

Buku Panduan

SEMINAR NASIONAL PERTETA

Bandung, 6 s.d. 8 Desember 2011



Kerjasama antara:



**“Penguatan Peran Keteknikan Pertanian
dalam Pengembangan Pertanian Industrial
yang Mandiri dan Berkelanjutan”**

Penyelenggara:

Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung-Sumedang KM 21 Jatinangor, Sumedang
Jawa Barat

Telp. / Fax. (022) 779 5780

ORGANISASI

Panitia Pengarah (SC)

Ketua

Prof. Dr. M. Ade Moetangad Kramadibrata (FTIP UNPAD)

Anggota

Dr. Sam Herodian (Ketua PERTETA Pusat / FATETA IPB)
Dr. Akhmadi Abas (Ketua PERTETA Cabang Bandung, LIPI)
Prof. Dr. Bambang Prastowo (Balitbang Perkebunan Kementan)
Dr. Lilik Sutiarmo (FATETA UGM)
Dr. Edward Saleh (FTP UNSRI)
Dr. Desrial (Sekretaris Jendral PERTETA Pusat / FATETA IPB)
Dr. Hermantoro Sastrohartono (INSTIPER)
Dr. Siswoyo Soekarno (UNEJ)
Ir. Totok Pujiyanto, MT (FTIP UNPAD)

Panitia Pelaksana (OC)

Ketua

Dr. Edy Suryadi

Wakil Ketua

Dr. Handarto

Sekretariat

Asep Yusuf, MT

Zaida, M.Si.

Bendahara

Asri Widyasanti, M.Eng.

Dr. Sarifah Nurjanah

Seminar & Makalah

Totok Herwanto, M.Eng.

Boy Macklin, M.Si.

Dadang D.H., MS (LIPI Subang)

Prosiding

M Saukat, MT

Acara

Dr. Edy Suryadi

Dedy Prijatna, MS

Agus Triyono, MS (LIPI Subang)

Temu Organisasi

Sudaryanto, MP

Arie Sudaryanto, MS.

Wisata & Olah Raga

Dr. Dwi Purnomo

Totok Pujiyanto, MT.

Perlengkapan

Kamsudin, SP.

Publikasi & Dok

Irfan Ardiansyah, MT

Usaha Pendanaan

Wahyu K. Sugandi, M.Si.

Dr. Wagiono

Bambang Aris, MP.

Konsumsi

Siti Nurhasanah, M.Si.

Indira Lanti, M.Si.

TIM PENYUNTING

Prof. Dr. M. Ade Moetangad Kramadibrata

Dr. Edy Suryadi

Totok Herwanto, M.Eng

Muhammad Saukat, STP., MT.

Wahyu K Sugandi, STP., M.Si

Asep Yusuf, STP., MT.

Muhammad Akbar Awaludin P

Angga Hasbiasidik

Riando Simbolon

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Organisasi	iv
Tim Penyunting	v
Sambutan Dekan FTIP	vi
Sambutan Ketua PERTETA Pusat	vii
Sambutan Ketua PERTETA Cabang Bandung dan Sekitarnya	viii
Ulusan Prosiding	ix
Daftar Isi	xi

<p>Sesi Pleno: Makalah Kunci dan Makalah Undangan</p>

Makalah Kunci

Peran Strategik Keteknikan Pertanian dalam Pertanian Industrial <i>Listyani Wijayanti</i>	3
Diskusi	7

Makalah Utama

Tantangan dan Peluang Mekanisasi Pertanian dalam Rangka Penguatan Ketahanan Pangan <i>Bugie Laksmna</i>	9
Kompetensi dan Teknologi Mekanisasi untuk Menunjang Pembangunan Perkebunan Kelapa Sawit: Status dan Peluang <i>Hadi Suryanto</i>	23
<i>Turning Machine Prototypes for Windrow Composting Process of Oil Palm Empty Fruit Bunche</i> <i>Hadi Suryanto</i>	29
Diskusi	35

<p>Buku IV Bidang: Teknologi Pasca Panen</p>
--

Sesi-1

Hibrid Pengeringan Radiasi dan Konveksi Sebagai Alternatif Pengeringan Gabah <i>Daniel Saputra</i>	41
Koefisien Perpindahan Panas Konveksi pada Proses Kristalisasi Gula Semut dengan Sumber Panas Uap <i>Sri Rahayoe, Andri Wiyanto, Nursigit Bintoro dan Budi Rahardjo</i>	46
Peningkatan Mutu Biji Kakao Melalui Aplikasi Pengering Tipe Kombinasi Energi Surya dan Biomassa <i>Andreas W. Krisdiarto, Gani Supriyanto dan Hermantoro</i>	54
Pemanasan <i>Superheated</i> dan <i>Saturated</i> pada Bubur Kedelai dalam Pembuatan Tahu <i>Rifah Ediati dan Susanto Budi Sulisty</i>	60
Diskusi	65

Sesi-2

Pengaruh Bahan Pelapis dan Teknik Pengemasan Terhadap Perubahan Mutu Telur Ayam Buras Selama Transportasi dan Penyimpanan <i>Lilik Pujantoro EN, Eni Usra Harahap dan Peni S Hardjosworo</i>	67
Deteksi <i>Chilling Injury</i> dengan <i>Near Infrared (NIR)</i> Berdasarkan Parameter Perubahan PH <i>Y. A. Purwanto, I. Heruwati dan A. Rindang</i>	77
Rancangan Kemasan Berbasis Individu Buah Alpukat untuk Distribusi dan Penyimpanan Dingin <i>Sutrisno, Emmy Darmawati dan Deti Kusniati</i>	85
Kinetika Perubahan Kadar Air Kacang Goreng Selama Penyimpanan <i>Dewi Maya Maharani, Nursigit Bintoro dan Budi Rahardjo</i>	94
Karakteristik Pengeringan Teri Nasi Menggunakan Alat Pengering Hibrid Tipe Rak <i>Rofandi Hartanto, Warji dan Lenny Oktaria</i>	101
Diskusi.....	108

Sesi-2 (Paralel)

Pemodelan Pemanasan Air Menggunakan Kolektor Datar untuk Pengeringan Gabah <i>Frima Agung Nitipraja dan Leopold O. Nelwan</i>	109
Kajian Pengaruh Kadar Air dan Ukuran Bahan terhadap Rendemen dan Kualitas Minyak Akar Wangi (<i>Vetiveria zizanoides L.</i>) <i>Sarifah Nurjanah, Sudaryanto Zain, Muhammad Saukat and Galih Adhi Respati</i>	117
Perancangan Program Klasifikasi Tomat (<i>Lycopersicum Esculentum</i>) Berdasarkan Berat dan Warna Menggunakan Pengolahan Citra <i>Ranie Ananda Poetri, Dedy Prijatna dan Mimin Muhaemin</i>	125
Diskusi.....	132

Sesi-3

Analisis <i>Losses</i> pada <i>Nut and Kernel Station</i> Melalui Proses Pendekatan di Setiap Peralatan <i>Andryas Meiriska Syam, Rengga Arnalis Renjani dan Nuraeni Dwi Dharmawati</i>	134
Pengaruh Ohmic dan Pasteurisasi Konvensional Terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Kualitas Jus Campuran Jeruk- Wortel <i>Asri Widyasanti</i>	138
Kajian Penerapan HACCP Pada Produksi Gudeg Kaleng Tingkat Ikm <i>Tommy Hendrix dan Asep Nurhikmat</i>	148
Pengalengan Makanan Tradisional : Kajian Pengalengan Gudeg Wijilan Jogjakarta <i>Asep Nurhikmat, Bandul Suratmo, Nursigit Bintoro dan Suharwadji</i>	154
Studi dan Analisis Neraca Massa pada Proses Pengolahan Kopi Rakyat di Desa Sidomulyo Jember <i>Suryanto, Sutarsi dan Risti Q Adawiyah</i>	161
Diskusi.....	169

Sesi-3 (Paralel)

Analisis Persepsi Kepuasan Konsumen Terhadap Produk <i>Food Bar</i> Berbasis Pisang (Studi Kasus di Kota Bandung Jawa Barat) <i>Taufik Rahman, Teguh Aditia Pratama dan Rohmah Luthfiyah</i>	170
Karakterisasi Bahan Baku Pembuatan <i>Food Bar</i> Berbasis Pisang Nangka untuk Pangan Darurat <i>Riyanti Ekafitri, Rohmah Luthfiyanti dan Taufik Rahman</i>	178

Evaluasi Sifat Kimiawi Biji Kakao Hasil Proses Penyangraian Menggunakan Mesin Penyangrai Tipe Silinder Horizontal <i>Taufik Rahman dan Novrinaldi</i>	186
Diskusi	192

Sesi-4

Pola Peningkatan Kekerasan Kulit Buah Manggis Selama Penyimpanan Dingin <i>Usman Ahmad, Sutrisno, I Wayan Budiastra, Aris Purwanto dan Dwi Dian Novita</i>	194
Pengaruh Suhu Terhadap Daya Rekat Aluminium Foil Untuk Kemasan <i>Mukhammad Angwar dan Asep Nurhikmat</i>	202
Pengaruh Ukuran Kaleng Terhadap Nilai Fo Gulai Tuna Kaleng <i>Agus Susanto dan Asep Nurhikmat</i>	207
Pengawasan Mutu pada Produksi Belut Kaleng (<i>Macrotrema Albus</i>) <i>Tommy Hendrix dan Asep Nurhikmat</i>	212
Penentuan Fo pada Proses Sterilisasi Belut Kaleng (<i>Macrotrema Albus</i>) <i>Agus Susanto dan Asep Nurhikmat</i>	218
Diskusi	224

MAKALAH

TEKNOLOGI PASCA PANEN

DETEKSI *CHILLING INJURY* DENGAN NEAR INFRARED (NIR) BERDASARKAN PARAMETER PERUBAHAN PH

Y. A. Purwanto, I. Heruwati dan A. Rindang

Departemen Teknik Mesin dan Biosistem

Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Kampus IPB Darmaga Bogor

Email: arispurwanto@gmail.com

ABSTRAK

Chilling injury atau kerusakan dingin merupakan kerusakan fisiologis produk pertanian sebagai akibat dari penyimpanan suhu rendah di bawah suhu optimalnya. Produk pertanian yang terkena *chilling injury* baru dapat dilihat secara visual pada saat produk tersebut sudah terkena *chilling injury* seperti pematangan yang tidak sempurna, adanya bercak hitam, lekukan di permukaan. Sementara gejala terjadinya *chilling injury* dapat diamati melalui kenaikan kecepatan respirasi, perubahan pH dan kenaikan jumlah ion yang dikeluarkan dari membran sel (*ion leakage*). Metode deteksi gejala *chilling injury* secara cepat dan bersifat non destruktif masih dalam tahap pengembangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode pendugaan gejala *chilling injury* secara non destruktif dengan menggunakan NIR. Karena gejala *chilling injury* hanya bisa diamati secara visual maupun pengukuran secara destruktif, maka pendugaan gejala *chilling injury* dilakukan melalui pengamatan perubahan pH dan *ion leakage* selama penyimpanan pada suhu rendah. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah buah belimbing. Penyimpanan dilakukan pada suhu 5 dan 10 °C selama 30 hari dan suhu ruang selama 14 hari. Pengukuran secara non destruktif menggunakan reflektan NIR serta parameter kualitas dilakukan setiap hari. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa berdasarkan *ion leakage*, *chilling injury* buah belimbing yang disimpan pada suhu 5 °C terjadi pada hari ke-6 penyimpanan. Sementara secara visual gejala *chilling injury* terlihat pada hari ke-9 yang ditunjukkan dengan adanya bintik coklat, lekukan di permukaan kulit buah, dan sirip menjadi coklat. Model kalibrasi untuk memprediksi pH buah belimbing dengan NIR dikembangkan berdasarkan korelasi data reflektan NIR dengan data pH hasil pengukuran secara destruktif. Data yang dianalisis adalah data pada suhu 5 °C selama 30 hari penyimpanan. Hasil kalibrasi dan validasi (*partial least square*) PLS menunjukkan nilai r model kalibrasi sebesar 0,6115 artinya pH memiliki korelasi dengan reflektan NIR. Selisih nilai RMSEC sebesar 0,0176, serta nilai CV < 5% yaitu 4,43% yang artinya akurasi dan kestabilan model cukup baik. Rendahnya nilai r pada model kalibrasi karena rentang data pH yang sangat kecil yaitu 3,23 – 4,01. Hubungan antara pH dengan slope *ion leakage* adalah $y = 0,0406x - 0,0371$. Perubahan slope *ion leakage* selama penyimpanan dapat ditentukan dengan reflektan NIR berdasarkan nilai pH prediksi NIR. Nilai tertinggi slope *ion leakage* prediksi NIR terjadi pada hari ke-6 penyimpanan yang artinya *chilling injury* diprediksi terjadi pada hari ke-6 penyimpanan.

Kata kunci: *ion leakage*, near infrared, *chilling injury*, suhu rendah, pH

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penyimpanan dingin merupakan metode yang umum digunakan untuk memperpanjang masa simpan produk segar. Metode penyimpanan dingin adalah penyimpanan di atas suhu beku (0°–15°C). Penyimpanan dingin dapat memperlambat metabolisme yang berkaitan dengan respirasi, pematangan, perubahan tekstur dan warna, pertumbuhan mikroba dan jamur, laju kehilangan air pada produk. Untuk beberapa produk pertanian tropika, penyimpanan dingin dapat mengakibatkan terjadinya *chilling injury* yaitu kerusakan fisiologis akibat terlalu lama berada pada suhu rendah sehingga mengakibatkan penurunan kualitas serta kehilangan manfaat dari produk tersebut (Parkin *et al.*, 1989).

Gejala *chilling injury* sangat sulit dideteksi secara visual. Kerusakan akibat *chilling injury* muncul setelah produk mengalami *chilling injury* seperti adanya bintik coklat, lekukan di permukaan produk atau gagal matang. Jika produk sudah mengalami *chilling injury*, maka produk tersebut sudah rusak sehingga tidak bisa

lagi dilakukan pencegahan. Untuk itu upaya untuk menghindari terjadinya *chilling injury* perlu dikembangkan agar produk dapat dihindarkan dari terkena *chilling injury* sebelum kerusakan tersebut muncul.

Metode non destruktif dengan menggunakan gelombang elektromagnetik seperti *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) selama ini dikembangkan untuk menentukan mutu internal produk pertanian seperti buah. NIR *Spectroscopy* dapat menghasilkan informasi kandungan bahan yang bersifat kualitatif dan kuantitatif yang berasal dari interaksi antara gelombang NIR dengan kelompok atom penyusun bahan seperti —CH, —OH, —NH dan kelompok lainnya. Karena informasi yang diperoleh dari gelombang NIR tidak mempunyai korelasi langsung terhadap munculnya gejala *chilling injury*, maka perlu dikaitkan dengan parameter yang menunjukkan indikasi munculnya gejala *chilling injury*.

Perubahan pada permeabilitas membran sel merupakan reaksi dari suhu rendah yang telah diteliti sebagai penyebab terjadinya *chilling injury* (Lyons, 1973). Rusaknya membran sel pada dinding sel tumbuhan dapat menyebabkan ion-ion dan isi dalam sel keluar dan bercampur dengan air di luar sel sehingga menyebabkan produk pertanian menjadi rusak. Marangoni *et al.*, (1996) mendefinisikan kejadian tersebut sebagai kebocoran ion pada sel buah (*ion leakage*) dan menjadikannya sebagai parameter untuk mengukur *chilling injury* pada buah. Naruke *et al.*, (2003) menyatakan bahwa pH dapat dijadikan petunjuk terjadinya *chilling injury* dan hasil penelitian Schirra (1992) menyebutkan bahwa gejala *chilling injury* pada buah anggur dapat diketahui dari akumulasi etanol yang berkaitan erat salah satunya dengan pH. Rusaknya membran sel buah akibat suhu dingin penyimpanan dapat menyebabkan *ion leakage* yang juga dapat dijadikan parameter kerusakan buah akibat suhu *chilling*. Gejala kerusakan buah ini dapat diduga dengan melihat laju *ion leakage* yang terjadi selama penyimpanan dimana semakin tinggi lajunya maka kerusakan buah akibat CI juga semakin parah (Purwanto *et al.*, 2005). Laju *ion leakage* ini tidak dapat diukur secara langsung menggunakan NIR, karena gelombang NIR hanya dapat berinteraksi dengan komponen penyusun bahan seperti air, gula, asam, protein, lemak, pati atau selulosa. Untuk itu pendugaan laju *ion leakage* didekati dengan mencari parameter kimia buah yang ada hubungannya dengan *chilling injury* dan spektra NIR. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode penentuan gejala *chilling injury* dengan spektra NIR berdasarkan perubahan pH.

METODOLOGI

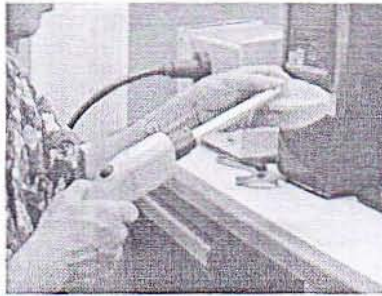
Persiapan alat dan bahan

Spektra NIR dari sampel diukur dengan menggunakan Spektrometer NIRFlex N-500 (*fiber optic solids*) dengan panjang gelombang 800-2500 nm. Sementara pengukuran kualitas digunakan rheometer model CR-300, refraktometer, *electric conductivity* meter (Horiba D-24) dan pHmeter. Sampel produk pertanian yang digunakan adalah belimbing manis jenis Dewi yang dipanen dari petani di Depok dengan berat 200-250 gram dan tingkat kematangan indeks 4. Sampel buah sebanyak masing-masing 63 buah disimpan pada ruang penyimpanan dingin pada tingkat suhu 5°C (suhu terjadinya *chilling injury*), 10°C (suhu optimal penyimpanan buah belimbing) dan suhu ruang selama 30 hari. Pengukuran menggunakan 3 sampel sebagai ulangan.

Prosedur

1. Pengukuran Spektra NIR

Pengukuran reflektan NIR pada satu sampel buah belimbing dilakukan pada 3 titik yang berbeda yaitu pada bagian pangkal, tengah dan ujung buah (Gambar 1). Setiap buah memiliki 3 set data reflektan. Dengan demikian, diperoleh total data reflektan sebanyak 189 pada penyimpanan 5°C selama masa simpan. Data reflektan tersimpan dalam *database* NirCal 5.2 yang merupakan program olah data yang terintegrasi dengan spektrometer NIRFlex N-500.



Gambar 1. Pengambilan spektra NIR buah belimbing

2. Pengukuran Parameter *chilling injury*

Pengukuran *ion leakage* dilakukan pada sampel buah belimbing yang disimpan pada suhu 5°C. Pengukuran dilakukan pada daging buah belimbing yang telah dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 1cm³ dan direndam di dalam *deionized water* (40 ml) yang nilai konduktivitas awalnya telah diketahui. Pengukuran dilakukan pada suhu ruang selama 240 menit, dengan selang waktu pengambilan data setiap 20 menit sekali. Setelah 240 menit pengukuran, sampel dihancurkan dan diukur nilai total konduktivitas listriknya (Purwanto *et al.*, 2005). Selama penyimpanan, dilakukan pengukuran susut bobot, total padatan terlarut, kekerasan dan pengamatan secara visual.

3. Pengembangan Model Kalibrasi NIR dengan Metode PLS

Olah data metode *Partial Least Square* (PLS) dilakukan menggunakan program NIRCal 5.2 yang terintegrasi dengan spektrometer. Data hasil pengukuran berupa data reflektan selanjutnya ditransformasikan menjadi nilai absorban untuk selanjutnya dilakukan *pretreatment* data berupa normalisasi 0-1. Data absorban dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok kalibrasi dan kelompok validasi dengan sampel yang berbeda. Jumlah data kalibrasi adalah 2/3 dari total data dan validasi 1/3 dari total data. Model kalibrasi merupakan model yang menunjukkan tingkat korelasi pH dengan absorban NIR, sedangkan validasi merupakan uji terhadap model kalibrasi. Validasi bertujuan untuk menguji ketepatan prediksi persamaan kalibrasi yang telah dibangun. Validasi dilakukan dengan memasukkan sampel data yang berbeda ke dalam persamaan kalibrasi sehingga diperoleh data pH dugaan NIR.

4. Evaluasi Hasil Kalibrasi dan Validasi

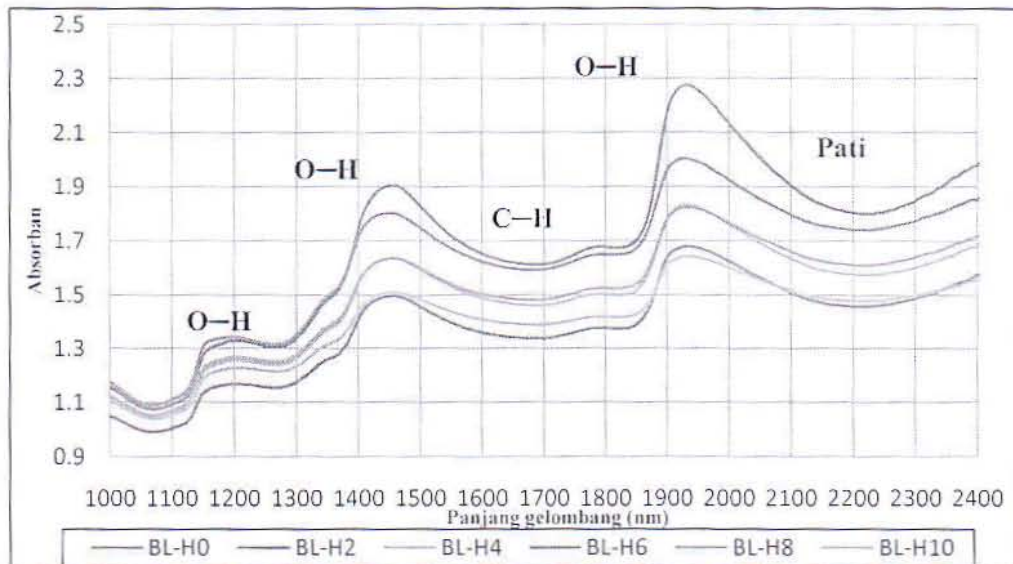
Hasil kalibrasi dan validasi NIR dengan metode PLS dievaluasi berdasarkan nilai koefisien korelasi (r), *coefficient of determination* (R^2), *root mean square error* (RMSE), dan *coefficient of variation* (cv). Nilai r menyatakan hubungan antara variabel x (peubah bebas) dan y (peubah tak bebas) dengan nilai $-1 \leq r \leq 1$ (Supranto, 2000). Nilai R^2 menyatakan besarnya kontribusi variabel x terhadap variasi naik turunnya variabel y . Nilai RMSE merupakan selisih antara nilai hasil prediksi dengan nilai hasil pengukuran. RMSE kalibrasi disebut RMSEC dan validasi disebut RMSEP. Untuk mengetahui besar *error*, maka RMSEP dibandingkan dengan nilai tengah data yang dinyatakan oleh cv . Model yang baik memiliki nilai r dan R^2 yang tinggi, nilai cv yang rendah, serta nilai RMSEC dan RMSEP yang hampir sama (William dan Norris, 1990). Model dinyatakan baik jika nilai r dan R^2 mendekati 1 dan nilai $cv < 5\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Spektra NIR Buah Belimbing Selama Penyimpanan

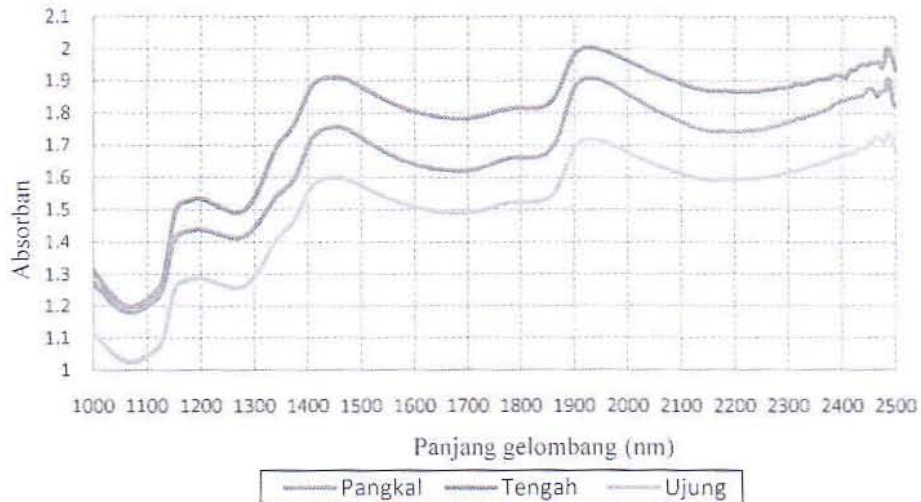
Karakteristik spektra absorban buah belimbing dapat dilihat pada Gambar 2. Sebagian besar spektra NIR didominasi oleh ikatan hidrogen karena atom hidrogen merupakan atom yang paling kuat menyerap gelombang NIR (Hruschka, 1990). Ikatan hidrogen ini dapat berupa ikatan C—H, N—H, S—H atau O—H. Tiga puncak penyerapan yang terjadi pada panjang gelombang 1180 nm, 1450 nm dan 1940 nm menunjukkan adanya kandungan air (Louw dan Theron, 2010 dan Mohsenin, 1984). Puncak penyerapan ini terjadi karena terdapat ikatan O—H pada panjang gelombang tersebut (Osborne *et al.*, 1993). Puncak penyerapan juga terjadi pada panjang gelombang 1756 nm-1780 nm, dimana ikatan atom C—H pada panjang gelombang tersebut menunjukkan adanya kandungan CH₂ dan selulosa. Kandungan pati (*starch*) terdapat pada panjang

gelombang 1450 nm, 2461 nm, 2488 nm dan 2500 nm. Kandungan pati pada panjang gelombang 1450 nm ini sulit terlihat karena saling berhimpit dengan kandungan air pada panjang gelombang yang sama, kandungan pati ini memiliki ikatan O—H (Osborne *et al.*, 1993). Hasil pembacaan kandungan sampel buah belimbing dengan spektra absorban ini sama dengan yang diungkapkan oleh Narain *et al.*, (2001) dimana dari hasil pengukuran destruktif *pulp* buah belimbing diperoleh beberapa kesamaan komposisi yaitu adanya air, pati dan juga serat. Berdasarkan spektra absorban sampel buah monitoring belimbing yang disimpan pada suhu 5°C diperoleh perbedaan tingkat penyerapan selama penyimpanan.

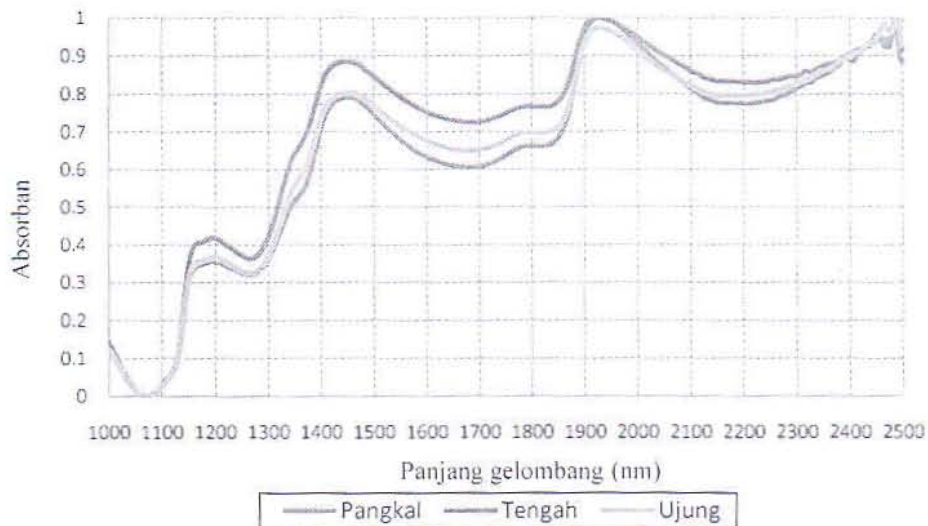


Gambar 2. Spektra absorban buah belimbing pada hari ke-0, 2, 4, 6, 8 dan 10 serta karakteristik komponen yang terkandung pada buah

Dalam penelitian ini spektra absorban sampel buah belimbing diambil sebanyak 3 kali dalam satu buah dengan lokasi yang berbeda, yaitu pada bagian pangkal, tengah dan ujung buah, walaupun ketiga spektra diambil pada buah yang sama namun ketiga spektra tersebut terlihat sangat berbeda (Gambar 3). Pada pengembangan model kalibrasi dengan metode PLS, ketiga spektra ini akan dibandingkan dengan satu nilai referensi yang sama (satu nilai pH destruktif), dengan kondisi spektra yang tidak proporsional ini, ketiga spektra tidak dapat dibandingkan dengan satu nilai referensi yang sama. Oleh karena itu dilakukan *pretreatment* data normalisasi 0-1 yang bertujuan untuk memperbesar rentang nilai absorban dan memproporsionalkan nilai absorban dari dua atau lebih nilai spektra yang memiliki kandungan yang sama, serta dapat menghilangkan pengaruh perbedaan partikel sampel uji. Setelah dinormalisasi ketiga spektra terlihat hampir sama (Gambar 4). Spektra absorban yang telah dinormalisasi 0-1 terlihat saling berhimpit yang artinya nilai spektra absorbannya hampir sama.



Gambar 3. Spektra absorban buah belimbing pada bagian pangkal, tengah dan ujung



Gambar 4. Spektra absorban buah belimbing pada bagian pangkal, tengah dan ujung yang telah dinormalisasi 0-1

Kalibrasi dan Validasi NIR dengan Metode PLS

Kalibrasi dan validasi spektra NIR untuk memprediksi pH sampel buah belimbing dikembangkan berdasarkan korelasi data spektra absorban NIR dengan data pH hasil pengukuran secara destruktif. Data yang dianalisis adalah data sampel buah belimbing berjumlah 63 buah yang disimpan pada suhu 5°C selama masa simpan 30 hari. Total data yang digunakan adalah 189 data, sebanyak 2/3 bagian dari total data digunakan untuk kalibrasi dan 1/3 bagiannya lagi untuk validasi. Data kalibrasi dan validasi berasal dari buah yang berbeda (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik data untuk kalibrasi dan validasi metode PLS

Deskripsi Statistik	Suhu 5°C	
	Kalibrasi	Validasi
Jumlah data	126	63
Nilai minimum	3.37	3.49
Nilai maksimum	4.15	4.00
Nilai rata-rata	3.70	3.68
Standar deviasi	0.1847	0.2031

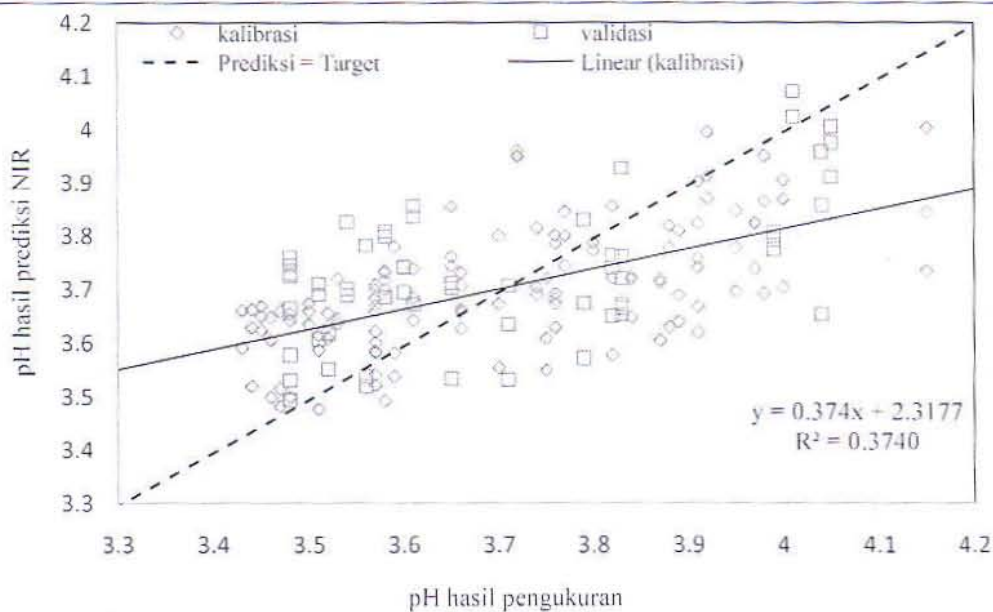
Hasil Kalibrasi dan Validasi NIR dengan Metode PLS

Hasil kalibrasi dan validasi metode PLS dievaluasi berdasarkan nilai R^2 , r , RMSE dan cv (Gambar 5). Model kalibrasi yang baik memiliki nilai R^2 dan r yang tinggi yaitu mendekati 1, selisih antara RMSEC dan RMSEP yang rendah yaitu lebih kecil dari 0.01 serta nilai cv yang rendah yaitu lebih kecil dari 5%. Selisih kedua RMSE yang rendah menunjukkan kestabilan model. Model yang baik memiliki *error* yang sama atau hampir sama pada model kalibrasi dan validasinya (William dan Norris, 1990).

Berdasarkan nilai komponen evaluasi diketahui bahwa pH sampel buah belimbing yang disimpan pada suhu 5°C memiliki korelasi dengan spektra absorban NIR walaupun korelasinya cukup rendah. Hal ini ditunjukkan dari perolehan nilai r model kalibrasi lebih besar dari 0.5 yaitu sebesar 0.6115. Nilai R^2 yang diperoleh pun sangat rendah yaitu sebesar 0.3740 artinya hanya sebesar 37.40% merupakan kontribusi pH hasil pengukuran terhadap variasi pH prediksi NIR. Selisih nilai RMSEC dan RMSEP sebesar 0.0176 serta nilai $cv < 5\%$ yaitu 4.43%, yang artinya akurasi dan kestabilan model belum cukup baik (Tabel 2).

Tabel 2. Komponen evaluasi hasil kalibrasi dan validasi NIR terhadap pH buah belimbing dengan metode PLS

Komponen Evaluasi	Kalibrasi			Validasi			RMSEC-RMSEP
	R^2	r	RMSEC	RMSEP	r	cv (%)	
Nilai	0.3740	0.6116	0.1456	0.1632	0.5962	4.4282	0.0176



Gambar 5. Hasil kalibrasi dan validasi NIR dengan metode PLS

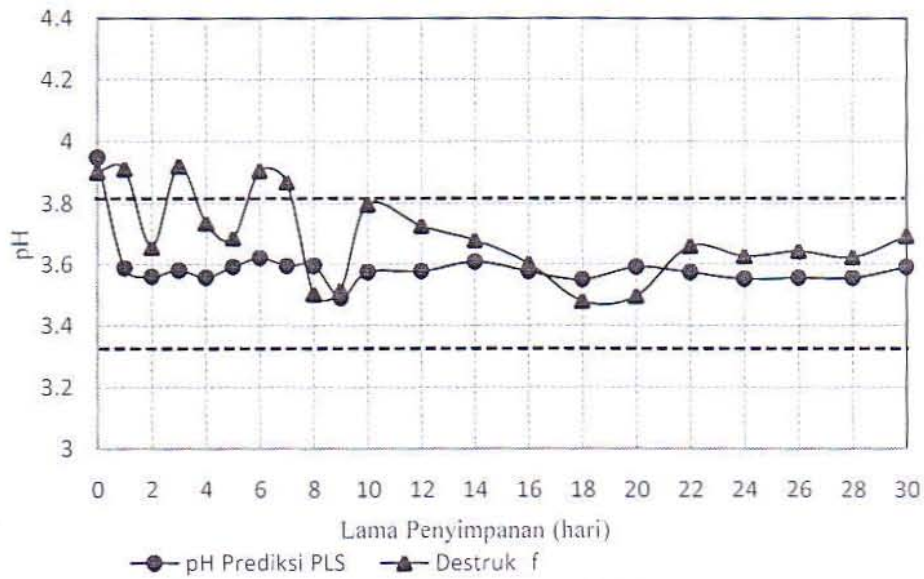
Persamaan Regresi pH Terhadap Kemiringan *Ion Leakage*

NIR *spectroscopy* dapat menghasilkan informasi yang bersifat kualitatif dan kuantitatif yang berasal dari interaksi antara gelombang NIR dengan senyawa kimia organik penyusun bahan seperti kadar air, protein, lemak, gula atau asam. Kemiringan *ion leakage* yang menggambarkan laju kebocoran ion tidak dapat secara langsung dihubungkan dengan spektra absorban NIR, oleh karena itu dicari parameter *chilling injury* lain yang dapat dikalibrasi dengan spektra absorban NIR. Dalam penelitian ini pH dinilai dapat mewakili kondisi *chilling injury* buah dengan korelasi $y = 0.0406x - 0.0371$, dimana nilai y adalah nilai kemiringan *ion leakage* dan x adalah nilai pH. Persamaan ini dapat digunakan karena dari hasil analisis regresi diperoleh nilai p -value $< 5\%$.

Prediksi pH Berdasarkan Absorban NIR Sampel Monitoring

Model yang dikembangkan dengan metode PLS kemudian digunakan untuk memprediksi nilai pH sampel buah belimbing monitoring. Selang hasil pengukuran nilai pH dari pengukuran secara destruktif adalah

3.23–4.01 sedangkan selang hasil dugaan model PLS adalah 3.11–4.40. Hasil prediksi pH model diperlihatkan oleh grafik yang terdapat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva pH prediksi dari sampel buah monitoring

Dari grafik diketahui bahwa nilai pH prediksi kedua model memiliki *trend* yang sama dengan *trend* grafik pH pengukuran secara destruktif, meskipun belum menunjukkan nilai yang tepat. Kekurangtepatan prediksi model PLS ini diduga karena rentang data pH yang menjadi acuan untuk prediksi dengan spektra NIR kurang lebar. Jika hasil model PLS ini digunakan untuk memprediksi gejala *chilling injury*, diperoleh hasil prediksi yang menunjukkan perubahan slope *ion leakage* berfluktuatif dan hampir sama dengan perubahan slope *ion leakage* hasil pengukuran secara destruktif. Nilai slope *ion leakage* prediksi yang tertinggi terdapat pada hari ke-6 penyimpanan yaitu dengan nilai sebesar 0.1099 dan diduga *chilling injury* pada sampel buah monitoring juga terjadi pada hari ke-6 penyimpanan. Sementara hasil pengukuran, slope *ion leakage* tertinggi terjadi pada hari ke-6. Hasil prediksi slope *ion leakage* sampel buah monitoring dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil prediksi dan pengukuran slope *ion leakage* berdasarkan data pH monitoring

Hari Penyimpanan (x)	Slope <i>ion leakage</i> (y)	
	Prediksi	Pengukuran
2	0.1075	0.1090
4	0.1073	0.0932
6*	0.1099	0.1289
8	0.1089	0.1157
10	0.1080	0.1241

*hari dugaan *chilling injury* secara non destruktif

KESIMPULAN

1. Metode deteksi dini gejala *chilling injury* dengan spektra NIR dikembangkan berdasarkan perubahan pH dengan sampel buah belimbing.
2. Model kalibrasi pH yang dikembangkan dengan metode PLS belum menghasilkan keakuratan prediksi yang baik yang ditunjukkan dengan nilai $R^2 = 0.3740$, $r = 0.6116$, $|RMSEC-RMSEP| = 0.0176$ dan $cv = 4.4282\%$
3. Hasil pengukuran dan prediksi slope *ion leakage* menghasilkan nilai tertinggi 0.1099 dan 0.1289 yang terjadi pada hari ke-6 penyimpanan. Kedua nilai ini menunjukkan bahwa buah belimbing yang disimpan pada suhu 5°C mengalami *chilling injury* pada hari ke 6.

DAFTAR PUSTAKA

- Hruschka WR. 1990. *Data Analysis: Wavelength Selection Methods*. Di dalam: Williams P and Norris K editor. *Near Infrared Technology in The Agricultural and Food Industries*. Ed. Ke-2. St.Paul, Minnesota, USA.
- Louw ED dan KI Theron. 2010. *Robust Prediction Models for Quality Parameters in Japanese Plums (Prunus Salicina L.) Using NIR Spectroscopy*. *Postharvest Biol. And Tech.* 58: 176-184.
- Lyons JM. 1973. *Chilling Injury in Plants*. *Ann. Rev. Plant. Physio.* 24: 445-446.
- Marangoni AG, T Palama, DW Stanley. 1996. *Review: Membrane Effects in Postharvest Physiology*. *Postharvest Bio. Techno.* 7: 193-217.
- Mohsenin NN. 1984. *Electromagnetic Radiation Properties of Foods and Agricultural Products*. Gordon and Breach Science Publisher, New York.
- Narain N, PS Bora, HJ Holschuh, MADaS Vasconcelos. 2001. *Physical and Chemical Composition of Carambola Fruit (Averrhoa carambola L.) at Three Stages of Maturity*. *Cienc. Techno. Aliment.* 3: 144-148.
- Naruke T, S Oshita, S Kuroki, Y Seo dan Y Kawagoe. 2003. *T₁ Relaxation Time and Other Properties of Cucumber in Relaxation to Chilling Injury*. *Acta Hort.* 559: 265-271.
- Osborne BG, T Fearn, PH Hindle, D Browning. 1993. *Practical NIR Spectroscopy in Food and Beverage Analysis*. Ed ke-2. Longman Scientific Technical, New York.
- Parkin KL, A Marangoni, RL Jackman, RY Yada, DW Stanley. 1989. *Chilling Injury: a Review of Possible Mechanism*. *Journal of Food Biochemistry.* 13: 127-153.
- Purwanto YA, H Tsuchiya, S Oshita, Y Kawagoe, Y Makino. 2005. *Determination of Chilling Injury in Cucumber Fruits Through Proton NMR Analysis*. *Proceeding of the International Conference on Research Highlights and Vanguard Technology on Enviromental Engineering in Agricultural System.* 123-126.
- Supranto J. 2000. *Statistik Teori dan Aplikasi*. Ed ke-6. Erlangga, Jakarta.