



Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

Model Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman

Lab. Bio-Environmental Management and Control Engineering

Agricultural Engineering Department - Jenderal Soedirman University

Mata Kuliah : Hubungan Tanah, Air dan Tanaman





Pokok Bahasan

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

1 Definisi Model

2 *Crop Growth Model*

3 *Shierary-Rice Model*



Apa yang dimaksud dengan Model ?

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

Model adalah : representasi dari kenyataan (“*the real system*”) dalam bentuk yang lebih sederhana

Model dapat berupa :

- Piktorial (ilustrasi, diagram, flowchart)



Apa yang dimaksud dengan Model ?

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

Model adalah : representasi dari kenyataan (“*the real system*”) dalam bentuk yang lebih sederhana

Model dapat berupa :

- Piktorial (ilustrasi, diagram, flowchart)

- Fisikal



Apa yang dimaksud dengan Model ?

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

Crop Growth
Model

Shierary-Rice
Model

Model adalah : representasi dari kenyataan ("*the real system*") dalam bentuk yang lebih sederhana

Model dapat berupa :

- Piktorial (ilustrasi, diagram, flowchart)
- Konseptual atau Verbal
Model Verbal atau konseptual dicirikan dengan variabel, proses/mekanisme dan hubungan antar variabel yang dinyatakan dengan bahasa/kata-kata, bukan dengan persamaan matematika. Misal : Kurt Lewin (1951) "Perilaku adalah fungsi dari manusia dan keadaan"
- Fisikal



Apa yang dimaksud dengan Model ?

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

Crop Growth
Model

Shierary-Rice
Model

Model adalah : representasi dari kenyataan (“*the real system*”) dalam bentuk yang lebih sederhana

Model dapat berupa :

- Piktorial (ilustrasi, diagram, flowchart)
- Konseptual atau Verbal
Model Verbal atau konseptual dicirikan dengan variabel, proses/mekanisme dan hubungan antar variabel yang dinyatakan dengan bahasa/kata-kata, bukan dengan persamaan matematika. Misal : Kurt Lewin (1951) "Perilaku adalah fungsi dari manusia dan keadaan"
- Fisikal
- Matematika



Model Matematika

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

Model Matematika

Fenomena alam dinyatakan dalam variabel-variabel dan hubungan antar variabel digambarkan dalam persamaan matematika. Misal : fenomena transpirasi potensial adalah perbedaan potensial daun dan bulk tanah (tanah dan akar) dibagi jumlah tahanan total keduanya $T_p = \frac{\psi_L - \psi_b}{(r_c + r_b)}$

Model Pertumbuhan

Fenomena alam yang akan digambarkan secara matematis adalah pertumbuhan tanaman

Model Tanaman berbasis Cuaca

Model pertumbuhan tanaman dengan prinsip bahwa pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta periode pertumbuhannya didasarkan pada temperatur dan panjang hari (radiasi matahari)



Karakteristik Model Matematika

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

- 1 Model merupakan representasi yang *TIDAK LENGKAP* dari sistem utuh
- 2 Model dibangun dengan asumsi-asumsi
- 3 Akurasi model (dalam menggambarkan sistem) dan Kesederhanaan model (*simplicity*) saling berlawanan : semakin sederhana sebuah model, akurasi akan semakin berkurang
- 4 Tidak ada satu model yang bisa mewakili semua keadaan
- 5 Permodelan tidak selalu mengenai komputer dan teknologi informasi, namun berkembangnya kecanggihan komputer saat ini sangat membantu berkembangnya dunia permodelan



Kegunaan Model Matematika

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

Kegunaan model matematika : untuk memecahkan permasalahan dalam sistem yang sebenarnya, dengan cara mensimulasikan fenomena sistem (melalui perhitungan-perhitungan matematis) dan mendapatkan output sistem.

Contoh :

- Bagaimana meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen padi?
 - Fenomena : pertumbuhan (sistem pertumbuhan tanaman)
 - Input : faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan (air, hara, cuaca, dll)
 - Output : hasil panen
- Bagaimana menurunkan erosi dengan merekayasa faktor-faktor yang mempengaruhinya?
 - Fenomena : erosi (sistem/keterkaitan kejadian yang mempengaruhi erosi)
 - Input : faktor-faktor yang mempengaruhi erosi (tutupan lahan, hujan, kemiringan, dll)
 - Output : besar erosi



Pertumbuhan dan Perkembangan

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

Pertumbuhan

Peningkatan ukuran fisik (bisa dinyatakan dalam berat atau biomassa) total semua bagian. akibat dari pembelahan sel (peningkatan jumlah) dan perbesaran sel (peningkatan ukuran) sebagai proses yang tidak dapat balik (irreversibel) dan saling berkaitan satu sama lain (Stern, 2003)

Perkembangan

Perubahan fase-fase dalam pertumbuhan dan diferensiasi ke bagian organ-organ tanaman



Model Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman

Model Pertumbuhan dan Perkem- bangan Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

- Model Pertumbuhan Tanaman, biasanya berupa persamaan-persamaan matematis yang dapat dijadikan program komputer untuk mensimulasikan pertumbuhan dan perkembangan tanaman
- Ilmuwan mengembangkan model agar mampu memprediksi hasil panen (crop yield) dengan berbagai skenario input (pupuk, irigasi, rotasi tanaman, dll)



Contoh Model Matematika Pertumbuhan (Biomassa) Tanaman

Model Mekanistik vs Model Empiris

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

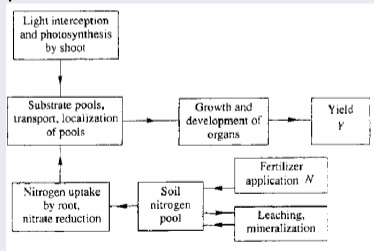
Definisi
Model

Crop Growth
Model

Shierary-Rice
Model

Model Mekanistik

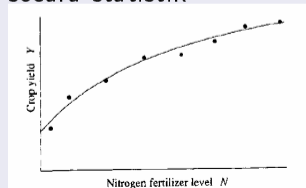
Respon tanaman terhadap pemupukan digambarkan dalam proses :



Model Empiris

Respon tanaman terhadap pemupukan Nitrogen digambarkan dengan persamaan

$$Y = Y_{max} \frac{N_s + N}{K + (N_s + N)}$$
, dimana Y_{max} , N_s , dan N adalah parameter yang fit secara statistik





Tipe-Tipe Model Matematika I

Model Mekanistik vs Model Empiris

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

Model Mekanistik

Diperoleh dari proses-proses yang sudah diketahui secara pasti, seperti proses fisika-kimia-biologi. Disebut : *Process-Based Model*

Dari Contoh Model :

- Kotak yang menjadi pangkal panah adalah variable yang mempengaruhi variabel tujuan panah
- Tiap garis panah merupakan sebuah persamaan matematis, sehingga
- Dalam sebuah model ada banyak persamaan matematis
- Diagram menunjukkan mekanisme pertumbuhan

VS



Tipe-Tipe Model Matematika II

Model Mekanistik vs Model Empiris

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

Model Empiris

Disebut Model Korelasi atau Model Statistik. Menggambarkan hubungan antara variabel-variabel, tapi tidak menjelaskan hubungan proses sebab-akibat dari sebuah fenomena (*black box*)

Dari Contoh Model :

- Persamaan matematis tidak mampu menjelaskan hubungan antara jumlah pupuk dan hasil panen
- Persamaan tersebut dibentuk melalui regresi terhadap data percobaan
- Bentuk persamaan lebih sederhana, lebih sedikit daripada model mekanistik



Langkah-Langkah Pemodelan

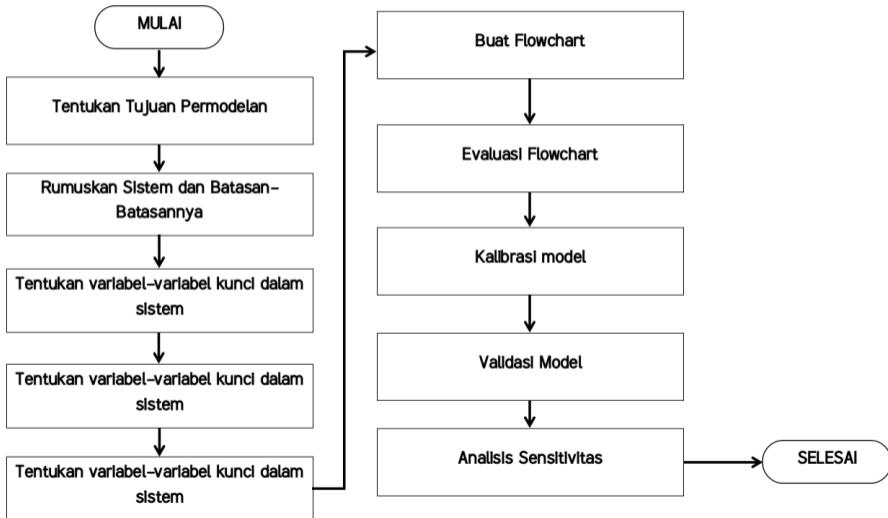
Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*





Langkah-Langkah Pemodelan

Kalibrasi, Validasi, dan Analisis Sensitivitas

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

Kalibrasi Model

Proses berulang untuk membandingkan input-output model dan kecocokannya dengan input-output fenomena nyata. Pada proses ini model bisa direvisi berulang-ulang hingga tervalidasi

Validasi Model

Kegiatan membandingkan model dan perilaku model (beserta berbagai asumsinya) terhadap fenomena nyata dan perilaku fenomena nyata

Analisis Sensitivitas

Pengujian variabel sensitivitas variable output terhadap variabel input. Variabel input mana yang jika berubah sedikit akan berdampak besar terhadap perubahan output



Dasar Asumsi Proses pada Shierary-Rice Model

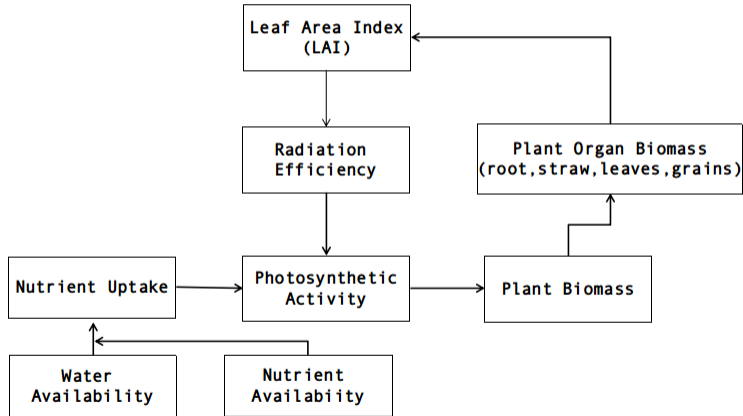
Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*





Implementasi Matematis

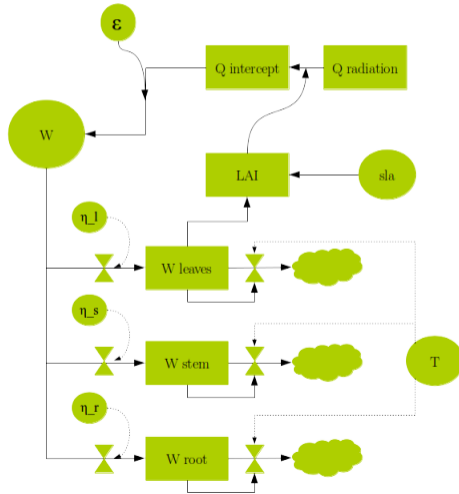
Model
Pertumbuhan
dan Perkembangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

Crop Growth
Model

Shierary-Rice
Model



- Penambahan Biomassa/Pertumbuhan
 - $dW = \epsilon Q_{intercept}; dW (g)$
- Radiasi terintersepsi (terserap) ($MJ \cdot m^{-2}$)
 - $Q_{intercept} = (1 - \tau)Q_s; Q_s = Q_{radiation}$
- Penambahan biomassa per-organ ($dW_x, g \cdot m^{-2}$)/Perkembangan
 - $dW_x = \eta_x dW - R_g - R_m$
 - $W_x^{j+1} = W_x^j + dW_x$
- Growth respiration ($g \cdot m^{-2}$)
 - $R_g = k_g \cdot \eta_x \cdot dW$
- Maintenance respiration ($g \cdot m^{-2}$)
 - $R_m = k_m \cdot W_x \cdot Q_{10}$



Implementasi Matematis

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

Crop Growth
Model

Shierary-Rice
Model

η_x : proporsi biomassa per-organ
 ϵ : konversi radiasi ke biomassa ($g \cdot MJ^{-1}$)
 τ : $\tau = e^{-k \cdot LAI} = \frac{Q_{transmitted}}{Q_s}$
 k_g : koefisien respirasi pertumbuhan
 k_m : koefisien respirasi pemeliharaan

Contoh Kasus

Diketahui $\epsilon = 1.65 g \cdot MJ^{-1}$, radiasi terintersepsi ($Q_{intercept}$) sebesar $10 MJ \cdot m^{-2}$. Berapa penambahan biomassa total pada hari itu?

$$dW = \epsilon Q_{intercept}$$

$$dW = 1.65 \cdot 10$$

$$dW = 16.5 g$$

Contoh Kasus

Diketahui η_{akar} , η_{batg} , dan η_{daun} , masing-masing 0.3, 0.5, dan 0.2. Hitung alokasi penambahan biomassa sebelumnya ke masing-masing organ (Asumsi R_g dan R_m bernilai 0)

$$dW_x = \eta_x dW - R_g - R_m, R_g = R_m = 0$$

$$dW_{akar} = \eta_{akar} dW = 0.3 \cdot 16.5 = 4.95 g$$

$$dW_{batg} = \eta_{batg} dW = 0.5 \cdot 16.5 = 8.25 g$$

$$dW_{daun} = \eta_{daun} dW = 0.2 \cdot 16.5 = 3.30 g$$



Implementasi Pemrograman

Persamaan-persamaan matematis dapat dituangkan ke dalam kode-kode pemrograman untuk dapat melakukan simulasi harian pertumbuhan biomassa total (pertumbuhan) dan biomassa per-organ (perkembangan)

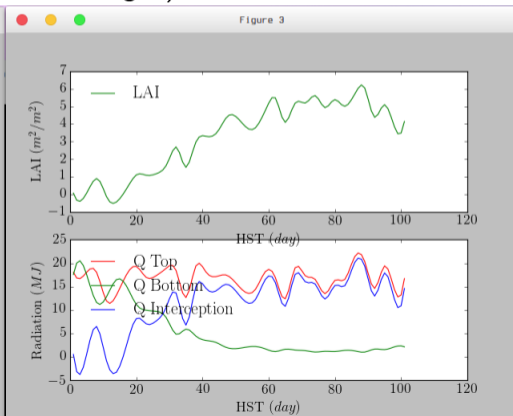
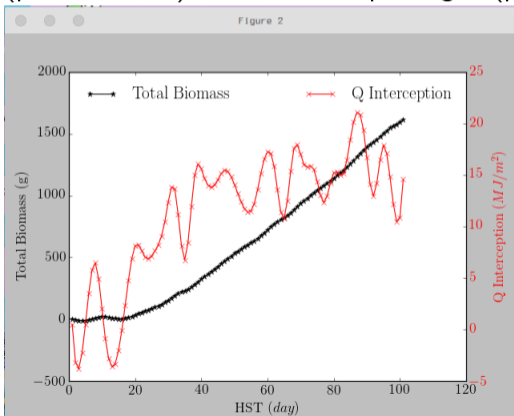
Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

Crop Growth
Model

Shierary-Rice
Model





Implementasi Pemrograman

Model
Pertumbuhan
dan Perkembangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

Crop Growth
Model

Shierary-Rice
Model





Model-Model Lainnya

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Definisi
Model

*Crop Growth
Model*

*Shierary-Rice
Model*

Terdapat banyak model yang pernah dikembangkan. Model-model tersebut dirumuskan dan kode komputernya diberi nama oleh pengembangnya

Ice Breaking

Ingat nama kode komputer untuk menjalankan IronMan? JARVIS !

- 1960 Model kesetimbangan air sederhana
- 1965 Model laju fotosintesis dari kanopi tanaman (de Witt)
- 1970 Elementary Crop Growth Simulator Construction (ELCROS) (de Witt, et.al.)
- 1978 Basic Crop Growth Simulator (BACROS) (de Witt and Goudriaan) 1982 Decision Support System for Agro-Technology Transfer (DSSAT) (IBSNAT and University of Hawaii)
- 1994 ORYZA1 (Kropff et al.)
(<https://sites.google.com/a/irri.org/oryza2000/>)



Referensi

Model
Pertumbuhan
dan Perkem-
bangan
Tanaman

Ardiansyah et
al.,
Lab.TPPBL

Appendix

- Ardiansyah, Chusnul, A., Krissandi, W., Asna, M., 2018. Biomass Development in SRI Field Under Unmaintained Alternate Wetting-Drying Irrigation. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 147, 012041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/147/1/012041>
- Ardiansyah, A., Sumarni, E.S., Sahirman, S., 2018. Variasi Intersepsi Cahaya dan Model Pendugaan Biomassa Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus gangeticus*) dalam Sistem Plant-Factory. Jurnal Keteknikan Pertanian 6, 295–302.
- Vohnout, K. (Ed.), 2003. Mathematical Modeling for System Analysis in Agricultural Research, 1st ed. Elsevier Science.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2011. Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian