

Simulasi Gerak Kepiting Menggunakan Metode Inverse Kinematics
Muga Linggar Famukhit, M. Suyanto, Sukoco
STMIK AMIKOM YOGYAKARTA
mugalinggar@gmail.com

ABSTRACT - "Crab Motion Simulation Method Using Inverse Kinematics" is a study in order to know how to move animals crab to be applied in 3D animation, the next goal is to measure the angle degree of freedom crab animal bones and generates motion patterns using Inverse Kinematics. Limitation of the study variable is the object of study on the crab manifold *Parathelphusa Convexa*, the method used is the method of Inverse Kinematics, simulations created using 3ds Max software and 3D shape measurement joints rotary joints only on the base of the foot. The method of analysis in this research is using research and development.

Results of the research is the way data and data running crab animal bones freedom angle (degrees of freedom) to be applied in 3D animation. The end result of the research is to create the pattern of the road (walk cycle) animals crab, 3D simulation is generated in the form of roads, running and walking on an incline.

The conclusion of the study is the method of Inverse Kinematics can be applied in the form of a 3D simulation of movement of animals walking crab. Research generates the data angle degrees of freedom bone. Generating motion patterns running animals crab manifold *Parathelphusa Convexa*, ie two legs (1, 3) on the right side paired with a foot (6, 8) on the left side and leg (2, 4) on the right side paired with legs (5, 7) on the left side.

Keywords: *Inverse Kinematic, crab, Degrees Of Freedom, Walk Cycle*

ABSTRAKSI "Simulasi Gerak Kepiting Menggunakan Metode *Inverse Kinematics*" merupakan penelitian dengan tujuan mengetahui cara gerak hewan kepiting untuk diterapkan dalam animasi 3D, tujuan selanjutnya adalah mengukur sudut derajat kebebasan tulang hewan kepiting dan menghasilkan pola gerak dengan menggunakan metode *Inverse Kinematics*. Batasan variable penelitian adalah obyek penelitian pada kepiting berjenis *Parathelphusa Convexa*, metode yang digunakan adalah metode *Inverse Kinematics*, simulasi dibuat dengan menggunakan software 3Ds Max berbentuk 3D dan pengukuran sendi hanya pada sendi putar bagian pangkal kaki. Metode analisis dalam penelitian ini adalah menggunakan metode *research and development*.

Hasil dari penelitian adalah data cara berjalan hewan kepiting dan data sudut kebebasan tulang (*degrees of freedom*) untuk diterapkan dalam animasi 3D. Hasil akhir dari penelitian adalah tercipta pola jalan (*walk cycle*) hewan kepiting, simulasi 3D yang dihasilkan berupa jalan, lari dan berjalan pada bidang miring.

Kesimpulan dari penelitian adalah metode *Inverse Kinematics* dapat diterapkan dalam simulasi 3D berupa gerak berjalan hewan kepiting. Penelitian menghasilkan data sudut derajat kebebasan tulang. Menghasilkan pola gerak berjalan hewan kepiting berjenis *Parathelphusa Convexa*, yaitu dua kaki (1, 3) pada sisi kanan berpasangan dengan kaki (6, 8) pada sisi kiri dan kaki (2, 4) pada sisi kanan berpasangan dengan kaki (5, 7) pada sisi kiri.

Kata kunci: *Inverse Kinematik, Kepiting, Degrees Of Freedom, Walk Cycle*

1.1 Latar Belakang Masalah

Teknologi multimedia saat ini berkembang begitu pesat, termasuk didalamnya adalah film animasi 3D. Perkembangan film animasi membuat sebagian manusia berfikir sebagai peluang bisnis yang menjanjikan bagi dunia perfilman. Dunia film animasi tidak hanya menampilkan karakter pergerakan manusia tetapi juga banyak ditampilkan berupa karakter binatang, tumbuhan, robot dan berupa benda-benda mati. Banyak dari film animasi kelas dunia yang ditampilkan dengan tokoh utama berupa binatang. Film animasi dengan tokoh binatang banyak memperoleh nominasi dan penghargaan, seperti film "Kung Fu Panda" produksi Dreamworks dinominasikan sebagai Best Animated Feature Film of the Year pada tahun 2009 (M.Suyanto, 2012).

Terdapat beberapa metode yang dapat diterapkan dalam gerak karakter film animasi salah satu metode yang digunakan dalam pergerakan animasi adalah metode Kinematik. Kinematik adalah study tentang bagaimana sesuatu dapat bergerak, mendiskripsikan pergerakan hubungan dari struktur tulang. Metode Kinematik merupakan metode yang umum untuk memanipulasi angka interaktif dan menghasilkan postur. Metode Kinematik juga banyak digunakan dalam animasi komputer, robotika, pembelajaran simulasi biomekanik, teknik mesin, dan komputer grafis. Model kerangka Kinematik digunakan untuk mengontrol makhluk hidup maya, seperti manusia atau hewan yang sering muncul pada film dan video game (Jing, 2005). Terdapat dua jenis pendekatan berbasis kinematika yang

digunakan dalam memposisikan setiap hierarki atau sendi rotasi anggota badan yaitu disebut dengan Forward Kinematics (FK) dan Inverse Kinematics (IK) (Z. Bhatti, 2013).

Inverse Kinematics (IK) adalah metode untuk menghitung nilai-nilai rotasi bersama derajat kebebasan individu melalui rotasi dan posisi yang telah ditetapkan. Hal ini sering digunakan untuk menganimasikan agen otonom sebagai gerakan yang telah ditetapkan atau sebelum perhitungan keyframe yang dapat dilakukan secara offline (Z. Bhatti, 2013). Setiap pergerakan tulang memiliki derajat kebebasan (degree of freedom) yang bertujuan untuk mendefinisikan beberapa banyak kemungkinan pergeseran dan rotasi yang dimiliki oleh suatu titik benda (Nasution, 2013).

Kepiting (Crab) merupakan hewan tergolong dalam kelompok hewan *Crustacea* (Rahmatia, 2008). Hewan kepiting memiliki keunikan dalam cara berjalan yaitu berjalan kesamping atau miring. Seluruh kepiting mempunyai *chelipeds* dan empat pasang kaki jalan. Pada bagian kaki juga dilengkapi dengan kuku dan sepasang penjepit, *chelipeds* terletak di depan kaki pertama dan setiap jenis kepiting memiliki struktur *chelipeds* yang berbeda-beda (Priyanto, 2007). Dalam dunia film animasi, tidak menutup kemungkinan hewan kepiting juga dapat dijadikan tokoh dalam film animasi. Pemeran tokoh binatang dalam film animasi agar terlihat realistis diambil berdasarkan perilaku hewan pada kehidupan nyata, seperti cara berjalan, bergerak dan berbagai perilaku lainnya.

Pada penelitian sebelumnya metode kinematik banyak diterapkan pada animasi dengan struktur tulang manusia dan masih belum terdapat penelitian yang membahas penggunaan *Inverse Kinematics* pada hewan kepiting. Peneliti akan melakukan penelitian tentang gerak dan cara kepiting berjalan menggunakan metode *Inverse Kinematics*. Peneliti juga akan melakukan pengukuran sudut derajat kebebasan tulang (*degree of freedom*) pada sendi hewan kepiting. Peneliti mengambil judul "Simulasi Gerak kepiting Menggunakan Metode Inverse Kinematics".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka penulis merumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Berapa derajat kebebasan tulang-tulang hewan kepiting untuk diterapkan dalam karakter animasi 3D?
2. Bagaimana menghasilkan pola gerak hewan kepiting untuk diterapkan dalam animasi 3D?

3. Bagaimana mensimulasikan gerak kepiting menggunakan metode Inverse Kinematik dalam bentuk animasi 3D?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus pada objek penelitian, maka penulis membatasi masalah dalam penelitian sebagai berikut :

1. Objek penelitian hanya pada hewan kepiting jenis *Parathelphusa Convexa* berumur dewasa.
2. Metode yang digunakan adalah Inverse Kinematik
3. Animasi dibuat dengan menggunakan software 3Ds Max
4. Simulasi animasi berbentuk 3D
5. Pengukuran derajat sendi hanya pada empat kaki jalan, terbatas pada sendi putar bagian pangkal kaki
6. Gerakan simulasi terbatas pada gerak berjalan pada bidang datar, berlari dan berjalan pada bidang miring

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui derajat kebebasan tulang-tulang hewan kepiting untuk diterapkan dalam karakter animasi 3D
2. Menghasilkan pola gerak hewan kepiting untuk diterapkan dalam animasi 3D?
3. Menggunakan metode Inverse Kinematik untuk membuat simulasi 3D berupa gerak kepiting

1.5 Manfaat

1. Secara teoritis, penelitian ini dapat menambah pengetahuan penggunaan Inverse Kinematik dalam simulasi gerak kepiting
2. Secara praktis, penelitian dapat digunakan dalam pembuatan film dengan karakter hewan kepiting

2. LANDASAN TEORI

2.1 Simulasi

Simulasi ialah suatu metodologi untuk melaksanakan percobaan dengan menggunakan model dari satu sistem nyata (Siagian, 1987). Menurut Hasan (2002), simulasi merupakan suatu model pengambilan keputusan dengan mencontoh atau mempergunakan gambaran sebenarnya dari suatu sistem kehidupan dunia nyata tanpa harus mengalaminya pada keadaan yang sesungguhnya.

2.2 Kinematika

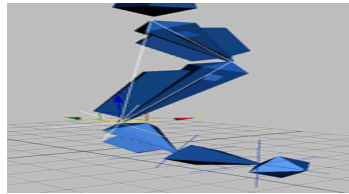
Pengertian Kinematika diambil dari Ecarta Dictionary dikutip dari Nilsson (2009), didefinisikan sebagai “study” gerak cabang dari fisika yang berhubungan dengan system gerak tanpa referensi untuk kekuatan dan massa. Sebuah model kinematic dibangun dengan segmen dan sendi dalam struktur hierarkis yang disebut dengan hierarki orangtua dan anak.

Kinematik terdiri dari 2 pendekatan yaitu Inverse kinematik (IK) dan Forward kinematik (FK). Animasi menggunakan dua pendekatan ini untuk menampilkan hasil yang natural.

2.3 Inverse Kinematik (IK)

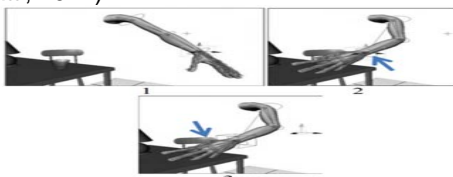
Inverse Kinematics (IK) adalah metode untuk menghitung nilai-nilai rotasi bersama derajat kebebasan individu melalui rotasi dan posisi yang telah ditetapkan.

Inverse Kinematika adalah teknik yang digunakan dalam model animasi kompleks dan rig gerak dengan sejumlah sendi. Perbedaan mendasar dengan kinematika maju, kinematika invers ditentukan dari pergerakan tulang berdasarkan sudut akhir dari beberapa sendi yang mendefinisikan gerakan (Adam 2012).



Gambar 1 IK Solver

Dalam sistem Inverse Kinematik animator hanya menentukan posisi yang diinginkan akhir anggota otot sendi menggunakan *end – effector* dan semua sendi rotasi dihitung secara otomatis untuk menempatkan sendi pada tempat yang diinginkan. Dengan IK memindahkan anak terakhir dalam hirarki dan semua sendi induknya akan memutar bergerak secara inverse atau kinematika. Sistem IK berbeda dengan FK, menggunakan pendekatan langsung. Seperti kasus yang ditunjukkan pada (Gambar 2). IK *end - effector* adalah diterjemahkan langsung ke tempatnya yang diinginkan, pada Gambar 2 semua rotasi sendi dihitung dan disesuaikan secara otomatis sesuai dengan penempatan IK *end – effector* (Z. Bhatti, 2011).



Gambar 2 IK Terjemahan dari Arm terhadap gelas di atas meja

2.4 Degree of Freedom (DOF)

Jumlah derajat kebebasan sendi dapat memiliki secara langsung terkait dengan bagaimana banyak dimensi sendi dalam. Sendi tiga dimensi dapat memiliki tiga rotasi dan tiga derajat transisi kebebasan, di mana rotasi dan axis transisi yang orthogonal (Nilsson, 2011).

Singkatnya tingkat kebebasan menjelaskan bagaimana sendi dapat bergerak dalam ruang mereka. Typcial sendi dalam tiga dimensi adalah: sendi engsel, poros, universal dan bola. Engsel dan poros sendi telah satu derajat kebebasan, sendi poros dibatasi untuk memutar sepanjang sumbu terhadap anaknya. Sendi umum didasarkan pada dua engsel sendi dengan 90 derajat perpindahan, yang berarti bahwa hal itu dapat menekuk segala arah.

2.5 Animasi 3D

Animasi sebenarnya penyesuaian dari kata ‘*animation*’, yang berasal dari kata dasar ‘*to animate*’, dalam kamus umum Inggris-Indonesia berarti menghidupkan (Wojowasito 1997). Secara umum animasi adalah suatu kegiatan menghidupkan, menggerakkan benda mati, suatu benda mati diberi dorongan kekuatan, semangat dan emosi untuk hidup dan bergerak, atau hanya berkesan hidup.

Perkembangan teknologi dan komputer membuat teknik pembuatan animasi 3D semakin berkembang dan maju pesat. Animasi 3D adalah pengembangan dari 2D. Dengan animasi 3D, karakter yang diperlihatkan semakin hidup dan nyata, mendekati wujud aslinya.

2.6 Rig Karakter

Sebuah rig karakter pada dasarnya adalah sebuah kerangka digital terikat mesh 3D. Seperti kerangka nyata, rig terdiri dari joint dan bone, yang masing-masing bertindak “menangani” agar dapat digunakan animator untuk menekuk karakter tersebut ke dalam pose yang diinginkan.

Sebuah rig karakter dapat berkisar dari yang sederhana dan elegan untuk gerakan yang rumit. Sebuah konfigurasi dasar untuk berpose sederhana dapat dibangun dalam beberapa jam, sementara rig yang sepenuhnya diartikulasikan untuk sebuah film mungkin memerlukan beberapa hari atau minggu sebelum karakter siap pada tingkatan pixar animasi (Syalabi, 2014).

2.7 Kepiting

Menurut Prianto (2007), kepiting mempunyai bentuk dan ukuran yang beragam tetapi seluruhnya mempunyai kesamaan pada bentuk tubuh. Seluruh kepiting mempunyai chelipeds dan empat pasang kaki jalan. Pada bagian kaki

juga dilengkapi dengan kuku dan sepasang penjepit, chelipeds terletak di depan kaki pertama dan setiap jenis kepiting memiliki struktur chelipeds yang berbeda-beda. Chelipeds dapat digunakan untuk memegang dan membawa makanan, menggali, membuka kulit kerang dan juga sebagai senjata dalam menghadapi musuh. Di samping itu, tubuh kepiting juga ditutupi dengan Carapace. Carapace merupakan kulit yang keras atau dengan istilah lain exoskeleton (kulit luar) berfungsi untuk melindungi organ dalam bagian kepala, badan dan insang

Kepiting Sawah (*Parathelphusa Convexa*) memiliki memiliki tanda garis berubang yang cukup jelas yang terdapat di tengah-tengah karapak yang berada diantara kedua mata. Karapaks Kepiting Sawah berwarna coklat tua, coklat kekuning-kuningan dan abu-abu muda.



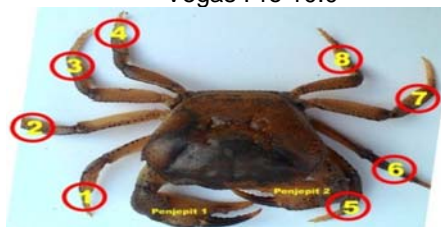
Gambar 3 Kepiting Sawah (*Parathelphusa Convexa*)

3.1 Analisis Gerakan Kepiting

Analisis gerakan kepiting didapatkan dari hasil pengamatan langsung pada hewan kepiting yaitu bertujuan untuk mengetahui pergerakan kaki pada saat berjalan. Pengamatan dilakukan dengan mengambil *sample video (live shoot)* hewan kepiting dengan durasi berkisar satu menit. Hasil pengambilan video dimasukkan dalam program *Vegas Pro 10.0* kemudian di-*play* dengan mode *slow motion*.



Gambar 4 Video Kepiting Pada Aplikasi Vegas Pro 10.0

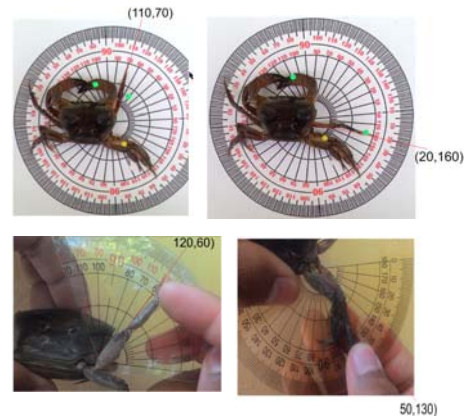


Gambar 5 Susunan kaki kepiting

Hasil yang didapat adalah kepiting berjalan dengan cara ke samping dengan delapan kaki jalan dan dua penjepit (*chelipeds*). Masing-masing dari pergerakan kaki kepiting memiliki gerak yang berurutan sehingga membentuk sebuah pola (*walk cycle*). Pola pergerakan kaki kepiting diawali dari gerakan kaki paling depan dengan nomor ganjil (1,3) pada bagian kiri dan berpasangan dengan kaki kanan dengan nomor genap (6,8) kemudian jalan selanjutnya kaki kiri nomor (2,4) berpasangan dengan kaki kanan nomor (5,7). Pergerakan kaki tersebut dilakukan secara terus menerus sehingga tercipta gerakan berjalan pada hewan kepiting.

3.2 Analisis Derajat Sendi

Analisis derajat sendi bertujuan untuk mengetahui derajat kebebasan tulang (*degree of freedom*) dari hewan kepiting (*Parathelphusa Convexa*). Pengukuran derajat kebebasan tulang dengan menggunakan busur derajat sebagai alat ukur. Pengukuran derajat kebebasan tulang tersebut dilakukan pada sendi putar bagian pangkal kaki hewan kepiting. Pengukuran pada empat kaki jalan bagian kanan, hal tersebut dikarenakan struktur tubuh kepiting berbentuk simetri antara sisi kanan dan kiri. Pengukuran pada hewan kepiting dilakukan dengan mengukur sudut derajat pangkal kaki dari sumbu koordinat datar 0° atau 180° , kemudian kaki kepiting di geser ke arah depan, ke arah belakang, ke arah atas dan ke arah bawah. Pengukuran derajat hewan kepiting tersebut di tujuan sebagai pengaturan sendi putar Inverse Kinematik pada software 3Ds Max.



Gambar 6 Pengukuran Sudut Derajat Kepiting

Tabel 1 Rekapitulasi Sudut Derajat Untuk Diterakan Pada Program 3Ds Max

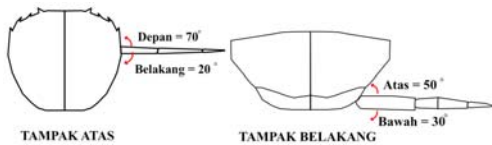
No	Kaki	Posisi	Arah Putar	Sudut Derajat
1	Nomor 1	Datar	Depan	70°
			Belakang	20°
		Tegak	Atas	50°

			Bawah	30°
2	Nomor 2	Datar	Depan	50°
			Belakang	40°
		Tegak	Atas	70°
Bawah	50°			
3	Nomor 3	Datar	Depan	40°
			Belakang	50°
		Tegak	Atas	60°
Bawah	40°			
4	Nomor 4	Datar	Depan	50°
			Belakang	70°
		Tegak	Atas	60°
Bawah	30°			

3.3 Rancangan Implementasi Sudut Derajat Kebebasan Tulang

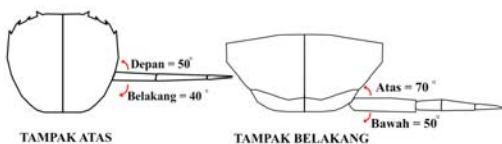
Rancangan penerapan sudut derajat kebebasan tulang (*degree of freedom*) digunakan sebagai referensi dalam implementasi sudut derajat kebebasan tulang pada model kepiting dalam program 3Ds Max. Rancangan penerapan sudut kebebasan tulang dilakukan pada tulang pangkal kaki bagian empat kaki jalan. Perancangan penerapan sudut derajat kebebasan tulang adalah sebagai berikut :

- a. Rancangan penerapan sudut derajat kebebasan tulang kaki nomor 1



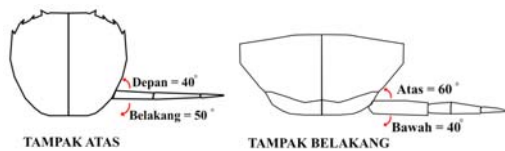
Gambar 7 Rancangan penerapan sudut tulang nomor 1

- b. Rancangan penerapan sudut derajat kebebasan tulang kaki nomor 2



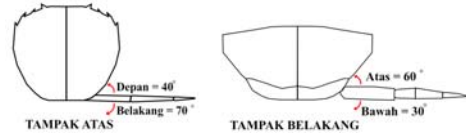
Gambar 8 Rancangan penerapan sudut tulang nomor 2

- c. Rancangan penerapan sudut derajat kebebasan tulang kaki nomor 3



Gambar 9 Rancangan penerapan sudut tulang nomor 3

- d. Rancangan penerapan sudut derajat kebebasan tulang kaki nomor 4

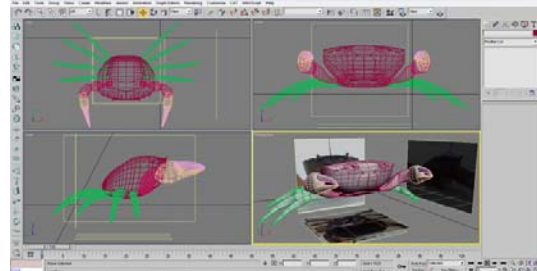


Gambar 10 Rancangan penerapan sudut tulang nomor 4

3.4 Pembuatan Karakter 3D

Tahap pembuatan karakter obyek 3D dibuat menggunakan menggunakan komputer dengan software 3Ds Max. 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*).

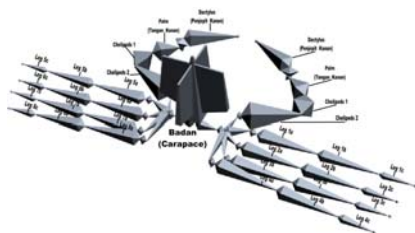
Pembuatan Karakter model 3D dalam simulasi gerak kepiting dibuat dengan teknik Primitive Modelling (*Constructive Solid Geometry*). Teknik Primitive Modelling merupakan salah satu teknik dasar modeling 3D, dengan cara membuat model dari objek standard primitive seperti *box, cone, sphere, cylinder, tube, pyramid, torus, dan plane*. Objek-objek tersebut terdiri dari vertex/titik (*vertices*), yang jika disambungkan akan membentuk garis (*edge*) sehingga jika disambungkan dengan edge lain dapat membentuk sebuah bidang (*face*).



Gambar 11 Rancangan penerapan sudut tulang nomor 4

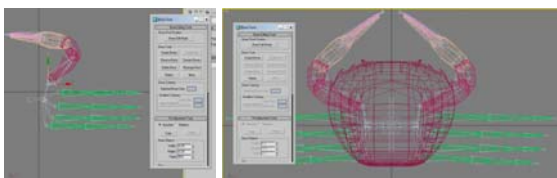
3.5 Rigging Karakter 3D

Proses rigging karakter 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 peneliti menggunakan bone tools yang ada pada software 3Ds max. Proses yang pertama dilakukan adalah membuat struktur hubungan antar tulang sesuai dengan desain struktur yang telah dibuat.



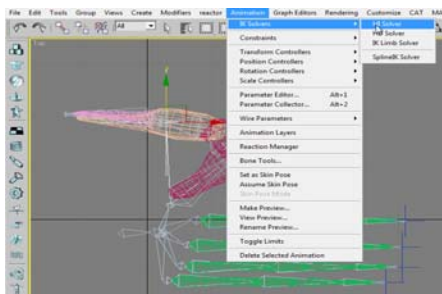
Gambar 12 Rancangan penerapan sudut tulang nomor 4

Setelah pembuatan struktur tulang selesai, proses berikutnya adalah implementasi susunan struktur tulang pada model kepiting. Pemberian tulang dilakukan dengan satu bidang pada sisi kanan kemudian digandakan dan di-mirror agar simetri antara tulang kiri dan kanan.



Gambar 13 Implementasi Susunan Tulang Pada Model 3D

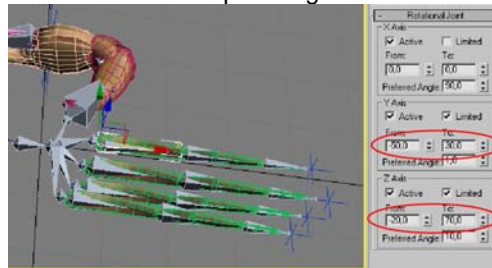
Tahapan selanjutnya adalah pengaturan tulang (*setup bone*) menggunakan metode *Inverse Kinematik*. Pengaturan tulang model kepiting pada program 3Ds Max, peneliti menggunakan *IK Solvers* dan *HI Solver*. Penerapan *Inverse Kinematik* dilakukan pada model tulang kaki dan penjepit yaitu dengan cara memilih *IK Solvers* dan *HI Solver* dilanjutkan dengan menyeleksi tulang bagian pangkal dan ujung.



Gambar 14 Penerapan *Inverse Kinematik* Pada Kaki Model Kepiting

Proses rigging karakter dilanjutkan dengan penerapan ukuran derajat kebebasan tulang (*degree of freedom*) pada bagian pangkal sendi model kepiting. Penerapan sudut derajat kebebasan tulang berdasarkan hasil analisis yang telah peneliti lakukan sebelumnya. Penerapan sudut derajat kebebasan tulang menggunakan tools *Hierarchy*, *IK* pada program 3Ds Max, dengan pengaturan pada sisi tulang dilakukan pada bagian kanan yaitu kaki nomor 1 sampai dengan kaki nomor 4, kemudian

dilakukan *clone* dan *mirror* untuk tulang bagian kiri kaki nomor 5 sampai dengan kaki nomor 8.



Gambar 15 Pengaturan *Degree Of Freedom* Pada Pangkal Kaki

4. Pembuatan Gerakan Animasi

4.1 Pembuatan Pola Gerak (*Walk Cycle*)

Berdasarkan hasil analisis pola berjalan pada hewan kepiting, pola pergerakan kaki diawali gerakan melangkah kaki kiri (1, 3) dengan delay 0,5 detik dan berpasangan dengan kaki kanan dengan (6,8) delay 0,5 detik. Pada implementasi program 3Ds Max kaki model digerakkan ke samping kiri dengan nomor 1,3,6,8 key frame berada pada posisi frame 1 digeser ke samping pada frame 15 dan frame 1 di-copy pada frame 30, hal ini bertujuan untuk membuat gerak melangkah kesamping. Gerak berjalan selanjutnya kaki nomor 2,4,5,7 diposisikan pada frame 15 dan digeser pada frame 30, hal tersebut bertujuan agar delapan kaki dapat berjalan secara bergantian sesuai dengan gerakan hewan kepiting

Tabel 2 Implementasi Pola Gerak Berjalan (*Walk Cycle*)

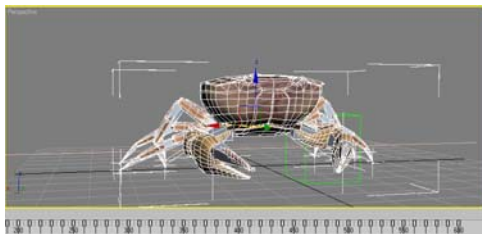
No	Detik	Pola Gerak Kaki	Gambar
1	Detik 1	1,3 dan 6,8	
2	Detik 2	2,4 dan 5,7	

4.2 Pembuatan Gerak Berjalan Menggunakan *Path*

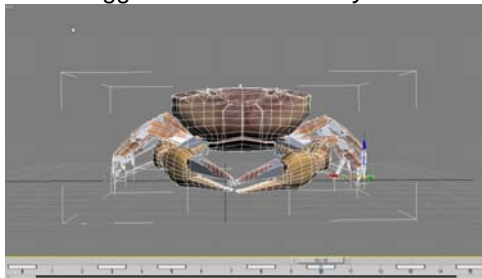
Dalam membuat gerakan berjalan pada program 3Ds Max, peneliti menggunakan bantuan *Line* dan *Helpers Dummy* untuk membuat model dapat berjalan. *Dummy*

diberikan perintah *Animation*, *Constraints* dan *Path Constraint* kemudian gabungkan dengan *line*, secara otomatis *Dummy* dapat bergerak mengikuti lintasan (*line*) yang telah dibuat. Model keping kemudian di gabungkan dengan *Dummy* sehingga model dapat berjalan mengikuti lintasan (*line*) yang telah dibuat.

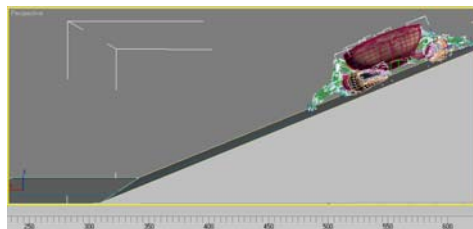
Model gerak keping yang buat terdiri dari jalan, lari dan berjalan pada bidang miring.



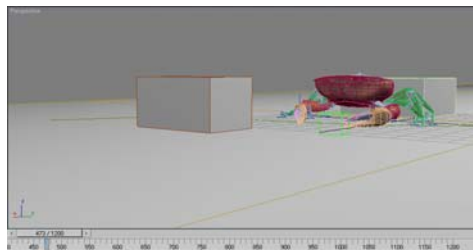
Gambar 16 Kepiting Berjalan Menggunakan *Path Dummy* Dan *Line*



Gambar 17 Pembuatan Gerak Berlari Pada Model Kepiting



Gambar 18 Pembuatan Gerak Berjalan Pada Bidang Miring



Gambar 19 Pembuatan Gerak Jalan Berkelok

5. Kesimpulan

1. Sudut derajat kebebasan tulang (*degrees of freedom*) keping berjenis

Parathelphusa Convexa, kaki nomor 1, 2, 3, 4 ke arah depan adalah 70° , 50° , 40° , 50° , ke arah belakang 20° , 40° , 50° , 70° , ke arah atas 50° , 70° , 60° , 60° dan ke arah bawah 30° , 50° , 40° , 30°

2. Tercipta pola gerakan jalan hewan keping berjenis *Parathelphusa Convexa*, yaitu dua kaki ganjil (1, 3) pada sisi kanan berpasangan dengan kaki genap (6, 8) pada sisi kiri dan kaki genap (2, 4) pada sisi kanan berpasangan dengan kaki ganjil (5, 7) pada sisi kiri.
3. Penggunaan metode Inverse Kinematik dapat diterapkan dalam pembuatan simulasi animasi 3D berupa gerak berjalan hewan keping.

6. Saran

Proses penelitian dari "Simulasi Gerak Kepiting Menggunakan Metode Inverse Kinematik" masih jauh dari sempurna, oleh sebab itu untuk pengembangan (*future works*) selanjutnya penulis memberikan beberapa saran, antara lain

1. Simulasi gerak keping dibuat tidak hanya menggunakan satu metode, tetapi menggunakan dua metode yaitu *Inverse Kinematic* dan *Forward Kinematic*.
2. Penelitian perlu dikembangkan lebih lanjut dengan obyek tidak hanya keping darat berjenis *Parathelphusa Convexa*, tetapi juga keping laut dan keping lainnya.
3. Gerakan simulasi tidak hanya terbatas pada gerak berjalan, tetapi juga berbagai gerakan dan perilaku keping lainnya.

Daftar Pustaka

Pustaka Buku

- [1] Djalle, Zaharuddin G., 2006, The Making of 3D Animation Movie, Penerbit Informatika, Bandung
- [2] Suyanto, M., 2015, The Oscar Winners and Box Office The Secret of Screenplay, Andi Publisher, Yogyakarta
- [3] Pustaka Majalah, Jurnal Ilmiah Atau Prosiding
- [4] Bhatti, Z., 2013, Forward and Inverse Kinematics Seamless Matching Using Jacobian, Sindh University Research Journal, Vol. 45 (2) 387-392 2013
- [5] Bhati, Z., Waqas, A., Karbasi, M., Mahesar, A. W., 2015, A Wire Parameter And Reaction Manager Based Biped Character Setup And Rigging Technique In 3ds Max For

- Animation, International Journal of Computer Graphics & Animation (IJCGA) Vol.5, No.2, April 2015
- [6] **Dongen, J. V.**, 2007, An Overview Of The Field Of Inverse Kinematics, Utrecht University
- [7] **Giamburno, M.**, 2002, 3D Graphics and Animation (2nd Edition) New Riders Press
- [8] **Hasan, M. Iqbal**, 2002, Pokok-Pokok Materi : Teori Pengambilan Keputusan , Ghalia Indonesia. Jakarta
- [9] **Hasibuan, Zainal A.**, 2007, Metodologi Penelitian Pada Bidang Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia
- [10] **Jaedun, A.**, 2011, Metodologi Penelitian Eksperimen, Fakultas Teknik UNY
- [11] **Jing, H., Pelachaud, C.**, 2011, An Efficient Energy Transfer Inverse Kinematics Solution, Telecom ParisTech, Paris
- [12] **Kry, P.G., Reveret, L., Faure, F., Cani, M. P.**, 2009, Modal Locomotion Animating Virtual Characters with Natural Vibrationsn, Eurographics, Volume 28 2009
- [13] **McChord, R.**, 2011, Techniques And Aesthetics Of Human Inverse Kinematics For Fighting Simulations, Thesis, Master Of Interactive Technology
- [14] **Monzani, J. S., Baerlocher, P., Boulic, R., Thalmann, D.**, 2000, Using an Intermediate Skeleton and Inverse Kinematics for Motion Retargeting, Eurographics, Volume 19 2000
- [15] **Nilsson, R.**, 2009, Inverse Kinematics, Masters Thesis, Lulea University of Technology
- [16] **Nugraha, H. S.**, 2015 Pembuatan Model Gerakan Animasi 2D Menggunakan metode Inverse Kinematik, Tesis, Program Pascasarjana STMIK Amikom Yogyakarta
- [17] **Prayudi, Y., Aprizal I.**, 2004, Permodelan Wajah 3D Berbasis Foto Diri Menggunakan Maya Embedded Language (MEL) Script, Journal Media Informatika, Vol. 2
- [18] **Prianto, E.**, 2007, Peran Kepiting sebagai Spesies Kunci (Keystone Spesies) pada Ekosistem Mangrove. Prosiding Forum Perairan Umum Indonesia IV. Balai Riset Perikanan Perairan Umum, Banyuasin
- [19] **Rusmadi, Irawan H., Yandri, H.**, 2014, Studi Biologi Kepiting Di Perairan Teluk Dalam Desa Malang Rapat Kabupaten Bintang Provinsi Kepulauan Riau, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji
- [20] **Siagian, P.**, 1987, Penelitian Operasional : Teori dan Praktik, Universitas Indonesia Press, Jakarta
- [21] **Syahfitri, Y.**, 2011, Teknik Film Animasi Dalam Dunia Komputer, Journal Saindikom Vol. 10 / No. 3 / September 2011
- [22] **Syalabi, L. A. P.**, 2014, Analisis dan Pembuatan Rig karakter 3D Berdasarkan Standar Produksi Film Animasi di PT. MSV Pictures, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika Dan Komputer Amikom Yogyakarta Yogyakarta
- [23] **Tolani, Deepak**, 2000, Real-Time Inverse Kinematics Techniques for Anthropomorphic Limbs, University of Pennsylvania
- [24] **Sridianti**, 2014, Gambaran Umum Kinematik, (<http://www.sridianti.com/gambaran-umum-pengertian-kinematika.html>), (diakses pada tanggal 17 Juni 2015)
- [25] **Nasution, Y.V.B.**, 2013, Forward Kinematics, Inverse Kinematics, Degree of Freedom, (<http://benynasution.web.id/2013/05/forward-kinematics-inverse-kinematics-degree-of-freedom/>), (diakses pada tanggal 17 Juni 2015)
- [26] **Rahmatia, D., Pitriana, P.** 2008, Hewan Laut, (https://books.google.co.id/books?id=xLClr0DGXYkC&printsec=frontcover&source=gbs_vpt_buy#v=onepage&q&f=false), (diakses pada tanggal 17 Juni 2015)
- [27] **Shimek, R.L.** 2008, Crabs, (www.reefkeeping.com), (Diakses pada tanggal 17 Agustus 2015)