

# **LAPORAN AKHIR**

## **INSENTIF RISET SINAS**

**JUDUL TOPIK PENELITIAN**

**MONITORING *WATER STRESS* PADA TANAMAN  
MELON MENGGUNAKAN *NEAR INFRARED*  
*SPECTROSCOPY* UNTUK PRODUKSI BUAH  
MELON BERKADAR GULA TINGGI**

**RT-2015-0275  
BIDANG PRIORITAS:  
Teknologi Pangan**

**JENIS RISET:  
Insentif Riset Terapan (RT)**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN  
KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS LAMPUNG**

**Gedung Rektorat Lantai 5  
Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung Indonesia  
Telp. 0721-705173 Fax. 0721-773798**

**DESEMBER 2015**

# LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN

Judul Topik Penelitian Insentif Riset Sinas Tahun 2015:  
**MONITORING WATER STRESS PADA TANAMAN MELON  
MENGUNAKAN NEAR INFRARED SPECTROSCOPY UNTUK PRODUKSI  
BUAH MELON BERKADAR GULA TINGGI**

**Bidang Prioritas Iptek Teknologi:** Teknologi Pangan

**Jenis Insentif Riset:** Insentif Riset Terapan (RT)

**Cara Pelaksanaan :** Non Konsorsium

**Lokasi Penelitian:** Universitas Lampung

<b>Keterangan Pelaksana Penelitian</b>	
<b>A. Ketua Pelaksana Penelitian</b>	
Nama Peneliti Utama	: Dr. Diding Suhandy, S.TP, M.Agr
Nama Lembaga/Institusi	: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung
Unit Organisasi	: Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian
Alamat	: Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung Indonesia
Telepon/HP/Faksimil/e-mail	: 081373347128/diding2004@yahoo.com
<b>B. Anggota Pelaksana Penelitian</b>	
Nama Peneliti	: Ahmad Tusi, S.TP, M.Si
Nama Lembaga/Institusi	: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung
Unit Organisasi	: Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian
Alamat	: Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung Indonesia
Telepon/HP/Faksimil/e-mail	: 08128890680/atusi@unila.ac.id
<b>C. Anggota Pelaksana Penelitian</b>	
Nama Peneliti	: Meinilwita Yulia, S.TP, M.Agr.Sc
Nama Lembaga/Institusi	: Politeknik Negeri Lampung
Unit Organisasi	: Jurusan Teknologi Pertanian
Alamat	: Jl. Soekarno Hatta No.10 Raja Basa Bandar Lampung Indonesia
Telepon/HP/Faksimil/e-mail	: 081373347129/meinilwitayulia@yahoo.co.id

Bandar Lampung, 1 Desember 2015

Ketua Lembaga Penelitian dan  
Pengabdian Kepada Masyarakat  
Universitas Lampung



Dr. Eng. Admi Syarif  
NIP. 196701031992031003

Peneliti Utama

Diding Suhandy, S.TP, M.Agr, Dr.  
NIP. 197803032001121001

## RINGKASAN

Saat ini teknik hidroponik dengan aplikasi cekaman air (*water stress*) mulai banyak dikembangkan untuk meningkatkan kualitas atau mutu buah yang dihasilkan. Untuk buah melon, *water stress* atau *deficit irrigation* telah terbukti mampu memberikan efek positif yakni meningkatnya kadar gula buah melon yang diukur dengan satuan kandungan padatan terlarut/KPT (*soluble solids content/SSC*). Sedangkan KPT merupakan salah satu atribut mutu yang paling diperhatikan oleh konsumen saat mengkonsumsi buah melon.

Hanya saja, selain efek positif peningkatan KPT, *water stress* pada buah melon juga ternyata memiliki dampak negatif. Di antara efek negatif aplikasi *water stress* pada buah melon adalah ukuran buah menjadi lebih kecil dan secara keseluruhan *water stress* bisa menyebabkan penurunan hasil panen buah melon. Dengan demikian, aplikasi *water stress* pada buah melon haruslah pada kondisi yang optimal supaya bisa memaksimalkan dampak positif berupa peningkatan KPT dan meminimalkan dampak negatif berupa penurunan hasil (panen).

Pada penelitian ini (30% dana penelitian), pada tingkat *water stress* 100% (tanpa ada hambatan/cekaman), rata-rata bobot buah melon yang dihasilkan sekitar 1703 gram. Ketika pemberian air mulai dihambat maka bobot buah melon mulai menurun. Pada tingkat *water stress* 80% dan 60% rata-rata bobot buah turun menjadi sekitar 1200 gram. Sedangkan pada tingkat *water stress* yang lebih besar yakni 40%, rata-rata bobot buah melon semakin turun yakni menjadi sekitar 1060 gram.

Pada perlakuan *water stress* 100%, rata-rata nilai KPT diperoleh sebesar 9.68°Brix. Pada perlakuan 60% dan 40%, rata-rata nilai KPT meningkat menjadi 10.65°Brix dan 10.98°Brix. Dengan melihat dampak positif dan negatif yang diperoleh dari perlakuan *water stress* dengan beberapa tingkatan, maka pemberian perlakuan *water stress* sebesar 60% dapat dianggap sebagai pilihan terbaik untuk memproduksi buah melon manis (memiliki kadar gula atau KPT tinggi) dengan bobot buah yang masih bisa diterima pasar. Dengan menggunakan data LWP yang diperoleh maka dapat dikatakan bahwa untuk tingkat *water stress* 60%, rata-rata nilai LWP tanaman melon adalah sebesar -1.45 bar atau -0.145 MPa.

Pada bagian ini juga dievaluasi pemilihan sampel daun pada tanaman melon yang dapat mewakili kondisi *water stress* pada tanaman melon. Pemilihan daun melon juga harus memperhatikan ukuran ruang *chamber* pada alat PMS Instrument model 600 untuk pengukuran nilai LWP secara langsung/merusak. Ukuran daun yang melebihi ukuran ruang *chamber* tentu saja harus dihindari untuk memperoleh pengukuran nilai LWP yang akurat menggunakan alat PMS Instrument model 600.

Model kalibrasi untuk penentuan LWP menggunakan NIR *spectroscopy* telah berhasil diujicobakan dengan menggunakan daun melon dengan posisi daun keenam dari pucuk (*the six leaves from the apex*). Model kalibrasi memiliki koefisien korelasi sebesar 0.99 untuk model kalibrasi. Hasil ini memberikan informasi yang sangat berharga untuk mendesain sistem pengukuran spektra daun melon sebagai langkah menuju monitoring *water stress* pada tanaman melon melalui pengukuran LWP secara tidak merusak menggunakan NIR *spectroscopy*.

Pada kegiatan penggunaan dana 50%, penentuan jumlah titik pengambilan spektra optimal untuk pengukuran LWP menggunakan NIR *spectroscopy* dilakukan. Hasil investigasi menunjukkan bahwa pengambilan spektra sebanyak 1 titik (**spektra1**) memungkinkan terjadinya ketidakkonsistenan pada hasil penentuan LWP menggunakan NIR *spectroscopy*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai SEP yang diperoleh bervariasi. Hal yang sama berlaku untuk **spektra2**. Sedangkan penggunaan tiga titik pengambilan spektra (**spektra3**), selain menghasilkan nilai SEP terkecil, nilai SEP yang diperoleh juga mendekati nilai SEP pada **spektra6**. Meskipun dipastikan jika pengambilan **spektra6** akan menghasilkan kualitas model kalibrasi yang lebih konsisten, namun untuk proses pengambilan spektra yang cepat, maka sampai tahap ini disarankan untuk mengambil spektra sebanyak 3 kali untuk setiap sampel daun melon.

Pada riset pengembangan model kalibrasi global yang mampu mengkompensasi variasi suhu sampel telah berhasil dilakukan. Hasil prediksi menggunakan model kalibrasi global menghasilkan nilai SEP dan *bias* yang rendah untuk semua suhu sampel. Model global inilah yang akan digunakan pada saat proses monitoring nilai LWP di dalam rumah plastik untuk mengontrol tingkatan *water stress* pada tanaman melon untuk menghasilkan melon dengan kualitas optimal (manis dan berukuran layak pasar).

Kemudian pada riset pengembangan model kalibrasi untuk menghitung nilai LWP secara tidak merusak menggunakan NIR *spectroscopy* dan regresi MLR telah



dilakukan. Regresi MLR hanya melibatkan 5 peubah saja dengan persamaan model kalibrasi:

$$\text{LWP} = 0.30 + 80.L(\lambda_{497}) + 130.L(\lambda_{496}) + 90.L(\lambda_{627}) - 50.L(\lambda_{650}) + 20.L(\lambda_{667}).$$

Meskipun persamaan LWP sudah dapat diturunkan dan hanya menggunakan lima peubah (proses komputasi akan sangat cepat), persamaan LWP yang dihasilkan belumlah memuaskan karena nilai korelasi yang dihasilkan masih rendah. Untuk memperbaiki model MLR tersebut maka dapat dilakukan proses pengolahan spektra seperti proses *smoothing* spektra atau proses derivasi spektra.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah atas Nabi Muhammad SAW.

Penelitian dengan Judul: MONITORING WATER STRESS PADA TANAMAN MELON MENGGUNAKAN NEAR INFRARED SPECTROSCOPY UNTUK PRODUKSI BUAH MELON BERKADAR GULA TINGGI (RT-2015-0275) merupakan salah satu penelitian yang didanai oleh program Sinas RISTEK 2015 dan saat ini telah memberikan 30%+ 50%+20% pendanaannya.

Pada penelitian ini yakni dalam penelitian dengan dana 30% ini fokus kami adalah memberikan landasan bagi terlaksananya seluruh tahapan penelitian. Maka fokus kami adalah pertama menjawab pertanyaan krusial terkait berapa kisaran angka LWP yang akan dikontrol oleh NIR *spectroscopy* untuk mendapatkan buah melon manis dengan produktivitas tetap diterima oleh pasar. Kemudian pertanyaan kedua yang harus dijawab adalah terkait posisi daun melon yang mana yang akan dijadikan sebagai daun sampel? Tentu saja kedua informasi di atas sangat berharga dalam mendesain sistem monitoring pengukuran LWP menggunakan NIR *spectroscopy*.

Pada penelitian ini pula potensi penggunaan NIR *spectroscopy* sebagai *tool* untuk menghitung nilai LWP diperlihatkan dan berhasil dibangun model kalibrasi untuk penentuan nilai LWP menggunakan NIR *spectroscopy*. Dari hasil penelitian ini sedang dibuat draft publikasi di jurnal ilmiah nasional terakreditasi dengan judul: "Pengukuran *water stress* pada tanaman melon dengan menggunakan metode *pressure chamber* untuk produksi buah melon berkadar gula tinggi".

Pada penggunaan dana 50%, fokus kami dua kegiatan yakni riset penentuan jumlah titik pengambilan spektra yang optimal dan riset pengembangan model kalibrasi NIR *spectroscopy* untuk pengukuran LWP dengan kompensasi suhu.

Pada penggunaan dana 20% kami melakukan kegiatan riset untuk menyederhanakan model kalibrasi berbasis PLS menjadi model kalibrasi berbasis MLR dengan jumlah peubah sangat sedikit. Model kalibrasi berbasis MLR akan mereduksi kompleksitas komputasi sehingga sangat sesuai untuk digunakan pada proses pengukuran nilai LWP secara *on-plant* untuk monitoring level *water stress* pada tanaman melon.

Semoga apa yang dihasilkan di keseluruhan tahap ini memberikan landasan yang kuat bagi aplikasi teknologi NIR *spectroscopy* sebagai *tool* untuk monitoring level *water stress* pada tanaman melon sehingga dihasilkan buah melon berkadar gula tinggi.

Untuk luaran riset penggunaan 30% dana sudah ditulis dalam sebuah artikel ilmiah dan sudah dipresentasikan di seminar nasional SATEK VI di Universitas Lampung dan telah meluluskan satu orang mahasiswa S1 prodi TEP Unila atas nama Iwan Novianto. Makalah dalam prosiding sudah terbit dan akan disiapkan dan diperbaiki untuk dikirimkan ke jurnal ilmiah nasional terakreditasi. Sedangkan luaran riset 50% dana akan dipresentasikan dalam seminar nasional INSINAS 2015 di Bandung, satu artikel dikirimkan ke seminar internasional ISMAB2016 di Niigata Jepang dan juga sudah dituliskan dan dikirimkan satu artikel ilmiah internasional ke *Journal of Agronomy* (MDPI publisher). Naskah untuk kedua artikel tersebut dilampirkan.

Sebagai akhir, kami tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada pihak Sinas RISTEK 2015 yang telah memberikan 30% + 50% + 20% pendanaan atas penelitian ini.

Terima kasih kepada seluruh tim riset (Pak Tusi dan Ibu Yulia) yang begitu kompak dalam pelaksanaan riset dan diskusi selama penelitian. Juga terima kasih kepada staf LPPM Universitas Lampung yang turut serta membantu administrasi program riset ini. Tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu seperti pihak Dekanat Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan lahan bagi rumah plastik dan saudara Iwan, Cayo dan Muammar mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung yang terlibat dalam penelitian ini. Semoga kerjasama ini akan terus berlanjut ke depan.

Bandar Lampung, 1 Desember 2015

Dr. Diding Suhandy, S.TP, M.Agr  
Peneliti Utama

# DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB 1.PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Buah Melon.....	4
2.2. Pengukuran <i>Water Stress</i> .....	5
2.3. <i>Near Infrared (NIR) Spectroscopy</i> .....	6
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	8
3.1. Tujuan Penelitian.....	8
3.2. Manfaat Penelitian.....	9
BAB 4. METODE PENELITIAN.....	10
4.1. Lokasi Penelitian.....	10
4.2. Bahan.....	10
4.3. Prosedur Kerja.....	11
BAB 5. RENCANA CAPAIAN, HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
5.1. Rencana Capaian.....	23
5.2. Hasil Dan Pembahasan.....	24
5.3. Hambatan.....	52
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
6.1. Kesimpulan.....	53
6.2. Saran .....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
Lampiran 1. Foto Kegiatan.....	58
Lampiran 2. SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI VI.....	62
Lampiran 3. SEMINAR NASIONAL INSINAS 2015.....	80
Lampiran 4. DRAFT ARTIKEL ILMIAH DIKIRIM KE JURNAL INTERNASIONAL...	86



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Komposisi kimia buah melon per 100 g bahan.....	4
Tabel 2.	Deskripsi tingkat <i>water stress</i> yang digunakan pada penelitian ini.....	10
Tabel 3.	Terminologi statistik terapan yang digunakan untuk mengevaluasi persamaan kalibrasi.....	15
Tabel 4.	Kombinasi perlakuan rata-rata spektra.....	18
Tabel 5.	Kombinasi perlakuan rata-rata spektra.....	37
Tabel 6.	Hasil kalibrasi dan validasi penentuan LWP menggunakan tipe spektra yang berbeda.....	40
Tabel 7.	Deskripsi statistik nilai LWP sampel untuk kalibrasi dan validasi pada model kalibrasi lokal dan global.....	43
Tabel 8.	Hasil pengembangan model kalibrasi lokal pada masing-masing suhu.....	44
Tabel 9.	Hasil pengembangan model kalibrasi global hasil gabungan sampel pada semua suhu.....	46
Tabel 10.	Hasil uji prediksi menggunakan model kalibrasi lokal dan global....	48

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Spektrum gelombang elektromagnetik (Davies, 2005).....	6
Gambar 2.	Posisi pengambilan spektra daun melon pada 6 titik yang berbeda.....	11
Gambar 3.	Metode <i>pressure chamber</i> pada pengukuran nilai LWP.....	12
Gambar 4.	Prosedur pengukuran nilai LWP menggunakan <i>PMS instrument</i> model 600 (adapted from PMS instrument company, 2005).....	13
Gambar 5.	Bagan alir penelitian tahap pertama.....	17
Gambar 6.	Bagan alir penelitian tahap ketiga.....	20
Gambar 7.	Bagan alir penelitian tahap keempat.....	22
Gambar 8.	Rumah plastik yang disiapkan untuk pelaksanaan kegiatan riset...	24
Gambar 9.	Proses pembenihan melon (gambar kiri) dan proses pemindahan bibit melon ke dalam polibag dengan hidroponik sistem irigasi tetes (gambar kanan).....	24
Gambar 10.	Proses pembesaran tanaman melon dengan hidroponik irigasi tetes memanfaatkan botol plastik bekas.....	25
Gambar 11.	Proses pemberian tali plastik untuk menopang buah melon selama proses pertumbuhan.....	26
Gambar 12.	Proses pengukuran <i>leaf water potential</i> (LWP) pada tanaman melon menggunakan alat PMS Instrument Model 600.....	27
Gambar 13.	Profil nilai LWP tanaman melon pada minggu pertama setelah perlakuan <i>water stress</i> .....	28
Gambar 14.	Profil nilai LWP tanaman melon pada minggu kedua setelah perlakuan <i>water stress</i> .....	28
Gambar 15.	Profil nilai LWP tanaman melon pada minggu ketiga setelah perlakuan <i>water stress</i> .....	29
Gambar 16.	Diameter buah melon fresh baru dipanen pada berbagai tingkat <i>water stress</i> .....	30
Gambar 17.	Bobot buah melon fresh baru dipanen pada berbagai tingkat <i>water stress</i> .....	30
Gambar 18.	KPT buah melon fresh baru dipanen pada berbagai tingkat <i>water stress</i> .....	31
Gambar 19.	Spektra daun melon pada rentang 300-1100 nm.....	33
Gambar 20.	Spektra daun melon pada rentang 700-1100 nm.....	33
Gambar 21.	Histogram nilai LWP rendah, sedang dan tinggi.....	34
Gambar 22.	Scatter plot antara LWP hasil pengukuran PMS Instrument Model 600 dan LWP hasil perhitungan NIR spectroscopy pada daun keenam dari pucuk.....	35
Gambar 23.	Visualisasi spektra1 pada panjang gelombang 300-1100 nm.....	38
Gambar 24.	Visualisasi spektra6 pada panjang gelombang 300-1100 nm.....	39
Gambar 25.	Rata-rata suhu harian lingkungan di dalam rumah plastik.....	41
Gambar 26.	Pengembangan model kalibrasi lokal dan global menggunakan set sampel yang berbeda.....	42
Gambar 27.	Plot kalibrasi dan validasi terbaik pada suhu 15°C.....	45
Gambar 28.	Plot kalibrasi dan validasi terbaik pada suhu 25°C.....	45
Gambar 29.	Plot kalibrasi dan validasi terbaik pada suhu 35°C.....	46
Gambar 30.	Plot kalibrasi dan validasi pada model kalibrasi global.....	47
Gambar 31.	Plot panjang gelombang vs. koefisien regresi hasil regresi PLS...	50
Gambar 32.	Penentuan LWP menggunakan regresi MLR dengan lima peubah.....	51

# BAB 1. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang Masalah

Buah Melon (*Cucumis melo L.*) merupakan salah satu produk hortikultura penting di dunia dengan keseluruhan produksi mencapai 27.3 juta metrik ton, dengan China, Iran, Turki, Mesir dan USA sebagai pemasok utama buah melon dunia dengan total produksi mencapai 68% dari total produksi dunia (FAO, 2013). Di Indonesia, buah melon merupakan salah satu komoditas unggulan. Masyarakat Indonesia sangat menyukai buah melon karena rasanya yang manis dan enak serta kandungan gizinya sangat tinggi.

Dari tahun ke tahun permintaan konsumen terhadap buah melon terus meningkat, baik konsumen dalam negeri maupun konsumen luar negeri. Pasar bagi produk buah-buahan akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya pendapatan masyarakat. Hal ini karena sifat konsumsi buah yang memang bukan makanan pokok tetapi mengkonsumsi buah-buahan sebagai sumber vitamin, mineral dan bisa juga sebagai zat pemuas kesenangan. Sehingga untuk menyambut permintaan konsumsi buah yang tinggi di masyarakat diperlukan upaya sungguh-sungguh untuk meningkatkan produksi buah kemudian upaya untuk menambah keragaman buah yang ada di pasar dan tidak kalah penting adalah perlu upaya penyediaan buah bermutu tinggi.

Saat ini permintaan buah melon yang tinggi belum bisa terpenuhi karena produktivitas buah melon di dalam negeri yang masih rendah. Rendahnya produksi buah melon ini disebabkan oleh budidaya tanaman melon yang cukup sulit, masih konvensional di lahan terbuka sehingga tanaman melon sangat rentan terhadap hama dan penyakit. Hal ini mengakibatkan tingkat kegagalan budidaya tanaman melon cukup tinggi yang pada akhirnya berpengaruh terhadap rendahnya produktivitas buah melon (Sartono, 2001).

Saat ini banyak masyarakat yang menggunakan teknologi baru dalam pembudidayaan tanaman. Salah satu teknologi tersebut adalah sistem penanaman hidroponik. Menurut Subhan dan Dimiyati (2002), hidroponik merupakan satu teknologi budidaya tanaman yang tidak mengandalkan tanah sebagai media tanam. Dengan adanya sistem budidaya hidroponik tersebut diharapkan mampu meningkatkan kualitas/mutu dan kuantitas/produktivitas buah melon. Budidaya melon dengan teknik

hidroponik memiliki beberapa keunggulan di antaranya adalah kebersihan lebih mudah terjaga, pengolahan media dan gulma lebih mudah dilakukan, penggunaan pupuk dan air sangat efisien, tanaman dapat diusahakan terus tanpa tergantung musim dan tanaman dapat berproduksi dengan kualitas tinggi (Suhardiyanto, 2002).

Saat ini teknik hidroponik dengan aplikasi cekaman air (*water stress*) mulai banyak dikembangkan untuk meningkatkan kualitas atau mutu buah yang dihasilkan. Untuk buah melon, *water stress* atau *deficit irrigation* telah terbukti mampu memberikan efek positif yakni meningkatnya kadar gula buah melon yang diukur dengan satuan kandungan padatan terlarut/KPT (*soluble solids content/SSC*) (Fabeiro *et al.*, 2002; Sensoy *et al.*, 2007; Lester *et al.*, 1994). Sedangkan KPT merupakan salah satu atribut mutu yang paling diperhatikan oleh konsumen saat mengkonsumsi buah melon.

Hanya saja, selain efek positif peningkatan KPT, *water stress* pada buah melon juga ternyata memiliki dampak negatif. Di antara efek negatif aplikasi *water stress* pada buah melon adalah ukuran buah menjadi lebih kecil (Wacquand, 1989; Ribas *et al.*, 2001; Fabeiro *et al.*, 2002; Long *et al.*, 2006) dan secara keseluruhan *water stress* bisa menyebabkan penurunan hasil panen buah melon (Kirnak *et al.*, 2005; Sensoy *et al.*, 2007). Dengan demikian, aplikasi *water stress* pada buah melon haruslah pada kondisi yang optimal supaya bisa memaksimalkan dampak positif berupa peningkatan KPT dan meminimalkan dampak negatif berupa penurunan hasil (panen).

*Leaf water potential* (LWP) merupakan salah satu status fisiologi tanaman yang telah digunakan secara luas untuk mengkuantifikasi *water stress* pada tanaman. Seperti yang ditunjukkan oleh banyak peneliti, pada kondisi *water stress*, LWP berkorelasi sangat baik dengan parameter-parameter fisiologi tanaman seperti konduktansi stomata dan laju fotosintesis. Pada saat *water stress* diinduksi, LWP, konduktansi stomata dan laju fotosintesis akan turun. LWP juga berkorelasi dengan fenomena daun menggulung (*leaf rolling*) sebuah penampakan yang sederhana dari *water stress* pada tanaman (O`toole and Cruz, 1980).

Untuk merealisasikan ide optimalisasi *water stress*, pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan cara memonitor nilai LWP tanaman melon. Monitoring nilai LWP menghasilkan pengukuran nilai LWP secara *real time*. Ini merupakan bioinformasi yang dapat digunakan untuk kontrol rutin tingkat/level *water stress*. Proses pengukuran dan identifikasi respon tanaman dan penggunaan model tanaman untuk membuat keputusan dikenal sebagai konsep *Speaking Plant Approach* (SPA), di mana faktor-faktor lingkungan dianggap sebagai input dan respon tanaman sebagai output



(Morimoto and Hashimoto, 2000). Namun demikian untuk mengaplikasikan manajemen *water stress* berdasarkan konsep SPA maka diperlukan suatu metode pengukuran nilai LWP secara cepat dan tidak merusak (*rapid and nondestructive*).

*Near Infrared (NIR) spectroscopy* merupakan salah satu metode tidak merusak (*nondestructive*) yang telah digunakan secara luas pada aplikasi deteksi kondisi *water stress* untuk beberapa tanaman. Aplikasi ini melibatkan penggunaan gelombang elektromagnetik *near infrared* pada panjang gelombang pendek (700–1100 nm) maupun panjang gelombang panjang (1100–2500 nm). Dengan jumlah sampel yang terbatas, Okamura *et al.* (2001) telah berhasil menggunakan NIR *spectroscopy* untuk mendeteksi kondisi *water stress* pada buah tomat. Hanya saja, akurasi masih sangat rendah diakibatkan salah satunya karena jumlah sampel yang digunakan sangat terbatas.

Penelitian ini merupakan sebuah terobosan teknologi untuk merealisasikan potensi NIR *spectroscopy* untuk menentukan LWP tanaman melon secara tidak merusak. Keberhasilan teknik pengukuran LWP secara tidak merusak akan membuka jalan bagi terbentuknya sistem pengukuran LWP secara *on-plant* dan tersedianya data LWP secara *real time*. Teknik ini dapat diaplikasikan sebagai sebuah sistem kontrol irigasi berbasis respon tanaman (*plant response-based irrigation control sistem*). Kontrol irigasi berbasis respon tanaman merupakan sistem irigasi yang dapat mengoptimalkan dampak positif aplikasi *water stress* di mana KPT buah melon dapat ditingkatkan dan meminimalkan dampak negatif *water stress* berupa penurunan panen. Pengukuran LWP secara *on-plant* akan menghasilkan data LWP yang bersifat *real time*. Ini merupakan bioinformasi yang dapat digunakan sebagai umpan balik (*feedback*) bagi sistem kontrol irigasi berbasis respon tanaman untuk mempertahankan tingkat/level *water stress* pada tingkat/level optimal. Pada akhirnya monitoring LWP yang optimal akan memungkinkan dan sistem produksi buah melon berkadar gula tinggi dapat direalisasikan dengan tetap menjaga potensi panen yang optimal.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Buah Melon

Buah Melon (*Cucumis melo L.*) merupakan salah satu produk hortikultura penting di dunia dengan keseluruhan produksi mencapai 27.3 juta metrik ton, dengan China, Iran, Turki, Mesir dan USA sebagai pemasok utama buah melon dunia dengan total produksi mencapai 68% dari total produksi dunia (FAO, 2013). Di Indonesia, buah melon merupakan salah satu komoditas unggulan. Masyarakat Indonesia sangat menyukai buah melon karena rasanya yang manis dan enak serta kandungan gizinya sangat tinggi.

Namun demikian, saat ini terjadi ketimpangan antara jumlah permintaan dan produksi buah melon. Seperti data BPS tahun 2010, produksi melon di Indonesia hanya sebesar 85.161 ton sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan melon di dalam negeri. Akibatnya 247.537 ton buah melon harus diimpor dari luar negeri.

Dari kandungan gizi, buah melon memiliki kandungan gizi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan pola hidup sehat. Seperti dapat dilihat pada Tabel 1, buah melon memiliki kandungan vitamin yang lengkap dan menjadi sumber serat yang cukup. Selain itu kandungan protein dan karbohidrat yang cukup dengan kadar lemak yang rendah bisa menjadi salah satu pilihan menu diet yang sehat.

Tabel 1. Komposisi kimia buah melon per 100 g bahan.

Komposisi kimia	Jumlah
Energi (kal)	21,0
Protein (g)	0,60
Lemak (g)	0,10
Karbohidrat (g)	5,10
Kalsium (mg)	15,00
Fosfor (mg)	25,00
Serat (g)	0,30
Besi (mg)	0,50
Vitamin A (SI)	640,00
Vitamin B1 (mg)	0,03
Vitamin B2 (mg)	0,02
Vitamin C (mg)	34,00
Niacin (g)	0,80

Sumber: Wirakusumah (2000)

## 2.2. Pengukuran *Water Stress*

Saat ini teknik pengukuran *water stress* telah berkembang dari pengukuran yang sangat sederhana secara visual menggunakan mata sampai kepada teknik pengukuran paling rumit menggunakan alat/instrumen yang kompleks.

### a. Pengamatan Visual (*Visual observations*)

Salah satu indikator *water stress* yang paling tua adalah fenomena menggulungnya daun dan timbulnya layu pada daun. O'toole dan Cruz (1980) mengatakan bahwa terdapat korelasi yang erat antara fenomena menggulungnya daun, resistensi stomata dan *leaf water potential* (LWP) pada padi. Dalam riset baru-baru ini, pemakaian dari pengolahan citra (*image processing*) untuk mendeteksi *water stress* pada daun tomat telah dilakukan (Seginer *et al.*, 1992).

### b. Kadar Air (*Water content*)

Pengukuran *water stress* secara kuantitatif yang pertama adalah pengukuran kadar air. Dapat dinyatakan sebagai basis basah maupun basis kering. Kadar air relatif (*relative water content*/RWC) merupakan metode yang baik untuk memonitor perubahan dalam *water stress*. Sinclair and Ludlow (1985) telah mengklaim bahwa RWC berkorelasi dengan aktivitas fisiologi tanaman secara lebih baik dibandingkan dengan potensial air (*water potential*). Namun demikian pengukuran RWC menjadi tidak mudah karena melibatkan pengukuran air tanah atau air di atmosfer dan tidak secara langsung berhubungan dengan pergerakan air di tanaman.

### c. *Water Potential*

*Water stress* biasanya dinyatakan dalam potensial air (*water potential*/WP). WP merupakan indikator *water stress* yang paling banyak digunakan. Hal ini karena WP merupakan parameter yang berhubungan langsung dengan pergerakan air di tanaman dan parameter ini mudah diukur. WP didefinisikan sebagai potensial kimiawi dari air di mana air murni dinyatakan sebagai 0 (titik acuan/*reference*) (Campbell, 1977; Joly, 1985). Satuan WP adalah mega Pascal (MPa) dengan dimensi  $Nm^{-2}$ . Satu MPa setara dengan 10 bars.

WP terdiri atas beberapa komponen. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut (Boyer, 1967):

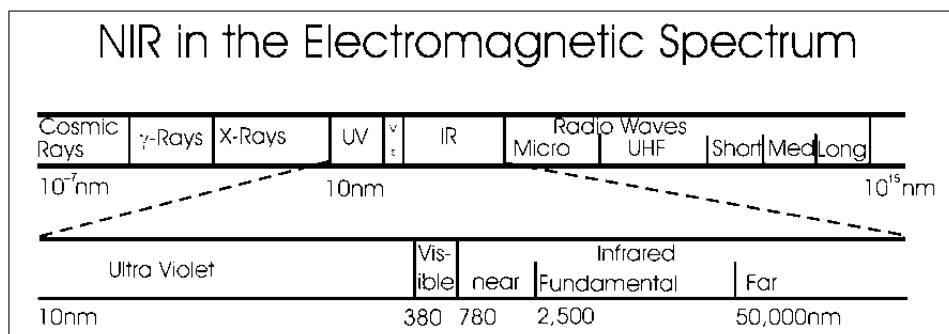
$$\psi_w = \psi_g + \psi_m + P + \psi_s \dots\dots\dots(1)$$

di mana,

- $\Psi_w$  = Total WP pada temperature konstan.
- $\Psi_g$  =Komponen gravitasi
- $\Psi_m$  = Komponen matrik
- $P$  = Komponen tekanan (tekanan hidrostatik)
- $\Psi_s$  = Komponen osmotik

### 2.3. Near Infrared (NIR) Spectroscopy

Hampir sebagian besar dari gelombang elektromagnetik berguna dan dikaji dalam berbagai disiplin ilmu. Setiap daerah gelombang elektromagnetik tertentu membutuhkan alat tertentu pula untuk mengaktifkan energi gelombang tersebut. Detektor yang sesuai diperlukan untuk menangkap kembali tingkat absorpsi energi oleh sampel yang dibandingkan dengan standar/acuan. Alat seperti itu dikenal sebagai *spectrometer*. Dalam spektra NIR biasanya skala absorpsi dinyatakan sebagai Log 1/R di mana R merupakan refleksi sampel pada sumbu y dan panjang gelombang dalam nanometer (nm) pada sumbu x.



Gambar 1. Spektrum gelombang elektromagnetik (Davies, 2005).

Gelombang *near infrared* terletak pada kisaran panjang gelombang 780-2500 nm seperti pada Gambar 1 (Osborne, 1993; Blanco dan Villarroya, 2002; Pasquini, 2003; Davies, 2005). Spektra NIR berkorespondensi dengan ikatan kimia tertentu. Keberhasilan dari aplikasi *NIR spectroscopy* akan sangat tergantung kepada pemilihan alat NIR yang tepat sesuai dengan kebutuhan.

Deteksi dalam *NIR spectroscopy* menggunakan alat terbuat dari bahan semi konduktor (Si, PbS atau InGaAs). Detektor Silikon (Si) mampu mendeteksi panjang gelombang pada kisaran 400–1100 nm; detektor *indium gallium arsenide* (InGaAs)



berada pada kisaran 800–1700 nm dan detektor *lead sulfide* pada kisaran 1100–2500 nm (Osborne, 1993). Pada detektor multi *channel*, Beberapa elemen pendeteksi disusun dalam sebuah baris (*diode arrays*) atau paralel (*charged coupled devices/CCD*).

Untuk melihat tingkat korelasi antara parameter spektra NIR dan parameter konstituent penyusun bahan biologik seperti protein, lemak, karbohidrat, gula dan sebagainya, persamaan kalibrasi dibuat dengan bantuan salah satu teknik pereduksian variabel yaitu regresi *Partial Least Squares* (PLS). Kualitas dari persamaan kalibrasi akan dikuantifikasi oleh *standard error of calibration* (SEC), *standard error of prediction* (SEP) dan *multiple coefficient of determination* ( $R^2$ ) antara besaran aktual dan besaran prediksi. Persamaan yang bagus memiliki SEC rendah, SEP rendah, RPD dan  $R^2$  yang tinggi dengan perbedaan antara SEC dan SEP sekecil mungkin. Selisih SEC dan SEP yang terlalu besar menunjukkan bahwa dalam persamaan tersebut terlalu banyak faktor yang terlibat sehingga *noise* pun ikut terlibat dalam persamaan kalibrasi tersebut (Gomez *et al.*, 2006).

## BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

### 3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun sistem monitoring nilai LWP pada tanaman melon sehingga tanaman melon dikondisikan pada level *water stress* yang optimal yang pada akhirnya dapat menghasilkan buah melon berkadar gula tinggi. Teknik ini selain akan mampu menghemat penggunaan air untuk irigasi dengan adanya *water stress* akan mampu meningkatkan kualitas buah melon yang dihasilkan dengan tetap mempertahankan level produktivitas panen buah melon. Teknologi ini merupakan sebuah terobosan aplikasi pertanian presisi (*precision farming*) dengan karakteristik minimalisasi input dan optimalisasi output.

Salah satu isu strategis saat ini adalah adanya keterbatasan air khususnya untuk pertanian. Pertanian konvensional dengan penggunaan air tidak terkontrol harus diubah. Pemberian air ke tanaman haruslah benar-benar efektif dan efisien yaitu diberikan hanya jika diperlukan. *Water stress* merupakan salah satu teknik budidaya dengan irigasi intermitten. *Water stress* telah terbukti mampu menghemat penggunaan air dan mampu meningkatkan kualitas buah melon yang dihasilkan.

Pengembangan inovasi teknologi ini akan mampu meningkatkan kualitas buah melon sehingga akan mampu meningkatkan pendapatan petani secara langsung. Teknologi ini juga memberikan sumbangsih yang besar bagi upaya pelestarian sumber daya air secara jangka panjang dan membuka jalan bagi sistem pertanian yang berkelanjutan (*sustainable agriculture*).

Secara khusus penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut:

- (1) Membangun persamaan kalibrasi dan validasi untuk pengukuran LWP pada tanaman melon secara *intact*.
- (2) Membangun persamaan kalibrasi dan validasi dengan jumlah titik pengambilan spektra yang optimal yaitu jumlah titik pengambilan spektra yang paling sedikit dengan kualitas persamaan kalibrasi yang masih dapat diterima (*acceptable*).
- (3) Membangun persamaan kalibrasi dan validasi dengan kompensasi suhu untuk pengukuran LWP pada tanaman melon secara *on-plant*.
- (4) Membangun teknik monitoring LWP pada tanaman melon.

### **3.2. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan sebagai salah satu terobosan dalam upaya peningkatan kualitas buah di Indonesia melalui introduksi teknologi NIR *spectroscopy*. Dan ini sejalan dengan upaya penguatan sistem inovasi nasional (SiNas) di bidang teknologi pangan khususnya buah-buahan. Sehingga ke depan penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat bagi peningkatan taraf hidup petani dan sistem ketahanan pangan khususnya pada produk buah-buahan.

Dalam jangka panjang penelitian ini diharapkan juga mampu memberikan keuntungan bagi terciptanya sistem pertanian yang berkelanjutan dan mampu mendorong penguatan ekspor buah-buahan Indonesia dengan terbentuknya kerjasama antara perguruan tinggi dengan pihak industri dalam menciptakan sistem agroindustri yang handal dan didukung penuh inovasi teknologi.

## BAB 4. METODE PENELITIAN

### 4.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sumberdaya Air dan Lahan (TSAL), dan Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pasca panen (RBPP) Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung. Untuk rumah plastik, ditempatkan di depan Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung.

### 4.2. Bahan

Sampel yang digunakan adalah daun tanaman melon. Untuk menyediakan sampel daun tanaman melon maka tanaman melon ditumbuhkan pada sebuah pot dengan irigasi tetes (*drip irrigation*) di dalam rumah plastik di Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung. Selama proses pertumbuhan tanaman melon disuplai dengan larutan nutrisi dengan Electric Conductivity/EC sebesar 2.0-3.0 dSm<sup>-1</sup>. Untuk mendapatkan rentang nilai LWP yang lebar, *water stress* diinduksi dengan cara menjarangkan pemberian irigasi tetes selama beberapa waktu. Tabel 2 menunjukkan 4 tingkatan *water stress* sesuai dengan persentase nilai ETC (evapotranspirasi tanaman). Sampel akan dibagi menjadi dua bagian yaitu satu bagian untuk membangun persamaan kalibrasi dan satu bagian lagi digunakan untuk melakukan uji validasi persamaan kalibrasi (*validation*).

Tabel 2. Deskripsi tingkat *water stress* yang digunakan pada penelitian ini.

Tingkat <i>water stress</i>	Deskripsi	Jumlah tanaman
100%	Irigasi diberikan sebesar 100% dari nilai ETC (evapotranspirasi tanaman).	5
80%	Irigasi diberikan sebesar 80% dari nilai ETC (evapotranspirasi tanaman).	5
60%	Irigasi diberikan sebesar 60% dari nilai ETC (evapotranspirasi tanaman).	5
40%	Irigasi diberikan sebesar 40% dari nilai ETC (evapotranspirasi tanaman).	5

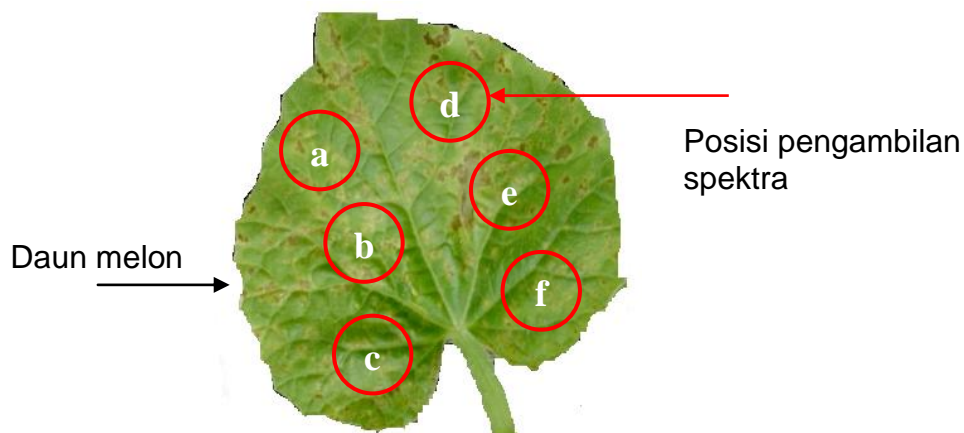


### 4.3. Prosedur Kerja

Penelitian ini melibatkan proses pengambilan spektra oleh alat NIR *spectrometer* dan proses pengukuran secara merusak parameter LWP. Korelasi antara parameter spektra dan parameter LWP digambarkan dalam sebuah persamaan yang dikenal sebagai persamaan kalibrasi (*calibration equation*). Untuk menguji tingkat kesahihan persamaan kalibrasi maka dilakukan uji validasi (*validation*). Proses pembuatan persamaan kalibrasi dan uji validasi dilakukan dengan metode PLS (*Partial Least Squares*) Regression dengan bantuan program pengolah data multivariate **The Unscrambler versi 9.01**.

#### 4.3.1. Pengambilan spektra (*Spectral acquisition*)

Spektra NIR daun melon diambil menggunakan alat NIR *spectrometer* **VIS-NIR USB4000** (The Ocean Optics) menggunakan probe fiber optik dalam mode *interactance*. **VIS-NIR USB4000** merupakan salah satu *spectrometer* yang dirilis tahun 1997 oleh pabrikan The Ocean Optics (USA) dan bekerja pada panjang gelombang 300-1100 nm. *Spectrometer* ini memiliki resolusi 3 nm dan menggunakan CCD array sebagai detektor. Untuk sumber cahaya (*light sources*), *spectrometer* ini dipasangkan dengan sumber cahaya dari bahan lampu tungsten halogen. Spektra dari detektor akan diteruskan ke komputer melalui kabel data USB. Kemudian data spektra tersebut diolah lebih lanjut oleh perangkat lunak **The Unscrambler versi 9.01**. Setiap sampel akan diambil 6 spektra pada 6 titik pengambilan spektra yang berbeda seperti tampak pada Gambar 2. Sebelum pengambilan spektra setiap sampel dilakukan, spektra dari *reference* dan *dark* diambil sebanyak 1 kali. *Reference* terbuat dari bahan keramik. Spektra *dark* diambil setelah pengambilan spektra *reference*.



Gambar 2. Posisi pengambilan spektra daun melon pada 6 titik yang berbeda.

### 4.3.2. Metode Pengukuran Leaf Water Potential (LWP)

LWP dapat dihitung berdasarkan persamaan matematika yang dikembangkan oleh Boyer (1967) sebagai berikut:

$$\psi_L = \psi_s - P \dots\dots\dots(2)$$

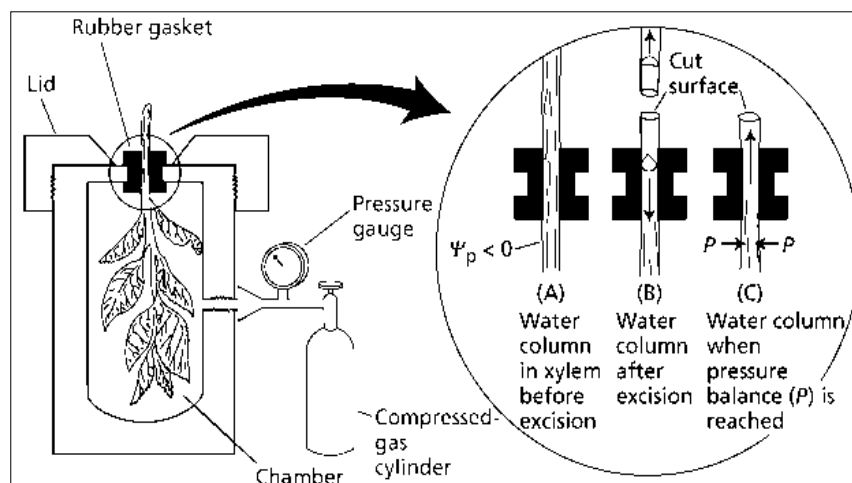
Di mana,

$\psi_L$  = Leaf water potential (MPa)

$\psi_s$  = Osmotic potential of xylem sap (MPa)

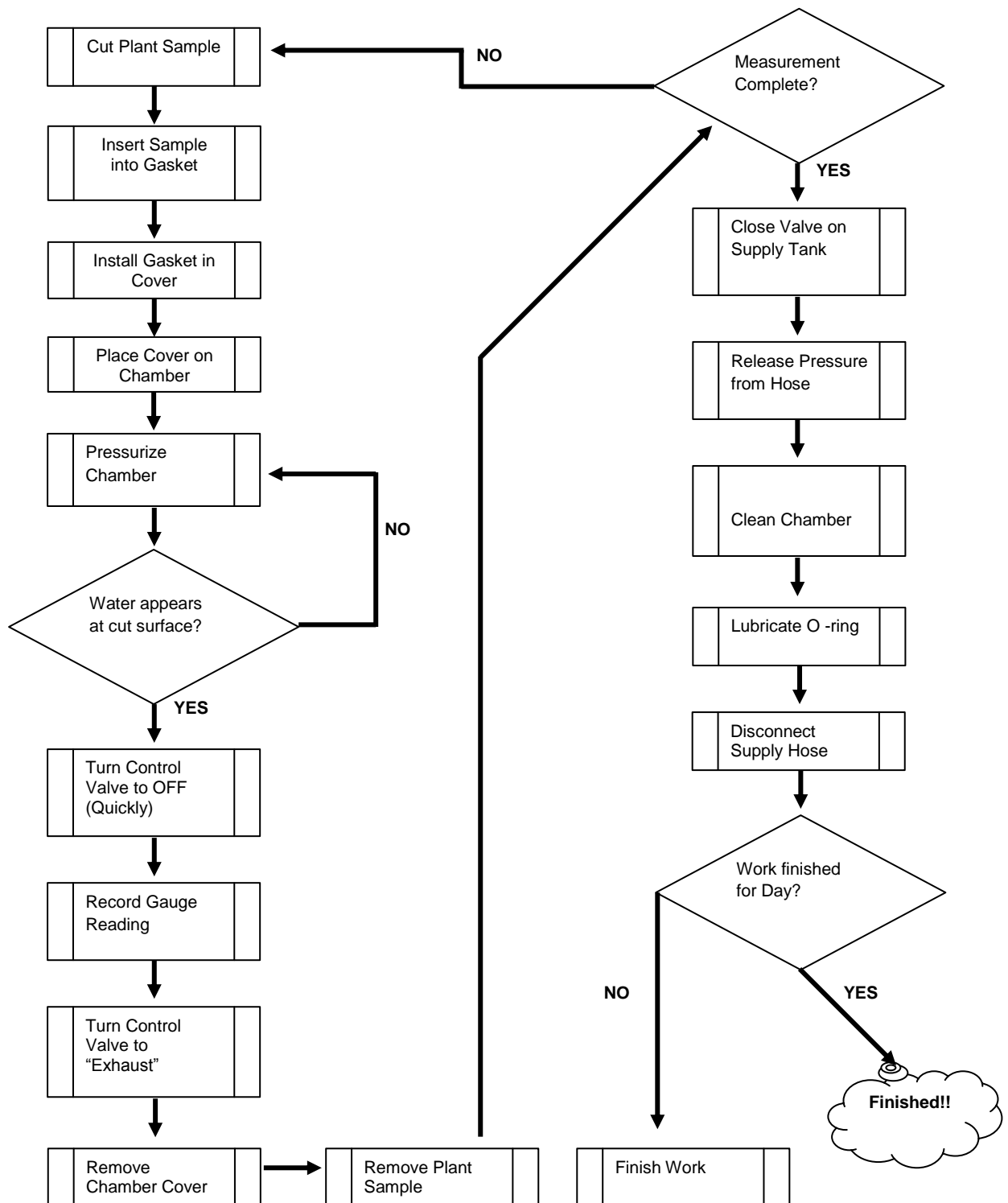
$P$  = Xylem hydrostatic pressure (MPa)

Untuk mendapatkan pengukuran nilai LWP yang akurat, kedua komponen persamaan tersebut yaitu *osmotic potential* dan tekanan *xylem hydrostatic* harus diperhitungkan. Hanya saja beberapa penelitian telah berhasil menunjukkan bahwa komponen *osmotic potential* memiliki nilai yang relatif sangat kecil dan dapat diabaikan apabila dibandingkan dengan nilai tekanan *xylem hydrostatic* (Scholander *et al.*, 1964). Pengukuran nilai LWP menggunakan metode *pressure chamber* melibatkan proses pemilihan daun yang tepat sebagai indikator *water stress*. Setelah sampel daun dipilih, kemudian daun dipotong menggunakan pisau yang tajam dan secepatnya dimasukkan ke dalam *chamber*. Kemudian tekanan diberikan ke dalam *chamber* dan akan dihentikan apabila air telah nampak di permukaan batang. Besarnya tekanan yang diberikan akan terbaca di *pressure gauge* dan nilai ini sama dengan nilai LWP dengan tanda negatif. Secara lengkap prosedur pengukuran LWP menggunakan metode *pressure chamber* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Metode *pressure chamber* pada pengukuran nilai LWP.

Pada penelitian ini, nilai LWP diukur oleh PMS Instrument model 600 dengan prinsip metode *pressure chamber*. Prosedur pengukuran LWP dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Prosedur pengukuran nilai LWP menggunakan *PMS instrument* model 600 (adapted from PMS instrument company, 2005).

#### 4.3.3. Analisis Data (*Data analysis*)

Pertama-tama dari semua sampel yang ada akan dikelompokkan dalam dua set sampel yaitu satu set sampel untuk kalibrasi dan satu set sampel lagi untuk validasi. Persamaan kalibrasi akan dibangun untuk *original* dan *second derivative* spektra (*Savitzky-Golay second derivative, rata kiri kanan 33 nm*). Untuk uji validasi dilakukan dengan *t-test* menggunakan persamaan kalibrasi yang dibangun dengan sampel yang berbeda. *T-test* merupakan salah satu metode validasi yang tersedia dalam program **The Unscrambler versi 9.01** (CAMO AS, Norway). Persamaan kalibrasi dan validasi dibangun menggunakan metode *Partial Least Squares (PLS) Regression*. Semua proses tersebut dapat dilakukan oleh perangkat lunak khusus pengolah data *multivariate* **The Unscrambler versi 9.01**. Kemudian perangkat lunak SPSS (*Statistical Package for the Social Science*) versi 11.0 digunakan untuk melakukan evaluasi signifikansi level dari persamaan yang dibangun.

#### 4.3.4. Evaluasi persamaan kalibrasi

Statistika terapan digunakan untuk mengevaluasi efisiensi dari persamaan kalibrasi yang diperoleh. Beberapa terminologi statistik dibutuhkan untuk mendapatkan interpretasi yang benar terhadap hasil-hasil analisis *NIR spectroscopy* (Tabel 3). Kualitas persamaan kalibrasi akan dikuantifikasi oleh *standard error of calibration* (SEC), *standard error of prediction* (SEP) dan *multiple coefficient of determination* ( $R^2$ ) antara besaran aktual dan besaran prediksi. Kriteria untuk persamaan kalibrasi yang bagus memiliki SEC rendah, SEP rendah, RPD dan  $R^2$  yang tinggi dengan perbedaan antara SEC dan SEP sekecil mungkin. Selisih SEC dan SEP yang terlalu besar menunjukkan bahwa dalam persamaan tersebut terlalu banyak faktor/*latent variable* yang terlibat sehingga *noise* pun ikut terlibat dalam persamaan kalibrasi tersebut (Gomez *et al.*, 2006).

Tabel 3. Terminologi statistik terapan yang digunakan untuk mengevaluasi persamaan kalibrasi.

Terminologi	Persamaan
$R^2$	$R^2 = \left[ \frac{\sum(x \times y) - [(\sum x \times \sum y) / N]}{\left\{ \left\{ \sum x^2 - [(\sum x)^2 / N] \right\} \times \left\{ \sum y^2 - [(\sum y)^2 / N] \right\} \right\}^{\frac{1}{2}}} \right]^2$
SEC or SEP	$SEC = \left\{ \sum(x - y)^2 - \left[ \frac{[\sum(x - y)]^2}{N} \right] / N - 1 \right\}^{\frac{1}{2}}$
Bias	$bias = \sum(x - y) / N$
RPD	$RPD = \frac{SD_{valset}}{SEP}$

$x$  : Nilai *Reference*

$y$  : Nilai prediksi oleh NIR

$N$  : Jumlah sampel

$R^2$ : *The multiple coefficient of determination.*

SEC: *Standard error of calibration.*

SEP: *Standard error of prediction.*

Bias: Rataan selisih antara nilai *reference* dan nilai prediksi oleh NIR.

RPD: Rasio antara SEP dan Standar Deviasi (SD) dari set sampel validasi.

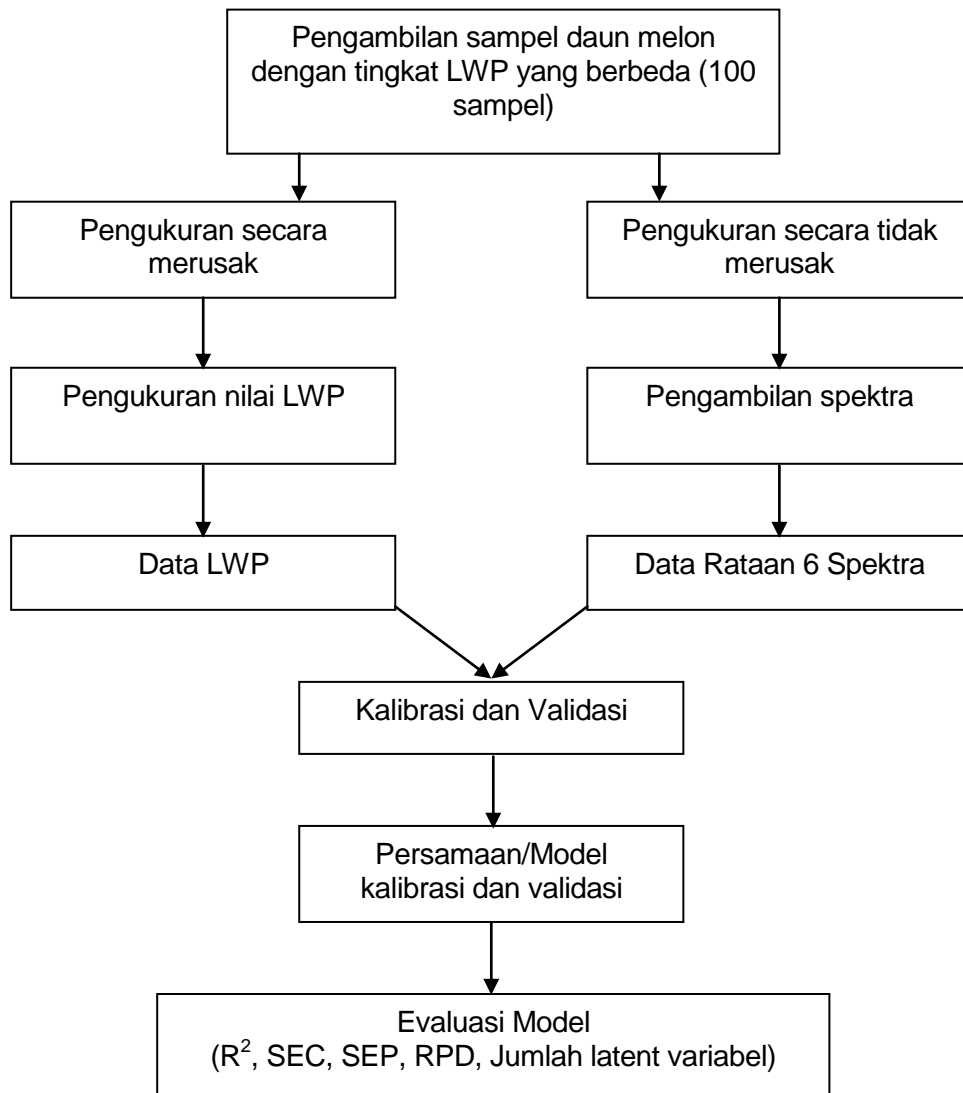
## Penelitian Tahap 1

### Membangun persamaan kalibrasi dan validasi untuk penentuan parameter *leaf water potential* (LWP) secara tidak merusak menggunakan *NIR spectroscopy* secara *intact*

Pada tahapan ini investigasi prospek penggunaan *NIR spectroscopy* untuk menentukan parameter fisiologi tanaman yang meliputi parameter *leaf water potential* (LWP) dilakukan. Sebanyak 100 sampel daun tanaman melon digunakan pada penelitian ini. Untuk mendapatkan rentang nilai LWP yang lebar maka *water stress* diinduksi dengan cara mengatur pemberian irigasi tetes pada pot tanaman melon. Sebanyak 100 sampel akan dibagi menjadi 2 set sampel, 50 sampel untuk membangun persamaan kalibrasi dan 50 sampel lagi untuk melakukan uji validasi (*validation*).

Untuk mendapatkan keseragaman suhu sampel (karena suhu sampel akan mempengaruhi persamaan kalibrasi) seluruh sampel akan diambil pada suhu daun yang relatif sama. Untuk memastikan ini maka sebelum dilakukan pengukuran NIR terlebih dahulu suhu permukaan daun melon diukur menggunakan infrared termometer. Kemudian seluruh sampel diambil spektranya menggunakan **VIS-NIR USB4000 spectrometer**. Setiap sampel diambil spektranya sebanyak 6 kali pada 6 titik pengambilan spektra yang berbeda. Untuk analisis data, 6 titik pengambilan spektra kemudian dibuat rataannya

Setelah sampel diambil spektranya maka secepatnya dilanjutkan dengan pengukuran LWP secara merusak yaitu dengan cara memotong daun tanaman melon dan segera diletakkan di dalam *chamber*. Kemudian pengukuran nilai LWP dilakukan dengan metode *pressure chamber* menggunakan PMS Instrument (Oregon, USA). Kemudian menggunakan metode *PLS regression*, persamaan kalibrasi dan validasi untuk penentuan LWP tanaman melon dibuat dan dievaluasi. Secara lengkap prosedur penelitian pada tahap pertama ini dapat diilustrasikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagan alir penelitian tahap pertama.

## Penelitian Tahap 2

### Menentukan jumlah titik pengambilan spektra yang optimal (*precise spectral acquisition*)

Pada tahap ini investigasi jumlah titik pengambilan spektra yang optimal dilakukan. Secara teoritis, semakin banyak jumlah titik pengambilan spektra per sampel akan meningkatkan kualitas persamaan kalibrasi karena akan semakin banyak *bioinformasi* yang diperoleh. Namun demikian dari sudut pandang kepraktisan di lapangan dan efisiensi, banyaknya titik pengambilan spektra per sampel jelas harus dihindari. Sebanyak 100 sampel daun melon dengan tingkat LWP yang berbeda diambil sebagai sampel. Sebanyak 50 sampel digunakan untuk membuat persamaan kalibrasi (*developing*

*calibration equation*) dan sisanya sebanyak 50 sampel digunakan untuk melakukan uji validasi (*validation*).

Untuk mendapatkan keseragaman suhu sampel (karena suhu sampel akan mempengaruhi persamaan kalibrasi) seluruh sampel akan diambil pada suhu daun yang relatif sama. Untuk memastikan ini maka sebelum dilakukan pengukuran NIR terlebih dahulu suhu permukaan daun diukur menggunakan infrared termometer. Kemudian seluruh sampel diambil spektranya menggunakan **VIS-NIR USB4000 spectrometer**. Setiap sampel diambil spektranya sebanyak 6 kali pada 6 titik pengambilan spektra yang berbeda. Untuk mengevaluasi efek dari jumlah titik pengambilan spektra maka empat macam tipe rataan spektra dibuat dan akan digunakan dalam analisis data seperti tampak pada Tabel 4. Empat macam rataan tersebut meliputi: rataan satu spektra (1), rataan dua spektra (2), rataan tiga spektra (3) dan rataan enam spektra (6). Teknik yang serupa telah dipakai oleh Khuriyati *et al.* (2004) untuk buah tomat sehingga diperoleh jumlah titik pengambilan spektra yang optimal sebanyak dua titik saja.

Tabel 4. Kombinasi perlakuan rataan spektra.

Perlakuan	Posisi pengambilan spektra
1	(a); (b); (c); (d); (e); (f)
2	(a,d); (b,e); (c,f)
3	(a,c,e); (b,d,f)
6	(a,b,c,d,e,f)

Segera setelah sampel diambil spektranya kemudian dilanjutkan dengan pengukuran secara merusak parameter LWP (menggunakan metode *pressure chamber*). Kemudian menggunakan metode *PLS Regression*, persamaan kalibrasi dan validasi dibuat dan dievaluasi.

Secara umum prosedur penelitian pada tahap kedua ini prinsipnya sama dengan prosedur penelitian pada tahap pertama. Hanya saja di tahap kedua ini untuk rataan spektra dibuat 4 perlakuan yaitu rataan 1 spektra, 2 spektra, 3 spektra dan 6 spektra.

### Penelitian Tahap 3

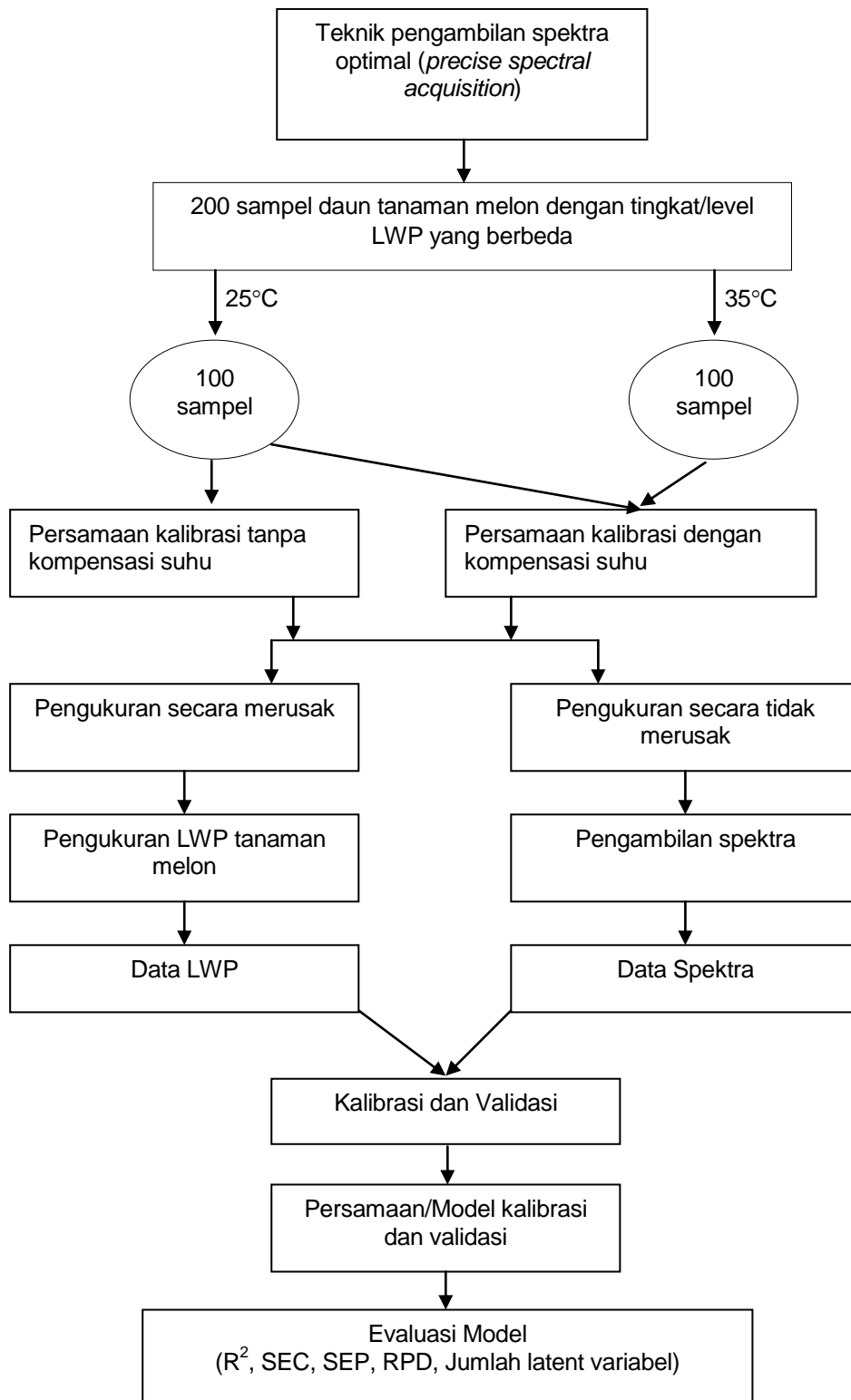
**Membuat persamaan kalibrasi yang mampu mengkompensasi pengaruh suhu untuk memprediksi parameter *leaf water potential* (LWP) tanaman melon secara *on-plant*.**



Pada tahapan ini investigasi pengaruh suhu terhadap kualitas persamaan kalibrasi dilakukan. Secara teoritis, *NIR spectroscopy* sangat mudah terpengaruh oleh suhu lingkungan dan suhu sampel yang membuat penggunaan NIR membutuhkan kontrol suhu yang mantap. Untuk keperluan penggunaan di dalam rumah plastik dan dengan semangat kepraktisan, maka sangat sulit untuk mengkondisikan lapangan agar suhunya tetap konstan. Untuk mengatasi hal ini maka dibuat strategi yaitu membuat persamaan kalibrasi yang responsif terhadap perubahan suhu sampel dan lingkungan selama pengukuran berlangsung. Sebanyak 200 sampel daun melon dengan tingkat LWP yang berbeda diambil sebagai sampel. Untuk mendapatkan rentang nilai LWP yang lebar maka *water stress* diinduksi dengan cara pengaturan irigasi tetes pada pot tanaman. Sampel dibagi dalam dua perlakuan yaitu perlakuan 25°C dan 35°C. Perlakuan 25°C adalah perlakuan di mana seluruh sampel tanaman melon yang akan digunakan diletakkan di dalam sebuah *growth chamber* dengan suhu 25°C. Demikian pula untuk perlakuan 35°C, sebelum diambil spektranya sampel tanaman melon diletakkan di dalam *growth chamber* dengan suhu 35°C.

Untuk masing-masing perlakuan sebanyak 100 sampel daun tanaman melon akan digunakan. Sebanyak 50 sampel digunakan untuk membuat persamaan kalibrasi (*developing calibration equation*) dan sisanya sebanyak 50 sampel digunakan untuk melakukan uji validasi (*validation*). Dengan teknik ini Kawano and Abe (1995) telah berhasil membuat persamaan kalibrasi yang mampu mengkompensasi suhu untuk menghasilkan persamaan kalibrasi yang responsif terhadap perubahan suhu.

Segara setelah sampel diambil spektranya kemudian dilanjutkan dengan pengukuran secara merusak parameter LWP (menggunakan metode *pressure chamber*). Kemudian menggunakan metode *PLS regression*, persamaan kalibrasi dan validasi dibuat dan dievaluasi. Secara lengkap prosedur penelitian pada tahap ketiga ini dapat dideskripsikan pada Gambar 6.



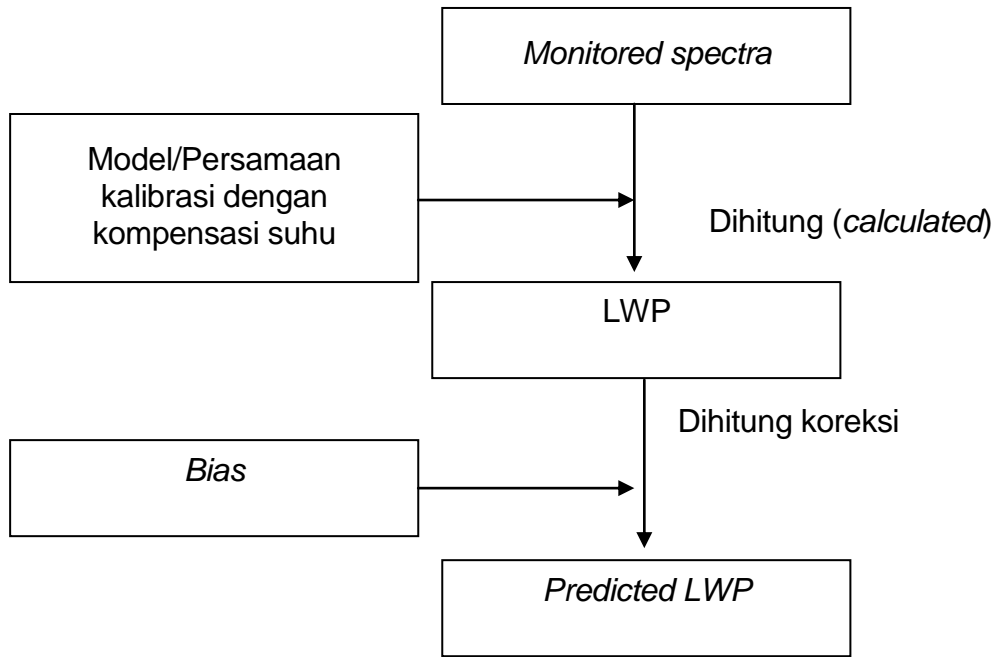
Gambar 6. Bagan alir penelitian tahap ketiga.

#### **Penelitian Tahap 4**

##### **Monitoring parameter *leaf water potential* (LWP) tanaman melon secara *on-plant* dan *real time*.**

Pada tahap penelitian ini persamaan kalibrasi dengan kompensasi suhu dipakai sebagai model untuk memprediksi nilai LWP secara *on-plant*. Sebanyak 20 buah tanaman melon yang sehat akan dipilih sebagai sampel. 45 hari setelah pembenihan, *sampling* dimulai dengan memilih satu buah daun pada *truss* pertama sebagai sampel yang akan dimonitor. Untuk menginduksi *water stress* pada tanaman melon, larutan nutrisi dikeringkan dari pot selama 1 jam kemudian setelah 1 jam *water stress*, larutan nutrisi kembali diberikan selama 1 jam untuk proses *recovery* setelah *water stress*. Pengukuran NIR secara *on-plant* dilakukan setiap 10 menit pada sampel daun yang dimonitor. Di akhir proses monitoring secepatnya sampel daun yang dimonitor dipotong menggunakan pisau yang tajam dan secepatnya diukur nilai LWPnya menggunakan metode *pressure chamber* (PMS instrument model 600, USA).

Pertama, menggunakan persamaan kalibrasi dengan kompensasi suhu, nilai prediksi LWP dihitung. Perhitungan ini melibatkan penggunaan perangkat lunak Unscrambler® version 9.01 (CAMO AS, Norway). Di akhir proses monitoring, daun dipotong dan diukur nilai LWP menggunakan metode *pressure chamber*. Terjadi perbedaan antara LWP hitung dan LWP aktual. Perbedaan ini merupakan *bias* dan untuk mengkompensasi perbedaan tersebut, koreksi nilai *bias* kemudian dilakukan. Secara lengkap prosedur penelitian pada tahap keempat ini dapat dideskripsikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Bagan alir penelitian tahap keempat.

## BAB 5. RENCANA CAPAIAN, HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Rencana Capaian

Pada **penggunaan dana 30%** yang diberikan di termin pertama ini maka ada dua target rencana yang akan dicapai. **Pertama**, untuk memproduksi melon manis dengan kadar gula tinggi, maka harus ada data pendahuluan mengenai tingkatan *water stress* pada tanaman melon yang sesuai (*appropriate*) sehingga diperoleh buah melon dengan kandungan padatan terlarut (KPT) tinggi dengan bobot buah dan diameter buah yang masih bisa diterima oleh pasar. Secara teoritis, *water stress* pada tanaman melon dapat meningkatkan KPT buah melon. Namun *water stress* juga memberikan dampak negatif berupa penurunan ukuran buah dan bobot buah. Data tingkat *water stress* optimal untuk buah melon tidak tersedia sehingga diperlukan data pendahuluan untuk mengetahui tingkat *water stress* optimal pada buah melon. Data yang diperoleh berupa tingkatan *water stress* optimal buah melon lengkap dengan nilai LWPnya. Data ini sangat penting dalam rangka mendesain teknologi monitoring nilai LWP tanaman melon berbasis NIR *spectroscopy* untuk produksi buah melon manis.

Pada **bagian dua**, target utama yakni upaya monitoring tingkatan *water stress* melalui pengukuran nilai LWP pada tanaman melon secara tidak merusak menggunakan NIR *spectroscopy* untuk produksi buah melon manis akan dimulai. Pada bagian 30% penggunaan dana ini, potensi pengukuran nilai LWP tanaman melon menggunakan NIR *spectroscopy* akan diperlihatkan. Pada bagian ini juga akan dievaluasi pemilihan sampel daun pada tanaman melon yang dapat mewakili kondisi *water stress* pada tanaman melon. Pemilihan daun melon juga harus memperhatikan ukuran ruang *chamber* pada alat PMS Instrument model 600 untuk pengukuran nilai LWP secara langsung/merusak. Ukuran daun yang melebihi ukuran ruang *chamber* tentu saja harus dihindari untuk memperoleh pengukuran nilai LWP yang akurat menggunakan alat PMS Instrument model 600.

Kemudian pada **penggunaan dana termin kedua sebesar 50%** maka peruntukannya adalah untuk melaksanakan riset pengembangan model kalibrasi berbasis NIR *spectroscopy* untuk pengukuran LWP secara *real time*. Ini sebagai upaya kontrol nilai LWP untuk produksi melon manis. Ada dua kegiatan penting yang akan dilaporkan sebagai hasil riset yaitu riset penentuan jumlah titik pengambilan spektra

yang optimal pada pengukuran LWP secara tidak merusak menggunakan *NIR spectroscopy*. Kegiatan kedua adalah riset membangun model kalibrasi *NIR spectroscopy* yang mampu mengkompensasi fluktuasi suhu di dalam rumah plastik.

Pada **penggunaan dana termin ketiga sebesar 20%** maka dilakukan riset untuk mengembangkan model kalibrasi penentuan LWP menggunakan NIR spectroscopy dan regresi MLR dengan peubah yang sangat sedikit. Hal ini pada akhirnya dapat mempercepat proses komputasi yang sangat dibutuhkan saat pengukuran LWP secara *on-plant*.

## 5.2. Hasil Dan Pembahasan

### A. Penggunaan 30% dana riset

Riset dengan pendanaan program Insentif Riset Nasional RISTEK 2015 segera dimulai dengan **menggunakan dana 30% (termin pertama)**. Riset dimulai dengan mempersiapkan rumah plastik yang akan dipakai selama pelaksanaan kegiatan riset. Salah satunya dengan memperbaiki keseluruhan bahan plastik pada bangunan rumah plastik yang sudah mulai kusam dan robek diganti dengan plastik UV yang baru seperti dapat dilihat pada Gambar 8. Rumah plastik ditempatkan di depan Jurusan Teknik Pertanian (TEP) Universitas Lampung.



Gambar 8. Rumah plastik yang disiapkan untuk pelaksanaan kegiatan riset.

Setelah itu dilanjutkan dengan persiapan benih melon dan dilanjutkan dengan proses pemindahan bibit melon ke dalam sistem hidroponik dengan irigasi tetes (*drip*

*irrigation system*) seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah. Sebanyak 20 tanaman disiapkan untuk tahap pertama penelitian.



Gambar 9. Proses pembenihan melon (gambar kiri) dan proses pemindahan bibit melon ke dalam polibag dengan hidroponik sistem irigasi tetes (gambar kanan).

Selama proses pembesaran (masa vegetatif) seluruh tanaman diberikan jumlah nutrisi yang sama dengan nilai *electrical conductivity* (EC) disesuaikan dengan usia tanaman. EC diberikan pada rentang 2-4 dS/m selama proses pembesaran hingga tanaman melon seluruhnya mulai berbunga. Irigasi tetes dengan memanfaatkan limbah botol plastik juga diperkenalkan untuk memudahkan proses hilirisasi teknologi yang akan dikembangkan seperti terlihat pada Gambar 10. Selama masa pertumbuhan beberapa parameter fisik lingkungan diukur seperti suhu daun, suhu rumah plastik dan kelembaban rumah plastik.





**Hygrometer**

**Irigasi tetes  
dengan  
memanfaatkan  
limbah botol  
plastik**

Gambar 10. Proses pembesaran tanaman melon dengan hidroponik irigasi tetes memanfaatkan botol plastik bekas.

Selama proses pertumbuhan vegetatif, beberapa hal perawatan tanaman dilakukan seperti pemberian sulur atau tali sehingga tanaman melon bisa tegak, penyiangan daun dan sebagainya. Pada masa generatif dan masa pembesaran buah juga dilakukan beberapa perawatan tanaman. Salah satu perawatan tanaman selama pembesaran buah adalah dengan mengikat buah melon dengan tali plastik untuk menopang berat buah selama pertumbuhan seperti terlihat pada Gambar 11.





Gambar 11. Proses pemberian tali plastik untuk menopang buah melon selama proses pertumbuhan.

Setelah diameter buah melon mencapai rata-rata 12 cm atau sekitar 20 minggu setelah tanam, kemudian mulai dilakukan pemberian perlakuan *water stress* dengan memberikan irigasi tetes yang berbeda. Pada penelitian ini untuk mendapatkan rentang nilai *leaf water potential* (LWP) yang lebar maka disediakan 4 tingkat *water stress* yang masing-masing tingkat *water stress* terdiri atas 5 tanaman. Untuk selengkapnya mengenai deskripsi setiap tingkat *water stress* telah dijelaskan di Tabel 2 sebelumnya.

Untuk mengetahui nilai ETC (evapotranspirasi tanaman) digunakan dengan metode penimbangan polibag secara rutin ditimbang dan dihitung tingkat kehilangan bobot (massa air) akibat proses evapotranspirasi. Setelah diperoleh nilai ETC maka pemberian tingkatan *water stress* 100% berarti memberikan irigasi sebesar 100% dari nilai ETC. Begitu juga untuk perlakuan *water stress* 80%, pemberian irigasi dijaga sehingga tanaman hanya memperoleh irigasi sebesar 80% dari nilai ETC. Untuk menjaga agar tanaman melon mendapatkan perlakuan *water stress* yang sesuai sepanjang pertumbuhan maka penimbangan bobot polibag secara rutin dilakukan dan dilakukan proses penyesuaian (*adjusting*) sehingga tanaman benar-benar memperoleh tingkatan *water stress* yang sesuai. Proses pemberian irigasi tetes dengan tingkat *water stress* yang berbeda-beda berlangsung selama 1 bulan (4 minggu). Setiap minggu

dilakukan pengukuran parameter fisik seperti diameter buah, suhu daun dan kelembaban lingkungan.

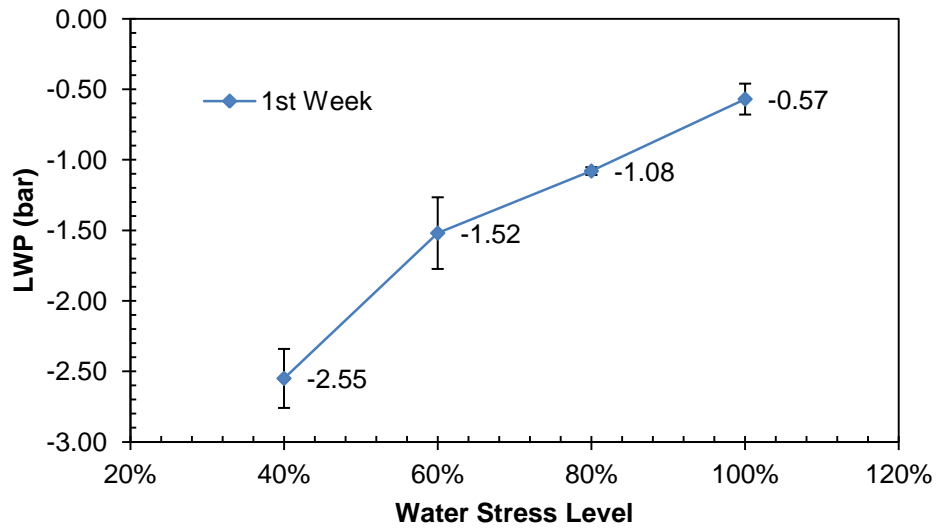
### **Pengukuran Nilai LWP Tanaman Melon Pada Berbagai Tingkatan *Water Stress* Menggunakan PMS Instrument Model 600**

Selama perlakuan *water stress*, pengukuran nilai *leaf water potential* (LWP) juga dilakukan setiap 3 hari. Dengan mempertimbangkan ukuran daun melon dan frekuensi pengukuran maka pada penelitian ini pengukuran nilai LWP dilakukan pada daun keenam dari pucuk (*the six leaves from the apex*). Gambar 12 memperlihatkan proses pengukuran nilai LWP tanaman melon menggunakan alat PMS Instrument Model 600.

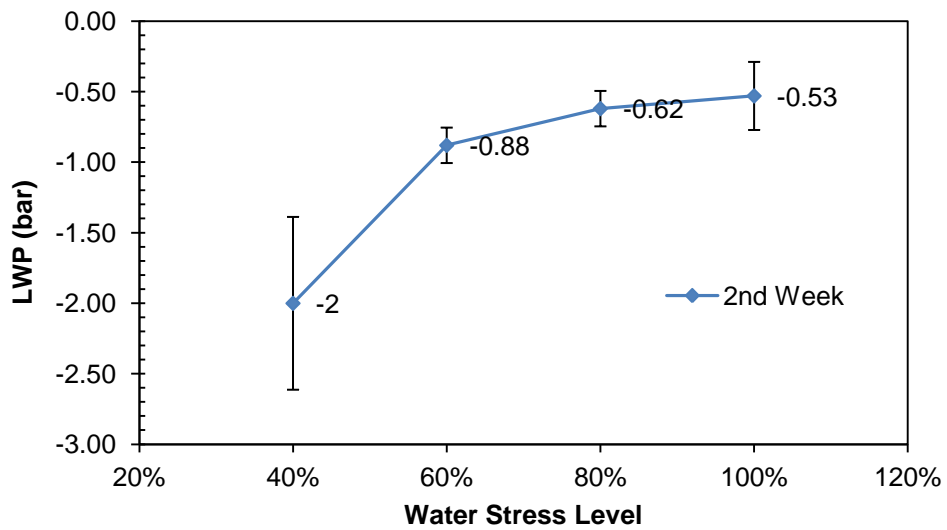


Gambar 12. Proses pengukuran *leaf water potential* (LWP) pada tanaman melon menggunakan alat PMS Instrument Model 600.

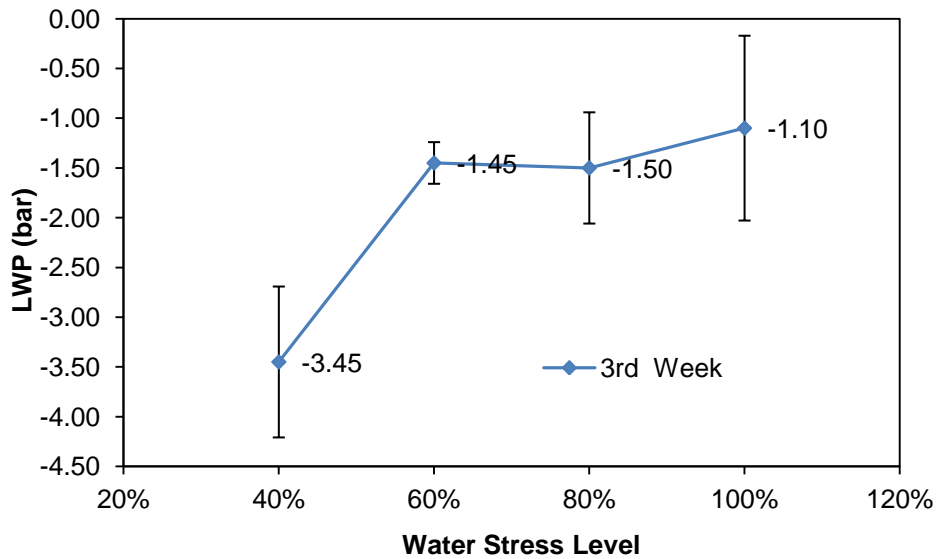
Data pengukuran nilai LWP disajikan pada Gambar 13, 14 dan 15 berikut.



Gambar 13. Profil nilai LWP tanaman melon pada minggu pertama setelah perlakuan *water stress*.



Gambar 14. Profil nilai LWP tanaman melon pada minggu kedua setelah perlakuan *water stress*.



Gambar 15. Profil nilai LWP tanaman melon pada minggu ketiga setelah perlakuan *water stress*.

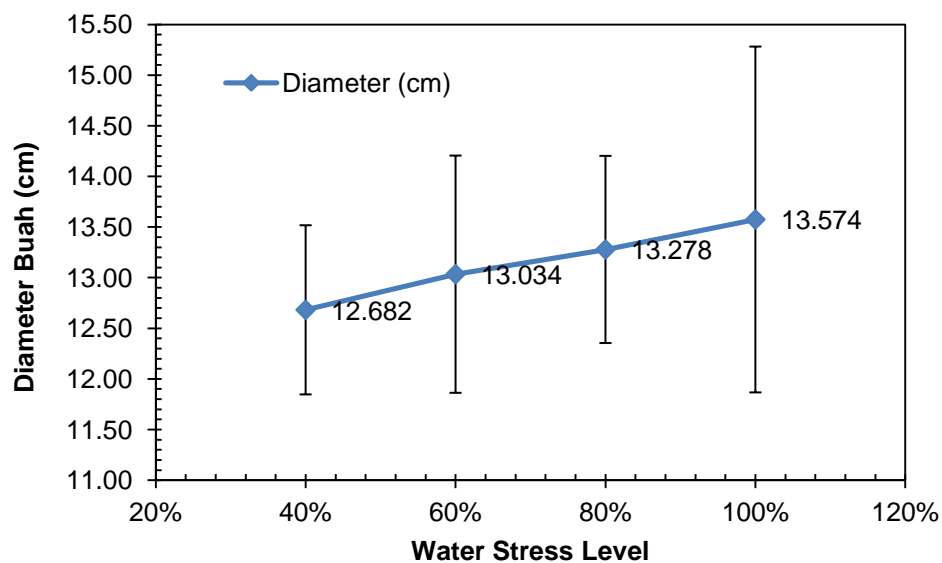
Secara umum terlihat bahwa perlakuan *water stress* pada tanaman melon diikuti dengan perubahan nilai *leaf water potential* (LWP). Pada perlakuan tanpa *water stress* (100% irigasi) nilai LWP tanaman melon selama 3 minggu masa pengukuran berkisar antara  $-0.5 \sim -1.0$  bar. Secara bertahap nilai LWP terus naik seiring dengan naiknya nilai *water stress* pada tanaman melon. Pada irigasi 80%, tanaman melon hanya diberikan irigasi atau pemberian air sebesar 80% dari nilai ETC. Nilai LWP pada perlakuan irigasi 80% berkisar antara  $-0.6 \sim -1.2$  bar. Pada perlakuan 40%, nilai LWP berkisar antara  $-2.0 \sim -3.0$  bar.

### **Pasca Panen Buah Melon Pada Berbagai Tingkatan *Water Stress***

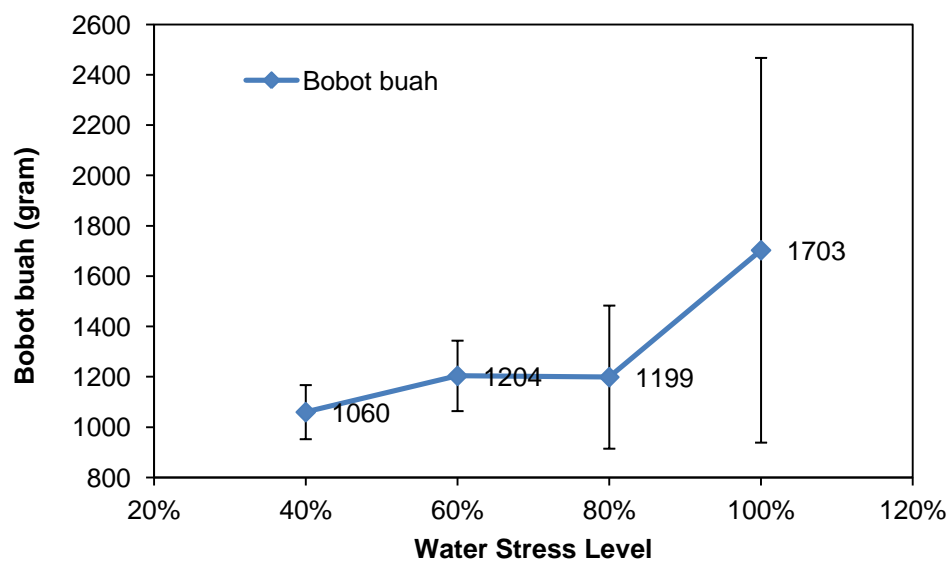
Setelah tiga minggu pengukuran LWP maka buah melon segera dipanen. Selain ukuran buah melon sudah mencapai ukuran permintaan pasar, serangan hama yang mulai meluas juga menjadi pertimbangan pemanenan buah melon setelah tiga minggu mendapat perlakuan *water stress*. Pengukuran diameter buah melon menunjukkan, buah melon dengan tingkat *water stress* yang semakin tinggi maka ukuran buah menjadi semakin kecil ditandai dengan semakin kecilnya diameter buah yang dipanen seperti terlihat pada Gambar 16. Penurunan diameter buah tentu saja akan diikuti dengan penurunan massa buah atau bobot buah melon yang dipanen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17. Hal ini tentu saja di sisi lain dapat mengakibatkan

penurunan produktivitas panen buah melon. Semakin tinggi tingkat *water stress* yang diberikan maka semakin tinggi pula penurunan hasil/produktivitas buah melon.

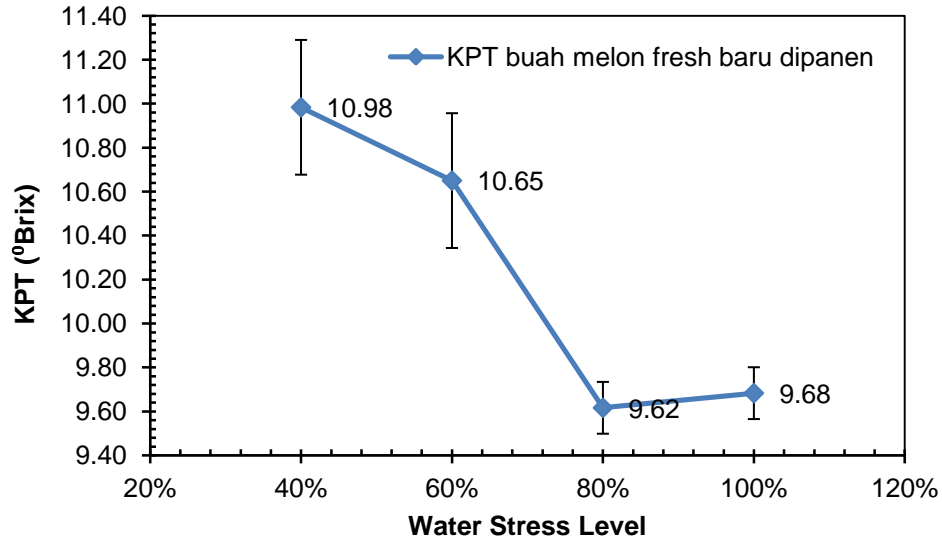
Namun demikian, pemberian tingkat *water stress* yang tinggi di sisi lain juga memberikan efek positif berupa peningkatan nilai KPT buah melon yang dipanen. Secara umum dapat dikatakan bahwa peningkatan KPT akan diikuti dengan peningkatan tingkat kemanisan sebab sebagian besar penyusun KPT adalah molekul-molekul gula. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 16. Diameter buah melon fresh baru dipanen pada berbagai tingkat *water stress*.



Gambar 17. Bobot buah melon fresh baru dipanen pada berbagai tingkat *water stress*.



Gambar 18. KPT buah melon fresh baru dipanen pada berbagai tingkat *water stress*.

Gambar 17 menunjukkan bahwa perlakuan *water stress* melalui pengurangan jumlah air yang diberikan kepada tanaman melon telah berdampak pada bobot buah yang dihasilkan. Secara umum semakin dihambat, jumlah air yang tersedia bagi tanaman semakin berkurang dan diikuti dengan penurunan bobot buah secara drastis. Pada tingkat *water stress* 100% (tanpa ada hambatan), rata-rata bobot buah melon yang dihasilkan sekitar 1703 gram. Ketika pemberian air mulai dihambat maka bobot buah melon mulai menurun. Pada tingkat *water stress* 80% dan 60% rata-rata bobot buah turun menjadi sekitar 1200 gram. Sedangkan pada tingkat *water stress* yang lebih besar yakni 40%, rata-rata bobot buah melon semakin turun yakni menjadi sekitar 1060 gram.

Sedangkan dari Gambar 18, kita memperoleh informasi positif mengenai dampak perlakuan *water stress* pada tanaman melon yakni meningkatnya nilai KPT. Pada perlakuan *water stress* 100%, rata-rata nilai KPT diperoleh sebesar 9.68°Brix. Pada perlakuan 60% dan 40%, rata-rata nilai KPT meningkat menjadi 10.65°Brix dan 10.98°Brix. Lama pemberian perlakuan *water stress* juga sangat mempengaruhi peningkatan KPT. Dengan waktu yang lebih lama, peningkatan nilai KPT dapat lebih besar lagi.

Dengan melihat dampak positif dan negatif yang diperoleh dari perlakuan *water stress* dengan beberapa tingkatan, maka pemberian perlakuan *water stress* 60% dapat



dianggap sebagai pilihan terbaik untuk memproduksi buah melon manis (memiliki kadar gula atau KPT tinggi) dengan bobot buah yang masih bisa diterima pasar.

Dengan menggunakan data LWP yang diperoleh maka dapat dikatakan bahwa untuk tingkat *water stress* 60%, rata-rata nilai LWP tanaman melon adalah sebesar - 1.45 bar. Data ini tentu saja sangat bermanfaat dalam mendesain sistem monitoring nilai LWP berbasis teknologi NIR *spectroscopy* untuk produksi buah melon manis (berkadar gula tinggi).

### **Pengukuran Nilai LWP Tanaman Melon Menggunakan NIR *Spectroscopy***

Untuk mengetahui daun melon yang terbaik yang dapat mewakili dalam pengukuran *water stress* di tanaman melon, maka pada **penggunaan dana 30%** ini akan diinvestigasi potensi penggunaan NIR *spectroscopy* sebagai tool untuk mengukur nilai LWP. Keberhasilan pengukuran ini akan memungkinkan kita untuk memonitor pergerakan nilai LWP tanaman melon sehingga tetap pada nilai LWP yang sudah ditetapkan sebagai nilai acuan. Dengan menggunakan daun melon yang keenam dari pucuk, pengukuran LWP dan data spektra dilakukan secara berurutan dengan berbagai tingkatan *water stress*.

### **Bahan**

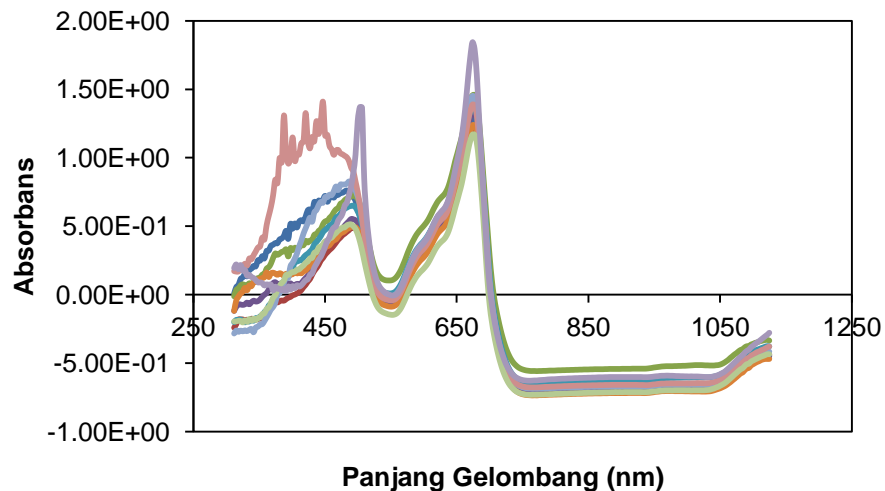
Sebanyak 10 tanaman dengan berbagai tingkatan *water stress* disiapkan sebagai sampel. Kemudian dipilih daun melon keenam dari pucuk sebagai sampel untuk pengukuran data spektra dan nilai LWP.

### **Pengukuran Data Spektra dan Nilai LWP**

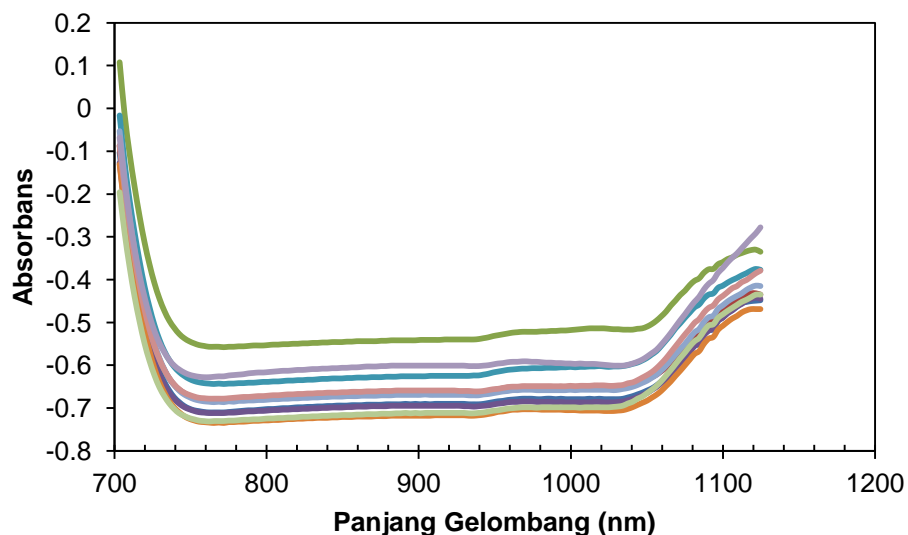
Segera setelah sampel daun siap, daun melon dipotong dan dimasukkan ke dalam plastik untuk mengurangi evapotranspirasi pada jaringan daun. Kemudian daun diletakkan di atas *water bath* untuk penyeragaman suhu sekitar 24-25°C. Setelah itu spektra daun melon diambil pada enam titik dan diambil rataannya menggunakan USB4000 spectrometer dari Ocean Optics, Inc. Spektrometer ini merupakan salah satu spektrometer portable dan bekerja pada detektor dengan panjang gelombang 300-1100 nm. Beberapa parameter yang dipakai pada proses pengambilan spektra adalah 100 ms untuk waktu integrasi dan 5 scans untuk averaging. Spektra daun melon diambil pada mode absorbans dengan menggunakan fiber optik. Segera setelah pengukuran data spektra selesai dilakukan maka dilanjutkan dengan pengukuran data nilai LWP menggunakan alat PMS Instruments Model 600.

## Spektra Daun Melon dan Nilai LWP

Gambar 19 menunjukkan hasil pengukuran data spektra pada range 300-1100 nm dengan berbagai tingkatan *water stress*. Kita lihat secara umum bahwa data spektra pada panjang gelombang 300-700 nm memiliki *noise* yang cukup besar. Dengan alasan ini, maka data spektra yang akan dipakai untuk analisis lebih lanjut hanyalah data pada panjang gelombang 700-1100 nm seperti tampak pada Gambar 20.



Gambar 19. Spektra daun melon pada rentang 300-1100 nm.

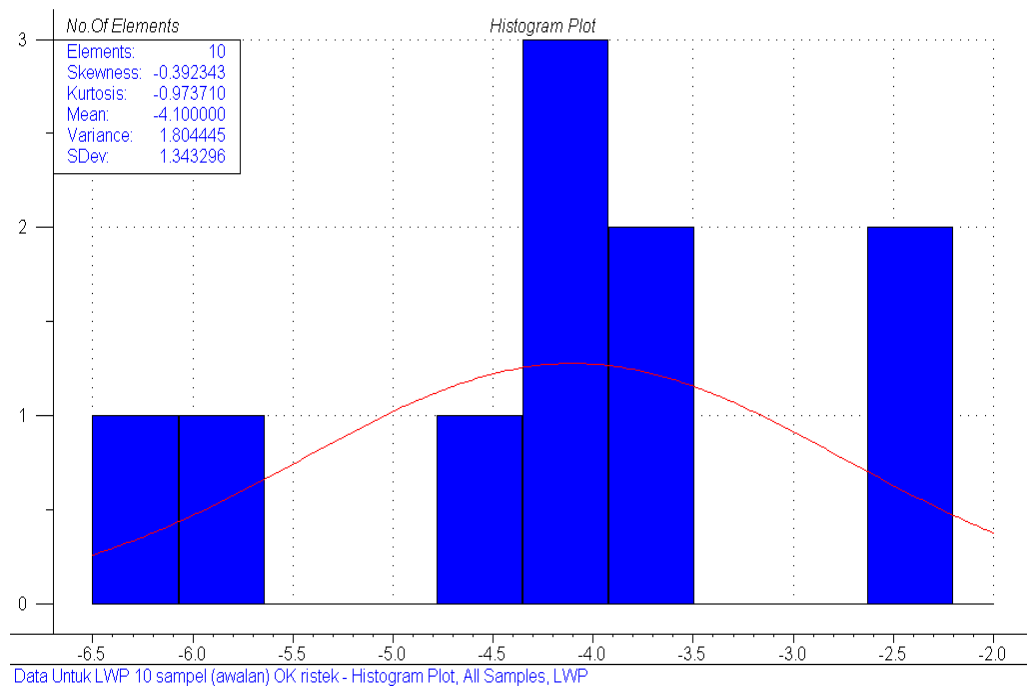


Gambar 20. Spektra daun melon pada rentang 700-1100 nm.

Pengukuran nilai LWP dilakukan pada berbagai tingkatan *water stress* untuk mendapatkan rentang nilai LWP yang lebar. Hasil pengukuran nilai LWP dapat dilihat



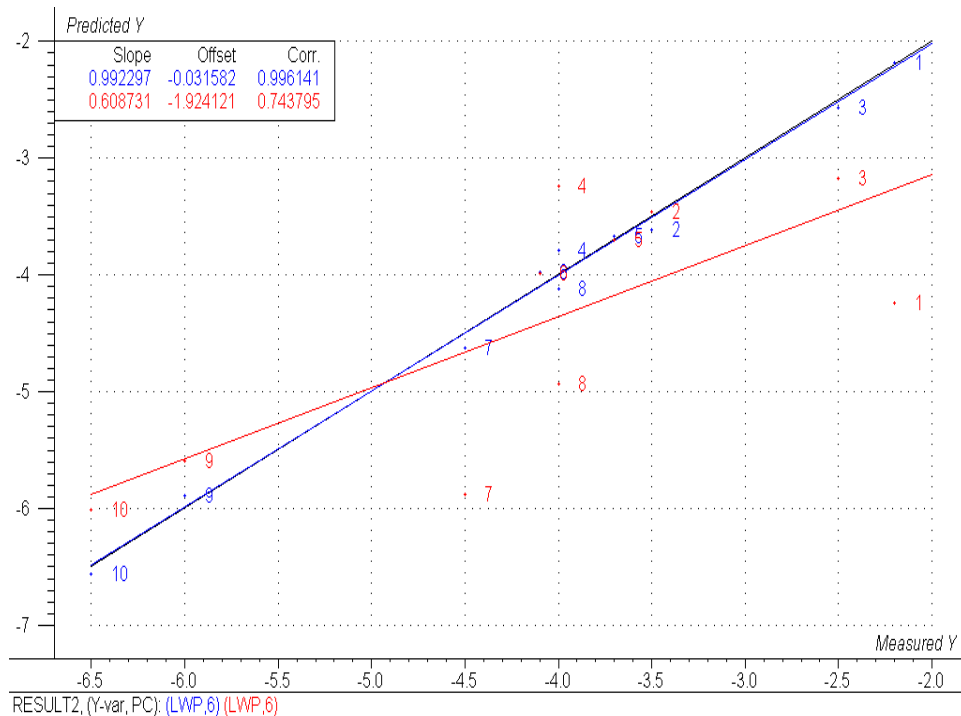
pada Gambar 21. Histogram nilai LWP menunjukkan bahwa LWP yang diperoleh memiliki rentang nilai yang cukup lebar.



Gambar 21. Histogram nilai LWP rendah, sedang dan tinggi.

### **Pembuatan Model Kalibrasi Untuk Penentuan LWP Menggunakan Daun Keenam**

Setelah data spektra dan nilai LWP dari daun keenam diukur maka selanjutnya adalah mengevaluasi hubungan antara data spektra dan nilai LWP. Sebagai langkah awal maka akan dibuat model kalibrasi penentuan LWP dengan menggunakan metode regresi PLS1 (menggunakan perangkat lunak The Unscrambler 9.2). Gambar 22 menunjukkan hasil pembuatan model kalibrasi untuk penentuan nilai LWP.



Gambar 22. Scatter plot antara LWP hasil pengukuran PMS Instrument Model 600 dan LWP hasil perhitungan NIR spectroscopy pada daun keenam dari pucuk.

Dari Gambar 22, kita bisa melihat bahwa dengan menggunakan daun keenam sebagai sampel, hubungan antara data spektra dan nilai LWP dapat dibangun dengan baik dengan nilai korelasi sebesar 0.99. Tentu saja hasil ini memberikan informasi yang sangat berharga untuk mendesain sistem pengukuran spektra daun melon sebagai langkah menuju pengukuran LWP secara tidak merusak menggunakan NIR *spectroscopy*.

## B. Penggunaan dana 50% riset

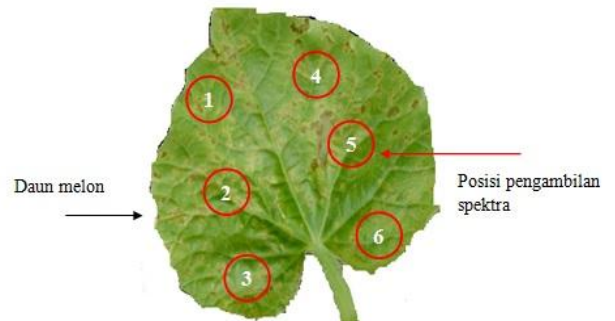
### Riset Penentuan Jumlah Titik Pengambilan Spektra Pada Pengukuran LWP Secara Tidak Merusak Menggunakan *NIR Spectroscopy*.

Untuk melihat pengaruh jumlah titik pengukuran/pengambilan spektra, maka setiap daun diambil spektranya sebanyak 6 kali pada 6 titik pengambilan spektra yang berbeda. Setelah itu akan dibuat empat jenis spektra yakni **spektra1** merupakan rata-rata dari 1 titik pengambilan spektra, **spektra2** merupakan rata-rata dari 2 titik pengambilan spektra, **spektra3** merupakan rata-rata dari 3 titik pengambilan spektra dan **spektra6** merupakan rata-rata dari 6 titik pengambilan spektra (lihat Tabel 5). Gambar 23

menunjukkan visualisasi dari **spektra1** sedangkan Gambar 24 menunjukkan visualisasi **spektra6**.

Tabel 5. Kombinasi perlakuan rata-rata spektra.

Perlakuan	Posisi pengambilan spektra
1	(1), (2), (3), (4), (5), (6)
2	(1,4), (1-5), (1-6), (2-4), (2-5), (2-6), (3-4), (3-5), (3-6)
3	(1-2-3), (4-5-6), (1-3-5), (2-4- 6)
6	(1-2-3-4-5-6)

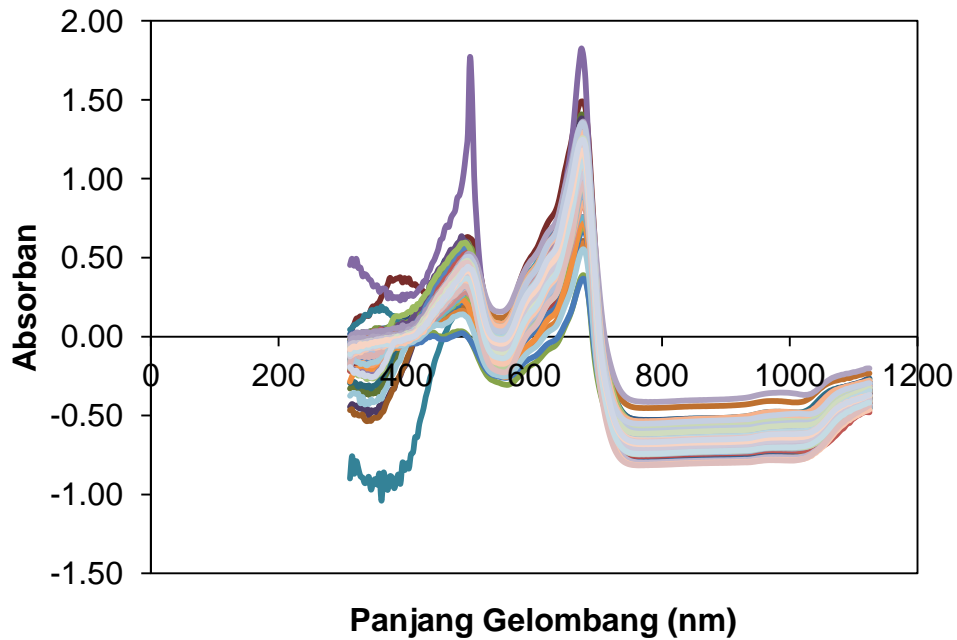


Sebelum dilakukan pengambilan spektra, diambil *reference* sebanyak 1 (satu) kali pada tiap sampel agar spektra daun melon diambil dalam kondisi yang sama yaitu dengan *intensity counts* yang ditentukan. Untuk memberikan efek gelap (*dark*), *light source* yang digunakan sebagai pembangkit gelombang NIR diblok cahayanya menggunakan plat hitam sehingga kondisi alat tanpa cahaya dapat diketahui. Cara pengambilan spektra dari setiap sampel dilakukan di dalam kotak hitam agar sampel yang diambil spektranya tidak terpengaruh oleh lingkungan luarnya.

Dengan teknik *absorbance mode* maka spektra *absorbance* dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_{\lambda} = -\log_{10} \left( \frac{S_{\lambda} - D_{\lambda}}{R_{\lambda} - D_{\lambda}} \right) \dots\dots\dots(3)$$

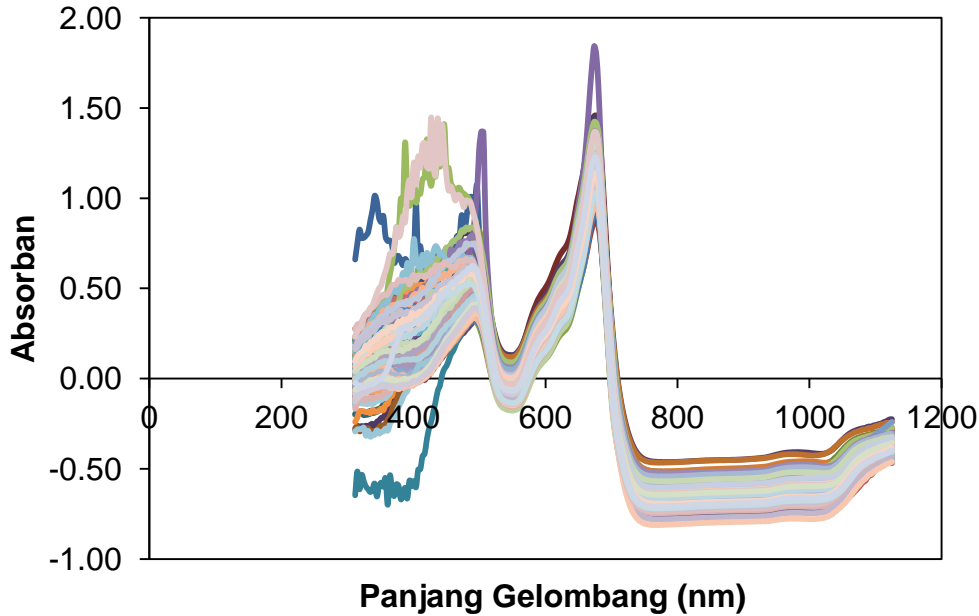
- di mana:
- $S_{\lambda}$  = Intensitas sampel pada panjang gelombang  $\lambda$
  - $D_{\lambda}$  = Intensitas *dark* pada panjang gelombang  $\lambda$
  - $R_{\lambda}$  = Intensitas *reference* pada panjang gelombang  $\lambda$



Gambar 23. Visualisasi **spektra1** pada panjang gelombang 300-1100 nm.

Terlihat bahwa sulit untuk melihat perbedaan yang signifikan pada kedua tipe spektra yakni **spektra1** dan **spektra6**. Kedua tipe spektra pada dasarnya dibentuk dari dua informasi yang berbeda. **Spektra6** merupakan rata-rata dari 6 titik pengambilan spektra sedangkan **spektra1** hanya rata-rata dari 1 titik pengambilan spektra. Jelas **spektra6** lebih kaya akan informasi terkait LWP dibandingkan dengan **spektra1**. Untuk melihat secara lebih jelas pengaruh tipe spektra terhadap penentuan LWP tanaman melon maka di sinilah bantuan alat analisis bernama kemometrika sangat diperlukan. Dengan menggunakan kemometrika regresi PLS, pengaruh tipe spektra terhadap kualitas model kalibrasi penentuan LWP tanaman melon akan lebih kuantitatif.

Pada penelitian ini digunakan sebanyak 115 daun sebagai sampel. Setelah diambil data spektranya menggunakan *portable spectrometer* maka dilanjutkan dengan pengukuran nilai LWP menggunakan PMS instrument model 600. Untuk analisis data, setelah pengukuran data spektra dan data LWP selesai dilakukan, maka dilakukan pembagian data (115 sampel) menjadi 2 bagian yakni spektra untuk data kalibrasi (59 sampel) dan data spektra untuk validasi (56 sampel).



Gambar 24. Visualisasi **spektra6** pada panjang gelombang 300-1100 nm.

Tabel 6 menunjukkan hasil rekapitulasi pengembangan model untuk penentuan LWP dengan menggunakan empat tipe spektra. Dapat dilihat bahwa model kalibrasi terbaik dengan nilai SEP terkecil diperoleh dari tipe **spektra3** yang merupakan rata-rata dari 3 titik pengambilan spektra (titik 4, 5 dan 6). SEP yang diperoleh sebesar 0.83 bar (satuan LWP). Untuk tipe **spektra1**, nilai SEP cukup bervariasi dari terbesar 1.60 bar (diperoleh dari rata-rata titik 1) hingga terkecil 0.95 bar (diperoleh dari rata-rata titik 6). Hal ini menunjukkan dengan sangat jelas bahwa penggunaan **spektra1** sangat tidak konsisten. Untuk tipe **spektra2**, nilai SEP tertinggi adalah 1.27 bar (dari rata-rata titik 2 dan 6). Nilai SEP terendah adalah 0.87 bar (dari rata-rata titik 2 dan 4). Hal ini pun jelas menunjukkan ketidakkonsistenan penggunaan **spektra2** pada penentuan LWP yang menghasilkan nilai SEP yang sangat bervariasi.

Pada penggunaan tipe **spektra3**, nilai SEP yang diperoleh juga bervariasi. Nilai SEP tertinggi adalah 1.09 bar sedangkan nilai SEP terendah diperoleh sebesar 0.83 bar. Sedangkan untuk tipe **spektra6**, nilai SEP diperoleh sebesar 0.88 bar.

Tabel 6. Hasil kalibrasi dan validasi penentuan LWP menggunakan tipe spektra yang berbeda.

		Faktor	R	R <sup>2</sup>	SEC	SEP	Bias	RPD	SD
<b>Spektra1</b>	1	4	0.76	0.58	1.32	1.60	-0.06	1.25	2.00
	2	9	0.93	0.86	0.72	1.32	-0.46	1.52	2.00
	3	11	0.76	0.58	1.23	1.12	-0.83	1.79	2.00
	4	11	0.88	0.77	0.95	1.08	-0.29	1.85	2.00
	5	9	0.86	0.74	1.02	1.00	-0.08	2.00	2.00
	6	10	0.87	0.76	0.98	0.95	-0.18	2.11	2.00
<b>Spektra2</b>	1-4	10	0.89	0.79	0.93	1.18	-0.29	1.69	2.00
	1-5	9	0.89	0.79	0.9	1.09	-0.08	1.83	2.00
	1-6	9	0.89	0.79	0.93	1.04	-0.15	1.92	2.00
	2-4	12	0.95	0.90	0.64	0.87	-0.32	2.30	2.00
	2-5	8	0.93	0.86	0.76	1.06	-0.25	1.89	2.00
	2-6	11	0.91	0.83	0.82	1.27	-0.19	1.57	2.00
	3-4	9	0.88	0.77	0.95	1.05	-0.12	1.90	2.00
	3-5	9	0.92	0.85	0.79	0.98	-0.06	2.04	2.00
	3-6	9	0.9	0.81	0.88	0.93	-0.09	2.15	2.00
<b>Spektra3</b>	1-2-3	9	0.93	0.86	0.73	1.08	-0.24	1.85	2.00
	4-5-6	9	0.89	0.79	0.91	0.83	-0.02	2.41	2.00
	1-3-5	9	0.93	0.86	0.76	0.99	-0.06	2.02	2.00
	2-4-6	8	0.88	0.77	0.94	1.09	-0.32	1.83	2.00
<b>Spektra6</b>	1-2-3-4-5-6	7	0.93	0.86	0.76	0.88	-0.12	2.27	2.00

Keterangan :

R<sup>2</sup> : The multiple coefficient of determination.

SEC : Standard error of calibration.

SEP : Standard error of prediction.

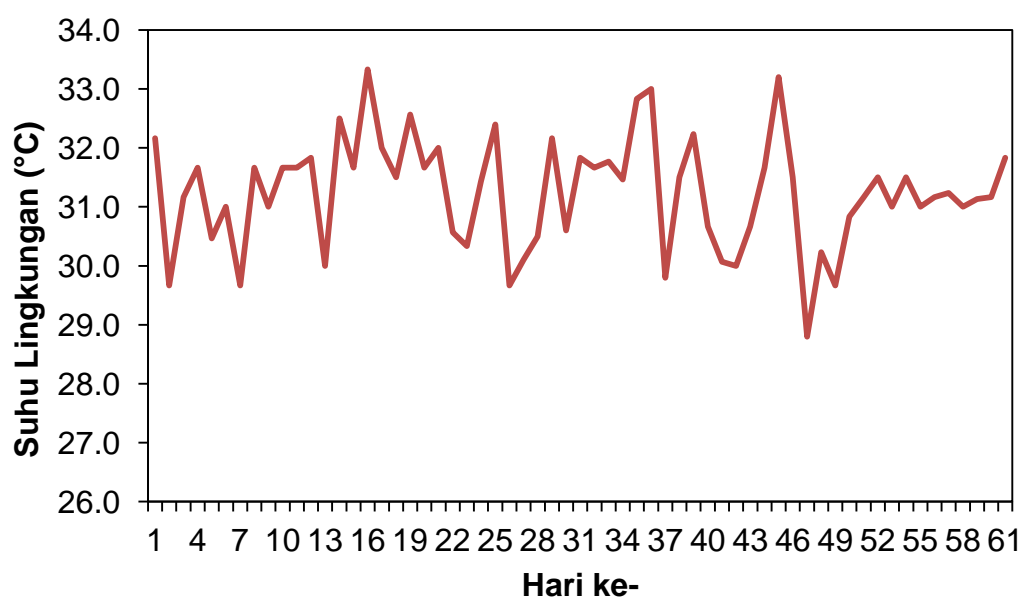
Bias : Rataan selisih antara nilai reference dan nilai prediksi oleh NIR.

RPD : Ratio Prediction to Deviation yaitu Rasio antara SEP dan Standar Deviasi (SD) dari set sampel validasi.

Hasil di atas memberikan gambaran bahwa pengambilan spektra sebanyak 1 titik (**spektra1**) memungkinkan terjadinya ketidakkonsistenan pada hasil penentuan LWP menggunakan *NIR spectroscopy*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai SEP yang diperoleh bervariasi. Hal yang sama berlaku untuk **spektra2**. Sedangkan penggunaan tiga titik pengambilan spektra (**spektra3**), selain menghasilkan nilai SEP terkecil, nilai SEP yang diperoleh juga mendekati nilai SEP pada **spektra6**. Meskipun dipastikan jika pengambilan **spektra6** akan menghasilkan kualitas model kalibrasi yang lebih konsisten, namun untuk proses pengambilan spektra yang cepat, maka sampai tahap ini disarankan untuk mengambil spektra sebanyak 3 kali untuk setiap sampel daun melon.

## Riset Membangun Model Kalibrasi *NIR Spectroscopy* yang Mampu Mengkompensasi Fluktuasi Suhu di Dalam Rumah Plastik

Suhu di dalam rumah plastik sangat berfluktuasi di waktu pagi, siang maupun sore hari. Perbedaan suhu dalam satu hari juga dipengaruhi oleh kondisi cuaca per harinya. Untuk melihat tren perubahan suhu yang terjadi di dalam rumah plastik maka dilakukan juga pengukuran suhu harian selama produksi buah melon (lebih kurang selama 61 hari). Pengukuran dilakukan pada pagi (pukul 8.00), siang (pukul 13.00) dan sore hari (pukul 17.00). Gambar 25 menunjukkan suhu harian rata-rata di dalam rumah plastik.

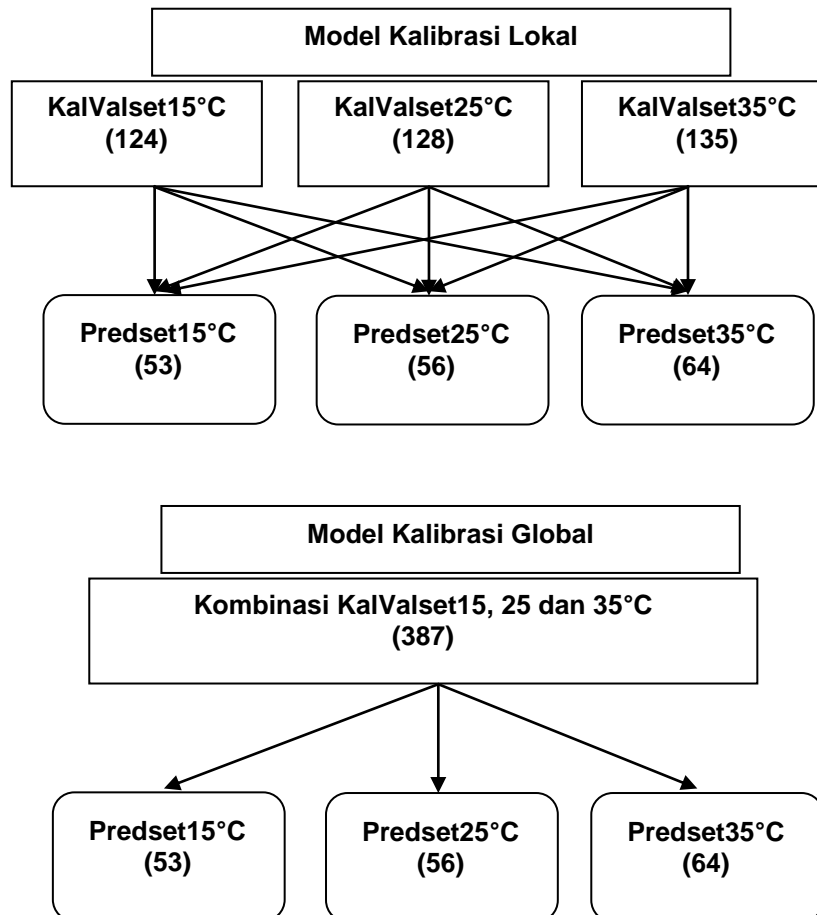


Gambar 25. Rata-rata suhu harian lingkungan di dalam rumah plastik.

Dapat dilihat dari Gambar 25, suhu harian lingkungan di dalam rumah plastik sangat bervariasi. Di satu sisi, model kalibrasi dalam *NIR spectroscopy* sangat dipengaruhi oleh variasi suhu. Hal ini menjadi salah satu alasan mengapa perlu membangun model kalibrasi LWP tanaman melon yang mampu mengkompensasi pengaruh variasi suhu. Tujuannya adalah mendapatkan sebuah model kalibrasi LWP yang dapat digunakan untuk memprediksi LWP pada kisaran suhu yang luas (spektrum suhu yang lebar).

Untuk keperluan pengembangan model kalibrasi dengan kompensasi suhu, sebanyak tiga jenis sampel disiapkan. Sampel pertama adalah **sampel15degree** merupakan sampel daun melon yang disimpan di atas *water batch* dengan suhu kontrol

15°C. Sampel kedua adalah **sampel25degree** merupakan sampel daun melon yang disimpan di atas *water batch* dengan suhu kontrol 25°C. Terakhir, sampel ketiga adalah **sampel35degree** merupakan sampel daun melon yang disimpan di atas *water batch* dengan suhu kontrol 35°C.



Gambar 26. Pengembangan model kalibrasi lokal dan global menggunakan set sampel yang berbeda.

Seperti terlihat di Gambar 26, untuk setiap suhu disediakan sampel yang berbeda dan jumlahnya sebagai berikut: 124 sampel untuk **sampel15degree**, 128 sampel untuk **sampel25degree** dan 135 sampel untuk **sampel35degree**. Kemudian dibangun dua jenis model kalibrasi yakni model kalibrasi lokal dan model kalibrasi global (lihat Gambar 26). Model kalibrasi lokal merupakan model kalibrasi yang dibangun menggunakan sampel dengan suhu yang sama. Model kalibrasi lokal untuk suhu 15°C merupakan model kalibrasi yang dibangun menggunakan sampel daun bersuhu 15°C. Model kalibrasi lokal untuk suhu 25°C merupakan model kalibrasi yang dibangun



menggunakan sampel daun bersuhu 25°C. Begitu pula model kalibrasi lokal untuk suhu 35°C merupakan model kalibrasi yang dibangun menggunakan sampel daun bersuhu 35°C. Setiap model kalibrasi dibangun menggunakan validasi *t-test*. Setelah model dibangun kemudian diuji kualitasnya untuk memprediksi nilai LWP daun melon pada berbagai suhu. Untuk sampel prediksi pada suhu 15°C disediakan jumlah sampel sebanyak 53 sampel. Untuk sampel prediksi pada suhu 25°C disediakan jumlah sampel sebanyak 56 sampel. Dan untuk sampel prediksi pada suhu 35°C disediakan jumlah sampel sebanyak 64 sampel.

Untuk model kalibrasi global, dibangun dengan cara menggabungkan seluruh sampel pada tiga suhu yakni sampel pada suhu 15°C, 25°C dan 35°C. Sehingga total ada 387 sampel. Kalibrasi menggunakan metode regresi PLS-1 dan uji validasi *t-test* dan dijalankan pada pengolah data The Unscrambler 9.8. Setelah model terbentuk maka kualitasnya diuji untuk memprediksi nilai LWP sampel daun melon pada berbagai jenis suhu (lihat Gambar 26). Tabel 7 menjelaskan secara lengkap deskripsi statistik pada masing-masing sampel.

Tabel 7. Deskripsi statistik nilai LWP sampel untuk kalibrasi dan validasi pada model kalibrasi lokal dan global.

Item	Sampel kalibrasi dan Validasi	Sampel Prediksi
<u>Sampel Tanpa Kombinasi Pada Suhu 15°C</u>		
Sampel	124	53
Rataan	-5.76	-5.73
S.D	1.96	1.88
<u>Sampel Tanpa Kombinasi Pada Suhu 25°C</u>		
Sampel	128	56
Rataan	-6.18	-6.07
S.D	2.11	2.11
<u>Sampel Tanpa Kombinasi Pada Suhu 35°C</u>		
Sampel	135	64
Rataan	-6.87	-6.97
S.D	2.24	2.19
<u>Sampel Kombinasi Suhu 15, 25 dan 35°C</u>		
Samples	387	173
Mean	-6.29	-6.30
S.D	2.15	2.13

S.D merupakan standar deviasi dari sampel.

LWP dinyatakan dalam satuan bar (1 bar = 0.1 MPa).

Kemudian untuk menguji kualitas model kalibrasi yang diperoleh maka beberapa parameter berikut akan digunakan yakni : jumlah faktor (F) yakni jumlah faktor PLS

yang terlibat dalam model, koefisien korelasi ( $r_{cal}$ ), RMSEV (*root mean square error of validation*), dan nilai rasio standar deviasi terhadap RMSEV ( $SDR_{cv}$ ) yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) (Golic and Walsh, 2006):

$$SDR_{cv} = \frac{S.D_{calibratioset}}{RMSEV} \dots\dots\dots (4)$$

Sebagai panduan maka kualitas model kalibrasi yang diharapkan adalah model kalibrasi dengan RMSEV rendah, nilai  $r_{cal}$  tinggi dan nilai  $SDR_{cv}$  yang tinggi. Untuk aplikasi praktis diharapkan nilai  $SDR_{cv}$  di atas 3.0 (Clement *et al.*, 2008).

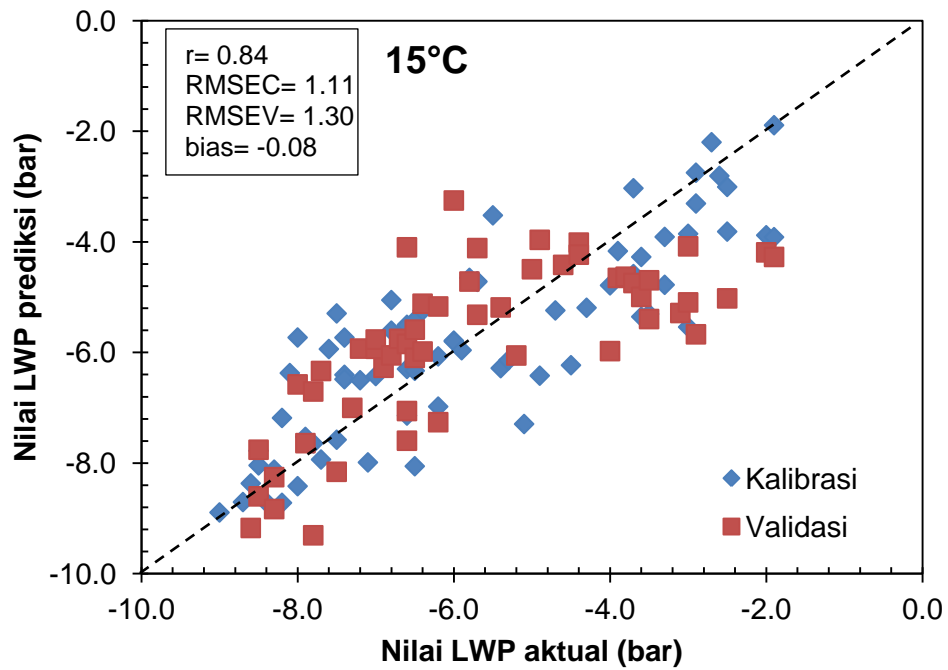
Kemudian untuk mengevaluasi kualitas hasil prediksi maka beberapa parameter berikut dipakai yakni : koefisien korelasi ( $r_{pred}$ ), *root mean square error of prediction* (RMSEP), *bias-corrected standard error of prediction* (SEP) dan nilai  $SDR_{pred}$ .

Untuk rentang spektra yang digunakan, maka dipilih kisaran panjang gelombang 450-1050 nm. Panjang gelombang di bawah 450 nm dan di atas 1050 nm cukup banyak mengandung *noise*. Untuk jenis spektra, spektra dengan pengolahan Savitzky-Golay 2<sup>nd</sup> derivatif (jumlah segmen 10 kiri dan kanan dengan orde 2) dipilih sebagai spektra terbaik yang akan digunakan pada proses pembuatan model kalibrasi.

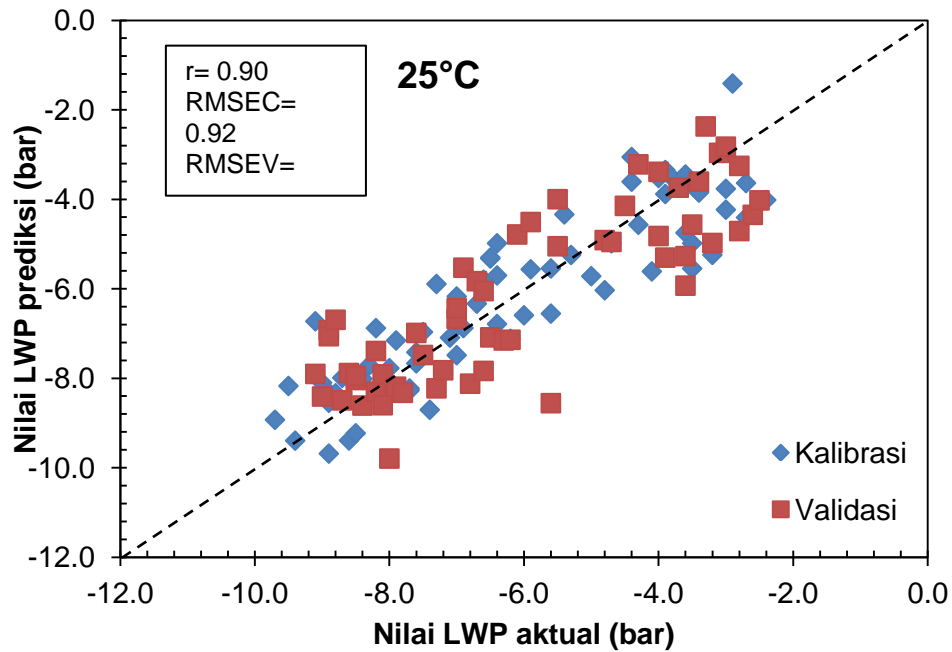
Tabel 8 menunjukkan rekapitulasi hasil pengembangan model kalibrasi lokal untuk masing-masing suhu. Dapat dilihat bahwa pada model kalibrasi lokal (tanpa kombinasi sampel beda suhu), model kalibrasi pada suhu 25°C lebih superior dibandingkan dengan model kalibrasi lokal pada suhu yang lain. Hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi tertinggi (0.90) dan nilai RMSECV terendah (1.13). Model kalibrasi lokal pada suhu 25°C juga menghasilkan nilai  $SDR_{cv}$  terbesar yaitu 1.87. Salah satu alasan yang dapat dikemukakan terkait superioritas model kalibrasi pada suhu 25°C adalah kisaran suhu yang hampir sama dengan suhu ruang yakni sekitar 23-26°C. Hal ini tentu saja menyebabkan hampir dipastikan proses penyeragaman suhu menggunakan *water batch* pada suhu 25°C relatif lebih mudah tercapai bila dibandingkan dengan proses penyeragaman suhu sampel 15°C dan 35°C. Untuk *scatter plot* model kalibrasi dan uji validasi pada masing-masing suhu dapat dilihat pada Gambar 27, 28, dan 29.

Tabel 8. Hasil pengembangan model kalibrasi lokal pada masing-masing suhu.

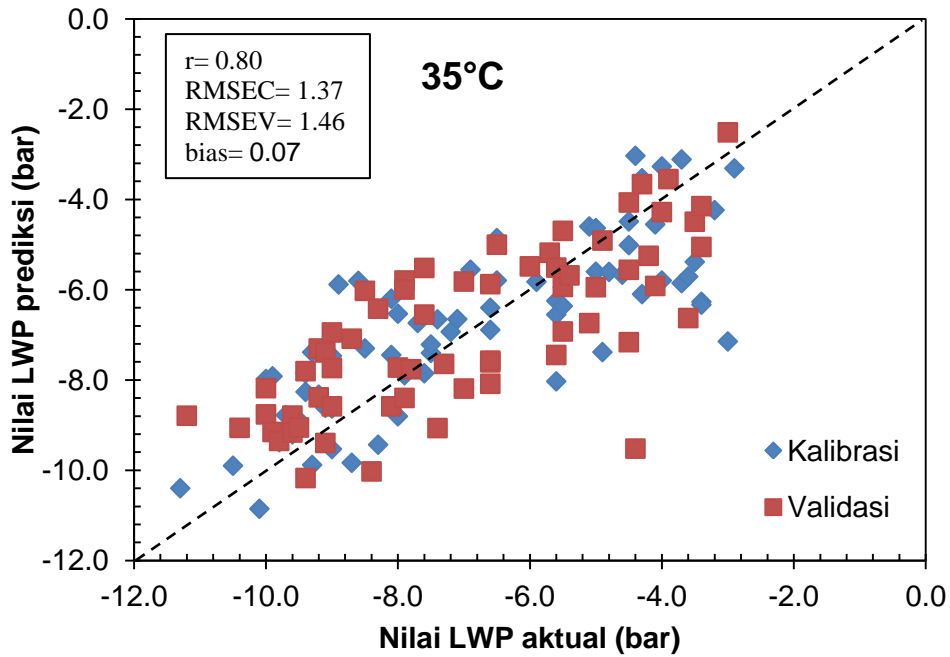
Suhu	F	$r_{cal}$	RMSEC	RMSEV	S.D <sub>calset</sub>	$SDR_{cv}$
15°C		0.84	1.11	1.30	1.96	1.51
25°C		0.90	0.92	1.13	2.11	1.87
35°C		0.80	1.37	1.46	2.15	1.47



Gambar 27. Plot kalibrasi dan validasi terbaik pada suhu 15°C.



Gambar 28. Plot kalibrasi dan validasi terbaik pada suhu 25°C.

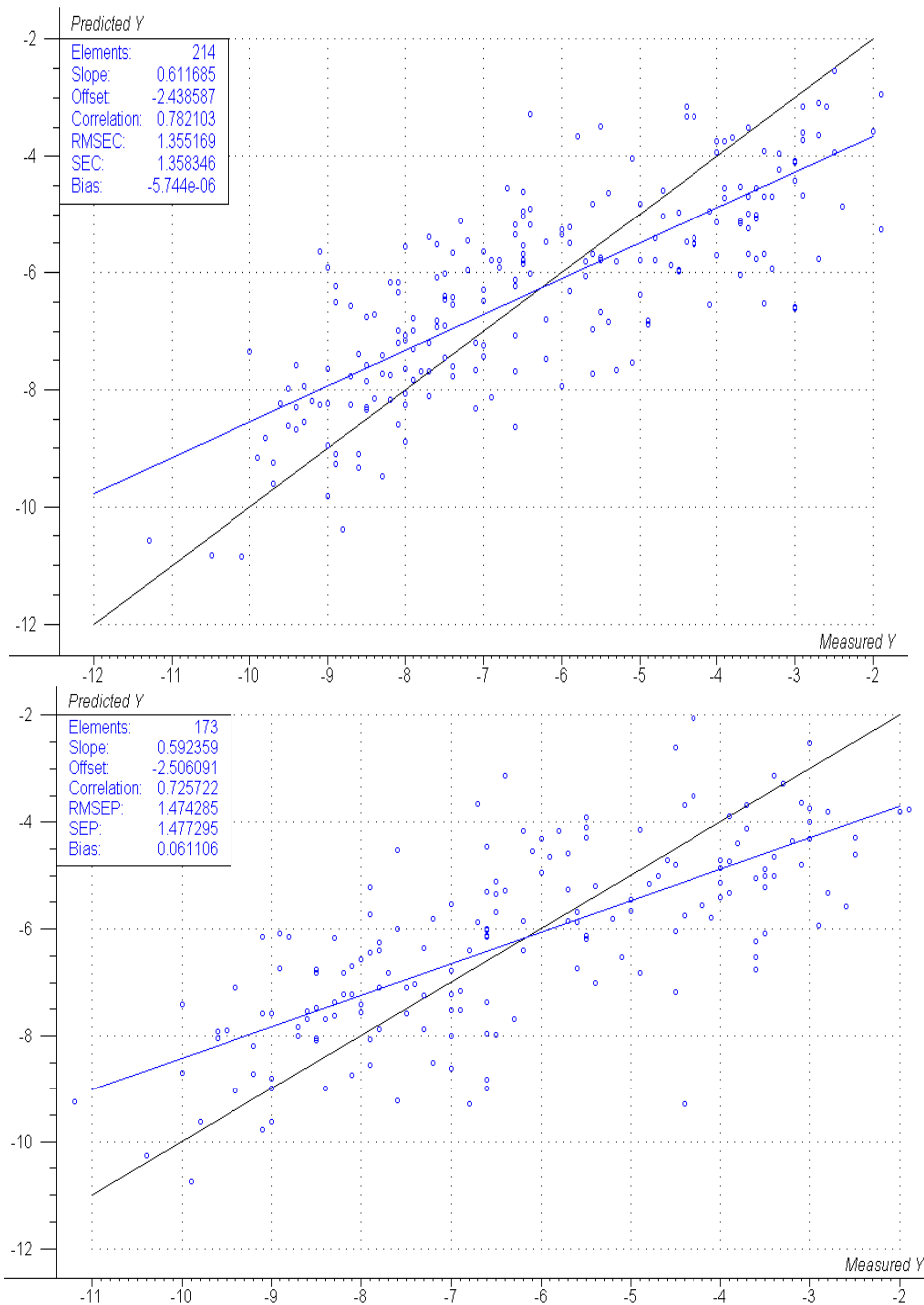


Gambar 29. Plot kalibrasi dan validasi terbaik pada suhu 35°C.

Tabel 9 menunjukkan hasil pengembangan model kalibrasi dan uji validasi untuk sampel gabungan atau disebut juga model kalibrasi global. Dapat dilihat bahwa dengan makin kompleksnya sampel gabungan, kualitas model kalibrasi menjadi lebih inferior dibandingkan dengan model kalibrasi lokal. Gambar 30 menunjukkan *scatter plot* kalibrasi dan validasi untuk model global.

Tabel 9. Hasil pengembangan model kalibrasi global hasil gabungan sampel pada semua suhu.

Suhu	F	$r_{cal}$	RMSEC	RMSEV	S.D <i>calset</i>	SDR <sub>cv</sub>
15°C+25°C+35°C		0.78	1.36	1.47	2.13	1.45



Gambar 30. Plot kalibrasi dan validasi pada model kalibrasi global.

Untuk melihat performansi dari model kalibrasi lokal dan global dalam memprediksi nilai LWP pada berbagai suhu maka dilakukan proses prediksi menggunakan model kalibrasi lokal dan global untuk setiap sampel prediksi pada setiap suhu. Hasilnya dapat dirangkum di Tabel 10.

Tabel 10. Hasil uji prediksi menggunakan model kalibrasi lokal dan global.

Model kalibrasi	Sampel prediksi	$r_{pred}$	SEP	Bias	RMSEP	$SDR_{pred}$
15°C Lokal	15°C	0.72	1.31	-0.08	1.30	1.45
	25°C	0.56	2.11	-3.27	3.88	0.54
	35°C	0.38	2.50	-2.96	3.86	0.55
25°C Lokal	15°C	0.48	1.71	0.04	1.70	1.11
	25°C	0.85	1.13	-0.09	1.13	1.87
	35°C	0.30	2.26	-1.02	2.46	0.87
35°C Lokal	15°C	0.32	1.86	-0.61	1.94	0.97
	25°C	0.57	2.01	-0.26	2.00	1.06
	35°C	0.74	1.47	0.07	1.46	1.46
15, 25 dan 35°C Global	15°C	0.66	1.41	0.06	1.40	1.34
	25°C	0.72	1.51	0.09	1.50	1.41
	35°C	0.72	1.52	0.03	1.51	1.41

Bila kita lihat Tabel 10, maka secara umum dapat dikatakan bahwa model kalibrasi lokal menghasilkan prediksi nilai LWP dengan SEP dan *bias* rendah saat model kalibrasi lokal tersebut digunakan untuk memprediksi nilai LWP daun melon dengan suhu yang sama dengan suhu model kalibrasi tersebut. Tetapi saat model kalibrasi lokal tersebut digunakan untuk memprediksi sampel daun dengan suhu yang berbeda dengan suhu model kalibrasi maka nilai SEP dan *bias* langsung naik yang menyebabkan kualitas prediksi menjadi semakin buruk. Sebagai contoh kita lihat model kalibrasi lokal pada suhu 15°C. Saat model lokal suhu 15°C digunakan untuk memprediksi sampel pada suhu 15°C maka menghasilkan nilai SEP dan *bias* rendah (SEP=1.31 dan bias=-0.08). namun saat model kalibrasi lokal suhu 15°C digunakan untuk memprediksi sampel prediksi pada suhu 25°C dan 35°C maka nilai SEP dan *bias* langsung naik (SEP= 2.11 dan SEP=2.50, bias= -3.27 dan bias= -2.96). Hal ini menunjukkan secara jelas salah satu kelemahan model kalibrasi lokal di mana model kalibrasi hanya bagus saat digunakan untuk memprediksi nilai LWP pada sampel yang sama suhunya. Padahal jelas disebutkan di awal bahwa pengukuran suhu lingkungan di dalam rumah plastik menunjukkan suhu seragam di dalam rumah plastik sangat sulit diperoleh sehingga sangat mungkin suhu daun bervariasi. Untuk keperluan pengukuran nilai LWP menggunakan *NIR spectroscopy* di dalam rumah plastik untuk proses monitoring nilai LWP jelas akan menemui kendala jika menggunakan model kalibrasi lokal.

Berdasarkan data di Tabel 10 kita juga melihat potensi penggunaan model kalibrasi global untuk mengatasi variasi suhu sampel pada pengukuran LWP

menggunakan *NIR spectroscopy*. Bila kita lihat data di Tabel 10, hasil prediksi menggunakan model kalibrasi global menghasilkan nilai SEP dan *bias* yang rendah untuk semua suhu sampel. Model global inilah yang akan digunakan pada saat proses monitoring nilai LWP di dalam rumah plastik untuk mengontrol tingkatan *water stress* pada tanaman melon untuk menghasilkan melon dengan kualitas optimal (manis dan berukuran layak pasar).

### C. Penggunaan dana 20% riset

#### **Riset pembuatan model kalibrasi LWP menggunakan *NIR spectroscopy* untuk proses monitoring LWP dan manajemen *water stress levels*.**

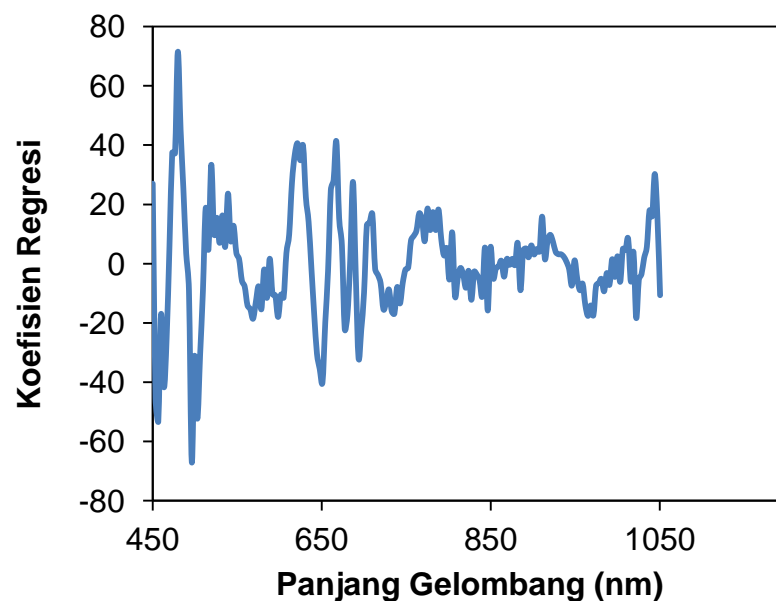
Sebelumnya proses pembuatan model kalibrasi untuk penentuan nilai LWP secara tidak merusak menggunakan *NIR spectroscopy* telah berhasil dilakukan. Sebelumnya juga telah diinvestigasi pengaruh suhu dan jumlah titik pengambilan spektra. Model kalibrasi yang telah dibangun merupakan model kalibrasi linear berbasis regresi PLS yang cukup sulit untuk diinterpretasikan. Selain itu untuk keperluan proses monitoring nilai LWP, penggunaan regresi PLS dengan melibatkan banyak sekali peubah (pada penelitian ini lebih dari 100 peubah terlibat) sehingga pada saat proses pengukuran *on-plant* akan membutuhkan waktu yang lama. Sehingga pada penggunaan dana 20% ini maka dalam rangka menyediakan model kalibrasi yang mudah dipahami dan hanya melibatkan sedikit peubah sehingga proses komputasinya cepat, model kalibrasi untuk nilai LWP akan dibangun kembali menggunakan regresi MLR (*multi linear regression*) dengan hanya melibatkan sedikit peubah.

Untuk perhitungan LWP dengan model kalibrasi berbasis MLR maka persamaan untuk penentuan LWP dapat dituliskan sebagai berikut (Shiina *et al.*, 1993):

$$LWP = K_0 + K_1 \cdot L(\lambda_1) + K_2 \cdot L(\lambda_2) + K_3 \cdot L(\lambda_3) + \dots$$

Dengan  $K_0$  adalah nilai intersep dari persamaan regresi sedangkan  $K_1$ ,  $K_2$  dan seterusnya ( $K_i$ ) adalah nilai koefisien regresi. Kemudian  $L(\lambda_i)$  adalah nilai absorban pada panjang gelombang tersebut ( $\lambda_i$ ) atau nilai  $\log(1/R)$  dengan  $R$  adalah nilai reflektan pada panjang gelombang  $\lambda_i$ .

Untuk mendapatkan panjang gelombang terpilih sebagai input MLR maka dapat dilakukan dengan memplot koefisien regresi versus panjang gelombang dari hasil regresi PLS. dari plot tersebut dapat dilihat panjang gelombang dengan nilai koefisien regresi yang tinggi. Panjang gelombang ini adalah panjang gelombang yang dapat dijadikan kandidat untuk regresi MLR disebabkan semakin tinggi nilai koefisien regresi maka panjang gelombang tersebut semakin penting dan menentukan dalam proses pengukuran nilai LWP. Hasilnya adalah sebagai berikut:

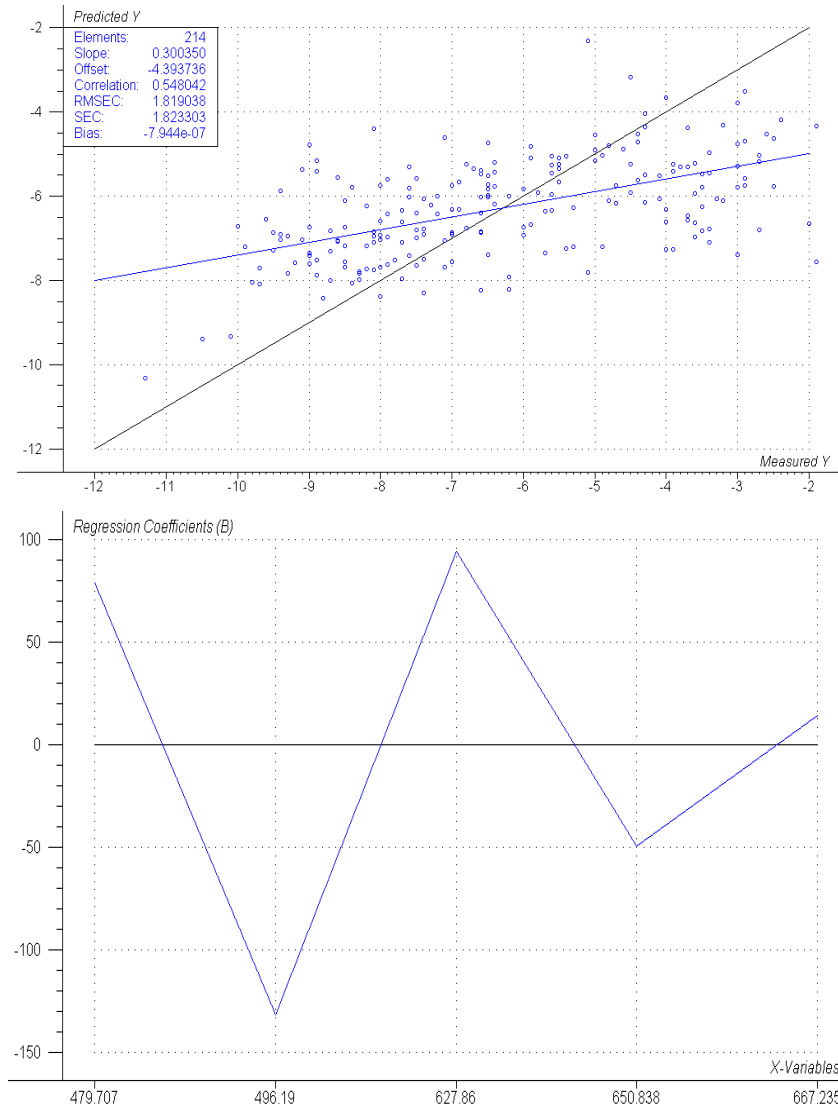


Gambar 31. Plot panjang gelombang vs. koefisien regresi hasil regresi PLS.

Dari Gambar 31 terlihat bahwa paling tidak ada lima panjang gelombang terpilih dengan nilai koefisien regresi yang tinggi yang dapat dijadikan kandidat panjang gelombang terpilih yang akan digunakan pada proses regresi MLR. Kelima panjang gelombang tersebut adalah: 479.70 nm, 496.19 nm, 627.86 nm, 650.84 nm dan 667.23 nm.

Kemudian untuk mendapatkan persamaan MLR untuk menghitung LWP maka dibuatlah regresi MLR menggunakan lima panjang gelombang terpilih. Proses regresi MLR dilakukan dengan bantuan pengolah data The Unscrambler. Hasilnya adalah sebagai berikut:





Gambar 32. Penentuan LWP menggunakan regresi MLR dengan lima peubah.

Dari Gambar 32 dapat kita lihat nilai intersep dan nilai koefisien regresi dari masing-masing peubah. Sehingga untuk menghitung nilai LWP dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$LWP = 0.30 + 80.L(\lambda_{497}) + 130.L(\lambda_{496}) + 90.L(\lambda_{627}) - 50.L(\lambda_{650}) + 20.L(\lambda_{667})$$

Meskipun persamaan LWP sudah dapat

### 5.3. Hambatan

Beberapa hambatan atau kendala yang ditemui

1. Penanganan terhadap OPT (organism
2. Lampu halogen untuk sumber cahaya

3. Situasi perlistrikan di kota Bandar
4. Situasi perlistrikan makin

## BAB 6. KESIMPULAN DAN

### 6.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dari

1. Secara umum semakin dihambat, jumlah  
Di sisi lain, dampak positif perlakuan *water*
2. Model kalibrasi untuk penentuan LWP
3. Hasil riset penentuan jumlah titik
4. Riset pengembangan model kalibrasi
5. Riset pengembangan model kalibrasi untuk menghitung nilai LWP secara tidak merusak menggunakan NIR *spectroscopy* dan regresi MLR telah dilakukan. Regresi MLR hanya melibatkan 5 peubah saja dengan persamaan model kalibrasi:  
$$LWP = 0.30 + 80.L(\lambda_{497}) + 130.L(\lambda_{496}) + 90.L(\lambda_{627}) - 50.L(\lambda_{650}) + 20.L(\lambda_{667}).$$

### 6.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya akan difokuskan kepada proses aplikasi dari model kalibrasi untuk penentuan LWP secara tidak merusak. Model kalibrasi yang dibangun adalah model kalibrasi berbasis regresi MLR dan merupakan model global yang mampu mengkompensasi suhu. Pengambilan spektra juga hanya dilakukan sebanyak maksimal 3 kali untuk setiap sampel daun. Dengan prosedur seperti itu maka proses monitoring nilai LWP tanaman melon untuk proses manajemen water stress tanaman melon dapat dimungkinkan. Monitoring ini akan mampu menjaga produksi buah melon dipastikan memiliki SSC tinggi dan rasanya manis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Blanco, M., & Villarroya, I. 2002. NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool. *Trends in Analytical Chemistry*. **21**(4): 240–250.
- Boyer, J.S. 1967. Leaf water potential measured with a pressure chamber. *Plant Physiol.* **42**: 133–137.
- Campbell, G. S. 1977. *An introduction to environmental biophysics*. Springer-Verlag, New York.
- Clement, A., Dorais, M., and Vernon, M. 2008. Nondestructive measurement of fresh tomato lycopene content and other physicochemical characteristics using Visible-NIR spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**:9813–9818.
- Davies, A.M.C. 2005. An introduction to near infrared spectroscopy. *NIR news* **16** (7): 9–11.
- Fabeiro, C., Martin, F., de Juan, J.A., 2002. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Agric. Water Manage.* **54**: 93–105.
- Fabeiro, C., Martin, F., de Juan, J.A., 2002. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Agric. Water Manage.* **54**: 93–105.
- FAO, 2013. FAOSTAT. Available at <http://faostat3.fao.org/home/index.html>.
- Golic, M., and Walsh, K. B.. 2006. Robustness of calibration models based on near infrared spectroscopy for the in-line grading of stone fruit for total soluble solids content. *Analytica Chimica Acta* **555**:286–291.
- Gomez, A.H., He, Y., & Pereira, A.G. 2006. Nondestructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of satsuma mandarin using Vis/NIR-spectroscopy techniques. *J. Food Engineering*. **77**: 313–319.
- Joly R.J. 1985. Techniques for determining seedling water status and their effectiveness in assessing stress. In *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. Ed. M.L. Duryea. For. Res. Lab., Oregon State Univ., Corvallis, OR, pp 17–28.
- Kawano, S., & Abe, H. 1995. Development of a calibration equation with temperature compensation for determining the Brix value in intact peaches. *J. Near Infrared Spectroscopy*. **3**: 211–218.
- Khuriyati, N., Matsuoka, T., Kawano, S. 2004. Precise near infrared spectral acquisition of intact tomatoes in interactance mode. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*. **12**: 391–396.

- Kirnak, H., Higgs, D., Kaya, C., Tas, I., 2005. Effects of irrigation and nitrogen rates on growth, yield, and quality of muskmelon in semiarid regions. *J. Plant Nutr.* **28**: 621–638.
- Lester, G.E., Oebker, N.F., Coons, J., 1994. Preharvest furrow and drip irrigationschedule effects on postharvest muskmelon quality. *Postharvest Biol. Technol.***4**: 57–63.
- Long, R.L., Walsh, K.B., Midmore, D.J., 2006. Irrigation scheduling to increase muskmelon fruit biomass and soluble solids concentration. *Hortscience* **41** (2): 367–369.
- Morimoto, T., Hashimoto, Y. 2000. AI approach to identification and control of total plant production systems. *Control Engineering Practice*, **8**: 555–567.
- O`toole, J.C., & Cruz, R.T. 1980. Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress. *Plant Physiol.* **65**: 428–432.
- Okamura, N.K., Shimomachi, T., Takemasa, T., & Takakura, T. 2001. Nondestructive detection of water stress in tomato plants by NIR spectroscopy. *Environ. Control in Biol.* **39**(2): 75–85.
- Osborne, B.G. 1993. Near infrared spectroscopy in food analysis. In *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester. ISBN: 0471976709.
- Pasquini, C. 2003. Near infrared spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. *J. Braz. Chem. Soc.* **14**(2): 198–219.
- PMS instrument company. 2005. A user guide. Available in the website <http://pmsinstrument.com/tutorials/tutorials.htm>.
- Ribas, F., Cabello, M.J., Moreno, M., Moreno, A., Lo´pez-Bellido, L.,2001. Influencia del riego y de la aplicacio´n de potasio en la produccio´n de melo´n (*Cucumis melo* L.). I. Rendimiento. *Invest. Agric.: Prod. Prot. Veg.* **16** (2): 283–297.
- Sartono. 2001. *Melon, Budidaya Intensif dan Peluang Bisnis*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Scholander, P.F., H.T. Hammel, E.A. Hemmingsen, & E.D. Bradstreet. 1964. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **52**:119–125.
- Seginer, I., Elster, R.T., Goodrum, J.W., & Rieger, M.W. 1992. Plant wilt detection by computer vision tracking of leaf tips. *Trans. ASAE.* **35**(5): 1563–1567.

- Sensoy, S., Ertek, A., Gedik, I., Kucukyumuk, C., 2007. Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field-grown melon (*Cucumis melo* L.). *Agric. Water Manage.* **88**: 269–274.
- Sensoy, S., Ertek, A., Gedik, I., Kucukyumuk, C., 2007. Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field-grown melon (*Cucumis melo* L.). *Agric. Water Manage.* **88**: 269–274.
- Sinclair, T.R., & Ludlow, M.M. 1985. Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. *Aust. J. Plant Physiol.* **12**: 213–217.
- Subhan dan A. Dimiyati. 2002. Prospek Pengembangan Teknologi Hidroponik dan Produk Sayuran Bersih. Modul Pelatihan Teknologi Hidroponik Untuk Pengembangan Agribisnis Perkotaan. Bogor 28 Mei – 7 Juni 2002. Kerjasama CREATA – IPB dan Depdiknas.
- Suhardiyanto, H. 2002. Teknologi Hidroponik. Modul Pelatihan Teknologi Hidroponik Untuk Pengembangan Agribisnis Perkotaan. Bogor 28 Mei – 7 Juni 2002. Kerjasama CREATA – IPB dan Depdiknas.
- Wacquant, C., 1989. *Maîtrise du Climat et Production*, vol. 49. *Infos-Ctifl*, pp. 33–39.
- Wirakusumah, E. S., 2000. *Buah dan Sayur untuk Terapi*. Penebar Swadaya, Jakarta.

Lampiran 1. Foto Kegiatan

### KEGIATAN PENYEMAIAN MELON



### KEGIATAN PEMINDAHAN BIBIT MELON





## KEGIATAN PENANAMAN MELON



## KEGIATAN PENGAMATAN TANAMAN



## KEGIATAN PEMANENAN MELON



## KEGIATAN PENGAMATAN BUAH





## KEGIATAN PENANAMAN MELON KEDUA



## **Lampiran 2.**

# **SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI VI (SATEK VI) BANDAR LAMPUNG 3 NOVEMBER 2015**

## **FOTO KEGIATAN**

### **Artikel dalam Prosiding SATEK VI**



## FOTO KEGIATAN SEMINAR SATEK VI



ISBN : 978-602-0860-02-2



# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL SAINS & TEKNOLOGI VI

03 November 2015



**INOVASI SAINS DAN TEKNOLOGI UNTUK  
KETAHANAN PANGAN DAN  
KEMANDIRIAN ENERGI**

LPPM  
Universitas Lampung  
Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1  
Gedung Meneng, Bandar Lampung, 35145  
email : [satek@kpa.unila.ac.id](mailto:satek@kpa.unila.ac.id)  
website: [satek.unila.ac.id](http://satek.unila.ac.id)

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL  
SAINS & TEKNOLOGI VI  
INOVASI SAINS DAN TEKNOLOGI UNTUK  
KETAHANAN PANGAN DAN KEMANDIRIAN ENERGI**

**ISBN : 978-602-0860-02-2**



**Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
Universitas Lampung**

**Bandar Lampung,  
03 November 2015**

# **SEMINAR SAINS & TEKNOLOGI VI**

**03 NOVEMBER 2015**

*INOVASI SAINS DAN TEKNOLOGI UNTUK KETAHANAN PANGAN  
DAN KEMANDIRIAN ENERGI*

## **PROSIDING**

**ISBN : 978-602-0860-02-2**

### **Penanggung Jawab**

Admi Syarif

### **Dewan Editor**

Yusnita

Asmiati

Nyimas Sa'diyah

Lukmanul Hakim

G. Nugroho Susanto

Mardiana

Sumaryo G. Saputro

Elly Lestari Rustiati

Jhons Fatriyadi Suwandi

### **Dewan Pelaksana**

Melya Riniarti

Jani Master

Aristoteles

Ivayani

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2015**



## DAFTAR ISI

Judul dan Nama Penulis	Halaman
<b>PENGARUH PENGGUNAAN SABUT BUAH KELAPA SAWIT AMONIASI SEBAGAI SUMBER SERAT DALAM RANSUM TERHADAP KECERNAAN <i>IN VITRO</i></b> Agung Kusuma Wijaya	1-10
<b>PENGARUH JENIS DAN TARAF KONSENTRASI FRAKSI EKSTRAK AIR DAUN SIRIH HIJAU (<i>Piper betle</i>) DAN FRAKSI EKSTRAK METANOL DAUN BABADOTAN (<i>Ageratum conyzoides</i>) TERHADAP PERTUMBUHAN DAN SPORULASI <i>Colletotrichum capsici</i></b> Astri Ambun Suri, Titik Nur Aeny dan Efri	11-22
<b>RESPON SINBIOTIK PROBIOTIK (BAL) DAN PREBIOTIK TERHADAP LAJU PERTUMBUHAN UDANG VANAMEI (<i>Litopenaeus vannamei</i>)</b> Buana Basir dan Nursyahran	23-35
<b>PERTUMBUHAN SEEDLING ANGGREK <i>Cattleya</i> HIBRIDA <i>IN VITRO</i> PADA MEDIA DASAR PUPUK LENGKAP NPK (32:10:10) DENGAN BERBAGAI JENIS ADDENDA ORGANIK</b> Defika D. Pratiwi, Yusnita dan Akari Edy	36-45
<b>OPTIMIZATION OF PRODUCTION OF SWEET CORN (<i>Zea mays saccharata</i> L.) IN THE ULTISOL SOIL WITH THE APPLICATION OF ZEOLITE AND MANURE</b> Etik Puji Handayani	46-56
<b>PENGARUH KONSENTRASI BENZILADENIN DAN PEMBELAHAN BIJI TERHADAP PERTUMBUHAN SEEDLING MANGGIS (<i>Garcinia mangostana</i> L.)</b> Fadhilah Asih Fitriyana, Rugayah dan Agus Karyanto	57-67
<b>KEANEKARAGAMAN JENIS BURUNG: STUDI KASUS DI HUTAN DESA CUGUNG KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN LINDUNG MODEL GUNUNG RAJABASA KABUPATEN LAMPUNG SELATAN</b> Frans Hamonangan Nainggolan, Bainah Sari Dewi dan Arief Darmawan	68-79
<b>KAJIAN PENINGKATAN DAYA SAING PETERNAK KAMBING SABURAI SKALA KECIL DI KABUPATEN TANGGAMUS</b> Kusuma Adhianto	80-89
<b>PENGARUH PEMBERIAN PUPUK HIJAU AZOLLA DAN UREA SERTA KOMBINASINYA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL KACANG HIJAU (<i>Vigna radiata</i> [L.] R. Wilcz.)</b> Kuswanta Futas Hidayat	90-98

<b>ANALISIS KEUNTUNGAN PEMASARAN DAN USAHATANI LABU KUNING TERHADAP PEDAGANG DAN PETANI DI KECAMATAN INDRALAYA UTARA</b>	335-359
Eka Mulyana, Erni Purbiyanti dan Indri Januarti	
<b>PENENTUAN JUMLAH TITIK PENGAMBILAN SPEKTRA SUHU DAUN TANAMAN KOPI MENGGUNAKAN INFRARED THERMOMETER</b>	360-374
Ahmad Tusi, Diding Suhandy, Darma Agista dan Oktafri	
<b>PENGARUH RASIO BERAT KATALIS TERHADAP BERAT PLASTIK BEKAS PET PADA PROSES PIROLISIS BERKATALIS DAN KARAKTERISTIK PRODUK CAIR YANG DIHASILKAN</b>	375-385
Damayanti, Muhammad Hanif dan Wike Wingtias Arnesa	
<b>UJI ORGANOLEPTIK DAN NILAI GIZI <i>COOKIES</i> DENGAN SUBSTITUSI TEPUNG UBI JALAR UNGU (<i>Ipomoea batatas L.</i>)</b>	386-397
Dharia Renate dan Ahmad Nasrullah	
<b>ANALISIS HUBUNGAN TINGKAT PEMBERIAN AIR IRIGASI TERHADAP NILAI LEAF WATER POTENTIAL DAN KANDUNGAN PADATAN TERLARUT PADA TANAMAN MELON (<i>Cucumis melo L.</i>)</b>	398-408
Diding Suhandy, Meinilwita Yulia, Ahmad Tusi dan Iwan Novianto	
<b>PENGARUH KONSENTRASI DAN LAMA SIMPAN ASAP CAIR SABUT KELAPA SEBAGAI ALTERNATIF KOAGULAN LATEKS TERHADAP MUTU BOKAR</b>	409-422
Erdi Suroso, Tanto Pratando Utomo dan Rian Setiawan	
<b>THE APPLICATION OF THE USE AN ADHESIVE MATERIAL TOWARDS PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTIC OF ORGANIC FERTILIZERS GRANULE THAT FEEDSTOCKS OF COMPOST THE RIND OF COCOA</b>	423-435
Muhamad Satria Gunawan, Otik Nawansih dan Fibra Nurainy	
<b>KEMAMPUAN MIKROALGA YANG DIKULTIVASI PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI KARET REMAH DALAM MENGHASILKAN BIOMASSA DAN MENURUNKAN CEMARAN</b>	436-446
Otik Nawansih, Tanto Pratando Utomo dan Reni Rayung Wulan	
<b>EFFECTS OF SEAWEED (<i>Euचेuma cottonii</i>) EXTRACTION AND HYDROLYSIS ON REDUCING SUGAR FOR BIOETHANOL PRODUCTION</b>	447-458
Sutikno, Marniza dan Mauliana, R.S	
<b>PEMANFAATAN KULIT NANAS PADA PEMBUATAN MINUMAN PROBIOTIK DENGAN JENIS BAKTERI ASAM LAKTAT BERBEDA</b>	459-473
Samsul Rizal, Marniza dan Fibra Nurainy	





**ANALISIS HUBUNGAN TINGKAT PEMBERIAN AIR IRIGASI TERHADAP  
NILAI *LEAF WATER POTENTIAL* DAN KANDUNGAN PADATAN  
TERLARUT PADA TANAMAN MELON (*Cucumis melo L*)**

Diding Suhandy<sup>1)</sup>, Ahmad Tusi<sup>1)</sup>, Iwan Novianto<sup>2)</sup> dan Meinilwita Yulia<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

<sup>2)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung  
Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

<sup>3)</sup> Dosen Program Studi Mekanisasi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung  
Surel: diding2004@yahoo.com

**ABSTRACT**

This research was conducted to evaluate the relationship between different water irrigation level to the value of LWP and soluble solids content (SSC) in melon plant. Generally speaking, it was understood that increasing the level of water stress decreased the water availability for plant and it was followed by decreasing fruit fresh weight drastically. However, positively increasing water stress was followed by increasing SSC of harvested melon fruit. Water stress M1 treatment resulted SSC of 8.97°Brix. Increasing water stress level to M3 and M4, SSC of melon fruit increased to 10.65°Brix and 10.98°Brix, respectively.

Keywords: melon fruit, water stress, KPT, leaf water potential, soluble solids content.

**ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi hubungan antara tingkat pemberian air irigasi yang berbeda terhadap nilai LWP dan kandungan padatan terlarut (KPT) buah melon. Secara umum semakin dihambat, jumlah air yang tersedia bagi tanaman semakin berkurang dan diikuti dengan penurunan bobot buah melon secara drastis. Di satu sisi nilai KPT buah melon meningkat seiring dengan meningkatnya level cekaman air. Pada perlakuan *water stress* M1, rata-rata nilai KPT diperoleh sebesar 8.97°Brix. Pada perlakuan M3 dan M4, rata-rata nilai KPT meningkat menjadi 10.65°Brix dan 10.98°Brix.

Kata kunci: buah melon, cekaman air, KPT, *leaf water potential*, *water stress*.

**PENDAHULUAN**

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kelangsungan makhluk hidup yang ada di dunia ini. Salah satu pengguna air terbesar di dunia adalah di bidang pertanian. Saat ini kondisi air untuk pertanian semakin langka, tidak hanya di daerah kering tetapi juga di daerah yang memiliki curah hujan yang melimpah. Oleh



karena itu diperlukan suatu usaha untuk melakukan penghematan air bidang pertanian dengan cara meningkatkan efisiensi penggunaan air. Efisiensi penggunaan air dapat dilakukan dengan sistem pemberian air irigasi yang efisien dan efektif. Salah satunya adalah melalui metode pertanian dengan *water stress* atau cekaman air (Stefanelli *et al.*, 2010).

Selain isu penggunaan air, saat ini metode pertanian dengan *water stress* telah digunakan sebagai salah satu metode yang menjanjikan untuk memperbaiki kualitas buah dan sayuran (Bordonaba & Terry, 2010; García-Tejero *et al.*, 2010; Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2011). Sebagai contoh di negara maju seperti Jepang, beberapa tanaman komersial seperti buah tomat ditumbuhkan di dalam rumah plastik dengan perlakuan *water stress* untuk menghasilkan buah tomat dengan kadar gula tinggi.

Buah Melon (*Cucumis melo L.*) merupakan salah satu produk hortikultura penting di dunia. Di Indonesia, buah melon merupakan salah satu komoditas unggulan. Masyarakat Indonesia sangat menyukai buah melon karena rasanya yang manis dan enak serta kandungan gizinya sangat tinggi.

Saat ini teknik hidroponik dengan aplikasi cekaman air (*water stress*) mulai banyak dikembangkan untuk meningkatkan kualitas atau mutu buah yang dihasilkan. Untuk buah melon, *water stress* atau *deficit irrigation* telah terbukti mampu memberikan efek positif yakni meningkatnya kadar gula buah melon yang diukur dengan satuan kandungan padatan terlarut/KPT (*soluble solids content/SSC*) (Lester *et al.*, 1994). Sedangkan KPT merupakan salah satu atribut mutu yang paling diperhatikan oleh konsumen saat mengkonsumsi buah melon. Selain efek positif peningkatan KPT, *water stress* pada buah melon juga ternyata memiliki dampak negatif. Di antara efek negatif aplikasi *water stress* pada buah melon adalah ukuran buah menjadi lebih kecil



(Wacquant,1989). Dengan demikian, aplikasi *water stress* pada buah melon haruslah pada kondisi yang optimal supaya bisa memaksimalkan dampak positif berupa peningkatan KPT dan meminimalkan dampak negatif berupa penurunan hasil (panen).

*Leaf water potential* (LWP) merupakan salah satu status fisiologi tanaman yang telah digunakan secara luas untuk mengkuantifikasi *water stress* pada tanaman. Seperti yang ditunjukkan oleh banyak peneliti, pada kondisi *water stress*, LWP berkorelasi sangat baik dengan parameter-parameter fisiologi tanaman seperti konduktansi stomata dan laju fotosintesis. Pada saat *water stress* diinduksi, LWP, konduktansi stomata dan laju fotosintesis akan turun. LWP juga berkorelasi dengan fenomena daun menggulung (*leaf rolling*) sebuah penampakan yang sederhana dari *water stress* pada tanaman (O`toole and Cruz, 1980).

Data tingkat *water stress* optimal untuk buah melon saat ini tidak tersedia sehingga diperlukan penelitian untuk mengetahui tingkat *water stress* optimal pada buah melon. Data yang diperoleh berupa tingkatan *water stress* optimal buah melon lengkap dengan nilai LWPnya. Data ini sangat penting dalam rangka mendesain teknologi monitoring nilai LWP tanaman melon berbasis NIR *spectroscopy* untuk produksi buah melon manis.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, dan *green house* di Lahan Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan Agustus 2015. Alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian adalah: Seperangkat peralatan sistem irigasi tetes sederhana dengan irigasi tetes tutup botol, rumah tanaman yang terbuat dari plastik





UV dan *insect screen* dengan ukuran 4 m x 3 m, alat tulis, kamera, wadah sumber air, EC meter, termometer, tempat sulaman tanaman, polybag, tali kasur (sebagai ajir), *pressure chamber* tipe *Pressure chamber* tipe *Pump-Up Chamber*, Refractrometer, gelas aqua, ember, penggaris, timbangan, oven, desikator, cawan, erlenmeyer, dan gelas ukur. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah : arang sekam sebagai media tanam, rockwool, benih melon, pupuk organik (pupuk kandang), pupuk hidroponik, dan air.

Penelitian ini dilakukan dengan empat taraf perlakuan irigasi tetes (M), yaitu M1 irigasi tetes sebesar 60 % dari kebutuhan air ( $40\% \times \text{ETc}$ ); M2 (irigasi tetes sebesar 40% dari kebutuhan air ( $60\% \times \text{ETc}$ ); M3 (irigasi tetes sebesar 20% dari kebutuhan air ( $80\% \times \text{ETc}$ ); dan M4 (kondisi tidak defisit/normal ( $100\% \times \text{ETc}$ ). Seluruh perlakuan diulang sebanyak enam kali. Teknik pemberian air irigasi tetes dilakukan dengan cara mengurangi pemberian air irigasi sesuai dengan perlakuan berdasarkan hasil pengukuran evapotranspirasi tanaman (ETc).

Penanaman melon di lakukan di polybag dengan ukuran 40x25 cm, polybag diisi dengan arang sekam sebanyak 2 kg, tanaman melon ditanam setelah berumur 17 hari setelah semai. Setiap polybag ditanam satu tanaman melon dengan jarak tanam 50x50 cm. Penyiraman dilakukan setiap hari dengan volume air yang diberikan sesuai dengan perlakuan dengan menggunakan irigasi sederhana yaitu menggunakan tutup botol.

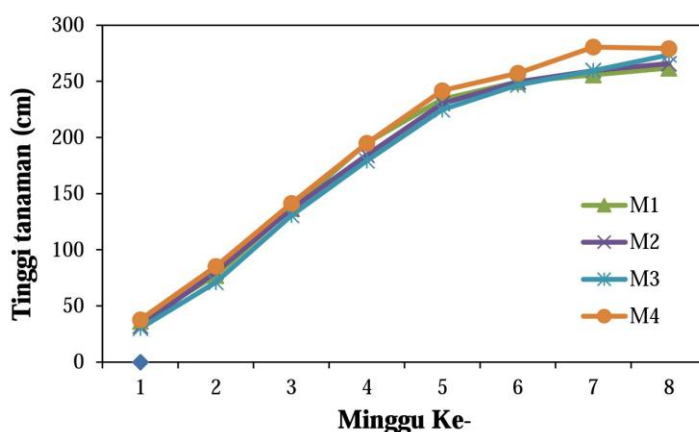
Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah tinggi tanaman (cm), jumlah daun, produksi tanaman, kandungan padatan terlarut (KPT), dan nilai *leaf water potential* (LWP). Data hasil pengamatan dan pengukuran yang telah didapatkan kemudian dianalisa (1) pertumbuhan dan produksi tanaman melon dengan perlakuan 40% , 60 % , 80 % , 100%. (2) hubungan antara LWP dan kandungan padatan terlarut.

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik sederhana dan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengamatan Tanaman

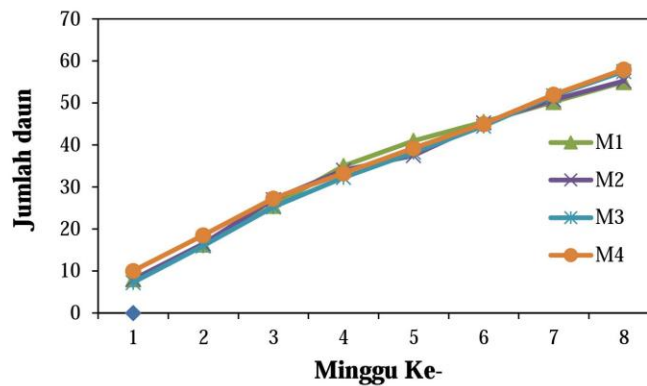
Pengaruh irigasi defisit pada pertumbuhan tanaman melon (*Cucumis Melo L*) dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi tanaman relatif sama, akan tetapi pada perlakuan M4 perbedaan tinggi tanaman sangat berbeda secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan yang lain.



Gambar 1. Rata-rata tinggi tanaman.

Hasil menurut tinggi tanaman pada setiap perlakuan menunjukkan bahwa tanaman tertinggi pada perlakuan M4 yaitu 279.25 cm, M3 yaitu 273.5 cm, M2 sebesar 265.75 dan tanaman terendah terletak pada perlakuan M1 yaitu 261.75 cm. Pertumbuhan tinggi terendah pada M1 disebabkan tanaman mengalami *stress* karena air yang diberikan lebih sedikit, sehingga tanaman tidak tumbuh optimal. Tanaman tertinggi pada M4 dikarenakan air yang diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Hasil

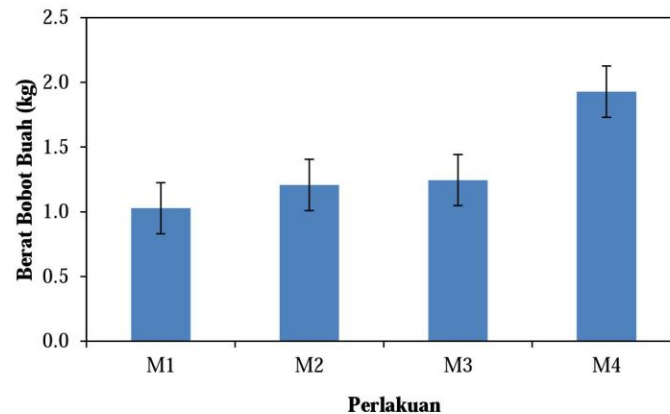
penelitian yang dilakukan oleh Mirabad *et al.*, (2013) menunjukkan bahwa perlakuan irigasi defisit dapat menurunkan laju pertumbuhan tinggi tanaman. Gambar 2 menunjukkan pertumbuhan pertambahan jumlah daun tanaman setiap minggu. Pertumbuhan penambahan jumlah daun tidak berbeda secara signifikan antara perlakuan M3 dan M4.



Gambar 2. Jumlah daun rata-rata pada setiap perlakuan.

Gambar di atas menerangkan bahwa jumlah daun tertinggi terdapat pada perlakuan M4 hal ini dikarenakan air yang diberikan pada tanaman sesuai dengan kebutuhan. Kemudian jumlah daun rata-rata tanaman terendah terdapat pada perlakuan M1 hal ini dikarenakan air yang diberikan untuk tanaman tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman yang mengakibatkan tanaman mengalami cekaman air. Penurunan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun diakibatkan oleh adanya kandungan garam yang terdapat pada media tanaman, hal itu mengakibatkan fraksi pencucian menurun, karena air yang diberikan pada zona perakaran aktif dikurangi yang menyebabkan gangguan dalam proses fisiologis pertumbuhan tanaman (Mirabad *et al.*, 2013). Penurunan jumlah daun akan meningkat sesuai dengan menurunnya tingkat pemberian air irigasi (Mirabad *et al.*, 2013).

Produksi tanaman yang dihasilkan (Gambar 3) menjelaskan bahwa hasil produksi buah rata-rata pada setiap perlakuan relatif sama, kecuali pada perlakuan M4 (tanpa irigasi defisit) yang menunjukkan hasil produksi lebih tinggi.

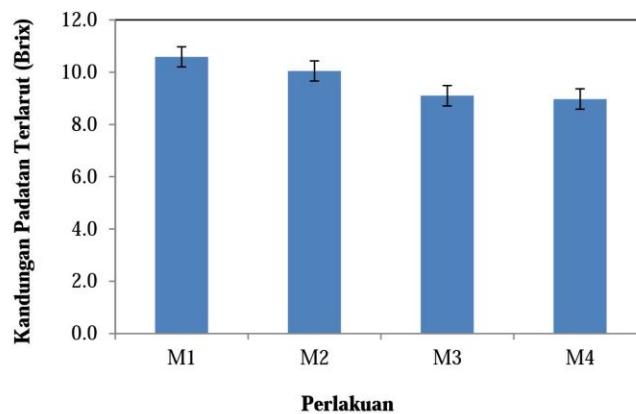


Gambar 3. Produksi buah melon rata-rata pada setiap perlakuan.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada perlakuan M4 menunjukkan produksi buah rata-rata tertinggi dengan bobot rata-rata sebesar 1.92 kg. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada perlakuan M4, tanaman diberikan irigasi sesuai dengan nilai evapotranspirasinya tanpa ada cekaman. Sehingga tanaman melon pada perlakuan M4 dapat berkembang dengan baik dan tanaman tidak mengalami cekaman. Sedangkan produksi buah rata-rata terendah adalah pada perlakuan M1 yaitu bobot rata-rata buah adalah sebesar 1.02 kg. Pada perlakuan M1, tanaman berada pada kondisi paling tercekam yakni dengan irigasi defisit paling besar. Sehingga hal ini menyebabkan tanaman mengalami cekaman air yang mengakibatkan perkembangan tanaman tidak optimal. Dari sini cukup menjelaskan bahwa perlakuan irigasi defisit pada tanaman melon telah mengakibatkan penurunan produktivitas panen buah melon. Semakin tinggi

tingkat *water stress* yang diberikan maka semakin tinggi pula penurunan hasil/produktivitas buah melon.

Namun demikian, pemberian tingkat *water stress* yang tinggi di sisi lain juga memberikan efek positif berupa peningkatan nilai KPT buah melon yang dipanen. Secara umum dapat dikatakan bahwa peningkatan KPT akan diikuti dengan peningkatan tingkat kemanisan sebab sebagian besar penyusun KPT adalah molekul-molekul gula. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.



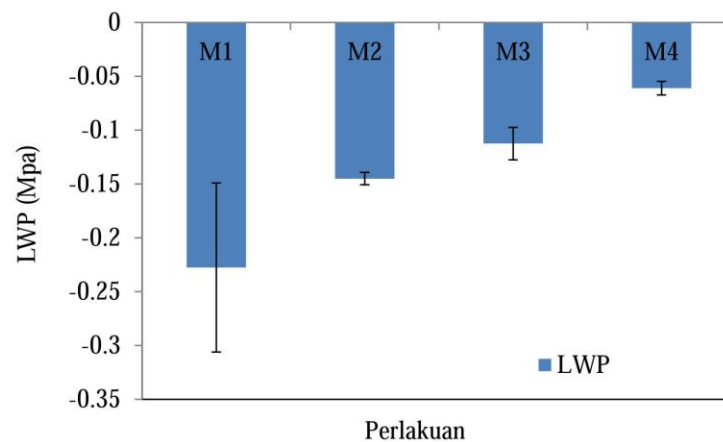
Gambar 4. Rerata kandungan padatan terlarut (KPT) buah melon pada setiap perlakuan.

Kandungan padatan terlarut saat buah melon dipanen pada perlakuan M1 yaitu sebesar 10.98 Brix. Sedangkan nilai KPT yang terendah terdapat pada perlakuan M4 yaitu sebesar 8.97 pada brix. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan irigasi defisit dapat meningkatkan kandungan padatan terlarut (KPT) pada buah melon. Semakin sedikit pemberian air pada tanaman akan meningkatkan kandungan padatan terlarut (KPT) pada buah. Ini sejalan dengan beberapa hasil riset sebelumnya pada buah melon seperti yang dilaporkan oleh Nasrabadi *et al.*, (2015). Hasil penelitian ini juga sesuai dengan



penelitian Mirabad *et al.*, (2013) menyatakan bahwa irigasi defisit mampu meningkatkan kandungan padatan terlarut (KPT) pada buah blewah (timun suri).

Pada pengukuran nilai LWP terlihat bahwa rerata nilai LWP akan meningkat secara signifikan seiring dengan meningkatnya tingkatan *water stress* yang diberikan. Tentu saja dengan menggunakan data pengukuran nilai LWP ini akan membuka kemungkinan untuk mengukur nilai LWP untuk menduga tingkatan *water stress* yang diberikan sehingga kita dapat memonitor produksi buah melon berkadar gula tinggi dengan mengukur nilai LWP nya.



Gambar 5. Rerata nilai LWP pada setiap perlakuan.

## KESIMPULAN

Secara umum semakin dihambat, jumlah air yang tersedia bagi tanaman semakin berkurang dan diikuti dengan penurunan bobot buah melon secara drastis. Di sisi lain, dampak positif perlakuan *water stress* pada tanaman melon adalah meningkatnya nilai KPT buah melon. Pada perlakuan *water stress* M1, rata-rata nilai KPT diperoleh sebesar 8.97°Brix. Pada perlakuan M3 dan M4, rata-rata nilai KPT meningkat menjadi



10.65°Brix dan 10.98°Brix. Dengan melihat dampak positif dan negatif yang diperoleh dari perlakuan *water stress* dengan beberapa tingkatan, maka pemberian perlakuan *water stress* M3 dapat dianggap sebagai pilihan terbaik untuk memproduksi buah melon manis (memiliki kadar gula atau KPT tinggi) dengan bobot buah yang masih bisa diterima pasar. Dengan menggunakan data LWP yang diperoleh maka dapat dikatakan bahwa untuk tingkat *water stress* M3 rata-rata nilai LWP tanaman melon adalah sebesar -0.145 MPa. Data ini tentu saja sangat bermanfaat dalam mendesain sistem monitoring nilai LWP berbasis teknologi NIR *spectroscopy* untuk produksi buah melon manis (berkadar gula tinggi).

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan yang tinggi kepada Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian ini melalui program Insentif Riset SINAS tahun 2015 sesuai dengan kontrak No. 47/ADD/SEK/INSINAS/PPK/VIII/2015.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bordonaba, J.G. & Terry, L.A. 2010. Manipulating the taste-related composition of strawberry fruits (*Fragaria x ananassa*) from different cultivars using deficit irrigation. *Food Chemistry*, **122**(4): 1020–1026.
- García-Tejero, I., Jimenez-Bocanegra, J.A., Martinez, G., Romero, R., Duran-Zuazo, V.H., and Muriel-Fernandez, J. 2010. Positive impact of regulated deficit irrigation on yield and fruit quality in a commercial citrus orchard *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, cv. salustiano. *Agricultural Water Management*, **97**(5): 614–622.
- Lester, G.E., Oebker, N.F., and Coons, J., 1994. Preharvest furrow and drip irrigation schedule effects on postharvest muskmelon quality. *Postharvest Biol. Technol.* **4**: 57–63.



- Mirabad, A.A., Lotfi, M., and Roozban, M.R. 2013. Impact of water-deficit stress on growth, yield and sugar content of cantaloupe (*Cucumis melo L.*). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, **5**(22): 2778–2782.
- Nasrabadi, H.N., Nemati, H., Kafi, M., and Arouei, H. 2015. Effect of foliar application with salicylic acid on two Iranian melons (*Cucumis melo L.*) under water deficit. *African Journal of Agricultural Research*, **10**(33): 3305–3309.
- O'toole, J.C., & Cruz, R.T. 1980. Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress. *Plant Physiol.* **65**: 428–432.
- Sánchez-Rodríguez, E., Moreno, D.A., Ferreres, F., Rubio-Wilhelmi, M.d.M., and Ruiz, J.M. 2011. Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: Changes on phenolic metabolites and related enzymes. *Phytochemistry*, **72**(8): 723–729.
- Stefanelli, D., Goodwin, I., and Jones, R. 2010. Minimal nitrogen and water use in horticulture: Effects on quality and content of selected nutrients. *Food Research International*, **43**(7):1833–1843.
- Wacquant, C., 1989. *Maîtrise du Climat et Production*, vol. 49. Infos-Ctifl, pp. 33–39.

## **Lampiran 3.**

# **SEMINAR NASIONAL INSINAS 2015 BANDUNG 3-4 DESEMBER 2015**

## **MAKALAH YANG AKAN DIPRESENTASIKAN**

# INVESTIGASI PENGARUH POSISI PENGAMBILAN SPEKTRA PADA PENENTUAN *LEAF WATER POTENTIAL* DAUN MELON SECARA TIDAK MERUSAK MENGGUNAKAN *NIR SPECTROSCOPY*

Diding Suhandy<sup>1)</sup>, Meinilwita Yulia<sup>2)</sup>, Ahmad Tusi<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung,  
Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145  
Telepon (0721) 704946  
e-Mail : diding2004@yahoo.com

<sup>2)</sup>Jurusan Teknologi Pertanian  
Politeknik Negeri Lampung,  
Jl. Soekarno Hatta No. 10 Rajabasa Bandar Lampung 35141  
Telepon (0721) 703995

Bandung, 3 - 4 Desember 2015

## ABSTRAK

*Pada penelitian ini, pengaruh jumlah titik pengambilan spektra daun melon pada pengukuran nilai LWP secara tidak merusak menggunakan NIR spectroscopy ditelaah. Sebanyak 115 daun dipakai sebagai sampel. Data spektra diperoleh dengan pengukuran menggunakan portable NIR spectrometer pada 6 titik berbeda. LWP diukur menggunakan metode pressure chamber dan dilakukan segera setelah pengukuran data spektra. Hasil investigasi menunjukkan bahwa pengambilan spektra sebanyak 3 titik (**spektra3**), selain menghasilkan nilai SEP terkecil, nilai SEP yang diperoleh juga mendekati nilai SEP pada **spektra6**. Sehingga untuk proses pengukuran LWP menggunakan NIR spectroscopy yang cepat dan konsisten, maka disarankan untuk mengambil spektra sebanyak 3 kali untuk setiap sampel daun melon.*

*Kata Kunci : NIR spectroscopy, leaf water potential, rataan spektra, metode pressure chamber, melon*

## I. PENDAHULUAN

Penghematan air untuk keperluan pertanian merupakan salah satu aspek paling penting dalam upaya memecahkan persoalan kekurangan air di masa kini dan akan datang. Hal ini bisa dipahami karena saat ini sekitar 70% dari total penggunaan air di dunia adalah untuk pertanian. Selain itu, saat ini dunia dihadapkan pada dua isu terkait persoalan pangan dunia yakni aspek produksi yang harus terus ditambah seiring pertumbuhan jumlah penduduk dan aspek lingkungan yakni bagaimana produksi pangan dijalankan dengan prinsip tidak merusak lingkungan. Untuk menjawab tantangan isu tersebut maka saat ini salah satu upaya penghematan air bisa dilakukan dengan menerapkan pertanian dengan *water stress* [10].

*Water stress* selain digunakan sebagai upaya penghematan air juga telah digunakan sebagai salah satu metode yang menjanjikan untuk

memperbaiki kualitas buah dan sayuran [1], [3], [8]. Untuk buah melon, *water stress* atau dikenal juga sebagai *deficit irrigation* telah terbukti mampu memberikan efek positif yakni meningkatnya kadar gula buah melon yang diukur dengan satuan kandungan padatan terlarut/KPT (*soluble solids content/SSC*) [4], [5]. Sedangkan KPT merupakan salah satu atribut mutu yang paling diperhatikan oleh konsumen saat mengkonsumsi buah melon. Namun demikian, ternyata *water stress* pada buah melon juga memberikan dampak negatif. Di antara efek negatif aplikasi *water stress* pada buah melon adalah ukuran buah menjadi lebih kecil [6], [13]. Dengan demikian, aplikasi *water stress* pada buah melon haruslah pada kondisi yang optimal supaya bisa memaksimalkan dampak positif berupa peningkatan KPT dan meminimalkan dampak negatif berupa penurunan hasil (panen).



*Leaf water potential* (LWP) merupakan salah satu status fisiologi tanaman yang telah digunakan secara luas untuk mengkuantifikasi *water stress* pada tanaman. Seperti yang ditunjukkan oleh banyak peneliti, pada kondisi *water stress*, LWP berkorelasi sangat baik dengan parameter-parameter fisiologi tanaman seperti konduktansi stomata dan laju fotosintesis. Pada saat *water stress* diinduksi, LWP, konduktansi stomata dan laju fotosintesis akan turun. LWP juga berkorelasi dengan fenomena daun menggulung (*leaf rolling*) sebuah penampakan yang sederhana dari *water stress* pada tanaman [7].

Secara khusus, teknik deteksi kondisi atau level *water stress* pada tanaman telah dikaji oleh beberapa periset dengan pendekatan yang berbeda-beda tergantung kepada indikator yang digunakan sebagai parameter untuk mengamati perubahan *water stress*. Salah satunya menggunakan NIR *spectroscopy* untuk mengukur perubahan nilai LWP sebagai indikator *water stress*[11], sementara yang lain menggunakan pendekatan pengolahan citra untuk mengobservasi buka-tutup stomata sebagai indikator perubahan *water stress* [12].

Riset sebelumnya telah menunjukkan potensi penggunaan NIR *spectroscopy* sebagai alat ukur nilai LWP secara tidak merusak [11]. Hal ini telah membuka peluang untuk melakukan proses monitoring nilai LWP secara *real time* melalui pengukuran LWP secara *on-plant*. Pengukuran nilai LWP tanaman melon untuk keperluan pengukuran secara *on-plant* belum diteliti lebih lanjut. Salah satu parameter yang harus diinvestigasi adalah jumlah titik pengambilan spektra daun melon yang optimal. Secara teori jumlah titik pengambilan spektra yang banyak akan meningkatkan kualitas model kalibrasi yang dihasilkan. Namun dari sisi kepraktisan di lapangan dan untuk efisiensi waktu dan biaya, pengukuran spektra haruslah secepat mungkin dengan jumlah titik optimal yaitu dengan jumlah titik minimal namun dengan kualitas model kalibrasi yang masih dapat diterima (*acceptable*). Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh jumlah titik pengambilan spektra pada penentuan nilai LWP daun melon yang dapat digunakan untuk mengukur LWP daun melon secara *on-plant* dan tidak merusak (*nondestructive*).

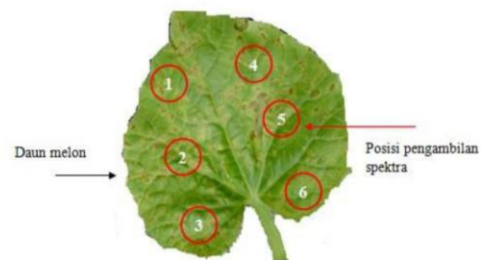
## II. BAHAN DAN METODE

### a. Bahan

Pada penelitian ini digunakan sebanyak 115 daun sebagai sampel. Setelah diambil data spektranya menggunakan *portable spectrometer* maka dilanjutkan dengan pengukuran nilai LWP menggunakan PMS instrument model 600. Untuk analisis data, setelah pengukuran data spektra dan data LWP selesai dilakukan, maka dilakukan pembagian data (115 sampel) menjadi 2 bagian yakni spektra untuk data kalibrasi (59 sampel) dan data spektra untuk validasi (56 sampel).

### b. Metode pengambilan spektra

Spektra daun melon diambil menggunakan *portable spectrometer* pada mode absorban. Spektrometer VIS-NIR USB4000 (The Ocean Optics, USA) digunakan untuk pengambilan spektra dibantu dengan *light source* berbahan tungsten halogen. Pada penelitian ini digunakan parameter pengambilan spektra sebagai berikut: waktu integrasi sebesar 150 ms dan jumlah scan per spektra sebanyak 100 scans. Sehingga satu buah spektra membutuhkan waktu 15 000 ms atau 15 s. Pengambilan spektra dilakukan pada suhu ruang (26-27°C) untuk mendapatkan keseragaman suhu sampel karena suhu sampel akan mempengaruhi model kalibrasi yang dihasilkan.



Gambar 1. Posisi pengambilan spektra pada 6 titik yang berbeda.

Untuk melihat pengaruh jumlah titik pengukuran/pengambilan spektra, maka setiap daun diambil spektranya sebanyak 6 kali pada 6 titik pengambilan spektra yang berbeda seperti terlihat pada Gambar 1. Setelah itu akan dibuat empat jenis spektra yakni **spektra1** merupakan rata-rata dari 1 titik pengambilan spektra, **spektra2** merupakan rata-rata dari 2 titik pengambilan spektra, **spektra3** merupakan rata-rata dari 3 titik pengambilan spektra dan **spektra6** merupakan rata-rata dari 6 titik pengambilan spektra (lihat Tabel 1).

Tabel 1. Kombinasi rata-rata spektra.

Tipe spektra	Posisi pengambilan spektra
<b>Spektra1</b>	(1), (2), (3), (4), (5), (6)
<b>Spektra2</b>	(1,4), (1-5), (1-6), (2-4), (2-5), (2-6), (3-4), (3-5), (3-6)
<b>Spektra3</b>	(1-2-3), (4-5-6), (1-3-5), (2-4-6)
<b>Spektra6</b>	(1-2-3-4-5-6)

**c. Pengukuran nilai LWP**

Untuk menghitung nilai LWP maka dapat diketahui menggunakan persamaan dari [2] sebagai berikut:

$$\psi_L = \psi_S - P \dots\dots\dots(1)$$

Di mana:

- $\psi_L$  = leaf water potential (MPa)
- $\psi_S$  = potensial osmotik xylem (MPa)
- $P$  = tekanan hidrostatik xylem (MPa)

Untuk menghasilkan pengukuran nilai LWP yang akurat, maka dua komponen penyusun LWP yakni nilai potensial osmotik xylem ( $\psi_S$ ) dan nilai tekanan hidrostatik xylem ( $P$ ) haruslah diketahui. Namun demikian, studi yang dilakukan oleh beberapa periset menunjukkan bahwa nilai potensial osmotik xylem sangatlah kecil dan bisa diabaikan [9]. Sehingga untuk penelitian ini persamaan (1) diubah menjadi persamaan (2) sebagai berikut:

$$\psi_L = -P \dots\dots\dots(2)$$

Pada penelitian ini, nilai LWP sama dengan nilai negatif dari tekanan hidrostatik xylem ( $P$ ) sedangkan nilai tekanan hidrostatik xylem diukur menggunakan metode *pressure chamber* (PMS instrument model 600, Oregon, USA).

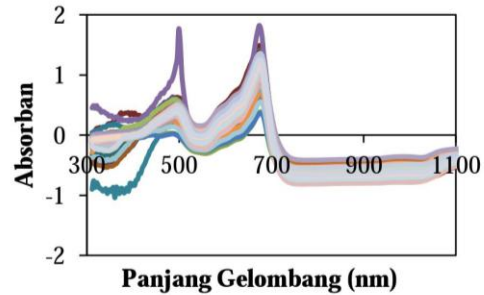
**d. Analisis data menggunakan regresi PLS**

Untuk menghubungkan data spektra dan data LWP maka dibangun model kalibrasi menggunakan regresi PLS (*partial least squares*). Tipe spektra yang digunakan adalah spektra original. Untuk validasi yang digunakan adalah *t-test validation* di mana sampel kalibrasi dan validasi dibedakan. Regresi PLS dilakukan oleh perangkat lunak pengolah data multivariate The Unscrambler ver. 9.1 (CAMO AS, Norwegia). Untuk kualitas model kalibrasi digunakan beberapa parameter berikut: koefisien determinasi ( $R^2$ ), *standard error of calibration* (SEC), *standard error of validation* (SEV), *bias* dan nilai RPD. Secara umum model

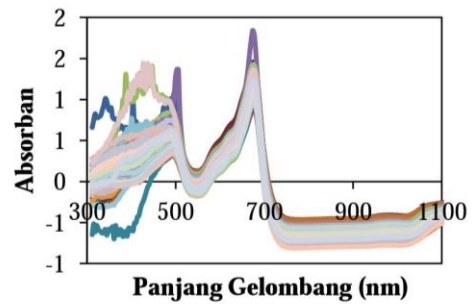
kalibrasi yang diharapkan adalah model kalibrasi dengan nilai  $R^2$ , RPD yang tinggi dan nilai SEC, SEV dan *bias* yang rendah.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**a. Spektra daun melon dengan beda tipe rata-rata**  
 Gambar 2 menunjukkan visualisasi dari **spektra1** sedangkan Gambar 3 menunjukkan visualisasi **spektra6**.



Gambar 2. Visualisasi **spektra1** pada panjang gelombang 300-1100 nm



Gambar 3. Visualisasi **spektra6** pada panjang gelombang 300-1100 nm

Terlihat bahwa sulit untuk melihat perbedaan yang signifikan pada kedua tipe spektra yakni **spektra1** dan **spektra6**. Kedua tipe spektra pada dasarnya dibentuk dari dua informasi yang berbeda. **Spektra6** merupakan rata-rata dari 6 titik pengambilan spektra sedangkan **spektra1** hanya rata-rata dari 1 titik pengambilan spektra. Jelas **spektra6** lebih kaya akan informasi terkait LWP dibandingkan dengan **spektra1**. Untuk melihat secara lebih jelas pengaruh tipe spektra terhadap penentuan LWP tanaman melon maka di sinilah bantuan alat analisis bernama kemometrika sangat diperlukan. Dengan menggunakan kemometrika regresi PLS, pengaruh tipe spektra terhadap



kualitas model kalibrasi penentuan LWP tanaman melon akan lebih kuantitatif.

Tabel 2. Hasil kalibrasi dan validasi penentuan LWP menggunakan tipe spektra yang berbeda.

Tipe spektra	Titik spektra	R <sup>2</sup>	SEC	SEV	Bias	RPD
<b>Spektra1</b>	1	0.58	1.32	1.60	-0.06	1.25
	2	0.86	0.72	1.32	-0.46	1.52
	3	0.58	1.23	1.12	-0.83	1.79
	4	0.77	0.95	1.08	-0.29	1.85
	5	0.74	1.02	1.00	-0.08	2.00
	6	0.76	0.98	0.95	-0.18	2.11
<b>Spektra2</b>	1-4	0.79	0.93	1.18	-0.29	1.69
	1-5	0.79	0.9	1.09	-0.08	1.83
	1-6	0.79	0.93	1.04	-0.15	1.92
	2-4	0.90	0.64	0.87	-0.32	2.30
	2-5	0.86	0.76	1.06	-0.25	1.89
	2-6	0.83	0.82	1.27	-0.19	1.57
	3-4	0.77	0.95	1.05	-0.12	1.90
	3-5	0.85	0.79	0.98	-0.06	2.04
	3-6	0.81	0.88	0.93	-0.09	2.15
<b>Spektra3</b>	1-2-3	0.86	0.73	1.08	-0.24	1.85
	4-5-6	0.79	0.91	0.83	-0.02	2.41
	1-3-5	0.86	0.76	0.99	-0.06	2.02
	2-4-6	0.77	0.94	1.09	-0.32	1.83
<b>Spektra6</b>	1-2-3-4-5-6	0.86	0.76	0.88	-0.12	2.27

R<sup>2</sup> : *The multiple coefficient of determination.*

SEC : *Standard error of calibration.*

SEP : *Standard error of prediction.*

Bias: Rataan selisih antara nilai *reference* dan nilai prediksi oleh NIR.

RPD: *Ratio Prediction to Deviation* yaitu Rasio antara SEP dan Standar Deviasi (SD) dari set sampel validasi.

#### b. Pengembangan model kalibrasi penentuan LWP menggunakan regresi PLS untuk tipe rataan spektra berbeda.

Tabel 2 menunjukkan hasil rekapitulasi pengembangan model untuk penentuan LWP dengan menggunakan empat tipe spektra. Dapat dilihat bahwa model kalibrasi terbaik dengan nilai SEP terkecil diperoleh dari tipe **spektra3** yang merupakan rataan dari 3 titik pengambilan spektra (titik 4, 5 dan 6). SEP yang diperoleh sebesar 0.83 bar (satuan LWP). Untuk tipe **spektra1**, nilai SEP cukup bervariasi dari terbesar 1.60 bar (diperoleh dari rataan titik 1) hingga terkecil 0.95 bar (diperoleh dari rataan titik 6). Hal ini menunjukkan

dengan sangat jelas bahwa penggunaan **spektra1** sangat tidak konsisten. Untuk tipe **spektra2**, nilai SEP tertinggi adalah 1.27 bar (dari rataan titik 2 dan 6). Nilai SEP terendah adalah 0.87 bar (dari rataan titik 2 dan 4). Hal ini pun jelas menunjukkan ketidakkonsistenan penggunaan **spektra2** pada penentuan LWP yang menghasilkan nilai SEP yang sangat bervariasi.

Pada penggunaan tipe **spektra3**, nilai SEP yang diperoleh juga bervariasi. Nilai SEP tertinggi adalah 1.09 bar sedangkan nilai SEP terendah diperoleh sebesar 0.83 bar. Sedangkan untuk tipe **spektra6**, nilai SEP diperoleh sebesar 0.88 bar.

Hasil di atas memberikan gambaran bahwa pengambilan spektra sebanyak 1 titik (**spektra1**) memungkinkan terjadinya ketidakkonsistenan pada hasil penentuan LWP menggunakan NIR *spectroscopy*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai SEP yang diperoleh bervariasi. Hal yang sama berlaku untuk **spektra2**. Sedangkan penggunaan tiga titik pengambilan spektra (**spektra3**), selain menghasilkan nilai SEP terkecil, nilai SEP yang diperoleh juga mendekati nilai SEP pada **spektra6**. Meskipun dipastikan jika pengambilan **spektra6** akan menghasilkan kualitas model kalibrasi yang lebih konsisten, namun untuk proses pengambilan spektra yang cepat, maka sampai tahap ini disarankan untuk mengambil data spektra sebanyak 3 kali untuk setiap sampel daun melon.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil riset penentuan jumlah titik pengambilan spektra yang optimal memberikan gambaran bahwa pengambilan spektra sebanyak 1 titik (**spektra1**) memungkinkan terjadinya ketidakkonsistenan pada hasil penentuan LWP menggunakan NIR *spectroscopy*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai SEP yang diperoleh bervariasi. Hal yang sama berlaku untuk **spektra2**. Sedangkan penggunaan tiga titik pengambilan spektra (**spektra3**), selain menghasilkan nilai SEP terkecil, nilai SEP yang diperoleh juga mendekati nilai SEP pada **spektra6**.

#### V. PUSTAKA ACUAN

- [1] Bordonaba, J.G., and Terry, L.A. (2010), Manipulating the taste-related composition of strawberry fruits (*Fragaria x ananassa*) from different cultivars using deficit irrigation, *Food Chemistry*, Vol. 122, No.4. pp 1020–1026.

- [2] Boyer, J.S. (1967), Leaf water potential measured with a pressure chamber, *Plant Physiol.*, Vol. 42. pp 133–137.
- [3] García-Tejero, I., Jimenez-Bocanegra, J.A., Martínez, G., Romero, R., Duran-Zuazo, V.H., and Muriel-Fernandez, J. (2010), Positive impact of regulated deficit irrigation on yield and fruit quality in a commercial citrus orchard *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, cv. Salustiano, *Agricultural Water Management*, Vol. 97, No.5. pp 614–622.
- [4] Lester, G.E., Oebker, N.F., and Coons, J. (1994), Preharvest furrow and drip irrigation schedule effects on postharvest muskmelon quality, *Postharvest Biol. Technol.*, Vol.4, pp 57–63.
- [5] Mirabad, A.A., Lotfi, M., and Roozban, M.R. (2013), Impact of water-deficit stress on growth, yield and sugar content of cantaloupe (*Cucumis melo* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, Vol.5, No.22. pp 2778–2782.
- [6] Nasrabadi, H.N., Nemati, H., Kafi, M., and Arouei, H. (2015), Effect of foliar application with salicylic acid on two Iranian melons (*Cucumis melo* L.) under water deficit, *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 10, No.33. pp 3305–3309.
- [7] O'toole, J.C., and Cruz, R.T. (1980), Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress, *Plant Physiol.*, Vol. 65, pp 428–432.
- [8] Sánchez-Rodríguez, E., Moreno, D.A., Ferreres, F., Rubio-Wilhelmi, M.d.M., and Ruiz, J.M. (2011), Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: Changes on phenolic metabolites and related enzymes, *Phytochemistry*, Vol. 72, No.8. pp 723–729.
- [9] Scholander, P.F., Hammel, H.T., Hemmingsen, E.A., and Bradstreet, E.D. (1964), Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants, *Proc. Natl. Acad. Sci.* Vol. 52. pp 119–125.
- [10] Stefanelli, D., Goodwin, I., and Jones, R. (2010), Minimal nitrogen and water use in horticulture: Effects on quality and content of selected nutrients. *Food Research International*, Vol. 43, No. 7. pp 1833–1843.
- [11] Suhandy, D., Khuriyati, N., and Matsuoka, T. (2006), Determination of leaf water potential in tomato plants using NIR spectroscopy for water stress management, *Environmental Control in Biology*, Vol. 44, No. 4. pp 279–284.
- [12] Takayama, K., and Nishina, H. (2007), Early detection of water stress in tomato plants based on projected plant area. *Environmental Control in Biology*, Vol. 45, No. 4. pp 241–249.
- [13] Wacquart, C. (1989), *Maîtrise du Climat et Production*, Vol. 49. Infos-Ctifl, pp. 33–39.

## VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Riset ini merupakan salah satu bagian dari riset yang dibiayai oleh program Insinas 2015. Penulis menyampaikan penghargaan yang tinggi kepada Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian ini melalui program Insentif Riset SINAS tahun 2015 sesuai dengan kontrak No. 47/ADD/SEK/INSINAS/PPK/VIII/2015.

## **Lampiran 4.**

# **DRAFT ARTIKEL ILMIAH DIKIRIM KE JURNAL INTERNASIONAL**

## Studies on the Measurement of LWP on Melon Plant at Different Water Stress Level using PMS Instrument Model 600 for Melon Fruit Production with High Sugar Content

Diding Suhandy<sup>1</sup>, Meinilwita Yulia<sup>2</sup>, Ahmad Tusi<sup>1</sup>, and Iwan Novianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratory of Bioprocess and Postharvest Engineering, Department of Agricultural Engineering Faculty of Agriculture, Lampung University, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Indonesia.

<sup>2</sup> Department of Agricultural Technology, State Polytechnic of Lampung, Jl. Soekarno Hatta No. 10 Bandar Lampung, Indonesia.

Correspondence should be addressed to Diding Suhandy: diding2004@yahoo.com

### ABSTRACT

This research was conducted to evaluate the relationship between different water irrigation level to the value of leaf water potential (LWP) and soluble solids content (SSC) in melon plant. Generally speaking, it was understood that increasing the level of water stress decreased the water availability for plant and it was followed by decreasing melon fresh weight drastically. However, positively increasing water stress was followed by increasing SSC of harvested melon fruit. Water stress at 100%ETc treatment resulted SSC of 8.97°Brix. Increasing water stress level to 60%ETc and 40%ETc, SSC of melon fruit increased to 10.65°Brix and 10.98°Brix, respectively. The increasing of water stress levels was also well followed by the increasing of LWP value. It may open a possibility to optimize the water stress condition in melon in order to get melon with high SSC and acceptable yield.

**Keywords:** water stress, leaf water potential, soluble solids content, pressure chamber method, yield.

### 1. INTRODUCTION

It has been well reported that applying water stress or deficit irrigation on plant may lead into an excessive loss in yield. For example, in kiwifruit Miller *et al.* (1998) observed a significant loss in fruit weight, especially in plants exposed to stress in early summer. Similar result also was demonstrated in strawberry (Bordonaba and Terry, 2010), citrus (Garcia-Tejero, 2010) and watermelon (Proietty *et al.*, 2008). However, it has been also demonstrated that practicing water stress may increase crop value (Costa *et al.*, 2007; Stefanelli *et al.*, 2010).

For melon, applying water stress increased soluble solids content (SSC) (Mirabad *et al.*,



2013; Fabeiro *et al.*, 2002; Sensoy *et al.*, 2007; Lester *et al.*, 1994). The SSC is one of the major factors that affects the taste of the fruit and is closely related to the consumer's perception of maturity in melon fruits. However, uncontrolled water stress application may lead into excessive water stress and resulted in significant loss in fruit weight (Wacquant, 1989; Ribas *et al.*, 2003; Fabeiro *et al.*, 2002; Kirnak *et al.*, 2005; Sensoy *et al.*, 2007). Nasrabadi *et al.* (2015) showed that average fruit weight, yield and fruit ripening duration were decreased by increasing water stress in melon. On the other hand, excessive application of water can damage melon and affect fruit quality with problems, leading to reduction of the melon fruit yield, lower fruit quality characteristics and plant disease (Sensoy *et al.*, 2007). For this reason, giving the right amount of water to the melon is crucial to get maximum crop yield, increasing crop value and save more water for other domestic and agricultural purposes.

Leaf water potential (LWP), one of the physiological status of plants, has been widely used as indicator of water stress. It has been selected to quantify the water stress condition in leaf tissues. It has been demonstrated by many researchers that under water stress condition the value of LWP is highly correlated with physiological parameters of a plant such as stomatal conductance and photosynthetic rate. When the water stress is induced, the LWP, the stomatal conductance and the photosynthetic rate decrease. The LWP is also correlated to leaf rolling, a simple appearance of water stress (O'toole and Cruz, 1980).

In order to realize the optimization of water stress, it is effective to monitor the LWP values of the melon plant. Then we can use this information for routine control of water stress level. Several researchers have reported the use of pressure chamber method using PMS instrument for measuring the LWP. Then by using available LWP information, water stress management was applied to optimize the water stress condition.

In this research, the effect of different water stress levels on melon plant is quantified by measuring LWP by using pressure chamber method. This quantification may open a possible way to quantify and then control water stress level on melon plant. It can be valuable information to establish a monitoring system to manage water stress level on melon plant in order to produce melon fruit with high sugar content.

## **2. MATERIAL AND METHODS**

### **Experimental design, planting and irrigation treatments**

This research was conducted in a plastic house of the experimental farm in Lampung University, Lampung in Indonesia from June to August 2015. The elevation of the site was 43 m above sea level. The average air temperature was 26.5°C and the relative humidity was 61.8 %.

Melon seeds were seeded in small plastic boxes for 17 days, and then the melon seedlings were transplanted into the plastic bag (40x25 cm) with paddy husk medium (2 kg weight) until 10 weeks old. In the vegetative stage (before water stress treatment) all plants were well watered. The space between plants within rows was 50 cm. The nutrition used in this research, was nutrition package of Joro A & B Mix. Joro A package contained 12 kg KNO<sub>3</sub>, 16 kg Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 350 g Fe(EDTA), and Joro B package contained 15 kg KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 7.5 kg MgSO<sub>4</sub>, 5 kg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 60 g MnSO<sub>4</sub>, 50 g ZnSO<sub>4</sub>, 50 g Borat acid, 50 g CuSO<sub>4</sub>, 1 g NaMo. Each package was diluted in 100 liter of water, and mixed.

4 weeks before harvesting, water stress was started. In this study, four water stress levels with four irrigation levels including 40, 60, 80, and 100% crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) were applied. The experimental design was a randomized completely blocks designs with six replications.

The ET<sub>c</sub> was estimated by using equation (1) :

$$ET_c = [(W_{(i-1)} - W_{(i)}) \times 10] / A \dots\dots\dots(1)$$

where:

- W<sub>(i)</sub> : weight of plant and its bag in the day<sub>i</sub> (gram)
- W<sub>(i-1)</sub>: weight of plant and its bag in the day<sub>i-1</sub> (gram)
- A: surface area of bag (cm<sup>2</sup>)

(Tusi dan Rosadi, 2009)

Agronomic variables evaluated in this research were plant height, number of leaves, yield, and soluble solid content (SSC) as a quality indicator. The plant height was measure as the average of six plants in the each water stress treatment. The number of the yield was the total fresh fruit weight per plant, and the SSC was the value of the fruits sample. Statistical analysis using F-test at 5% significant level (0.05), followed by LSD (*least significant different*) test at the same level was carried out.

**Method of LWP determination**

Based on Boyer (1967), the LWP can be calculated by using the following formula:

$$\psi_L = \psi_S - P \dots\dots\dots(2)$$

where:

- ψ<sub>L</sub> = leaf water potential (MPa)
- ψ<sub>S</sub> = osmotic potential of xylem sap (MPa)



$P$  = xylem hydrostatic pressure (MPa)

Therefore, to obtain an accurate determination of the LWP values, those two components must be considered. However, it has been reported by several works that the osmotic potential of xylem component was relatively very small and can be neglected comparing to the xylem hydrostatic pressure (Scholander *et al.*, 1964). Hence, in this study, the xylem hydrostatic pressure measured by the pressure chamber method (PMS instrument model 600, Oregon, USA) will be considered as the LWP values. Here we modify equation (2) into equation (3) as follow:

$$\psi_L = -P \dots\dots\dots(3)$$

where:

$\psi_L$  = leaf water potential (MPa)

$P$  = xylem hydrostatic pressure (MPa)

### 3. RESULT AND DISCUSSION

#### Plant height and number of leaves

Table 1 shows that, the application of 100% (ETc) produced the highest average number of leaves per plant (58) after 85 days from transplanting date compared to 40% (55), 60% (55.25) and 80% (57.50) of water stress level. The data collected also revealed that, the reduction of leaf number was increased with increasing the water stress level. The leaf number at 40%ETc was significantly different with leaf number at 80% and 100ETc but not at 60%ETc. Accordingly water stress level at 100% ETc, increased the plant height (279.25 cm) than the other three water stress levels, whereas plant height decreased under water stress treatments (273.50, 265.75 and 261.75 cm at 80, 60 and 40% ETc, respectively). However, there was no significantly different among the water stress treatment on plant height. In addition, these results coincided with those of Keshavarzpour and Rashidi (2011) on stem height and number of leaves of cantaloupe plants. They reported that cantaloupe cultivars differ in their growth characteristics. This result was in line with Nasrabadi *et al.* (2015) on leaf area and number of leaves of two Iranian melons. It was reported that water stress significantly decreased the growth parameter of the two Iranian melons.

Table 1. Comparison of the means for growth parameter of melon under water stress treatments.

Water stress level	Height (cm)	Number of leave/plant
100%ETc	279.25a	58.00a
80%ETc	273.50a	57.50a
60%ETc	265.75a	55.25b
40%ETc	261.75a	55.00b

Means in the same column with different letters differ significantly at 0.05 probability level according to Duncan's multiple rang.

## Fruit yield

Different water stress treatments affected melon yield. However, there was no significant difference between 80 and 60% ETc. Using irrigation level at 40% ETc significantly decreased the melon yield with the average of fruit fresh weight of 1.02 kg. Increasing the irrigation level increased the fruit yield. Therefore yield of 1.92 kg of average fruit fresh weight was observed at 100% ETc treatment (Figure 1). Here, we can see that water stress resulted in decreasing yield in term of average fruit fresh weight. This finding is in line with the previous reported study on melon (Sensoy *et al.*, 2007; Mirabad *et al.*, 2013).

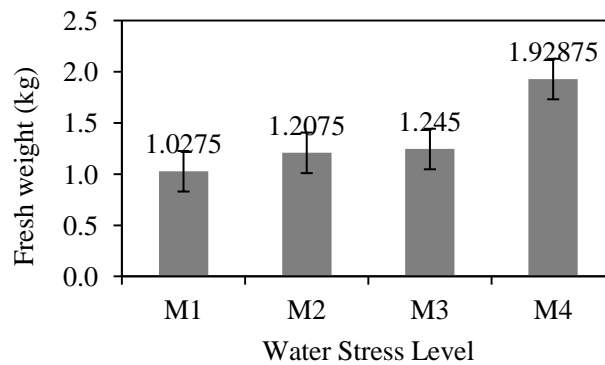


Figure 1. Effect of water stress on yield of melon fruit.

## Soluble solids content (SSC)

Soluble solids content (SSC) is an important factor to increase the flavor of melon. It is also one of the major factors that affects the taste of the fruit and is closely related to the consumer's perception of maturity in melon fruits. Figure 2 shows that, the SSC (%Brix) at different water stress levels were different. The average values of fruit SSC ranged from 8.97 (100% ETc) to 10.59% (40% ETc). Here we can see that increasing water stress level from 100%ETc to 40%ETc has increased SSC of melon fruit 18%. Mirabad *et al.* (2013) obtained SSC of melon under water stress condition ranged from 6.4 (100% ETc) to 9.3% (60% ETc). The results obtained by different researchers also show that fruit SSC is affected positively by water stress (Fabeiro *et al.*, 2002; Ribas *et al.*, 2003; Kirnak *et al.*, 2005).

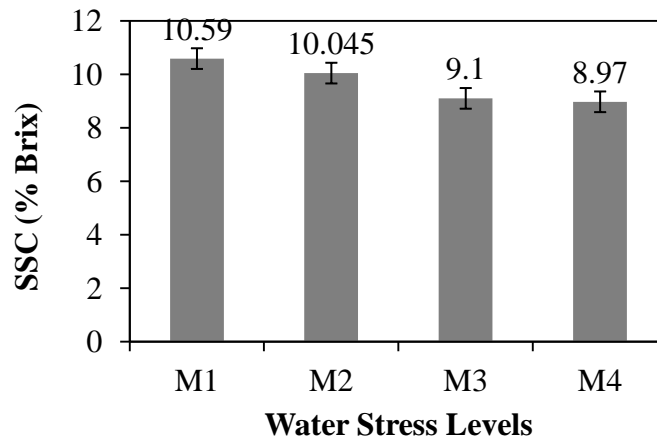


Figure 2. Effect of water stress on SSC (%Brix) of melon.

### LWP of melon plant

The LWP of melon was measured using PMS instrument Model 600 using the six leaf from the apex. The measurement was conducted every week during water stress treatment (4 weeks). Fig. 3 shows the result of average LWP measurement on each water stress treatments. It can be seen that the LWP increased with increasing water stress levels. The highest average LWP value was observed at 40%ETc (-0.2275 MPa). The lowest average LWP value was observed at 100%ETc (-0.061 MPa).

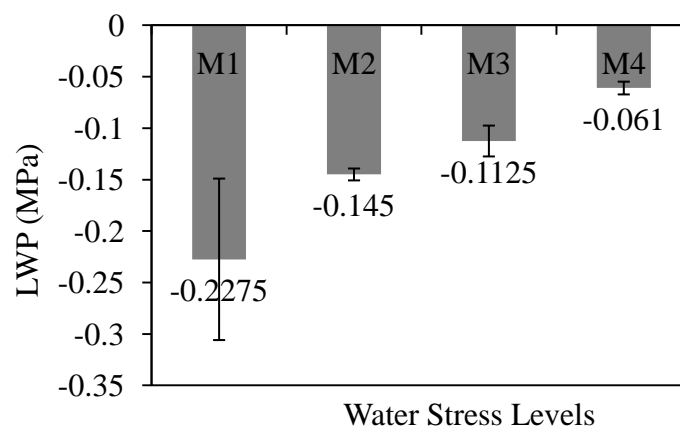


Figure 3. Effect of water stress on LWP of melon (in MPa)

## 4. CONCLUSION

This research showed that increasing water stress in melon resulted in decreasing growth parameter and was followed by significant decreasing in yield. However, it showed that water stress could be used to improve melon quality in term of increasing soluble solids content (SSC). It showed that the leaf water potential (LWP) of melon increased with the increasing water stress levels. Knowing the LWP of water stress level in melon may open a possibility to optimize the water stress condition in melon in order to get melon with high SSC and acceptable yield.

## 5. REFERENCES

- Bordonaba, J.G., and Terry, L.A. 2010. Manipulating the taste-related composition of strawberry fruits (*Fragaria x ananassa*) from different cultivars using deficit irrigation. *Food Chemistry*, **122**(4):1020–1026.
- Boyer, J.S. 1967. Leaf water potential measured with a pressure chamber. *Plant Physiol.*, **42**:133–137.
- Costa, J.M., Ortuno, M.F., and Chaves, M.M. 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: Physiology and potential application to horticulture. *Journal of Integrative Plant Biology*. **49**(10): 1421–1434.
- Fabeiro, C., Martín, F., and de Juan, JA. 2002. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Agric. Water Manage.* **54**: 93–105.
- García-Tejero, I., Jimenez-Bocanegra, J.A., Martinez, G., Romero, R., Duran-Zuazo, V.H., and Muriel-Fernandez, J. 2010. Positive impact of regulated deficit irrigation on yield and fruit quality in a commercial citrus orchard *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, cv. Salustiano, *Agricultural Water Management*. **97**(5): 614–622.
- Keshavarzpour F, and Rashidi M. 2011. Response of crop yield and yield components of cantaloupe to drought stress. *W. A. Sci. J.*, **3**: 382– 385.
- Kirnak, H., Higgs, D., Kaya, C., and Tas, I. 2005. Effects of irrigation and nitrogen rates on growth, yield, and quality of muskmelon in semiarid regions. *J. Plant Nutr.* **28**: 621–638.
- Lester, G.E., Oebker, N.F., and Coons, J. 1994. Preharvest furrow and drip irrigation schedule effects on postharvest muskmelon quality. *Postharvest Biol. Technol.* **4**:57–63.
- Miller, S.A., Smith, G.S., Bolding, H.L., and Johansson, A. 1998. Effects of water stress on fruit quality attributes of kiwifruit. *Annals of Botany* **81**: 73–81.
- Mirabad, A.A., Lotfi, M., and Roozban, M.R. 2013. Impact of water-deficit stress on growth, yield and sugar content of cantaloupe (*Cucumis melo* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. **5**(22): 2778–2782.
- Nasrabadi, H.N., Nemati, H., Kafi, M., and Arouei, H. 2015. Effect of foliar application with salicylic acid on two Iranian melons (*Cucumis melo* L.) under water deficit. *African Journal of Agricultural Research*. **10**(33): 3305–3309.
- O'toole, J.C., and Cruz, R.T. 1980. Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress. *Plant Physiol.* **65**: 428–432.
- Proietti, S., Roupheal, Y., Colla, G., Cardarelli, M., De Agazio, M., Zacchini, M., Rea, E., Moscatello, S., and Battistelli, A. 2008. Fruit quality of mini-watermelon as affected by grafting and irrigation regimes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **88**(6): 1107–1114.
- Ribas, F., Cabello, MJ., Moreno, M., Moreno, A., and Lopez-Bellido, L. 2003. Influencia del riego y de la aplicación de potasio en la producción de melón (*Cucumis melo* L.). II. Calidad. *Spanish J. Agric. Res.* **1**(1): 79–90.
- Sánchez-Rodríguez, E., Moreno, D.A., Ferreres, F., Rubio-Wilhelmi, M.d.M., and Ruiz, J.M. 2011. Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: Changes on phenolic metabolites and related enzymes, *Phytochemistry*. **72**(8): 723–729.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Hemmingsen, E.A., and Bradstreet, E.D. 1964. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants, *Proc. Natl. Acad. Sci.* **52**: 119–125.
- Sensoy, S., Ertek, A., Gedik, I., and Kucukyumuk, C. 2007. Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field-grown melon (*Cucumis melo* L.). *Agri. Wat. Manag.* **88**:269–279.
- Stefanelli, D., Goodwin, I., and Jones, R. 2010. Minimal nitrogen and water use in horticulture: Effects on quality and content of selected nutrients. *Food Research International*, **43**(7):

1833–1843.

- Suhandy, D., Khuriyati, N., and Matsuoka, T. 2006. Determination of leaf water potential in tomato plants using NIR spectroscopy for water stress management. *Environmental Control in Biology*. **44**(4): 279–284.
- Takayama, K., and Nishina, H. 2007. Early detection of water stress in tomato plants based on projected plant area. *Environmental Control in Biology*. **45**(4): 241–249.
- Tusi, A. and Rosadi, R.A.B. 2009. Deficit irrigation application on corn plant. *Jurnal Irigasi*. **4**(2).
- Wacquant, C. 1989. *Maîtrise du Climat et Production*, Vol. 49. Infos-Ctifl, pp. 33–39.

## **6. ACKNOWLEDGEMENT**

This research is part of research project which is fully funded by INSINAS 2015. The authors would like to thank Ministry of Research and Technology (KEMENRISTEK) for providing the research funding through INSINAS Research Grant No. 47/ADD/SEK/INSINAS/PPK/VIII/2015.