# PERANCANGAN ANIMASI MODEL TIGA DIMENSI MENGGUNAKAN SISTEM NOTASI LABAN UNTUK GERAK TARI DENGAN PARAMETER KEYFRAME DAN MATRIK TRANSFORMASI

**Andy Pramono**

Jurusan Seni dan Desain Fakultas Sastra Universitas Negeri Malang

**Abstract**: Animated design for dancing is rare to find, even in the world of Dance Education. Same thing happens to Laban's notational movement as medium for dancing script. Most of the dances in Indonesia are either manually scripted in Laban's movement or visually documented by any visual recorder. This research was conducted using converted Laban's notational movement. The matrix of movement process is based on the matrix of 3-D data movement with direct kinematics and animated key frame parameter...

**Kata kunci**: animasi tiga dimensi, notasi laban, tari

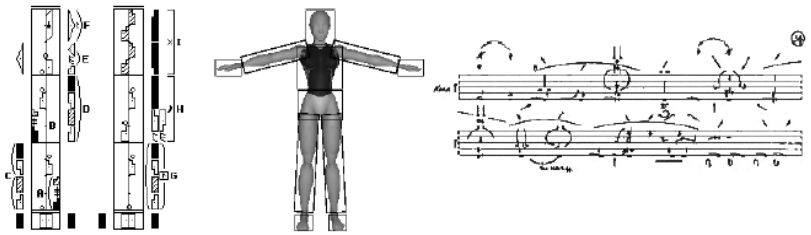
Saat ini perkembangan teknologi komputer sedemikian pesat, dan sudah dapat dirasakan oleh berbagai lini, baik dalam bidang musik, sosial, ekonomi, dan kehidupan manusia. Namun tidak untuk bidang koreografi seni tari, selama ini ada kesulitan dalam hal dokumentasi karya tari. Para seniman tari biasanya mendokumentasikan karya mereka dalam bentuk kaset video ataupun vcd, dan selama ini tidak didokumentasikan kedalam suatu notasi Laban, yaitu suatu standar internasional untuk notasi gerak tari & koreografi. Ada beberapa dokumentasi karya tari, namun apabila dipresentasikan kembali, hasil yang diperoleh tidak sama dengan karya tari yang sebenarnya. Hal tersebut dikarenakan penulisan karya tari dalam notasi laban masih manual, sehingga tidak diketahui apakah notasi yang telah dibuat sudah sesuai dengan karya tari sebenarnya. Memperhatikan hal tersebut di atas banyak karya cipta koreografi baik di Indonesia maupun manca negara yang belum didokumentasikan dengan menggunakan notasi Laban, pada hal notasi ini sudah menjadi suatu standar internasional sebagai notasi suatu karya koreografi. Permasalahan tersebut dicoba untuk dipecahkan melalui aplikasi konversi notasi Laban dan menvisualisasikan notasi Laban dengan pemodelan tiga dimensi, guna mempermudah penggunaan notasi Laban sebagai media dokumentasi karya koreografi tari.

Notasi Laban adalah suatu sistem untuk menganalisa dan merekam berbagai gerakan manusia. Dipublikasikan pertama kali oleh Rudolf von Laban pada tahun 1879-1958 dengan nama kinetographie. Di Amerika notasi Laban dikembangkan Ann Hutchinson, dan di Jerman dikembangkan oleh

Albrecht Knust dengan nama kinetographie Laban. (Schrott, 1991:200)

Notasi Laban tidak dihubungkan untuk suatu gaya tari tertentu. Berbeda dengan notasi Benesh yang didasarkan pada tari balet klasik. Notasi Laban berdasar pada gerakan alami manusia, dan tiap perubahan gerakan harus secara rinci dituliskan notasinya. Notasi ini berisi beberapa gambar tentang gerakan yang dilakukan, penulisan notasi ini tidak mengkoreksi gerakan tetapi melakukan gerakan.

Perbandingan notasi Laban dan notasi Benesh, adalah pada sistem penggambaran gerakan manusia pada pergerakan: pola lantai, arah, penempatan dan langkah, yang diimplemantasikan pada tarian tunggal dan kelompok, pada pergerakan badan, irama dan pengutaraan. Media kerjanya berbentuk ke samping. Notasi Laban menggambarkan pergerakan arah, penempatan, langkah, pergerakan badan, irama, dan perputaran. Media kerja berbentuk ke atas. Berikut digambarkan contoh notasi Laban.



Gambar1: Penggunaan Notasi Laban dan Notasi Benesh (Hutchinson,1991)

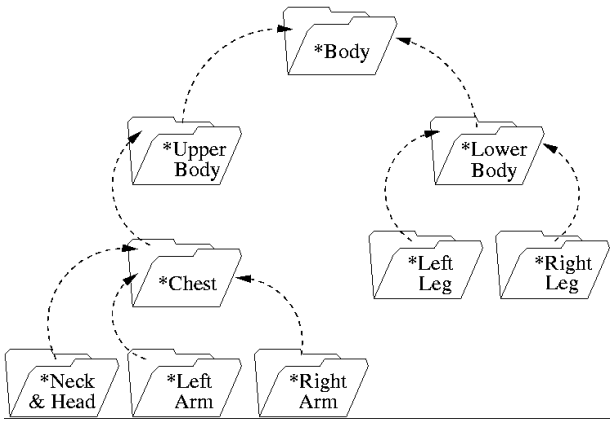
Suatu *Domain Specific Language* (DSL) untuk gambar, pertama menguraikan suatu versi tarian yang tidak reaktif yang dipengaruhi sebagian besar oleh notasi Laban. Metodologi untuk merancang DSL, adalah pertama melekatkan disain dalam bahasa yang fungsional, yang dapat diterima manusia, kemudian disalin ke prototipe bahasa baru. Ketika disain sudah dibuat dengan baik, pertimbangan dapat diberikan kepada suatu sintak dan ilmu semantik. Tarian tidak reaktif yang diilhami oleh Notasi Laban, pertama menggambarkan beberapa jenis data yang menangkap Notasi Laban seperti arah, tingkatan, dan jangka waktu. ”Arah” menghadirkan Notasi Laban yang secara langsung dari lambang dari figur 1(b), dan ”Tingkat” menangkap tingkatan, ”Waktu” lama bergeraknya suatu lambang.

Listing 1: Listing jenis data

Desain anatomi tubuh manusia dapat dengan singkat digambarkan sebagai suatu komposisi tulang. Tulang dibentuk oleh sekitar 206 tulang secara keseluruhan yang dipasang satu sama lain bersambungan, dan menjadi dasar bagi semua keseluruhan bentuk manusia. Manusia juga menggunakan istilah bagian badan untuk menyatakan keterhubungan antar bagian tubuh utama dari model manusia.

Jika ingin menghadirkan model manusia, penggunaan struktur sederhana tubuh manusia yang diusulkan oleh Gavrila. (Elliott, 1997:290). Dalam rangka mengha-

silkan suatu mode baru berdasar pada suatu pendekatan anatomi, orientasi dan posisi hubungan. Hirarki bagian badan terhubung seperti segmen garis yang mana pergerakan dijelaskan oleh keterhubungan antar bagian badan. Aspek implementasi keterhubungan, suatu struktur badan yang memelihara beberapa informasi umum, mencakup suatu topological struktur pohon. Topologi yang hirarki mengarahkan perkembangan gerakan dari akar ke pusat. Masing-Masing sambungan suatu badan diwakili oleh satu atau lebih titik dari pohon, tergantung derajat keterhubungan dari masing-masing posisi digambarkan ditempat dalam hubungan dengan titik hirarki tersebut (Elliott, 1997:292). *Body* (Gambar 2) merupakan pusat dari pergerakan tubuh manusia yang mana pergerakan selanjutnya dibagi bagian *Upper body (head, arm & neck)* dan seterusnya dan bagian *lower body (left & right leg)*.

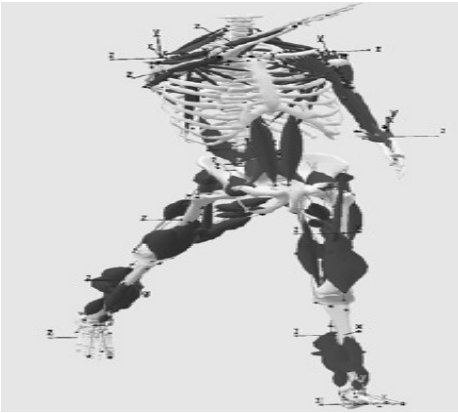



Gambar 2.: Hirarki keterhubungan bagian badan (Thalmann, 1988)

Struktur tubuh manusia sebagai model 3 demensi, yang dapat diuraikan dan diberi kode tertentu untuk melakukan keterhubungan bagian-bagian tubuh manusia. Struktur tersebut meliputi cakupan luas, dan mempunyai permasalahan yang harus dipecahkan. Keterhubungan dan penyampaian tubuh manusia, dalam kinematika dan dinamika. Kinematika adalah suatu ilmu mengenai pergerakan tanpa memusatkan pada kekuatan, yang mempengaruhi pergerakan. Kinematika dibagi menjadi kinematik langsung dan kinematika balikan.

.

Kinematika depan mendapatkan posisi dan orientasi dari segmen terakhir didalam suatu rantai kinematika dengan penjelasan sudut untuk tiap-tiap gabungan. Pada sisi lain, kinematika balikan menghitung sudut yang menghubungkan suatu rantai kinematika berdasar pada orientasi dan posisi pada segmen kinematika terakhir (Elliott, 1997:293). Gerakan dan struktur tubuh manusia dalam struktur 3 demensi, dapat digambarkan dalam gambar, dan tabel berikut ini



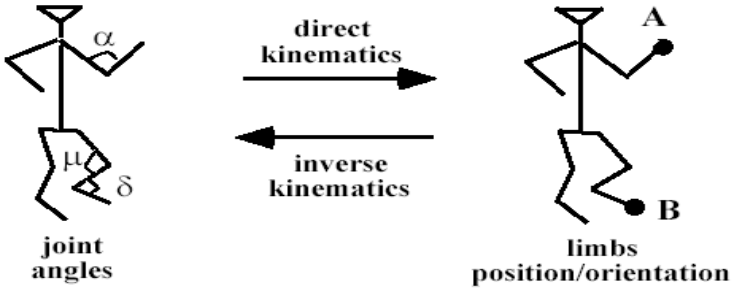
Gambar 2. Struktur perputaran pada tubuh manusia (Thalmann, 1988)

Dinamika berdasar hukum fisik dan menggunakan berbagai kekuatan dan tenaga gerak yang berbeda, menurut waktunya. Dinamika dibagi menjadi bagian dinamika ”depan” dan ”kebalikan”-nya. Dinamika depan menetapkan kekuatan dan tenaga gerak pada bagian badan. Dimana nilai-nilai kekuatan dan tenaga gerak dapat diketahui. Dinamika ”kebalikan” berhadapan dengan penentuan kekuatan dan tenaga gerak yang diperlukan untuk jangkauan yang diperlukan. Bagian badan untuk selanjutnya akan dikodekan seperti pada tabel 1

| Kode | Keterangan |
|---|---|
| 00 | Kepala |
| 01 | Badan Atas |
| 10 | Badan Bawah |
| 21 | Lengan Kanan Atas |
| 22 | Lengan Kanan Tengah |
| 23 | Lengan Kanan Bawah |
| 31 | Lengan Kiri Atas |
| 32 | Lengan Kiri Tengah |
| 33 | Lengan Kiri Bawah |
| 41 | Kaki Kanan Atas |
| 42 | Kaki Kanan Tengah |
| 43 | Kaki Kanan Bawah |
| 51 | Kaki Kiri Atas |
| 52 | Kaki Kiri Tengah |
| 53 | Kaki Kiri Bawah |

Tabel 1: Kode bagian badan

*Direct kinematic* dengan tegas menetapkan perputaran di sambungan bagian badan, yaitu perubahan bentuk lokal. Suatu perubahan posisi terjadi pada *direct kinematic* apabila terjadi perubahan sudut pada bagian tubuh yang mengalami perubahan posisi (Hudak, 1996:150). Perubahan bentuk global yang berbentuk keseluruhan badan, bila terjadi transformasi badan bawah. Disana terjadi satu perubahan bentuk geometris basis dasar perputaran. *Direct kinematic* dapat diamati pada gambar berikut ini.

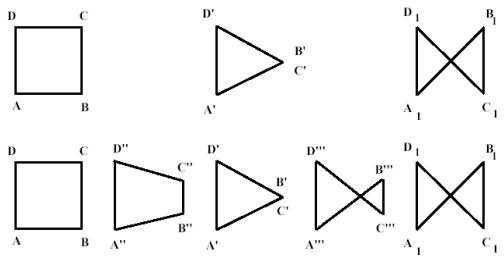



Gambar 3: Penggunaan Direct kinematic (Thalmann, 1988)

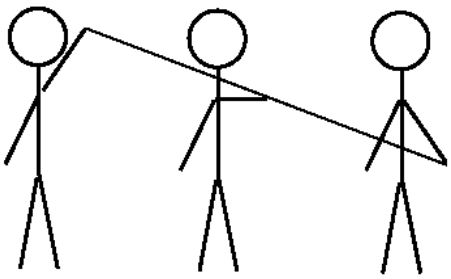
*Animasi parameter keyframe* adalah animasi yang didasarkan pada prinsip suatu kesatuan yang ditandai oleh parameter. Animator menciptakan keyframes dengan penetapan parameter yang sesuai waktu, parameter kemudian diinterpolasi dan gambar akhir akhirnya dapat tersaji secara langsung sesuai parameter yang dimasukkan (Hudak, 1996:160)

.

Prinsip yang mendasar pada paramater animasi keyframe ialah menggunakan linier interpolasi yaitu membuat frame diantara 2 keyframe yang ada, berdasarkan sudut dan waktu yang ada. *Animasi parameter keyframe*, dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 4. Linier Interpolasi (Thalmann, 1988)



Gambar 5: Penggunaan Linier Interpolasi Animasi pada tangan (Thalmann, 1988)

## METODE

Penelitian terapan ini menggunakan metode penelitian eksperimen dengan jenis data kuantitatif dan teknik pengambilan data dengan cara observasi dan dokumentasi. Data sample penelitian ini didapatkan dari mahasiswa dan dosen untuk mendapatkan data pendekatan pada tingkat transformasi gerakan perbagian tubuh manusia yang akan dijadikan dasar untuk menentukan tingkat ergonomik gerakan manusia serta imple-

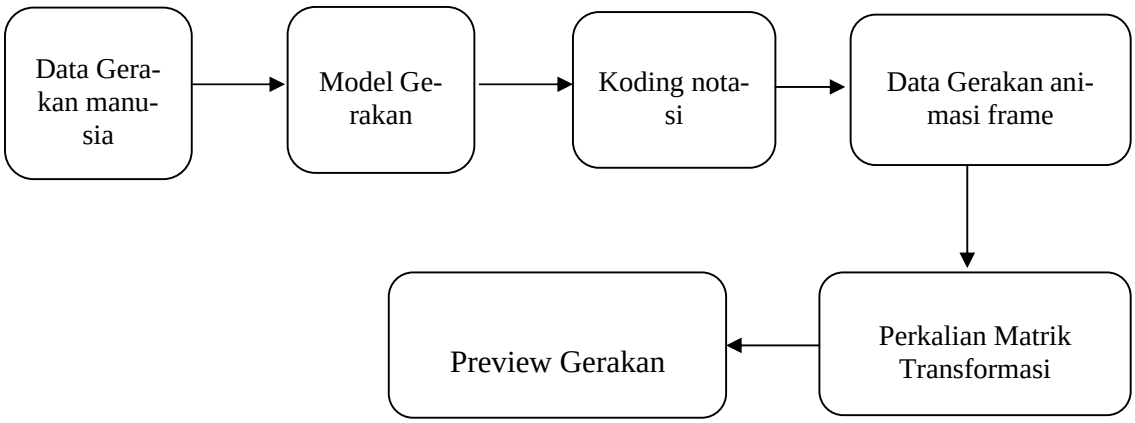
mentasinya pada animasi parameter *key-frame* dari model 3 dimensi.

**Konsep penelitian Editor Notasi Laban**

Pada konsep penelitian editor notasi laban dalam pemrosesan dan pemetaan gambar ini data diambil dari pemilihan notasi yang akan dilakukan dengan cara pemilihan gambar dari data yang diberikan, kemudian akan terjadi proses penterjemahan menjadi notasi Laban. Editor notasi tersebut akan dihasilkan rangkaian notasi hasil dari pemilihan gambar. Tujuan dari proses editor notasi Laban dalam pemrosesan dan pemetaan gambar ialah untuk mendapatkan data dokumentasi gerakan-gerakan tari yang diwujudkan dalam bentuk notasi Laban, sekaligus dapat menyimpan notasi dan mencetak dokumentasi tersebut.

Untuk mencari model gerakan yang sesuai dengan gerakan tubuh manusia, mulai dari gerakan kepala sampai dengan kaki, pengambilan data dilakukan dengan pengukuran langsung. Setelah itu ditentukan model yang sistemik. Tahap selanjutnya memetakan notasi Laban untuk dapat ditentukan kode per notasi yang ada pada setiap bagian tubuh, selanjutnya dari data ini akan dilakukan proses transformasi kedalam media rangkaian notasi Laban untuk dapat dilakukan proses penambahan notasi atau editing notasi yang sudah dipilih. Apabila langkah editor sudah selesai, langkah selanjutnya adalah proses penyimpanan data yang selanjutnya dapat dilakukan proses pencetakan notasi Laban

.




Gambar 5: Blok diagram implmentasi sistem Editor Notasi Laban

Pada tahap konversi notasi Laban dilakukan konversi menjadi teks kode Laban. Proses ini diterapkan berdasarkan perbagian tubuh, antara lain: kepala, tangan, badan, dan kaki. Untuk tangan dibagi menjadi 3 bagian, yaitu lengan atas, lengan tengah dan lengan bawah. Untuk Kaki dibagi menjadi 3 bagian, yaitu Kaki atas, Kaki tengah dan Kaki bawah. Model tubuh manusia harus memilih suatu penyajian yang sesuai. Tubuh terdiri dari tulang dan hubungan antar tulang yang membentuk suatu struktur hirarkis pohon. Sebab tubuh adalah sangat kompleks, manusia memutuskan untuk menggunakan model tulang yang disederhanakan.

**Sudut Ergonomik Gerakan Manusia**

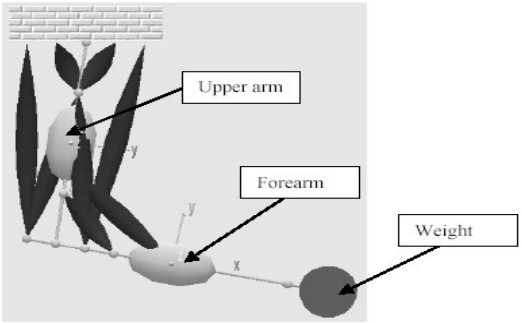
Berdasarkan penelitian yang dilakukan penulis terhadap sekitar 30 orang penari, yang terdiri dari dosen dan mahasiswa tentang analisa range sudut ergonomik gerakan manusia, maka dapat dideskripsikan sudut ergonomik gerakan manusia pada ke 15 bagian tubuh manusia sederhana

berdasarkan tingkatan umur. Hasilnya untuk sumbu X sekitar 80% memiliki korelasi negatif dan signifikan terhadap umur, sumbu Y sekitar 100% memiliki korelasi negatif dan signifikan terhadap umur. Juga sumbu Z sekitar 100% memiliki korelasi negatif dan signifikan terhadap umur.

Pergerakan sudut gerakan manusia secara ergonomik memiliki jangkauan minimum dan maksimum, yang hasilnya dapat dipaparkan pada tabel 2, yang merupakan dasar optimasi gerakan model 3 dimensi.

**Gerakan Bagian Tubuh Model Tiga Dimensi**

Bagian tubuh manusia dan bagian lain yang berhubungan disebut dengan multi-bodi sistem (Angel, 2001:220), yang mana keterkaitan gerakan dari bagian tubuh akan mempengaruhi bagian tubuh yang lain. Pergerakan yang terjadi pada satu atau beberapa bagian dari tubuh akan berpengaruh pada gerakan dan posisi bagian tubuh, sebab pada gerakan bagian tubuh induk akan berkorelasi langsung terhadap gerakan bagian tubuh lainnya. Sebagai contoh gerakan yang dilakukan pada lengan atas yang digerakkan ke atas, maka lengan tengah dan lengan bawah akan mengikuti gerakan yang terjadi pada lengan atas, seperti diperlihatkan pada gambar berikut ini.




Gambar 6: pergerakan pada lengan (Rasmussen, 2002)

Sedang untuk pergerakan perputaran perbagian dari tubuh seperti dipaparkan pada penelitian John, dkk; bagian tubuh sederhana memiliki gerakan perputaran pada sumbu X, Y dan Z. Namun perputaran tersebut tidaklah sama antara satu bagian dengan bagian yang lain. Sebab ini berkaitan dengan tingkat ergonomik gerakan bagian tubuh manusia. Untuk lebih jelas perputaran bagian tubuh manusia secara sederhana, pada model 3 dimensi dipaparkan pada tabel 3, berikut ini.

| Nama Obyek | Master Obyek |
|---|---|
| Kepala | Badan Atas |
| Badan Atas | Badan Bawah |
| Badan Bawah | |
| Lengan Kiri/Kanan Atas | Badan Atas |
| Lengan Kiri/Kanan Tengah | Lengan Kiri/Kanan Atas |
| Lengan Kiri/Kanan Bawah<br>Kaki Kiri/Kanan Atas<br>Kaki Kiri/Kanan Tengah | Lengan Kiri/Kanan Tengah<br>Badan Bawah<br>Kaki Kiri/Kanan Atas |
| Kaki Kiri/Kanan Bawah | Kaki Kiri/Kanan Tengah |

Tabel 2. Data Keterkaitan Bagian tubuh sederhana

## Bagian Tubuh Model Tiga Dimensi & Normalisasi

Proses ini dilakukan untuk mengetahui apakah besaran sudut yang dilakukan pada masing-masing frame gerakan dari bagian tubuh model tiga dimensi memenuhi syarat kondisi perputaran maksimum dari sudut perputaran yang dialokasikan per bagian badan.

Langkah ini dilakukan dengan membandingkan sudut perputaran yang didapat dari proses konversi data gerakan yaitu sudut X, Y dan Z, yang mana sumbu perputaran masing-masing obyek badan dapat dilihat pada tabel 3 diatas. Apabila data sudut perputaran masih memenuhi syarat maka proses dapat dilanjutkan namun apabila melebihi standar data ergonomik simulasi tubuh manusia dapat dilakukan normalisasi, yaitu pengisian data sudut gerakan dengan standar data ergonomik simulasi tubuh manusia. Dengan data ergonomik gerakan simulasi tubuh manusia yang dipaparkan pada tabel 4, dibawah ini.

| Bagian Tubuh | Perputaran |
|---|---|
| Kepala | XYZ |
| Badan Atas | XYZ |
| Badan Bawah | XYZ |
| Lengan Kiri Atas | XYZ |
| Lengan Kiri Tengah | YZ |
| Lengan Kiri Bawah | XY |
| Lengan Kanan Atas | XYZ |
| Lengan Kanan Tengah | YZ |
| Lengan Kanan Bawah | XY |
| Kaki Kiri Atas | XYZ |
| Kaki Kiri Tengah | XZ |
| Kaki Kiri Bawah | XY |
| Kaki Kanan Atas | XYZ |
| Kaki Kanan Tengah | XZ |
| Kaki Kanan Bawah | XY |

Tabel 3: Data sumbu perputaran Bagian tubuh sederhana

## Matrik Transformasi Model Tiga Dimensi

Setelah sudut perputaran gerakan sudah didapatkan maka dilakukan proses pembentukan matrik transformasi. Proses ini dilakukan dengan melakukan perkalian matrik dengan sudut perputaran gerakan untuk masing-masing obyek badan dari masing masing frame menggunakan metode kinematika langsung sehingga dapat terbentuk linier interpolasi dari animasi parameter keyframe. Proses pembentukan ini dilakukan mulai dari badan bagian bawah yang merupakan pusat gerakan tubuh manusia. Setelah Matrik transformasi untuk badan bagian bawah terbentuk untuk selanjutnya dilakukan proses perkalian matrik sesuai dengan struktur hirarki tubuh manusia. Secara lengkap “matrik transformasi” dipaparkan pada gambar chart berikut ini. Setelah matrik transformasi tiga dimensi pada obyek badan terbentuk, maka hasil dapat langsung dipresentasikan dengan terbentuknya animasi obyek tiga dimensi

.

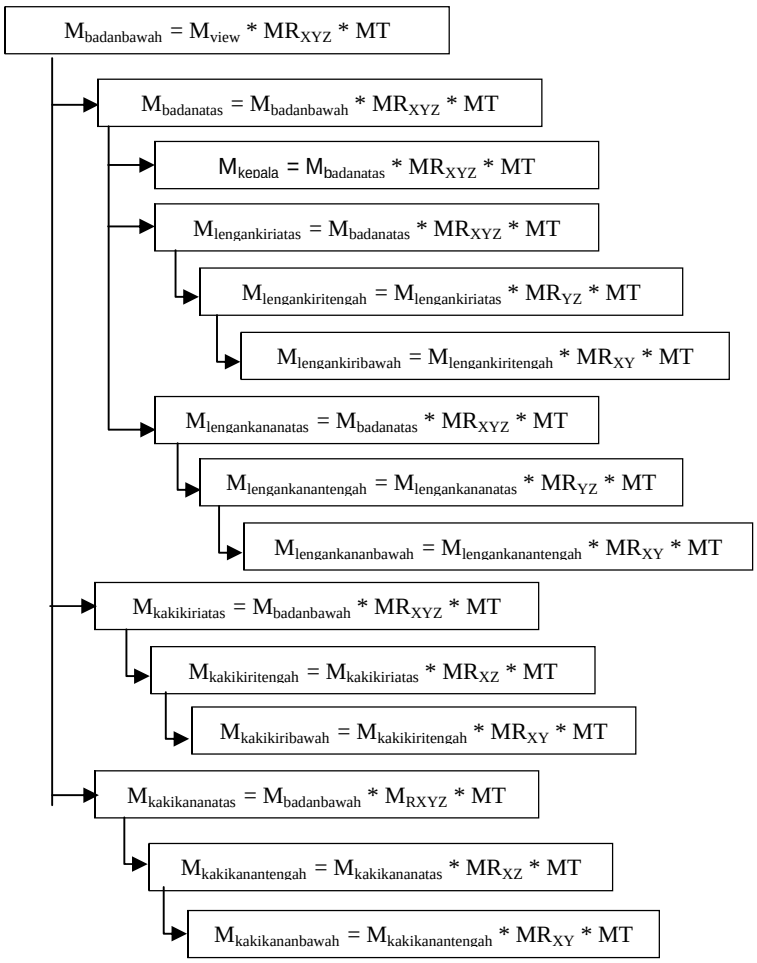



Chart Keterhubungan matrik transformasi model tiga dimensi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Observasi dan menganalisa system ini dilakukan pada gerakan melompat dengan posisi tangan mengarah keatas kode laban yang didapatkan berdasarkan notasi yang digambarkan pada score.

Berdasarkan tabel 5 tersebut diatas, gerakan yang dilakukan pada posisi kaki kiri melompat ke arah belakang, kaki kanan melompat kedepan, sedang kedua tangan dengan posisi mengangkat ke atas. Kode laban yang diinputkan ialah 41100515002140031400

Berdasarkan tabel 5 tersebut diatas, gerakan yang dilakukan pada contoh di atas posisi kaki kiri melompat ke arah belakang, kaki kanan melompat kedepan, sedang kedua tangan dengan posisi mengangkat ke atas. Kode laban yang diinputkan ialah 41100515002140031400, didapatkan dari obyek yang bergerak, dapat digambarkan pada tabel 5

| Obyek | Rotation | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | | | Y | | | Z | | |
| | **Status** | **Min** | **Max** | **Status** | **Min** | **Max** | **Status** | **Min** | **Max** |
| **Kepala** | T | -47 | 21 | T | -34 | 31 | T | -53 | 52 |
| **Badan Atas** | T | -20 | 15 | T | -24 | 19 | T | -32 | 33 |
| **Badan Bawah** | T | -79 | 24 | T | -31 | 27 | T | -71 | 67 |
| **Tangan Kiri/Kanan** | | | | | | | | | |
| **Lengan Atas** | T | -69 | 173 | T | -49 | 155 | T | -86 | 82 |
| **Lengan Tengah** | T | 0 | 125 | F | 0 | 0 | T | -65 | 68 |
| **Lengan Bawah** | T | -73 | 80 | T | -33 | 43 | F | 0 | 0 |
| **Kaki Kiri/Kanan** | | | | | | | | | |
| **Kaki Atas** | T | -51 | 77 | T | -25 | 73 | T | -86 | 70 |
| **Kaki Tengah** | T | 0 | 111 | F | 0 | 0 | T | -33 | 40 |
| **Kaki Bawah** | T | -72 | 20 | T | -17 | 16 | T | -25 | 20 |

Tabel 4.: Besar sudut ergonomik gerakan bagian tubuh sederhana

| Gerakan & Notasi Laban | Kode Laban |
|---|---|
| | **41100515002140031400** |

Gambar 7: Implementasi notasi laban kedalam kode laban

.

| Obyek Badan | Notasi Laban | Kode Laban |
|---|---|---|
| Kaki Kiri Atas<br>Gerak kebelakang N | | 51500 |
| Kaki Kanan Atas<br>Gerak kedepan N | | 41100 |
| Lengan Kiri Atas<br>Gerak keatas H | | 21400 |
| Lengan Kanan Atas<br>Gerak keatas H | | 31400 |

Tabel 5: Analisa Objek badan yang bergerak

Setelah didapatkan obyek badan yang mengalami pergerakan selanjutnya proses transfer data gerakan disini akan dilakukan pembentukan format data gerakan berjumlah 60 digit yang terdiri dari jumlah obyek badan sebanyak 15 obyek badan

sedangkan masing-masing obyek badan terdiri dari 4 digit yang terdiri dari data gerakan rotasi x, data gerakan rotasi y, data gerakan rotasi z, data dimunculkan pada t.

kode Laban. Sedangkan susunan 60 digit berdasarkan susunan penulisan obyek badan pada score notasi Laban, adalah sebagai berikut.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LKaB | LKaT | LKaA | BA | KKaB | KKaT | KKaA | KKA | KKT | KKB | BB | LKA | LKT | LKB | KPL |

LKB : Lengan Kiri Bawah LKT : Lengan Kiri Tengah LKA : Lengan Kiri Atas BA : Badan Atas

KKB : Kaki Kiri Bawah KKT : Kaki Kiri Tengah KKA : Kaki Kiri Atas KKaA : Kaki Kanan Atas

KKaT : Kaki Kanan Tengah KKaB : Kaki Kanan Bawah BB : Badan Bawah LKaA : Lengan Kanan Atas

LkaT : Lengan Kanan Tengah LKaB : Lengan Kanan Bawah KPL : Kepala

Tabel 6: Susunan Data Gerakan

Setelah dilakukan proses data gerakan maka didapatkan susunan data gerakan sebagai berikut:

000000004001000000000000100150010000000000004001000000000000

Gambar 8 : Data gerakan

## KONVERSI DATA GERAKAN NOTASI LABAN MENJADI SUDUT GERAKAN

Proses selanjutnya ialah proses pembentukan sudut gerakan berdasarkan data gerakan yang ada, besarnya sudut untuk masing-masing obyek badan mengacu pada tabel perputaran dari masing-masing obyek badan. Melihat dari data gerakan pada gambar 8, maka pergerakan yang dapat dilihat pada obyek bagian lengan kiri atas yang terdapat pada perputaran sumbu x, kaki kiri atas terdapat pada perputaran sumbu x, kaki kanan atas terdapat pada perputaran sumbu x, lengan kanan atas terdapat pada perputaran sumbu x. Untuk besarnya sudut yang terjadi dari masing-masing obyek badan dipaparkan pada tabel 7.

| Obyek Badan | Data Gerakan | X | Y | Z |
|---|---|---|---|---|
| LKA | 4001 | 172 | 0 | 0 |
| KKA | 1001 | 18 | 0 | 0 |
| KkaA | 5001 | -25 | 0 | 0 |
| LKaA | 4001 | 172 | 0 | 0 |

Tabel 7 : Data Sudut Gerakan

## VISUALISASI GERAKAN TIGA DIMENSI DENGAN TRANSFORMASI TITIK

Pada Proses Pembentukan visualisasi gerakan 3(tiga) dimensi dengan transformasi titik berdasar data gerakan, merupakan proses melalui perkalian matrik dari masing-masing obyek badan, dan akan dilakukan proses perkalian matrik melalui keterhubungan matrik transformasi model 3(tiga) dimensi.

Pada tahap pembentukan animasi parameter keyframe besar sudut hasil proses transformasi dengan terbentuknya 11 frame,

mulai dari gerakan normal menjadi gerakan melompat dengan tangan bergerak keatas memiliki tingkat ketercapaian nilai sudut gerakan ergonomic sebesar 100%. Dari gerakan ke 4 obyek badan, sudut gerakan keyframe terhadap sumbu X dari masing-masing obyek badan, dihasilkan cakupan gerakan ergonomik.

| Gerakan Obyek Badan | Sudut Ergonomic Obyek Badan | | | Sudut Gerakan Obyek Badan | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| Tangan Kiri Atas | -69 s/d 173 | -49 s/d 155 | -86 s/d 82 | 172 | 0 | 0 |
| Tangan Kanan Atas | -69 s/d 173 | -49 s/d 155 | -86 s/d 82 | 172 | 0 | 0 |
| Kaki Kiri Atas | -51 s/d 77 | -25 s/d 73 | -86 s/d 70 | 18 | 0 | 0 |
| Kaki Kanan Atas | -51 s/d 77 | -25 s/d 73 | -86 s/d 70 | -25 | 0 | 0 |

Tabel 8 : Analisa Sudut Gerakan

Dari sini didapatkan posisi model 3 dimensi yang baru berdasarkan pergerakan yang dilakukan pada bagian obyek badan yang bergerak. Sebelum dilakukan proses perkalian matrik didapatkan data obyek badan keseluruhan adalah sebagai berikut.

*BA: x=0 y=5.5 z=1, BBwh: x=0 y=1 z=1,*
*Kepl: x=2.59999999999997 y=146.25 z=1*
*TKB: x=8.74073687627047E-07 y=0.100000000000043 z=1*
*TKT: x=5.89263160198009E-07 y=3.00000000000003 z=1*
*TKA: x=1.96421053399336E-07 y=7.00000000000001 z=1*
*TKaA: x=1.96421053399336E-07 y=7.00000000000001 z=1*
*TKaT: x=5.89263160198009E-07 y=3.00000000000003 z=1*
*TKaB: x=8.74073687627047E-07 y=0.100000000000043 z=1*
*KKB: x=-0.224998821473673 y=-12.2500000589263 z=1*
*KKT: x=8.34789476947179E-07 y=-8.49999999999996 z=1*
*KKA: x=2.4552631674917E-07 y=-2.49999999999999 z=1*
*KKaA: x=2.4552631674917E-07 y=-2.49999999999999 z=1*
*KKaT: x=8.34789476947179E-07 y=-8.49999999999996 z=1*
*KKaB: x=-0.224998821473673 y=-12.2500000589263 z=1*

Setelah dilakukan proses perkalian matrik berdasarkan data sudut gerakan dari 4 obyek badan yang mengalami perubahan gerakan didapatkan data sebagai berikut :

*BA: x=0 y=9.3859436161578 z=1,*
*BBwh: x=0 y=4.8859436161578 z=1*
*Kepl: x=2.59999999999997 y=196.767267010051 z=1*
*TKB: x=1.85041410527626 y=21.5914572505733 z=1*
*TKT: x=1.24747018333231 y=18.754829212393 z=1*
*TKA: x=0.415823394444104 y=14.8422388149029 z=1*
*TKaA: x=0.415823394444104 y=14.8422388149029 z=1*
*TKaT: x=1.24747018333231 y=18.754829212393 z=1*
*TKaB: x=1.85041410527626 y=21.5914572505733 z=1*
*KKB: x=-9.25407796402366 y=-4.14369939889147 z=1*
*KKT: x=-6.31673060693016 y=-1.80166699283009 z=1*
*KKA: x=-1.85786194321475 y=2.21311696645548 z=1*
*KKaA: x=1.85786227179309 y=2.21311733137871 z=1*
*KKaT: x=-6.31673060693016 y=-1.80166699283009 z=1*
*KKaB: x=8.95297077709636 y=-4.47811282661065 z=1*

## PENUTUP

Berdasarkan bahasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode pemetaan string dapat digunakan sebagai konversi notasi Laban menjadi data gerakan yang menunjang visualisasi gerakan model 3(tiga) dimensi. Konversi notasi Laban tersebut berdasarkan sudut ergonomic gerakan tubuh manusia sederhana, ditunjang dengan teknik transformasi titik 3(tiga) dimensi dan perkalian matrik dapat menghasilkan visualisasi gerakan model 3(tiga) dimensi. Visualisasi model 3(tiga) dimensi tersebut hasilnya belum mencapai dalam bentuk tubuh manusia secara menyeluruh, perlu kiranya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang proses *skinning* model tiga dimensi agar terlihat relevansinya dengan tubuh manusia sebenarnya.

## DAFTAR RUJUKAN

Angel, E, 2001, *Interactive Computer Graphics:A Top-Down Approach with Open* GL, Third Edition

Elliott, C.,1997, Modeling Interactive 3D and Multimedia Animation With an Embedded Language. *Proceedings of the first conference on Domain-Specific Languages*, pages 285–296. USENIX, Oct. 2005.

Elliott, C., 1997, Functional reactive animation. *International Conference on Functional Programming*, 2005.

Hudak, P., (1996), Haskore Music Notation an Algebra of Music. *Journal of Functional Programming*, 6(3):465 483, May 2005.

Schrott, G.,1991. An Experimental Environment For Tasklevel Programming. *Proceedings of Second Int. Symposium on Experimental Robotics (ISER)*, pages 196–206, Toulouse, France, June 1991. Springer.