

Pemodelan Tanaman Virtual Menggunakan Lindenmayer System

Andy Suryowinoto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jalan Arif Rahman Hakim No.100 Surabaya
e-mail: andynoto139@gmail.com

Abstrak-Kontribusi komputer dalam bidang grafis berkembang sangat cepat, aplikasinya mulai dari sains, dunia industri manufaktur, medis, hingga militer. Berangkat dari hal tersebut pentingnya pengembangan sistem yang dapat mengurangi waktu saat render dan meminimalkan menggunakan sumber daya perangkat keras computer, sehingga dapat digunakan untuk komputer dengan skala kecil sekelas komputer personal. Menggunakan metode penelitian *system development life cycle* yang terdiri atas tahap menganalisa dan merancang pada pemodelan tiga dimensi tanaman, khususnya pohon menggunakan algoritma *lindenmayer system*, dimana penumbuhan percabangan dahan dan ranting, hingga daun, mengambil patokan koordinat objek pada titik percabangan untuk menumbuhkan bagian cabang lain pada pohon. Pada hasil penelitian didapatkan bahwa render dengan jumlah 130,904 verticerender 2 detik, daun segi delapan 2,57 detik, dan bentuk bulat dengan waktu render 3,6 detik. Simulasi pemodelan tanaman virtual tercapai.

Kata kunci-Pemodelan tiga dimensi, pohon, render, *lindenmayer system*

I. PENDAHULUAN

Penggunaan *hardware* komputer dengan spesifikasi lebih rendah dalam bidang grafis berkembang sangat cepat, mulai dari sains, dunia industri manufaktur, medis, militer, hingga industri komersial dan film. Penggunaan dari tahun ke tahun makin meningkat. Pemodelan tanaman khusus pohon pada perangkat komputer pada beberapa waktu lalu hanya dapat dilakukan dengan komputasi berskala besar, namun pada perkembangan perangkat komputer beberapa tahun terakhir memungkinkan kita untuk melakukan simulasi secara real time [8] dengan render semirip mungkin dengan pohon aslinya serta detil geometri. Dengan tingkat teknik simulasi yang sesuai. Banyak cara yang digunakan untuk simulasi real-time tumbuhan, salah satu metode yang digunakan adalah L-system dan finite element method dalam membuat simulasi yang realistis untuk pembangkitan pohon dalam suatu bentuk seni [9]. Dalam pembangkitan pohon diperlukan detil geometri dari pohon seperti batang, ranting, dan geometri daun.

II. METODE PENELITIAN

Berdasarkan Aristid Lindenmayer pada jurnalnya teori biologi tahun 1968 [1] yang memperkenalkan formula untuk mempelajari perkembangan dari organisme multisel *anabaena catenula* tanaman sejenis alga biru-hijau, dan kemudian di aplikasikan untuk pertumbuhan tumbuhan. L-System bekerja berdasarkan pola aturan (*grammar*) yang dijumpai pada tanaman yang bersifat sebagai pola-pola yang memiliki kesamaan (*similarity*) dan pola tersebut berulang (*rewriting*).

Pada penelitian Atris Suyantohadi tahun 2010 mengenai Sintak terhadap pertumbuhan tanaman dalam L-System akan dinotasikan dan disusun dalam kaidah suatu aturan (*rules*) pertumbuhan tanaman kedelai [2].

Pada pemodelan tanaman terdiri atas beberapa bagian seperti sel tanaman dengan terlebih dahulu memberikan aturan modul tanaman lama dengan modul tanaman baru. Pemodelan bagian modul tanaman dapat dinyatakan dalam aturan yang bebas (*context-free*), apabila aturan tersebut diberikan hanya pada bagian modul sebelumnya (*predecessor*

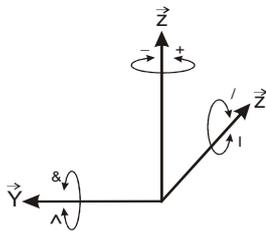
module) atau disebut juga sebagai *context-sensitive yang bergantung pada modul pemodelan* disebelahnya. *Persamaan Lindenmayer-system yang didefinisikan sebagai deret matematik sebagai berikut.*

$$G=(V, \omega, P)$$

(1)

Dimana, V adalah seperangkatsimbolalphabet yang terdapat unsuryang dapatdiganti(variabel), semisal A, B, C, dan seterusnya. ω merupakan(axiomatauinisiator)adalah stringsimboldari V mendefinisikankeadaan awal dari sistem. P merupakan satu set kesatuan dari aturan produksi yang mendefinisikan cara penggantian variabel dengan kombinasi dari konstanta dan variable lainnya. Semisal konstanta adalah tanda “+” dan “-“, dimana “+” berarti belok kanan dengan sudut α° , sedangkan tanda “-“, berarti belok kiri dengan sudut α° .

Aturan dari *L-System grammar* di aplikasikan pada tumbuhan secara iterasi yang dimulai dengan kondisi awal. Dimana banyak aturan diterapkan secara berulang, pada setiap perulangan atau iterasi, fitur untuk setiap sebuah *Lindenmayer system* dan aturan bahasa formal dibangkitkan dari aturan *grammar* formal.



Gambar 1: Rotasi Vektor penumbuhan pohon tiga dimensi

Pembangkitan pohon 3D, ialah menggunakan vector $\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z}$ dimana \vec{Z} melambangkan ketinggian pohon, sedangkan \vec{X} dan \vec{Y} merupakan bidang datar horizontal. Maka persamaan tersebut dapat ditulis.

Dan rotasinya ditulis dalam persamaan matrik vektor berikut

$$[\vec{X}' \vec{Y}' \vec{Z}'] = [\vec{X} \vec{Y} \vec{Z}] R$$

(2)

Dimana R merupakan rotasi dari matrik 3*3 dengan sebuah sudut α , dari vektor yang dituliskan pada persamaan berikut.

$$R_{Z(\alpha)} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_{Y(\alpha)} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & -\sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

$$R_{X(\alpha)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

(3)

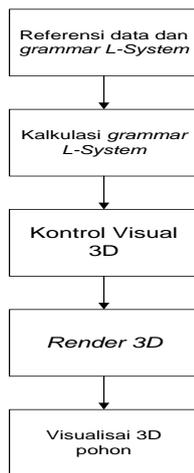
Tanda α menunjukkan arah memutar R, sepertiberbelok ke kiri dengan sudut α , menggunakan $+\alpha$, belok kanan dengan sudut α , menggunakan $-\alpha$. Menurut aturan fisika yang pohon hanya tumbuh dan tidak bisa tumbuh ke bawah, maka arah dari Z hanya naik sebagaibatang. Tetapi untuk cabang itu tidak benar. setiap langkah derivasi, puncak lurus mengeluarkan apeks lateral pesanan berikutnya pada sudut $\alpha+$ atau $-\alpha$ sehubungan dengan sumbu pusat. Dua produksi digunakan untuk membuat apeks lateral yangbergantian ke kiri dan kanan. Oleh karena itu vektor \vec{Y} menunjuk ke kiri adalah untuk membawa ke posisi horizontal. Akibatnya, pesawat cabang "paling dekat dengan horizontal pesawat".

Berikut perancangan untuk menjalankan simulasi pemodelan tanaman menggunakan lindenmayer sistem.

$$\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z}$$

(4)

Dari blok system pemodelan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.



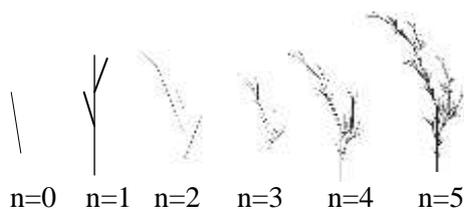
Gambar 2. Kerangka Metodologi Pemodelan dengan *L-System*

a. Referensi data dan *grammar L-System*

Merupakan referensi penulisan aturan bahasa pada *L-System* konstanta adalah “+” dan “-“, dimana “+” berarti belok kanan dengan sudut a° , sedang “-“ berarti belok kiri dengan sudut a° . Perhatikan contoh penulisan *grammar* berikut.

```

Iteration = 2
Angle: 22
Constant: X
Axiom: X
Rule 1: X=C0F-[C2[X]+C3X]+C1F[C3+FX]
Rule2 : F=FX
    
```



Gambar 3, Visualisasi *L-System* 2D

b. Kalkulasi *grammar L-System*

String hasil iterasi ke-1 dengan rule yang telah ditetapkan kemudian diproses pada iterasi ke-2 dengan cara yang sama yang diterapkan pada iterasi sebelumnya. Demikian proses iterasi dilanjutkan hingga proses iterasi terakhir selesai.

c. Kontrol visual 3D

Proses control 3D menggunakan geometri aturan *turtle* sebagai penerjemah

penggambaran tiga dimensi, sedang aturan *DOL-System* berguna untuk abstraksi sturture data proses penterjemah grafis tiga dimensi.

d. *Render 3D*

Pertumbuhan pada struktur tumbuhan yang menggunakan algoritma interpretasi geometri *turtle* tiga dimensi dengan aturan kontrol *grammar L-System*. Visualisasi grafis tiga dimensi yang ditampilkan pada proses render berupa batang tumbuhan, yang diwakili oleh garis *vertice* dan *face*, yang pertambahan panjang dan cabang-cabangnya, serta daunnya menyerupai pohon.

e. Visualisasi 3D Pohon

Proses visualisasi hasil dari proses *render* bergantung kepada aturan yang diterapkan pada pembangkitan pohon dengan *L-System*, semakin banyak iterasi, dan *rule* maka berpengaruh pada waktu proses secara keseluruhan.

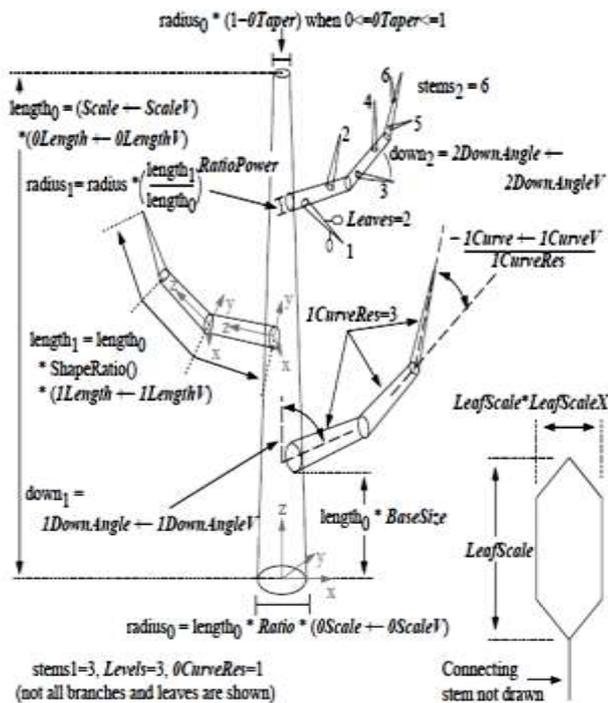
Pada pemodelan pohon virtual dilakukan dengan sistem berikut ditunjukkan pada gambar 2.

Pemodelan dalam pohon virtual ada beberapa istilah yang dipakai untuk memudahkan kita dalam menyusun persamaan, antara lain, yaitu *stem* ialah istilah yang digunakan untuk batang dan percabangan batang (*ranting*) pohon. *Tapper* merupakan ujung dari *stem*.Pembangkitan dari sudut *ranting* dilakukan dengan persamaan berikut .

$$angle_{split} = (nSplitAngle \pm nSplitAngleV) - declination$$

(5)

dimana, *declination* adalah sebuah sudut *stem* sumbu z positif dari pohon.



(Jason Weber, 1995)

sedangkan untuk jumlah level ranting digunakan persamaan berikut.

$$\text{stems} = \text{stems}_{\text{max}} * (1.0 - 0.5 * \text{offset}_{\text{child}} / \text{length}_{\text{parent}})$$

(6)

Secara umum sebuah percabangan batang yang terdekat dengan batang utama pohon memiliki ukuran yang lebih besar dari pada percabangan yang lebih jauh dari pohon, semisal pada ranting, sedang arah dari tumbuh percabangan ini bias mengarah kesamping, maupun keatas dan kebawah, yang semisal kita asumsikan bahwa arah percabangan batang dan ranting ini bereaksi pada jumlah cahaya yang mengenai batang tersebut dan gravitasi pada batang dan ranting.

III. HASIL DAN DISKUSI

Pada percobaan parameter seperti diameter batang, sudut ranting, panjang batang dan jumlah percabangan ranting adalah tetap tetap, pada percobaan pertama merubah bentuk daun berbentuk melingkar (*circle*),

Untuk pembangkitan ranting pohon digunakan metode cloning, namun demikian cloning pada ranting pohon dapat tidak beraturan walaupun pembangkitannya dikontrol, karena ranting memiliki atribut yang berbeda dengan induknya yaitu *stem*. Pembangkitan jumlah ranting dapat dituliskan dengan persamaan berikut.

$$\text{stems} = \text{stems}_{\text{max}} * (0.2 + 0.8 * (\text{length}_{\text{child}} / \text{length}_{\text{parent}}) / \text{length}_{\text{child,max}})$$

(7)

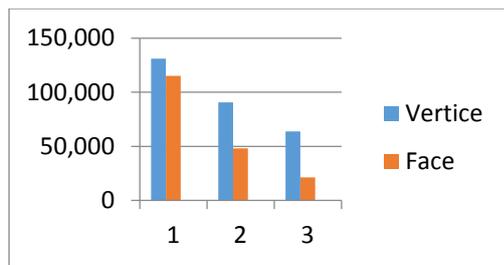
pada percobaan kedua merubah bentuk daun berbentuk heksagonal (*hexagon*), pada percobaan ketiga merubah bentuk daun berbentuk persegi empat (*quad*), hasil render *image* ketiga percobaan tersebut dapat dilihat pada tabel 1 berikut

Tabel 1. Hasil percobaan dengan tiga tahap render, maka didapatkan

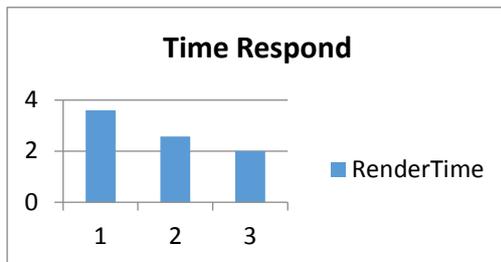
Percobaan n	Vertice	Face	RenderTime
1	130,904	115,038	3.6
2	90,680	47,998	2.57
3	63,864	21,182	2

Data dari tabel 1, atas percobaan yang telah dilakukan, didapat sebagai berikut pada percobaan pertama, dengan daun bentuk melingkar (*circle*) diperoleh vertice sebanyak 130,904 dan face 115,038 dengan waktu render 3,6 detik. Pada percobaan kedua dengan daun bentuk heksagonal (*hexagon*) diperoleh vertice sebanyak 90,680 dan face 47,998 dengan waktu render 2,57 detik, sedang pada percobaan ketiga dengan daun bentuk persegi empat (*quad*) diperoleh vertice sebanyak 63,864 dan face 21,182 dengan waktu render 2 detik.

Berikut grafik hubungan atas percobaan pembangkitan tanaman (khususnya pohon) virtual.



(a)

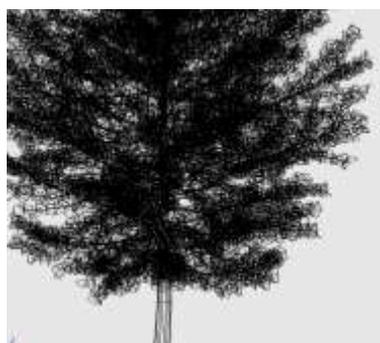


(b)

Gambar 4. (a) Grafik perbandingan pembangkitan antara *vertice* dan *face* ; (b) grafik respon waktu *render* pada tiga tahap percobaan



(a)



(b)

Gambar 5. Contoh hasil *render* tanaman virtual dengan *lindenmayer system*; (a) Bentuk pemodelan 3D *Solid Mesh* ; (b) Bentuk pemodelan 3D *Wireframe mesh*

IV. KESIMPULAN

Pada hasil penelitian didapatkan data, bahwa *render* untuk tanaman (khususnya pohon) virtual dengan jenis daun berbentuk segi empat (*quad*) lebih cepat, dengan waktu *render* adalah 2 detik, sedangkan dengan bentuk daun segi enam (*hexagon*) ialah 2,57 detik, dan daun berbentuk membulat (*circle*) mengkonsumsi waktu yang paling lama dengan waktu *render* 3,6 detik. Hal ini disebabkan, bahwa jumlah *vertice* dan *face* lebih banyak yaitu dengan 130,904 *vertice* dan 115,038 *face*. Simulasi *real-time* tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aristid Lindenmayer. 1968, "Mathematical models for cellular interaction in development", Parts I and II. Journal of Theoretical Biology, 18:280–315.
- [2] Atris Suyantohadi, 2010, "Artificial Life pada pemodelan Pertumbuhan Tanaman Varietas Kedelai Menggunakan Pendekatan Intelligence", Desertasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [3] David A. Bray, Benn Konsynski, 2006, "Virtual Worlds, Virtual Economies", Virtual Institutions, Social Science Research Network", pp.1-30.
- [4] Hitoshi Kanda, Jun Ohya, 2003, "Efficient Realistic Method for Animating Dynamic Behavior of 3D Botanical Trees", IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 89-92.
- [5] Kendall & Kendall, 2003, "Analisis dan Perancangan Sistem Jilid 1", PT. Prehallindo, Jakarta.
- [6] Jason P. Weber, 2008, Fast Simulation of Realistic Trees, IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 67-75.

- [7] Przemyslaw Prusinkiewicz, Aristid Lindenmayer, 2004, *“The Algorithmic Beauty of Plants”*, Springer Verlag.
- [8] Ismael Gracia, Mateu Sbert, and L. Szirmay-Kalos, 2005, *“Tree Rendering with Billboard Clouds”*, Budapest, 3rd Hungarian Conference, Computer Graphic and Geometry.
- [9] Weibo Wu, Xiaosheng Liu, Zixue Feng, and Youliang Chen, 2006, *“Study on the Simulation of Trees”*, IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 847-848.
- [10] Qing Xiong, Xin-yuan Huang, 2009, *“Speed Tree-Based Forest Simulation System”*, IEEE Computer Graphics and Applications.