

PEMODELAN PERTUMBUHAN TANAMAN *ZEA MAYS L.* MENGGUNAKAN *STOCHASTIC L-SYSTEM*

Juhari

Jurusan Matematika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
e-mail : jo_alkanderi57@yahoo.co.id

ABSTRAK

L-Systems memiliki fleksibilitas dalam mensimulasikan struktur dan proses pengembangan pertumbuhan tanaman secara visual dan realistik. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan pertumbuhan tanaman jagung menggunakan *L-Systems* dan memvisualisasikan model pertumbuhan tanaman jagung tersebut dari kecil hingga dewasa dalam ruang dimensi tiga. Penelitian dilakukan dalam tiga tahap yang diawali dari identifikasi kebutuhan data terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea Mays L.*). Tahap kedua, membangun model secara manual yang meliputi identifikasi dan penentuan komponen *L-Systems* (huruf, aksioma, dan aturan produksi). Tahap ketiga, melakukan simulasi dan visualisasi model pertumbuhan tanaman jagung yang telah didapat menggunakan *processing* dengan bahasa java dalam ruang dimensi tiga. Ketiga tahapan tersebut menghasilkan model *Stochastic L-Systems* dari pertumbuhan tanaman jagung dalam ruang dimensi tiga. Visualisasi model tanaman jagung yang telah dihasilkan pada penelitian ini lebih menekankan pada penyempurnaan model yang dilakukan pada penelitian sebelumnya terutama pada pewarnaan, pembentukan batang, dan adanya tulang daun pada tanaman jagung setiap iterasinya. Model tanaman jagung divisualisasikan mulai dari kecil hingga dewasa (fase vegetatif) yang memiliki tulang daun dan kelengkungan daun berbeda dari daun bawah sampai pada daun atas. Tanaman jagung yang divisualisasikan hanya terbatas sampai 8 iterasi saja yang sudah mampu mewakili pertumbuhan tanaman jagung pada fase vegetatif.

Kata Kunci: Tanaman jagung (*Zea Mays L.*), Pemodelan, *Stochastic L-systems*

Abstract

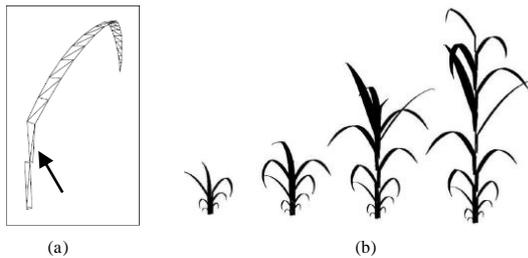
L-Systems have the flexibility in structure and development process of simulating plant growth and visually realistic. This research aims to model the growth of corn plants using *L-Systems* and visualize the corn crop growth model from small to mature in three dimensional space. The research was conducted in three stages starting from the identification of data needs by taking action against plant growth of corn (*Zea Mays L.*). The second stage, building on the model manually which include the identification and determination of components of *L-Systems* (letters, axioms, and rules of production). The third stage, perform simulations and visualizations of the corn plant growth model has been obtained using *processing* with java in a three dimensional space. The third stage of the *Stochastic* model generate *L-Systems* of plant growth of corn in three dimensional space. Visualization model a corn plant has produced on this research is emphasized on consummation model performed on previous study especially in staining, the formation of stem, and the bone leaves on the corn plant any iterasinya. Model a corn plant divisualisasikan ranging from childhood to manhood (vegetative phase) that have a curvature leaves and leaves different from lower leaves until the leaves upon. A corn plant divisualisasikan confined to 8 iterating which are able to represent plant growth corn on vegetative phase.

Keywords: *Zea Mays L.*, Modeling, *Stochastic L-systems*

PENDAHULUAN

Program simulasi berbasis pendekatan metoda *L-systems* memiliki fleksibilitas dalam mensimulasikan struktur dan proses pengembangan pertumbuhan tanaman secara visual dan realistik beserta faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Tahun 1998 Fournier and Andrieu mengembangkan model pertumbuhan tanaman jagung dalam 3D mulai

dari proses tanaman kecil hingga tumbuh menjadi dewasa. Batang dan daun tanaman jagung pada gambar 1 menggunakan aproksimasi segitiga (gambar 1.a), dimana batang menggunakan delapan segitiga dan setiap pembentukan bidang pada daun menggunakan dua segitiga, sehingga total seluruh bidang segitiga yang digunakan untuk memodelkan tanaman jagung adalah 29 segitiga.



Gambar 1 (a) Representasi batang dan daun tanaman jagung;
 (b) Hasil simulasi dan visualisasi tanaman jagung.

Representasi pemodelan tanaman jagung dengan menggunakan segitiga belum cukup untuk menggambarkan keadaan tanaman yang sesungguhnya karena jika diperhatikan bentuk batang pada hasil model tanaman jagung pada gambar 1 tidak menyerupai batang tanaman jagung sebenarnya yang pada keyataannya lebih cenderung berbentuk silinder/tabung. Pewarnaan pada tanaman jagung hasil simulasi pada gambar 1 (b) masih monoton pada satu warna. Penelitian lainnya yang sudah dilaksanakan menggunakan *L-systems* adalah memodelkan bentuk daun menggunakan *L-systems* dan algoritma genetik [6], memodelkan bentuk-bentuk batang dimensi tiga menggunakan *L-systems* [3], dan memodelkan morfologi batang tanaman pada dimensi dua dengan *L-systems* [2]. Penelitian tersebut masih memerlukan pengembangan pada tanaman yang lebih kompleks pada dimensi tiga.

Pengembangan yang akan dilakukan memodelkan tanaman jagung (*Zea Mays L.*) tiga dimensi menggunakan *Stochastic L-systems*. Penelitian diawali dari identifikasi kebutuhan data terhadap pemodelan pertumbuhan tanaman jagung. Data yang dibutuhkan berupa perkiraan sudut, panjang daun dan jumlah daun dalam satu tanaman jagung. Data yang diperoleh digunakan untuk mendesain model tanaman jagung dalam bidang tiga dimensi. Desain pemodelan pertumbuhan tanaman jagung, selanjutnya dilakukan pengujian dan validasi simulasi hasil program yang telah didapat. Penelitian bertujuan untuk menyusun model dan memvisualisasi tanaman jagung dalam ruang dimensi tiga menggunakan *Stochastic L-systems*.

KAJIAN PUSTAKA

A. L-Systems

Beberapa istilah yang menjadi komponen utama pada *L-Systems* adalah:

a) Huruf

Huruf adalah himpunan hingga V dan simbol-simbol formal, misalnya dalam bentuk a, b, c , dan seterusnya, atau mungkin beberapa huruf lainnya.

b) Aksioma

Aksioma (*inisiator*) adalah suatu *string* w dari simbol-simbol pada V . Himpunan *string* dari V dinotasikan V^* . Jika diberikan $V = \{a, b, c\}$, maka beberapa contoh *string* yang dapat dibentuk yaitu: $a, b, cb, aabca, caab, bbc$, dan seterusnya.

Panjang $|w|$ dari suatu *string* w adalah jumlah simbol dalam *string*.

c) Produksi

Produksi (aturan penulisan kembali) adalah suatu pemetaan simbol $a \in V$ ke *string* $w \in V^*$. Ini diberi label dan ditulis dengan notasi:

$$p : a \rightarrow w.$$

Jika suatu simbol $a \in V$ tidak memiliki aturan produksi, maka dapat diasumsikan bahwa simbol tersebut dipetakan pada dirinya sendiri sehingga a menjadi konstanta *L-Systems*. [4]

Tabel 1. Generasi *L-Systems context-sensitive*

g_0	$baaaaaaaa$
g_1	$abaaaaaaaa$
g_2	$aabaaaaaaaa$
g_3	$aaabaaaaaa$

B. Penafsiran Grafis pada L-Systems

Pada *L-Systems* terdapat simbol-simbol yang dapat ditafsirkan secara grafis. Jika diasumsikan suatu satuan panjang h dan perputaran sudut δ , maka perintah-perintah dari simbol-simbol pada *L-Systems* adalah sebagai berikut:

- F : menggambar ke depan satu satuan sepanjang h ;
- G : bergerak ke depan satu satuan sepanjang h tanpa harus menggambar;
- $+$: berputar berlawanan arah jarum jam dengan sudut δ ;
- $-$: berputar searah jarum jam dengan sudut δ ; dan
- $|$: berputar 180° atau berbalik arah

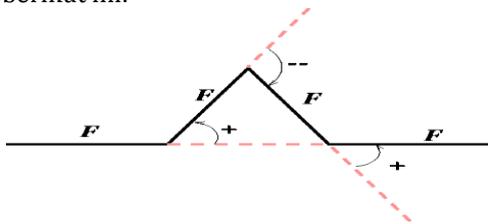
Penafsiran *L-Systems* secara grafis dapat diartikan menggambar secara grafis barisan generasi yang dihasilkan dari aksioma dan aturan produksi yang diberikan. Contohnya, jika diberikan aksioma dan aturan produksi dengan $V = \{F, +, -, \}$, $w = F$ dan

$$p : F \rightarrow F + F - -F + F ,$$

maka dimulai dengan aksioma F akan diperoleh produksi generasi pertama g_1 dengan string:

$$F + F - -F + F$$

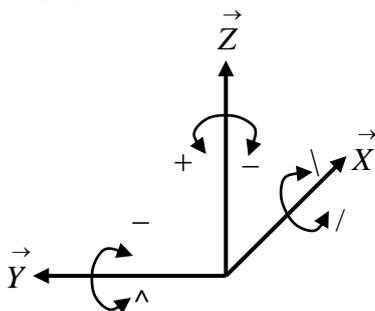
Jika diasumsikan bahwa satu satuan sudut δ adalah $\frac{\pi}{3}$ radian, maka penafsiran grafis dari generasi pertama dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2. Penafsiran grafis dari *L-Systems*

C. Percabangan *L-Systems* pada Dimensi Tiga

Pada dimensi dua, simbol *L-Systems* yang digunakan hanya berkisar pada $F, +$, dan $-$. Namun, simbol *L-Systems* pada dimensi dua tidak cukup untuk memvisualisasikan grafis *L-Systems* pada dimensi tiga. Sehingga memerlukan simbol tambahan. Bentuk gerakan grafika turtle pada dimensi tiga bergerak dengan arah x, y dan z . Arah sudut tersusun atas 3 arah bagian yang bertumpuh pada sumbu x, y dan z , sedangkan konstanta dari $\partial x, \partial y$ dan ∂z dengan cara penambahan dan pengurangan untuk inialisasi gerakan. Penggambaran gerakan dinyatakan dalam sistem koordinat dinotasikan menggunakan 6 notasi yaitu $(x, y, z, \alpha x, \alpha y, \alpha z)$. Koordinat baru x, y dan z dari gerakan dihitung dari perkalian koordinat dari gerakan saat itu dengan rotasi matrik R_x, R_y dan R_z . Penafsiran grafis *L-Systems* dimensi tiga dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Penafsiran grafis *L-Systems* 3D

Matrik rotasi dari Gambar 3 memenuhi persamaan sebagai berikut:

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

Dimana R adalah matriks rotasi 3×3 . Secara khusus, rotasi dengan sudut α tentang vektor

\vec{X}, \vec{Y} dan \vec{Z} mengikuti aturan:

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

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

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

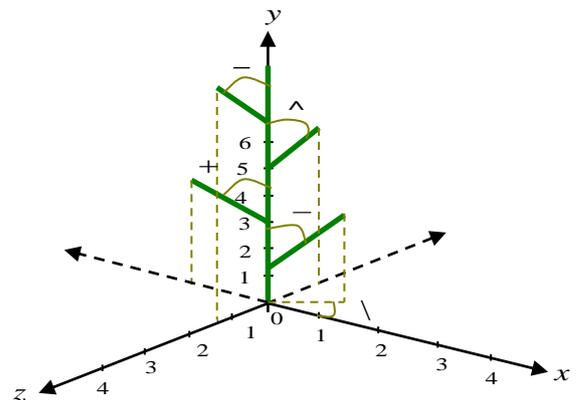
Contoh string percabangan, jika diberikan aksioma dan aturan produksi dengan $V = \{F, +, -, ^, \setminus, /, [,]\}$, $w = F$ dan

$$p : F \rightarrow F[- \setminus F]F[+ F]F[^ F]F[_ F]F ,$$

maka dimulai dengan aksioma F akan diperoleh produksi generasi pertama g_1 dengan string:

$$F[- \setminus F]F[+ F]F[^ F]F[_ F]F$$

asumsikan bahwa satu satuan sudut rotasi θ dan sudut kemiringan cabang δ adalah $\frac{\pi}{4}$ radian, maka penafsiran grafis generasi pertama g_1 dapat dilihat pada gambar berikut ini :

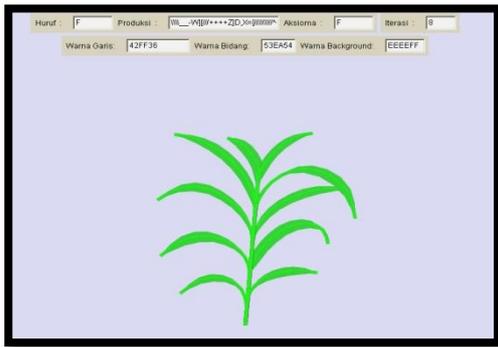


Gambar 3. Percabangan *L-Systems* pada dimensi tiga

Objek yang dijadikan penelitian adalah foto tanaman jagung jenis hibrida. Lokasi penelitian adalah areal pertanian Politeknik Negeri Jember. Pemodelan tanaman jagung dilakukan dalam tiga

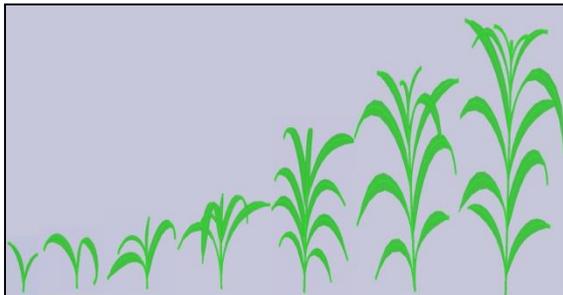
B. Hasil Pemrograman

Desain visualisasi pertumbuhan tanaman menggunakan *L-Systems* didasarkan pada kerangka prototype hasil pertumbuhan tanaman jagung selama pengukuran. Berdasarkan visual grafis pertumbuhan tanaman jagung yang dihasilkan, selanjutnya format grafis digunakan sebagai data visual pertumbuhan tanaman dalam desain antar muka permodelan pertumbuhan tanaman yang dikembangkan. Berikut *output* hasil program visualisasi tanaman jagung tiga dimensi.



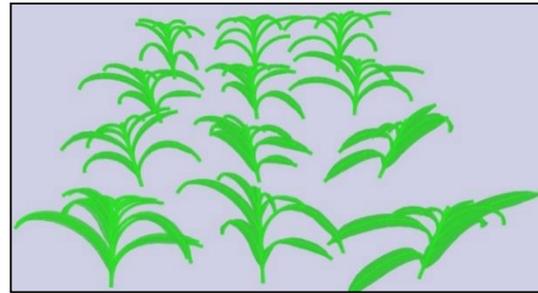
Gambar 4. Hasil *output* program *L-systems* tanaman jagung

Program dijalankan sehingga menghasilkan visualisasi tanaman jagung tiga dimensi baik tanaman individu maupun *landscape*. Berikut hasil visualisasi tanaman jagung individu mulai umur kurang dari 5 HST, 7 HST, 14 HST, 24 HST, 34 HST, 44 HST, dan 54 HST. (HST = Hari Setelah Tanam)



Gambar 5. Hasil visualisasi pertumbuhan tanaman jagung dari kecil hingga dewasa

untuk memvisualisasikan tanaman jagung secara *landscape*, maka tidak perlu mengubah *script* program, cukup dengan memasukkan semua aturan produksi yang telah dibuat dan jumlah iterasi sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 6. Hasil visualisasi *landscape* tanaman jagung

KESIMPULAN

Pertumbuhan tanaman jagung disusun oleh model pertumbuhan tanaman menggunakan *L-systems Context Free* dan *Stochastic*. Model pertumbuhan tanaman jagung terbentuk dari gabungan aturan produksi, aksioma, serta sudut percabangan daun. Komponen tersebut diperoleh dengan melakukan serangkaian proses identifikasi secara manual yang meliputi pengukuran sudut, tinggi tanaman dan jumlah daun pada 5 sampel tanaman jagung yang kemudian dirata-rata; model tanaman jagung divisualisasi dalam ruang dimensi tiga dengan memperhatikan sudut kelengkungan daun setiap iterasinya. Hasil visualisasi tanaman jagung ditampilkan secara individu dan *landscape*. Tanaman jagung *landscape* hasil visualisasi model dibuat 12 tanaman yang mewakili areal tanaman jagung sebenarnya.

REFERENSI

- [1] Chuai-Aree, S., Siripant, S., and Lursinsap, C. 2000. *Animating Plant Growth in L-System By Parametric Functional Symbols*. Thailand : Department of Mathematics.
- [2] Ashlock D., K. M. Bryden, and S. P. Gent. 2004. *Simultaneous Evolution of Bracketed L-system Rules and Interpretation*. Canada : Mathematics and Statistics University of Guelph.
- [3] Luis, D., Ding, Y., and Jingyi, Y. 2010. *Modeling Complex Unfoliated Trees from a Sparse Set of Images*. USA : University of Delaware.
- [4] Mishra, J., dan Mishra, S. 2007. *L-System Fractal*. Netherland : Elsevier
- [5] Prusinkiewicz, P. and Lindenmayer, A. 1990. *The Algorithmic Beauty Of Plants*. New York : Springer-Verlag

- [6] Yodthong, R., Siripant, S., Lursinsap, C. 2005. *Modeling Leaf Shapes Using L-systems and Genetic Algorithms*. Thailand : Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.
- [7] Viruchpintu, R and Khiripet, N. 2006. *Real-time 3D Plant Structure Modeling by L-System with Actual Measurement Parameters*. Thailand : National Electronics and Computer Technology Center, Pathumthani