0,990	145,1	100,3	104,4	141,8	69,8	76,0	97,0	32,2	83,1	85,6	97,6	121,2
31	79,49	1,023	145,4	98,1	102,5	128,6	64,2	77,0	97,9	34,0	84,0	86,6	96,5	121,3
32	82,05	1,056	149,1	95,5	100,3	112,5	57,8	80,2	98,7	35,3	85,1	88,2	95,4	117,0
33	84,62	1,089	152,5	93,2	98,2	98,2	51,9	84,7	99,0	36,2	86,1	90,9	94,9	109,2
34	87,18	1,122	152,7	91,5	96,4	88,8	47,5	89,8	98,7	37,1	87,0	94,5	95,1	101,3
35	89,74	1,155	149,6	90,0	95,4	85,9	45,3	94,9	97,7	38,2	88,1	98,5	95,8	95,7
36	92,31	1,188	145,0	88,4	94,9	90,3	46,0	100,0	96,2	39,5	89,6	101,9	95,3	92,7
37	94,87	1,221	141,6	87,0	94,3	99,8	50,3	104,6	94,4	40,9	90,7	105,0	92,5	90,9
38	97,44	1,254	139,3	85,6	93,0	110,5	57,6	108,5	92,7	42,6	90,5	108,3	86,9	88,7
39	100	1,287	137,3	84,4	90,8	121,0	65,9	111,9	90,9	44,9	88,7	112,1	79,6	85,6

Tabel Perubahan sudut tiap bagian tubuh

38			θcb	θdc	θid	θgf	θhg	θih	θji	θkj	θjl	θlm	θjn	θno
frame	%	Time[sec]												
0	0	0,000	152,1	99,5	96,8	110,8	60,2	79,4	98,4	49,0	87,8	92,1	109,4	114,5
1	2,564	0,033	153,4	97,6	95,9	96,9	54,9	84,0	97,5	46,0	87,8	92,6	107,4	113,2
2	5,128	0,066	154,0	95,4	94,8	87,2	49,2	88,9	97,0	43,2	87,8	93,5	105,7	109,8
3	7,692	0,099	154,1	92,5	93,6	82,8	44,7	93,6	96,4	41,4	87,6	94,4	103,9	104,7
4	10,256	0,132	154,3	89,6	92,4	85,2	43,9	98,0	95,6	41,3	87,3	95,4	101,7	100,6
5	12,820	0,165	154,7	87,5	91,2	95,9	47,6	102,5	93,9	42,7	86,9	96,4	99,0	98,2
6	15,384	0,198	154,1	86,7	90,1	111,1	54,4	107,2	92,2	44,3	86,9	97,7	96,2	96,9
7	17,958	0,231	151,6	86,3	89,0	123,5	62,1	111,5	91,3	44,9	87,6	99,5	93,7	95,2
8	20,521	0,264	148,7	85,2	87,8	131,8	70,2	114,4	91,1	44,0	88,6	102,0	91,3	92,4
9	23,085	0,297	148,0	83,2	86,4	139,6	79,0	115,5	91,3	42,5	89,5	105,0	88,4	89,2
10	25,649	0,330	150,9	80,9	84,7	149,7	88,2	115,0	91,4	41,6	89,9	108,3	85,3	86,9
11	28,213	0,363	155,6	79,3	82,8	161,8	96,4	113,6	91,1	40,9	89,5	111,2	82,7	85,2
12	30,777	0,396	156,6	78,1	81,0	172,6	102,3	112,0	90,6	39,8	88,7	113,1	81,4	83,9
13	33,341	0,429	150,9	76,3	79,6	178,4	105,0	110,5	90,4	38,1	88,1	114,1	81,1	83,2
14	35,905	0,462	141,0	73,2	78,9	177,2	104,7	108,9	90,6	36,9	87,8	114,7	81,1	83,9
15	38,469	0,495	131,2	68,7	78,7	169,8	102,7	106,9	91,1	37,6	87,6	114,8	80,8	85,7
16	41,033	0,528	121,8	63,4	79,4	161,5	100,5	104,5	91,7	40,6	87,4	113,9	80,5	86,9
17	43,597	0,561	110,9	58,0	81,2	156,7	98,9	101,9	92,5	44,3	87,5	111,8	81,1	87,0
18	46,161	0,594	98,0	52,8	84,1	156,1	97,7	99,4	93,3	46,6	88,1	108,8	83,6	86,7
19	48,725	0,627	86,5	48,2	87,7	157,4	96,1	97,2	94,2	46,8	88,7	106,1	87,3	87,7
20	51,289	0,660	81,1	44,7	91,4	157,4	93,8	95,0	95,1	46,2	88,7	104,8	90,8	91,2
21	53,853	0,693	83,1	43,6	94,5	155,2	91,0	92,5	95,9	45,2	87,9	104,3	93,0	96,7
22	56,417	0,726	90,7	45,8	97,5	152,1	88,7	89,5	96,7	47,4	86,7	102,9	94,2	102,1
23	58,971	0,759	100,4	51,1	100,6	149,6	87,2	86,5	97,5	48,2	85,9	100,1	95,4	105,9
24	61,535	0,792	109,4	58,6	104,1	148,4	86,0	84,0	98,2	47,2	86,0	96,8	97,5	108,1
25	64,100	0,825	117,4	67,4	107,4	149,1	84,5	82,4	98,6	44,0	86,7	94,6	100,0	110,3
26	66,664	0,858	126,2	76,6	109,8	150,7	82,1	81,4	98,6	39,9	87,2	94,3	102,0	113,6
27	69,228	0,891	137,2	85,4	110,5	151,9	79,3	80,7	98,2	37,0	86,9	95,1	102,8	117,2
28	71,792	0,924	150,0	92,9	109,1	152,2	76,7	79,8	97,7	36,6	86,2	95,7	103,1	119,6
29	74,356	0,957	160,9	98,2	106,5	151,6	74,8	78,4	97,5	38,4	85,5	95,4	103,9	120,1
30	76,920	0,990	165,2	100,9	104,1	149,4	72,8	77,3	97,5	41,1	85,4	94,6	104,7	119,9
31	79,494	1,023	162,2	101,3	102,6	143,7	69,8	77,2	97,4	43,2	85,9	93,7	104,7	120,9
32	82,058	1,056	157,0	100,2	101,8	133,3	65,4	78,6	97,0	44,2	86,7	93,1	103,0	122,7
33	84,622	1,089	153,9	98,9	100,7	120,2	60,0	81,3	96,8	43,8	87,4	92,7	99,9	122,6
34	87,186	1,122	152,9	97,9	98,5	106,6	54,5	84,6	96,8	42,4	87,8	92,7	96,8	118,1
35	89,740	1,155	152,1	97,2	95,7	95,0	49,5	88,1	96,7	40,6	87,7	93,5	95,0	110,6
36	92,314	1,188	151,0	96,3	93,3	87,9	45,5	91,8	96,4	39,2	87,6	95,5	94,5	102,7
37	94,878	1,221	149,8	95,2	91,7	87,2	44,2	96,0	95,6	38,7	88,2	98,1	94,5	96,2
38	97,442	1,254	148,9	93,9	90,4	93,6	46,6	100,5	94,9	38,8	71,9	100,6	93,9	91,6
39	100	1,287	148,2	92,6	88,8	106,2	51,7	105,3	94,4	39,3	92,6	102,6	92,6	88,2



Penulis bernama lengkap Riffal Seyoaji dilahirkan di Surabaya pada tanggal 12 Mei 1987, yang merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan dari bapak Achmad Sirod dan ibu Retno Wulan. Dalam keseharian penulis lebih akrab disapa Riffal.

Pendidikan formal penulis dimulai tahun 1993 di SDN Kandangan II, kemudian melanjutkan ke SLTPN 1 Kandangan. Setelah lulus SLTP pada

tahun 2002 penulis melanjutkan studinya ke SMUN 2 Pare dan berhasil menamatkan pendidikan SMU pada tahun 2005. Karena kegemaran penulis dalam mempelajari fisika Mekanika penulis melanjutkan studi di jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya pada tahun 2005.

Semasa kuliah penulis aktif berorganisasi, Pemandu Pelatihan LKMM, menjadi asisten dosen, grader praktikum dan Tentor. Antara tahun 2006 sampai dengan tahun 2009 penulis pernah menjabat sebagai Kepala Departemen Umum di Organisasi Mahasiswa Jurusan Himpunan Mahasiswa Mesin, asisten dosen Statika Struktur dan Dinamika Teknik, grader Praktikum Mesin Dasar, Tentor Pelatihan Autocad dan Koordinator Asisten Lab.Desain. Selain itu penulis juga pernah berparatisipasi pada Program Kreativitas Mahasiswa serta pernah menyandang Juara 1 Lomba Indonesia Mechanical Engineering Competition. Penulis menyelesaikan studi di Teknik Mesin ITS Surabaya tahun 2009.

Email : [riffal\\_m48@me.its.ac.id](mailto:riffal_m48@me.its.ac.id)

[riffal.pe@gmail.com](mailto:riffal.pe@gmail.com)

Mobile : +6281703843793