

## MODEL SPEKTRUM RADIASI SURYA DAN SUHU DI DALAM RUMAH PLASTIK

(The Solar Spectrum and Temperature Model in The Plastic House)

Yushardi<sup>1</sup>, Y. KoesModule<sup>2</sup>, H.M.H. Bintoro<sup>3</sup>, A.H. Tambunan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa pada program studi Agroklimatologi Sekolah Pascasarjana IPB

<sup>2</sup>Staf pengajar Program Studi Agroklimatologi IPB

<sup>3</sup>Staf pengajar Program Studi Agronomi IPB

<sup>4</sup>Staf pengajar Program Studi Ilmu Teknik Pertanian IPB

### ABSTRAK

Penelitian dilakukan dalam rangka mengembangkan model spektrum radiasi surya dan suhu di dalam rumah plastik. Penelitian bertujuan untuk menentukan spektrum radiasi dan suhu optimum di dalam rumah plastik. Metode yang digunakan adalah penelitian lapang dan simulasi. Penelitian lapang terdiri atas tiga perlakuan yaitu plastik Polietilen (PE) dengan proteksi Ultraviolet (0 %, 6 % dan 14 %). Perlakuan kedua adalah kemiringan sudut antara penutup plastik dengan bidang horizontal. Perlakuan ketiga adalah bahan lantai yaitu tanah dan rumput. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk rumah plastik adalah dengan menggunakan pelindung UV 14%, dan rumput sebagai lantai yang menghasilkan kondisi optimum dengan menurunkan suhu 2.9 % pada plastik dengan UV 14%, 2.7 % pada  $\beta = 67^\circ$  dan 5.7 % dengan menggunakan rumput sebagai lantai. Spektrum UV, PAR (*Photosintetically Active Radiation*) dan IR (Infrared) yang ditransmisikan dari plastik PE 14 % berturut-turut sebesar 3.0 W/m<sup>2</sup>, 143.2 W/m<sup>2</sup> and 192.8 W/m<sup>2</sup>. Parameter lain yang mempengaruhi suhu dalam rumah plastik adalah koefisien konveksi alamiah (hi) dan koefisien ventilasi (hv). Untuk rumah plastik dengan bentuk heksagonal nilai hi and hv adalah 1.5 W/m<sup>2</sup>.°C, 50 W/m<sup>2</sup>.C, sedangkan rumah plastik berbentuk *Tunnel* mempunyai nilai hi dan hv adalah 1.5 W/m<sup>2</sup>.°C and 55 W/m<sup>2</sup>.C

**Kata Kunci** : Infrared, Rumah plastik, Spektrum, Suhu, Ultraviolet,

### ABSTRACT

Research has been conducted to develop the solar spectrum and temperature model in the plastic house. The objective of this research is to determine spectrum and temperature optimum in the plastic house. The method was used by field experiment and simulation. Field experiment consist of three treatments. These are first treatment used the plastic Polyethylene (PE) with UV (Ultraviolet) protection (0 %, 6 % and 14 %). The second treatment was determined the tilt angle between plastic cover and horizontal planar. The third treatment was flooring by used soil and grass. The experiment reveals that optimum condition for the plastic house that used plastic UV protection 14%, and use grass as the floor. Produce a optimum result in decreasing  $T_{in}$  for 2.9 % in plastic UV 14%, 2.7 % in  $\beta = 67^\circ$  and 5.7 % in using grass as the floor. Spectrum of UV, PAR (*Photosintetically Active Radiation*) and IR (Infrared) that transmitted from PE 14 % plastik 3.0 W/m<sup>2</sup>, 143.2 W/m<sup>2</sup> and 192.8 W/m<sup>2</sup> respectively. The other parameter that influence the temperature in plastic house is natural convection coefficient (hi) and ventilation coefficient (hv). For type Hexagonal plastic house

$h_i$  and  $h_v$  1.5 W/m<sup>2</sup>.C, 50 W/m<sup>2</sup>.C respectively. For type Tunnel plastic house  $h_i$  and  $h_v$  1.5 W/m<sup>2</sup>.°C and 55 W/m<sup>2</sup>.C respectively.

**Keyword** : Infrared, Plastic house, Spectrum, Temperature, Ultraviolet,

## PENDAHULUAN

Rumah plastik merupakan salah satu media untuk menjaga agar tanaman terhindar dari kondisi cuaca yang kurang menguntungkan seperti adanya salju atau angin kencang dan agar tanaman selalu hangat pada kondisi malam hari (Seeman J, 1974; Takakura T, 1989). Pada umumnya bentuk rumah plastik di negara tropik mengikuti bentuk rumah plastik di negara sub tropik (*standar peak, sere* dan *arch*). Permasalahan rumah plastik yang berada di daerah tropis adalah suhu rumah plastik pada siang hari dapat mencapai lebih besar dari 40 °C (Conellan, 2005). Suhu tersebut dapat menyebabkan tanaman menjadi layu. Salah satu cara mengendalikan suhu di dalam rumah plastik tersebut adalah dengan memperhatikan spektrum radiasi surya yang masuk ke dalam rumah plastik. Spektrum radiasi surya yang terperangkap di dalam rumah plastik hanya spektrum gelombang panjang, dan energi panas yang dikandung spektrum radiasi surya gelombang panjang tersebut akan dikonversikan menjadi suhu di dalam rumah plastik.

Pengendalian spektrum radiasi surya dapat dilakukan dengan mengetahui sifat kimia fisika dari plastik (Ksenzhek *et al.* 1986; Waaijenberg *et.al.* 2005; Runkle *et.al.* 2005). Spektrum yang masuk ke dalam rumah plastik terdiri atas ultraviolet (UV), cahaya tampak/visible (VIS) dan inframerah (IR). Spektrum VIS berimpit dengan spektrum PAR yang berguna untuk proses fotosintesis. Spektrum IR yang terperangkap masuk memiliki energi panas yang tinggi dapat menggetarkan molekul yang dilaluinya yang menyebabkan meningkatnya suhu di dalam rumah plastik tersebut (Beiser A, 1982). Peningkatan suhu di dalam rumah plastik dapat dikendalikan dengan memberi ventilasi dan tipe plastik yang digunakan diberi filter UV dan filter inframerah (Tabatabaie *et al.*, 2005).

Penelitian bertujuan untuk menyusun dan mengembangkan model spektrum radiasi surya dan suhu di dalam rumah plastik melalui penentuan jenis plastik dapat memberikan spektrum radiasi surya dan suhu optimal di dalam rumah plastik dan merancang konstruksi bentuk rumah plastik optimal.

## BAHAN DAN METODA

### Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan selama 1 tahun mulai bulan Juni 2005 di Laboratorium Lapangan TEP Leuwi Kopo FATETA IPB Darmaga Bogor. Secara geografis tempat penelitian terletak pada 6° LS dan 107° BT.

### Bahan dan Alat

Bahan rumah plastik yang digunakan adalah :1) Plastik Poly Ethylene (PE) berproteksi UV 6 %, 14 %, dan tanpa proteksi UV dengan masing masing ketebalan 0.3 mm. Peralatan yang digunakan untuk spektrum dan suhu pada sistem rumah plastik terdiri atas: 1) Integrating Actino

Recorder. Model PH- 11M- 2 AT, produk SUGA. Jepang 2) Mikrokontroler 8051 dilengkapi sensor LDR. LM35.

Rumah plastik yang digunakan pada penelitian ini adalah prototipe rumah plastik berbentuk *Tunnel* dan *Hexagonal* seperti pada Gambar 1, dan dengan spesifikasi teknis seperti pada Tabel 1.



Spesifikasi rumah plastik

Jenis	p/d	l/d	h	$L_t$	V	$A_v$
Hexagona	4	4	3	12.6	27.5	12.5
Tunnel	4	2	2	8.0	16.3	7.1

Keterangan :

p= panjang dalam meter

l=lebar dalam meter

d=diameter dalam meter

$L_t$ =luas tanah dalam meter

V=volume dalam  $m^3$

$A_v$ =luas ventilasi dalam  $m^2$

Rangka bangunan besi plat 2 mm dan pipa besi

Gambar 1. Prototype rumah plastik dengan tipe *Tunnel* dan Heksagonal

### Metode Penelitian

Penelitian meliputi percobaan laboratorium, lapangan dan permodelan spektrum radiasi surya dan suhu di dalam rumah plastik. Data hasil pengamatan lapangan digunakan sebagai dasar penurunan parameter, kalibrasi dan pengujian model.

#### Percobaan Laboratorium

Pengukuran sifat transmisi plastik PE berproteksi UV 0 %, 6 % dan 14 %. dilakukan di Sentral Teknologi Polimer Puspittek Serpong. Pengukuran menggunakan 1UV-VIS produk dari Shimadzu FTIR 8300, Jepang

#### Percobaan Lapangan

Percobaan lapangan menggunakan tiga perlakuan yakni: 1) bahan plastik penutup berproteksi UV, 2) kemiringan atap penutup rumah plastik dengan bidang horizontal, dan 3) jenis lantai tanah dan rumput.

Pengukuran di lapangan meliputi 1) pengukuran spektrum radiasi surya terdiri atas UV, VIS dan IR, 2) pengukuran suhu penutup ( $T_c$ ), suhu di dalam ( $T_{in}$ ), suhu permukaan ( $T_{ss}$ ) dan suhu tanah ( $T_s$ ) pada kedalaman 30 cm. Pengukuran suhu tersebut dengan memperhatikan a) jenis bahan plastik, b) sudut kemiringan penutup rumah plastik dengan bidang horizontal ( $\beta$ ), dan jenis lantai.

Peubah yang digunakan untuk a) plastik adalah sifat transmisivity, ketebalan, panas jenis, b) kontruksi rumah plastik adalah tinggi, bahan rangka rumah plastik, panas jenis rangka rumah plastik dan luas ventilasi, c) tanah : panas jenis tanah. koefisien konduktivitas, albedo, kedalaman tanah, d) cuaca adalah intensitas radiasi surya. intensitas spektrum (UV, VIS dan IR) radiasi surya, kecepatan angin, suhu udara dan kelembaban udara.

## Permodelan Spektrum Radiasi Surya dan Suhu

Model simulasi spektrum dan suhu merupakan satu kesatuan dan terintegrasi dalam lima submodel. yaitu: 1) submodel spektrum radiasi surya. 2) submodel suhu cover rumah plastik ( $T_c$ ). 3) submodel suhu di dalam rumah plastik ( $T_{in}$ ). 4) submodel suhu permukaan tanah ( $T_s$ ) dan 5) submodel suhu di dalam tanah ( $T_{s30}$ ) pada kedalaman tanah 30 cm.

Submodel spektrum radiasi surya menduga total spektrum radiasi surya yang terperangkap dan ditransmisi kedalam rumah plastik berdasarkan panjang gelombang. Spektrum radiasi surya dari angkasa yang menuju rumah plastik terdiri atas : spektrum UV, VIS, dan IR. Spektrum-spektrum tersebut oleh penutup rumah plastik sebagian diserap, sebagian di pantulkan kembali ke luar, dan sebagian besar diteruskan ke dalam rumah plastik. Spektrum-spektrum yang diteruskan setelah sampai di permukaan lantai sebagian dipantulkan kembali menuju penutup rumah plastik, sebagian diserap lantai, dan sebagian kecil diteruskan ke dalam tanah. Spektrum yang dipantulkan kembali oleh lantai menembus penutup rumah plastik dan menuju angkasa hanya spektrum gelombang pendek. Spektrum gelombang panjang oleh penutup plastik dipantulkan kembali menuju lantai rumah plastik dan kemudian dipantulkan menuju angkasa dan seterusnya secara berulang hingga secara matematis membentuk deret ukur. Sebagian spektrum gelombang panjang tersebut terperangkap di dalam rumah plastik. Energi spektrum gelombang panjang yang terperangkap di dalam rumah plastik tersebut lalu diubah menjadi energi panas, sehingga meningkatkan suhu di dalam rumah plastik.

Submodel suhu penutup rumah plastik disimulasi untuk menduga  $T_c$  rumah plastik. Spektrum radiasi surya yang datang lalu diserap penutup plastik dan energinya merupakan energi panas dan diubah menjadi suhu penutup rumah plastik.  $T_c$  tersebut dipengaruhi oleh koefisien konveksi alami dan ventilasi.

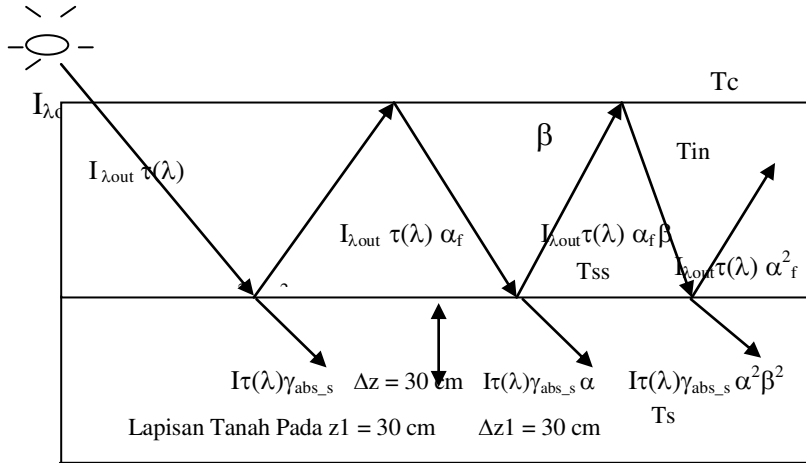
Submodel suhu di dalam rumah plastik disimulasi dan menduga  $T_{in}$ . Spektrum yang terperangkap tersebut merupakan gelombang panjang. Kemudian energi panas tersebut diubah menjadi suhu di dalam rumah plastik ( $T_{in}$ ).

Submodel permukaan tanah disimulasi dan menduga  $T_{ss}$ . Spektrum radiasi surya yang diserap tanah diubah menjadi energi panas dan kemudian diubah menjadi suhu permukaan tanah ( $T_{ss}$ ).

Submodel suhu di dalam tanah disimulasi untuk menduga  $T_s$ . Spektrum radiasi surya yang diserap tanah sangat kecil sekali. pendugaan  $T_s$  berdasarkan perbedaan  $T_{ss}$  terhadap  $T_s$ , konduktivitas tanah dan kedalaman tanah.

Peubah masukan yang digunakan dalam model simulasi ini adalah peubah cuaca terdiri atas intensitas radiasi surya ( $I$ ), kecepatan angin ( $V_{wind}$ ) dan kelembaban, letak geografis ( $\theta$ ), sudut kemiringan ( $\beta$ ), panjang gelombang ( $\lambda$ ) dan keadaan awal ( $T_{co}$ ,  $T_{ino}$ ,  $T_{sso}$  dan  $T_{so}$ ).

Pada Gambar 2 terlihat spektrum energi yang masuk terperangkap kedalam rumah plastik membentuk deret geometri dengan rasio  $\alpha_f \beta$ . Spektrum energi yang datang dari arah atas ke bawah  $I_{\lambda, out} \tau(\lambda)$ , kemudian spektrum energi dipantulkan ke atas  $I_{\lambda, out} \tau(\lambda) \alpha_f$ . selanjutnya spektrum dipantulkan kebawah lagi  $I_{\lambda, out} \tau(\lambda) \alpha_f \beta$  dan dipantulkan kembali keatas  $I_{\lambda, out} \tau(\lambda)^2 \alpha_f \beta$ .



Gambar 2. Penangkapan Spektrum radiasi surya di dalam rumah plastik (Abdullah *et.al.* 1998)

Total spektrum yang menuju arah bawah membentuk deret geometri sebagai berikut:

$$I_{tot-turun} : I_{\lambda_{out}} \tau(\lambda) + I_{\lambda_{out}} \tau(\lambda) \alpha_f \beta + I_{\lambda_{out}} \tau(\lambda) \alpha_f \beta^2 + \dots [1]$$

Total spektrum yang menuju arah atas membentuk deret geometri sebagai berikut:

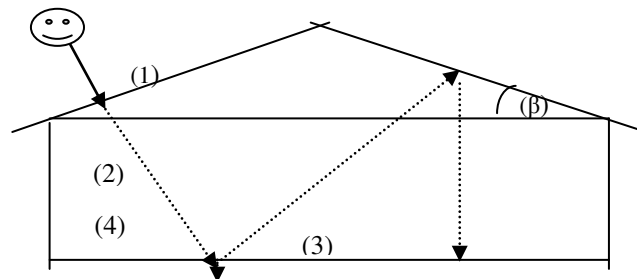
$$I_{tot-naik} : I_{\lambda_{out}} \tau(\lambda) \alpha_f + I_{\lambda_{out}} \tau(\lambda) \alpha_f \beta + I_{\lambda_{out}} \tau(\lambda) \alpha_f \beta^2 + \dots [2]$$

Total Spektrum setiap jenis gelombang yang terperangkap di dalam rumah plastik :

$$I_{\lambda_{in}} = \tau(\lambda) I_{\lambda_{out}} \left[ \frac{(1 + \alpha)}{(1 - \alpha\beta)} \right] \dots [3]$$

$$I_{\lambda_{in\_tot}} = \frac{[\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \tau(\lambda) d\lambda]}{\lambda_2 - \lambda_1} I_{\lambda_{out\_tot}} \left[ \frac{(1 + \alpha)}{(1 - \alpha\beta)} \right] \dots [4]$$

Permodelan matematika suhu pada sistem rumah plastik pada Gambar 3 adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Model fisik suhu di dalam rumah plastik

(1) Sub sistem cover rumah plastik

$$\rho_c C_c T H_c dT_c / dt = I_{\lambda_{out}} \gamma_{abs\_c} - h_i (T_c - T_{in}) \dots \dots \dots [5]$$

(2). Sub sistem udara di dalam rumah plastik

$$\rho_a C_a H * dT_{in} / dt = h_i (T_c - T_{in}) - U (T_{in} - T_{out}) + hf (T_{ss} - T_{in}) - hv (T_{in} - T_{out}) + [(1 + \alpha_f) / (1 - \alpha_f)] I_{\lambda_{out}} \tau(\lambda) \dots \dots \dots [6]$$

(3). Sub sistem permukaan tanah

$$\rho_s C_s dT_{ss} / dt = h_i (T_{in} - T_{ss}) - ks(T_{ss} - T_s) / \Delta z_o - SBC \text{ ems } ((T_{ss} + 273)^4 - (T_c + 273)^4) + I_{\lambda_{out}} \tau(\lambda) \gamma_{abs\_s} \dots \dots \dots [7]$$

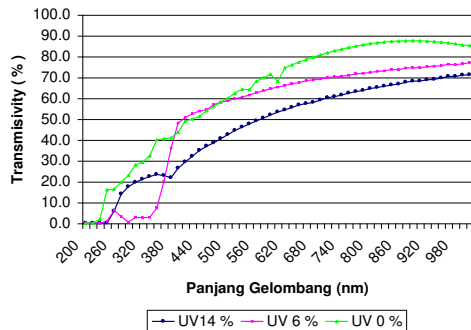
(4). Sub sistem lapisan tanah

$$\rho_s C_s z_1 dT_s / dt = ks (T_{ss} - T_s) / \Delta z_o \dots \dots \dots [8]$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Transmisivitas Plastik**

Gambar 4 menunjukkan hasil pengukuran transmisivitas bahan plastik PE berproteksi UV 0 %, 6 %, dan 14 % wilayah spektrum UV, VIS, dan IR. Pengukuran dilakukan pada wilayah spektrum UV dari panjang gelombang 220 nm hingga 380 nm untuk plastik PE berproteksi UV 0 %, panjang gelombang 230 nm hingga 380 nm untuk plastik PE berproteksi UV 6 %, dan 245 nm hingga untuk plastik PE berproteksi UV 14 %. Pengukuran spektrum VIS dilakukan pada panjang gelombang 380 nm hingga 680 nm dan spektrum IR pada panjang gelombang 680 nm hingga 1000 nm untuk semua jenis plastik PE. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa PE berproteksi UV 6 % hanya memproteksi 4.5 % UV, sedangkan plastik berproteksi UV 14 % memproteksi 11.4 % UV.



$$\sigma(\lambda) = -0.00012\lambda^2 + 0.24\lambda - 46.1 \quad (\text{UV } 14\%)$$

$$\sigma(\lambda) = -0.00018\lambda^2 + 0.32\lambda - 54.7 \quad (\text{UV } 0\%)$$

$$\sigma(\lambda) = -0.00009\lambda^2 + 0.17\lambda - 5.5 \quad (\text{UV } 6\%)$$

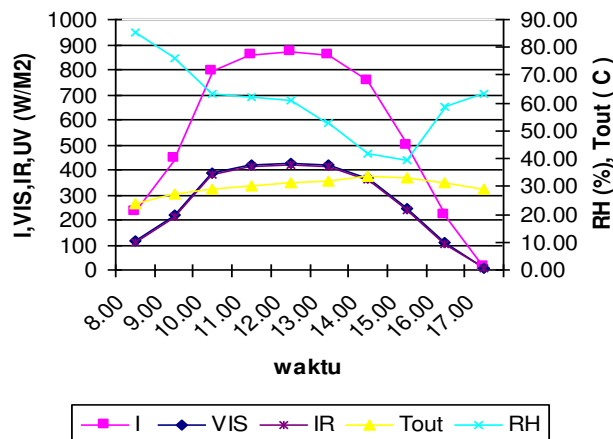
Gambar 4 Kurva karakteristik transmissivity plastik PE berproteksi UV 0 %. 6 % dan 14 %

**Pola Spektrum Radiasi Surya di dalam Rumah Plastik**

Hasil pengujian lapangan pada pada Gambar 5 diambil saat hari cerah pada pada tanggal 22 Agustus 2005. Intensitas radiasi surya tertinggi pada pukul 12.00 sebesar 873.4 W/m<sup>2</sup>, dengan rata rata sebesar 554.4 W/m<sup>2</sup>. Intensitas spektrum UV, VIS dan IR rata rata di luar rumah plastik masing masing sebesar 16.6 W/m<sup>2</sup>, 271.7 W/m<sup>2</sup> dan 266.1 W/m<sup>2</sup>. Pola spektrum UV, VIS dan IR mempunyai pola yang sama dengan intensitas radiasi surya total. Spektrum di dalam rumah plastik jenis Hexagonal ditampilkan pada Tabel 1. Spektrum radiasi surya UV, VIS dan IR rata rata di dalam rumah plastik jenis Hexagonal masing masing sebesar 3.0 W/m<sup>2</sup>, 144.0 W/m<sup>2</sup> dan 194.3 W/m<sup>2</sup>.

Suhu Tc, Tin, Tss dan Ts rata rata di dalam rumah plastik *Hexagonal* masing masing sebesar 43.3 °C, 36.4 °C, 35 °C dan 26.4 °C. Peningkatan suhu di dalam tanah sebesar 1°C selama lima jam. Hasil pengujian lapangan suhu di dalam rumah plastik *Tunnel* ditampilkan pada Tabel 2. Suhu Tc, Tin, Tss dan Ts rata rata di dalam rumah plastik *Tunnel* masing masing sebesar 38.6 °C, 33.1 °C, 31.3 °C dan 26.4 °C. Peningkatan suhu di dalam tanah sebesar 1 °C selama lima jam.

Hasil pengujian lapangan menunjukkan pola suhu harian rumah plastik jenis *Tunnel* lebih rendah masing masing sebesar 11 %, 8.5 % dan 11 % dibanding suhu di dalam rumah plastik jenis *Hexagonal*. Perbedaan suhu tersebut disebabkan oleh parameter koefisien konveksi rata rata alami dan koefisien ventilasi rumah plastik jenis *Hexagonal* hi 1.5 W/m<sup>2</sup>.C dan hv sebesar 50 W/m<sup>2</sup>.C lebih rendah dibanding nilai hi dan hv rumah plastik jenis *Tunnel* masing masing sebesar 1.5 W/m<sup>2</sup>.C dan 55 W/m<sup>2</sup>.C. Ventilasi alami adalah proses pergantian udara ruangan oleh udara segar dari luar ruangan tanpa bantuan peralatan mekanik. Konveksi alami proses pindah panas disertai perpindahan massa tanpa adanya gaya dari luar, hanya oleh perbedaan suhu di dalam dan luar sistem tersebut. Ukuran kuantitas ventilasi dan konveksi dinyatakan oleh koefisien konveksi alami dan koefisien ventilasi, dinyatakan dengan satuan (W/m<sup>2</sup>.C).



Gambar 5. Kondisi cuaca harian di luar rumah plastik pada tanggal 22 Agustus 2005

Tabel 1. Pola spektrum radiasi surya di dalam rumah plastik *Hexagonal* berproteksi UV14% dengan kemiringan  $\beta=25^\circ$ , latitude  $\theta = 6$  LS, tanggal 22 Agustus 2005 (n = 234 ).

Pukul	I <sub>out</sub> W/M2	UV* W/M2	UV** W/M2	VIS* W/M2	VIS** W/M2	IR* W/M2	IR** W/M2	Tc* (°C)	Tc** (°C)	Tin* (°C)	Tin** (°C)	Tss* (°C)	Tss** (°C)	Ts* (°C)	Ts** (°C)
8.00	231.1	1.3	1.2	59.7	60.0	80.4	81.0	34.8	34.0	32.5	32.0	30.4	30.0	26.0	26.0
9.00	443.0	2.4	2.4	114.5	115.1	154.1	155.2	39.4	40.0	34.8	34.0	33.7	34.0	26.0	26.0
10.00	792.8	4.3	4.3	204.9	205.9	275.7	277.8	48.2	48.0	38.9	38.0	36.8	36.0	26.1	26.0
11.00	857.0	4.7	4.6	221.4	222.6	298.0	300.3	51.6	52.0	40.5	40.0	38.0	39.0	26.1	26.0
12.00	873.4	4.7	4.7	225.7	226.8	303.7	306.0	52.7	53.0	41.0	40.5	38.4	38.0	26.1	26.0
13.00	860.0	4.7	4.6	222.2	223.4	299.1	301.4	51.7	51.0	40.5	40.0	38.0	37.5	26.2	26.0
14.00	753.2	4.1	4.1	194.6	195.6	261.9	263.9	47.4	48.0	38.5	39.0	36.5	37.0	27.2	27.0
15.00	499.6	2.7	2.7	129.1	129.7	173.7	175.0	40.3	40.0	35.2	36.0	34.0	34.5	27.2	27.0
16.00	218.0	1.2	1.2	56.3	56.6	75.8	76.4	34.7	35.0	32.5	34.0	32.0	32.5	27.2	27.0
17.00	16.0	0.1	0.1	4.1	4.1	5.6	5.6	32.3	32.0	31.4	30.0	31.1	29.0	27.2	27.0
rata-rata	554.4	3.0	3.0	143.2	144.0	192.8	194.3	43.3	43.3	36.6	36.4	35.9	35.9	26.6	26.4

Keterangan : tanda\* hasil simulasi ; tanda\*\* hasil percobaan

Tabel 2. Pola Spektrum radiasi surya di dalam rumah plastik *Tunnel* berproteksi UV 14 %, latitude  $\theta = 6$  LS, tanggal 22 Agustus 2005 (n = 234 ).

Pukul	I <sub>out</sub> W/M2	UV* W/M2	UV** W/M2	VIS* W/M2	VIS** W/M2	IR* W/M2	IR** W/M2	Tc* (°C)	Tc** (°C)	Tin* (°C)	Tin** (°C)	Tss* (°C)	Tss** (°C)	Ts* (°C)	Ts** (°C)
8.00	231.1	1.3	1.2	59.7	60.0	80.4	81.0	32.3	33.0	30.5	31.0	27.9	28.0	26.0	26.0
9.00	443.0	2.4	2.4	114.5	115.1	154.1	155.2	35.9	36.0	32.4	32.0	31.2	30.0	26.0	26.0
10.00	792.8	4.3	4.3	204.9	205.9	275.7	277.8	42.7	41.5	36.0	34.5	34.4	33.0	26.0	26.0
11.00	857.0	4.7	4.6	221.4	222.6	298.0	300.3	45.4	45.0	37.4	36.0	35.6	34.0	26.0	26.0
12.00	873.4	4.7	4.7	225.7	226.8	303.7	306.0	46.2	46.0	37.9	37.0	36.0	35.0	26.1	26.0
13.00	860.0	4.7	4.6	222.2	223.4	299.1	301.4	45.4	45.0	37.5	36.0	35.6	34.5	26.1	26.0
14.00	753.2	4.1	4.1	194.6	195.6	261.9	263.9	42.1	43.0	35.7	34.5	34.1	33.0	27.1	27.0
15.00	499.6	2.7	2.7	129.1	129.7	173.7	175.0	36.6	37.0	32.8	33.0	31.5	31.0	27.1	27.0
16.00	218.0	1.2	1.2	56.3	56.6	75.8	76.4	32.2	33.0	30.5	31.0	29.5	29.0	27.1	27.0
17.00	16.0	0.1	0.1	4.1	4.1	5.6	5.6	30.3	26.0	29.5	26.0	28.7	26.0	27.1	27.0
rata-rata	554.4	3.0	3.0	143.2	144.0	192.8	194.3	38.91	38.6	34.0	33.05	32.5	31.3	26.5	26.4

Keterangan : tanda\* hasil simulasi ; tanda\*\* hasil percobaan

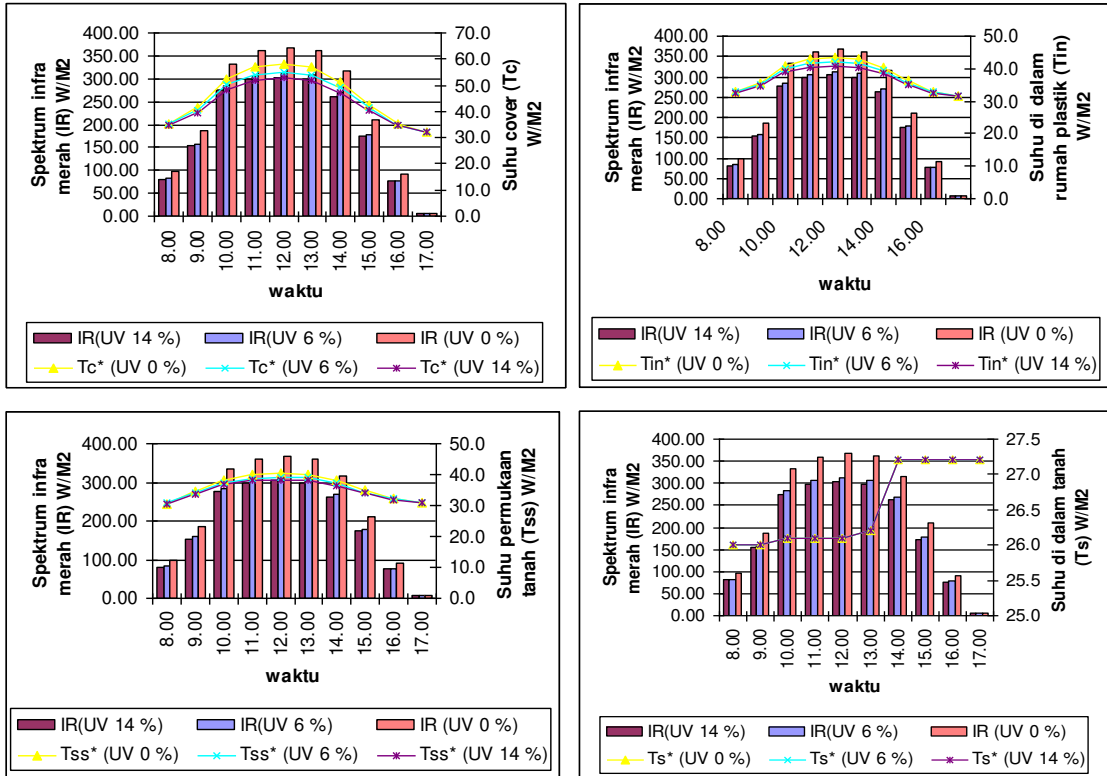
### Hasil Simulasi

Hasil simulasi dari model ditampilkan pada Tabel 1. Tabel 2 dan Gambar 6 dengan variabel input data cuaca pada tanggal 22 Agustus 2005. letak geografis pada lintang  $\theta = 6^\circ$  LS dan sudut kemiringan  $\beta = 25^\circ$  serta plastik PE berproteksi UV 0 %, 6 % dan 14 %.



Hasil simulasi spektrum di dalam rumah plastik *Heksagonal* ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 3. Spektrum radiasi surya UV, VIS dan IR rata rata di dalam rumah plastik *Hexagonal* berproteksi UV 14 % mempunyai nilai terendah, masing masing sebesar  $3.0 \text{ W/m}^2$ ,  $143.2 \text{ W/m}^2$  dan  $192.8 \text{ W/m}^2$  serta suhu  $T_c$ ,  $T_{in}$ ,  $T_{ss}$  dan  $T_s$  masing masing sebesar  $43.3 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $36.4 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $36.4 \text{ }^\circ\text{C}$  dan  $26.4 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Spektrum radiasi surya UV, VIS dan IR rata rata di dalam rumah plastik jenis *Hexagonal* ditampilkan pada Gambar 6. Spektrum radiasi surya tersebut menggunakan plastik PE berproteksi UV 0 % mempunyai nilai tertinggi, masing masing sebesar  $4.2 \text{ W/m}^2$ ,  $191.1 \text{ W/m}^2$  dan  $232.9 \text{ W/m}^2$  serta suhu  $T_c$ ,  $T_{in}$ ,  $T_{ss}$  dan  $T_s$  masing masing sebesar  $46.3 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $38 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $37.4 \text{ }^\circ\text{C}$  dan  $26.5 \text{ }^\circ\text{C}$ .



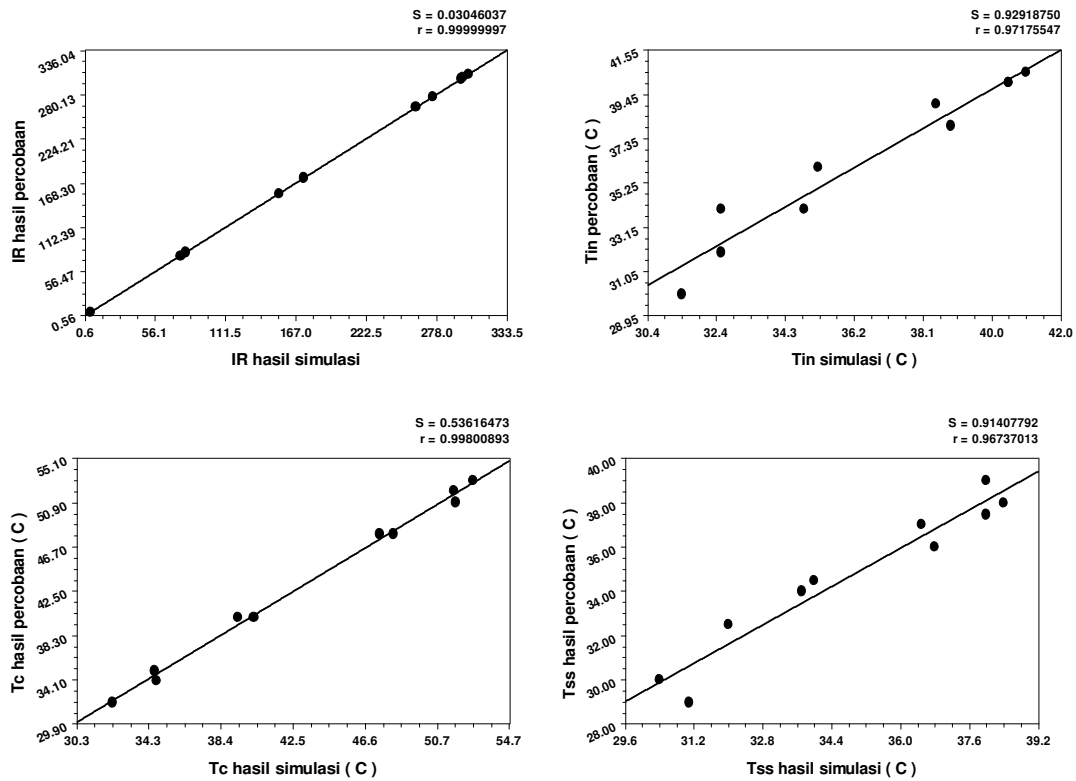
Gambar 6. Pola spektrum radiasi surya di dalam rumah plastik Hexagonal berproteksi UV 0 %, 6 % dan 14 % dan suhu  $T_c$ ,  $T_{in}$ ,  $T_{ss}$  dan  $T_s$  (22 Agustus 2005)

Pada Gambar 7 perbandingan model spektrum UV,VIS dan IR hasil simulasi dan hasil percobaan mempunyai koefisien determinasi ( $R^2$ ) masing sebesar 0.99, 0.99 dan 0.99. Perbandingan model suhu  $T_c$ ,  $T_{in}$ ,  $T_{ss}$  dan  $T_s$  di dalam rumah plastik jenis *Hexagonal* hasil simulasi dan hasil percobaan mempunyai koefisien determinasi ( $R^2$ ) masing sebesar 0.99, 0.97, 0.99, 0.97 dan 0.99. Perbandingan model suhu  $T_c$ ,  $T_{in}$ ,  $T_{ss}$  dan  $T_s$  di dalam rumah plastik jenis *Hexagonal* hasil simulasi dan hasil percobaan dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) masing sebesar 0.99, 0.97, 0.97.

0.97 dan 0.98. Hasil percobaan lapangan tersebut mempunyai hubungan yang erat dengan simulasi, sehingga model yang dibangun dapat dapat digunakan untuk menduga keempat parameter tersebut.

Model spektrum radiasi surya yang dikembangkan tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan kondisi optimum didalam rumah plastik. Kondisi optimum tersebut berguna untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang ditanam dalam rumah plastik. Hasil simulasi menunjukkan kondisi optimum didapat dengan menggunakan plastik PE berproteksi UV 14 % dan menggunakan jenis lantai rumput.

Bahan plastik PE berproteksi UV 14 % menghasilkan spektrum IR paling rendah sebesar  $192.8 \text{ W/m}^2$  dan suhu di dalam rumah plastik *Hexagonal* yang paling rendah sebesar  $34.9 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pada kemiringan  $\beta$  sebesar  $67^\circ$ . suhu penutup rumah plastik *Hexagonal* paling rendah sebesar  $41.2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pada jenis lantai rumput suhu di dalam rumah plastik *Hexagonal* paling rendah sebesar  $34.9 \text{ }^\circ\text{C}$ .



Gambar 7. Perbandingan model dengan hasil percobaan spektrum radiasi surya IR. Tc, Tin dan Tss di dalam rumah plastik jenis *Hexagonal* (22 Agustus 2005)

Kondisi optimum di dalam rumah plastik jenis *Tunnel* menggunakan bahan plastik PE berproteksi UV 14 % dengan menggunakan jenis lantai tanah yang ditanami rumput. Pada kondisi tersebut suhu Tc. Tin. Tss dan Ts masing masing sebesar  $37.3 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $32.2 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $30.9 \text{ }^\circ\text{C}$  dan  $26.5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Tabel 3. Pola suhu Tc, Tin, Tss dan Ts dengan berbagai kemiringan

Kemiringan $\beta$	Tc rata rata (°C)	Tin rata rata (°C)	Tss rata rata (°C)	Ts rata rata (°C)
0°	44.5	36.6	35.1	26.5
25°	43.3	36.6	35.1	26.5
67°	41.2	36.6	35.0	26.5

Tabel 4. Pola suhu Tc, Tin, Tss dan Ts dengan variasi jenis lantai

Jenis Lantai	Tc rata rata (°C)	Tin rata rata (°C)	Tss rata rata (°C)	Ts rata rata (°C)
Tanah	43.3	36.6	35.1	26.5
Rumput	41.2	34.9	34.2	26.5

Tabel 5. Pola suhu Tc, Tin, Tss dan Ts pada dua jenis rumah plastik (Heksagonal dan Tunnel)

Jenis Rumah Plastik	Tc rata rata (°C)	Tin rata rata (°C)	Tss rata rata (°C)	Ts rata rata (°C)
Heksagonal	43.3	36.6	34.9	26.5
Tunnel	38.9	34.0	31.3	26.5

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Konstruksi bentuk rumah plastik yang optimum adalah : a) menggunakan plastik PE berproteksi UV 14 %, b) kemiringan sudut  $\beta$  lebih kecil dari 67°, dan c) menggunakan rumput sebagai lantai rumah plastik. Plastik PE berproteksi UV 14 % mentransmisi spektrum radiasi surya IR ke dalam rumah plastik yang terendah sebesar 72.5 %. Plastik PE tanpa proteksi UV mentransmisi spektrum radiasi surya tertinggi sebesar 87.5 % .

Penurunan suhu rata rata di dalam rumah plastik pada kondisi optimum sebesar 2.7 % dengan menggunakan bahan plastik PE UV 14 % dan jenis lantai rumput sebesar 5.7 % . Perlakuan mengatur kemiringan penutup rumah plastik terhadap bidang horizontal hanya berpengaruh pada suhu penutup rumah plastik.

### Saran

Sudut kemiringan penutup Hexagonal rumah plastik terhadap bidang horizontal ( $\beta$ ) sebaiknya tidak melebihi 67°. karena akan menyebabkan fluk volume pertukaran udara minimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah K. Tambunan H. 1998. Energi dan Listrik Pertanian. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Hlm 103-120.
- Beiser. A. 1982. *Konsep Fisika Modern*. Liong TH. penerjemah; Jakarta: Erlangga. Terjemahan dari: *Modern Physics*. Hlm 160-161.
- Connellan. G.J. 2005. Selection of Greenhouse Design And Technology Options For High Temperature Regions. Paper ISHA Acta Horticulturae 578: II IFAC/ISHS Workshop: Mathematical and control Applications in agriculture and Horticulture. <http://www.actahort.org/books/578/578> 1.htm . Diakses pada tanggal 18 April 2006.
- Ksenzhek OS.Volkov AG. 1986. *Plant Energetics*. California: Academic Pr. Hlm 7-29.
- Runkle E.S. Jaster P. Heins R.D. Thill C. 2005. Enviromental Conditions Under an Experimental Near Infra-Red Reflecting Greenhouse Film. *Paper ISHA Acta Horticulturae 578: II IFAC/ISHS Workshop: Mathematical and control Applications in agriculture and Horticulture*. <http://www.actahort.org/books/578/578> 1.htm . Diakses pada tanggal 18 April 2006.
- Seemann. J. 1974. *Climate Under Glass*. Geneva: World Meteorological Organization. 40 hlm.
- Salisbury F.B. Ross C.W. 1995. Fisiologi Tumbuhan. Lukman Diah R. Sumaryono. penerjemah; Bandung: ITB. Terjemahan dari Plant physiology. Hlm 92-93.
- Tabatabaie S.J. Hadley P. Gregory P.J. 2005. The Effect of a Glasshouse IR-filter on Yield, Quality and Calcium Concentration in Tomato Fruit. *Paper ISHA Acta Horticulturae 633: II IFAC/ISHS Workshop: Mathematical and control Applications in agriculture and Horticulture*. <http://www.actahort.org/books/633/633> 1.htm. Diakses pada tanggal 18 April 2006.
- Takakura. T. 1989. *Climate Under Cover Digital Dynamic Simulation in Agricultural Sciences*. Tokyo: Tokyo Univ Pr. 130 hlm.
- Waaijenberg D. Gbioczyk K. Feuilloley P. Verlodt M. 2005. Measurement of Optical Properties of Greenhouse Cladding Materials: Harmonisation and Standardisation. *Paper ISHA Acta Horticulturae 633: II IFAC/ISHS Workshop: Mathematical and control Applications in agriculture and Horticulture*. <http://www.actahort.org/books/633/633> 1.htm . Diakses pada tanggal 18 April 2006.

### DAFTAR SIMBOL

$H^*$	: rata rata tinggi rumah plastik (m)
$C_a, C_c, C_s$	: panas jenis udara, bahan penutup rumah plastik dan panas jenis tanah ( $Kj/^\circ C.kg$ )
IR	: spektrum radiasi surya infra merah ( $W/m^2$ )
$I_{\lambda.in}$	: intensitas spektrum panjang gelombang yang masuk ke dalam rumah ( $W/m^2$ )
$I_{\lambda.in\_tot}$	: total intensitas spektrum panjang gelombang tertentu yang masuk kedalam rumah plastik ( $W/m^2$ ).
$I_{\lambda.out}$	: intensitas spektrum panjang gelombang tertentu yang masuk kedalam rumah plastik ( $W/m^2$ ).
$I_{\lambda.out\_tot}$	: total intensitas spektrum panjang gelombang tertentu yang masuk kedalam rumah plastik ( $W/m^2$ ).
$k_s$	: konduktivitas tanah ( $W/m^2$ )
SBC	: konstanta Stefan Boltzman ( $5.67 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$ )
$TH_c$	: tebal bahan penutup rumah plastik (m)
$T_c, T_{in}$	: suhu penutup ( <i>cover</i> ), suhu di dalam rumah plastik ( $^\circ C$ )
$T_{ss}, T_s$	: pada permukaan tanah, di dalam tanah ( $^\circ C$ )
UV	: spektrum radiasi surya ultraviolet ( $^\circ C$ )
VIS	: spektrum radiasi surya visible (cahaya tampak) ( $W/m^2$ )
$\alpha_f$	: albedo pada lantai (%)
$\beta$	: sudut kemiringan antara penutup rumah plastik terhadap bidang horisontal ( $^\circ C$ )
$\rho_a, \rho_c, \rho_s$	: massa jenis udara, bahan penutup rumah plastik dan tanah ( $kg/m^3$ )
$\tau$	: koefisien trasmisivity (%)
$\Delta z_o$	: ketebalan lapisan permukaan tanah terhadap tanah pada lapisan pertama (m)