

Pengembangan *Tool* Pencahayaan 3D Berbasis *Array* dengan MAXScript

Andi Sasmita, Ahmad Ridha

Departemen Ilmu Komputer FMIPA-IPB, Bogor, West Java, 16680, Indonesia

Abstract--*Array lighting uses a group of lights behaving and functioning as a single light. This method can be used to simulate the effect of global illumination in less time. In this research, Cylight, an array-based 3D lighting tool with tubular geometry, is developed using MAXScript. The image quality comparison to global illumination using Scanline and mental ray is conducted through an online survey using six 3D scenes. 98 respondents participated to determine the realistic level for each rendered scene with a value between 1 to 5. The rendering time is also measured. The results show that Scanline produces the best image quality, but not significantly different compared to Cylight. On the other hand, Cylight is significantly faster, taking less than 10% of Scanline's rendering time.*

Keywords: *global illumination, fake GI, 3ds Max, array lighting, light arrays, computer graphics.*

I. Pendahuluan

Bidang *Computer Graphics* (CG) saat ini sudah berkembang sangat pesat sehingga menghasilkan visualisasi yang mendekati objek aslinya. Hal ini tidak lepas dari peran pencahayaan karena melalui cahaya kita dapat mempersepsikan warna, bentuk, dan tekstur dari sebuah objek.

Dua pendekatan yang umum digunakan untuk menghasilkan visualisasi 3D adalah *local illumination* dan *global illumination*. *Global illumination* (GI) menghasilkan visualisasi yang lebih realistis dibandingkan dengan pendekatan *local illumination*. Hal tersebut dikarenakan GI tidak hanya menghitung cahaya langsung (*direct illumination*) tetapi juga cahaya tidak langsung (*indirect illumination*) (Brooker 2008).

Selain menghasilkan citra yang realistis, efek pencahayaan perlu dikerjakan secepat mungkin, idealnya dengan kecepatan 30 citra setiap detiknya. Sayangnya belum ada algoritme GI yang dapat memenuhi kedua tujuan tersebut (Brooker 2008).

Untuk itu dibutuhkan aplikasi atau *tool* yang dapat menghasilkan efek mirip GI dengan waktu *render* yang lebih cepat dari *tool* GI yang tersedia. Teknik yang umum dipakai untuk membuat GI tiruan adalah dengan menempatkan sejumlah sumber cahaya di sekeliling objek 3D. Teknik ini dikenal dengan sebutan *array lighting*. Geometri yang seringkali dipakai untuk *array lighting* adalah kubah (*dome*). Dalam penelitian ini dikembangkan *tool* dengan geometri silinder (*tubular*) dengan MAXScript yang terintegrasi dengan Autodesk 3ds Max.

Penelitian mengenai GI untuk interior telah dilakukan oleh (Boyles *et al.* 2009). Berbeda dengan penelitian

tersebut, penelitian ini membahas penerapan teknik pencahayaan GI tiruan untuk lingkungan eksterior atau objek yang tidak dibatasi ruangan.

A. Global Illumination (GI)

Global illumination adalah model pencahayaan yang dihasilkan dari cahaya langsung yang datang ke permukaan objek atau biasa disebut *direct illumination* dan cahaya tidak langsung atau biasa disebut *indirect illumination*. *Indirect illumination* dihasilkan dari cahaya yang datang dari pantulan permukaan objek lain.

Algoritme GI yang umum dikenal adalah *ray-tracing* dan *radiosity*. Keduanya terintegrasi dengan sistem rendering (*renderer*). *Ray-tracing* adalah salah satu algoritme GI pertama yang dikembangkan. Kelemahan dari algoritme ini adalah prosesnya yang lambat untuk lingkungan yang relatif kompleks serta tidak memperhitungkan *indirect illumination*. Untuk mengatasi hal tersebut dikembangkan algoritme *radiosity* (Brooker 2008).

B. Array Lighting

Array lighting merupakan sumber cahaya dari segala arah dengan menggunakan geometri tertentu yang menghasilkan efek GI tiruan. Setiap bentuk *array* menghasilkan efek pencahayaan yang berbeda. Bentuk geometri yang umum dipakai adalah bentuk *diamond*, *pyramid*, *dome*, *ring*, *box*, *tubular*, maupun kombinasi dari tipe-tipe tersebut (Gallardo 2001).

C. Analisis Ragam

Analisis ragam atau *Analysis of Variance* (ANOVA) dikembangkan oleh peneliti statistik dari Inggris, R.A. Fisher (1890-1962). ANOVA adalah teknik untuk menguji kesamaan nilai tengah antara beberapa metode secara sekaligus (simultan). ANOVA biasa digunakan untuk menguji kesamaan kinerja antara beberapa metode (Aunuddin 2005). Tabel perhitungan ANOVA satu arah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel ANOVA satu arah

Sumber Keragaman (SK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (db)	Kuadrat Tengah (KT)	F_{hit}
Perlakuan	JKK	$k-1$	KTK	KTK/ KTK
Galat	JKG	$k(N-1)$	KTG	KTG
Total	JKT	$N-1$		

Berikut ini adalah keterangan mengenai perhitungan ANOVA pada Tabel 1

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{T_{**}^2}{N}$$

$$JKK = \sum_{i=1}^k \frac{T_{*i}^2}{n_i} - \frac{T_{**}^2}{N}$$

$$JKG = JKT - JKK$$

$$KTK = JKK / (k-1)$$

$$KTG = JKG / (N-k)$$

dengan:

k = banyaknya kolom

N = banyaknya pengamatan/keseluruhan data

n_i = banyaknya ulangan di kolom ke- i

x_{ij} = data pada kolom ke- i ulangan ke- j

T_{*i} = total (jumlah) ulangan pada kolom ke- i

T_{**} = total (jumlah) seluruh pengamatan.

Pengambilan keputusan yaitu tolak H_0 dengan taraf uji (α) tertentu bila nilai F_{hitung} terletak di wilayah kritis yaitu $F > F_{\alpha} (db_1=k-1, db_2=N-k)$ dengan hipotesis:

H_0 : tidak ada metode yang berbeda nyata

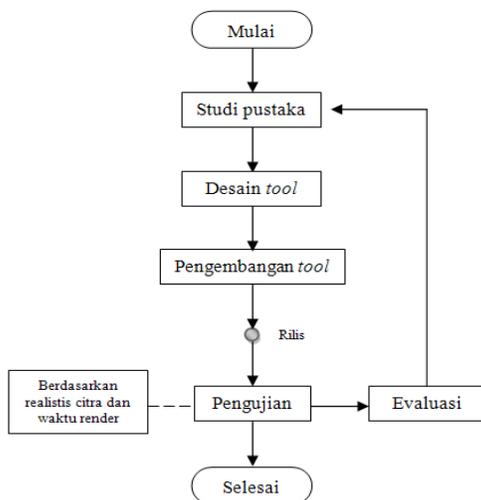
H_1 : minimal ada sepasang metode yang berbeda nyata.

D. Uji Lanjutan Duncan

Uji lanjutan Duncan merupakan uji yang dilakukan jika analisis ragam menghasilkan minimal ada sepasang metode yang berbeda nyata. Jika antar-metode berada pada subset yang berbeda, maka setiap metode berbeda nyata (Mattjik 2002). Uji ini juga dikenal dengan uji perbandingan berganda Duncan atau *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

II. Penelitian

Penelitian ini dibagi ke dalam beberapa tahap yaitu (1) studi pustaka, (2) desain *tool*, (3) pengembangan *tool*, serta (4) rilis dan pengujian. Metodologi penelitian dapat dilihat pada. Berikut ini adalah penjelasan dari tahap penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 1 Metodologi penelitian.

Beberapa algoritme untuk membuat GI serta tahapan metodenya didapat dari studi pustaka. Pada tahapan ini didapatkan informasi Scanline *renderer* dan mental ray *renderer* sebagai metode untuk menghasilkan GI. Scanline adalah salah satu *renderer* di 3ds Max. yang di dalamnya terdapat *Light Tracer* untuk membuat efek GI sama halnya dengan *ray-tracing* (Murdock 2008).

Pada tahapan desain dilakukan perencanaan *tool* bernama Cylight yang dibuat berdasarkan studi pustaka. Tahap ini dibagi menjadi dua yaitu spesifikasi fitur dan parameter serta desain antarmuka.

1. Spesifikasi Fitur dan Parameter

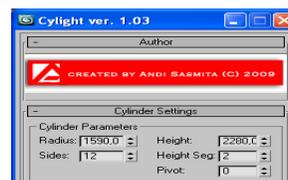
Spesifikasi fitur dan parameter dibuat berdasarkan kebutuhan untuk menghasilkan citra serealistik mungkin. Sumber cahaya yang digunakan pada penelitian ini adalah *Standard Lights* dengan tipe *target spot*. Cahaya tersebut memiliki beberapa parameter yang dapat ditentukan oleh pengguna yaitu *step*, *color*, *multiplier*, *hotspot*, dan *overshoot*. Sedangkan untuk bayangan parameternya adalah *color*, *density*, *bias*, *map size*, dan *sample range*.

2. Desain Antarmuka

Desain antarmuka meliputi antarmuka perangkat keras, antarmuka perangkat lunak, dan antarmuka pengguna. Perangkat keras yang disyaratkan berdasarkan kebutuhan perangkat keras minimum dari Autodesk 3ds Max 8 yaitu:

- Prosesor Intel Pentium III atau AMD 500Hz
- RAM sebesar 512 MB
- *Swap space* sebesar 500MB
- Kartu grafis yang mendukung 1024 x 768 x 16 bit warna dengan 64MB RAM.

Antarmuka perangkat lunak yang disyaratkan yaitu sistem operasi Windows XP Home Edition atau Windows 2000 SP4 ke atas dan Autodesk 3ds Max 8 atau versi yang lebih tinggi. Antarmuka pengguna pada Gambar2 dibuat berdasarkan spesifikasi fitur dan parameter serta kaidah interaksi manusia dan komputer.

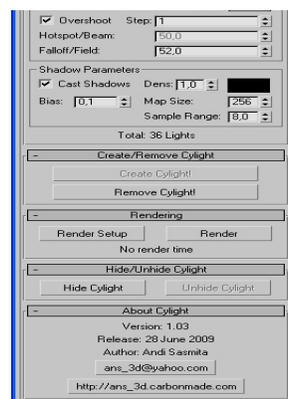


Gambar 2 Antarmuka pengguna Cylight.

1001

Tool dengan pada Max 2009. dijelaskan algoritme ada pada utama dari

adalah yang



yang

dikembangkan MAXScript Autodesk 3ds Berikut ini akan beberapa penting yang Cylight. Fitur tool yang dikembangkan *target spot* terikat dengan

vertex pada geometri yang dipakai yaitu silinder. Algoritme untuk menghasilkan *array lighting* tersebut adalah sebagai berikut:

```
for LightsIndex in 2 to (VertexCount-1) by LightsStepValue do
(
  <--script for get parameter's value
  here-->
  LightsNumber[LightsIndex] = parameters
)
```

LightsIndex adalah indeks yang didapat dari *vertex* geometri yang dipakai. *Vertex* di bagian bawah dan atas geometri tidak dipakai karena efek pencahayaan yang dihasilkan tidak terlalu baik. Oleh karena itu *vertex* yang dipakai hanya *vertex* di bagian sisi silinder.

Selain itu juga diperlukan fungsi untuk menghitung total *target spot* yang digunakan. Berikut ini adalah potongan *script*-nya.

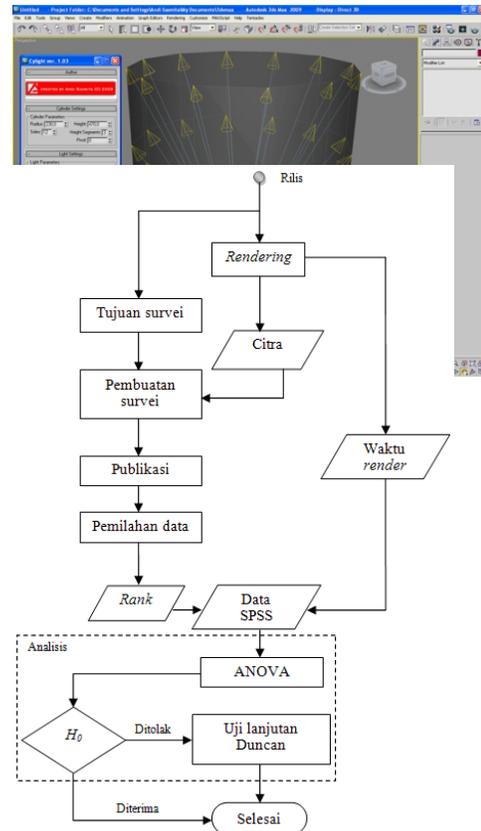
```
fn FnTotalNumberOfLights =
(
  LightsCount = (CylinderSidesValue *
  (CylinderHeightSegValue+1)/ LightsStepValue)
  LightsCount += 0.99
)
```

Fungsi penting lainnya adalah fungsi untuk menghitung waktu *render*. Waktu *render* didapat dengan menggunakan selisih *timeStamp()*. Berikut ini adalah potongan *script*-nya.

```
On Render pressed do
(
  start = timeStamp()
  actionMan.executeAction 0 "50031" -- Render: Render
  end = timeStamp()
  format "Processing took % seconds\n" ((end - start) /
  1000.0)
  Rendering.LabelTime.text = "Processing took " + (((end -
  start) / 1000.0) as string) + " seconds"
)
```

Pencahayaan dengan *Cylight* dapat dilihat pada

Gambar 3. Pada gambar tersebut sumber cahaya berasal dari beberapa arah dengan target berada di tengah silinder. Pencahayaan tersebut dapat diatur parameternya dengan *tool* di sebelah kiri *viewport*.



Gambar 3 *Cylight* di *viewport* 3ds Max.

B. Rilis dan Pengujian

Pada tahap rilis, tool diuji dan dibandingkan. Pengujian dilakukan dengan mengukur apakah citra yang dihasilkan baik (realistis) dan apakah waktu *rendering* relatif singkat dibandingkan dengan metode pencahayaan yang lain. Pengukuran realistis citra dilakukan dengan survei yang dipublikasikan melalui *website* sedangkan waktu *rendering* diukur dalam detik. Alur proses untuk pengujian dapat dilihat pada Gambar 4

GI			
mental ray			
GI	12.984	12.000	11.750

Gambar 4 Alur pengujian.

Untuk membuat survei ditetapkan tujuan antara lain mendapatkan *rank* realistis citra berdasarkan persepsi responden serta membandingkan *rank* antar-metode dengan menggunakan ANOVA. Uji lanjutan Duncan digunakan apabila diketahui minimal ada sepasang metode yang berbeda nyata. Proses pengembangan dan pengujian dilakukan pada komputer dengan spesifikasi:

- Prosesor Intel Core2Quad Q6600 @2.4 GHz
- RAM sebesar 4 GB
- Kartu grafis ATI Radeon HD 3650.

Pada tahap rilis dan pengujian dihitung waktu *render* ketiga metode dan mempublikasikan citra dengan menggunakan kuesioner untuk mendapatkan *rank*-nya. Pada beberapa kali pengujian waktu *render*, didapatkan hasil bahwa Cylight ver.1.03 mendapatkan waktu tercepat dengan perbedaan yang cukup signifikan. Proses *rendering* dilakukan sebanyak tiga kali ulangan untuk tiap metode. Tabel 2 menunjukkan hasil perbandingan waktu *render* pada beberapa *scene*.

Tabel 2. Hasil pengujian waktu *render*

No.	Metode	Waktu <i>render</i> (dalam detik)		
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
P8	Cylight	4.203	4.172	4.140
	Scanline			
	GI	66.891	67.344	66.734
P9	mental ray			
	GI	52.000	51.578	50.891
	Scanline			
P10	Cylight	4.531	4.469	4.516
	Scanline			
	GI	81.188	81.188	80.391
P11	mental ray			
	GI	55.219	56.094	55.937
	Scanline			
P12	Cylight	3.890	3.859	3.844
	Scanline			
	GI	26.594	26.610	27.109
P13	mental ray			
	GI	11.461	13.348	11.610
	Scanline			
P14	Cylight	3.703	3.719	3.703
	Scanline			
	GI	38.875	38.825	38.782
P15	mental ray			
	GI	13.094	13.203	13.438
	Scanline			
P16	Cylight	10.000	9.890	9.938
	Scanline			
	GI	107.860	108.000	107.896
P17	mental ray			
	GI	20.340	20.258	19.930
	Scanline			
P18	Cylight	4.485	4.469	4.328
	Scanline	29.688	30.406	30.406

Data pada Tabel 2 kemudian disederhanakan menjadi 18 data untuk diolah dengan menggunakan ANOVA. Tabel 3 menunjukkan hasil ANOVA berdasarkan waktu *render*. Pada tabel tersebut didapatkan $F_{hitung} = 8.848$ dengan taraf uji $\alpha = 0.01$. Dengan melihat tabel sebaran F didapatkan titik kritis $F_{tabel} = F_{\alpha}(db_1=2,db_2=15) = 6.359$.

Tabel 3 ANOVA berdasarkan waktu *render*

Waktu <i>Render</i>				
SK	JK	db	KT	F_{hit}
Perlakuan	8 660.940	2	4 330.470	8.848
Galat	7 341.162	15	489.411	
Total	16 002.100	17		

Hipotesis :

H_0 : tidak ada metode yang berbeda nyata

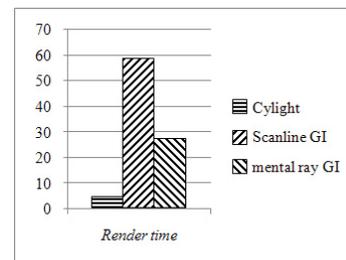
H_1 : minimal ada sepasang metode yang berbeda nyata.

Keputusan tolak H_0 diambil karena $F_{hitung} > F_{tabel}$. Kesimpulan yang didapat adalah minimal ada sepasang metode yang berbeda nyata. Untuk menentukan metode yang berbeda nyata, maka digunakan uji lanjutan Duncan. Tabel 4 menunjukkan hasil dari uji lanjutan Duncan untuk waktu *render*. Dari hasil tersebut ketiga metode masuk ke dalam subset yang berbeda. Artinya waktu *render* ketiga metode tersebut berbeda nyata.

Tabel 4 Uji lanjutan Duncan waktu *render*

Waktu <i>Render</i>				
Metode	N	Subset untuk $\alpha = 0.01$		
		1	2	3
Cylight	18	5.103		
mental ray GI	18		27.508	
Scanline GI	18			58.599

Gambar 5. menunjukkan perbedaan nyata berturut-turut antara waktu *render* Cylight, Scanline GI, dan mental ray GI. Metode Cylight menghasilkan waktu tercepat dengan perbedaan cukup signifikan dibandingkan metode lainnya.



Gambar 5 Grafik nilai tengah waktu *render*.

Pengujian dengan kuesioner mendapatkan responden sebanyak 98 orang dari berbagai demografi dan *mental model* yang berbeda. Responden laki-laki sebanyak 72.45%, perempuan 25.51%, dan 2.04 % yang tidak menjawab jenis kelamin. Pengujian ini menggunakan *rank* sebagai alat

bantu. Responden disajikan tiga buah citra yang merupakan hasil *render* dari ketiga metode yang berbeda. Citra pertama merupakan hasil *render* menggunakan metode Cylight, citra kedua menggunakan Scanline GI, dan citra ketiga menggunakan mental ray GI. Contoh perbandingan citra pada lingkungan (*scene*) tertentu dengan tiga metode berbeda dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Perbandingan hasil *render* tiga metode pencahayaan.

Mental model responden diketahui dari beberapa pertanyaan sehingga dapat diketahui apakah responden sudah terbiasa melihat objek 3D serta mengetahui istilah di dalamnya. Dari data tersebut diketahui bahwa responden relatif beragam. Pertanyaan-pertanyaan mengenai *mental model* responden yaitu apakah responden bermain *game* 3D, apakah responden menonton animasi 3D, apakah responden menggunakan aplikasi 3D, dan apakah responden mengetahui istilah GI.

Data *rank* yang ada disederhanakan dengan mengambil rataannya sehingga didapatkan 18 data untuk diolah dengan ANOVA.

Tabel 5 menunjukkan ANOVA berdasarkan *rank*. Dengan menggunakan perhitungan ANOVA didapatkan F_{hit} sebesar 39.805. Dengan melihat tabel sebaran F didapatkan titik kritis $F_{tabel} = F_{\alpha}(db_1=2, db_2=15) = 6.359$.

Tabel 5. ANOVA berdasarkan *rank*

<i>Rank</i>				
SK	JK	<i>db</i>	KT	F_{hit}
Perlakuan	5.921	2	2.960	39.805
Galat	1.116	15	0.074	
Total	7.036	17		

Hipotesis:

H_0 : tidak ada metode yang berbeda nyata

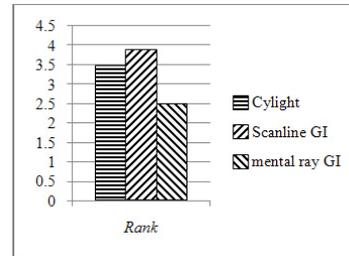
H_1 : minimal ada sepasang metode yang berbeda nyata.

Kesimpulan yang didapat adalah minimal ada sepasang metode yang berbeda nyata karena $F_{hit} > F_{tabel}$. Untuk menentukan metode yang berbeda nyata, digunakan uji lanjutan Duncan. Tabel 6 menunjukkan hasil dari uji lanjutan Duncan berdasarkan *rank*. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa metode mental ray GI berbeda nyata dengan metode lainnya, sedangkan metode Cylight dan Scanline GI tidak berbeda nyata karena masuk subset yang sama.

Tabel 6. Uji lanjutan Duncan berdasarkan *rank*

<i>Rank</i>			
Metode	N	Subset untuk $\alpha = 0.01$	
		1	2
mental ray GI	6	2.520	
Cylight	6		3.466
Scanline GI	6		3.893

Gambar7. menunjukkan plot nilai tengah berturut-turut waktu *render* Cylight, Scanline GI, dan mental ray. Dari grafik berdasarkan *rank* tersebut dapat dilihat bahwa kualitas citra hasil Cylight tidak jauh berbeda dengan kualitas citra hasil Scanline GI.



Gambar 7. Grafik nilai tengah *rank*.

III. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan untuk menguji kinerja dari tiga metode pencahayaan didapatkan kesimpulan bahwa Cylight memiliki nilai realistis yang sebanding dengan Scanline GI dan lebih baik dari mental ray GI dengan waktu *render* yang lebih singkat dibandingkan metode lainnya. Artinya Cylight dapat digunakan sebagai alternatif untuk menghasilkan efek GI yang cukup baik dengan waktu yang lebih singkat.

B. Saran

Saran-saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut adalah:

1. Menggunakan geometri lain untuk membuat *array lighting* dan membandingkannya.
2. Mengembangkan *array lighting* untuk lingkungan interior.
3. Menambahkan fitur untuk memilih geometri ataupun menambahkan geometri sendiri. Jika dimungkinkan ada fitur untuk mengombinasikan antar-geometri tersebut.
4. Menambahkan fitur untuk memilih beberapa warna cahaya atau mengambil warna cahaya dari citra.
5. Mengembangkan *tool* sejenis untuk aplikasi 3D lainnya.
6. Membandingkan kinerja metode tertentu dengan parameter-parameter yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aunuddin. 2005. *Statistika: Rancangan dan Analisis Data*. Bogor: IPB PRESS.
- [2] Boyles *et al.* 2009. *Virtual Simulation for Lighting & Design Education*. *IEEE Virtual Reality 2009*.
- [3] Brooker D. 2008. *Essential CG Lighting Techniques with 3ds Max 3rd edition*. Oxford: Elsevier Ltd.
- [4] Derakhshani D, Lorene R, McFarland J. 2007. *Introduction 3DS Max 9*. Canada: Wiley Publishing, Inc.

- [5] Gallardo A. 2001. *3D Lighting: History, Concepts, and Techniques*. Massachusetts: Charles River Media, Inc.
- [6] Mattjik AA, Sumertajaya IM. 2002. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab Jilid I*. Bogor: IPB PRESS.
- [7] Murdock KL. 2008. *3ds Max 2008 Bible*. John Wiley and Sons.