**BAB 2**

**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Pusat Massa**

Pusat massa merupakan posisi rata-rata dari sebuah atau sekumpulan objek berdasarkan massanya. Pusat massa sering disamakan dengan istilah pusat gravitasi. Dalam ilmu fisika, pusat massa umumnya digunakan untuk menyederhanakan persamaan gerak seperti momentum sudut dan momen inersia.

Pusat massa dapat terletak di dalam maupun di luar objek. Posisi ini merupakan titik dimana benda terpengaruhi apabila benda tersebut diberikan gaya. Jika kita mendorong sebuah objek tepat di titik pusat massanya, maka objek tersebut hanya berpindah dan tidak akan berputar dalam sumbu manapun.

Kalkulasi letak pusat massa suatu sistem dalam suatu sumbu dapat ditentukan dengan melakukan pembagian antara jumlah hasil perkalian titik sumbu dan massa tiap benda dengan total massa :

Dimana merupakan massa *segment*, merupakan pusat massa *segment* di sumbu x, merupakan massa total benda, dan merupakan pusat massa sistem di sumbu x.



Gambar 2.1 Sistem objek dalam suatu diagram kartesian

(sumber : <https://cdn.kastatic.org/ka-perseus-images/4cf588bbf9e241a4c6c8c13ab9c6eb582eca6f37.svg>)

**2.2 Pusat Massa Segment Tubuh Manusia**

Pada penelitian *R. A. Clark, A. L. Bryant, Y. Pua, P. McCrory, K. Bennell, and M. Hunt. “Validity and reliability of the Nintendo Wii balance board for assessment of standing balance”*, bahwa pusat massa *segment* umumnya dihitung dengan mencari persentase dari panjang *proximal end*. Sedangkan massa *segment* umumnya dihitung dengan mencari persentase dari total massa manusia.

Tabel 2.1 Persentase Massa Segment terhadap Massa Total

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Segment Mass Percents: | | |
| Segment | Males | Females |
| Head & Neck | 6.94 | 6.68 |
| Trunk | 43.46 | 42.58 |
| Upper Arm | 2.71 | 2.55 |
| Fore Arm | 1.62 | 1.38 |
| Hand | 0.61 | 0.56 |
| Thigh | 14.16 | 14.78 |
| Shank | 4.33 | 4.81 |
| Foot | 1.37 | 1.29 |

Tabel 2.2 Persentase Panjang Segment terhadap Proximal End

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Segment Mass Percents: | | | |
| Segment | Males | Females | End Points |
| Head & Neck | 50.02 | 48.41 | Top Of Head –C7 |
| Trunk | 43.10 | 37.82 | MidS - MidH |
| Upper Arm | 57.72 | 57.54 | SJC - EJC |
| Fore Arm | 45.74 | 45.59 | EJC - WJC |
| Hand | 79.00 | 74.74 | WJC - MCPIII |
| Thigh | 40.95 | 36.12 | HJC - KJC |
| Shank | 43.95 | 43.52 | KJC - AJC |
| Foot | 44.15 | 40.14 | Heel - Toe |

**2.3 BioVision Hierarchy Data**

*Format file* BVH merupakan ekstensi file yang berisi *hierachical strcuture* dan *motion data*. Sebuah *file* BVH dibagi kedalam dua bagian, bagian pertama diawali dengan *header* “HIERARCHY”, sedangkan bagian kedua ditandai dengan *header* “MOTION”.

Bagian HIERARCHY mendefinisikan satu atau lebih *skeleton* secara rekursif. Setiap *skeleton* diawali dengan satu *ROOT* yang merupakan akar dari *skeleton*. Kemudian diikuti dengan satu atau lebih *JOINT* yang merupakan tungkai. Diakhiri dengan *End Site* yang merupakan representasi panjang dari *JOINT* terakhir. Setiap bagian dibatasi dengan kurung kurawal. Apabila terdapat *JOINT* didalamnya, maka *JOINT* tersebut merupakan *child*.

Pendefinisian *ROOT* dan *JOINT* diikuti dengan nama dan berisi data tentang *OFFSET, CHANNELS,* dan *children*. *End Site* hanya memiliki *OFFSET* karena tidak akan dilakukan transformasi. *OFFSET* merupakan jarak relatif suatu *JOINT* terhadap *parent*-nya. *CHANNELS* merupakan urutan data berupa translasi kartesian dan rotasi *euler* yang akan didapatkan dari bagian *MOTION*.

Bagian *MOTION* berisi *Frames* (jumlah *frame* total), *Frame Time* (selisih waktu setiap *motion* data dalam satuan detik), diikuti dengan baris-baris *motion* *data*. Satu baris *motion data* merupakan isi dari *CHANNELS*. Setiap *motion data* dari kiri ke kanan di *mapping* kedalam *channels* dari atas ke bawah.



Gambar 2.2 Contoh Hierarki Skeleton

**2.4 Transformasi Matrix**

Dalam aljabar linier, untuk menentukan transformasi pada 3 dimensi diperlukan *matrix 4x4 homogenous coordinate*. Matriks ini mampu merepresentasikan translasi, rotasi, dilatasi dan proyeksi. Matriks T merupakan matriks transformasi translasi. Matriks R dibagi menjadi 3 (Rx, Ry, dan Rz) yang masing-masing merupakan matriks rotasi pada sumbu tersendiri. Dan Matriks S merupakan matriks *scaling* / dilatasi.

Dalam penelitian ini, digunakan *Column Major Matrices* dan *Right Handed Coordinate System. Column Major Matrices* menganggap kolom pertama adalah transformasi pada sumbu X, kolum kedua adalah transformasi pada sumbu Y, kolom ketiga adalah transformasi pada sumbu Z, dan kolom keempat merupakan vektor translasi. Perkalian matriks pada *Column Major Matrices* dilakukan dengan cara menempatkan matriks pertama pada posisi paling kanan sampai. Kemudian diikuti dengan matriks-matriks selanjutkan ke arah kiri. Contohnya ketika ingin melakukan translasi diikuti dengan rotasi maka notasi matriksnya adalah M = RT.

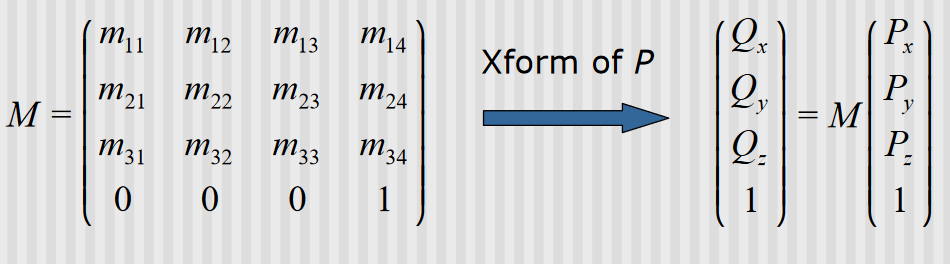
*Right Handed Coordinate System* merupakan cara menafsirkan kemana arah sumbu Z. Apabila kita menggunakan jempol kanan sebagai sumbu X, jari telunjuk kanan sebagai sumbu Y, maka jari tengah akan menunjukan arah positif dari sumbu Z. Perbedaan Left Handed Coordinate System dan Right Handed Coordinate System terletak pada arah positif sumbu Z yang masing-masing saling membelakangi.



Gambar 2.2 Left Handed Coordinates dan Right Handed Coordinates

(sumber : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b2/3D_Cartesian_Coodinate_Handedness.jpg/220px-3D_Cartesian_Coodinate_Handedness.jpg>)

Pada *affine transformation*, *subscripts* m11, m12, m13, m21, m22, m23, m31, m32 dan m33 mempengaruhi transformasi rotasi dan dilatasi, sedangkan *subscripts* m14, m24, dan m34 mempengaruhi translasi. Dikarenakan perkalian pada matriks tidak bersifat komutatif (TRS ≠ SRT ) urutan transformasi dilakukan dari dilatasi, kemudian diikuti oleh rotasi, dan kemudian di akhiri dengan translasi. Secara notasi rumusan dapat ditulis M = TRS.



Gambar 2.3 Pengaplikasian transformasi matrix 4x4 dalam 3D

**2.5 Euler Rotate Order**

Pada transformasi 3D menggunakan matrix, terdapat order rotasi yang biasanya menjadi konvensi transformasi dalam suatu sistem. Konvensi ini disebut *Euler Rotate Order*. Pada *format file BVH* sebagaimana yang digunakan dalam penulisan ini, *rotate order* yang digunakan adalah *ZXY*. *ZXY rotate order* berarti transformasi rotasi dilakukan 3 kali, diawali dengan rotasi di sumbu Z, kemudian rotasi di sumbu X, dan diakhiri rotasi di sumbu Y.

Pada umumnya, *rotate order* akan selalu konsisten untuk mencegah *gimbal lock*. *Gimbal lock* merupakan keadaan dimana salah satu sumbu putar sama dengan sumbu putar lainnya. Keadaan ini mengakibatkan dua sumbu putar menghasilan hasil perputaran yang sama sehingga transformasi rotasi tiga dimensi tidak dimungkinkan.

Untuk menghindari *gimbal lock*, dapat dilakukan dengan menggunakan notasi *quaternions* dalam melakukan transformasi rotasi. Akan tetapi pada penelitian ini, semua rotasi telah didefinisikan dengan *rotate order* Rz, Rx, Ry maka tidak perlu menggunakan *quaternions* untuk mendapatkan rotasi yang konsisten.

**2.6 Transformation Inheritance**

asd

**2.7 World Model View Projection Matrices**

asd

**2.9 Linked List**

asd