

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Objek Penelitian

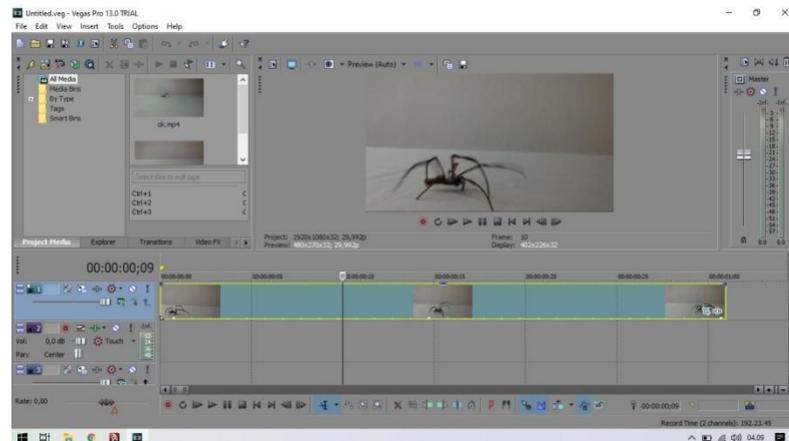
Obyek penelitian ini berfokus pada pergerakan hewan Laba-laba. Jenis Laba-laba yang digunakan adalah Laba-laba jenis (*Nephila Inaurata*) atau kemlandingan. Sample penelitian diambil dari satu Laba-laba dengan struktur tubuh lengkap, dipilih Laba-laba yang terbaik dan tidak cacat. Pergerakan Laba-laba meliputi gerak berjalan pada bidang datar.

Gerakan hewan Laba-laba yang akan dilakukan berpusat pada kaki jalan, dengan setiap pasang kaki akan dilakukan pengukuran sudut derajat kebebasan tulang. Tujuan dari pengukuran derajat tulang adalah untuk mengetahui batasan-batasan sudut gerakan pada tulang kaki hewan Laba-laba, serta untuk mengetahui hubungan antar tulang agar simulasi gerakan terlihat natural sesuai dengan obyek Laba-laba asli. Tujuan lain dari pengamatan hewan Laba-laba adalah untuk mengetahui pola gerakan umum saat berjalan.

4.2. Analisis Dan Perancangan

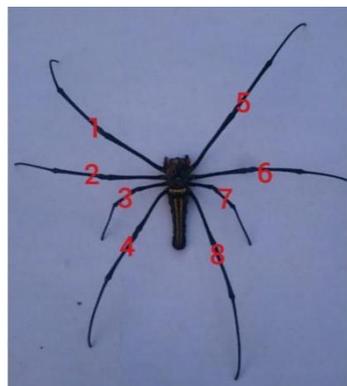
4.2.1. Analisis Gerakan Laba-laba

Analisis gerakan Laba-laba didapatkan dari hasil pengamatan langsung pada hewan Laba-laba yaitu bertujuan untuk mengetahui pola pergerakan kaki pada saat berjalan. Pengamatan dilakukan dengan mengambil *sample video (live shoot)* pada hewan Laba-laba. Dalam tahap analisis gerakan Laba-laba diambil posisi *angle* yang terbaik, yaitu Laba-laba dapa satu sisi samping, untuk melihat jalan hewan Laba-laba dapat terlihat dengan mudah. Hasil pengambilan video dimasukkan dalam program *Vegas Pro 13.0* kemudian di-*play* dengan mode *slow motion*.



Gambar 4.1 Video Laba-Laba Pada Aplikasi Vegas Pro

Sebelum melakukan analisis gerakan, selanjutnya memberikan penomoran pada setiap kaki hewan Laba-laba. Tujuan pemberian nomor adalah untuk mempermudah dalam menganalisis pergerakan kaki Laba-laba. Pemberian nomor diawali dari kaki sebelah kanan bagian ujung yaitu 1, 2, 3, dan 4. Kaki sebelah kiri 5, 6, 7 dan 8. Pemberian nomor kaki hewan Laba-laba dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.2 Penomoran Kaki Hewan Laba-laba

4.2.2 Analisis Jalan Laba-laba

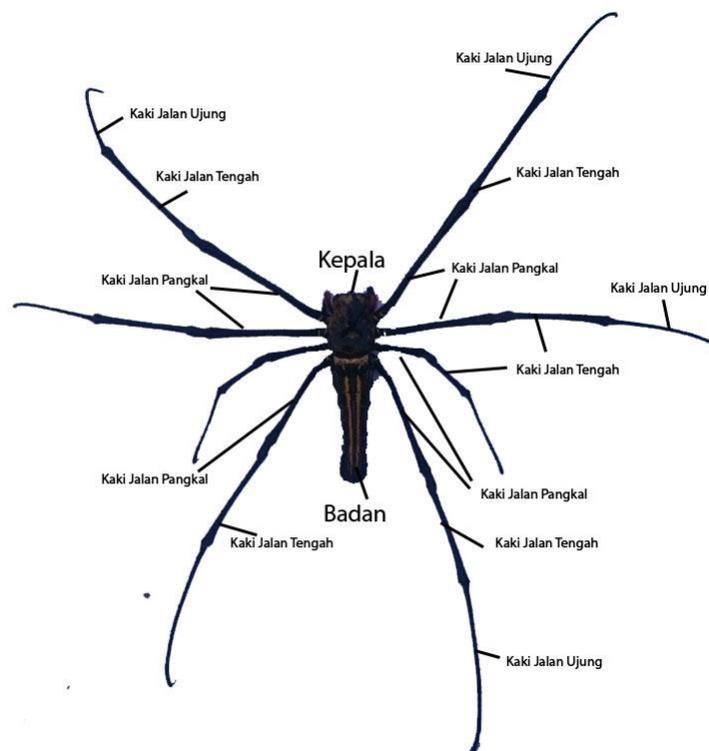
Analisis jalan Laba-laba pada bidang datar dilakukan dengan durasi waktu selama 10 detik atau sebanyak 30 frame.

Tabel 4.1 Analisis Pola Pergerakan Jalan Laba-laba

No	Kaki	Gambar	<i>Frame-ke</i> Mulai	<i>Frame-ke</i> Berenti
1.	1		15	30
2.	2		1	15
3.	3		5	23
4.	4		15	23
5.	5		5	15
6.	6		20	30
7.	7		1	15
8.	8		20	28

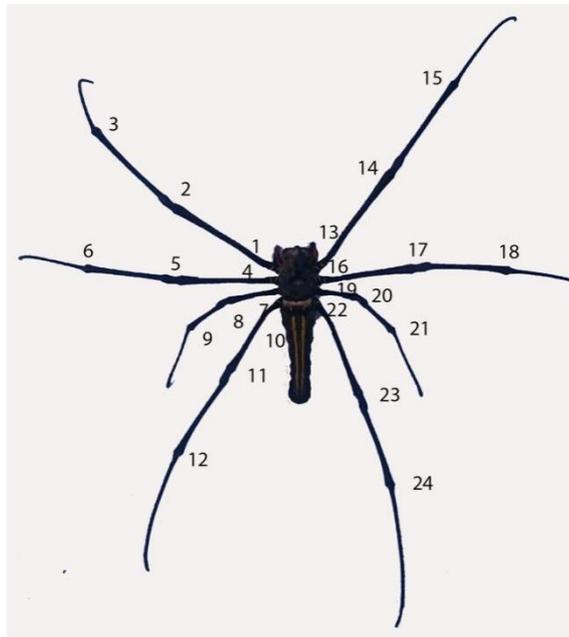
4.2.3 Analisis Jumlah Ruas Sendi

Analisis jumlah ruas sendi digunakan untuk mengetahui banyak sendi yang terdapat pada hewan Laba-laba. Hasil dari analisis akan digunakan sebagai referensi dalam pembuatan tulang (*bone*) pada model simulasi gerak Laba-laba. Sebagai awal dalam menentukan jumlah sendi setiap ruas tulang Laba-laba diberikan penamaan sesuai dengan struktur anatomi, hal tersebut bertujuan untuk mempermudah dalam pembuatan struktur susunan tubuh Laba-laba. Struktur anatomi Laba-laba berjenis *Nephila Inaurata* dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Struktur Anatomi Laba-Laba *Nephila Inaurata*

Setelah struktur anatomi Anatomi Laba-laba *Nephila Inaurata* dapat diketahui, kemudian analisis dilanjutkan dengan menghitung jumlah sendi. Perhitungan ruas sendi terbatas pada sendi putar.



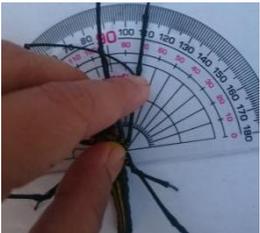
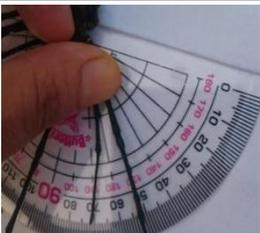
Gambar 4.4 Jumlah Ruas Sendi Laba-laba *Nephila Inaurata*

Hasil analisis jumlah ruas sendi pada Laba-laba *Nephila Inaurata* terdapat 24 ruas sendi putar.

4.2.4 Analisis Derajat Sendi

Analisis derajat sendi bertujuan untuk mengetahui derajat kebebasan tulang (*degree of freedom*) dari hewan Laba-laba (*Nephila Inaurata*). Pengukuran derajat kebebasan tulang dengan menggunakan busur derajat sebagai alat ukur. Pengukuran derajat kebebasan tulang tersebut dilakukan pada sendi putar bagian pangkal kaki hewan Laba-laba. Pengukuran pada empat kaki jalan bagian kanan, hal tersebut dikarenakan struktur tubuh Laba-laba berbentuk simetri antara sisi kanan dan kiri. Pengukuran pada hewan Laba-laba dilakukan dengan mengukur sudut derajat pangkal kaki dari sumbu koordinat datar 0° atau 180° , kemudian kaki Laba-laba di geser ke arah depan, ke arah belakang, ke arah atas dan ke arah bawah. Pengukuran derajat hewan Laba-laba tersebut di tujukan sebagai pengaturan sendi putar *Inverse Kinematik* pada *software Autodesk Maya*. Hasil dari pengukuran derajat kebebasan tulang dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Pengukuran Derajat Sendi

No	Kaki	Arah Putar	Gambar	Sudut Derajat
1.	Kaki Kanan Nomor 1/5	Depan		90°
2.	Kaki Kanan Nomor 1/5	Belakang		30°
3.	Kaki Kanan Nomor 2/6	Depan		70°
4.	Kaki Kanan Nomor 2/6	Belakang		70°
5.	Kaki Kanan Nomor 3/7	Depan		50°

Tabel 4.2 Pengukuran Derajat Sendi

No	Kaki	Arah Putar	Gambar	Sudut Derajat
6.	Kaki Kanan Nomor 3/7	Belakang		70°
7.	Kaki Kanan Nomor 4/8	Depan		20°
8.	Kaki Kanan Nomor 4/8	Belakang		90°

Hasil rekapitulasi data derajat kebebasan tulang Laba-laba yang akan diterapkan pada program *Autodesk Maya* pada tabel 4.3

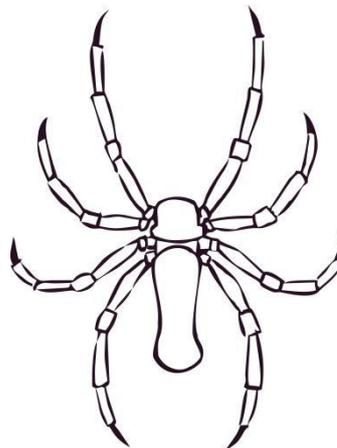
Tabel 4.3 Rekapitulasi Derajat Kebebasan Tulang

No	Kaki	Arah Putar	Sudut Derajat
1	Kaki Nomor 1/5	Depan	90°
		Belakang	30°
		Atas	90°
		Bawah	90°
2	Kaki Nomor 2/6	Depan	70°
		Belakang	70°
		Atas	90°
		Bawah	90°

No	Kaki	Arah Putar	Sudut Derajat
3	Kaki Nomor 3/7	Depan	50°
		Belakang	70°
		Atas	90°
		Bawah	90°
4	Kaki Nomor 4/8	Depan	20°
		Belakang	90°
		Atas	90°
		Bawah	90°

4.2.5 Perancangan Desain Model Karakter

Desain model karakter merupakan merupakan gambaran awal untuk pembuatan model karakter Laba-laba. Terdapat dua model dalam desain awal pembuatan karakter Laba-laba, yaitu bagian badan dan bagian kaki. Desain model karakter digunakan untuk referensi awal dalam pembuatan model Laba-laba. Gambar desain model karakter dapat dilihat pada gambar 4.

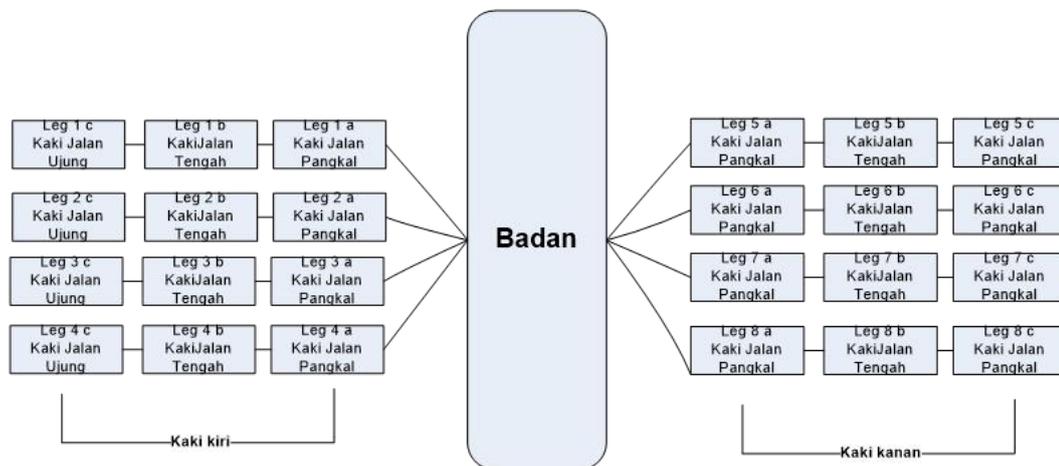


Gambar 4.5 Desain Model Karakter Laba-laba

4.2.6 Perancangan Desain Struktur Tulang

Untuk memudahkan pembuatan tulang pada model 3D, diberikan susunan nama pada struktur antar tulang yang disesuaikan dengan struktur anatomi tubuh

Laba-laba. Pembuatan struktur tulang berdasarkan hasil analisis ruas sendi. Gambar susunan struktur tulang tubuh Laba-laba adalah sebagai berikut :



Gambar 4.6 Struktur Hubungan Tulang Pada Model Laba-laba

4.2.7 Rancangan Implementasi Derajat Kebebasan Tulang

Rancangan penerapan sudut derajat kebebasan tulang (*degree of freedom*) digunakan sebagai referensi dalam implementasi sudut derajat kebebasan tulang pada tulang model Laba-laba dalam program *Autodesk Maya*. Rancangan penerapan sudut kebebasan tulang dilakukan pada tulang pangkal kaki bagian empat kaki jalan. Perancangan penerapan sudut derajat kebebasan tulang adalah sebagai berikut :

4.3. Pembuatan Model Gerak

4.3.1 Pembuatan Karakter 3D

Tahap pembuatan karakter obyek 3D dibuat dengan *software Autodesk Maya 2020*. Tujuan tahap ini yaitu membuat objek atau benda terlihat lebih hidup dan sesuai dengan obyek aslinya. Keseluruhan obyek dapat diperlihatkan secara 3D, sehingga hasil dalam tahap ini disebut sebagai pemodelan tiga dimensi (*3D modelling*).

Pembuatan Karakter model 3D dalam simulasi gerak Laba-laba dibuat dengan teknik Poligon Primitive Modelling. Teknik Poligon Primitive Modelling merupakan salah satu teknik dasar modeling 3D, dengan cara membuat model dari objek standard primitive seperti *sphere* (bola) *cone* (Membran tipis), *cylinder*, *cube* (kubus), *torus* (cincin), dan

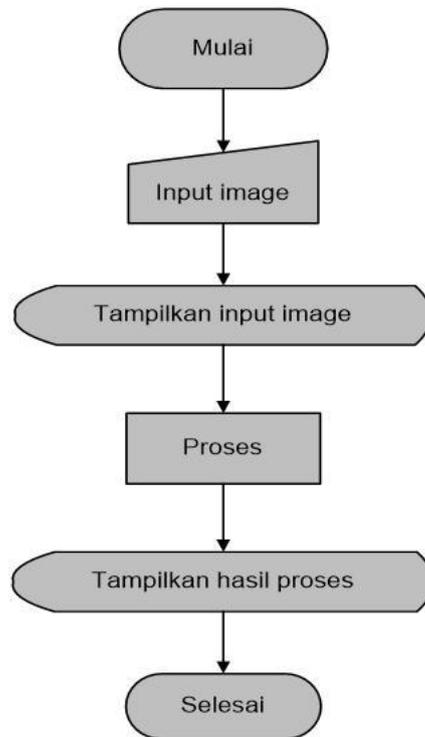
plane. Objek-objek tersebut terdiri dari vertex/titik (*vertices*), yang jika disambungkan akan membentuk garis (*edge*) sehingga jika disambungkan dengan *edgelain* dapat membentuk sebuah bidang(*face*).

Cube modeling mengharuskan *modeller* untuk membuat objek atau benda yang ingin dimodelkan dari bentuk awal seperti kubus, bola, atau bangun ruang lainnya. *Modeller* akan membentuk bentuk dasar tersebut dengan cara memotong atau membentuk setiap titik yang membentuk *surface* model hingga bentuk dasar tersebut sesuai dengan model yang diinginkan (Mailani, 2014).

Desain aplikasi permodelan diperlukan beberapa tahapan agar proses pengolahan *modellling* sesuai dengan perancangan, baik dari proses *output* maupun *input*. Proses-proses yang dilakukan tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

1. *Import Plane* : Proses ini dilakukan untuk melakukan setting data input berupa image(*Blueprint*) yang digunakan sebagai acuan untuk pembuatan bentuk model 3D yang diinginkan.
2. *Delete Plane* : Perintah yang dipakai untuk menghapus input yang digunakan sebagai acuan untuk pembuatan bentuk model 3D.
3. *Global Scale*: Perintah ini digunakan untuk melakukan proses scale pada data input yang berupa image.
4. *Polygon Tool* : Tool-tool yang akan digunakan dalam pemodelan objek 3D dalam bentuk Polygon.
5. *Texturing* : Perintah yang akan digunakan untuk melakukan texturing.

Diagram alur kerja permodelan 3D adalah sebagai berikut :



Gambar 4.7 Flowchart

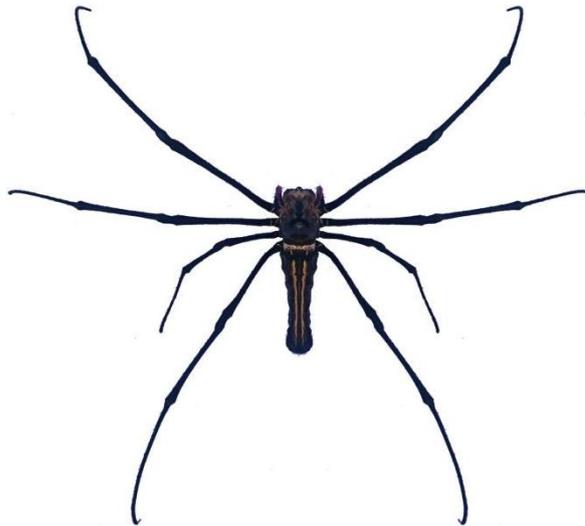
Penggunaan *Cube Modelling* dalam pembuatan model karakter hewan Laba-laba. Foto Laba-laba (*blueprint*) dipakai sebagai acuan pembuatan model tersebut. *Blueprint* hewan Laba-laba diambil dari tiga foto yang berbeda sudut pengambilan gambarnya. Foto pertama diambil dari bagian depan, foto kedua diambil dari bagian samping dan foto ketiga diambil dari bagian atas obyek.



Gambar 4.8 Laba-Laba Tampak Depan



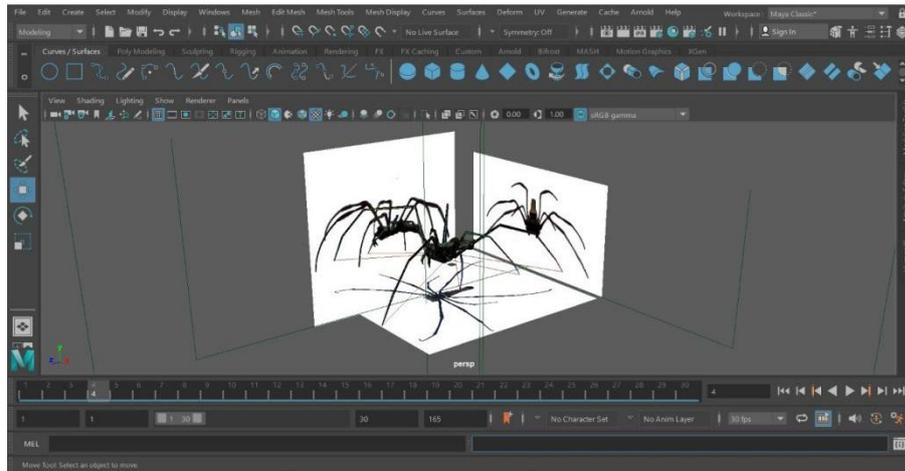
Gambar 4.9 Laba-laba Tampak Samping



Gambar 4.10 Laba-laba Tampak Atas

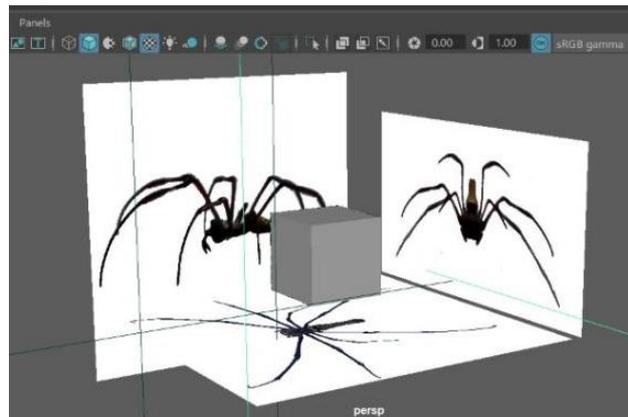
Implementasi dari perancangan dan mekanisme proses pembuatan model adalah sebagai berikut :

1. *Import plane* foto obyek (*blueprint image*) untuk dijadikan material pada aplikasi Autodesk Maya.



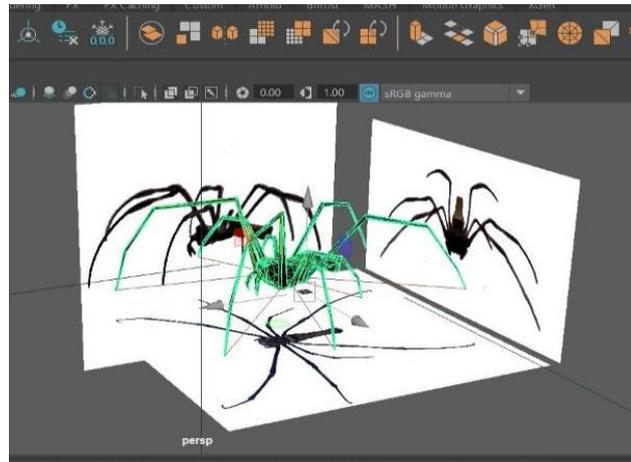
Gambar 4.11 *Import Plane dengan Blueprint Image*

2. Proses selanjutnya adalah pembuatan model badan Laba-laba dengan teknik *Polygon Primitives Modelling*. Dalam tahap ini akan menggunakan *cube* sebagai dasar pembuatan badan.



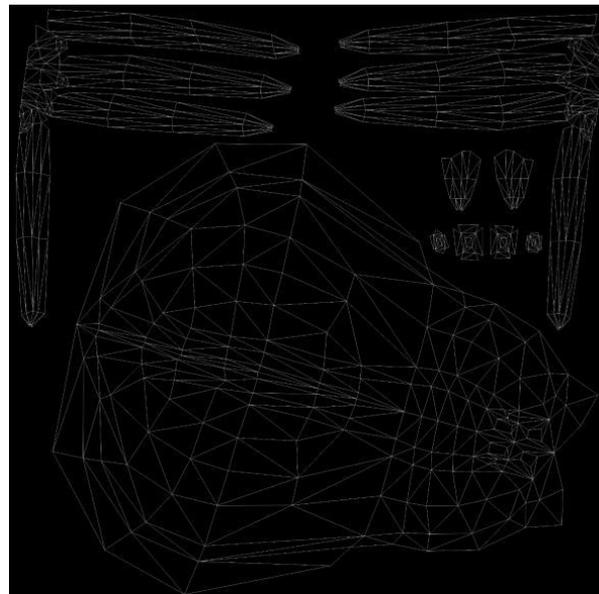
Gambar 4.12 *Proses Cube Modeling*

3. Langkah selanjutnya adalah pemodelan Laba-laba berdasarkan foto (*blueprint*) yang telah diatur sebelumnya. Modeling menggunakan cara edit *vertex* dengan penambahan *edge* sesuai kebutuhan. Modeling dilakukan dengan cara menempatkan *cube* pada ruang A (x). Selanjutnya modeling dilakukan pada bagian sisi kanan. Setelah setengah tubuh Laba-laba terbentuk maka dilakukan *copy mirror* pada ruang B (-x), kemudian kedua bagian menjadi satu.



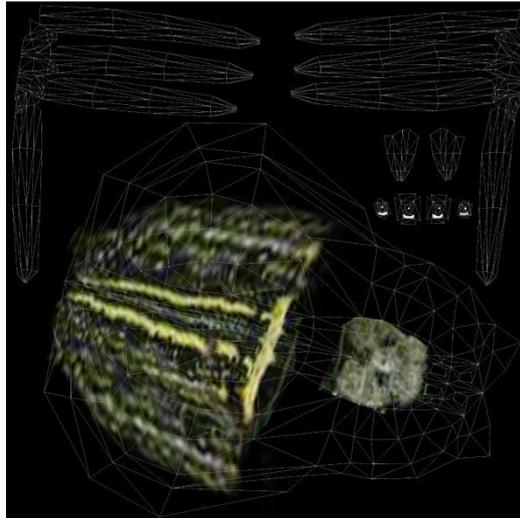
Gambar 4.13 *Cube Modeling*

4. Proses berikutnya adalah pemberian tekstur pada model Laba-laba. Dalam tahap ini digunakan teknik *Uv mapping* untuk memberikan tekstur pada model. *UV mapping* meliputi pemetaan obyek, pewarnaan dan penerapan kembali pada sebuah model. Penerapan teknik *UV* dalam aplikasi Autodesk Maya menggunakan *UV Texture Editor*. Langkah awal yaitu mengambil pemetaan dari obyek Laba-laba yang telah dibuat.



Gambar 4.14 Pengambilan *mapping* model Laba-laba

Proses selanjutnya yaitu pewarnaan sesuai dengan *mapping* yang telah didapat. Tahap pewarnaan menggunakan software Adobe Photoshop dan tekstur yang diambil dari foto obyek Laba-laba pada hewan aslinya. Foto obyek Laba-laba diatur sesuai dengan *mapping* yang telah didapat untuk mendapatkan hasil yang realistis.



Gambar 0.15 Pewarnaan tekstur pada *mapping* model

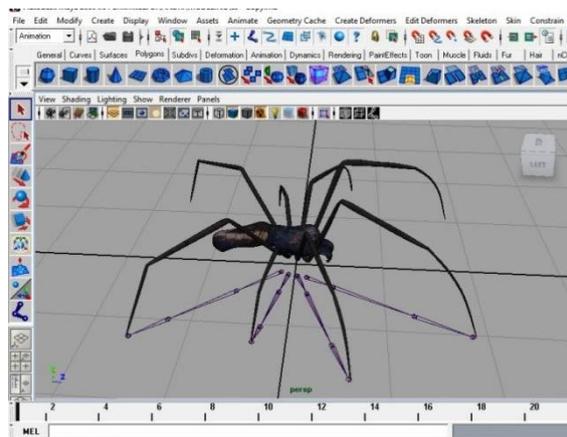
Proses berikutnya yaitu pemberian warna pada model karakter. Pemberian tekstur menggunakan perintah *assign new material* dengan jenis *shading lambert*. Pemberian tekstur pada model Laba-laba dilihat dengan jelas setelah proses rendering selesai. Hasil dari pemberian tekstur dapat dilihat pada gambar 4.



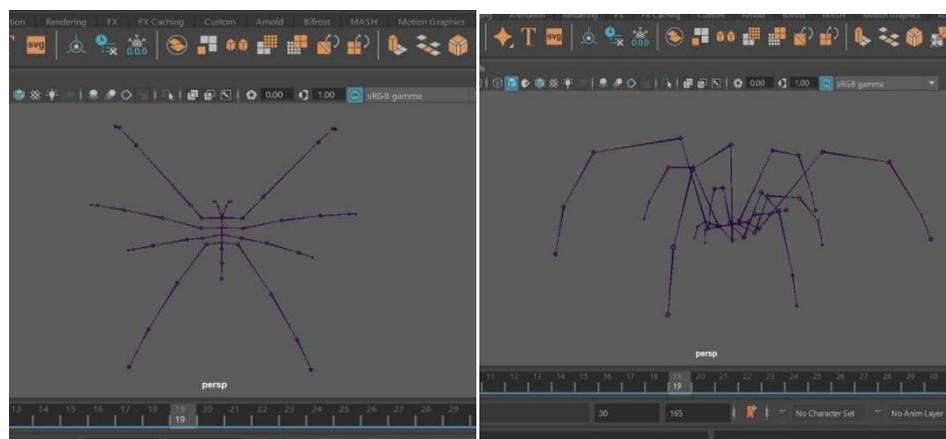
Gambar 0.16 Pemberian tekstur pada model

4.3.2 Rigging Karakter 3D

Tahapan setelah modeling obyek 3D adalah proses *rigging* karakter. *Rigging* karakter merupakan proses pembuatan tulang pada obyek model 3D. Proses *rigging* karakter juga merupakan tahapan yang akan membuat sebuah model karakter terlihat hidup dengan pergerakan dilakukan oleh animator. Untuk dapat menggerakkan sebuah model karakter, animator juga membutuhkan *setup controller* tulang dan manipulator pada obyek karakter. Pada tahapan *rigging* karakter akan menggunakan *joint tools* yang ada pada *software autodesk maya*. Proses yang pertama dilakukan adalah membuat struktur hubungan antar tulang sesuai dengan desain struktur yang telah dibuat.

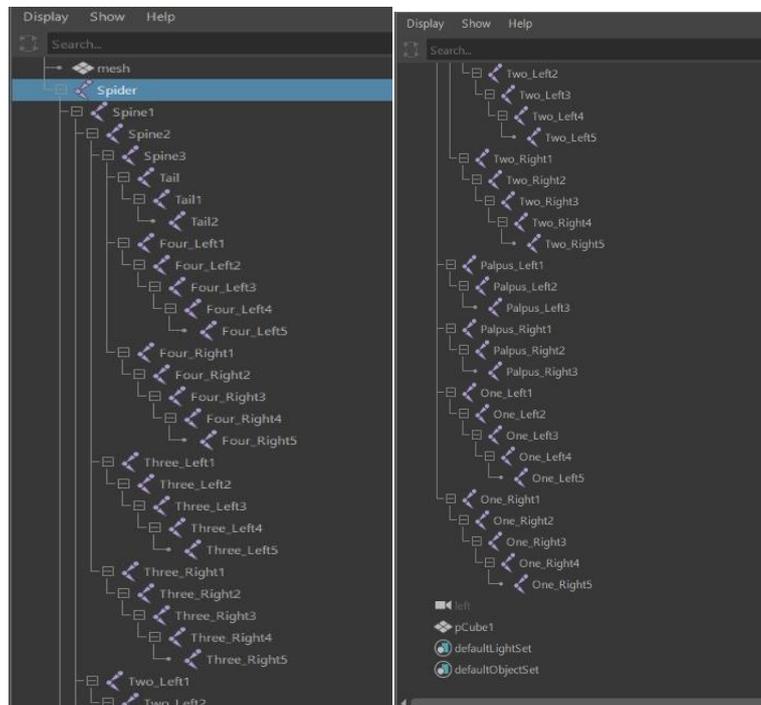


Gambar 4.17 Penyusunan Struktur Tulang



Gambar 4.18 Struktur Tulang Lengkap

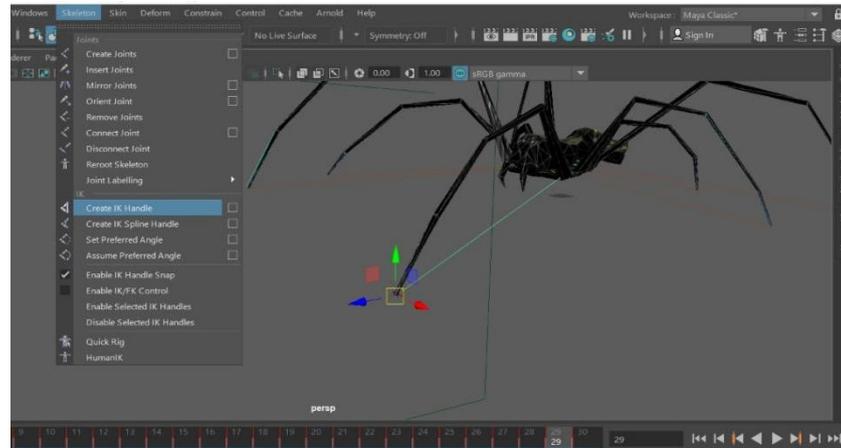
Rincian struktur hubungan antar tulang pada model laba-laba dapat dilihat pada gambar



Gambar 4.19 Rincian struktur tulang model 3D bagian kaki

Setelah pembuatan struktur tulang selesai, proses berikutnya adalah penggabungan susunan struktur tulang pada model Laba-laba. Penggabungan model kerangka dengan model karakter menggunakan *Skin* dengan jenis pengaturan *Smooth Bind*. Proses ini bertujuan agar pergerakan Laba-laba bisa diolah melalui tulang tersebut. Hasil dari proses ini adalah jika tulang digeser atau diputar maka bagian tubuh model Laba-laba akan ikut bergeser atau berputar.

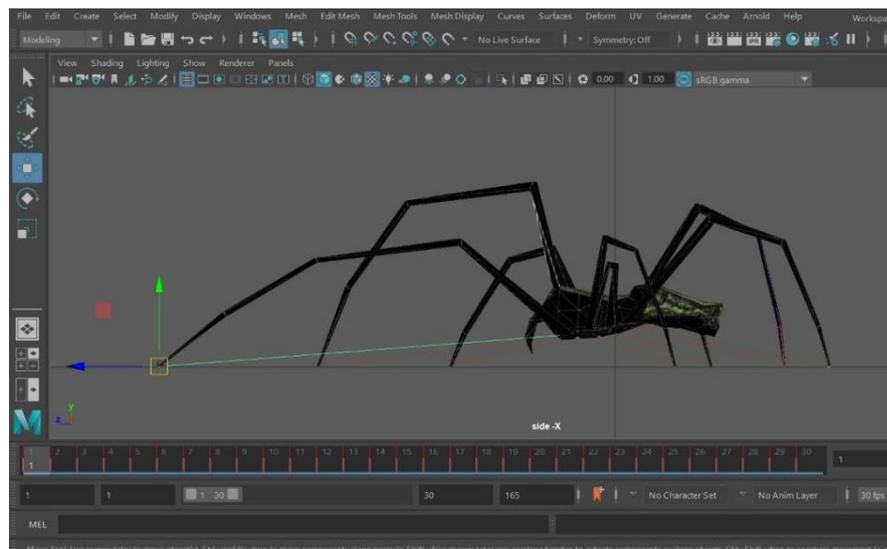
Tahapan selanjutnya adalah pengaturan tulang (*setupbone*) menggunakan metode *Inverse Kinematik*. Penerapan *Inverse Kinematik* dilakukan pada model tulang kaki menyeleksi tulang bagian pangkal dan ujung.



Gambar 4.20 Penerapan *Inverse Kinematik* Pada Kaki Model Laba-laba

4.3.3 Pembuatan Gerakan Animasi Metode *Frame By Frame*

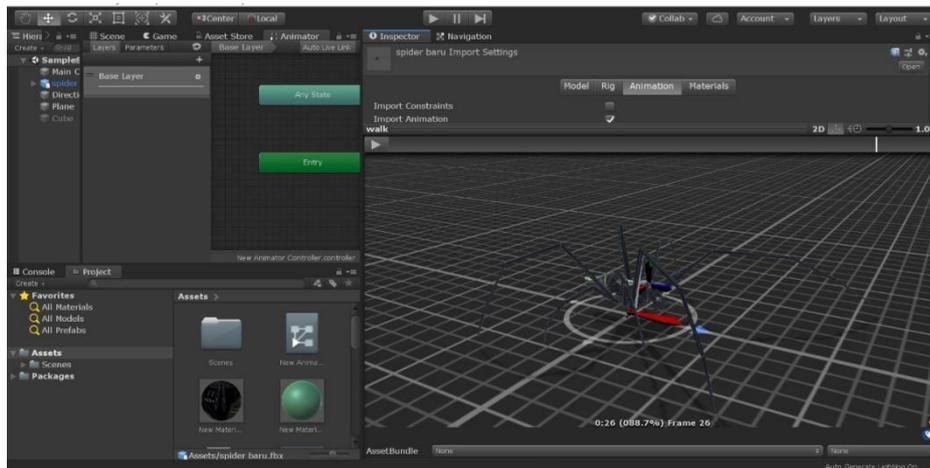
Pada tahap ini dilakukan pembuatan animasi pada model Laba-laba. Animasi yang dibuat adalah gerak langkah (*walk cycle*). Dalam proses pengerjaan animasi langkah ini menggunakan metode *frame by frame*. Perpindahan kaki dilakukan dengan mengatur posisi tulang pada model Laba-laba yang mengacu pada gerakan Laba-laba aslinya.



Gambar 4.21 Animasi *Walk Cycle* Pada Model 3D

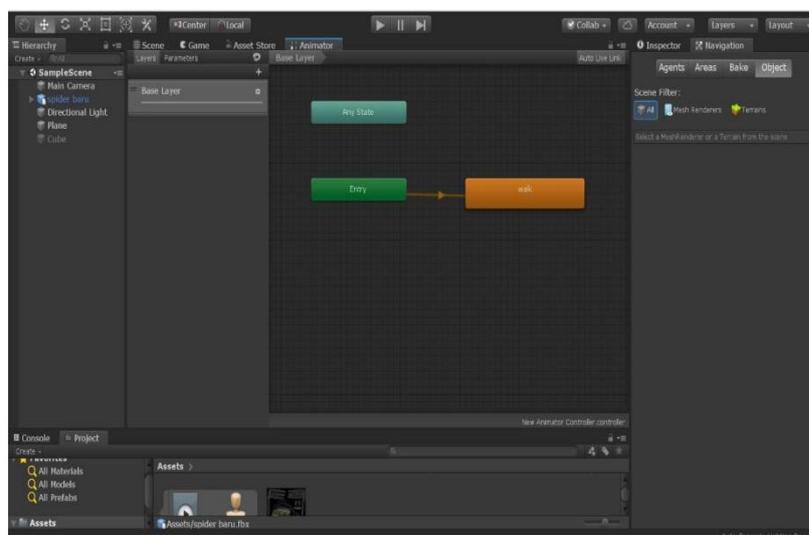
4.3.4 Implementasi klip animasi

Klip Animasi pada penelitian ini menggunakan animasi jalan yang telah dibuat di aplikasi Autodesk Maya. Animasi jalan tersebut mengaju pada pergerakan langkah Laba-laba dalam *walk cycle*.



Gambar 4.22 *Animation Clip* Jalan Laba-laba

Untuk menggunakan *animation clip* yang telah dibuat sebelumnya, dibuat *animator controller*. *Animator controller* merupakan fasilitas Unity3D yang berguna untuk mengontrol fase animasi jalan dan dipasang pada model Laba-laba.

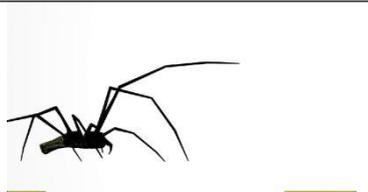
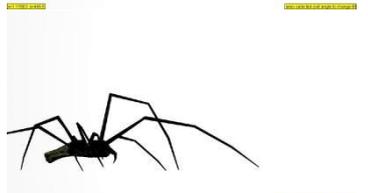
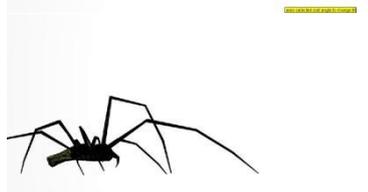
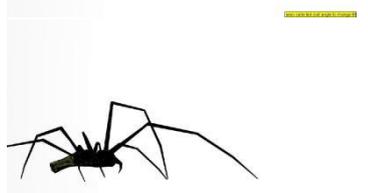


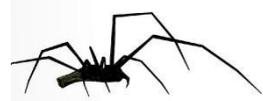
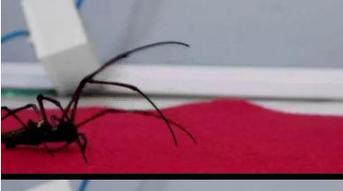
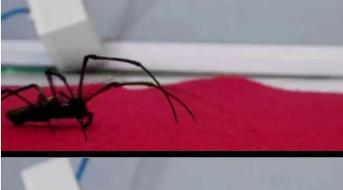
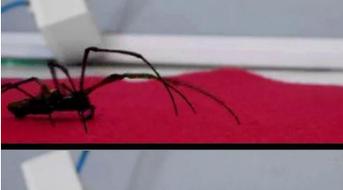
Gambar 4.23 *Animator Controller* Jalan Laba-laba

4.4. Pengujian Model

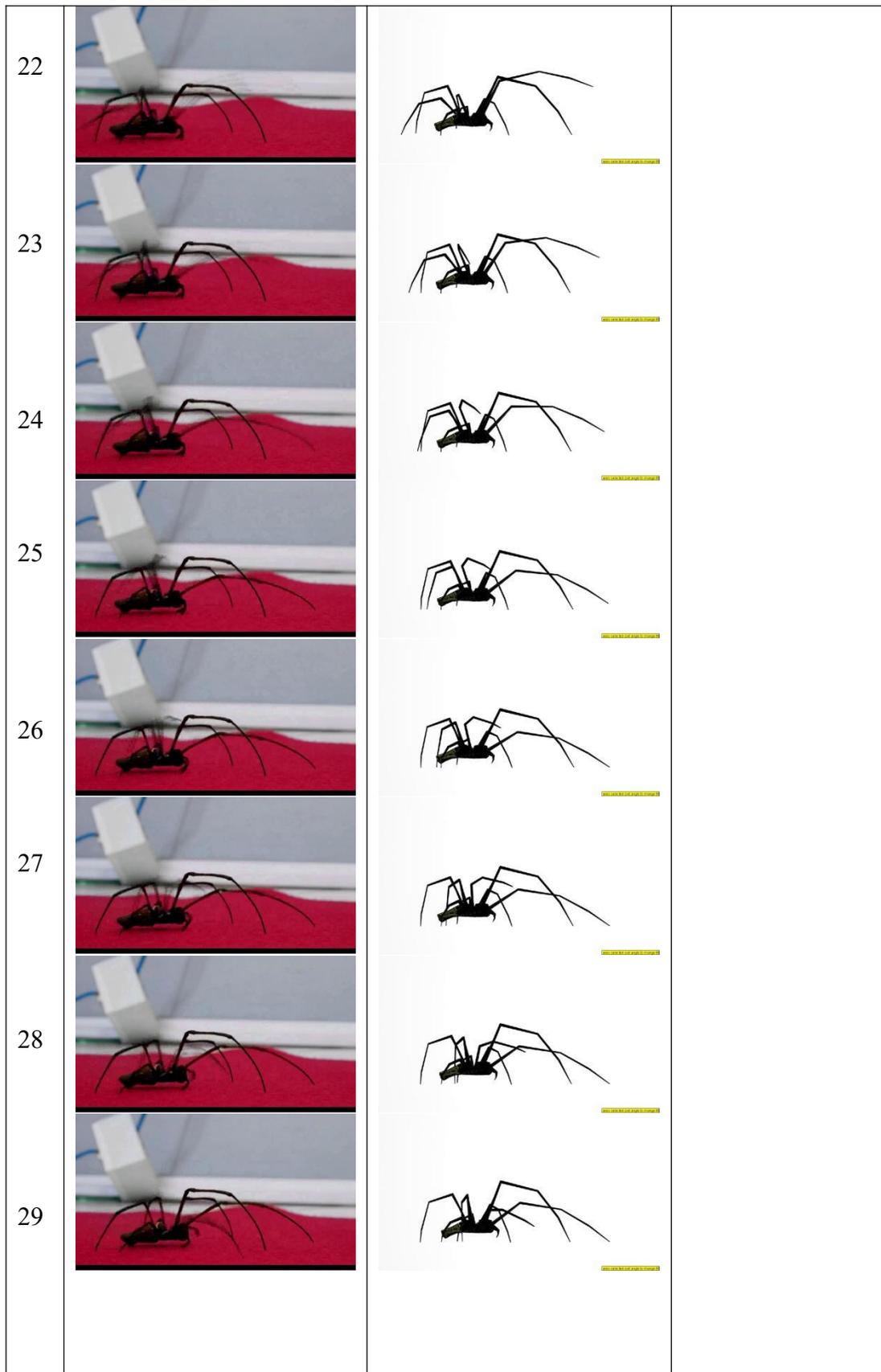
Pengujian model gerakan dilakukan dengan cara memutar hasil animasi yang telah dibuat dan membandingkan antara animasi dengan video *live shoot* hewan Laba-laba. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk melihat *setup rigging*, mengamati pergerakan model Laba-laba dan menganalisis jika terdapat kesalahan-kesalahan dalam proses *setupbone* maupun proses animasi. Perbandingan dilakukan dengan menggunakan *software Sony Vegas* dan *Unity 3D*.

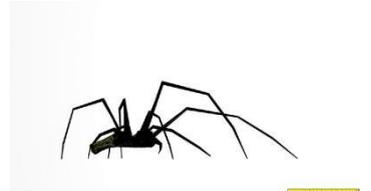
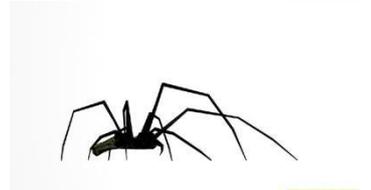
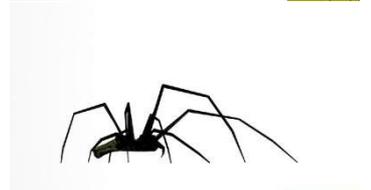
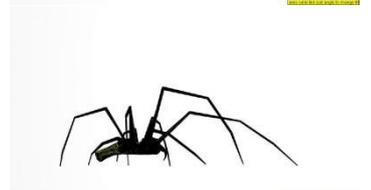
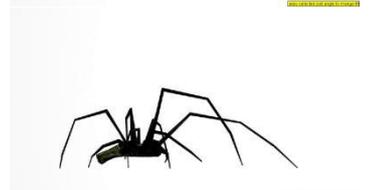
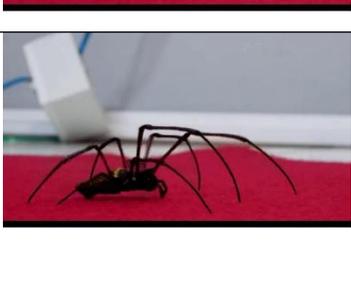
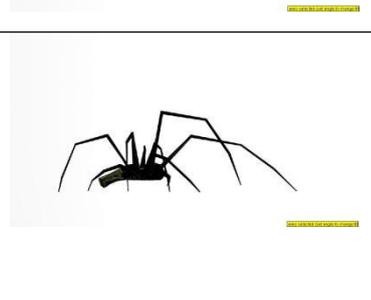
Tabel 4.4 Perbandingan Live Shoot Dan Animasi

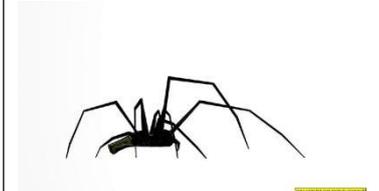
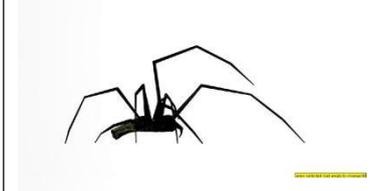
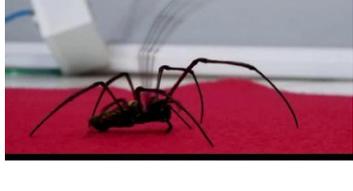
No	Gambar Laba-laba <i>live shoot</i>	Gambar Laba-laba <i>animasi</i>	Kaki Bergerak Maju
1.			2
2			
3			
4			
5			

6			5
7		 	
8		 	
9		 	
10		 	
11		 	
12		  	
13		    	

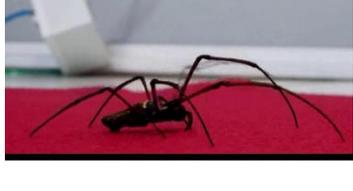
14				1	
15					
16					
17					8
18					
19					
20					4
21					6



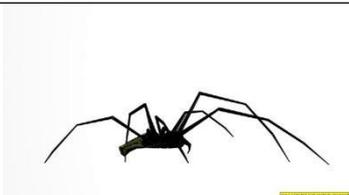
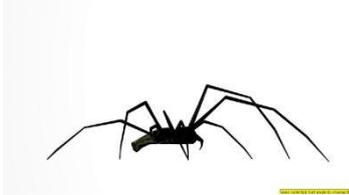
30			
31			
32			3
33			
34			
35			
36			5
37			

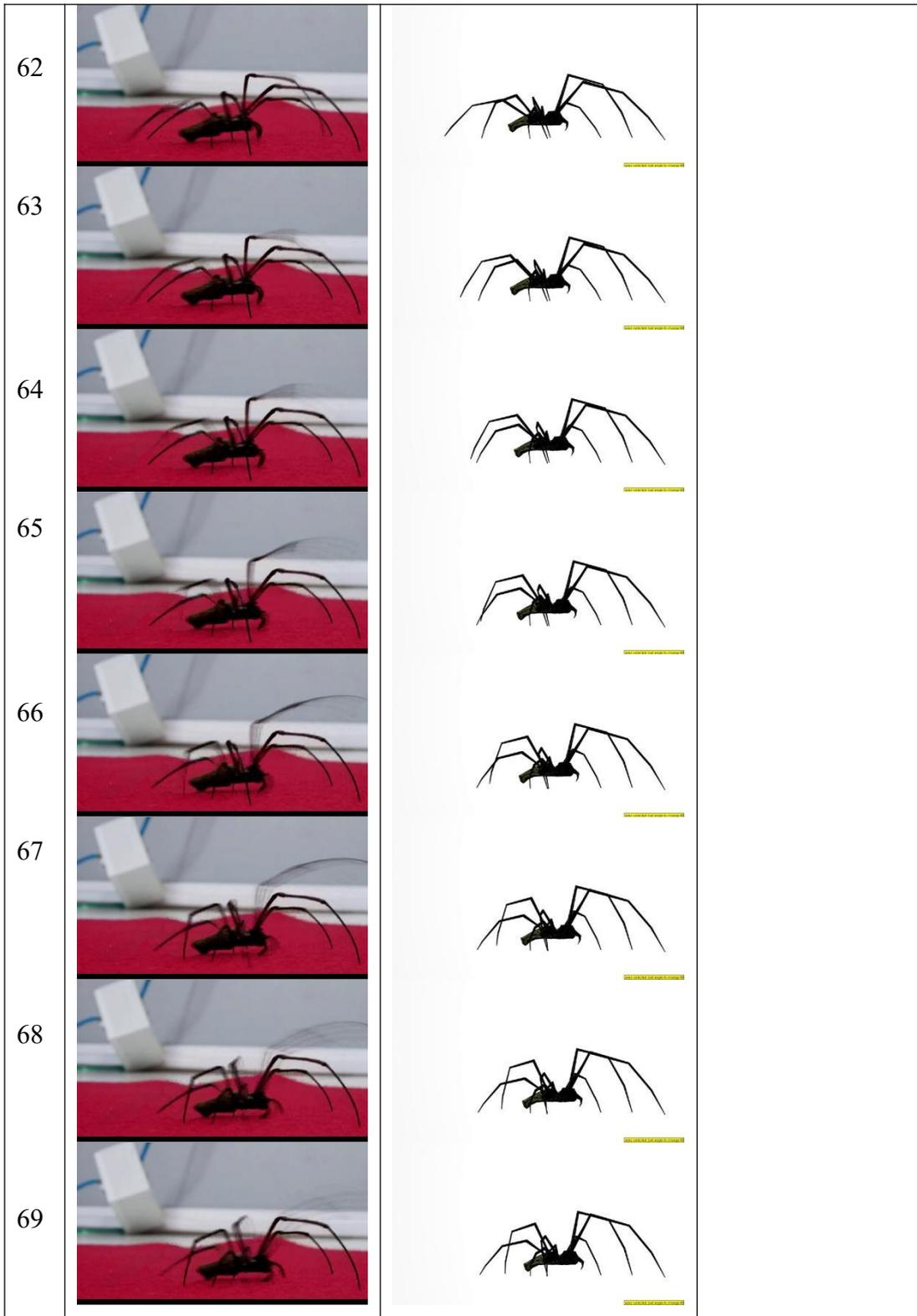
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			

7

46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			

2

54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			





Gambar 4.24 Perbandingan Model Gerak

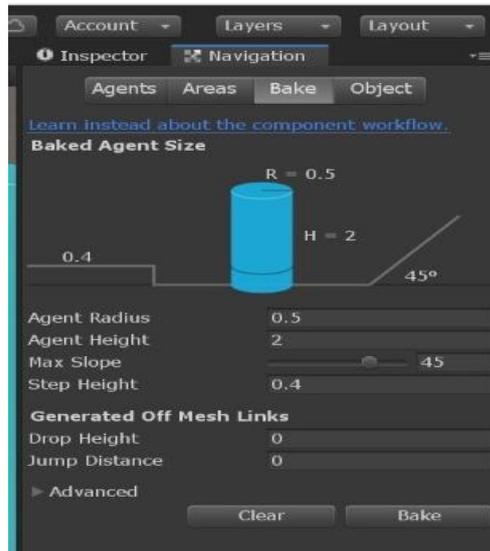
Setelah proses perbandingan selesai, tahapan selanjutnya adalah penyempurnaan model gerakan, yaitu dengan membandingkan jalannya laba-laba asli dengan laba-laba animasi. Jika terdapat perbedaan maka akan dilakukan perubahan cara jalan pada laba-laba animasi agar terlihat lebih nyata. Perubahan pada gerakan laba-laba animasi dilakukan pada frame keberapa yang terlihat tidak mirip, sudut perputaran sendinya diatur lagi hingga menyerupai laba-laba asli.

4.5. Penyempurnaan Model Gerakan

Penyempurnaan model gerakan bertujuan untuk memperbaiki kesalahan pada *setup rigging* serta memperbaiki gerakan-gerakan pada model Laba-laba yang terlihat kurang sempurna. Pada tahapan penyempurnaan, dilakukan dengan memperbaiki gerakan pada tiap *key frame* pada model Laba-laba .

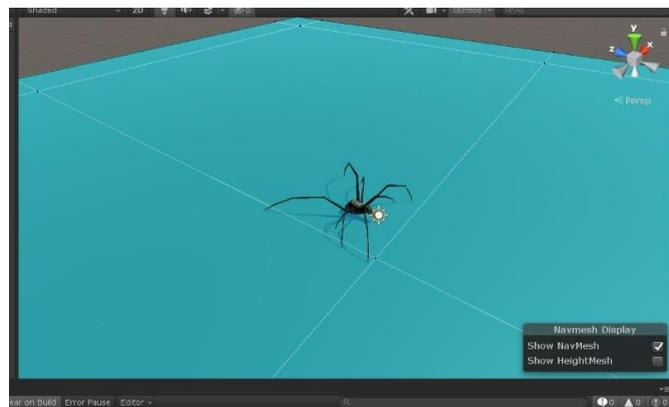
4.5.1 NavMesh Baking

Proses ini adalah membuat sebuah *Navmesh* dari level geometri atau permukaan tempat berjalan.



Gambar 4.25 Pengaturan *navmesh baking*

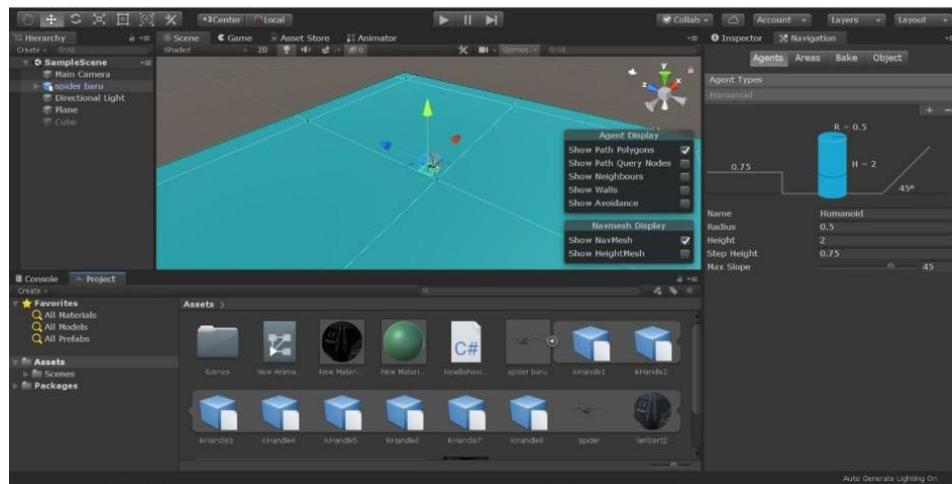
Agent Radius mendefinisikan seberapa dekat pusat agen sampai ke tujuan. *Agent Height* mendefinisikan seberapa rendah ruang yang dapat dijangkau oleh agen. *Max Slope* mendefinisikan curam atau landainya jalur agen saat berjalan. *Step Height* mendefinisikan seberapa besar hambatan yang bisa digerakkan oleh agen.



Gambar 4.26 Tampilan *navmesh baking*

4.5.2 Navmesh Agent

Komponen NavMesh Agent dapat digunakan pada Laba-laba untuk menghindari rintangan saat bergerak menuju target.



Gambar 4.27 Tampilan *navmesh agent*

Radius digunakan untuk memperhitungkan benturan antara rintangan dan agen lainnya. *Height* merupakan tinggi badan agen yang ukurannya lebih rendah dari rintangan. *Speed* adalah kecepatan maksimal pergerakan Laba-laba. *Angular speed* digunakan untuk mengatur kecepatan maksimal saat berputar.

4.5.3 Pemberian Target Tujuan

Pada tahap ini, simulasi Laba-laba diberikan target tujuan agar animasi Laba-laba bergerak menuju target yang dimasukkan dengan *mouse*. Pemberian *script* terbagi menjadi dua tempat, yakni *script* TargetJalan di obyek Swarm dan sintak yang di masukkan ke *script* DroneBehaviour. *script* TargetJalan akan ditanamkan pada obyek Swarm. Fungsi *script* TargetJalan adalah untuk mengubah posisi *Sphere* secara *realtime* melalui masukan klik *mouse*.

Tabel 4.5 *Script* Target Tujuan

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.AI;

public class NewBehaviourScript : MonoBehaviour
{
```

```

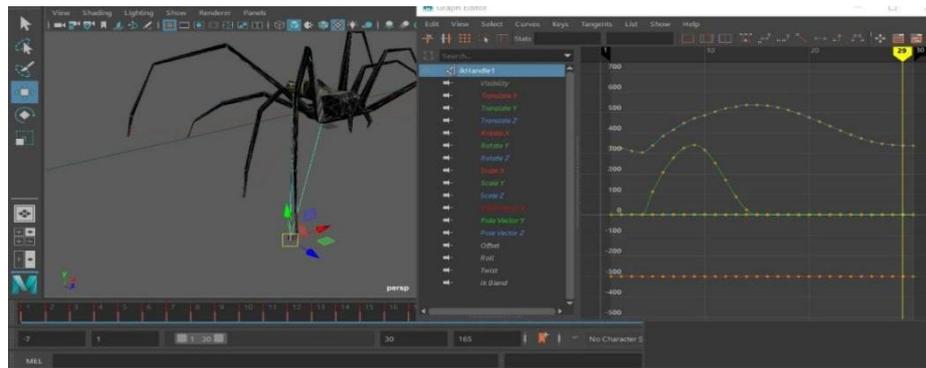
NavMeshAgent agent;
void Start(){
    agent = GetComponent<NavMeshAgent>();
}
void Update(){

    if (Input.GetMouseButtonDown(0)) {
        RaycastHit hit;
        if
(Physics.Raycast(Camera.main.ScreenPointToRay(Input.mousePosition)
, out hit, 100)) {
            agent.destination = hit.point;
        }
    }
}
}

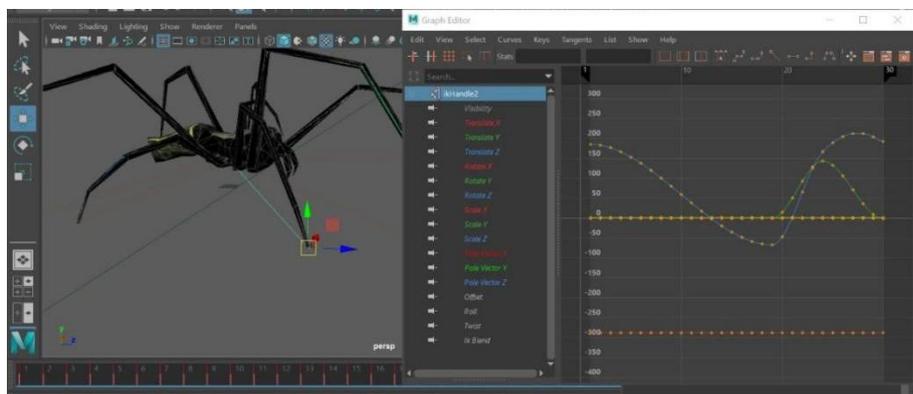
```

4.6. Implementasi Gerakan Animasi Laba-laba

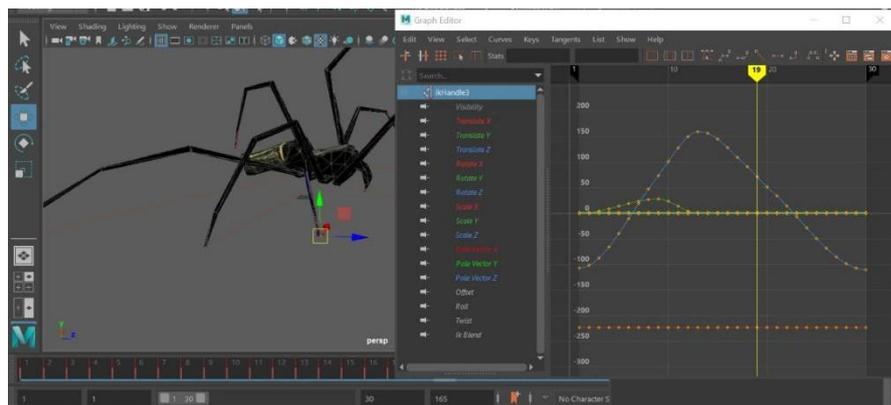
Animasi gerakan Laba-laba berjalan dalam simulasi mengacu pada gerakan Laba-laba berjalan yang direkam secara langsung. Animasi gerak langkah Laba-laba dibuat dalam satu putaran langkah (*walk cycle*). Simulasi ini menggunakan animasi satu *walk cycle* secara berulang-ulang. Pola gerak berjalan pada simulasi Laba-laba menggunakan metode *Inverse Kinematics* dapat dilihat pada gambar berikut :



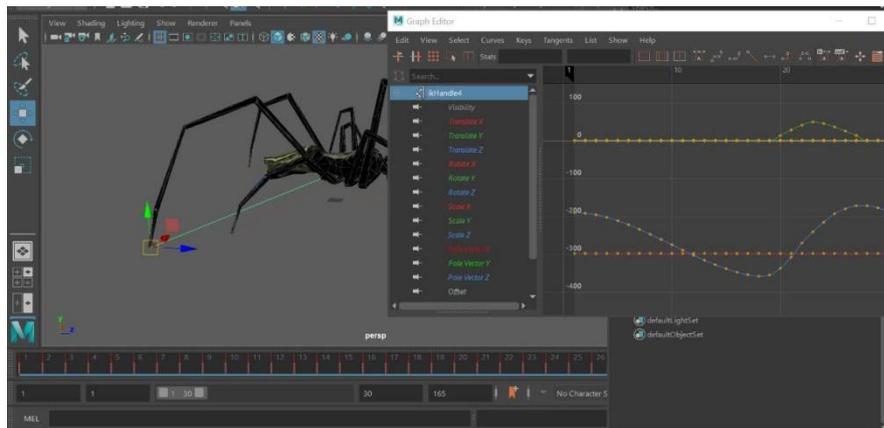
Gambar 4.28 Kurva pada gerak Kaki 1



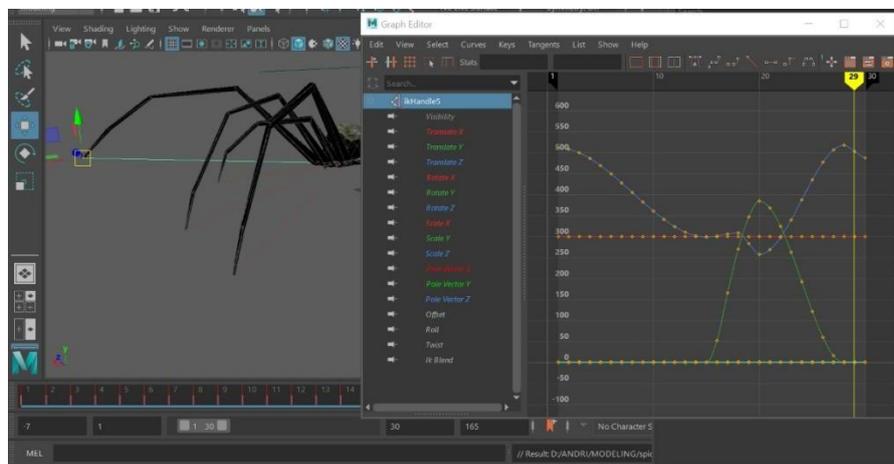
Gambar 4.29 Kurva pada gerak Kaki 2



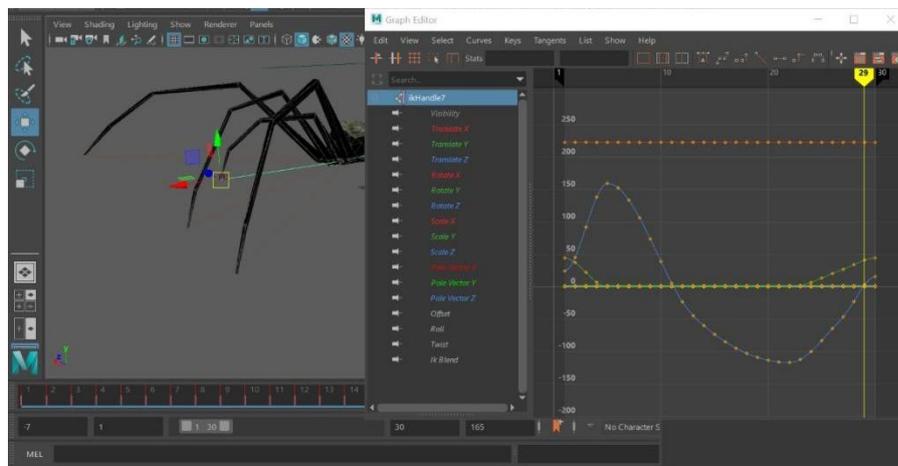
Gambar 4.30 Kurva pada gerak Kaki 3



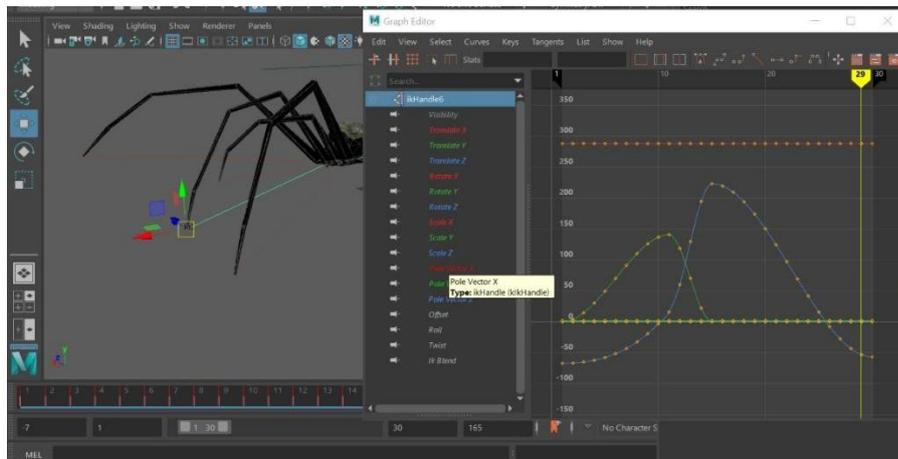
Gambar 4.31 Kurva pada gerak Kaki 4



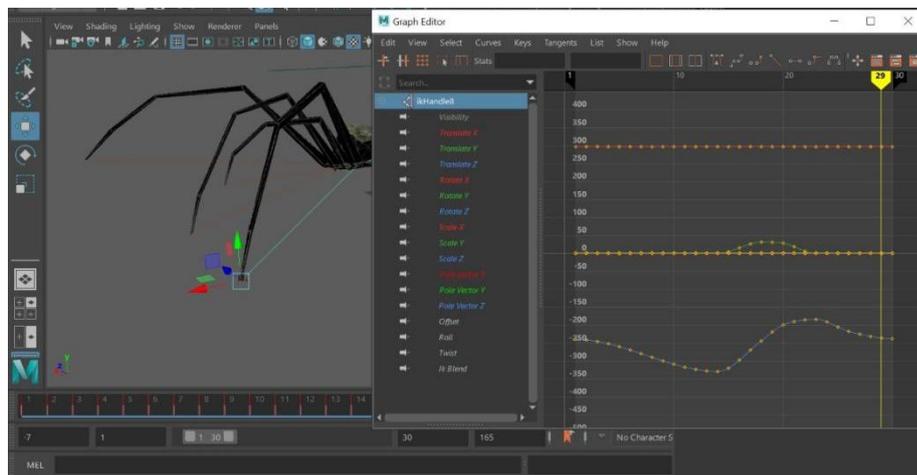
Gambar 4.32 Kurva pada gerak Kaki 5



Gambar 4.33 Kurva pada gerak Kaki 6



Gambar 4.34 Kurva pada gerak Kaki 7



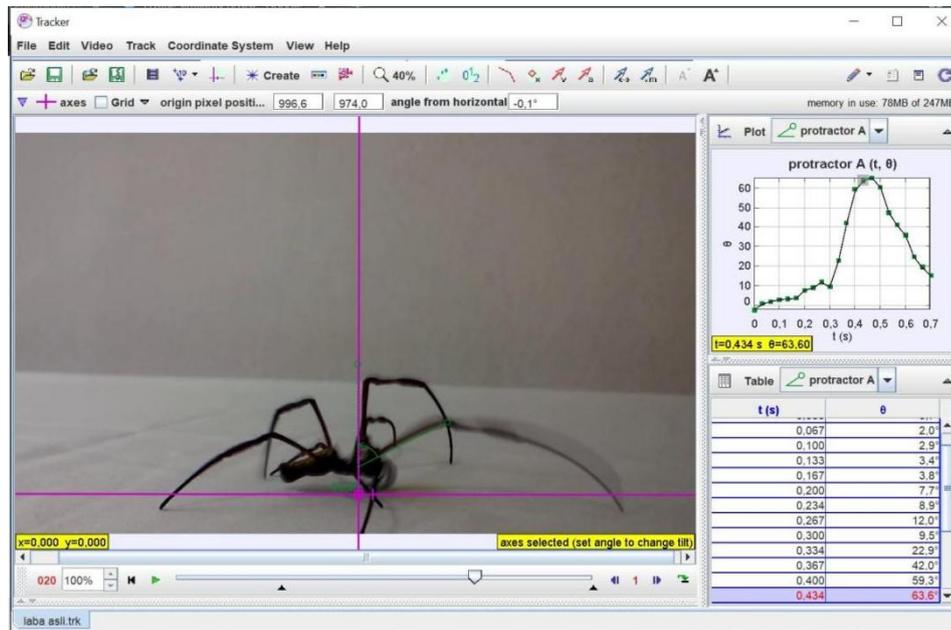
Gambar 4.35 Kurva pada gerak Kaki 8

4.7. Pengujian Simulasi Laba-laba

4.7.1 Pengujian Dengan Aplikasi Tracker

Pengujian simulasi dilakukan dengan menjalankan animasi Laba-laba berjalan yang diberikan arah tujuan dari klik mouse. Pengujian tersebut menggunakan aplikasi Unity3D.

Dalam mengukur perbandingan sudut pangkal kaki ini, menggunakan aplikasi Tracker. Pada gambar 4.36 adalah penggunaan aplikasi Tracker.



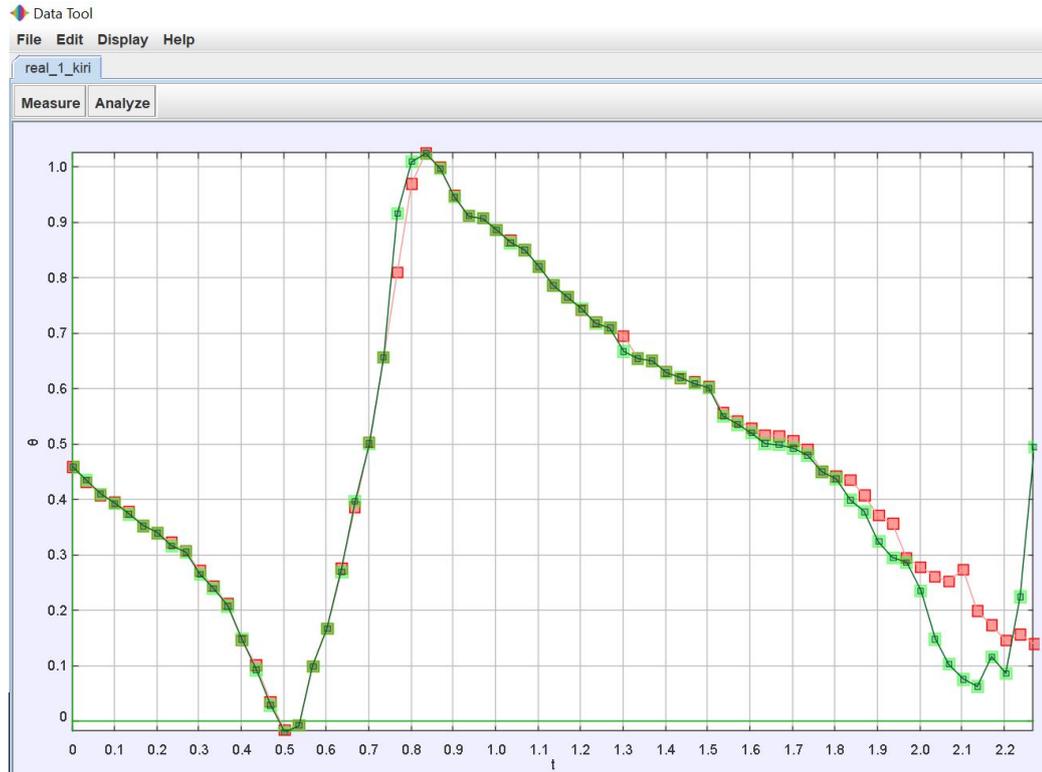
Gambar 4.36 Penggunaan Aplikasi Tracker

Kemudian data hasil pengukuran sudut Laba-laba animasi dan Laba-laba asli ditampilkan dalam tabel 4.6. Kolom row adalah *frame*, menunjukkan *frame* dalam video Laba-laba animasi dan Laba-laba asli. Kolom t adalah keterangan waktu dalam detik . Kolom θ adalah data pengukuran sudut Laba-laba asli. Sedangkan kolom θ_1 adalah sudut Laba-laba animasi. Ada perubahan sudut laba-laba asli dan laba-laba animasi.

Tabel 4.6 Kaki Satu

Data Builder... Refresh Help			
markers		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
lines		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
style		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
axis	horiz	vert	vert
row	t	θ	θ_1
0	0.000	0.460	0.460
1	3.337E-2	0.435	0.433
2	6.673E-2	0.410	0.409
3	0.100	0.394	0.396
4	0.133	0.375	0.378
5	0.167	0.354	0.354
6	0.200	0.341	0.340
7	0.234	0.317	0.323
8	0.267	0.306	0.308
9	0.300	0.266	0.271
10	0.334	0.240	0.244
11	0.367	0.209	0.212
12	0.400	0.149	0.148
13	0.434	9.461E-2	0.101
14	0.467	3.038E-2	3.629E-2
15	0.501	-1.788E-2	-1.476E-2
16	0.534	-6.850E-3	-6.508E-3
17	0.567	9.986E-2	0.101
18	0.601	0.167	0.168
19	0.634	0.271	0.276
20	0.667	0.398	0.387
21	0.701	0.501	0.505
22	0.734	0.657	0.657
23	0.767	0.915	0.809
24	0.801	1.009	0.969
25	0.834	1.024	1.026
26	0.868	0.998	0.998
27	0.901	0.946	0.948
28	0.934	0.911	0.912

Berdasarkan dua data pengukuran sudut tersebut, maka didapatkan kurva seperti pada gambar 4.37. Keterangan kurva berwarna hijau mewakili data pengukuran sudut Laba-laba asli. Sedangkan kurva merah mewakili data pengukuran sudut Laba-laba animasi.



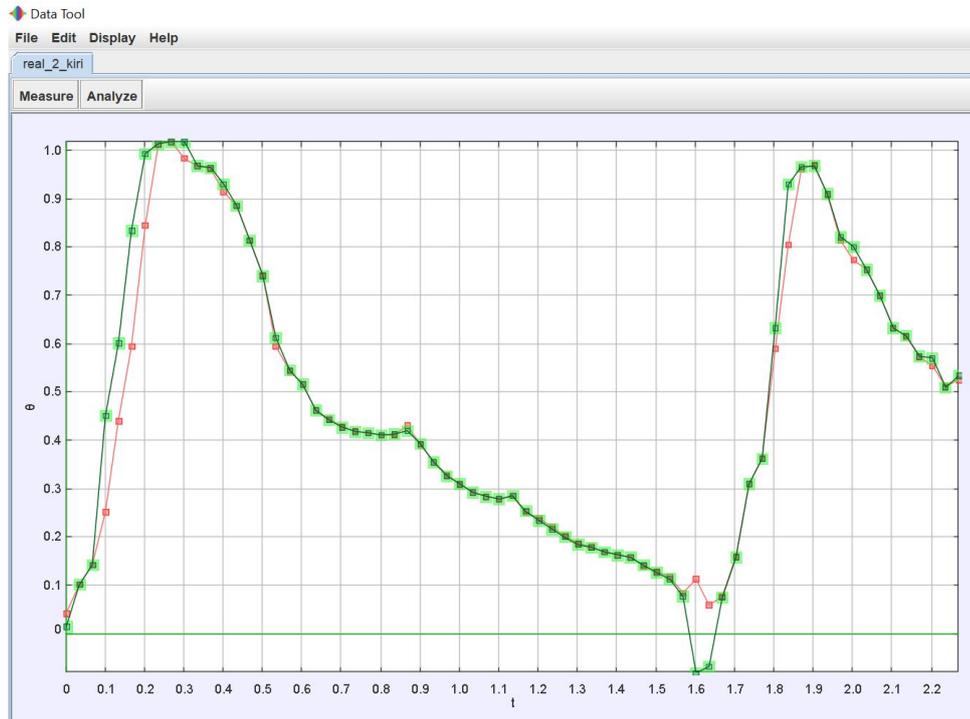
Gambar 4.37 Kurva Perbandingan Kaki Satu

Berdasarkan gambar 4.37 kurva menunjukkan adanya perbedaan sudut pada laba-laba asli dan laba-laba animasi, dari 69 *frame* terdapat perbedaan dan selisih, yaitu 19 *frame* memiliki nilai sudut yang sama dengan selisih 0° dan nilai sudut berbeda 50 *frame* dengan selisih nilai terbesar $11,5^\circ$.

Tabel 4.7 Kaki Dua

				Data Builder...	Refresh	Help
markers		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
lines		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
style						
axis	horiz	vert	vert			
row	t	θ	θ_1			
0	0.000	1.450E-2	4.265E-2			
1	3.337E-2	0.102	0.101			
2	6.673E-2	0.143	0.144			
3	0.100	0.451	0.252			
4	0.133	0.602	0.441			
5	0.167	0.835	0.596			
6	0.200	0.994	0.846			
7	0.234	1.014	1.013			
8	0.267	1.019	1.019			
9	0.300	1.019	0.984			
10	0.334	0.969	0.969			
11	0.367	0.965	0.963			
12	0.400	0.931	0.914			
13	0.434	0.886	0.886			
14	0.467	0.815	0.815			
15	0.501	0.741	0.743			
16	0.534	0.614	0.595			
17	0.567	0.546	0.544			
18	0.601	0.517	0.516			
19	0.634	0.463	0.463			
20	0.667	0.443	0.445			
21	0.701	0.428	0.429			
22	0.734	0.419	0.420			
23	0.767	0.416	0.416			
24	0.801	0.412	0.412			
25	0.834	0.413	0.412			
26	0.868	0.421	0.431			
27	0.901	0.393	0.392			
28	0.934	0.356	0.356			

Berdasarkan dua data pengukuran sudut tersebut, maka didapatkan kurva seperti pada gambar 4.38. Keterangan kurva berwarna hijau mewakili data pengukuran sudut Laba-laba asli. Sedangkan kurva merah mewakili data pengukuran sudut Laba-laba animasi.



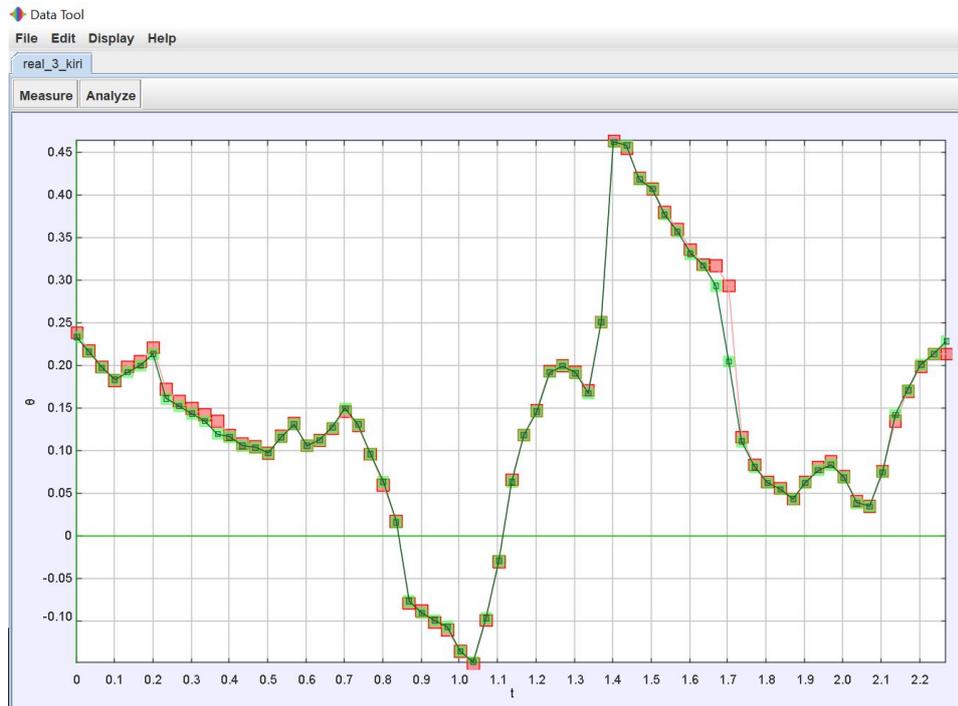
Gambar 4.38 Kurva Perbandingan Kaki Kanan Dua

Berdasarkan gambar 4.38 kurva menunjukkan adanya perbedaan sudut pada laba-laba asli dan laba-laba animasi, dari 69 *frame* terdapat perbedaan dan selisih. Untuk kaki kanan kedua ini jauh lebih baik dari kaki kanan satu dengan nilai sudut sama 41 *frame* dan nilai sudut berbeda 28 *frame*. Nilai selisih sudut terkecil 0° dan nilai selisih sudut terbesar $11,5^\circ$.

Tabel 4.8 Kaki Tiga Kanan

Data Builder... Refresh Help			
markers	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
lines	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
style			
axis	horiz	vert	vert
row	t	θ	θ_1
0	0.000	0.233	0.239
1	3.337E-2	0.216	0.218
2	6.673E-2	0.198	0.199
3	0.100	0.183	0.182
4	0.133	0.192	0.199
5	0.167	0.200	0.205
6	0.200	0.214	0.221
7	0.234	0.162	0.172
8	0.267	0.152	0.159
9	0.300	0.143	0.149
10	0.334	0.135	0.142
11	0.367	0.119	0.134
12	0.400	0.117	0.119
13	0.434	0.106	0.108
14	0.467	0.104	0.105
15	0.501	9.785E-2	9.786E-2
16	0.534	0.116	0.118
17	0.567	0.131	0.133
18	0.601	0.106	0.106
19	0.634	0.113	0.113
20	0.667	0.128	0.126
21	0.701	0.150	0.146
22	0.734	0.131	0.129
23	0.767	9.616E-2	9.612E-2
24	0.801	6.305E-2	5.924E-2
25	0.834	1.652E-2	1.791E-2
26	0.868	-7.631E-2	-7.923E-2
27	0.901	-8.964E-2	-8.736E-2
28	0.934	-9.883E-2	-0.102

Berdasarkan dua data pengukuran sudut tersebut, maka didapatkan kurva seperti pada gambar 4.39. Keterangan kurva berwarna hijau mewakili data pengukuran sudut Laba-laba asli. Sedangkan kurva merah mewakili data pengukuran sudut Laba-laba animasi.



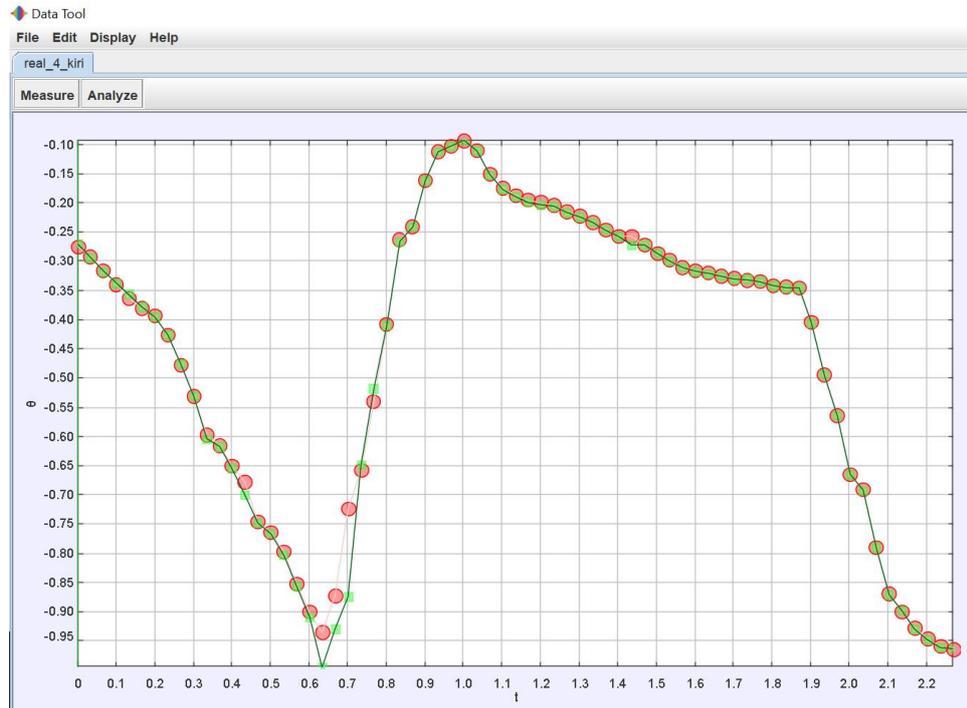
Gambar 4.39 Kurva Perbandingan Kaki Tiga

Berdasarkan gambar 4.39 kurva menunjukkan adanya perbedaan sudut pada laba-laba asli dan laba-laba animasi, dari 69 *frame* terdapat perbedaan dan selisih, berbeda dengan kaki satu, kaki dua pada dan kaki tiga ini memiliki nilai sudut yang sama 48 *frame* dan nilai sudut berbeda 21 *frame*. Namun memiliki nilai selisih sudut yang besar dari kaki satu dan dua, yaitu nilai selisih terkecil 0° dan terbesar 5° .

Tabel 4.9 kaki Empat

Data Builder... Refresh Help			
markers		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
lines		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
style			
axis	horiz	vert	vert
row	t	θ	θ_1
0	0.000	-0.270	-0.274
1	3.337E-2	-0.293	-0.291
2	6.673E-2	-0.317	-0.315
3	0.100	-0.338	-0.340
4	0.133	-0.357	-0.364
5	0.167	-0.378	-0.380
6	0.200	-0.395	-0.393
7	0.234	-0.425	-0.427
8	0.267	-0.476	-0.477
9	0.300	-0.531	-0.531
10	0.334	-0.604	-0.596
11	0.367	-0.616	-0.614
12	0.400	-0.654	-0.650
13	0.434	-0.700	-0.678
14	0.467	-0.748	-0.746
15	0.501	-0.766	-0.764
16	0.534	-0.803	-0.797
17	0.567	-0.856	-0.853
18	0.601	-0.909	-0.901
19	0.634	-0.995	-0.935
20	0.667	-0.929	-0.872
21	0.701	-0.874	-0.724
22	0.734	-0.649	-0.657
23	0.767	-0.518	-0.540
24	0.801	-0.409	-0.408
25	0.834	-0.266	-0.263
26	0.868	-0.241	-0.241
27	0.901	-0.162	-0.162
28	0.934	-0.112	-0.111

Berdasarkan dua data pengukuran sudut tersebut, maka didapatkan kurva seperti pada gambar 4.40. Keterangan kurva berwarna hijau mewakili data pengukuran sudut Laba-laba asli. Sedangkan kurva merah mewakili data pengukuran sudut Laba-laba animasi.



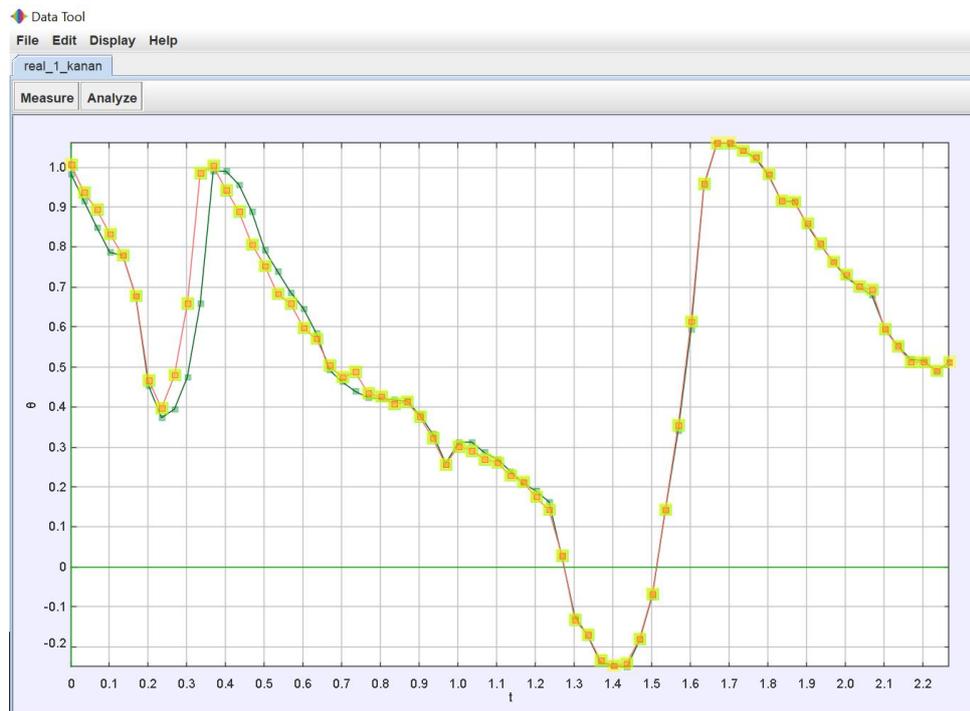
Gambar 4.40 Kurva Perbandingan Kaki Empat

Berdasarkan gambar 4.40 kurva menunjukkan adanya perbedaan sudut pada laba-laba asli dan laba-laba animasi, dari 69 *frame* terdapat perbedaan 34 *frame* nilai sudut yang berbeda dan 35 *frame* nilai sudut yang sama dengan selisih nilai terkecil 0° dan selisih nilai terbesar $8,5^\circ$.

Tabel 4.10 Kaki Lima

markers		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
lines		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
style			
axis	horiz	vert	vert
row	t	θ	θ_1
0	0.000	1.006	0.984
1	3.337E-2	0.937	0.915
2	6.673E-2	0.894	0.850
3	0.100	0.834	0.787
4	0.133	0.780	0.781
5	0.167	0.678	0.679
6	0.200	0.468	0.454
7	0.234	0.398	0.374
8	0.267	0.480	0.395
9	0.300	0.660	0.476
10	0.334	0.986	0.660
11	0.367	1.003	0.990
12	0.400	0.943	0.990
13	0.434	0.889	0.957
14	0.467	0.807	0.888
15	0.501	0.754	0.793
16	0.534	0.683	0.739
17	0.567	0.659	0.687
18	0.601	0.598	0.648
19	0.634	0.570	0.585
20	0.667	0.505	0.494
21	0.701	0.474	0.464
22	0.734	0.488	0.441
23	0.767	0.435	0.425
24	0.801	0.426	0.423
25	0.834	0.409	0.418
26	0.868	0.414	0.416
27	0.901	0.376	0.381
28	0.934	0.322	0.333

Berdasarkan dua data pengukuran sudut tersebut, maka didapatkan kurva seperti pada gambar 4.41. Keterangan kurva berwarna hijau mewakili data pengukuran sudut Laba-laba asli. Sedangkan kurva merah mewakili data pengukuran sudut Laba-laba animasi.



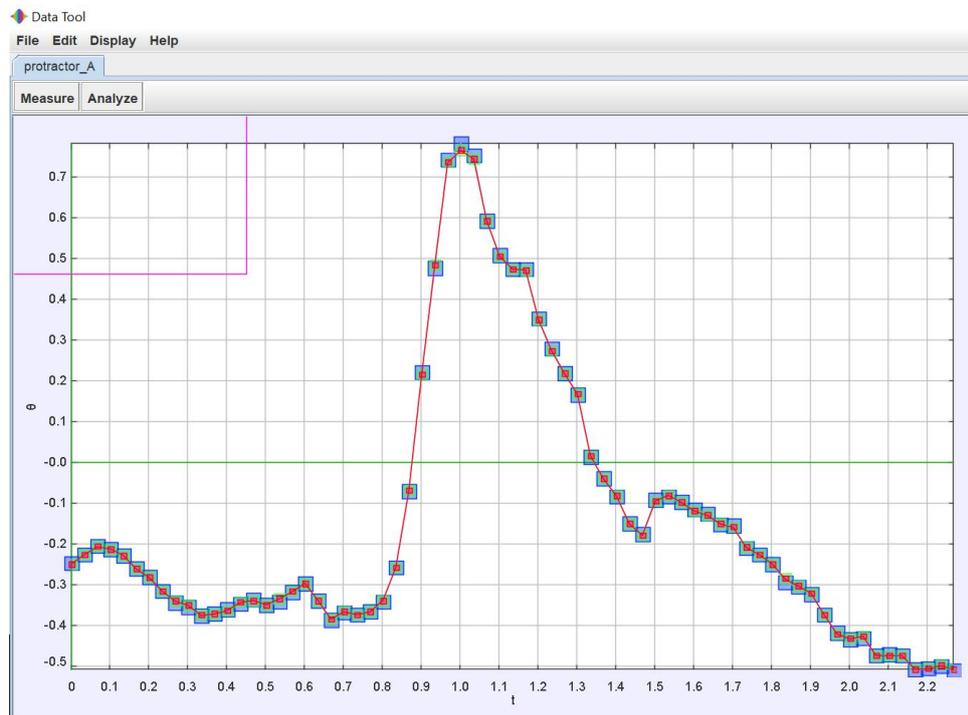
Gambar 4.41 Kurva Perbandingan Kaki lima

Berdasarkan gambar 4.41 kurva menunjukkan adanya perbedaan sudut pada laba-laba asli dan laba-laba animasi, dari 69 *frame* terdapat perbedaan. Jika dilihat dari grafik perbedaan nilai sudut terdapat pada *frame* 59 sampai ke *frame* 69. Nilai sudut yang sama yaitu 10 *frame* dan nilai sudut berbeda 50 *frame*. Selisih nilai sudut terkecil 0° dan terbesar $10,5^\circ$.

Tabel 4.11 Kaki enam

markers	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
lines	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
style			
axis	horiz	vert	vert
row	t	θ	θ_{clone}
0	0.000	-0.250	-0.249
1	3.337E-2	-0.227	-0.227
2	6.673E-2	-0.207	-0.207
3	0.100	-0.213	-0.214
4	0.133	-0.229	-0.229
5	0.167	-0.262	-0.261
6	0.200	-0.283	-0.283
7	0.234	-0.316	-0.316
8	0.267	-0.340	-0.345
9	0.300	-0.351	-0.355
10	0.334	-0.376	-0.377
11	0.367	-0.372	-0.372
12	0.400	-0.364	-0.361
13	0.434	-0.344	-0.347
14	0.467	-0.340	-0.338
15	0.501	-0.350	-0.352
16	0.534	-0.336	-0.342
17	0.567	-0.317	-0.318
18	0.601	-0.297	-0.298
19	0.634	-0.340	-0.341
20	0.667	-0.384	-0.389
21	0.701	-0.368	-0.369
22	0.734	-0.374	-0.373
23	0.767	-0.368	-0.368
24	0.801	-0.340	-0.342
25	0.834	-0.259	-0.258
26	0.868	-7.043E-2	-7.179E-2
27	0.901	0.214	0.219
28	0.934	0.484	0.474

Berdasarkan dua data pengukuran sudut tersebut, maka didapatkan kurva seperti pada gambar 4.42. Keterangan kurva berwarna merah mewakili data pengukuran sudut Laba-laba asli. Sedangkan kurva biru mewakili data pengukuran sudut Laba-laba animasi.



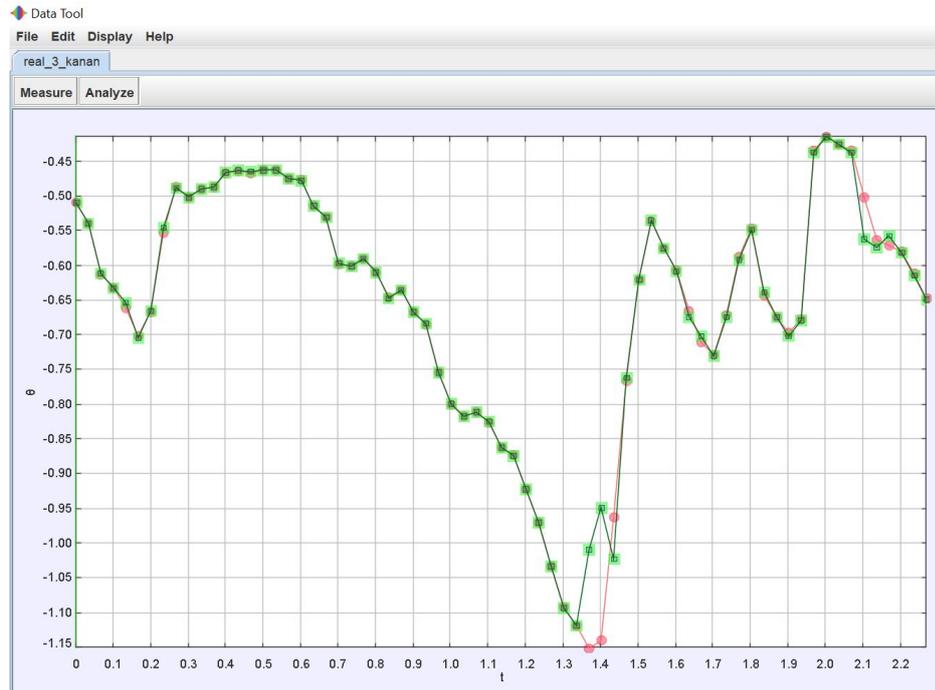
Gambar 4.42 Kurva Perbandingan Kaki Enam

Berdasarkan gambar 4.41 kurva menunjukkan adanya perbedaan sudut pada laba-laba asli dan laba-laba animasi, dari 69 *frame* terdapat perbedaan dan selisih. Nilai *frame* sama 39 *frame* dengan selisih nilai sudut terkecil 0° dan 30 *frame* dengan nilai sudut berbeda, selisih nilai sudut terbesar yaitu 1° .

Tabel 4.12 Kaki Tujuh

markers		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
lines		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
style			
axis	horiz	vert	vert
row	t	θ	θ_1
0	0.000	-0.509	-0.510
1	3.337E-2	-0.539	-0.539
2	6.673E-2	-0.612	-0.613
3	0.100	-0.632	-0.632
4	0.133	-0.652	-0.661
5	0.167	-0.704	-0.701
6	0.200	-0.665	-0.666
7	0.234	-0.546	-0.552
8	0.267	-0.487	-0.486
9	0.300	-0.501	-0.501
10	0.334	-0.490	-0.490
11	0.367	-0.487	-0.487
12	0.400	-0.466	-0.466
13	0.434	-0.463	-0.464
14	0.467	-0.464	-0.467
15	0.501	-0.462	-0.463
16	0.534	-0.462	-0.462
17	0.567	-0.475	-0.475
18	0.601	-0.477	-0.476
19	0.634	-0.514	-0.514
20	0.667	-0.530	-0.530
21	0.701	-0.597	-0.597
22	0.734	-0.601	-0.601
23	0.767	-0.590	-0.590
24	0.801	-0.609	-0.610
25	0.834	-0.646	-0.645
26	0.868	-0.635	-0.635
27	0.901	-0.667	-0.666
28	0.934	-0.684	-0.685

Berdasarkan dua data pengukuran sudut tersebut, maka didapatkan kurva seperti pada gambar 4.43. Keterangan kurva berwarna hijau mewakili data pengukuran sudut Laba-laba asli. Sedangkan kurva merah mewakili data pengukuran sudut Laba-laba animasi.



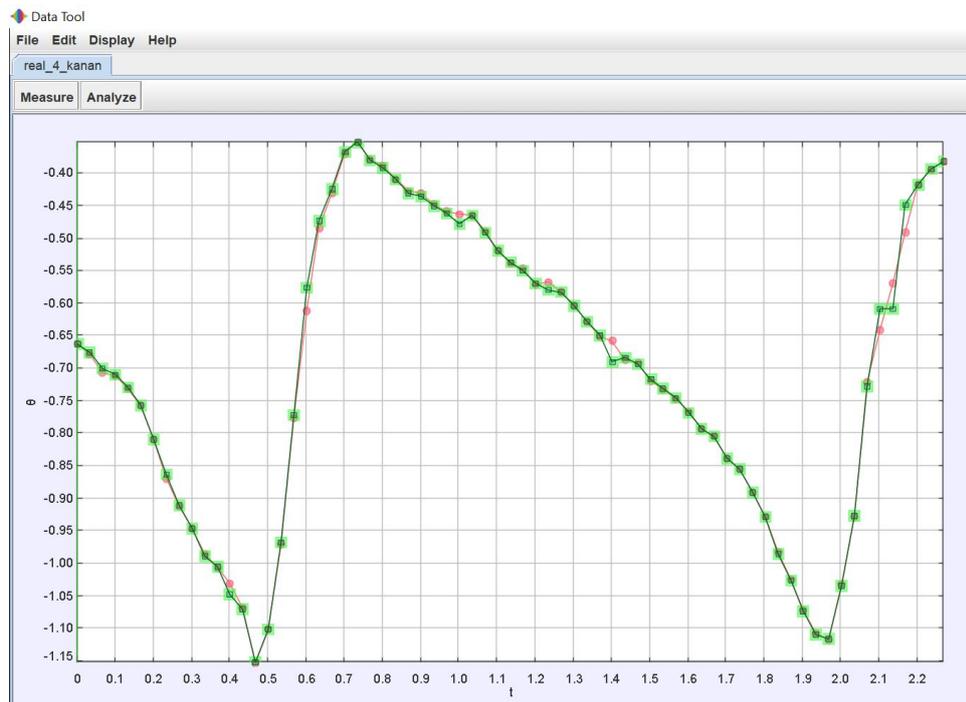
Gambar 4.43 Kurva Perbandingan Kaki Tujuh

Berdasarkan gambar 4.41 kurva menunjukkan adanya perbedaan sudut pada laba-laba asli dan laba-laba animasi, dari 69 *frame* terdapat perbedaan dan selisih. Jika dibandingkan dengan kaki enam pada kaki tujuh ini memiliki nilai kesamaan *frame* yang lebih sedikit dari pada kesamaan pada kaki dua yaitu 25 *frame* nilai sudut yang sama selisih nilai terkecil 0° dan nilai sudut berbeda 44 *frame* dengan selisih nilai terbesar 11° .

Tabel 4.13 Kaki Delapan

				Data Builder...	Refresh	Help
markers		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
lines		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
style						
axis	horiz	vert	vert			
row	t	θ	θ_1			
0	0.000	-0.662	-0.662			
1	3.337E-2	-0.676	-0.679			
2	6.673E-2	-0.700	-0.707			
3	0.100	-0.709	-0.712			
4	0.133	-0.729	-0.731			
5	0.167	-0.756	-0.757			
6	0.200	-0.809	-0.809			
7	0.234	-0.863	-0.869			
8	0.267	-0.910	-0.912			
9	0.300	-0.946	-0.946			
10	0.334	-0.988	-0.986			
11	0.367	-1.005	-1.006			
12	0.400	-1.047	-1.030			
13	0.434	-1.070	-1.068			
14	0.467	-1.152	-1.152			
15	0.501	-1.101	-1.101			
16	0.534	-0.967	-0.970			
17	0.567	-0.772	-0.776			
18	0.601	-0.576	-0.611			
19	0.634	-0.474	-0.484			
20	0.667	-0.424	-0.431			
21	0.701	-0.366	-0.370			
22	0.734	-0.352	-0.352			
23	0.767	-0.380	-0.378			
24	0.801	-0.392	-0.389			
25	0.834	-0.409	-0.409			
26	0.868	-0.431	-0.427			
27	0.901	-0.435	-0.431			
28	0.934	-0.450	-0.447			

Berdasarkan dua data pengukuran sudut tersebut, maka didapatkan kurva seperti pada gambar 4.44. Keterangan kurva berwarna hijau mewakili data pengukuran sudut Laba-laba asli. Sedangkan kurva merah mewakili data pengukuran sudut Laba-laba animasi.



Gambar 4.44 Kurva Perbandingan Kaki Delapan

Berdasarkan gambar 4.44 kurva menunjukkan adanya perbedaan sudut pada laba-laba asli dan laba-laba animasi, dari 69 *frame* terdapat perbedaan dan selisih. Kaki kedelapan laba-laba memiliki nilai sudut yang sama sebanyak 44 *frame* dan nilai sudut yang berbeda 25 *frame*. Kaki ini merupakan kaki yang paling banyak memiliki *frame* dengan nilai yang sama lebih dari setengah *frame* yang ada dengan selisih nilai sudut terkecil 0° dan terbesar $2,5^\circ$.

4.7.2 Pengujian Dengan Responden

Pengujian simulasi dilakukan dengan cara mengajukan beberapa pertanyaan kepada tiga orang ahli animasi 3D. Dalam penelitian ini, pertanyaan diajukan kepada animator, dosen yang memang sudah terbiasadengan bidang animasi, yaitu dengan bapak Sidhiq, bapak Aris dan ibu Achicha. Hasil pengujian adalah sebagai berikut :

a. Pengujian 1

Nama : Sidhiq Andriyanto

Bidang Keahlian : Multimedia

Jabatan : Dosen

Tabel Hasil Pengujian 1

No	Pertanyaan	Hasil Penilaian
1.	Bagaimana pendapat Anda tentang struktur tulang simulasi laba-laba dilihat dari pengukuran derajat tulang dan setup rigging?	Pengaturan sudut kaki sudah sesuai
2.	Apakah pola gerak simulasi model laba-laba sudah sesuai dengan referensi video aslinya? (animasi telah diberikan arah dengan klik mouse menyesuaikan arah Laba-laba asli)	arah dan pola gerak sesuai 75%
3.	Bagaimana tingkat kemiripan simulasi yang dibuat, dilihat dari gerakan dan model karakter?	Dari gerakan tingkat kemiripan 80% dan model karakter 85%

b. Pengujian 2

Nama : Muh Aris Saputra

Bidang Keahlian : Animasi dan Ilustrasi

Jabatan : Animator di Joy Series AG

Tabel Hasil Pengujian 2

No	Pertanyaan	Hasil Penilaian
1.	Bagaimana pendapat Anda tentang struktur tulang simulasi laba-laba dilihat dari pengukuran derajat tulang dan setup rigging?	Sudah mantap, simulasinya pergerakannya sudah menyerupai pergerakan laba-laba
2.	Apakah pola gerak simulasi model laba-laba sudah sesuai dengan referensi video aslinya? (animasi telah diberikan arah dengan klik mouse menyesuaikan	Sudah mirip

	arah Laba-laba asli)	
3.	Bagaimana tingkat kemiripan simulasi yang dibuat, dilihat dari gerakan dan model karakter?	Prosentase kemiripan 9/10

c. Pengujian 3

Nama : Achicha Wahyunani

Bidang Keahlian : *Web design, grapich design*

Jabatan : Animator

Tabel Hasil Pengujian 3

No	Pertanyaan	Hasil Penilaian
1.	Bagaimana pendapat Anda tentang struktur tulang simulasi laba-laba dilihat dari pengukuran derajat tulang dan setup rigging?	Sesuai
2.	Apakah pola gerak simulasi model laba-laba sudah sesuai dengan referensi video aslinya? (animasi telah diberikan arah dengan klik mouse menyesuaikan arah Laba-laba asli)	Ya
3.	Bagaimana tingkat kemiripan simulasi yang dibuat, dilihat dari gerakan dan model karakter?	90%

Dari pertanyaan yang diajukan kepada ahli animasi 3D, peneliti mengambil kesimpulan penilaian sebagai berikut :

1. Penilaian terhadap pengukuran sudut derajat laba-laba dan setup rigging inverse kinematik sudah cukup baik, terbukti dari tiga penilai yang menyatakan baik.
2. Penilaian terhadap pola gerakan simulasi laba-laba dengan video referensi sudah hampir sama, namun masih perlu beberapa perbaikan untuk dapat diterapkan dalam produksi film animasi.
3. Tingkat kemiripan simulasi gerak kepiting dengan video referensi berkisar 75 % sampai 90%, untuk modelling bentuk kepiting sudah cukup baik.

4.8. Pembahasan

Laba-laba *Nephila Iraunata* memiliki delapan kaki dan pola gerak unik dengan gerakan kaki secara bergantian. Setiap pangkal kaki Laba-laba diukur menggunakan busur derajat untuk mengetahui derajat kebebasan (*Degree Of Freedom*) yang dimiliki setiap pangkal kaki. Pembuatan model karakter Laba-laba menggunakan aplikasi Autodesk Maya dengan frame by frame . Pemberian *rigging* karakter yang menyesuaikan bentuk tubuh Laba-laba asli.

Arah gerak jalan Laba-laba yang diamati adalah lurus searah posisi tubuh di bidang datar. Pemberian arah atau titik tujuan jalan Laba-laba dan menjalankan simulasi menggunakan Unity3D. Pemberian titik tujuan dapat memudahkan animator untuk mengatur posisi dan skenario Laba-laba dalam animasi.

Dalam menjalankan simulasi, beberapa parameter yang disesuaikan pada Laba-laba animasi agar ada kemiripan dengan video asli. Seperti kecepatan jalan menuju titik tujuan dan kecepatan putaran langkah kaki (*walkcycle*).

Berdasarkan kurva pengukuran sudut pangkal kaki Laba-laba, tingkat akurasi kemiripan antara Laba-laba animasi yang menggunakan *inverse kinematics* dengan Laba-laba asli bernilai baik dengan nilai 81,7%.