

**SIMULASI PERGERAKAN JATUHAN KAIN
MENGGUNAKAN TEKNIK
PENGUBAHSUAIAN
MASA VERLET**

JERENEKAN BINTI ABDUL HAQ

**MATEMATIK DENGAN KOMPUTER GRAFIK
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

2012

SIMULASI PERGERAKAN JATUHAN KAIN MENGGUNAKAN TEKNIK PENGUBAHSUAIAN
MASA VERLET

JERENEKAN BINTI ABDUL HAQ

DISERTASIINI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT
MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM MATEMATIK DENGAN KOMPUTER GRAFIK
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2012

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

JERENEKAN BINTI ABDUL HAQ

(BS 09110071)

16 Mei 2012



DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

PENYELIA

(DR. ABDULLAH BADE)



PENGHARGAAN

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Selawat serta salam ke atas junjungan Nabi Muhammad Ibni Abdullah SAW, ahli keluarganya yang suci serta para sahabat baginda yang terpilih.

ALHAMDULILLAH, syukur ke hadrat ilahi kerana dengan keizinan dan limpah kurniaNya Projek Ijazah Sarjana Muda I ini dapat disempurnakan walaupun pelbagai halangan dan rintangan yang terpaksa ditempuhi, namun dengan tekad dan keazaman yang tinggi, semua halangan dapat ditempuhi dengan baik dan jayanya.

Pelbagai bantuan dan sokongan telah saya perolehi sepanjang perjuangan saya untuk menyiapkan projek ini. Oleh itu, di sini saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih terutamanya kepada penyelia projek, Dr Abdullah Bin Bade kerana sudi memberi nasihat dan tunjuk ajar sehingga projek ini berjaya disiapkan. Tidak lupa juga kepada kedua ibu bapa saya, Abdul Haq Bin Abdullah dan juga ibu tersayang, Rahma Tang Binti Abdul Rahman kerana telah memberi sokongan, dorongan dan telah mendidik saya untuk terus cekal dan tabah dalam menghadapi rintangan di sepanjang proses penyiapan projek ini.

Akhir sekali, tidak lupa juga kepada adik beradik dan rakan-rakan sepejuangan, para pensyarah Sekolah Sains dan Teknologi dan semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak dalam menjayakan projek ini, sekalung kasih sejambak budi dihulurkan dan jutaan terima kasih saya ucapkan.

ABSTRAK

Simulasi kain merupakan simulasi yang banyak diaplikasikan dalam dunia realiti maya. Perkembangan simulasi ini bukan sahaja terhad kepada bidang perfileman dan animasi, tetapi juga sering digunakan dalam menghasilkan permainan video dan simulasi realiti maya. Pelbagai pendekatan digunakan dalam simulasi ini antaranya ialah berdasarkan geometri, berdasarkan fizikal, dan hibrid. Setiap pendekatan ini mempunyai teknik tersendiri untuk menghasilkan simulasi kain yang realistik. Dalam projek ini, sebuah prototaip simulasi pergerakan jatuhannya kain telah dibangunkan dengan menggunakan teknik pengubahsuaian masa *Verlet*. Model struktur kain dibina menggunakan sistem spring pemberat dan teknik pengubahsuaian masa *Verlet* pula digunakan bagi proses pergerakan jatuhannya kain. Kesan pencahayaan dengan menggunakan pengiraan vektor normal juga digunakan bagi mewujudkan permukaan kain yang realistik. Penambahan daya luar iaitu daya tarikan graviti juga turut diaplikasikan dalam simulasi ini. Eksperimen yang dijalankan menunjukkan purata *frame* per saat bagi teknik pengubahsuaian masa *Verlet* adalah sebanyak 7.05 dan 6.05 bagi teknik *Verlet Integration*. Eksperimen ini dijalankan dalam masa 20 saat dengan jejari dan berat serta kesan pencahayaan yang berlainan. Selain itu, ujian *frame* per mili saat, bucu per *frame* dan segitiga per *frame* juga dijalankan. Bagi bilangan penggunaan memori, sebanyak 20 set ujian dijalankan dan hasil perbandingan menunjukkan purata penggunaan memori bagi simulasi ini adalah 6420.3kb. Daripada eksperimen ini, dapat disimpulkan bahawa penggunaan teknik pengubahsuaian masa *Verlet* adalah efisien.

FREE FALL CLOTH SIMULATION USING TIME CORRECTED VERLET TECHNIQUE

ABSTRACT

Cloth simulation is a simulation that has been applied to many virtual world applications. The development of this simulation is not only limited in the field of film industry-animation, but it also commonly used in computer games and virtual reality simulation. Several approaches are used in this simulation such as geometrical based, physically based, and hybrid. Each of these approaches uses different techniques to produce a realistic cloth simulation. In this project, a free fall cloth simulation prototype was developed using Time-Corrected Verlet technique. The cloth structure model was formed using the mass-spring system while Time-Corrected Verlet technique used for the free fall cloth movement. The lighting effect by using the normal vector calculation is also used to create a realistic fabric surface. The addition of external force that is gravitational force is also applied in this simulation. The conducted experiments showed that the average number of frames rendered per second for Time-Corrected Verlet technique was 7.05 while 6.05 for Verlet Integration technique. The experiment was carried out in 20 second with different radius, weight, and lighting effect. In addition, the test frames per second, per frame edges, and triangles per frame also carried out. The amount of memory consumption by 20 set of tests were conducted and the comparison results showed that the average memory usage for the simulation was 6420.3kb. From the experiments, it can be concluded that the use of Time-Corrected Verlet techniques is efficient.

KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI RAJAH	x
SENARAI ISTILAH	xv
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Latar Belakang Masalah	3
1.3 Pernyataan Masalah	5
1.4 Matlamat	6
1.5 Objektif	6
1.6 Skop	6
1.7 Justifikasi/ Kepentingan Kajian	7
1.8 Organisasi Laporan	7
 BAB 2 KAJIAN LITERATUR	 9
2.1 Pengenalan	9
2.2 Sejarah Perkembangan Simulasi Kain	10
2.3 Struktur Kain Menggunakan Spring Pemberat	12
2.3.1 Daya Luar	13
2.4 Teknik- Teknik Simulasi Kain	15
2.4.1 <i>Explicit Euler Integration</i>	15
2.4.2 <i>Implicit Euler Integration</i>	22
2.4.3 Hibrid	24
2.5 Peningkatan Visual	24
2.6 Pengesahan Perlanggaran	25
2.7 Aplikasi	26

2.8	Perbincangan	28
BAB 3 METODOLOGI		30
3.1	Pengenalan	30
3.2	Kaedah dan Pembangunan Simulasi Pergerakan Jatuhan Kain	31
3.3	Seni Bina	32
3.3.1	Pembentukan Struktur Kain	32
3.3.2	Penghasilan Simulasi Pergerakan Jatuhan Kain	34
3.3.3	Pengaplikasian Daya Luar	37
3.3.4	Pengaplikasian Pengesanan Perlanggaran	37
3.3.5	Pengaplikasian Kesan Pencahayaan	38
3.4	Kesimpulan	39
BAB 4 REKA BENTUK SISTEM SIMULASI KAIN		40
4.1	Pengenalan	40
4.2	Seni Bina Simulasi Pergerakan Jatuhan Kain	40
4.3	Struktur Simulasi Dalam <i>Class</i>	42
4.4	Pembentukan Struktur Kain	43
4.5	Teknik Pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> Dan <i>Verlet Integration</i>	45
4.6	Daya Luar	47
4.7	Pengesanan Perlanggaran	48
4.8	Peranti Input	51
4.8.1	Menu Teknik	53
4.8.2	Menu Struktur	53
4.8.3	Menu Pencahayaan	55
4.8.4	Papan Kekunci	57
4.9	Kesimpulan	58
BAB 5 SIMULASI PERGERAKAN JATUHAN KAIN MENGGUNAKAN TEKNIK PENGUBAHSUAIAN MASA VERLET		59
5.1	Pengenalan	59
5.2	Struktur Kain	60
5.3	Simulasi Pergerakan Jatuhan Kain	63
5.4	Daya Luar (Daya Tarikan Graviti)	69

5.5	Pengesanan Perlanggaran Zarah Kain Dengan Sfera Dan Permukaan Lantai	69
5.6	Kesan Pencahayaan	73
5.7	Keputusan dan Perbincangan	76
5.8	Kesimpulan	81
BAB 6 KESIMPULAN		82
6.1	Rumusan	82
6.2	Sumbangan	83
	6.2.1 Teknik	83
	6.2.2 Pengesanan Perlanggaran	83
	6.2.3 Prototaip Sistem	83
6.3	Peluasan Kajian	84
	6.3.1 Teknik	84
	6.3.2 Pengesanan Perlanggaran	84
RUJUKAN		85

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	Muka Surat
1.1 Simulasi dan model kain pada filem <i>Shrek</i>	2
1.2 Model pakaian pada filem <i>Shrek</i>	2
1.3 Simulasi kain dalam filem <i>Harry Potter and the Half-Blood Prince</i>	2
2.1 Model jejaring bersegitiga dengan <i>single diagonal</i>	12
2.2 Jenis spring	13
2.3 Graf penghampiran fungsi <i>Explicit Euler</i>	16
2.4 Persamaan am <i>Runge-kutta 2nd order</i>	17
2.5 Graf pembentukan <i>Runge-kutta 2nd order</i>	18
2.6 Bentuk am <i>Runge-kutta 4th order</i>	18
2.7 Graf pembentukan <i>Runge-kutta 4th order</i>	19
2.8 Pembentukan formula <i>Verlet Integration</i>	21
2.9 Kekangan zarah pada kain semasa simulasi berlaku	22
2.10 Perbezaan kesan pencahayaan pada sfera	25
2.11 Simulasi kain pada watak <i>Dementors</i> dalam <i>Harry Potter and The Prisoner of Azkaban</i>	26
2.12 Tetapan lapisan kain berganda dalam <i>Shrek 4</i>	27
2.13 Simulasi kain yang digunakan dalam salah satu watak dalam <i>EVE Online's</i>	27
2.14 Simulasi kain pada <i>Assassin's Creed : Brotherhood Games</i>	28
3.1 Rekabentuk kerangka kerja tesis	31
3.2 Senibina penghasilan simulasi pergerakan jatuhkan kain	32
3.3 Bentuk kain yang hanya bergantung kepada spring struktur	33
3.4 Bentuk kain dengan spring struktur apabila dilentur atau daya dikenakan keatas permukaan	33
3.5 Struktur kain dengan spring struktur dan penambahan spring rincih	34
3.6 Parameter bagi <i>Verlet Integration</i> dengan penambahan geseran pada udara	35

3.7	Parameter bagi pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> dengan penambahan selang masa	36
3.8	Jarak antara zarah-zarah yang mengikuti kekangan	37
3.9	Parameter bagi pecutan yang menghasilkan daya tarikan graviti	37
3.10	Perlanggaran zarah dengan sfera	38
3.11	Cahaya resap (a), cahaya ambien (b), gabungan cahaya resap dan ambien (c)	39
4.1	Gambaran keseluruhan seni bina simulasi pergerakan jatuh kain	41
4.2	Gambaran keseluruhan struktur simulasi pergerakan jatuh kain dalam <i>class</i> yang dibina	43
4.3	Model pembentukan struktur kain	45
4.4	Gambaran keseluruhan pembentukan struktur kain	45
4.5	Model keadaan penggunaan teknik pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> dan teknik <i>Verlet Integration</i> dalam simulasi pergerakan jatuh kain	46
4.6	Gambaran keseluruhan simulasi pergerakan jatuh kain menggunakan teknik Pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> dan <i>Verlet Integration</i>	47
4.7	Model daya tarikan graviti dalam sistem simulasi pergerakan jatuh kain	48
4.8	Gambaran keseluruhan bagi daya tarikan graviti terhadap simulasi pergerakan jatuh kain	48
4.9	Model pembentukan sfera dan permukaan lantai serta pengesanan perlanggaran antara permukaan kain dengan sfera dan permukaan lantai	50
4.10	Gambaran keseluruhan sistem pengesanan perlanggaran antara permukaan kain dengan permukaan sfera dan lantai	50
4.11	Model keadaan perant input yang berlaku pada simulasi pergerakan jatuh kain	51
4.12	Menu	52
4.13	Output apabila butang radio <i>Fill</i> dipilih	53
4.14	Output apabila butang radio <i>Line</i> dipilih	54
4.15	Output apabila butang radio <i>Point</i> dipilih	54
4.16	Output apabila butang radio <i>Enable</i> dipilih	55

4.17	Output apabila butang radio <i>Disable</i> dipilih	55
4.18	Output simulasi apabila butang ' <i>start simulation</i> ' ditekan buat pertama kali dengan menggunakan teknik pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> , nilai jejari 2.0, berat 3.0, <i>Color</i> 0.6, dan <i>Cloth color</i> 0.5	57
4.19	Output simulasi apabila butang ' <i>start simulation</i> ' ditekan buat kedua kali dengan menggunakan teknik pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> , nilai jejari 4.0, berat 10.0, <i>Color</i> 0.5, dan <i>Cloth color</i> 0.7	57
4.20	Output simulasi apabila <i>Key_LEFT</i> dan <i>Key_DOWN</i> ditekan sebanyak dua kali	58
4.21	Output simulasi apabila <i>Key_RIGHT</i> dan <i>Key_UP</i> ditekan sebanyak dua kali	58
5.1	Kod atur cara penyusunan zarah sepanjang lajur dan baris	60
5.2	Output zarah-zarah kain yang disusun disepanjang lajur dan baris	61
5.3	Struktur corak zarah dan spring berdasarkan paksi-x dan paksi-z	62
5.4	Kod atur cara pembentukan segitiga dengan mencantumkan zarah-zarah pada kain	62
5.5	Output corak struktur kain	63
5.6	Kod atur cara bagi teknik pengubahsuaian masa <i>Verlet</i>	65
5.7	Output pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> tanpa kekangan pada spring menggunakan <i>structure Fill</i> , (a) dan <i>Line</i> , (b)	66
5.8	Algorithma kekangan pada spring	67
5.9	Kod aturcara kekangan pada spring	67
5.10	Output simulasi gabungan pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> dan kekangan pada spring bagi <i>structure Fill</i> , (a) dan <i>Line</i> , (b)	68
5.11	Algorithma bagi daya tarikan graviti	69
5.12	Kod atur cara daya tarikan graviti	69
5.13	Algorithma bagi kesan perlanggaran sfera dengan zarah-zarah kain	70
5.14	Kod atur cara pengesanan perlanggaran antara sfera dengan permukaan kain	70

5.15	Output kesan perlanggaran sfera dengan zarah-zarah kain menggunakan teknik pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> , (a) dan <i>Verlet Integration</i> , (b)	71
5.16	Output kesan perlanggaran apabila terdapat dua sfera dengan zarah-zarah kain menggunakan pengubahsuaian masa <i>Verlet</i>	71
5.17	Algorithma bagi kesan perlanggaran zarah-zarah kain dengan permukaan lantai	72
5.18	Kod atur cara daya tarikan graviti	72
5.19	Output kesan perlanggaran permukaan lantai dengan zarah-zarah kain	72
5.20	Gambaran keseluruhan pengesanan perlanggaran bagi sfera dan permukaan lantai	73
5.21	Algorithma pembentukkan vektor normal	74
5.22	Kod atur cara proses pembentukan vektor normal	74
5.23	Algoritma pembentukan vektor normal pada setiap zarah dalam segitiga	74
5.24	Kod atur cara pengiraan vektor normal pada permukaan kain bagi setiap segitiga	75
5.25	Output kesan pencahayaan pada permukaan kain, lantai, dan sfera	75
5.26	Graf pengiraan <i>frame</i> per saat,(a) dan <i>frame</i> per milisaat, (b) bagi teknik pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> dan <i>Verlet Integration</i> dengan nilai jejari, $r = 2$, berat, $m = 3$, dan kehadiran pencahayaan	76
5.27	Graf pengiraan <i>frame</i> per saat,(a) dan <i>frame</i> per milisaat, (b) bagi teknik pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> dan <i>Verlet Integration</i> dengan nilai jejari, $r = 2$, berat, $m = 3$, dan pencahayaan dimatikan	78
5.28	Graf pengiraan <i>frame</i> per saat,(a) dan <i>frame</i> per milisaat, (b) bagi teknik pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> dan <i>Verlet Integration</i> dengan nilai jejari, $r = 3$, berat, $m = 10$, dengan kesan pencahayaan	79
5.29	Graf perubahan bucu per <i>frame</i> ,(a) dan segi tiga per <i>frame</i> , (b) bagi teknik pengubahsuaian masa <i>Verlet</i> dan <i>Verlet Integration</i> dengan nilai jejari, $r = 2$, berat, $m = 3$, dengan kesan pencahayaan	80

- 5.30 Perbezaan penggunaan memori komputer sebelum simulasi dijalankan dan selepas simulasi pergerakan jatuhnya kain dijalankan menggunakan teknik pengubahsuaian masa *Verlet* 81

SENARAI ISTILAH

<i>acceleration</i>	- pecutan
<i>ambient light</i>	- cahaya ambien
<i>ambient reflection</i>	- refleksi ambient
<i>architecture</i>	- seni bina
<i>array</i>	- tatasusunan
<i>basic illumination model</i>	- model pencahayaan asas
<i>bend spring</i>	- spring lengkok
<i>bounding volume</i>	- isipadu persempadan
<i>button</i>	- butang
<i>cloth mesh vertices</i>	- bucu jejaring kain
<i>code fragment</i>	- cebisan kod
<i>collision detection</i>	- pengesahan perlanggaran
<i>current position</i>	- kedudukan semasa
<i>current time</i>	- masa semasa
<i>current_distance</i>	- jarak semasa
<i>current-step</i>	- langkah semasa
<i>damping</i>	- redaman
<i>damping force</i>	- daya redaman
<i>damping viscous</i>	- redaman likat
<i>device</i>	- peranti
<i>diagonal</i>	- menyerong
<i>diffuse light</i>	- cahaya resap
<i>display</i>	- paparan
<i>distance</i>	- jarak
<i>emissive light</i>	- cahaya pancaran
<i>external force</i>	- daya luar
<i>force</i>	- daya
<i>geometric primitives</i>	- primitif geometri
<i>geometry based</i>	- berdasarkan geometri
<i>gravity force</i>	- daya tarikan graviti

<i>input device</i>	- peranti input
<i>key</i>	- kekunci
<i>keyboard</i>	- papan kekunci
<i>length vector</i>	- panjang vector
<i>lines</i>	- garis
<i>local space</i>	- ruang lokal
<i>mass</i>	- berat
<i>mass-spring</i>	- spring pemberat
<i>mesh of particle</i>	- jejaring zarah
<i>mouse</i>	- tetikus
<i>multi-layered cloth setup</i>	- tetapan lapisan kain berganda
<i>next position</i>	- kedudukan seterusnya
<i>non-damped mechanical system</i>	- sistem makanikal yang bukan teredam
<i>normalized</i>	- menormalkan
<i>old position</i>	- kedudukan awal
<i>oscillations</i>	- ayunan
<i>over damped</i>	- lebihan redaman
<i>physical based</i>	- berasaskan fizik
<i>previous time</i>	- masa sebelumnya
<i>radio button</i>	- butang radio
<i>radius</i>	- jejari
<i>real step</i>	- langkah sebenar
<i>real-time</i>	- masa sebenar
<i>rest length</i>	- kedudukan asal
<i>restoring force</i>	- daya pemulihan
<i>scalar field</i>	- medan skalar
<i>segmentation</i>	- segmentasi
<i>shear spring</i>	- spring ricih
<i>simulation damping</i>	- peredam simulasi
<i>smooth</i>	- licin
<i>sparse matrix</i>	- matriks yang tersebar
<i>speed</i>	- kelajuan
<i>spring constant</i>	- pemalar spring

<i>spring damper</i>	- peredam spring
<i>spring force</i>	- daya spring
<i>stability</i>	- kestabilan
<i>static length</i>	- jarak statik
<i>stiffness</i>	- ketegangan
<i>structural spring</i>	- spring struktur
<i>subdivision</i>	- pecah bahagi
<i>Taylor series approximation</i>	- penganggaran siri Taylor
<i>time-step</i>	- langkah masa
<i>triangle</i>	- segitiga
<i>triangulated mesh</i>	- jejaring bersegitiga
<i>velocity</i>	- halaju
<i>vertex</i>	- bucu
<i>world space</i>	- ruang dunia

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Simulasi kain merupakan satu topik hangat yang menjadi perbualan ramai di antara penyelidik pada masa kini. Ini selaras dengan perkembangan teknologi dalam menghasilkan simulasi yang realistik dalam bidang komputer grafik khususnya. Kajian mengenai simulasi ini telah bermula sejak pertengahan 1980-an dan telah menarik minat ramai penyelidik dalam bidang komputer grafik (Cordier, 2002). Para penyelidik ini juga berusaha untuk memodelkan dan mensimulasikan pergerakan kain dalam bentuk 3-Dimensi (3D) agar simulasi kelihatan yang lebih realistik dalam alam maya.

Secara amnya, kajian ini telah banyak diaplikasikan dalam pelbagai bidang terutama sekali dalam bidang perfileman. Filem animasi seperti "*Monster & Co*" daripada Pixar (PIXAR, 2002) atau "*Shrek*" daripada DreamWorks (Rajah 1.1), (Rajah 1.2), (DREAM, 2002) merupakan antara contoh filem yang mengaplikasikan simulasi kain. Ini membuktikan bahawa simulasi kain adalah berguna dalam menghasilkan filem yang realistik dan berkualiti. Filem lain yang turut menggunakan simulasi kain bagi menghasilkan filem yang realistik adalah seperti "*The Golden Compass*", "*Spider Man 3*", "*Harry Potter and the Prisoner of Azkaban*", "*Harry Potter and the Half-Blood Prince*", rujuk Rajah 1.3 (Warner Bros, 2004), "*Pirates of Caribbean*", dan "*Charlie and the Chocolate Factory*."



Rajah 1.1 Simulasi dan model kain pada filem *Shrek* (DreamWorks, 2002)



Rajah 1.2 Model pakaian pada filem *Shrek* (DreamWorks, 2002)



Rajah 1.3 Simulasi kain dalam filem *Harry Potter and the Half-Blood Prince* (Warner Bros, 2004)

Secara ringkasnya, simulasi kain telah berkembang selepas simulasi kulit dan rangka diperkenalkan. Pemodelan kain dan pakaian dijadikan sebagai tumpuan kajian pada masa itu sehingga bentuk asas model ini berkembang ke suatu tahap yang lain. Tahap yang dimaksudkan ialah pengaplikasian kaedah fizik yang kompleks pada model kain bagi menghasilkan pergerakan atau simulasi ke atas model kain tersebut. Selain itu, sifat-sifat kain juga turut dipertimbangkan dalam menghasilkan simulasi kain yang realistik (Cordier, 2002).

Banyak kajian telah dilakukan dan hasilnya, pelbagai pendekatan telah diperkenalkan. Antaranya pendekatan berdasarkan zarah, tenaga, dan pendekatan yang paling berjaya dalam permodelan iaitu spring pemberat yang diperkenalkan oleh Provot pada tahun 1995 (Pereira, 2010). Selain itu, terdapat juga beberapa pihak yang mengkaji simulasi kain ini seperti MIRALab iaitu dengan membangunkan sistem MIRACloth.

Kajian MIRALab adalah tertumpu pada proses membina dan menganimasi pakaian bagi pelakon maya (MIRALab, 1989). *Versatile and Efficient Technique for Simulating and Other Deformable Object* merupakan salah satu kajian yang dilaksanakan oleh MIRALab. Ia mengkaji mengenai simulasi yang dilakukan pada benda yang berubah-ubah mengikut sebarang situasi yang diinginkan (Vollino, 1995).

1.2 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi telah memberi satu cabaran yang besar kepada pelbagai bidang antaranya dalam bidang komputer grafik. Simulasi kain dan pemodelan merupakan antara kajian yang turut berkembang seiring dengan perkembangan teknologi ini. Dalam pembentukan struktur kain, terdapat dua aspek yang perlu dipertimbangkan iaitu pembentukan partikel, jejaring dan pembentukan spring. Pemilihan teknik yang berlainan akan menghasilkan struktur kain yang berlainan. Contoh teknik yang digunakan dalam pembentukan struktur kain ini ialah dengan menggunakan grid segi empat mengikut urutan atau dengan menggunakan jejaring bersegitiga yang mana kedua-dua aspek ini ditentukan oleh pengguna (Pereira, 2010).

Simulasi kain merupakan satu kaedah yang banyak digunakan dalam industri perfileman iaitu dengan menghasilkan satu ilusi kepada pengguna yang digunakan pada babak-babak tertentu. Simulasi kain ini boleh dihasilkan dengan pelbagai teknik atau menggunakan pendekatan yang sedia ada. Pendekatan ini boleh diklasifikasikan sebagai pendekatan berasaskan geometri, pendekatan berasaskan fizik, atau gabungan kedua-dua teknik iaitu pendekatan hibrid (Rudomin & Castillo, 2002). Antara teknik yang banyak dikaji dalam simulasi ini adalah *Implicit Euler Intergartion*, *Explicit Euler Integration*, *Mixed Implicit/ Explicit Time Integration*, *Implicit Midpoint Integration*, *Verlet Integration*, pengubahsuaian masa *Verlet*, *Conjuget Gradient Method*, *Biconjuget Gradient Method*, dan *Runge-Kutta 4th Order Iteration Method* (Vollino & Thalman, 2000).

Penghasilan animasi yang berkualiti dan realistik merupakan faktor utama yang menarik minat penonton. Bagi menghasilkan simulasi yang realistik, pendekatan simulasi berasaskan fizikal perlu memenuhi beberapa keperluan. Antara parameter yang perlu dipenuhi ialah kestabilan dan kelajuan (Rudomin & Castillo, 2002), (Vollino & Thalmann, 2005). Kestabilan diperlukan semasa simulasi dibuat supaya ia akan dapat menghasilkan pergerakan yang dikehendaki. Kestabilan sesuatu simulasi kain biasanya akan terganggu apabila wujudnya ralat simulasi dalam bentuk peredam spring.

Selain itu, kelajuan juga merupakan antara aspek yang sangat penting dalam simulasi kain. Kelajuan model kain dalam mengesan perlanggaran dan melakukan pengiraan adalah salah satu aspek yang perlu diambil kira apabila simulasi kain berasaskan fizikal berada digunakan (Rudomin & Castillo, 2002), (Vollino & Thalmann, 2005), (Vollino & Thalmann, 2000).

Teknik *Implicit Euler* merupakan teknik yang paling banyak digunakan dalam animasi masa sebenar. Teknik ini dapat memenuhi sifat kelajuan, namun begitu ia turut mempunyai kelemahan yang mana ia tidak mempunyai kestabilan apabila masa lelaran yang digunakan adalah panjang. Ini adalah disebabkan oleh kesan redaman yang terhasil daripada lelaran dan seterusnya menyebabkan sifat realistik simulasi berkurangan (Vollino & Thalmann, 2000).

Teknik lain yang digunakan untuk menghasilkan simulasi kain dalam *Explicit Integration* adalah seperti *Euler Integration*, *Midpoint*, dan *Runge Kutta*. Kesemua teknik ini juga mempunyai masalah yang hampir sama seperti teknik *Implicit Euler method* iaitu ketidakstabilan pada lelaran dalam masa yang panjang walaupun kaedah ini menawarkan pergerakan kain yang fleksibel (Vollino & Thalmann, 2000).

Mixed Implicit/Explicit Time Integration (Bridsol *et al.*, 2003), pula diperkenalkan untuk mengatasi masalah sifat dwifasa pada kain. Kaedah *Conjuget Gradient* dan kaedah *Biconjuget Gradient* merupakan kaedah yang ditambah pada teknik yang sedia ada untuk mengatasi kekurangan pada teknik tersebut. Namun begitu, kaedah *Conjuget Gradient* dan *Biconjuget Gradient* ini turut mempunyai kekurangan. Contohnya kaedah *Biconjuget Gradient* ini memerlukan sistem matriks berada dalam keadaan simetri. Ketidakseimbangan berat pada zarah-zarah kain apabila persilangan antara zarah berlaku akan mengganggu keadaan simetri ini (Vollino & Thalmann, 2000).

Verlet Integration dan pengubahsuaian masa *Verlet* juga merupakan salah satu teknik dalam *Explicit Euler Integration* yang digunakan untuk menghasilkan pergerakan simulasi kain. Teknik ini diaplikasikan dalam kebanyakan permainan video kerana teknik ini merupakan teknik yang paling mudah dan stabil. Ini kerana teknik ini hanya melibatkan parameter bagi pecutan dan perubahan kedudukan zarah tanpa melibatkan halaju (Liu *et al.*, 2010).

Simulasi kain yang realistik hanya dapat dihasilkan jika permukaan kain adalah selaras dengan permukaan objek yang berlanggar dengan kehadiran daya tarikan graviti dan pencahayaan pada kain tersebut. Maka, sistem pengesanan perlanggaran yang berkesan diperlukan supaya simulasi kelihatan lebih realistik.

1.3 Pernyataan Masalah

Pembangunan simulasi pergerakan jatuhannya kain yang realistik dalam alam maya adalah sukar dan banyak aspek perlu dipertimbangkan. Antaranya ialah aspek pembentukan jejaring seperti penggunaan jejaring bersegitiga dalam menghasilkan corak asas model kain dan pemilihan teknik untuk mensimulasikan model kain

tersebut. Selain itu, beberapa parameter berdasarkan teknik yang dipilih perlu diambil kira. Pemilihan daya luar seperti daya tarikan graviti, teknik pencahayaan dan pengesanan perlanggaran yang mudah juga penting. Kesimpulannya, pemilihan dan aplikasi teknik yang sesuai adalah penting dalam simulasi ini.

1.4 Matlamat

Matlamat utama projek ini ialah untuk menghasilkan satu simulasi pergerakan jatuhannya kain yang realistik berdasarkan teknik pengubahsuaian masa *Verlet*.

1.5 Objektif

Untuk mencapai matlamat di atas, beberapa objektif perlu dipenuhi.

- Memodelkan model kain 3D menggunakan teknik spring pemberat.
- Menghasilkan simulasi jatuhannya kain menggunakan teknik pengubahsuaian masa *Verlet*.
- Membangunkan prototaip simulasi pergerakan jatuhannya kain menggunakan gabungan spring pemberat dengan pengubahsuaian masa *Verlet*.

1.6 Skop

- Mengkaji teknik-teknik penghasilan simulasi pergerakan jatuhannya kain yang sedia ada.
- Mengaplikasikan teknik yang dipilih bagi menghasilkan simulasi pergerakan jatuhannya kain menggunakan OpenGL.
- Menghasilkan simulasi berdasarkan gabungan teknik spring pemberat dengan teknik pengubahsuaian masa *Verlet*.
- Hanya melibatkan pengesanan perlanggaran antara zarah kain dengan sfera dan permukaan lantai.
- Tidak melibatkan *self-collision* antara permukaan kain.
- Hanya melibatkan kesan tarikan graviti dan pencahayaan pada simulasi.

RUJUKAN

Admin. 2009. *Computer Graphics Lab* , Alexandra Institute.

<http://cg.alexandra.dk>. (25 Oktober 2011)

Assassin. 2010. *Assassin's Creed Brotherhood*, USA.

<http://assassinscreed.uk.ubi.com/brotherhood/>. (25 Oktober 2011)

Bridson, R., Marino, S., & Fedkiw, R. 2003. *Simulation of Cloth with Folds and Wrinkles*.

Eurographics-SIGGRAPH Symposium on Computer Animation, **2**: 28-36.

Cordier, F. & Thalmann, N. M. 2002. *Real-Time Animation of Dressed Virtual Humans*. PhD.

Thesis. Faculte Des Sciences Economieques Et Sociales, Geneva.

Desowitz, B. n.d. Decade Shrek Tech. Los Angeles.

<http://www.awn.com/articles/3d/decade-shrek-tech/page/3%2C1>. (20 November 2011)

Drain, B. 2010, March 03. *Incredible Cloth and Hair Simulation*.

<http://massively.joystiq.com/2010/03/20/video-shows-ccps-incredible-cloth-and-hair-simulation/>. (20 Oktober 2011)

Dreamworks. 2011. *DreamWorks Animation SKG Inc*. California.

<http://www.dreamworksanimation.com/>. (6 November 2011)

Dummer, J. 2007. *Verlet Integration Method*.

<http://www.lonesock.net/article/verlet.html>. (20 April 2012)

Kieran, E., Harrison, G., & Openshaw, L. 2005. *Cloth Simulation*. MSc Computer Animation.

Thesis. NCCA Bournemouth University.

Lander, J. 1999. *Devil in the Blue Faceted Dress: Real-Time Cloth Animation*. Game

Developer Magazine. October: 17-20.

Liu, H. Y., Zhong, Y. Q., & Wang, S. Y. 2007. Numerical Stability of Integration Methods Used in Cloth simulation. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, **3**: 106-110.

Louth, A.J. 2004. *Interactive Cloth Simulation*. MSc Degree in Computering Science. University of London. Diploma. Imperial College of Science, Technology and Medicine.

MIRALab. 1992. *MIRALab*. University of Geneva.

<http://www.miralab.ch/>. (28 November 2011)

Pereira, L. 2010. *Master Project C++ Cloth Simulation*. MSc CAVE 09-10.

Pixar. 1986. *Monsters, Inc.* California.

<http://www.pixar.com/>. (2 November 2011)

Rudomin, I. & Castillo, J. L. 2002. *Real Time Clothing : Geometry and physics*. In WSCG 2002 Posters, **2**: 45-48.

Sidelnikov. G. 2009. *The OpenGL Light Bible*. San Francisco.

<http://www.falloutsoftware.com/tutorials/gl/gl8.htm>. (12 May 2012)

Skweres, M. A. 2004. *The Real Magic of Harry Potter and the Prison of Azkaban*. Los Angeles, California.

<http://www.awn.com/articles/production/real-magic-i-harry-potter-and-prisoner-azkabani/page/3%2C1>. (14 November 2011)

Volevich, V. L., Kopylov E. A., Khodulev, A.B., & Karpenko, O. A. 1997. *Approach to cloth synthesis and visualization*.

<http://www.keldysh.ru/pages/cgraph/articles/apcsv/struct.htm>. (20 November 2011)

Volino, P. & Thalmann, N. M. 2000. Implementing fast cloth simulation with collision response. Computer Graphics International. *Proceedings IEEE Computer Society*: 257-266.

Volino, P. & Thalmann, N. M. 2005. Implicit Midpoint Integration and Adaptive Damping for Efficient Cloth Simulation. Dlm: *Computer Animation And Virtual Worlds*. John Wiley and Sons Ltd, **16**(3-4): 163-175.

Volino, P., Courchesne, M., & Thalmann, N. M. 1995. Versatile and efficient techniques for simulating cloth and other deformable objects. *Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive technique SIGGRAPH 1995*, **29**: 137-144.

Warner Bros. Entertainment Inc. 2011. Warner Bros. California.
<http://www.warnerbros.com/>. (25 Oktober 2011)