

F/TEP  
1994  
0038

**PENGENDALIAN LINGKUNGAN TERMAL ZONA PERAKARAN  
TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill)  
DENGAN SISTEM NFT DALAM RUMAH KACA**

Oleh  
**TRI BUDIARTI**  
F 27. 0113



**1994**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**  
**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**  
**BOGOR**

*a Heek cipia milti IPB University*

**IPB University**

Terbitan ke-1994

**Tri Budiarti.** F 27.0113. Pengendalian Lingkungan Termal Zona Perakaran Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) Dengan Sistem NFT Dalam Rumah Kaca. Di bawah bimbingan **Ir. Gardjito, MSc** dan **Dr. Ir. Herry Suhardiyanto, MSc.**

## RINGKASAN

Lingkungan mempengaruhi aktivitas sistem fotosintesis tanaman. Untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, tanaman memerlukan lingkungan yang sesuai bagi pertumbuhannya. Penggunaan rumah kaca merupakan salah satu cara untuk menciptakan lingkungan yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman. Meningkatnya temperatur udara dalam rumah kaca membawa pengaruh bagi pertumbuhan tanaman yang tidak tahan terhadap suhu tinggi.

*Evaporative cooling* merupakan salah satu cara untuk mendinginkan udara dalam rumah kaca. Tetapi cara ini sangat mahal dan tidak efektif. Cara lain yang lebih murah dan efektif adalah penurunan suhu pada daerah yang terbatas, yaitu pada daerah perakaran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan teknik pengendalian lingkungan termal pada zona perakaran tanaman tomat yang dibudidayakan dengan sistem NFT dalam rumah kaca, mempelajari perubahan suhu larutan nutrisi dan suhu lingkungan sebagai dasar dalam membuat rancangan sistem NFT untuk daerah tropis, dan mendapatkan data dasar tentang penyerapan kalor oleh larutan nutrisi selama mengalir dalam bedengan NFT.

Menurut Matsuoka, Suhardiyanto, dan Yuwono (1992), pemeliharaan tanaman secara hidroponik dengan menggunakan sistem NFT (*Nutrient Film Technique*), penurunan temperatur daerah perakaran dapat dilakukan dengan mendinginkan larutan nutrisi pada tangki penampung dan mengalirkannya ke daerah perakaran tanaman.



Penelitian terdiri dari lima tahapan, yaitu (1) persiapan dan penyemaian yang meliputi kegiatan-kegiatan pembersihan rumah kaca, persiapan peralatan, penyediaan benih, serta pembuatan sistem pendingin larutan nutrisi; (2) penyiapan pertanaman hidroponik yang meliputi penempatan bedeng-bedeng tanaman, media tanam, pemasangan sistem pendingin dan sistem sirkulasi larutan nutrisi; (3) pemeliharaan tanaman; (4) pembuatan larutan *stock* mineral; (5) Pengamatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur udara di dalam rumah kaca pada siang hari selalu lebih tinggi daripada temperatur udara di luar rumah kaca. Temperatur udara di dalam rumah kaca yang diukur mulai dari pukul 07.00 hingga pukul 16.00 berkisar antara 21.35 °C hingga 37.10 °C, sedangkan di luar rumah kaca berkisar antara 21.75 °C hingga 36.20 °C. Pada siang hari temperatur larutan nutrisi dapat mencapai 30.10 °C.

Semakin ke hilir temperatur larutan nutrisi semakin tinggi karena larutan nutrisi menyerap kalor dari lingkungan. Kalor yang diserap oleh larutan nutrisi dari lingkungan mencapai maksimum pada pukul 12.00, yaitu sekitar 190 W/m<sup>2</sup> hingga 230 W/m<sup>2</sup>.

Perubahan temperatur larutan nutrisi yang mengalir pada bedeng berkisar antara 0.06 °C hingga 0.34 °C. Perubahan terbesar terjadi pada pukul 12.00, sedangkan perubahan terkecil pada pukul 07.00.

Besarnya PAR (*Photosynthesis Active Radiation*) di dalam rumah kaca hanya 39% dari PAR di luar rumah kaca. PAR mencapai maksimum pada tengah hari, yaitu pada saat matahari berada pada kedudukan di zenith.

INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

**PENGENDALIAN LINGKUNGAN TERMAL ZONA PERAKARAN  
TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill)  
DENGAN SISTEM NFT DALAM RUMAH KACA**

**SKRIPSI**

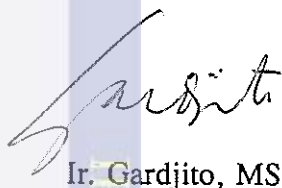
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**  
pada JURUSAN MEKANISASI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

**OLEH**  
**TRI BUDIARTI**  
**F 27.0113**

Dilahirkan pada tanggal 3 September 1971  
di Jakarta  
Tanggal Lulus : 9 November 1994

Disetujui  
Bogor, Desember 1994



  
Ir. Gardjito, MSc

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Herry Suhardiyanto, MSc

Dosen Pembimbing II

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat terselesaikan.

Skripsi ini merupakan laporan kegiatan penelitian masalah khusus sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian pada Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak **Ir. Gardjito, MSc** selaku dosen pembimbing I, Bapak **Dr. Ir. Herry Suhardiyanto, MSc** selaku dosen pembimbing II, dan Bapak **Ir. Arief Sabdo Yuwono** yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan petunjuk selama penelitian dan penulisan laporan ini.
2. Ibu **Ir. Sri Endah Agustina, MS** sebagai dosen penguji.
3. Ibu, Bapak, serta kakak-kakak (Mbak Cici dan Mas Santo), dan adik-adik (Uut, Tomo, dan Sari) yang telah banyak memberikan dorongan moral, material, serta pengertian selama penulis melakukan studi.
4. Ade, Aldo, Yayat, Ponco, Soelis, Mas Koes, Bela, Iskandar, Ozie, Kusmanto, dan Bapak Akhmad yang telah memberikan bantuan teknis selama pelaksanaan penelitian.
5. Keluarga "Alcatraz" (Yuni, Dewi, Judha, Evi, dan Vivi), rekan-rekan di jurusan Mekanisasi Pertanian, dan semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik moral maupun material kepada penulis.



Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Saran serta kritik sangat diharapkan untuk perbaikan penulisan selanjutnya. Akhir kata, semoga laporan masalah khusus ini akan dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Bogor, November 1994

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
I. PENDAHULUAN .....	1
A. LATAR BELAKANG .....	1
B. TUJUAN .....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
A. SUHU .....	3
B. RADIASI MATAHARI .....	4
C. SISTEM PENDINGIN TERBATAS .....	6
D. TOMAT ( <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill) .....	6
1. Asal-usul Tanaman Tomat .....	6
2. Aspek Biologi Tomat .....	7
3. Pembuahan .....	10
E. BERCOCOK TANAM SECARA HIDROPONIK .....	14
1. Konsep Hidroponik .....	14
2. Cara Bercocok Tanam dengan Sistem Hidroponik .....	15
F. RUMAH KACA .....	16
1. Konsep Rumah Kaca .....	16
2. Bentuk Rumah Kaca .....	17
3. Peran Rumah Kaca pada Sistem Hidroponik Komersial .....	17
G. MESIN PENDINGIN .....	18
III. METODE PENELITIAN .....	19
A. TEMPAT DAN WAKTU .....	19



B. BAHAN DAN ALAT .....	19
C. DESKRIPSI SARANA PENELITIAN .....	20
1. Rumah Kaca .....	20
2. Bedeng Tanaman .....	21
3. Saluran Sirkulasi .....	22
4. Penyangga Bedeng .....	22
5. Pompa Air .....	22
6. Tangki Larutan .....	23
7. Unit Pendingin .....	23
D. TAHAPAN PENELITIAN .....	25
1. Persiapan dan Penyemaian .....	25
2. Penyiapan Pertanaman Hidroponik .....	25
3. Pemeliharaan Tanaman .....	25
4. Pembuatan Larutan <i>Stock</i> Mineral .....	26
5. Pengamatan .....	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
A. TEMPERATUR UDARA DI DALAM DAN DI LUAR RUMAH KACA .....	29
B. TEMPERATUR LARUTAN NUTRISI .....	35
C. PENYERAPAN KALOR OLEH LARUTAN NUTRISI.....	44
D. PAR ( <i>Photosynthetically Active Radiation</i> ) .....	46
E. PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN .....	50
V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	56
A. KESIMPULAN .....	56
B. SARAN .....	57
DAFTAR PUSTAKA .....	58
LAMPIRAN .....	60



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi beberapa zat makanan, vitamin dan mineral dalam 100 gram tomat .....	11
Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman, kemampuan berbuah, umur panen pertama dan terakhir .....	13
Tabel 3. Rata-rata saat berbunga, saat bunga mekar sempurna dan saat berbuah .....	13
Tabel 4. Bahan-bahan kimia yang berguna sebagai pemasok unsur-unsur makro tanaman .....	16
Tabel 5. Bahan mineral yang dilarutkan dalam satu liter air .....	26
Tabel 6. Besarnya (volume) larutan <i>stock</i> yang harus dilarutkan per-liter air .....	27
Tabel 7. Temperatur udara rata-rata (°C) di dalam rumah kaca .....	29
Tabel 8. Temperatur udara rata-rata (°C) di luar rumah kaca .....	29
Tabel 9. Temperatur larutan nutrisi (°C) pada bedeng .....	36
Tabel 10. Perubahan temperatur larutan nutrisi per-jam (°C) .....	37
Tabel 11. Perubahan temperatur larutan nutrisi (°C) per-meter pada masing-masing bedeng .....	44
Tabel 12. Penyerapan kalor oleh larutan nutrisi (W/m <sup>2</sup> ) pada tiap-tiap bedeng .....	44
Tabel 13. Kelipatan tinggi tanaman tomat dari awal pengukuran hingga akhir pengukuran .....	51



Gambar 8c.	Grafik perubahan temperatur larutan nutrisi terhadap jarak pada bedeng III, tanggal 24 Juni 1994 .....	42
Gambar 8d.	Grafik perubahan temperatur larutan nutrisi terhadap jarak pada bedeng IV, tanggal 6 Juli 1994 .....	43
Gambar 9.	Grafik penyerapan kalor oleh larutan nutrisi .....	46
Gambar 10a.	Grafik perubahan PAR ( <i>Photosynthetically Active Radiation</i> ) terhadap waktu, tanggal 12 Juli 1994 .....	47
Gambar 10b.	Grafik perubahan PAR ( <i>Photosynthetically Active Radiation</i> ) terhadap waktu, tanggal 15 Juli 1994 .....	48
Gambar 11.	Tanaman tomat pada bedeng III dan IV umur 38 hari .....	51
Gambar 12.	Akar tanaman tomat .....	52
Gambar 13.	Grafik tinggi tanaman rata-rata .....	53
Gambar 14.	Buah tomat umur 7 hari (setelah muncul bakal buah) .....	54
Gambar 15.	Buah tomat umur 45 hari (setelah muncul bakal buah) .....	55
Gambar 16.	Buah tomat yang telah dipanen .....	55

	Halaman
Lampiran 1. Data pengukuran temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) larutan nutrisi dan lingkungan di dalam dan di luar rumah kaca .....	61
Lampiran 2. Data pengukuran PAR ( <i>Photosynthetically Active Radiation</i> ) di dalam dan di luar rumah kaca .....	65
Lampiran 3. Data pengukuran <i>solar radiation</i> dan kelembaban nisbi di luar rumah kaca .....	66
Lampiran 4. Data hasil pengamatan tinggi tanaman tomat .....	67



## I. PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Lingkungan mempengaruhi aktivitas sistem fotosintesis tanaman. Untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, tanaman memerlukan lingkungan yang sesuai bagi pertumbuhannya. Faktor-faktor lingkungan yang menentukan pertumbuhan tanaman antara lain adalah suhu udara di sekitar tanaman, kelembaban nisbi udara, intensitas cahaya, kecepatan angin, suhu media tanam, kelembaban media tanam, dan ketersediaan unsur hara.

Untuk menciptakan lingkungan yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman maka perlu dibuat suatu iklim mikro. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan rumah kaca (*greenhouse*). Penggunaan rumah kaca dalam budidaya tanaman akan membawa beberapa pengaruh, antara lain meningkatkan suhu udara dalam rumah kaca, terlindungnya tanaman dari siraman hujan langsung, dan terlindungnya tanaman dari berbagai jenis hama serta berbagai pengaruh dari perubahan intensitas cahaya matahari yang mengenai tanaman.

Meningkatnya suhu udara dalam rumah kaca disebabkan oleh dua hal, yaitu : (1) efek rumah kaca, yaitu tertahannya radiasi gelombang panjang dalam rumah kaca dan (2) struktur rumah kaca adalah ruang tertutup sehingga pindah panas dari pergerakan udara yang turbulen berkurang. Hal ini tentu saja akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang tidak tahan terhadap suhu tinggi. Oleh karena itu diperlukan usaha-usaha membuat suhu di lingkungan tanaman tersebut menjadi sesuai dengan kebutuhan tanaman.

*Evaporative cooling* merupakan salah satu cara untuk mendinginkan udara dalam rumah kaca. Tetapi cara ini sangat mahal dan tidak efektif karena kelembaban nisbi (RH) dalam rumah kaca pada malam hari akan naik sehingga

penyakit mudah berkembang. Cara lain yang lebih murah dan efektif adalah penurunan suhu pada daerah yang terbatas, yaitu pada daerah perakaran. Penurunan suhu pada daerah perakaran dapat dilakukan dengan cara mendinginkan larutan nutrisi yang akan dialirkan ke tanaman. Dengan cara ini diharapkan tanaman tomat dapat tumbuh dengan baik, meskipun temperatur disekitarnya tinggi.

Data dasar yang berguna dalam merancang sistem NFT untuk daerah tropis sangat sedikit. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan bagi pengembangan NFT untuk daerah tropis seperti Indonesia.

## B. TUJUAN

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengevaluasi penggunaan teknik pengendalian lingkungan termal pada zona perakaran tanaman tomat yang dibudidayakan dengan sistem NFT dalam rumah kaca,
2. Mempelajari perubahan suhu larutan nutrisi dan suhu lingkungan sebagai dasar dalam membuat rancangan sistem NFT untuk daerah tropis.
3. Mendapatkan data dasar tentang penyerapan kalor oleh larutan nutrisi selama mengalir dalam bedengan NFT.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. SUHU

Proses-proses fisik dan kimiawi pada tanaman dikendalikan oleh suhu dan kemudian proses ini mengendalikan reaksi biologi yang berlangsung dalam tanaman (Harjadi, 1984).

Suhu mempengaruhi kelarutan berbagai zat, kecepatan reaksi, kestabilan sistem enzim, kesetimbangan berbagai sistem lain, dan persenyawaan. Sejumlah proses pertumbuhan mempunyai hubungan kuantitatif dengan suhu, diantaranya respirasi, sebagian reaksi fotosintesis, gejala pematangan, dormansi, pembungaan, dan pembentukan buah (Harjadi, 1984).

Suhu yang ekstrim dapat merusak tanaman. Suhu terlalu dingin membekukan dan suhu terlalu tinggi dapat mematikan tanaman sebagai akibat dari koagulasi protein. Terhentinya pertumbuhan pada suhu tinggi merupakan suatu gambaran dari suatu keseimbangan metabolik yang terganggu (Harjadi, 1984).

Perbedaan tahap perkembangan tanaman dan perbedaan proses fisiologis dapat mempunyai temperatur optimum yang berbeda. Misalnya pada *Tulipa Spp.*, temperatur optimum untuk berbagai tahap perkembangan bunga bervariasi antara 8°C dan 23°C. Temperatur optimum ini selaras dengan perubahan temperatur musiman pada wilayah tumbuh yang asli dari spesies ini (Pisek *et al.*, 1973). Selanjutnya perkembangan reproduksi dari spesies tertentu lebih dikendalikan oleh temperatur malam hari daripada oleh temperatur siang hari (Leopold dan Kriedemann, 1975) dan banyak proses, terutama perkecambahan dipercepat oleh temperatur yang berubah-ubah (Thomson *et al.*, 1977). Yang lebih penting dan paling sukar adalah menentukan kepentingan relatif temperatur tanah dan udara untuk proses-proses dalam tanaman; terutama selama



perkembangan vegetatif pada sebagian besar tanaman monokotil, dimana perluasan daun terjadi pada pangkal batang di bawah permukaan tanah (Peacock, 1975; Watts, 1973), sedangkan daun-daun dewasa yang melakukan fotosintesis akan dipengaruhi oleh udara.

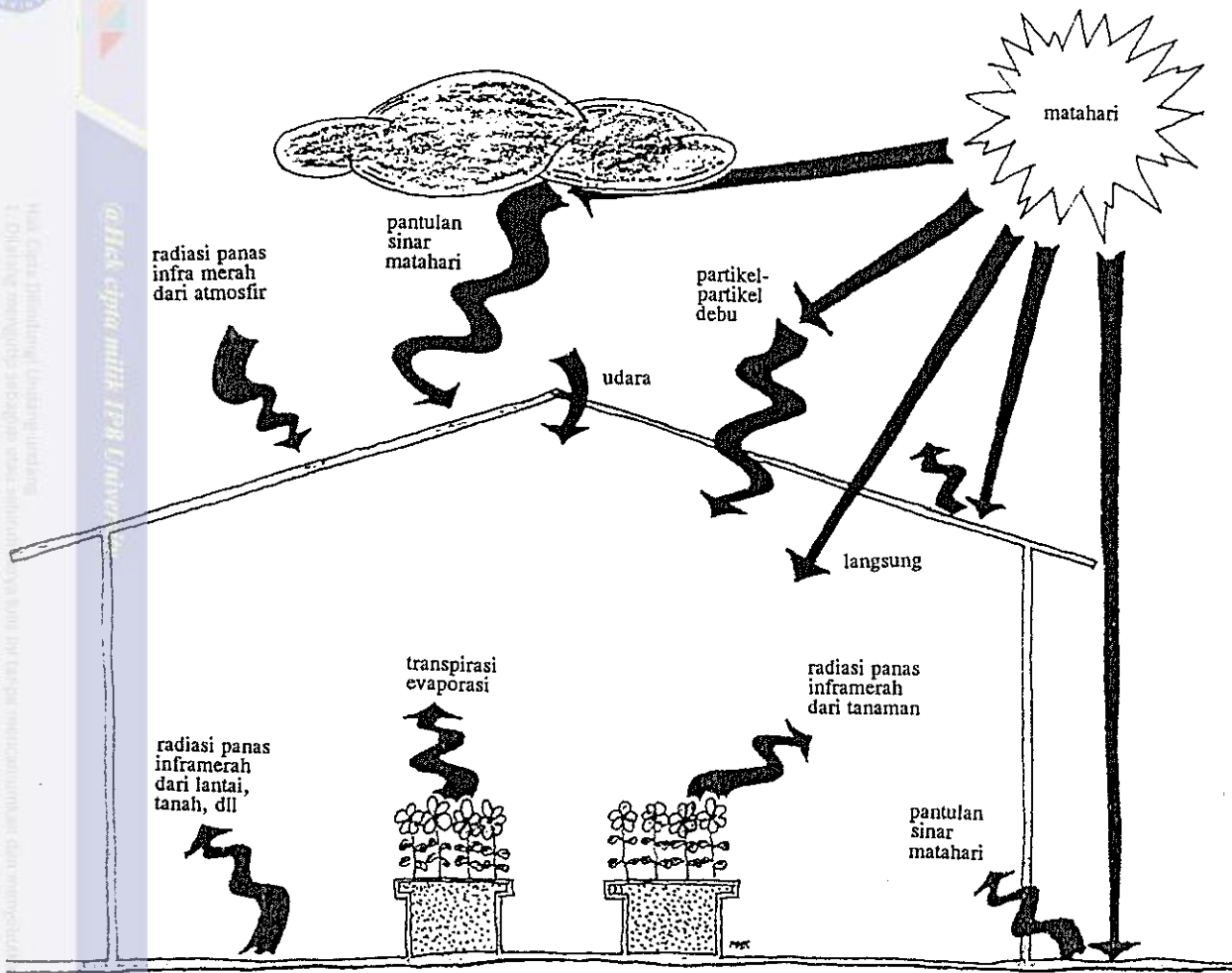
Menurut Fitter dan Hay (1991), respons laju pertumbuhan tanaman terhadap satu kisaran temperatur yang luas (konstan) dibagi menjadi tiga bagian, yaitu kisaran temperatur minimum dan maksimum, dimana pertumbuhan berhenti seluruhnya; dan kisaran temperatur optimum dimana kecepatan pertumbuhan tertinggi dapat dipertahankan, dengan anggapan bahwa temperatur merupakan faktor pembatas pertumbuhan.

## B. RADIASI MATAHARI

Cahaya mempunyai pengaruh baik langsung maupun tidak langsung. Pengaruhnya pada metabolisme secara langsung melalui fotosintesis, serta secara tidak langsung melalui pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Fitter dan Hay, 1991).

Cahaya, yang dianggap energi, mencapai masukan (input) maksimum pada hari-hari tanpa awan dengan partikel-partikel debu dan uap air dalam jumlah minimum di dalam atmosfer, dan ketika matahari sedang berada pada kedudukan zenith (Fitter dan Hay, 1991).

Menurut Szeicz (1974), *Photosynthetically Active Radiation* (PAR) merupakan radiasi gelombang panjang antara 400 - 700 nm yang aktif dalam proses fotosintesis. Sekitar sepertiga radiasi matahari langsung aktif dalam fotosintesis, sedangkan dua pertiganya merupakan radiasi difusi. Intensitas maksimum cahaya matahari yang cerah tergantung pada kerapatan pengaliran



Gambar 1. Keseimbangan Energi Radiasi Pada Rumah Kaca

radiasi pada batas terluar atmosfer bumi. Pada pengukuran radiasi matahari yang mencapai sekitar  $1400 \text{ W/m}^2$ , maka diperoleh PAR pada permukaan vegetasi sebesar  $500 - 1000 \text{ W/m}^2$ , sedangkan untuk langit yang tertutup awan sebesar  $50 - 200 \text{ W/m}^2$  (Fitter dan Hay, 1991).

Businger (1963) menyatakan bahwa sejumlah energi radiasi matahari yang masuk ke dalam rumah kaca dipantulkan dari berbagai permukaan. Energi ini diserap oleh tanaman, lantai, tanah, dan lain-lain; kemudian dirubah ke dalam panas. Kelebihan energi dihaburkan sebagai panas laten dalam transpirasi,

memanaskan udara dalam rumah kaca oleh konduksi dan konveksi, atau dipancarkan sebagai radiasi gelombang panjang. Energi yang dipancarkan sebagai radiasi gelombang panjang ini dilepaskan kembali ke lingkungan melalui penutup rumah kaca.

### C. SISTEM PENDINGIN TERBATAS

Pada pemeliharaan tanaman secara hidroponik dengan menggunakan sistem NFT (*Nutrient Film Technique*), penurunan temperatur daerah perakaran dapat dilakukan dengan mendinginkan larutan nutrisi pada tangki penampung dan mengalirkannya ke tanaman (Matsuoka, Suhardiyanto, dan Yuwono, 1992).

Menurut Yuwono, Hasbullah, dan Erizal (1994), pertumbuhan tanaman *lettuce* dan seledri dengan sistem NFT, yaitu dengan mempertahankan temperatur larutan nutrisi masing-masing  $24^{\circ}$  -  $25^{\circ}\text{C}$  dan  $27^{\circ}$  -  $29^{\circ}\text{C}$ , tetap optimal meskipun temperatur udara dalam rumah kaca mencapai  $35^{\circ}\text{C}$ .

### D. TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill)

#### 1. Asal-Usul Tanaman Tomat

Tanaman tomat berasal dari Peru dan Bolivia. Migrasi orang-orang prasejarah membawa tomat-tomat domestik yang kecil dan tomat-tomat liar dari daerah asal ke Amerika Tengah hingga Mexico. Tanaman tomat mulai masuk ke Eropa pada awal abad ke-16, sedangkan penyebarannya ke benua Asia dimulai dari Filipina melewati jalur Amerika Selatan. Sekitar tahun 1650 tanaman ini sudah muncul di Malaysia. Di benua Afrika penyebaran buah tomat dilakukan oleh para pedagang Portugis yang mendarat di Mesir atau Sudan, kemudian menyebar ke Afrika Barat (Anonim, 1993).

Orang-orang Eropa Utara mula-mula menanam tomat sebagai tanaman hias. Pada tahun 1750 tomat mulai dibudidayakan di Inggris dan digunakan untuk sup. Meskipun nenek moyang buah tomat berasal dari benua Amerika, ternyata tanaman ini terlambat dikenal oleh orang Amerika Serikat. Mereka mengenal tanaman ini sekitar abad ke-18, sebab ketika tanaman ini mulai masuk Amerika Serikat mendapat sambutan yang kurang hangat. Orang Amerika Serikat menganggap tomat sebagai cendawan beracun sehingga mereka takut untuk memakannya. Ketakutan ini berakhir ketika pada tahun 1820 Robert Gibon Johnson dari kota Salem, New Har-sey, mempertontonkan adegan bunuh diri dihadapan orang-orang Salem dengan melahap buah tomat satu persatu. Dengan rasa cemas orang-orang Salem menyaksikan Robert masih segar bugar setelah memakan beberapa buah tomat. Sejak itu orang Amerika mulai percaya bahwa tomat bukan tanaman beracun, bahkan akhirnya tomat menyebar secara luas dan banyak digemari oleh orang Amerika Serikat (Anonim, 1993).

Dewasa ini daerah penanaman tomat sudah hampir meliputi seluruh daerah tropis. Mulai dari daerah tropis Asia seperti India, Malaysia, dan Filipina; kemudian daerah tengah, timur, dan barat Afrika; daerah tropis Amerika; dan daerah Karibia (Anonim, 1993).

## 2. Aspek Biologi Tomat

Nama botani tomat adalah *Lycopersicon esculentum* Mill. Nama lainnya adalah *Lycopersicon lycopersicum* L. korst, *Solanum lycopersicon* L *lycopersicon esculentum*, dan *Lycopersicon esculentum* Dun.

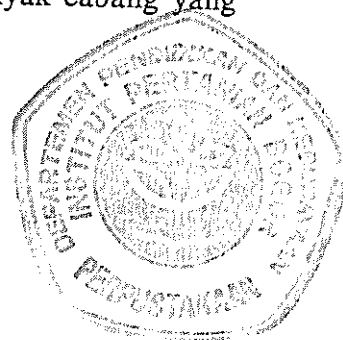
Pada tahun 1983 badan internasional yang menangani pemberian nama ilmiah (International Code of Botanical Nomenclatur) memutuskan

bahwa nama ilmiah yang resmi untuk tomat adalah *Lycopersicon* untuk nama genusnya dan *lycopersicum* untuk nama spesifiknya sehingga lengkapnya adalah *Lycopersicon lycopersicum* (L). Akan tetapi, saat ini nama yang paling populer untuk tanaman tomat adalah *Lycopersicum esculentum* Mill. Secara sistematika para ahli botani mengklasifikasikan tanaman tomat sebagai berikut :

- Klas : Dicotyledoneae
- Ordo : Tubiflariae
- Famili : Solanaceae
- Genus : *Lycopersicon* atau *Lycopersicum*
- Species : *Lycopersicon lycopersicum* (L) karst  
atau *Lycopersicum esculentum* Mill.

Tomat merupakan tanaman tahunan yang diusahakan sebagai tanaman semusim (Janick, 1972). Bunga tomat tersusun dalam tandan yang terletak diantara ruas batang, terdiri dari lima helai kelopak bunga, lima helai mahkota yang berwarna kuning, lima benang sari yang muncul dari dasar mahkota serta kepala putik. Tomat pada umumnya menyerbuk sendiri (Thompson dan Kelly, 1979).

Batang tomat walaupun tidak sekeras tanaman tahunan, tetapi cukup kuat. Warna batang hijau dan berbentuk persegi empat sampai bulat. Pada permukaan batangnya ditumbuhi banyak rambut halus terutama di bagian yang berwarna hijau. Diantara rambut-rambut tersebut biasanya terdapat rambut kelenjar. Pada bagian buku-bukunya terjadi penebalan dan kadang-kadang pada buku bagian bawah terdapat akar-akar pendek. Jika dibiarkan (tidak dipangkas), tanaman tomat akan mempunyai banyak cabang yang menyebar rata (Anonim, 1993).





Daun tomat mudah dikenali karena mempunyai bentuk yang khas, yaitu berbentuk oval, bergerigi, dan mempunyai celah yang menyirip. Daunnya merupakan daun majemuk ganjil dengan jumlah daun antara 5-7. Daunnya berukuran sekitar 15-30 cm x 10-25 cm. Tangkai daun majemuk mempunyai panjang sekitar 3-6 cm. Umumnya di antara pasangan daun yang besar terdapat 1-2 daun kecil. Daun majemuk tersusun spiral mengelilingi batangnya (Anonim, 1993).

Bunga tomat berbentuk kecil mungil dan berwarna kuning cerah. Di bagian bawah terdapat 5 buah kelopak bunga yang berwarna hijau. Bagian yang cukup indah yaitu mahkotanya berwarna kuning cerah dan jumlahnya sekitar 6 buah dengan ukuran sekitar 1 cm. Bunganya mempunyai 6 buah benang sari dengan kepala benang sari yang juga berwarna kuning cerah (Anonim, 1993).

Buah tomat yang masih muda biasanya terasa getir dan berbau tidak enak karena mengandung *lycopersicin* yang berupa lendir dan dikeluarkan oleh 2-9 kantung lendir. Ketika buahnya semakin matang, *lycopersicin* lambat laun hilang sendiri sehingga baunya hilang dan rasanya pun jadi enak. Seiring dengan proses pematangan, warna buah yang tadinya hijau sedikit demi sedikit berubah menjadi kuning. Ketika buahnya telah matang benar warnanya menjadi merah. Ukuran buahnya cukup bervariasi dari yang berdiameter 2 cm sampai 15 cm, tergantung dari varietasnya (Anonim, 1993).

Menurut Sunarjono (1977), tomat komersial berdasarkan bentuk buahnya dibedakan atas beberapa tipe, yaitu berbuah bulat besar seperti apel (*Lycopersicum esculentum* f. *piryforme*); berbuah besar tidak teratur dan beralur yang dikenal tipe porselin (*L. esculentum* f. *commune*); berbuah

lonjong seperti adpokad atau pepaya yang dikenal tipe koma atau tomat gondol (*L. esculentum f. validum*); dan berbuah bulat kecil yang dikenal tipe ranggem atau ranti (*L. esculentum f. pimpinellifolium*). Tomat apel merupakan tomat yang paling banyak diperdagangkan di kota-kota besar.

Suhu bulanan rata-rata yang sesuai untuk pertumbuhan berkisar antara 21° - 24°C, sedangkan suhu malam yang sesuai bagi pembentukan bunga dan buah berkisar antara 15° - 20°C. Untuk pertumbuhan dan hasil yang baik, tomat memerlukan penyinaran matahari sepanjang hari (Thompson dan Kelly, 1979).

Subhan *et al.* (1989) mengatakan bahwa tanaman tomat dapat beradaptasi secara luas, baik di dataran tinggi (lebih tinggi dari 750 m dpl), medium (antara 450 - 750 m dpl), dan dataran rendah (antara 0 - 450 m dpl). Syarat penting untuk tumbuh adalah tanahnya gembur, sedikit mengandung pasir dan subur (banyak mengandung humus) tetapi yang paling baik adalah tanah liat yang sedikit mengandung pasir dengan pH 5 - 6 (Halim *et al.*, 1981; Sunaryono dan Rismunandar, 1981). Sastrapradja *et al.* (1980) mengatakan bahwa kadang-kadang tanaman tomat memerlukan rambatan untuk tumbuhnya.

### 3. Pembuahan

Buah secara botanis adalah ovary yang matang dan dapat didefinisikan sebagai kesatuan struktur, hasil dari pertumbuhan dan perkembangan jaringan pendukung ovale (Weaver, 1972).

Pembentukan buah merupakan fase pertumbuhan cepat jaringan ovary, yang ditandai dengan meningkatnya pembelahan sel jaringan ovary (Weaver, 1972). Penyerbukan dapat memulai proses pembentukan buah,



karena pada penyerbukan dan pembuahan terjadi penambahan auksin ke dalam ovary dari serbuk sari. Dengan bertambahnya kandungan auksin dalam ovary, maka pembelahan sel dirangsang dan pembentukan buah dimulai (Leopold dan Kriedemann, 1975).

Tabel 1. Komposisi beberapa zat makanan, vitamin dan mineral utama dalam 100 gram tomat<sup>a</sup>

Bahan	Jumlah	
Karoten (vitamin A)	1 500	IU
Thiamin (vitamin B)	60	μg
Asam askorbat (vitamin C)	40	mg
Protein	1	g
Karbohidrat	4.2	g
Lemak	0.3	g
Kalsium (Ca)	5.0	mg
Phospor (P)	27.0	mg
Zat besi (Fe)	0.5	mg
Air	94.0	mg

<sup>a</sup>Dir. Gizi Dep. Kes. RI (1979)

Menurut Wills, *et al.*, (1981), tahap pertumbuhan buah dan sayuran dibagi menjadi tiga bagian, yaitu *growth*, *maturation*, dan *senescence*. *Growth* terdiri dari pembelahan dan pembesaran sel, *maturation* terjadi pendewasaan sel yang biasanya dimulai sebelum tahap pertumbuhan berakhir, sedangkan *senescence* adalah proses degradasi, pelayuan, dan kematian jaringan. Setelah itu, didalam kehidupan buah dan sayuran ada tahap pematangan (*ripening*) yang dimulai dari akhir tahap *maturation* hingga permulaan tahap pelayuan (*senescence*).

Pertambahan bobot dan volume buah merupakan hasil dari pembelahan sel dan pembesaran sel. Pembelahan sel dominan pada tahap awal

pembesaran buah, sedangkan pembesaran sel dominan pada tahap berikutnya. Pada tanaman tomat pembelahan sel berhenti ketika pembesaran sel dimulai (Weaver, 1972).

Keterbatasan pembentukan buah terjadi karena keterbatasan penyerbukan, keterbatasan hara dalam tanaman, dan keguguran buah yang baru terbentuk. Kegagalan penyerbukan pada tanaman tomat dapat disebabkan oleh rendahnya intensitas cahaya atau rendahnya suhu udara. Ukuran buah berkorelasi dengan ukuran sel di dalam buah dan dipengaruhi oleh jumlah fotosit yang tersedia dalam tanaman (Leopold dan Kriedemann, 1975).

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Rokayah (1978) pada berbagai varietas tanaman tomat diperoleh hasil untuk tinggi tanaman, kemampuan berbuah, umur panen pertama dan terakhir antar varietas tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel 2), dimana tinggi tanaman diukur dari atas permukaan tanah sampai batas titik tumbuh tanaman pada saat tanaman berumur 51 hari. Kemampuan berbuah diperkirakan sebagai persentase bunga yang menjadi buah pada saat puncak waktu pembentukan buah, dengan kriteria 5=tinggi (diatas 75 persen), 3=sedang (50 persen), dan 1=rendah (dibawah 50 persen). Umur panen pertama adalah pada saat pemetikan buah pertama dalam keadaan matang orange, sedangkan umur panen terakhir adalah pada saat pemetikan buah terakhir dalam keadaan matang atau buah dalam keadaan belum matang karena tanaman mati.

Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman, kemampuan berbuah, umur panen pertama dan terakhir<sup>a</sup>

Varietas	Ketinggian tanaman (cm)	Kemampuan berbuah	umur panen pertama terakhir (hari)	
Azes	70.983	2.3	59.07	66.03
Homestead	63.600	1.7	53.03	56.30
Maascros	62.727	1.7	56.27	60.60
Apel	52.800	2.3	57.37	61.40
G. Putih	62.783	1.7	60.50	66.66
Hawai blur	76.417	1.7	54.40	65.06
P. Rico	82.677	2.3	56.23	62.33
Saturnus	56.027	3.0	57.80	64.13

<sup>a</sup>Rokayah (1978)

Saat berbunga, saat bunga mekar sempurna, dan saat berbuah antar varietas menunjukkan perbedaan nyata (Tabel 3). Pada saat berbunga pengamatan dilakukan pada saat muncul kuncup bunga pertama; saat bunga mekar sempurna, pengamatan dilakukan pada saat mekarnya bunga pertama dengan sempurna; saat berbuah, pengamatan dilakukan pada saat gugurnya mahkota bunga atau terjadinya pembengkakan ovary (Rokayah, 1978).

Tabel 3. Rata-rata saat berbunga, saat bunga mekar sempurna dan saat berbuah<sup>a</sup>

Varietas	Saat berbunga (hari)	Saat bunga mekar sempurna (hari)	Saat berbuah (hari)
Azes	11.07	21.30	25.17
Homestead	9.83	18.77	22.00
Maascros	11.60	20.30	23.20
Apel	13.13	23.07	26.50
G. Putih	11.03	21.40	24.07
Hawai blur	10.43	20.77	23.33
P. Rico	10.50	19.67	21.93
Saturnus	12.30	22.17	24.83

<sup>a</sup>Rokayah (1978)

## E. BERCOCOK TANAM SECARA HIDROPONIK

### 1. Konsep Hidroponik

Istilah hidroponik berasal dari bahasa latin yang terdiri dari kata "*hydro*" yang berarti air, dan kata "*ponos*" yang berarti kerja. Jadi ditinjau dari segi asal katanya, hidroponik berarti pengerjaan atau pengelolaan air yang digunakan sebagai media tumbuh tanaman yang dibudidayakan. Media tumbuh adalah tempat melekatnya akar tanaman dan juga sebagai tempat akar tanaman mengambil unsur-unsur hara yang diperlukan tanaman (Slamet Soeseno, 1985).

Beberapa keuntungan bercocok tanam secara hidroponik jika dibandingkan dengan bercocok tanam secara biasa antara lain penggantian tanaman yang mati dapat dilakukan lebih cepat, dosis pemakaian pupuk lebih tepat, dan tempat menaruh tanaman dapat dilakukan pada lahan yang sulit ditanami secara biasa, misalnya lahan berbatu (cadas), berkapur, atau lahan yang kondisi tanahnya amat kurus (Pinus Lingga, 1985).

Jenis tanaman dikatakan dapat ditanam secara hidroponik, jika tanaman tersebut bisa ditumbuhkan dengan mineral-mineral tertentu, baik dari unsur makro maupun unsur mikro. Tanaman yang belum berhasil dihidroponikkan tidak dapat tumbuh dengan pemberian mineral-mineral yang sama seperti yang diberikan pada tanaman yang telah berhasil dihidroponikkan. Hal ini menimbulkan beberapa hipotesa dari para ahli bahwa tanaman yang belum dapat dihidroponikkan memerlukan unsur lain selain unsur-unsur yang diberikan pada tanaman yang telah berhasil dihidroponikkan. Tanaman yang

diusahakan dengan sistem hidroponik adalah tanaman yang umumnya memiliki nilai ekonomis yang tinggi (Slamet Soeseno, 1985).

## 2. Cara Bercocok Tanam dengan Sistem Hidroponik

Bercocok tanam dengan sistem hidroponik dilakukan dengan menanam tanaman di atas media tumbuh. Media tumbuh yang digunakan bisa dari air saja atau kombinasi dari bahan kering.

Unsur-unsur yang diperlukan tanaman yang ditanam secara hidroponik dilarutkan dalam air. Beberapa unsur makro yang diperlukan tanaman, baik yang ditanam secara hidroponik maupun yang ditanam secara biasa, dapat dipenuhi dengan memberikan larutan bahan kimia seperti tercantum pada Tabel 4. Unsur makro adalah unsur yang diperlukan tanaman dalam jumlah yang relatif banyak dan sifatnya mutlak. Unsur-unsur makro yang diperlukan tanaman adalah karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), Nitrogen (N), Phospor (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), dan Magnesium (Mg). Karbon, Hidrogen, dan Oksigen diambil tanaman dari udara, sedangkan unsur-unsur makro yang lainnya diambil tanaman dari dalam tanah (Douglas, 1951).

Unsur-unsur mikro yang dibutuhkan tanaman dapat dipenuhi dengan memberikan larutan mineral unsur mikro. Unsur mikro adalah unsur yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang relatif sedikit, tetapi sifatnya mutlak. Unsur-unsur mikro yang diperlukan tanaman adalah Belerang (S), Besi (Fe), Mangan (Mn), Boron (B), Seng (Zn), dan Tembaga (Cu).

Tabel 4. Bahan-bahan kimia yang berguna sebagai pemasok unsur-unsur makro tanaman

Bahan Kimia	Rumus Kimia
Amonium Sulfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Kalium Nitrat	$\text{KNO}_3$
Kalsium Sulfat	$\text{CaSO}_4$
Monokalsium Fosfat	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
Magnesium Sulfat	$\text{MgSO}_4$
Besi Sulfat	$\text{FeSO}_4$

Sumber : Nichols (1977)

F. RUMAH KACA

1. Konsep Rumah Kaca

Menurut Slamet Soeseno (1985), istilah rumah kaca digunakan untuk menyatakan bangunan tempat menumbuhkan tanaman yang hijau terus, walaupun keadaan lingkungan di luar bangunan tidak menguntungkan, seperti musim panas atau musim dingin.

Nelson (1981) mendefinisikan rumah kaca sebagai suatu bangunan yang memiliki struktur atap dan dinding yang bersifat tembus cahaya, memungkinkan cahaya yang dibutuhkan tanaman bisa masuk dan tanaman terhindar dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan antara lain curah hujan yang deras, tiupan angin yang kencang, atau keadaan suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi, sehingga dapat menghambat pertumbuhan tanaman.

Menurut Widyastuti (1993), untuk pemakaian di Indonesia, rumah kaca sudah cukup memenuhi syarat jika dapat melindungi tanaman dari hujan langsung, tiupan angin yang kencang, dan mengurangi intensitas sinar matahari yang berlebihan.



## 2. Bentuk Rumah Kaca

Pemilihan bentuk rumah kaca tergantung pada keadaan lingkungan dan jenis tanaman yang dibudidayakan (I Wayan Tika, 1986).

Bentuk rumah kaca yang telah umum digunakan adalah bentuk rumah, bentuk setengah lingkaran, dan bentuk lainnya (kubah, segi enam, setengah lingkaran yang dimodifikasi). Di Indonesia, rumah kaca bentuk rumah lebih banyak ditemukan. Untuk pemakaian di negara tropis, bentuk seperti ini memang lebih cocok. Pertimbangannya, di daerah tropis penerimaan sinar matahari relatif banyak, sehingga bentuk ruang harus memungkinkan sirkulasi udara berlangsung lebih lancar (Widyastuti, 1993).

## 3. Peran Rumah Kaca Pada Sistem Hidroponik Komersial

Bercocok tanam dengan sistem hidroponik tidak hanya terbatas pada usaha memenuhi tanaman tersebut dengan unsur hara yang diperlukan saja, tetapi juga perlu pengaturan terhadap kondisi lingkungannya. Tanaman yang hanya terpenuhi unsur haranya saja belum menjamin untuk mendapatkan hasil yang memuaskan. Ditinjau dari segi komersial, produksi dengan jumlah dan mutu yang tinggi merupakan tujuan yang utama.

Menurut Slamet Soeseno (1985), dengan menggunakan rumah kaca untuk melindungi tanaman, kondisi lingkungan seperti suhu, RH, dan cahaya dapat diatur. Dengan menggunakan rumah kaca tanaman dapat ditanam di luar musimnya. Mengingat harga komoditi tanaman yang diluar musimnya lebih mahal, maka dengan penggunaan rumah kaca dapat diharapkan lebih menguntungkan ditinjau dari segi komersial. Dengan demikian penggunaan rumah kaca sebagai bangunan pelindung pada sistem hidroponik memungkinkan bertambahnya pendapatan bagi para petani.



## G. MESIN PENDINGIN

Perpindahan panas melalui penutup bangunan (dinding dan atap) dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jenis bahan yang digunakan, faktor geometris (ukuran, bentuk, dan orientasinya), sumber-sumber panas dari dalam, dan faktor-faktor lingkungan. Dalam merancang suatu sistem pendingin, masing-masing faktor dan interaksinya perlu diperhitungkan.

Perhitungan kehilangan dan perolehan kalor berguna untuk menentukan kapasitas peralatan pendinginan. Oleh karena itu perhitungan-perhitungan beban pendinginan yang berkaitan dengan kondisi lingkungan yang mendekati harga ekstrim yang biasa ditemui, didasarkan pada kondisi-kondisi puncak (Stoecker dan Jerold, 1992).

Pada umumnya beban pendinginan dibagi dalam empat kelompok (Stoecker dan Jerold, 1992), yaitu :

1. Transmisi, yaitu kehilangan kalor atau perolehan kalor yang disebabkan oleh beda suhu antara kedua sisi elemen.
2. Panas matahari, yaitu perolehan kalor yang disebabkan oleh penjararan energi matahari melalui komponen bangunan.
3. Perembesan udara (infiltrasi), yaitu kehilangan atau perolehan kalor yang disebabkan oleh perembesan udara luar ke dalam ruangan yang dikondisikan.
4. Sumber panas dalam (internal), yaitu perolehan kalor yang disebabkan oleh pelepasan energi di dalam ruang.



### III. METODE PENELITIAN

#### A. TEMPAT DAN WAKTU

Penelitian ini dilakukan di dalam rumah kaca yang berada di Lapangan Model Infrastruktur IPB, di Leuwikopo, Kampus IPB Darmaga, Bogor; dan berlangsung selama 4 bulan, yaitu dari bulan Mei - Agustus 1994.

#### B. BAHAN DAN ALAT

Bahan-bahan yang dipergunakan pada percobaan ini adalah :

1. Benih tanaman tomat
2. Pupuk  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , dan Fe.EDTA.
3. Air
4. *Cocopot*
5. Media semai (*green leaf*)

Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah :

1. Stop kontak dan saklar
2. Bedeng tanaman, 4 buah (ukuran 40 cm x 350 cm)
3. Plastik PVC (0.2 mm), 7 m
4. *Styrofoam* (1 cm), 3 lembar
5. Tangki larutan nutrisi, 2 buah, kapasitas 100 liter
6. Mesin pendingin, 1 buah, 1/8 Hp
7. Termokopel CC, 10 m
8. Pompa larutan nutrisi, 1 buah, 1/4 Hp
9. *Hybrid recorder*

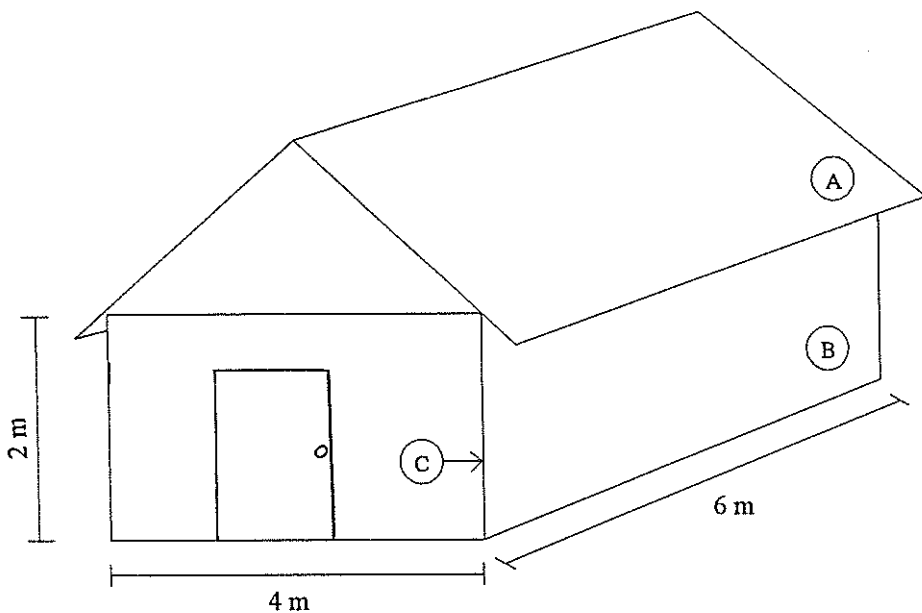
10. Irradiance meter

11. Greenhouse, 24 m<sup>2</sup>

### C. DESKRIPSI SARANA PENELITIAN

#### 1. Rumah Kaca

Konstruksi rumah kaca menggunakan besi *stal* dan pipa galvanis sebagai tiang utama. Atap rumah kaca, sebagai bahan penutup, menggunakan plastik PVC (*polyvinyl chloride*) transparan setebal 0.2 mm. Luas efektif bahan penutup rumah kaca adalah 30 m<sup>2</sup>. Luas rumah kaca adalah 24 m<sup>2</sup>, dengan ukuran 4 m x 6 m. Rumah kaca dibangun membujur utara-selatan.



Keterangan Gambar :

A. Plastik *PVC* transparan, tebal 0.2 mm

B. Kawat nyamuk, luas lubang anyaman 1 mm<sup>2</sup>

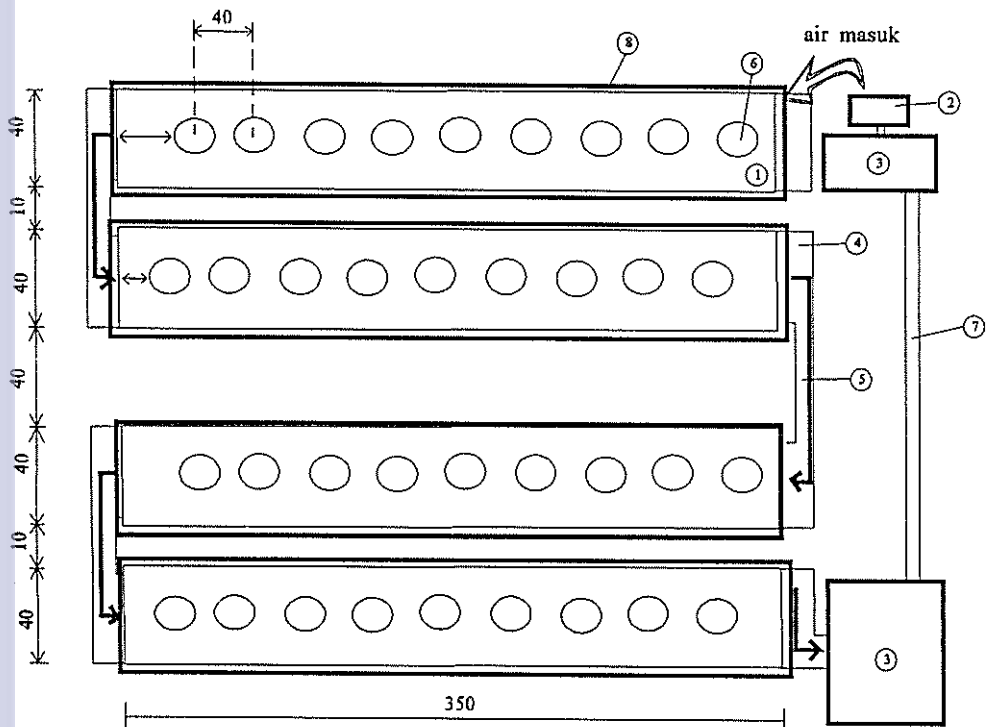
C. Besi *stal* dan pipa Galvanis

Gambar 2. Struktur Rumah Kaca

Sisi samping dari rumah kaca, sebagai dinding digunakan kawat nyamuk dengan lubang anyaman 1 mm<sup>2</sup>. Pintu rumah kaca terletak pada sisi selatan. Lantai rumah kaca dilapisi semen dengan pondasi bangunan sedalam 50 cm dengan pondasi setempat.

## 2. Bedeng Tanaman

Bedeng tanaman dibuat dari bahan kayu lapis setebal 4 mm dengan ukuran 0.4 m x 3.5 m. Bagian dasar bedeng dilapisi dengan plastik PVC berwarna hitam dengan tebal 0.2 mm dan dirangkap dua. Pada sisi samping kiri dan kanan diberi penghalang yang terbuat dari kayu lapis 4 mm dengan



Keterangan Gambar :

- |                |                          |
|----------------|--------------------------|
| 1. Styrofoam   | 5. Arah aliran air       |
| 2. Pompa air   | 6. Lubang tempat tanaman |
| 3. Bak air     | 7. Pipa penghubung       |
| 4. Saluran air | 8. Bedengan              |

Gambar 3. Struktur Bedeng Tanaman

tinggi kurang lebih 10 cm. Isolator bedeng terbuat dari *styrofoam* setebal 1 cm. Isolator ini diberi lubang untuk meletakkan tanaman dengan diameter sekitar 4 - 5 cm. Jarak antar lubang sama dengan jarak tanam dari tanaman, yaitu 40 cm. Jumlah bedeng tanaman ada 4 buah dan masing-masing berisi 9 tanaman tomat. Jarak antara bedengan pertama dengan bedengan kedua dan bedengan ketiga dengan bedengan keempat adalah 10 cm, sedangkan jarak antara bedengan kedua dengan bedengan ketiga adalah 80 cm. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan perawatan tanaman.

### 3. Saluran Sirkulasi

Saluran sirkulasi dibuat dari bahan plastik profil "U" yang biasa digunakan untuk talang rumah. Ukuran lebar dan tinggi saluran kira-kira 10 cm x 15 cm.

### 4. Penyangga Bedeng

Bagian ini menggunakan struktur kerangka dari bahan besi siku lubang dengan lebar *flens* 4 cm. Ketinggian penyangga bedeng pada bagian hulu adalah 80 cm dari lantai rumah kaca dan dibuat menurun dengan kemiringan 1%.

### 5. Pompa Air

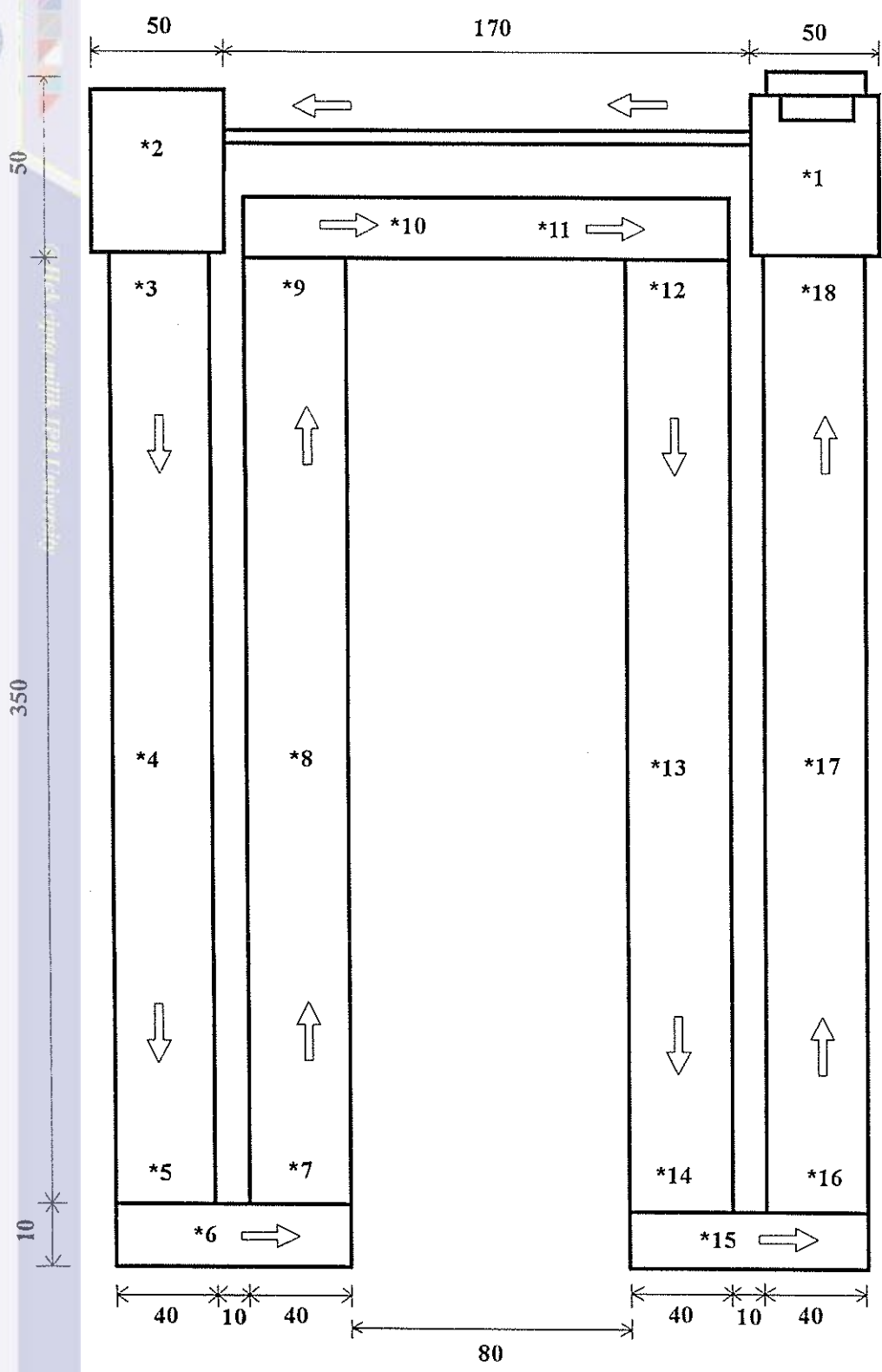
Pompa air yang digunakan mempunyai daya 1/4 Hp, kapasitas 970 liter/jam dan membutuhkan tegangan listrik (AC) sebesar 220 V. Pompa air ini biasa digunakan untuk pompa air pada aquarium.

## 6. Tangki Larutan

Tangki yang digunakan berkapasitas 100 liter dan terbuat dari bahan gelas berserat (*fiber glass*) dengan permukaan berbentuk bujur sangkar kemudian menyempit ke bawah secara simetris. Tangki ini kemudian dilapisi dengan *styrofoam* setebal 5 cm. Tangki yang digunakan berjumlah 2 buah, satu untuk dipompakan ke bedengan pertama dan satu lagi untuk menampung larutan nutrisi dari bedengan keempat. Kedua tangki tersebut dihubungkan dengan pipa PVC 1/2 inchi sehingga sesuai dengan prinsip bejana berhubungan.

## 7. Unit Pendingin

Unit pendingin yang digunakan berdaya 1/8 Hp dan membutuhkan tegangan listrik (AC) sebesar 220 V. Unit pendingin ini biasa digunakan untuk lemari pendingin (kulkas).



Keterangan : \* adalah letak sensor

Gambar 4. Susunan bedeng tanaman dan aliran larutan nutrisi dalam rumah kaca



## D. TAHAPAN PENELITIAN

### 1. Persiapan dan Penyemaian

Persiapan penelitian meliputi kegiatan-kegiatan pembersihan rumah kaca, persiapan peralatan, penyediaan benih dan pupuk, serta pembuatan sistem pendingin larutan nutrisi.

Sistem pendingin larutan nutrisi dirakit secara lokal dengan memilih komponen-komponen mesin pendingin yang sesuai dengan kebutuhan.

Penyemaian dilakukan dalam kotak semai dan memerlukan waktu 3-4 minggu.

### 2. Penyiapan Pertanaman Hidroponik

Penyiapan pertanaman hidroponik meliputi penempatan bedeng-bedeng tanaman, media tanam, pemasangan sistem pendingin dan sistem sirkulasi larutan nutrisi.

Pendinginan larutan nutrisi dilakukan dengan cara menempatkan evaporator mesin pendingin dalam tangki larutan nutrisi. Sensor suhu larutan nutrisi ditempatkan pada berbagai titik pengamatan di sepanjang saluran larutan nutrisi.

### 3. Pemeliharaan Tanaman

Tanaman tomat ditanam di bedeng yang berukuran 40 cm x 350 cm. Pada percobaan ini digunakan seperangkat sistem sirkulasi larutan nutrisi. Suhu larutan nutrisi pada sirkulasi tersebut adalah 20° - 24°C, yang merupakan suhu daerah perakaran optimum bagi tanaman tomat.

Komposisi larutan nutrisi yang digunakan terdiri dari potassium dihydrogenphosphate, potasium nitrate, calcium nitrate, magnesium sulfate, boric acid, manganese chloride, zinc sulfate, copper sulfate, molybdc acid dan ferro ethylenediamine tetraacetic acid.

4. Pembuatan Larutan *Stock* Mineral

Pembuatan larutan *stock* dilakukan dengan cara melarutkan bahan-bahan mineral yang dibutuhkan dalam air. Larutan nutrisi yang digunakan berdasarkan formula Hoagland. Besarnya bahan mineral yang dilarutkan dalam satu liter air tertera dalam Tabel 5.

Tabel 5. Bahan mineral yang dilarutkan dalam satu liter air (larutan *stock*)

Rumus kimia	Nama kimia	Berat, gr
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	potassium dihydrogenphosphate	136.1
$\text{KNO}_3$	potassium nitrate	101.1
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	calcium nitrate	164.1
$\text{MgSO}_4$	magnesium sulfate	120.3
$\text{H}_3\text{BO}_3$	boric acid	2.86
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	manganese chloride	1.81
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	zinc sulfate	0.22
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	copper sulfate	0.08
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	molybdc acid	0.02
$\text{Fe} \cdot \text{EDTA}$	ferro ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	5

Pencampuran larutan *stock* tersebut dengan tiap liter air dalam tangki larutan dilakukan pada saat digunakan besarnya tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Besarnya (volume) larutan *stock* yang harus dilarutkan per-liter air

Rumus kimia	Nama kimia	volume, ml
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	potassium dihydrogenphosphate	1
$\text{KNO}_3$	potassium nitrate	5
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	calcium nitrate	5
$\text{MgSO}_4$	magnesium sulfate	2
$\text{H}_3\text{BO}_3$	boric acid	1
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	manganese chloride	1
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	zinc sulfate	1
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	copper sulfate	1
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	molybdic acid	1
$\text{Fe} \cdot \text{EDTA}$	ferro ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	1

## 5. Pengamatan

Pengamatan dilakukan tujuh hari setelah bibit dipindahkan ke bedeng tanaman. Data yang diamati adalah temperatur larutan nutrisi, temperatur udara di dalam dan di luar rumah kaca, serta PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) di dalam dan di luar rumah kaca. Selain itu juga diamati pertumbuhan tanaman.

Temperatur larutan nutrisi diamati pada berbagai lokasi, yaitu tangki larutan nutrisi, bedeng tanaman, saluran sirkulasi serta tangki penampung larutan nutrisi dari bedengan keempat.

Temperatur udara di dalam rumah kaca dan di luar rumah kaca masing-masing diperoleh dari dua titik pengamatan. Sedangkan PAR dalam diperoleh dari enam titik pengamatan dan PAR luar dari empat titik pengamatan.

Pencatatan temperatur udara di dalam rumah kaca dilakukan dengan menggunakan "*hybrid recorder*" dengan sensor termokopel, sedangkan PAR dilakukan dengan menggunakan "*Irradiance meter*".

Pengamatan terhadap tanaman dilakukan dengan cara mengukur tinggi, menghitung jumlah tomat serta menimbang berat tomat pada setiap pohon. Selama pertumbuhan tanaman, pengamatan temperatur larutan nutrisi dilakukan setiap tiga hari sekali, dimulai pada minggu pertama setelah tanaman dipindahkan ke bedeng. Dalam satu hari dilakukan pencatatan sebanyak sepuluh kali.

Hasil pengamatan memberi gambaran tentang temperatur larutan mineral yang terjadi di sekitar daerah perakaran tanaman selama pemeliharaannya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. TEMPERATUR UDARA DI DALAM DAN DI LUAR RUMAH KACA

Pada penelitian ini, pengukuran temperatur udara di dalam dan di luar rumah kaca masing-masing dilakukan pada dua titik, yaitu titik 19 dan 20 untuk temperatur di dalam rumah kaca; dan titik 21 dan 22 untuk temperatur di luar rumah kaca (Lampiran 1). Pengukuran dilakukan setiap jam, dari pukul 07.00 hingga pukul 16.00. Hasil pengukuran temperatur udara rata-rata di dalam rumah kaca dapat dilihat pada Tabel 7, sedangkan temperatur udara rata-rata di luar rumah kaca dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Temperatur udara rata-rata (°C) di dalam rumah kaca

Tanggal	Waktu									
	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
24-6-94	23.45	27.40	31.05	32.75	34.30	35.55	34.35	34.00	31.90	30.60
27-6-94	23.35	28.05	31.60	31.90	34.80	35.85	34.75	33.05	32.45	31.30
30-6-94	22.45	22.25	28.75	30.45	31.75	32.10	32.00	31.95	31.15	30.30
03-7-94	23.20	24.90	27.35	29.75	32.70	34.45	35.35	35.10	33.00	31.45
06-7-94	22.80	24.65	26.25	30.05	30.55	34.25	36.55	33.70	33.10	30.45
09-7-94	21.35	23.10	26.00	29.00	32.05	34.15	35.10	34.35	34.10	32.90
12-7-94	21.75	25.25	27.95	31.10	33.70	35.75	37.10	34.65	34.10	33.35
15-7-94	23.35	24.20	27.45	29.40	32.35	33.35	35.50	33.95	33.90	31.70

Tabel 8. Temperatur udara rata-rata (°C) di luar rumah kaca

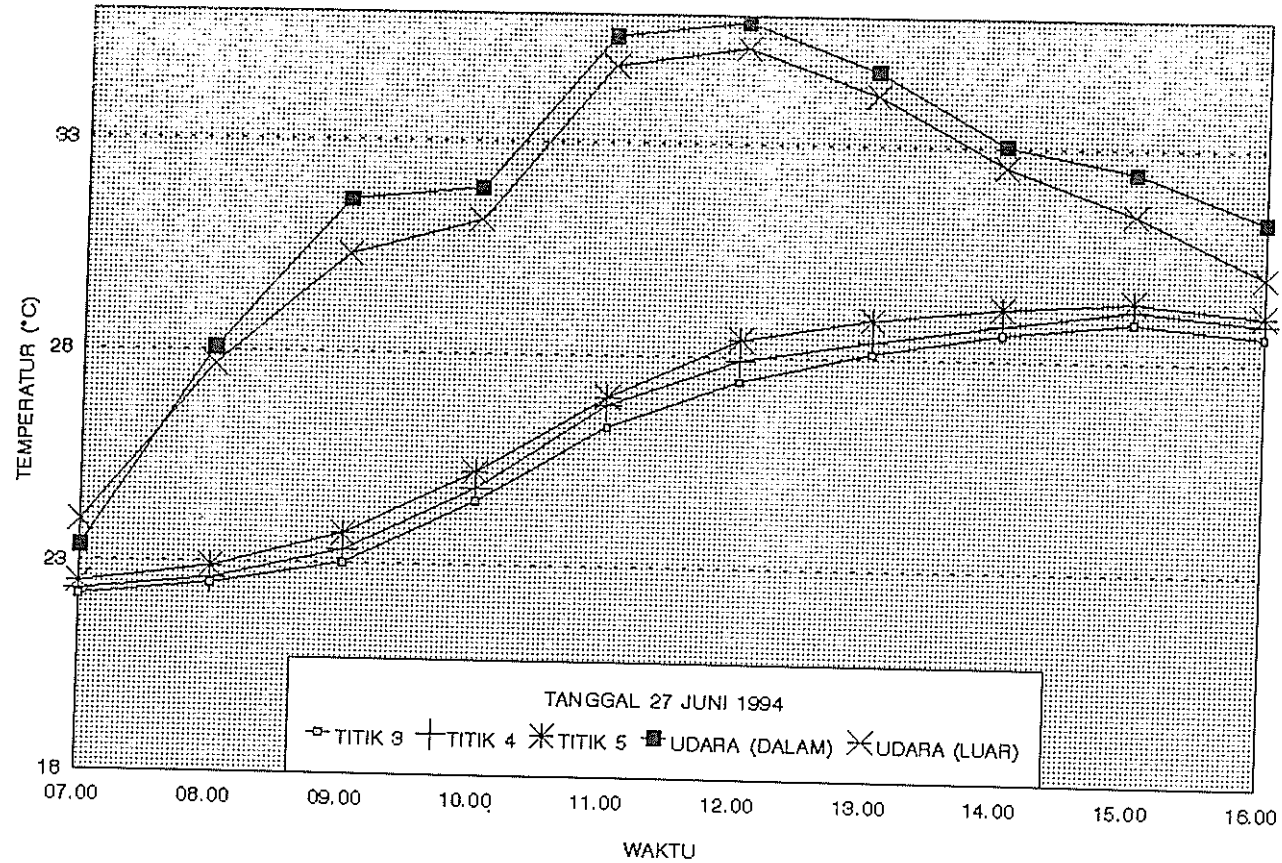
Tanggal	Waktu									
	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
24-6-94	23.90	26.50	30.20	31.65	33.30	34.45	33.05	31.25	30.40	30.20
27-6-94	23.95	27.60	30.30	31.15	35.50	35.25	34.19	32.50	31.45	30.00
30-6-94	22.80	25.10	28.05	30.25	31.30	31.65	31.75	31.25	30.85	29.85
03-7-94	23.50	23.95	26.75	29.50	31.55	32.95	34.30	32.10	31.75	30.95
06-7-94	22.90	23.50	25.70	28.10	28.70	33.15	35.10	32.65	31.30	29.50
09-7-94	21.75	21.85	24.80	27.15	31.25	32.15	34.50	33.15	32.45	32.15
12-7-94	21.90	23.80	27.20	30.60	31.55	35.00	36.20	32.55	33.25	31.75
15-7-94	23.55	23.95	26.90	28.30	30.75	32.05	33.60	31.05	30.80	30.70

Berdasarkan kedua tabel tersebut dapat dilihat bahwa temperatur udara di dalam rumah kaca selama pengukuran, dari pukul 07.00 sampai pukul 16.00 berkisar antara 21.35 °C hingga 37.10 °C, sedangkan temperatur udara di luar rumah kaca berkisar antara 21.75 °C hingga 36.20 °C.

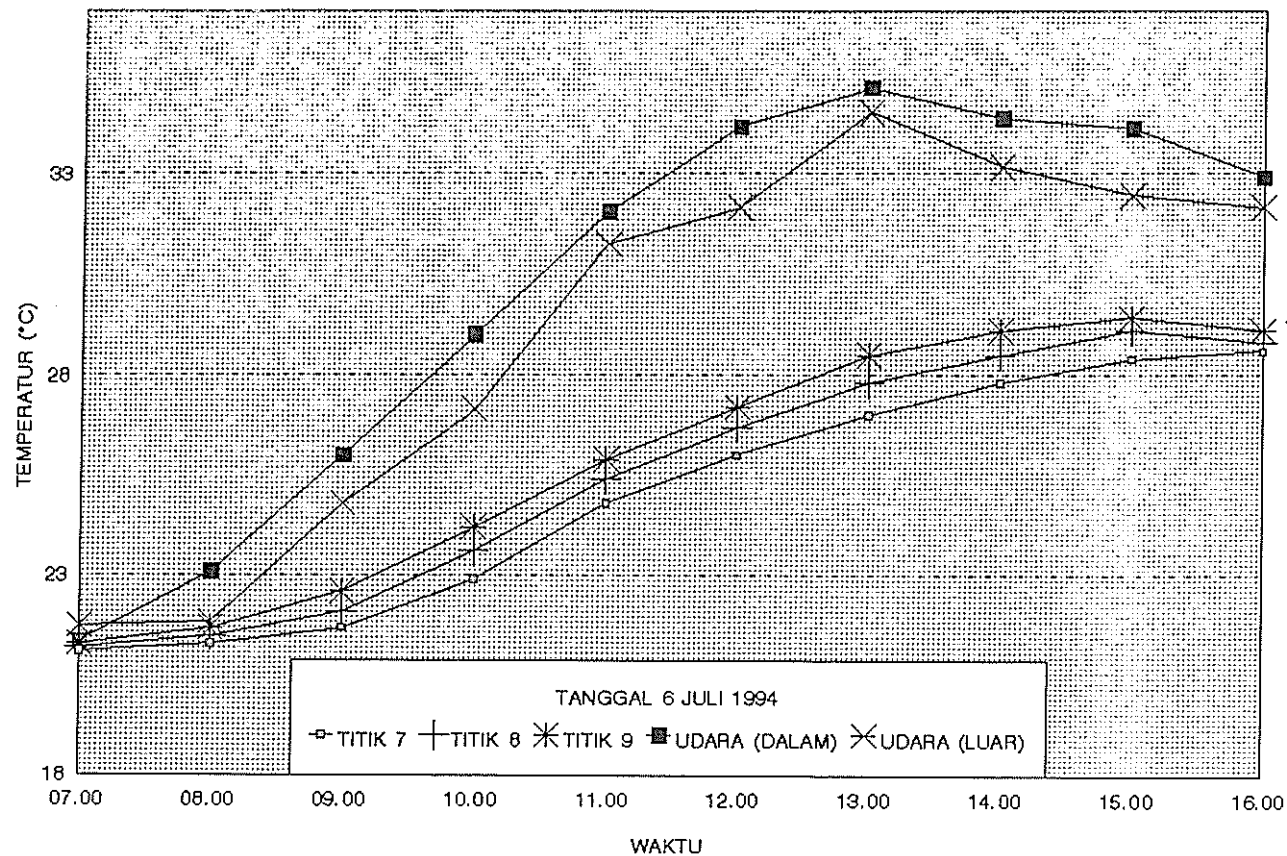
Perubahan temperatur udara di dalam dan di luar rumah kaca dapat dilihat pada Gambar 5a-5d. Temperatur udara di dalam rumah kaca selalu lebih tinggi daripada temperatur udara di luar rumah kaca, kecuali antara pukul 07.00 sampai pukul 08.00. Keadaan ini diakibatkan oleh tertahannya radiasi gelombang panjang dalam rumah kaca sehingga panas dalam rumah kaca terus bertambah. Pada waktu antara pukul 07.00 sampai pukul 08.00 radiasi gelombang panjang dalam rumah kaca belum banyak sehingga masih dapat ditransmisikan ke luar, tetapi semakin siang radiasi gelombang panjang yang masuk dalam rumah kaca semakin bertambah sehingga tidak dapat sepenuhnya ditransmisikan ke luar. Disamping adanya radiasi gelombang panjang, kenaikan temperatur dalam rumah kaca juga disebabkan oleh kenyataan bahwa rumah kaca adalah suatu ruangan tertutup sehingga pindah panas dari pergerakan udara yang turbulen berkurang.

Temperatur udara, baik di dalam maupun di luar rumah kaca, semakin siang semakin meningkat dan mencapai puncaknya pada tengah hari, yaitu antara pukul 12.00 sampai pukul 13.00. Pada tanggal 27 dan 24 Juni 1994 (Gambar 5a dan 5c) temperatur udara maksimum dicapai pada pukul 12.00, sedangkan pada tanggal 9 dan 6 Juli 1994 (Gambar 5a dan 5b) temperatur udara maksimum dicapai pada pukul 13.00. Untuk temperatur minimum dari ke-empat pengukuran tersebut diperoleh pada waktu yang sama, yaitu pukul 07.00.

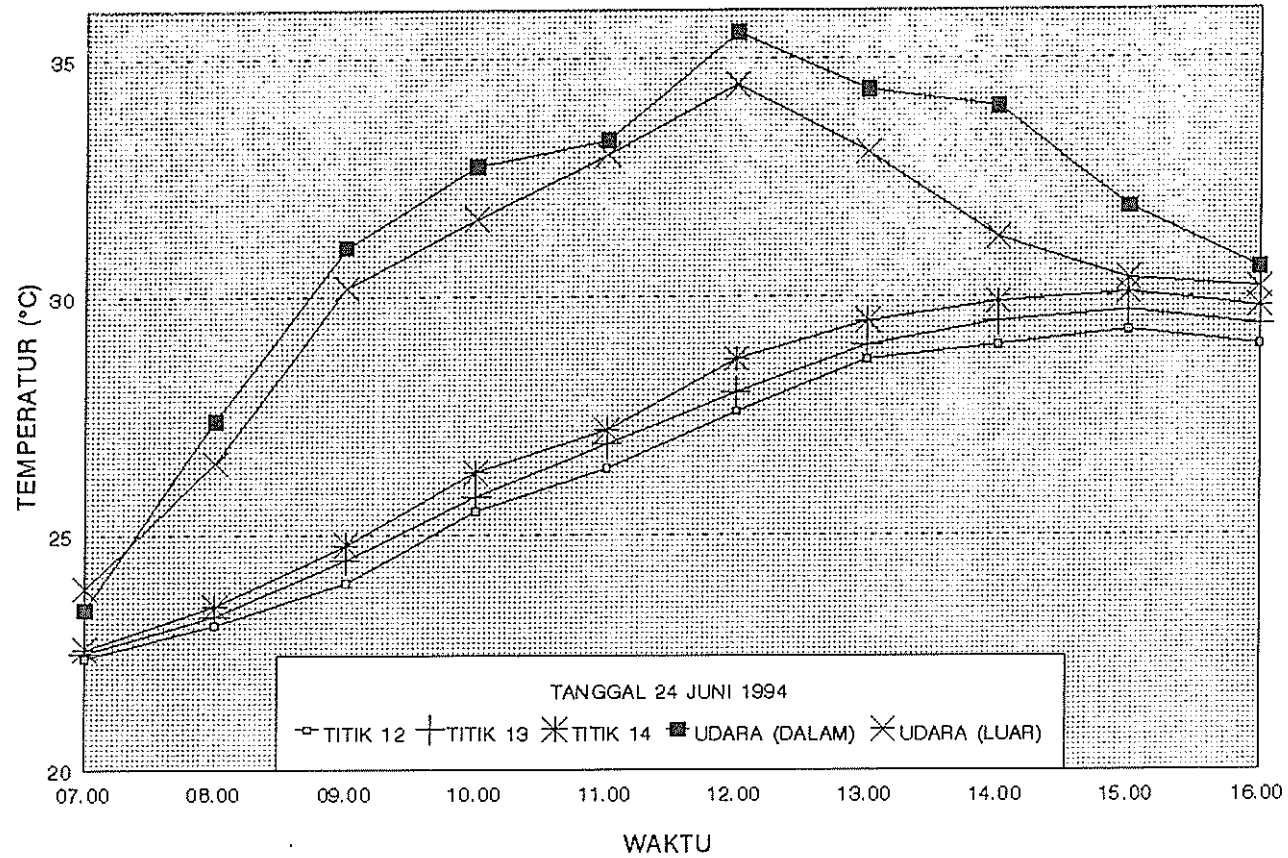




Gambar 5a. Perubahan temperatur udara lingkungan (di dalam dan di luar rumah kaca) serta temperatur larutan nutrisi pada bedeng I

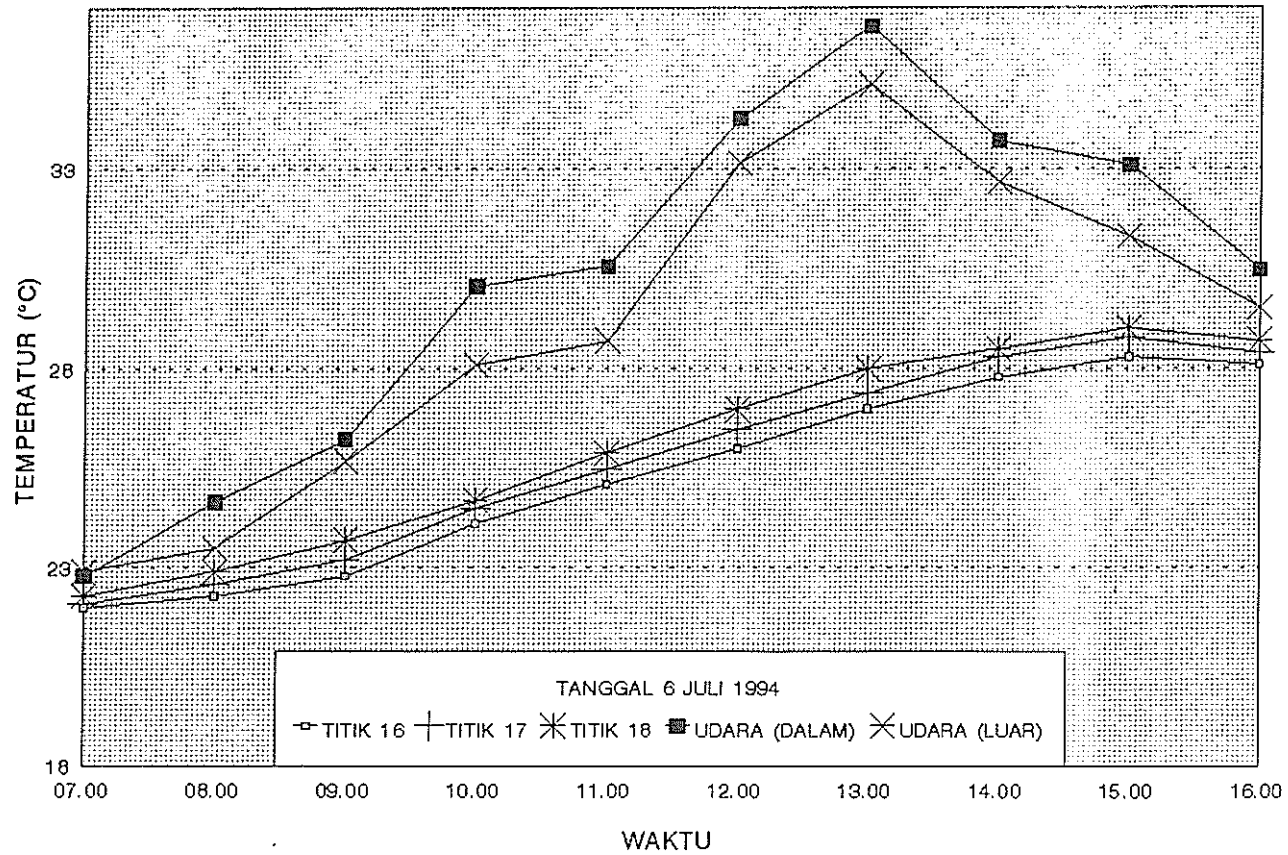


Gambar 5b. Perubahan temperatur udara lingkungan (di dalam dan di luar rumah kaca) serta temperatur larutan nutrisi pada bedeng II



Gambar 5c. Perubahan temperatur udara lingkungan (di dalam dan di luar rumah kaca) serta temperatur larutan nutrisi pada bedeng III





Gambar 5d. Perubahan temperatur udara lingkungan (di dalam dan di luar rumah kaca) serta temperatur larutan nutrisi pada bedeng IV

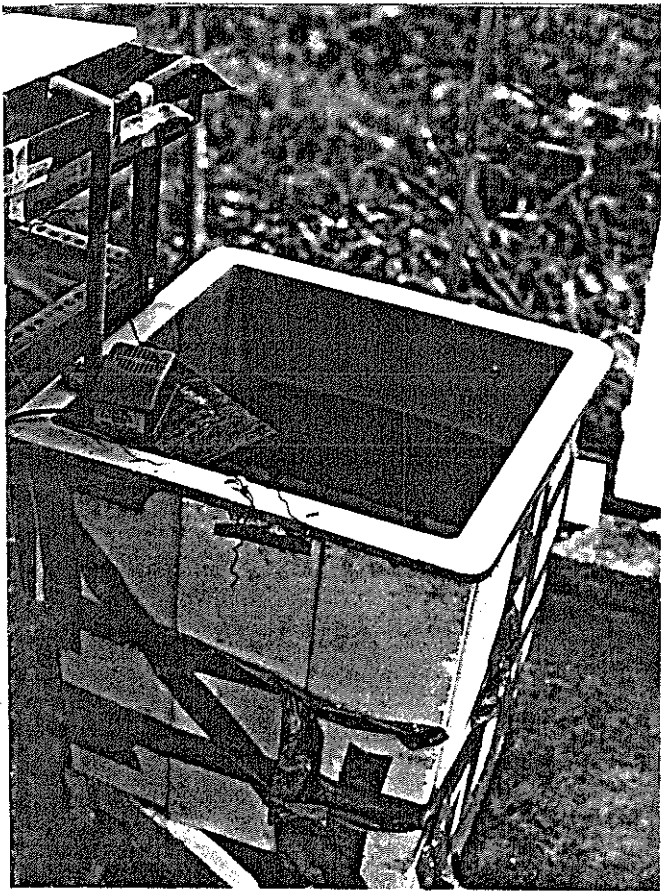
Pada Gambar 5a-5d juga terlihat bahwa apabila temperatur udara luar meningkat, maka temperatur udara dalam juga meningkat. Sebaliknya apabila temperatur udara luar menurun, maka temperatur udara dalam juga menurun. Besarnya perbedaan temperatur udara dalam dan temperatur udara luar berhubungan dengan jenis bahan penutup rumah kaca. Bahan penutup yang terbuat dari kaca akan menghasilkan perbedaan temperatur udara yang besar antara dalam dan luar rumah kaca dibandingkan dengan bahan yang terbuat dari plastik. Hal ini disebabkan karena kaca mempunyai koefisien transmisivitas panas yang lebih kecil daripada plastik. Semakin kecil koefisien transmisivitas panas, maka semakin sukar bahan tersebut melepaskan panas.

## B. TEMPERATUR LARUTAN NUTRISI

Pengukuran temperatur larutan nutrisi dilakukan pada 18 titik pengukuran. Titik 1 pada tangki I, yaitu tangki tempat diletakkannya mesin pendingin; titik 2 pada tangki II, yaitu tangki tempat pompa diletakkan; titik 3, 4, dan 5 pada bedeng I; titik 6 pada saluran sirkulasi antara bedeng I dan II; titik 7, 8, dan 9 pada bedeng II; titik 10 dan 11 pada saluran sirkulasi antara bedeng II dan III; titik 12, 13, dan 14 pada bedeng III; titik 15 pada saluran sirkulasi antara bedeng III dan IV; dan titik 16, 17, 18 pada bedeng IV. Pengukuran temperatur larutan nutrisi dilakukan bersamaan dengan pengukuran temperatur udara di dalam dan di luar rumah kaca. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Lampiran 1. Tabel 9 memperlihatkan temperatur larutan nutrisi setiap titik pada masing-masing bedeng.

Tabel 9. Temperatur larutan nutrisi (°C) pada bedeng

Titik	Waktu									
	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
3	22.20	22.50	23.00	24.50	26.30	27.40	28.10	28.60	28.90	28.60
4	22.30	22.60	23.30	24.80	26.80	27.90	28.40	28.80	29.20	28.90
5	22.50	22.90	23.70	25.20	27.00	28.40	28.90	29.20	29.40	29.10
7	21.10	21.30	21.70	22.90	24.80	26.00	27.00	27.80	28.40	28.60
8	21.20	21.50	22.10	23.60	25.40	26.70	27.80	28.50	29.10	28.80
9	21.30	21.70	22.60	24.20	25.90	27.20	28.50	29.10	29.40	29.10
12	22.40	23.10	24.00	25.20	26.60	27.60	28.40	29.00	29.30	29.20
13	22.50	23.30	24.50	25.80	27.20	28.20	29.00	29.50	29.70	29.50
14	22.60	23.50	24.80	26.30	27.90	28.70	29.40	29.90	30.10	29.70
16	22.00	22.30	22.80	23.60	25.10	26.20	27.00	27.80	28.30	28.10
17	22.10	22.60	23.20	24.30	25.50	26.60	27.40	28.30	28.80	28.40
18	22.30	22.90	23.60	24.60	26.00	27.20	28.00	28.50	29.00	28.70



Gambar 6. Tangki larutan nutrisi dan pompa



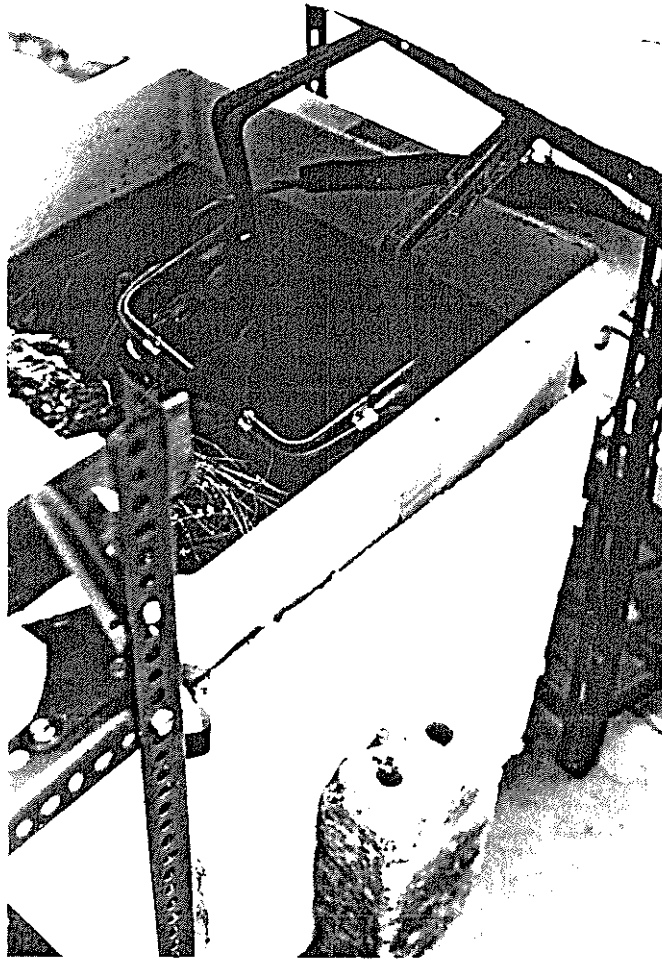
Data pada masing-masing bedengan diambil pada hari yang sama. Untuk bedeng I (titik 3,4,5) diambil pada tanggal 27 Juni 1994; bedeng II (titik 7,8,9) tanggal 9 Juli 1994; bedeng III (titik 12,13,14) tanggal 24 Juni 1994; dan bedeng IV (titik 16,17,18) tanggal 6 Juli 1994.

Dari data pada Tabel 9 dapat terlihat bahwa temperatur larutan nutrisi semakin siang semakin tinggi dan mencapai maksimum pada pukul 15.00. Pada pukul 16.00 temperatur larutan kembali menurun. Hal ini disebabkan karena turunnya temperatur lingkungan. Besarnya Perubahan temperatur larutan nutrisi per-jam dapat di lihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perubahan temperatur larutan nutrisi per-jam ( $^{\circ}\text{C}$ )

Titik	Perubahan ke-								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
3	0.3	0.5	1.5	1.8	0.9	0.7	0.5	0.3	0.3
4	0.3	0.7	1.5	2.0	1.1	0.5	0.4	0.4	0.3
5	0.4	0.6	1.5	1.7	1.4	0.5	0.3	0.4	0.3
7	0.2	0.4	1.2	1.9	1.2	1.0	0.8	0.6	0.2
8	0.3	0.6	1.5	1.8	1.3	1.1	0.7	0.6	0.3
9	0.4	0.9	1.6	1.7	1.3	1.3	0.5	0.4	0.3
12	0.7	0.9	1.2	1.4	1.0	0.8	0.6	0.3	0.2
13	0.8	1.2	1.3	1.4	1.0	0.8	0.5	0.2	0.2
14	0.9	1.3	1.5	1.6	0.8	0.7	0.5	0.2	0.4
16	0.3	0.5	0.8	1.5	1.1	0.8	0.8	0.5	0.2
17	0.5	0.6	1.1	1.2	1.0	0.9	0.9	0.5	0.4
18	0.6	0.7	1.0	1.4	1.2	0.8	0.5	0.5	0.3

Pada data di atas, perubahan ke-I menunjukkan perubahan temperatur larutan nutrisi dari pukul 07.00 ke pukul 08.00; perubahan ke-II menunjukkan perubahan temperatur nutrisi dari pukul 08.00 ke pukul 09.00; dan seterusnya hingga perubahan ke-IX yang menunjukkan perubahan temperatur larutan nutrisi dari pukul 15.00 ke pukul 16.00. Secara umum, perubahan temperatur terendah



Gambar 7. Posisi evaporator dalam tangki larutan nutrisi

dicapai pada perubahan ke-IX; sedangkan perubahan temperatur tertinggi dicapai pada perubahan ke-IV. Perubahan temperatur berkisar antara  $0.2^{\circ}\text{C}$  hingga  $2.0^{\circ}\text{C}$ .

Temperatur larutan nutrisi berhubungan dengan temperatur udara di dalam dan di luar rumah kaca. Semakin tinggi temperatur udara di dalam dan di luar rumah kaca, semakin tinggi pula temperatur larutan nutrisi (Gambar 5a-5d). Temperatur maksimum larutan nutrisi dan temperatur udara di dalam dan

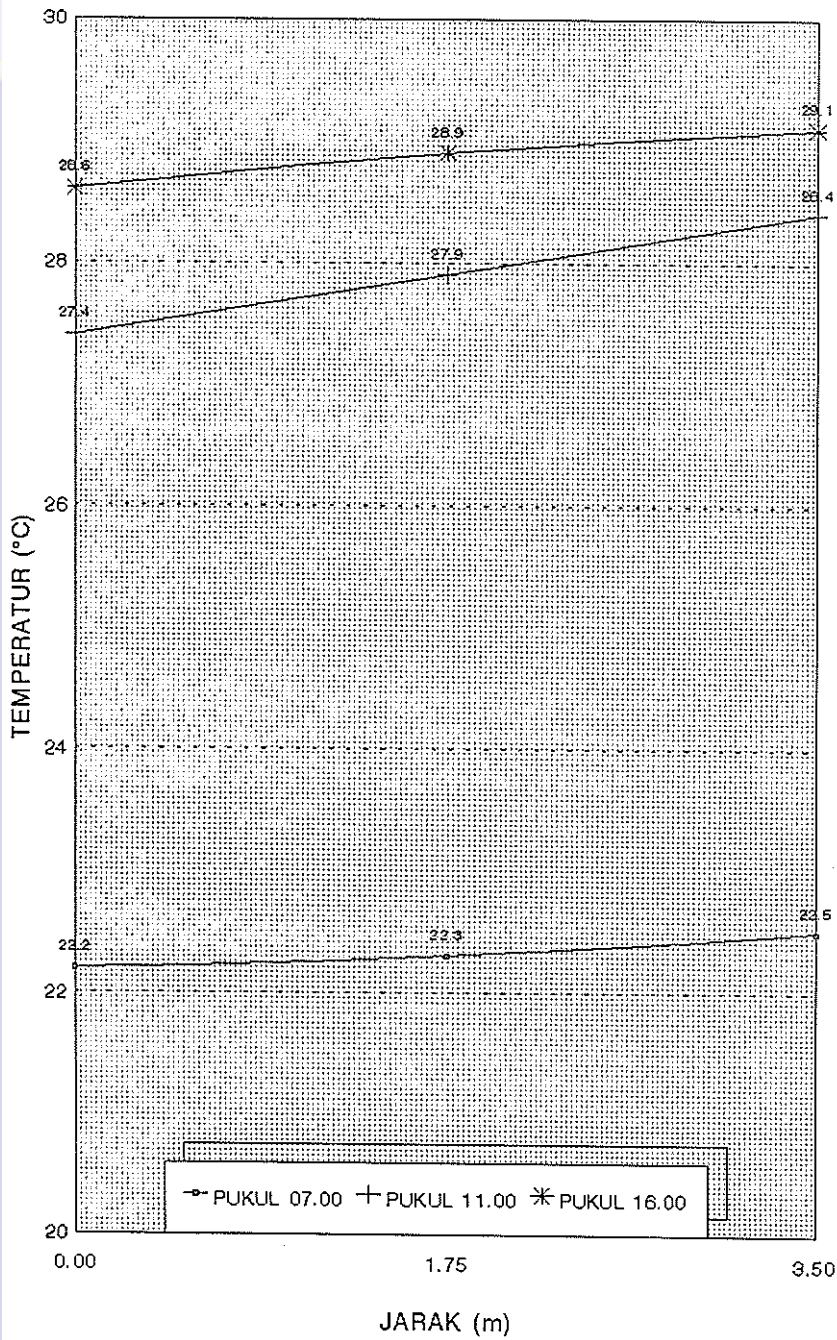
di luar rumah kaca di capai pada waktu yang berbeda. Pada waktu temperatur udara di dalam dan di luar rumah kaca turun kembali (setelah mencapai maksimum), temperatur larutan nutrisi masih terus naik, kemudian baru turun kembali. Hal ini disebabkan karena pada waktu temperatur udara di dalam rumah kaca naik, larutan nutrisi masih menyerap panas dan setelah beberapa lama baru panasnya dilepaskan.

Dari Gambar 5a-5d juga terlihat bahwa perubahan temperatur larutan nutrisi relatif lebih kecil dibandingkan dengan perubahan temperatur lingkungan, baik di dalam maupun di luar rumah kaca. Kecilnya perubahan temperatur larutan nutrisi selain karena adanya mesin pendingin yang membantu menurunkan temperatur larutan nutrisi, juga dikarenakan adanya *styrofoam* sebagai isolator yang berfungsi menghambat panas yang masuk maupun yang keluar.

Perubahan temperatur larutan nutrisi terhadap jarak pada bedengan dapat dilihat pada Gambar 8a-8d. Perubahan temperatur larutan nutrisi pada masing-masing bedeng dilakukan pada tiga titik pengukuran, yaitu pada jarak 0 m (bagian hulu), 1.75 m (bagian tengah), dan 3.5 m (bagian hilir). Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin ke hilir temperatur larutan nutrisi semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin ke hilir, semakin banyak panas yang diserap oleh larutan nutrisi sehingga temperatur juga akan semakin tinggi.

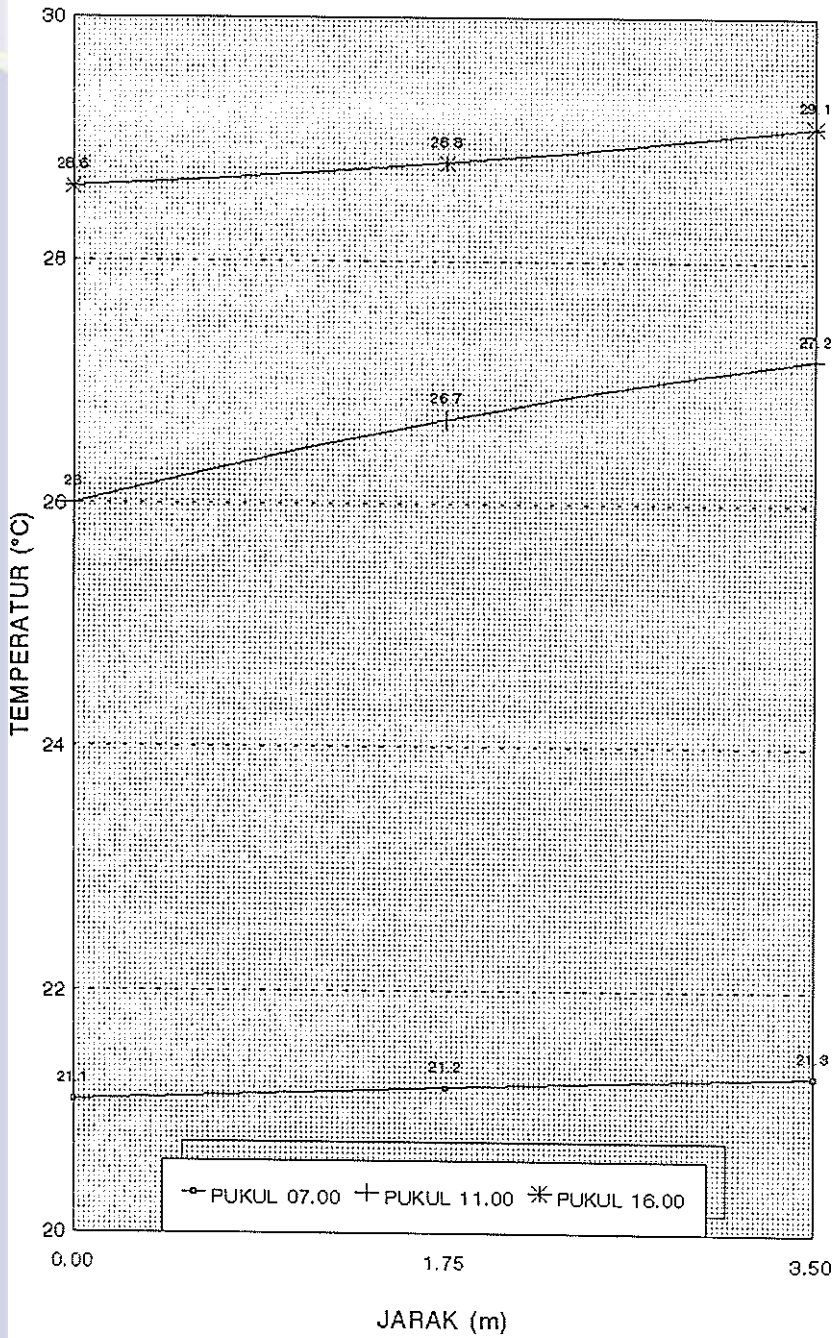
Perubahan temperatur larutan nutrisi dari hulu ke hilir pada pukul 07.00 tidak sama dengan perubahan temperatur larutan nutrisi pada pukul 12.00 dan pukul 16.00. Perubahan temperatur larutan nutrisi pada pukul 07.00 belum begitu jelas terlihat dibandingkan dengan perubahan temperatur larutan nutrisi pada pukul 12.00. Hal ini dikarenakan pada pukul 07.00 temperatur udara dalam rumah kaca masih rendah sehingga panas yang diserap larutan nutrisi sedikit. Sebaliknya pada waktu pukul 12.00 temperatur udara dalam rumah kaca lebih tinggi sehingga



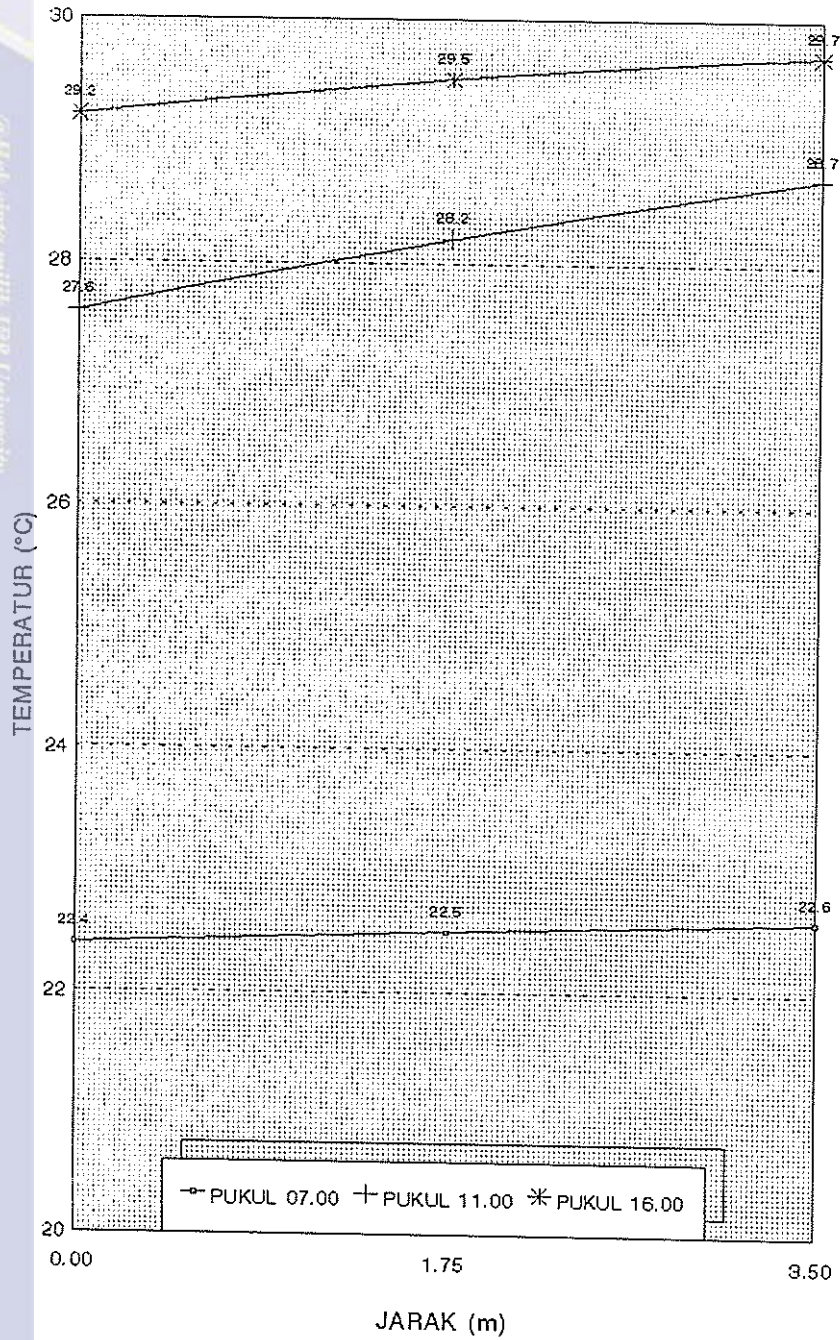


Gambar 8a. Perubahan temperatur larutan nutrisi terhadap jarak pada bedeng I, tanggal 27 Juni 1994



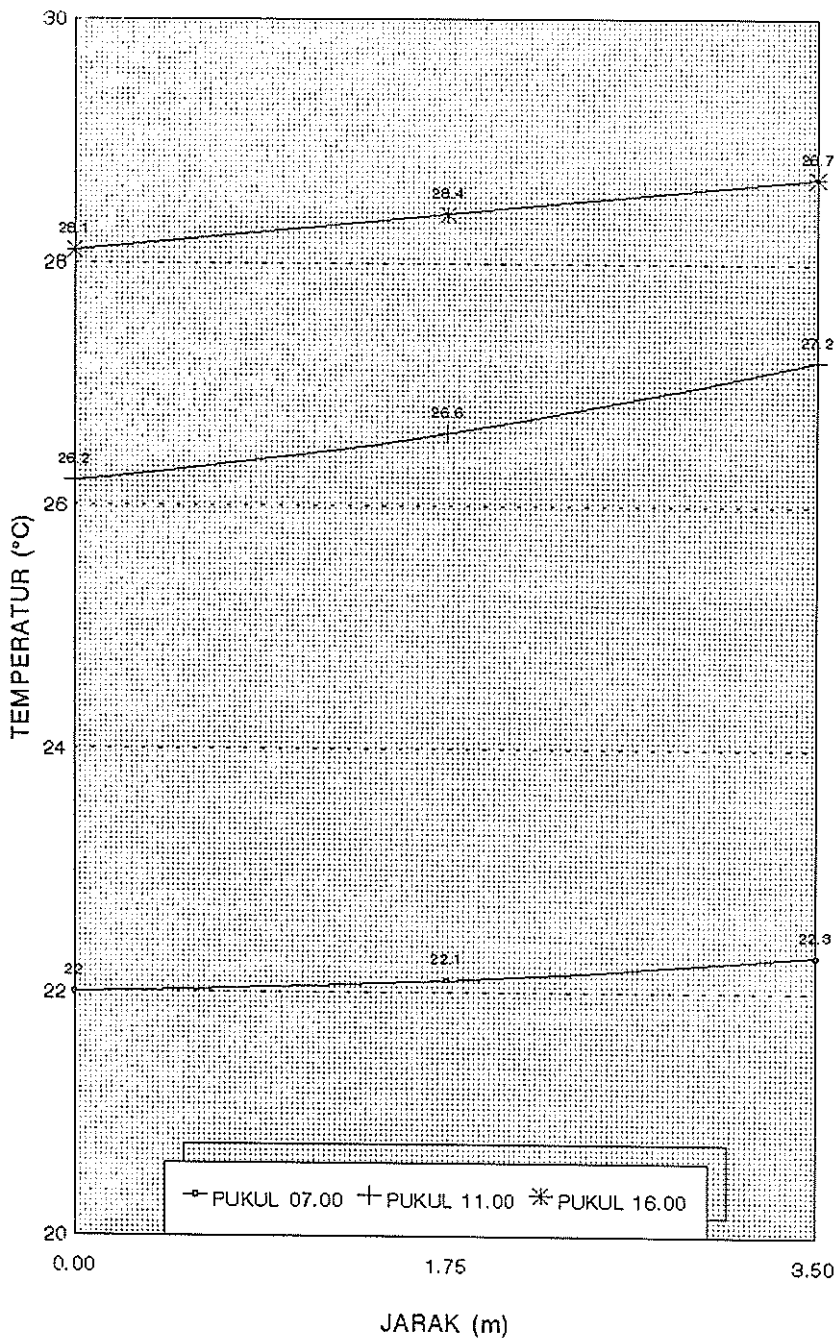


Gambar 8b. Perubahan temperatur larutan nutrisi terhadap jarak pada bedeng II, tanggal 9 Juli 1994



Gambar 8c. Perubahan temperatur larutan nutrisi terhadap jarak pada bedeng III, tanggal 24 Juni 1994





Gambar 8d. Perubahan temperatur larutan nutrisi terhadap jarak pada bedeng IV, tanggal 6 Juli 1994

lebih banyak panas yang diserap oleh larutan nutrisi. Perubahan temperatur terhadap jarak pada masing-masing bedeng disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Perubahan temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) per-meter pada masing-masing bedeng

Waktu	Perubahan Temperatur ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ )			
	Bedeng I	Bedeng II	Bedeng III	Bedeng IV
07.00	0.09	0.06	0.06	0.09
12.00	0.29	0.34	0.31	0.29
16.00	0.14	0.14	0.14	0.17

### C. PENYERAPAN KALOR OLEH LARUTAN NUTRISI

Selama mengalir dari hulu ke hilir, larutan nutrisi menyerap kalor dari lingkungan. Hal ini terjadi apabila temperatur lingkungan lebih tinggi daripada temperatur larutan nutrisi. Sebaliknya apabila temperatur lingkungan lebih rendah daripada temperatur larutan nutrisi, maka larutan akan melepaskan kalor ke lingkungan. Pada pengukuran yang telah dilakukan, temperatur lingkungan selalu lebih tinggi daripada temperatur larutan nutrisi, sehingga larutan nutrisi selalu penyerap kalor dari lingkungan. Kalor yang diserap oleh larutan nutrisi dari lingkungannya disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Penyerapan kalor oleh larutan nutrisi( $\text{W}/\text{m}^2$ ) pada tiap-tiap bedeng

Waktu	Bedeng				Rata-rata
	I	II	III	IV	
07.00	57.8325	38.5550	38.5550	57.8325	48.1938
12.00	192.7750	231.3300	212.0525	192.7750	207.2331
16.00	96.3875	96.3875	96.3875	115.6650	101.2069

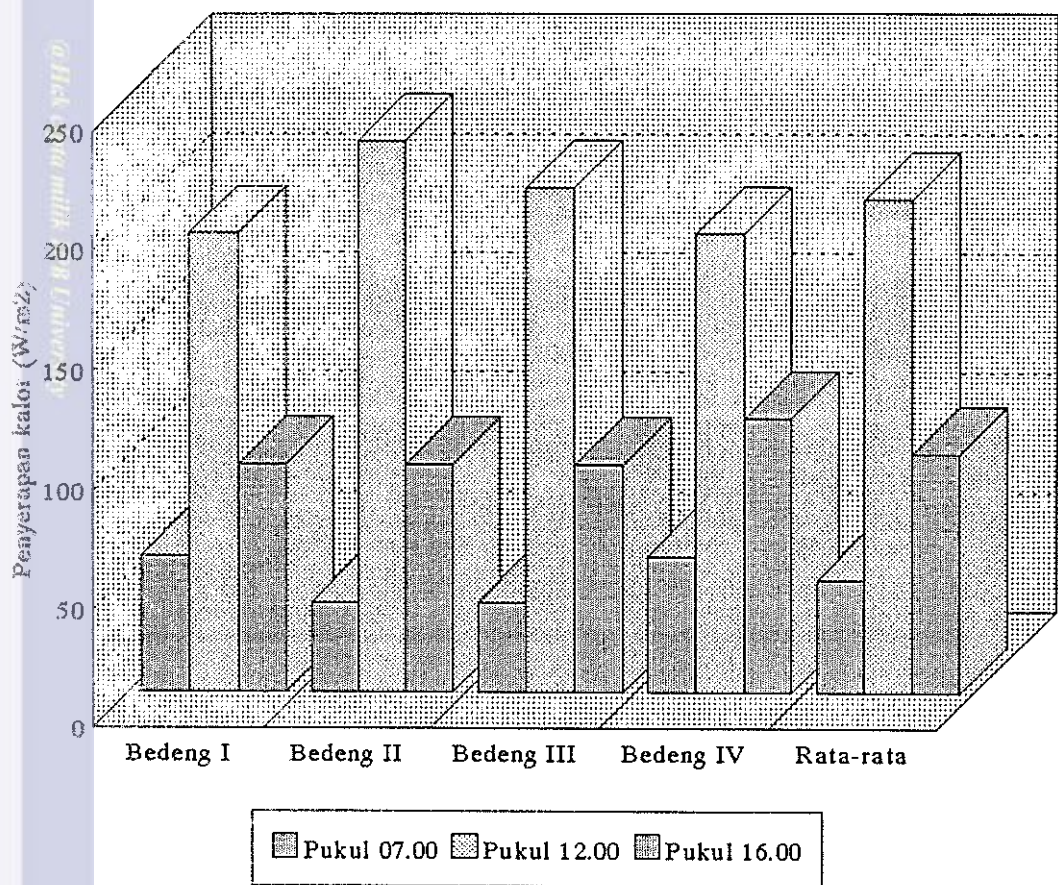
Dari tabel tersebut terlihat bahwa kalor yang diserap paling sedikit adalah pada pukul 07.00, yaitu berkisar antara  $38.5550 \text{ W}/\text{m}^2$  hingga  $57.8325 \text{ W}/\text{m}^2$ .

Pada pukul 12.00 larutan nutrisi menyerap kalor cukup besar, yaitu antara  $192.7750 \text{ W/m}^2$  hingga  $231.3300 \text{ W/m}^2$ . Sedangkan pada pukul 16.00 kalor yang diserap lebih sedikit daripada yang diserap pada pukul 12.00, tetapi lebih banyak daripada yang diserap pada pukul 07.00, yaitu sebesar  $96.3875 \text{ W/m}^2$  hingga  $115.6650 \text{ W/m}^2$ .

Kalor yang diserap oleh larutan nutrisi pada pukul 07.00 lebih sedikit daripada kalor yang diserap pada pukul 12.00. Hal ini disebabkan karena pada pukul 07.00 temperatur udara dalam rumah kaca masih rendah. Temperatur udara yang rendah ini belum banyak mempengaruhi temperatur larutan nutrisi, sehingga temperatur larutan nutrisi yang mengalir dari hulu ke hilir tidak mengalami banyak perubahan. Pada pukul 12.00 temperatur udara dalam rumah kaca mencapai maksimum. Kalor yang tinggi ini diserap oleh larutan nutrisi sehingga terjadi perubahan temperatur yang cukup besar antara larutan nutrisi di hulu dan di hilir. Semakin ke hilir larutan nutrisi semakin banyak menyerap kalor sehingga temperaturnya lebih tinggi daripada larutan nutrisi di bagian hulu.

Besarnya kalor yang diserap oleh larutan nutrisi juga dipengaruhi oleh jenis dan tebal bahan penutup. Pada penelitian ini hanya bedengnya saja yang menggunakan penutup, yaitu *styrofoam* setebal 1 cm, sedangkan saluran sirkulasi tidak diberi penutup sehingga lebih banyak kalor yang diserap.

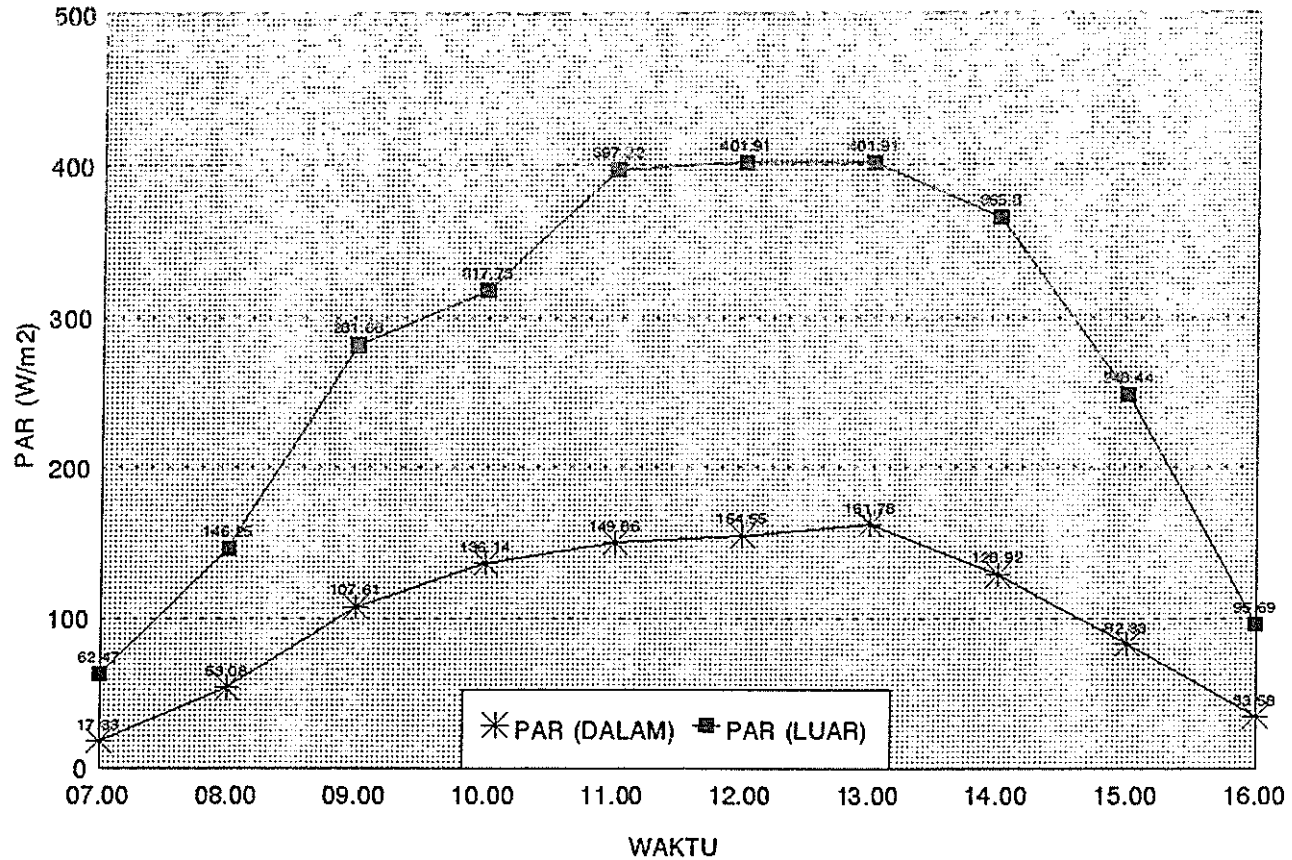




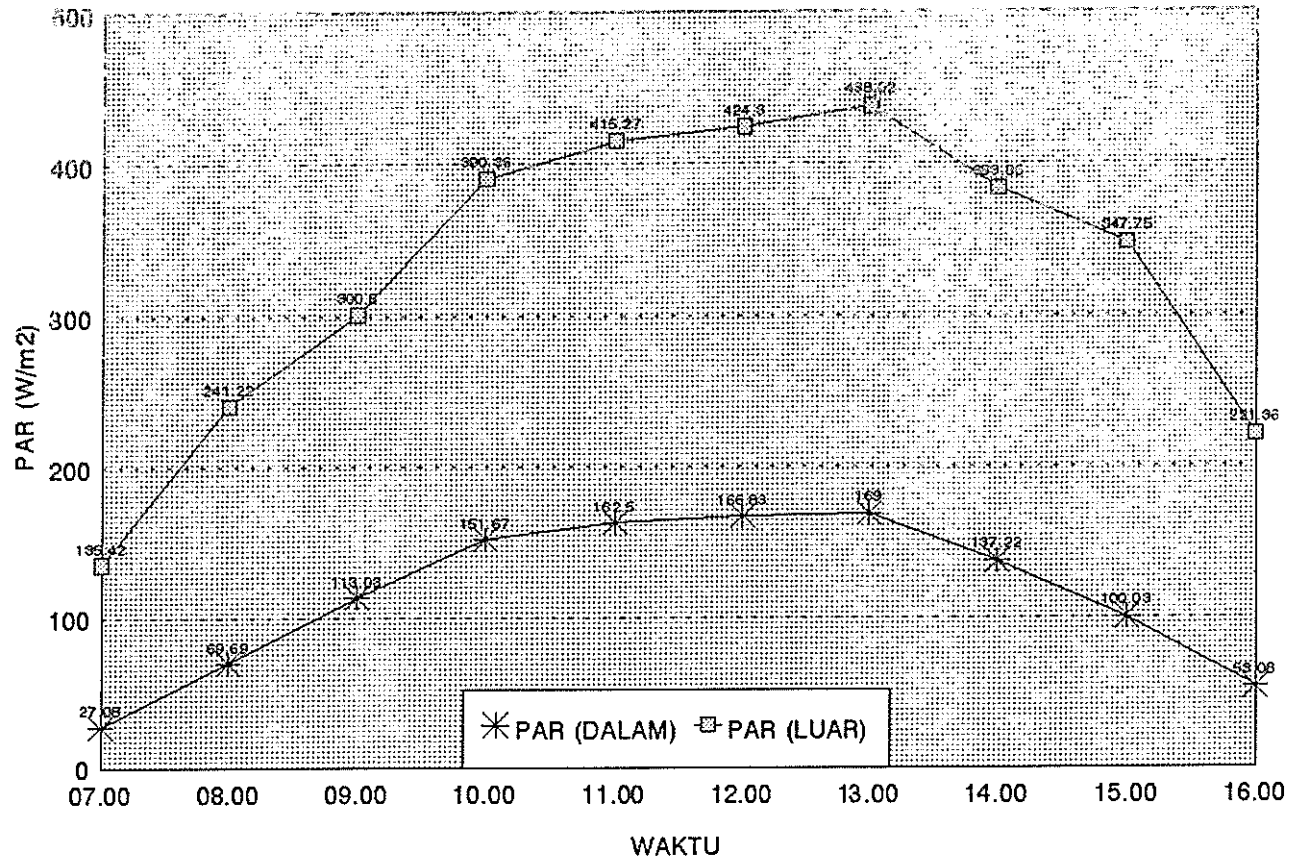
Gambar 9. Grafik penyerapan kalor oleh larutan nutrisi

#### D. PAR (*Photosynthetically Active Radiation*)

Pengukuran PAR dilakukan di dalam dan di luar rumah kaca. PAR di dalam rumah kaca diukur pada enam titik pengamatan, yaitu di sebelah barat, timur, utara, selatan, masing-masing satu titik; dan di tengah-tengah bedeng. PAR di luar rumah kaca diukur pada empat titik pengamatan, yaitu di sebelah barat, timur, utara, dan selatan rumah kaca. Pengukuran dilakukan satu jam sekali, dari pukul 07.00 sampai dengan pukul 16.00.



Gambar 10a. Perubahan PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) terhadap waktu, tanggal 12 Juli 1994



Gambar 10b. Perubahan PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) terhadap waktu, tanggal 15 Juli 1994



Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Lampiran 2. Dari data tersebut terlihat PAR pada masing-masing titik berbeda meskipun diukur pada waktu yang sama. Perbedaan yang cukup besar adalah pada PAR di dalam rumah kaca. Pada pagi hari PAR di sebelah timur rumah kaca lebih tinggi daripada PAR di sebelah barat. Sebaliknya pada waktu sore hari PAR di sebelah barat rumah kaca lebih tinggi daripada PAR di sebelah timur rumah kaca. Hal ini disebabkan pada pagi hari matahari berada di sebelah timur sehingga bagian sebelah timur rumah kaca lebih banyak memperoleh sinar matahari, sedangkan pada sore hari matahari berada di sebelah barat sehingga bagian sebelah barat rumah kaca yang memperoleh sinar matahari lebih banyak. Besarnya PAR rata-rata di dalam dan di luar rumah kaca dapat dilihat pada Gambar 10a-10b.

Dari kedua gambar diatas terlihat bahwa PAR di dalam rumah kaca lebih kecil daripada PAR di luar rumah kaca. Hal ini disebabkan karena sinar matahari yang masuk ke dalam rumah kaca tertahan oleh atap. Besarnya PAR yang ditransmisikan tergantung oleh transmisivitas bahan penutup. Semakin besar transmisivitas bahan penutup, semakin besar pula sinar matahari yang dapat ditransmisikan. Berdasarkan perhitungan, transmisivitas bahan penutup rumah kaca yang digunakan sebesar 0.39. Hal ini berarti PAR di dalam rumah kaca hanya 39% saja dari PAR di luar rumah kaca. Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa PAR di dalam dan di luar rumah kaca dari pukul 07.00 hingga pukul 13.00 terus meningkat dan menurun kembali hingga pukul 16.00.

PAR berhubungan dengan *solar radiation*. Pada kondisi yang sama, semakin besar *solar radiation* semakin besar pula PAR. Hal ini dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Lampiran 3. Pada tanggal 12 Juli 1994 besarnya *solar radiation* harian 855 W/m<sup>2</sup> dan PAR di dalam dan di luar rumah kaca berturut-turut berkisar antara 27.08 W/m<sup>2</sup> hingga 169.00 W/m<sup>2</sup> dan 135.42 W/m<sup>2</sup> hingga 438.02 W/m<sup>2</sup>.

Sedangkan tanggal 15 Juli 1994 besarnya *solar radiation* harian  $758 \text{ W/m}^2$  dan PAR di dalam dan di luar rumah kaca berturut-turut berkisar antara  $17.33 \text{ W/m}^2$  hingga  $161.00 \text{ W/m}^2$  dan  $62.47 \text{ W/m}^2$  hingga  $401.00 \text{ W/m}^2$ .

## E. PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN

Pengamatan pertumbuhan tanaman dilakukan setiap tiga hari sekali, yang meliputi tinggi tanaman, saat mulai berbunga, saat mulai berbuah, dan ukuran serta berat tomat rata-rata yang dihasilkan.

Pengamatan tinggi tanaman dimulai pada saat pemindahan tanaman ke bedeng, yaitu setelah satu bulan penyemaian. Tinggi bibit tanaman yang ditanam bervariasi, berkisar antara 12.8 cm hingga 20.5 cm. Dari data pada Lampiran 4 terlihat bahwa kecepatan pertumbuhan tanaman pada masing-masing tanaman tidak sama. Tanaman yang pada saat dipindahkan memiliki ketinggian yang lebih tinggi dari tanaman yang lain belum tentu pada akhirnya mempunyai ketinggian yang paling besar. Sebaliknya tanaman yang pada saat dipindahkan memiliki ketinggian yang lebih rendah, belum tentu pada akhirnya ketinggiannya paling rendah. Contohnya saja pada bedeng C7 dan A5. Pada bedeng C7 ditanam bibit tanaman tomat yang paling tinggi, yaitu 20.5 cm. Pada saat akhir pengukuran tingginya hanya 170 cm, kurang daripada tinggi tanaman tomat pada bedeng B6 yang mencapai 179 cm, padahal bibit tanaman tomat yang ditanam pada bedeng B6 hanya memiliki tinggi 16.0 cm. Pada bedeng A5 semula tinggi tanaman hanya 12.8 cm. Tetapi pada akhir pengukuran tingginya mencapai 150 cm, lebih tinggi daripada tanaman tomat pada bedeng B6 yang semula tingginya pada waktu ditanam 20 cm, tetapi pada akhir pengukuran tingginya hanya 82 cm. Untuk lebih jelasnya, besarnya kenaikan tinggi tanaman tomat pada tiap-tiap lubang tanam dari awal pengukuran sampai akhir pengukuran dapat dilihat pada Tabel 13.



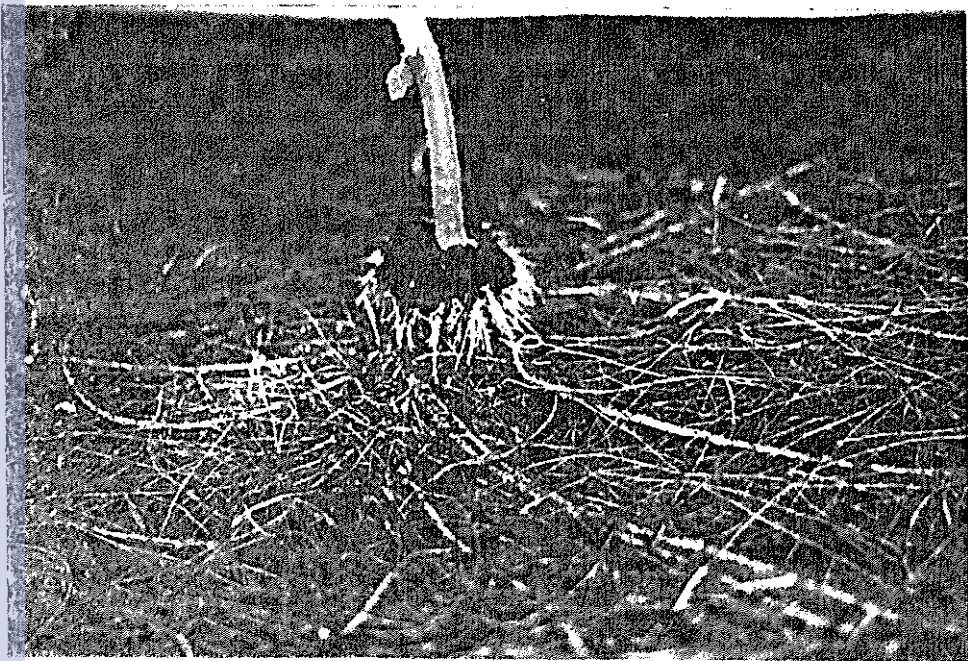
Gambar 11. Tanaman tomat pada bedeng III dan IV umur 38 hari

Tabel 13. Kelipatan tinggi tanaman tomat dari awal pengukuran hingga akhir pengukuran ( x kali)

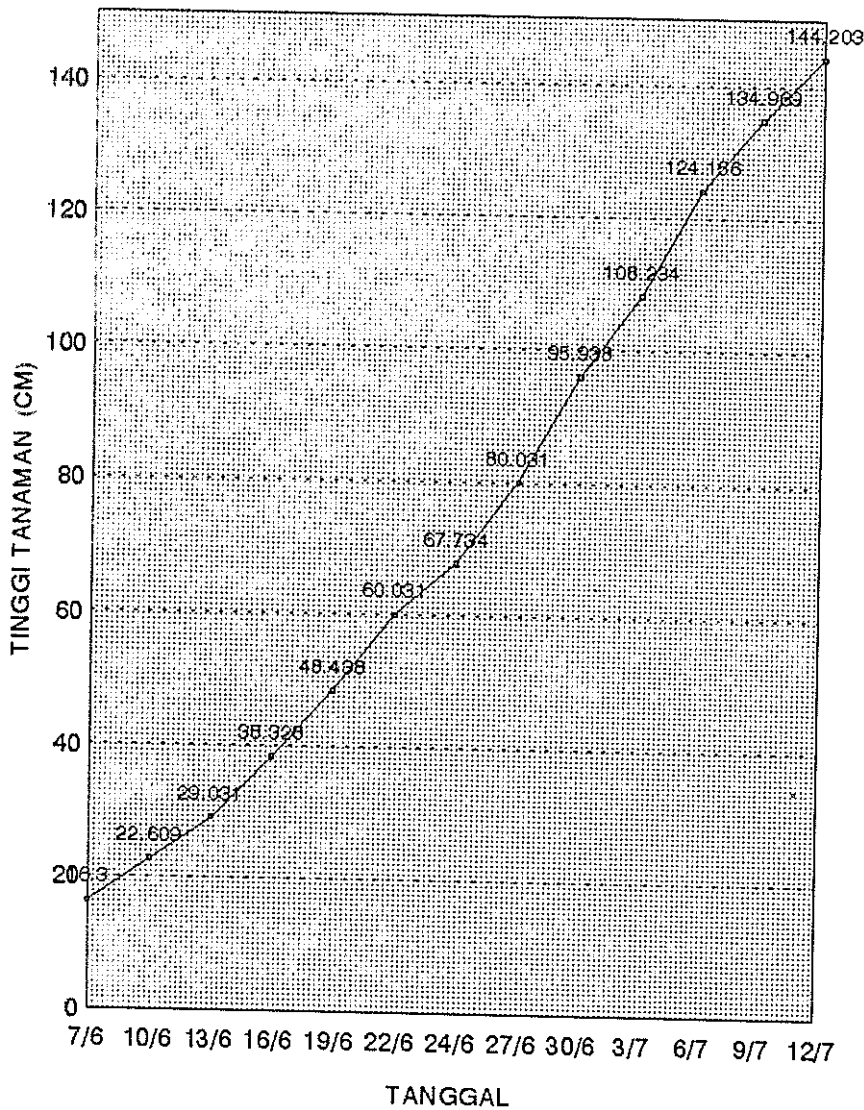
Bedeng	Nomor									Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
I	9.44	10.67	7.82	8.97	11.72	11.48	9.08	8.76	7.79	9.64
II		7.25		9.69	9.25	11.19	10.06	5.67	4.10	8.17
III	11.32	9.18	9.34	6.94	9.02		8.29	7.43	8.75	8.78
IV	10.96	11.04	5.37	7.35	10.86	9.93	10.06	8.15	7.67	9.04



Dari data pada Tabel 13 terlihat bahwa tinggi tanaman tomat meningkat 4.1 sampai 11.48 kali lebih tinggi dari pada waktu awal penanaman. Pada bedeng B1, B3, dan C6 tidak diketahui peningkatannya. Hal ini disebabkan pada pertengahan pengukuran, tanaman tomat di ketiga lubang tanam tersebut mati. Peningkatan tinggi tanaman terbesar adalah pada bedeng A5, yaitu 11.72 kali. Tinggi tanaman semula pada bedeng tersebut 15.5 cm dan pada akhir pengukuran tingginya mencapai 178 cm. Peningkatan tinggi tanaman terendah adalah pada bedeng B9, yaitu 4.1 kali. Pada awal pengukuran tingginya 20 cm, tetapi pada akhir pengukuran tingginya hanya mencapai 82 cm. Untuk lebih jelasnya tinggi tanaman tomat selama pengukuran dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 12. Akar tanaman tomat



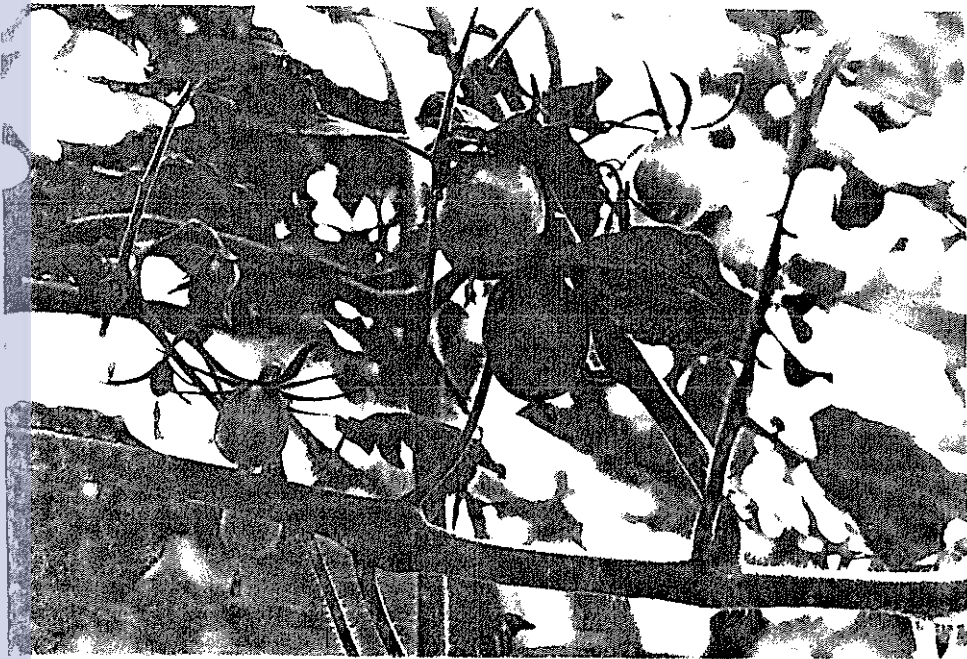
Gambar 13. Tinggi tanaman rata-rata

Pengukuran tinggi tanaman dihentikan setelah tanaman berbunga. Sebab hal ini sangat sulit dilakukan mengingat bunga tomat mudah sekali rontok. Tahap pengamatan pertumbuhan selanjutnya adalah saat pembungaan. Munculnya bunga pertama pada tiap-tiap tanaman berbeda-beda, yaitu antara 18 - 21 hari setelah pemindahan tanaman ke bedeng. Pada mulanya bunga



tomat gugur setelah mekar sempurna. Tetapi 20 - 25 hari setelah bunga pertama muncul, barulah keluar buahnya. Tomat dipanen setelah berumur 81 - 90 hari. Banyaknya buah tomat pada masing-masing pohon bervariasi, berkisar antara 8 - 20 buah per-pohon dengan berat antara 50 - 65 gram per-buah.

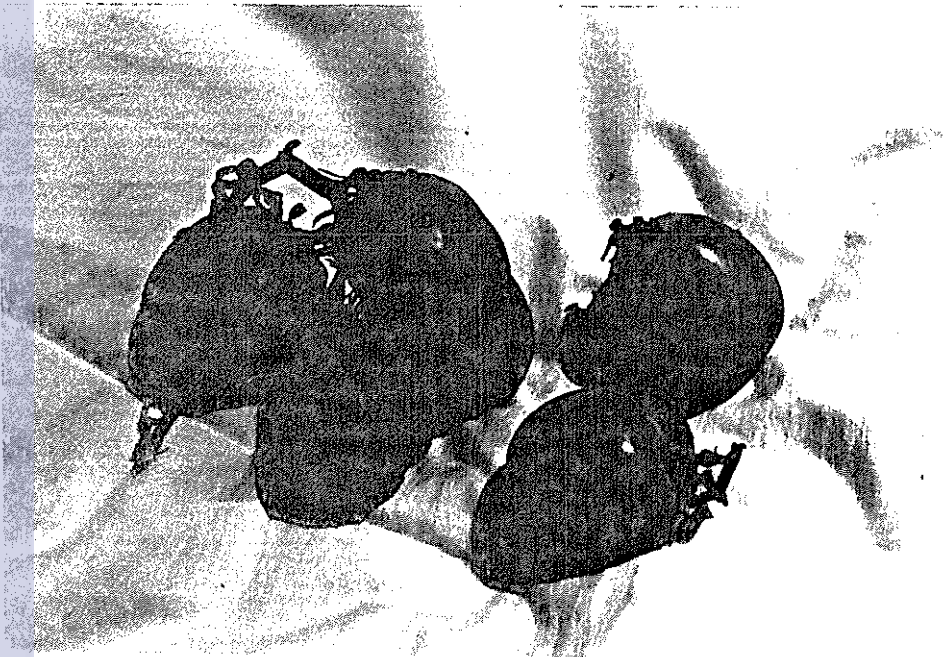
Pada tahap akhir pengamatan, ternyata tidak semua tanaman tumbuh dan berkembang dengan baik. Dari 36 tanaman, yang tumbuh dengan baik hanya 22 tanaman (61 %) sedangkan selebihnya mati. Kematian ini kemungkinan disebabkan kontak tanaman dengan atap/penutup secara langsung. Ini terjadi karena kurang tingginya atap rumah kaca.



Gambar 14. Buah tomat umur 7 hari (setelah muncul bakal buah)



Gambar 15. Buah tomat umur 45 hari (setelah muncul bakal buah)



Gambar 16. Buah tomat yang telah dipanen





## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

1. Penurunan suhu pada daerah perakaran dapat dilakukan dengan cara mendinginkan larutan nutrisi yang akan dialirkan ke daerah perakaran tanaman tanaman. Caranya dengan memasukkan evaporator mesin pendingin ke dalam tangki larutan nutrisi, kemudian dialirkan ke bedeng tanaman dengan menggunakan pompa air. Pada siang hari temperatur larutan nutrisi dapat mencapai 30.0 °C, sementara itu temperatur udara lingkungan dalam rumah kaca mencapai 37.0 °C.
2. Kenaikan temperatur lingkungan menyebabkan naiknya temperatur larutan nutrisi, sebab larutan nutrisi menyerap panas dari udara. Semakin ke hilir temperatur larutan nutrisi semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena selama mengalir larutan nutrisi menyerap panas sehingga ketika sampai di hilir temperaturnya tinggi. Peningkatan temperatur larutan nutrisi per-meter pada masing-masing bedeng berkisar antara 0.06 °C hingga 0.34 °C. Peningkatan temperatur terendah terjadi pada pukul 07.00 sedangkan tertinggi pada pukul 12.00.
3. Kalor yang diserap oleh larutan nutrisi dari lingkungan mencapai maksimum pada pukul 12.00, yaitu sekitar 190 W/m<sup>2</sup> hingga 230 W/m<sup>2</sup>.
4. Semakin besar *solar radiation*, semakin besar pula PAR. PAR di dalam rumah kaca tergantung pada transmisivitas bahan penutup. Untuk plastik yang digunakan sebagai bahan penutup pada penelitian ini, yaitu plastik PVC, diperoleh data bahwa besarnya PAR di dalam rumah kaca hanya 39% dari PAR di luar rumah kaca. PAR mencapai maksimum pada tengah hari, yaitu pada saat matahari berada pada kedudukan di zenith.

## B. SARAN

1. Bahan penutup yang digunakan untuk rumah kaca hendaknya mempunyai koefisien transmisivitas terhadap gelombang cahaya tampak yang besar, sebab bahan yang mempunyai koefisien transmisivitas yang besar akan mudah mentransmisikan panas ke luar sehingga tidak terjadi perbedaan temperatur udara yang besar antara di dalam rumah kaca dengan di luar rumah kaca.
2. Untuk memperoleh temperatur larutan nutrisi yang lebih rendah dibutuhkan mesin pendingin yang mempunyai daya lebih besar. Pada penelitian ini digunakan mesin pendingin dengan daya 1/8 Hp. Tetapi ternyata temperatur larutan nutrisi pada siang hari dapat mencapai 30.0 °C. Temperatur setinggi ini jauh dari temperatur larutan nutrisi yang diharapkan, yaitu 24.0 °C (Thompson dan Kelly, 1979). Untuk itu daya mesin pendingin yang digunakan harus di tambah. *Styrofoam* merupakan isolator yang mampu menahan masuk dan keluarnya panas. Agar larutan nutrisi yang mengalir tidak mengalami perubahan temperatur yang besar maka dapat digunakan *styro-foam* yang lebih tebal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aksi Agraris Kanisius. 1988. Petunjuk Praktis Bertanam Sayuran. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Anonim. 1985. Klasifikasi Komoditi Indonesia, Buku II: Sektor Selain Industri Pengolahan dan Perdagangan. Biro Pusat Statistika, Jakarta.
- Anonim. 1992. Sayur Komersial. Penebar Swadaya. Jakarta
- Businger. 1963. Di dalam The Greenhouse Environment. W.M. John. Departement of Horticulture. The Pennsylvania State University. New York.
- Douglas, J.S. 1985. Hidroponics The Bengal System. Oxford University Press, London.
- Edmond, J.B., A.M. Musser, F.S. Andrews. 1957. Fundamentals of Horticulture. McGraw Hill Book Co., Inc., New York.
- Fitter, A.H., R.K.M. Hay. 1991. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Halim, A., Hansani, dan D. Maulida. 1981. Laporan Survey Tomat. Di dalam Laporan Survey Sayuran dan Buah-buahan. Direktorat Standarisasi, Normalisasi dan Pengendalian Mutu, Departemen Perdagangan dan Koperasi, Jakarta.
- Harjadi, M.M., Sri Setyati. 1979. Pengantar Agronomi. Gramedia, Jakarta.
- I Wayan Tika. 1986. Disain "Greenhouse" Untuk Tanaman Melon dengan Sistem Hidroponik di Kabupaten Bogor. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Janick, J. 1972. Horticultural Science. W.H. Freeman Co., San Fransisco.
- Leopold, A.C., P.E. Kriedemann. 1975. Plant Growth and Development. McGraw Hill Book Co., Inc., New York.
- Lingga, Pinus. 1985. Hidroponik Bercocok Tanam Tanpa Tanah. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Matsuoka, T., H. Suhardiyanto, dan Arief S. Yuwono. 1992. Energy and thermal aspects of intermittent circulation of the cooled nutrient solution for NFT cultivation in summer. Bulletin of research Institute of System Horticulture, Fac. of Agriculture Kochi University, Kochi, Japan.
- Nelson, P.V. 1981. Greenhouse Operation and Management. Reston Publishing Company, inc., Virginia.
- Rismunandar dan F.G.T. Nio. 1968. Bertanam Sayur-sayuran. Tarate, Bandung.



- Rokayah, E. 1978. Diskripsi Varietas pada Tanaman Tomat, Keragaman dalam Berbagai Komponen Hasil. Skripsi, Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Ryal, A.L. dan W.J. Lipton. 1972. Handling, Transportation and Storage of Fruit and Vegetable. The AVI Publ., Co., Westport, Conn.
- Sastrapradja, S., B.P. Naiola, E.R. Rasmadi, Roemantyo, E.K. Soepardijono, dan E.B. Waluyo. 1980. Tanaman Pekarangan. PN Balai Pustaka, Jakarta.
- Soeseno, Slamet. 1985. Bercocok Tanam Secara Hidroponik. PT Gramedia, Jakarta.
- Stoecker, W.F., W.J. Jerold. 1982. Refrigeration and Air Conditioning. McGraw Hill Book Co., Inc., New York.
- Subhan, Sudjoko, Suwandi, dan Z. Abidin. 1989. Bercocok Tanam Sayuran Dataran Rendah. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Balai Penelitian Hortikultura Lembang dan Proyek ATA 395, Lembang.
- Subramanyam, H., Er. B. Pantastico, M.B. Bhatii, N. Ali, dan E.K. Akamine. 1986. Petunjuk-Petunjuk untuk Pemanenan. Gadjah Mada University Press.
- Sunarjono, H. 1977. Budidaya Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). Penerbit PT Soeroengan, Jakarta, 48p.
- Sunaryo, H. dan Rismunandar. 1981. Kunci Bercocok Tanam Sayur-sayuran Penting di Indonesia. Sinar Baru, Bandung.
- Szeicz. 1974. Solar radiation in crop canopies. J. appl. Ecol. 11, 1117-1156.
- Thompson, H.C. dan Kelly. 1979. Vegetable Crops. McGraw Hill Book Co., New York, USA.
- Thomson, K., J.P. Grime, and G. Mason. 1977. Seed Germination in Response to Diurnal Fluktuations of Temperature. McGraw Hill Book Co., inc., New York.
- Weaver, R.J. 1972. Plant Growth Substances in Agriculture. W.H. Freeman Co., San Fransisco.
- Widyastuti, Y.E. 1993. Greenhouse Rumah untuk Tanaman. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Yuwono, A.S., Rohani Hasbullah, dan Erizal. 1994. Disain Termal Sistem Hidroponik Sayuran Daun dalam Rumah Kaca. Lembaga Penelitian IPB, Bogor.

# L A M P I R A N

# LAMPIRAN 1. DATA PENGUKURAN TEMPERATUR ( $^{\circ}\text{C}$ ) LARUTAN NUTRISI DAN LINGKUNGAN DI DALAM DAN DI LUAR RUMAH KACA

Tanggal 24 Juni 1994

TITIK	WAKTU									
	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
1	22.2	22.4	23.3	24.4	25.7	26.9	27.6	28.3	29.2	29.0
2	23.1	23.8	25.5	26.7	28.7	29.7	30.2	30.3	30.2	29.0
3	22.2	22.9	23.7	25.1	26.1	27.0	27.9	28.7	29.3	29.1
4	22.5	22.9	23.9	25.2	26.4	27.8	28.8	28.9	29.3	29.1
5	22.5	22.8	24.1	25.3	26.9	28.0	28.7	29.0	29.4	29.1
6	22.4	22.9	24.2	25.4	26.4	28.0	28.9	29.4	29.5	29.3
7	22.8	24.1	25.3	27.2	28.3	29.8	30.2	30.7	30.2	29.3
8	22.9	23.5	24.7	26.1	27.8	28.7	29.8	29.4	29.8	29.4
9	22.9	24.1	25.1	26.3	28.7	29.3	29.4	29.0	29.3	29.2
10	22.6	22.9	24.1	25.4	26.6	27.4	28.3	28.7	29.0	29.3
11	22.8	24.1	25.5	27.1	28.5	29.7	30.2	30.6	30.0	29.4
12	22.4	23.1	24.0	25.2	26.6	27.6	28.4	29.0	29.3	29.2
13	22.5	23.3	24.5	25.8	27.2	28.2	29.0	29.5	29.7	29.5
14	22.6	23.5	24.8	26.3	27.9	28.7	29.4	29.9	30.1	29.7
15	22.4	23.3	24.2	25.9	27.0	28.1	29.0	29.4	29.5	29.3
16	22.6	22.6	23.7	25.1	27.1	28.5	28.9	28.7	29.3	29.2
17	22.4	22.6	23.9	25.2	27.2	29.0	29.3	29.3	29.5	29.2
18	22.8	24.1	25.7	26.9	28.3	30.0	30.4	30.6	30.1	29.5
19	23.3	27.8	31.0	32.6	34.1	35.8	34.8	35.0	32.4	31.2
20	23.6	27.0	31.1	32.9	34.5	35.3	33.9	33.0	31.4	30.0
21	23.8	26.5	29.6	31.4	33.2	34.8	32.6	31.0	30.6	30.4
22	24.0	26.5	30.8	31.9	33.4	34.1	33.5	31.5	30.2	30.0

Tanggal 27 Juni 1994

TITIK	WAKTU									
	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
1	22.2	22.4	22.8	24.3	26.2	27.3	27.8	28.4	28.8	28.4
2	22.8	23.5	24.6	25.7	28.2	29.2	29.3	29.4	29.7	29.6
3	22.2	22.5	23.0	24.5	26.3	27.4	28.1	28.6	28.9	28.6
4	22.3	22.6	23.3	24.8	26.8	27.9	28.4	28.8	29.2	28.9
5	22.5	22.9	23.7	25.2	27.0	28.4	28.9	29.2	29.4	29.1
6	22.5	22.8	23.3	24.4	25.9	27.5	28.1	28.7	29.2	29.3
7	22.7	23.1	24.1	25.9	27.7	28.9	29.3	29.9	29.7	29.4
8	22.3	22.4	22.7	24.6	26.1	28.1	28.7	29.5	29.6	29.6
9	22.9	23.6	24.7	26.5	28.5	29.3	29.6	30.2	29.8	29.3
10	22.4	22.8	23.5	24.6	26.1	27.7	28.3	29.1	29.3	29.3
11	22.6	22.7	23.6	24.9	26.5	27.5	28.2	28.6	29.2	28.3
12	22.6	22.9	23.7	25.1	26.9	27.8	28.5	30.7	29.3	28.9
13	22.9	23.8	25.3	27.0	28.9	29.8	29.9	30.6	29.9	29.6
14	22.5	22.9	24.0	24.9	26.6	28.0	28.6	30.1	29.4	29.3
15	22.6	23.1	24.1	25.1	27.2	28.3	28.9	30.5	29.4	29.1
16	22.4	22.4	22.9	24.8	25.5	27.4	28.2	29.4	28.5	28.5
17	22.4	22.4	22.8	24.7	25.5	27.8	28.5	29.6	29.1	29.3
18	22.8	23.7	24.4	26.1	28.1	29.3	29.5	29.7	29.6	29.4
19	23.9	28.3	31.0	32.5	35.8	35.9	34.8	33.2	31.7	31.7
20	22.8	27.8	32.2	31.3	35.1	35.4	34.7	32.9	32.7	30.9
21	23.7	28.0	30.0	31.3	35.0	35.1	34.2	32.2	31.2	30.4
22	24.2	27.2	30.6	31.0	34.6	35.7	34.0	32.8	32.2	29.6

## LAMPIRAN 1. (LANJUTAN)

Tanggal 30 Juni 1994

BIRIK	WAKTU									
	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
1	22.1	22.9	23.6	24.4	24.8	27.3	26.7	28.4	29.3	28.3
2	22.7	22.6	22.6	23.7	24.7	25.7	26.5	26.2	27.2	27.3
3	22.8	22.9	22.9	25.4	26.3	27.4	27.5	28.3	28.5	28.3
4	22.8	22.6	22.6	22.2	29.4	29.7	29.1	23.3	23.5	27.6
5	22.2	23.4	22.1	22.4	23.0	24.4	24.7	25.1	28.9	27.5
6	22.9	22.6	22.7	24.4	25.1	25.2	26.7	27.2	27.5	28.1
7	23.5	23.6	23.5	26.3	26.4	27.9	27.8	28.2	23.6	28.3
8	22.9	23.2	23.9	24.8	26.6	27.2	27.4	27.7	26.3	28.3
9	23.1	22.7	22.4	24.1	24.4	26.3	28.7	27.2	27.2	25.3
10	22.3	23.3	24.1	25.1	26.1	27.4	27.6	27.7	27.5	29.6
11	22.4	22.8	23.1	24.4	25.1	26.3	26.5	27.2	27.7	26.0
12	23.3	23.1	23.8	25.5	26.5	27.6	27.7	28.0	26.9	28.5
13	22.9	22.8	23.4	24.2	25.2	26.3	25.9	26.7	27.9	25.0
14	22.6	23.3	24.4	25.5	26.5	28.1	27.6	26.6	25.7	26.2
15	22.8	22.8	23.1	24.7	25.5	26.5	26.8	27.2	27.8	27.0
16	23.1	23.1	23.1	24.4	26.5	26.9	27.0	27.1	28.0	28.0
17	22.4	22.9	23.1	23.7	25.1	25.7	26.5	26.6	27.4	27.0
18	22.6	22.8	23.2	24.1	24.7	26.0	26.5	26.9	27.5	28.0
19	22.4	25.2	29.3	30.6	31.2	32.5	31.5	32.0	30.4	30.2
20	22.5	25.3	28.2	30.3	32.3	31.7	32.5	31.9	31.9	30.4
21	23.3	25.2	28.3	30.5	31.5	31.7	32.0	31.9	32.2	30.1
22	22.3	25.0	27.8	30.0	31.1	31.6	31.5	30.6	29.5	29.6

Tanggal 3 Juli 1994

TITIK	WAKTU									
	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
1	21.8	22.4	22.5	24.0	26.3	27.2	28.5	29.0	29.4	29.4
2	22.7	23.1	23.8	25.1	27.7	29.1	29.8	30.2	30.4	30.1
3	21.5	22.4	23.1	24.1	26.1	27.7	28.1	28.9	29.4	28.9
4	22.6	21.6	22.7	24.2	26.3	27.4	28.3	29.1	29.6	28.6
5	21.5	24.3	22.6	24.1	26.3	27.2	28.2	29.1	29.6	28.3
6	22.8	22.7	23.3	24.2	25.8	27.4	28.0	29.1	29.6	29.5
7	22.9	22.9	24.0	25.4	27.5	28.7	29.6	30.1	30.3	29.8
8	22.4	22.9	23.5	25.2	27.6	29.4	30.6	30.6	30.4	30.0
9	23.1	22.4	22.9	23.7	26.1	28.3	29.4	29.7	30.1	29.8
10	22.3	22.9	23.8	25.4	27.8	29.4	30.6	30.6	30.3	29.9
11	22.0	22.8	22.9	24.3	26.1	28.0	29.0	29.5	29.5	29.4
12	23.1	23.1	24.3	25.5	27.6	30.0	30.7	30.7	30.3	29.9
13	22.2	22.5	23.3	24.6	26.1	27.7	29.0	29.6	29.4	29.4
14	22.4	23.1	23.8	25.3	27.7	29.3	30.6	30.6	30.4	30.0
15	22.6	22.8	23.2	24.4	25.8	27.8	28.5	29.2	29.1	29.5
16	22.4	22.6	23.6	24.5	26.1	27.6	28.8	29.3	29.5	29.4
17	21.7	22.5	23.1	24.3	26.2	27.8	29.4	29.8	29.4	29.3
18	22.5	22.6	22.9	24.0	25.9	28.3	29.6	29.8	29.6	29.4
19	24.8	24.6	27.2	29.7	31.5	34.8	35.8	34.8	33.2	31.9
20	21.6	25.2	27.5	29.8	33.9	34.1	34.9	35.4	32.8	31.0
21	23.7	24.2	26.7	29.6	31.7	33.7	34.3	33.5	31.8	31.3
22	23.3	23.7	26.8	29.4	31.4	32.2	34.3	30.7	31.7	30.6



## LAMPIRAN 1. (LANJUTAN)

Tanggal 6 Juli 1994

URUTAN	WAKTU									
	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
1	21.8	22.0	22.6	23.3	24.8	25.3	26.2	27.1	28.0	27.9
2	22.4	22.7	23.5	24.9	26.2	28.1	29.3	30.0	29.7	29.6
3	22.2	22.4	22.6	23.3	24.8	26.1	27.4	28.5	28.6	28.6
4	22.0	22.4	22.7	23.8	24.9	25.3	26.3	27.2	28.7	28.5
5	22.8	22.6	22.9	23.9	25.1	26.3	27.8	28.9	29.0	29.2
6	22.6	23.1	23.7	25.0	26.7	28.7	29.9	30.2	30.0	29.3
7	22.3	22.7	22.8	24.0	25.0	25.3	26.4	27.2	28.7	28.6
8	22.8	22.5	22.8	24.1	25.2	26.6	28.0	29.3	29.4	29.4
9	22.2	22.9	23.6	25.0	26.4	28.3	29.7	30.0	30.0	29.3
10	22.1	22.4	22.8	24.1	25.1	26.3	27.6	28.8	29.1	29.1
11	22.7	22.9	23.8	25.2	26.8	28.5	30.2	30.2	29.8	29.4
12	22.4	22.6	22.9	24.1	25.4	26.7	28.2	29.0	29.3	28.9
13	22.2	22.9	23.8	25.4	26.8	28.9	30.1	30.2	30.0	29.4
14	22.6	22.6	22.9	24.2	25.4	26.6	28.0	29.0	29.1	29.2
15	22.4	22.8	23.3	24.3	25.7	27.2	28.5	29.1	29.4	28.9
16	22.0	22.3	22.8	23.6	25.1	26.2	27.0	27.8	28.3	28.1
17	22.1	22.6	23.2	24.3	25.5	26.6	27.4	28.3	28.8	28.4
18	22.3	22.9	23.6	24.6	26.0	27.2	28.0	28.5	29.0	28.7
19	22.1	25.4	26.2	29.7	30.8	35.0	36.6	34.6	32.8	31.0
20	21.3	23.9	26.3	30.4	30.3	33.5	36.5	32.8	33.4	29.9
21	22.9	22.6	25.7	27.7	28.2	31.8	35.8	33.9	32.8	30.5
22	21.5	22.4	25.7	28.5	29.2	34.5	34.4	31.4	29.8	28.5

Tanggal 9 Juli 1994

URUTAN	WAKTU									
	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
1	20.8	20.9	21.3	22.0	23.6	25.3	26.3	27.4	28.3	28.1
2	21.3	21.6	22.2	23.7	25.7	28.1	29.0	29.0	29.9	29.7
3	20.9	21.0	21.3	22.5	24.1	25.6	26.7	27.5	28.4	28.4
4	20.8	20.9	21.6	22.6	24.1	26.1	27.1	28.0	28.7	29.2
5	21.0	21.1	21.3	23.2	24.3	26.2	27.2	28.0	28.8	29.3
6	21.1	21.2	21.5	23.4	24.4	25.2	27.4	27.8	28.9	29.1
7	21.1	21.3	21.7	22.9	24.8	26.0	27.0	27.8	28.4	28.6
8	21.2	21.5	22.1	23.6	25.4	26.7	27.8	28.5	29.1	28.8
9	21.3	21.7	22.6	24.2	25.9	27.2	28.5	29.1	29.4	29.1
10	21.0	21.3	21.5	22.9	24.3	25.4	27.0	28.0	28.7	29.0
11	20.5	21.3	22.5	24.5	26.2	27.2	29.0	29.5	29.6	29.8
12	21.3	20.2	21.1	22.4	23.8	24.8	26.3	27.6	27.8	28.3
13	20.0	21.5	22.6	24.4	26.2	28.3	29.3	29.7	29.8	30.0
14	20.6	21.3	21.7	23.3	24.8	25.2	27.4	28.3	29.0	29.1
15	20.9	21.1	22.0	23.5	24.9	25.7	27.0	25.5	25.6	23.5
16	20.6	21.0	21.7	23.1	24.2	25.0	26.2	27.2	28.3	28.8
17	20.6	21.1	21.6	23.1	24.6	24.9	26.7	27.4	28.5	28.7
18	21.3	21.6	22.9	24.6	26.4	28.2	29.2	29.3	29.8	29.7
19	22.9	24.2	26.3	29.0	32.2	34.6	35.8	35.2	33.9	33.8
20	19.8	22.0	25.7	29.0	31.9	33.7	34.4	33.5	34.3	32.0
21	22.0	21.9	24.6	25.8	31.2	32.0	34.2	34.7	32.1	32.3
22	21.5	21.8	25.0	28.5	31.3	32.3	34.8	31.6	32.8	32.0



## LAMPIRAN 1. (LANJUTAN)

Tanggal 12 Juli 1994

PETIK	WAKTU									
	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
1	21.5	21.6	22.0	23.1	24.6	26.5	27.0	28.5	29.2	29.8
2	22.0	22.6	23.2	25.4	26.7	28.9	29.3	30.0	30.4	30.6
3	21.5	21.3	22.0	23.1	24.7	26.6	27.2	28.5	29.4	29.4
4	21.7	21.8	22.4	23.5	25.3	26.8	27.5	28.8	29.2	29.6
5	21.7	22.0	22.4	24.0	25.2	26.7	27.6	28.9	29.7	29.8
6	21.8	22.4	23.5	25.0	27.2	28.8	29.6	30.2	30.5	30.5
7	21.8	22.4	23.1	24.6	26.0	28.3	28.7	29.4	30.0	30.5
8	22.0	22.0	22.0	23.5	24.6	27.1	27.2	28.5	29.4	30.2
9	21.7	22.4	23.3	24.9	26.8	28.6	29.3	30.0	30.0	30.4
10	21.6	22.1	22.4	23.8	24.7	26.4	27.4	28.6	29.4	29.8
11	21.7	22.4	23.5	25.2	26.7	28.7	29.6	30.1	30.6	30.4
12	20.9	21.2	21.7	22.8	24.2	25.5	26.7	28.0	28.3	28.9
13	21.8	22.8	23.6	25.7	27.0	29.0	30.0	30.2	30.4	30.7
14	21.6	22.0	22.5	24.1	24.9	26.2	27.7	28.7	29.6	29.8
15	21.5	21.6	22.4	23.6	25.2	26.5	27.8	28.7	29.2	29.4
16	21.5	21.8	22.3	23.5	24.7	25.6	26.6	28.1	28.3	29.6
17	21.5	22.0	22.3	23.9	24.7	26.2	27.0	28.5	29.1	29.7
18	21.7	22.5	23.6	25.1	26.7	28.0	29.2	29.9	29.9	30.2
19	22.0	26.7	27.8	31.3	33.7	35.9	38.9	35.6	35.0	33.7
20	21.5	23.8	28.1	30.9	33.7	35.6	35.3	33.7	33.2	33.0
21	21.8	22.9	27.4	30.0	30.9	34.1	36.2	32.8	33.9	33.5
22	21.2	24.7	27.0	31.2	32.2	35.9	36.2	32.3	32.6	30.0

Tanggal 15 Juli 1994

PETIK	WAKTU									
	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
1	23.0	23.1	23.3	24.1	25.1	26.2	27.6	28.7	29.1	29.5
2	23.1	23.3	24.2	25.7	27.2	28.5	29.6	30.1	30.2	29.8
3	22.8	22.8	23.1	24.1	25.2	26.1	27.2	28.3	29.1	29.1
4	23.3	23.1	23.6	24.5	25.7	26.8	28.0	28.9	29.1	29.5
5	23.1	23.1	23.3	24.5	25.7	26.8	27.8	28.5	29.4	29.6
6	23.5	23.2	24.4	25.8	27.2	28.5	29.4	30.0	30.2	29.8
7	23.3	23.3	24.0	25.2	26.5	27.4	28.7	29.3	29.9	30.4
8	23.5	23.1	23.1	24.3	25.5	26.3	27.4	28.3	29.3	30.2
9	23.3	23.3	24.2	25.5	26.8	28.0	29.1	29.6	30.0	30.0
10	22.9	23.2	23.3	24.4	25.5	26.2	27.5	28.1	29.4	30.0
11	23.1	23.3	24.2	25.8	27.2	28.2	29.2	29.6	30.2	29.8
12	23.1	22.9	23.5	24.3	25.6	26.2	27.4	28.5	29.0	29.1
13	23.1	23.4	24.4	25.9	27.2	28.5	29.6	29.6	30.4	30.6
14	22.9	23.3	23.6	24.8	26.0	26.7	27.8	28.5	29.5	29.6
15	23.1	23.2	23.7	24.8	26.0	26.7	27.8	28.9	29.3	29.3
16	23.1	23.1	23.7	24.4	25.5	25.6	26.8	27.8	29.9	29.8
17	22.8	23.1	23.5	24.6	25.7	25.9	26.7	27.8	29.2	29.6
18	23.1	23.1	24.5	25.7	27.2	28.0	29.0	29.5	30.0	29.6
19	23.5	24.1	27.5	28.5	33.0	34.4	35.9	34.2	34.1	31.7
20	23.2	24.3	27.4	30.3	31.7	32.3	35.1	33.7	33.7	31.7
21	23.4	23.9	26.8	27.0	30.1	30.2	33.3	30.5	30.9	30.8
22	23.7	24.0	27.0	29.6	31.4	33.9	33.9	31.6	30.7	30.6

LAMPIRAN 2. DATA PENGUKURAN PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) DI DALAM DAN DI LUAR RUMAH KACA

Tanggal 12 Juli 1994

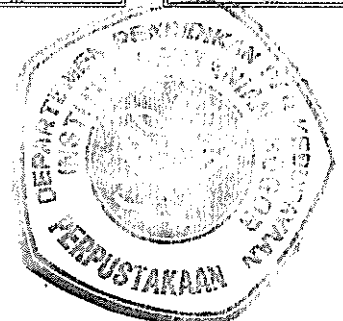
07.00		08.00		09.00		10.00		11.00	
Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar
(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )	
14.44	130.00	28.89	283.33	43.33	292.50	101.11	388.19	137.22	397.22
14.44	137.22	28.89	238.33	43.33	303.33	104.72	415.28	137.22	397.22
43.33	137.22	108.33	245.55	158.89	303.33	184.17	379.16	195.00	433.33
23.89	137.22	108.33	241.94	158.89	303.33	180.55	379.16	173.33	433.33
28.89		79.44		137.22		162.5		151.67	
32.50		65.00		137.22		173.33		180.55	
27.08	135.42	69.81	241.22	113.03	300.80	151.67	390.36	162.50	415.27

12.00		13.00		14.00		15.00		16.00	
Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar
(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )	
158.89	397.22	180.55	433.33	173.33	397.22	144.44	343.05	72.22	216.67
155.22	469.44	187.78	451.39	187.78	397.22	144.44	325.00	72.22	216.67
202.22	397.22	180.55	433.33	122.78	370.14	65.00	361.12	43.33	234.72
187.78	433.33	144.44	433.33	122.78	370.14	72.22	361.12	43.33	216.67
115.55		158.89		108.33		108.33		43.33	
180.55		162.50		108.33		65.00		43.33	
166.83	424.30	169.00	438.02	137.22	383.86	100.03	347.75	53.08	221.36

Tanggal 15 Juli 1994

07.00		08.00		09.00		10.00		11.00	
Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar
(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )	
14.44	57.78	39.72	140.83	57.78	267.22	108.33	306.94	137.22	397.22
14.44	61.39	39.72	144.44	46.94	281.66	93.89	306.94	130.00	379.16
21.67	68.61	65.00	151.67	144.44	306.94	169.72	343.05	173.33	415.27
21.67	61.39	65.00	148.05	137.22	270.83	184.17	314.16	180.55	397.22
14.44		50.56		136.39		108.33		108.33	
18.06		57.78		133.61		151.67		169.72	
17.33	62.47	69.69	146.25	107.61	281.66	136.14	317.76	149.86	397.22

12.00		13.00		14.00		15.00		16.00	
Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar	Dalam	Luar
(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )		(w/m <sup>2</sup> )	
151.67	379.16	173.33	397.22	137.22	361.11	119.17	234.72	36.11	93.89
151.67	297.22	173.33	397.22	137.22	361.11	115.55	252.78	36.11	94.50
158.89	433.33	158.89	415.27	115.55	379.16	57.78	252.78	32.50	93.89
173.33	397.22	180.55	397.22	108.33	361.11	50.56	252.78	32.50	94.50
137.22		122.78		115.55		65.00		25.28	
150.28		162.50		158.89		86.67		39.72	
154.55	401.91	161.78	401.91	128.92	365.80	82.33	248.44	33.58	95.69



LAMPIRAN 3. DATA PENGUKURAN SOLAR RADIATION DAN KELEMBABAN NISBI DI LUAR RUMAH KACA

TANGGAL	SOLAR RADIATION		RH (%)
	cal/cm2/min	w/m2	
24/6	0.85239	594	84
27/6	0.85239	594	80
30/6	0.86120	601	82
03/6	0.90783	633	78
06/7	0.90090	628	80
09/7	1.24047	865	70
12/7	1.22661	855	73
15/7	1.08171	754	78

## LAMPIRAN 4. DATA HASIL PENGAMATAN TINGGI TANAMAN TOMAT

Bedang	TINGGI TANAMAN (CM)												
	7/5	10/6	13/6	16/6	19/6	22/6	24/6	27/6	30/6	3/7	6/7	9/7	12/7
A1	16.0	22.0	29.5	39.0	48.0	60.0	68.0	76.0	83.0	97.0	118.0	131.5	135.5
A2	16.5	23.0	30.0	40.0	53.5	66.5	77.0	92.0	103.0	118.0	143.0	158.5	176.0
A3	16.5	22.5	28.5	35.5	44.5	53.5	62.0	76.0	89.0	107.0	134.5	150.0	162.0
A4	17.5	24.5	31.0	44.5	54.0	67.5	76.5	92.0	111.0	121.0	140.0	147.0	157.0
A5	12.8	18.0	22.5	32.0	39.0	47.5	57.5	71.0	88.0	110.0	133.0	140.5	150.0
A6	15.5	22.0	27.0	37.0	49.0	64.5	74.5	91.0	110.0	127.0	144.5	146.0	178.0
A7	16.3	21.5	26.5	36.5	43.5	50.5	56.5	69.5	89.0	104.0	124.0	141.0	148.0
A8	14.5	20.5	26.5	33.0	45.0	56.0	64.0	79.0	97.0	104.0	116.0	121.0	127.0
A9	19.0	25.5	32.5	41.5	53.5	65.0	73.0	89.0	102.0	115.0	133.0	136.0	148.0
B1	17.0	25.0	29.5	39.0	*40.0	52.0	62.5	73.0	85.5	94.0	103.0	120.0	138.0
B2	16.0	23.0	30.0	38.5	42.0	48.0	53.0	64.0	77.0	87.5	96.0	107.5	116.0
B3	14.5	21.0	27.0	36.0	*36.0	45.0	54.0	68.0	86.0	94.0	108.0	125.0	135.0
B4	15.9	22.0	28.0	36.0	47.0	56.5	67.0	82.0	103.0	110.0	124.0	140.0	154.0
B5	18.7	25.0	34.5	43.0	53.0	70.0	77.0	90.0	111.0	124.0	144.0	159.0	173.0
B6	16.0	23.0	32.0	40.0	52.0	69.0	74.0	90.0	109.0	124.0	144.0	165.0	179.0
B7	17.0	24.0	32.0	40.0	51.5	69.0	71.0	84.0	101.0	130.0	150.0	160.0	171.0
B8	18.0	23.0	29.0	37.0	45.0	57.5	64.0	75.0	87.0	90.0	95.0	98.0	102.0
B9	20.0	26.5	32.5	41.5	49.5	57.5	61.0	67.5	76.0	79.0	82.0	82.0	82.0
C1	13.6	21.0	26.5	37.0	47.0	57.0	64.0	76.0	92.0	105.0	126.0	144.0	154.0
C2	18.3	25.5	31.5	43.5	55.0	72.0	88.0	94.0	113.0	127.0	140.0	158.0	168.0
C3	18.2	24.5	32.0	43.0	58.0	70.0	76.5	88.0	110.0	126.0	145.5	160.0	170.0
C4	16.5	23.0	31.5	41.5	53.0	68.0	76.0	89.0	100.0	103.0	106.0	113.0	114.5
C5	16.3	23.0	26.0	35.0	45.0	55.0	62.0	74.0	87.0	100.0	112.5	127.0	147.0
C6	15.5	21.5	26.0	35.0	41.0	47.0	49.0	51.0	*53.0	53.0	95.0	114.0	126.0
C7	20.5	24.5	31.5	40.0	50.5	60.0	67.0	82.0	101.0	117.0	133.0	154.0	170.0
C8	18.5	24.5	30.5	42.0	53.5	65.0	71.5	80.0	100.0	113.0	126.0	130.0	137.5
C9	16.0	22.0	27.5	37.5	47.5	56.0	65.5	75.0	86.0	99.0	114.0	132.0	140.0
D1	13.5	24.5	31.5	41.5	52.0	64.5	72.0	79.0	100.0	110.0	136.0	147.0	148.0
D2	13.5	19.5	24.0	33.0	45.0	56.5	65.0	77.0	101.0	113.0	136.0	140.0	149.0
D3	17.5	20.5	28.0	35.5	45.0	51.5	59.0	70.5	83.0	85.0	90.0	92.0	94.0
D4	15.5	19.5	26.5	33.0	39.0	44.5	50.0	56.0	67.0	79.0	90.0	102.5	114.0
D5	14.0	22.0	29.5	41.5	51.0	64.0	75.5	91.0	102.0	111.0	127.0	144.0	152.0
D6	14.5	21.0	27.5	36.5	47.5	63.0	70.5	83.0	102.0	112.0	136.0	138.0	144.0
D7	15.5	24.0	29.0	38.0	50.5	64.5	71.5	87.0	99.0	115.0	133.0	146.0	156.0
D8	13.5	18.5	23.5	33.0	40.5	51.5	58.5	71.0	91.0	101.0	103.0	108.0	110.0
D9	18.0	20.5	25.0	32.5	36.5	48.0	55.0	68.0	91.0	102.0	110.0	123.0	138.0

Keterangan :

\* = tanaman diganti