

JTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

ISSN 0216-3365

Vol. 22, No. 2, Agustus 2008



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Pertanian - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian merupakan publikasi resmi Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (**PERTETA**) yang didirikan 10 Agustus 1968 di Bogor, berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan tiga kali setahun, namun untuk meningkatkan kualitas jurnal maka mulai edisi April 2008 diterbitkan dua kali setahun. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya, lingkungan dan bangunan, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Pengiriman makalah harus mengikuti panduan penulisan yang tertera pada halaman akhir atau menghubungi redaksi via telpon, faksimili atau e-mail. Makalah dapat dikirimkan langsung atau via pos dengan menyertakan hard- dan soft-softcopy, atau e-mail. Penulis tidak dikenai biaya penerbitan, akan tetapi untuk memperoleh satu eksemplar dan 10 re-prints dikenai biaya sebesar Rp 50.000. Harga langganan Rp 70.000 per volume (2 nomor), harga satuan Rp 40.000 per nomor. Pemesanan dapat dilakukan melalui e-mail, pos atau langsung ke sekretariat. Formulir pemesanan terdapat pada halaman akhir.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Asep Sapei
Anggota : Kudang B. Seminar
Daniel Saputra
Bambang Purwantana
Y. Aris Purwanto

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah
Sekretaris : Satyanto K. Saptomo
Bendahara : Emmy Darmawati
Anggota : Usman Ahmad
I Wayan Astika
M. Faiz Syuaib
Ahmad Mulyawatullah

Penerbit:

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan
Departemen Teknik Pertanian, IPB Bogor

Alamat:

Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680. Telp. 0251-8624691, Fax 0251-8623026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com. Website: ipb.ac.id/~jtep.

Rekening:

BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan:

PT. Binakerta Adiputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari yang telah menelaah (mereview) naskah pada penerbitan Vol. 22 No. 2 Agustus 2008. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof.Dr.Ir. Sukmono, MS (Fakultas Pertanian Sumatera Utara), Dr.Ir. Agung Hendriadi (BPP Mekanisme Pertanian Serpong), Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA (Departemen Teknik Pertanian, Universitas Brawijaya Malang), Dr.Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr.Ir. Leopold Oscar Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr.Ir. Y. Aris Purwanto, M.Sc (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr.Ir. Ridwan Rachmat, M.Agr (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian), Dr.Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian UGM), Dr.Ir.Desrial, M.Eng (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr.Ir. Abdul Rozaq (Departemen Teknik Pertanian UGM), Prof.Dr.Ir. Asep Sapei, MS (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr.Ir. Ridwan Tahrir (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian).

Technical Paper

Penggunaan Near Infrared Spectroscopy Pada Penentuan Kandungan Padatan Terlarut Buah Mangga Indramayu Secara Tidak Merusak**Application of Near Infrared Spectroscopy for Nondestructive Determination of Soluble Solids Content in Indramayu Mango Fruit**Diding Suhandy¹, Rofandi Hartanto¹, Sulusi Prabawati², Yulianingsih², Yatmin³**Abstract**

Near infrared (NIR) spectroscopy appears as a prominent method for nondestructive fruit quality assessment. In this work, the relationship between the nondestructive NIR spectral measurements and the soluble solids content (SSC) of mango fruit was investigated. A number of 92 mango fruits (*Mangifera indica* var. Indramayu) were used as samples. The samples were divided into two groups, 46 samples for developing calibration model and 46 samples for performing validation. Using a portable spectrometer, spectra for each sample were acquired in absorbance mode at six different positions. The SSC of mango was measured using the digital refraktometer. The Partial Least Squares (PLS) regression was used to develop a calibration model. The NIR spectroscopy method successfully determined the SSC of mango fruits with correlation coefficient between predicted and actual values (r) of 0.91, standard error of prediction (SEP) of 0.74, and bias of 0.02.

Keywords: NIR spectroscopy, soluble solids content, absorbance mode, nondestructive method, mango

Diterima: 18 Maret 2008; Disetujui: 17 Juli 2008

Pendahuluan

Buah-buahan pada umumnya disortasi secara manual atau otomatis berdasarkan parameter-parameter yang bersifat fisik seperti ukuran (*size*), warna (*color*), dan cacat permukaan (*surface defect*). Kandungan bahan kering, total kandungan padatan terlarut, dan kandungan gula merupakan atribut mutu yang bersifat kimiawi dan merupakan atribut mutu yang berkorelasi secara langsung dengan mutu buah. Hanya saja pengukuran parameter-parameter mutu tersebut masih dilakukan secara merusak (*destructive*).

Near infrared (NIR) spectroscopy telah digunakan sebagai salah satu metode tidak merusak untuk menentukan berbagai atribut mutu buah yang bersifat kimiawi. NIR spectroscopy telah berhasil mengukur kandungan gula pada beragam buah-buahan seperti pada buah apel (Lammertyn et al., 1998; Lu et al., 2000), buah jeruk (Kawano et al., 1993; McGlone et al., 2003). NIR spectroscopy juga telah berhasil mengukur kandungan padatan terlarut buah apel (Lammertyn et al., 1998; Park et al., 2003), buah kiwi (McGlone and Kawano, 1998), buah mangga (Budiastra et al., 1998; Saranwong et al., 2003), buah

melon (Dull et al., 1992), dan buah tomat (Slaughter et al., 1996; Khuriyati and Matsuoka, 2004). Kandungan bahan kering buah-buahan juga telah berhasil diukur menggunakan NIR spectroscopy seperti pada buah alpukat (Clark et al., 2003), buah mangga (Saranwong et al., 2003), dan buah kiwi (McGlone and Kawano, 1998).

Pada penelitian ini, metode NIR spectroscopy dengan spektrometer VISNIR USB4000 (Ocean Optics, USA) digunakan untuk mengukur nilai kandungan padatan terlarut (KPT) buah mangga secara tidak merusak (*nondestructive*).

Bahan dan Metode**Bahan**

Sebanyak 92 buah mangga (*Mangifera indica* var. Indramayu) digunakan untuk penelitian ini. Buah mangga tersebut diperoleh dari petani buah mangga di daerah sentra agribisnis Pekalongan Lampung Timur dan dibawa secara hati-hati ke laboratorium. Buah mangga tersebut terdiri atas tiga tingkat kemasakan yaitu mangga muda (*immature*), tua (*mature*) dan matang (*ripe*) dengan tujuan untuk

¹ Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Lampung 35145.

² Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian DEPTAN RI Jl. Tentara Pelajar No.12 Cimanggu Bogor 16114

³ Mahasiswa Program Pasca Sarjana Magister Teknologi Agroindustri (MTA) Universitas Lampung

Corresponding author: diding2004@yahoo.com

Tabel 1. Karakteristik statistik kelompok sampel kalibrasi dan validasi yang digunakan untuk penentuan KPT buah mangga.

Item	Sampel Kalibrasi	Sampel Validasi
Jumlah sampel	46	46
Maksimum	17.3	17.8
Minimum	10.0	11.2
Rataan	15.1	15.1
Standard Deviasi	1.4	1.3
Unit	°Brix	°Brix

mendapatkan rentang nilai KPT yang lebar. Selanjutnya buah mangga dibagi menjadi dua kelompok sampel yaitu sampel kalibrasi dan sampel validasi masing-masing sebanyak 46 buah. Sampel kalibrasi adalah kelompok sampel untuk membangun model kalibrasi sedangkan sampel validasi merupakan kelompok sampel yang digunakan untuk menguji model kalibrasi yang dibangun. Karakteristik statistik kedua kelompok sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengambilan Spektra

Spektra NIR buah mangga diambil dengan menggunakan sebuah spektrometer *portable* dengan rentang panjang gelombang 300–1100 nm (VIS–NIR USB4000, Ocean Optics USA). Proses pengambilan spektra secara lengkap melibatkan sebuah spektrometer (menggunakan 3648–element linear silicon CCD array), sumber cahaya (*light sources*) dari lampu tungsten halogen, fiber optik (diameter 400 μm dan panjang 2 m) dan komputer. Satu bagian fiber optik dihubungkan ke sumber cahaya dan spektrometer. Kemudian satu bagian fiber optik lainnya merupakan probe yang secara langsung kontak dengan sampel. Gambar 1 menunjukkan probe yang terdiri atas enam titik iluminasi sampel dan satu titik detektor. Pengambilan spektra dilakukan pada enam posisi untuk setiap sampel dengan teknik *absorbance mode* pada kondisi waktu integrasi sebesar 100 ms dan jumlah *scanning* sebesar 50 *scans* (Suhandy et al., 2006). Selanjutnya spektra hasil pengukuran tiap sampel dibuat rataannya.

Sebelum pengambilan spektra sampel dilakukan, spektra *dark* dan *reference* diambil masing-masing sebanyak satu kali. Spektra *dark* merupakan spektra yang diambil tanpa sampel dan tanpa cahaya. Ini dilakukan dengan cara memblok sumber cahaya. Spektra *reference* merupakan spektra yang diambil dengan menggunakan *reference (diffuse reflectance standard model WS-1, Ocean Optics USA)* sebagai sampel. Suhu setiap sampel dibuat seragam. Seluruh sampel dimasukkan ke dalam *water batch* bersuhu 25°C selama 10 menit untuk menghasilkan suhu sampel sekitar 26°C. Untuk mencegah masuknya cahaya dari lingkungan, seluruh pengambilan spektra dilakukan di dalam kotak hitam yang tertutup.

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

$$A_{\lambda} = -\log_{10} \left(\frac{S_{\lambda} - D_{\lambda}}{R_{\lambda} - D_{\lambda}} \right) \tag{1}$$

di mana:

S_{λ} = Intensitas sampel pada panjang gelombang λ

D_{λ} = Intensitas *dark* pada panjang gelombang λ

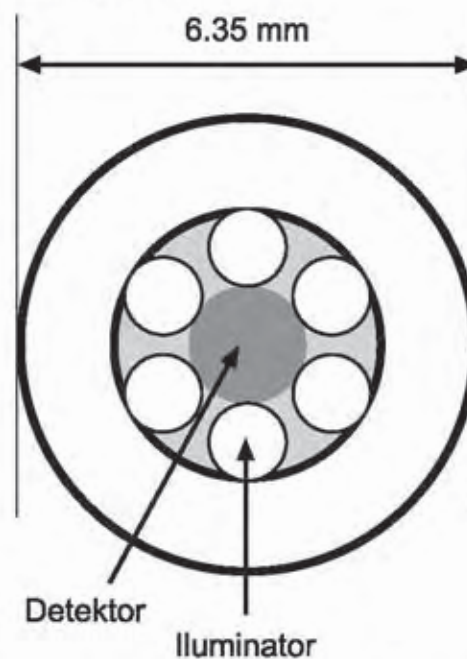
R_{λ} = Intensitas *reference* pada panjang gelombang λ

Analisis Kimia

Untuk pengukuran KPT dilakukan dengan cara daging buah mangga dipotong tepat di titik pengambilan spektra dengan ukuran diameter dan kedalaman sebesar 2 cm. Kemudian daging buah diperas dan cairan yang diperoleh diukur KPTnya menggunakan Atago digital refraktometer (IPR 201, Tokyo, Jepang). Setiap titik pengukuran merupakan rata-rata dari 2 kali pengukuran. Kemudian KPT dari enam titik pengukuran dibuat rataannya.

Analisis Data

Model kalibrasi dan validasi dibangun dengan menggunakan metode *Partial Least Squares (PLS) regression* dengan bantuan perangkat lunak the Unscrambler versi 9.7 (CAMO AS, Norway). Model kalibrasi akan dibangun untuk original spektra, *smoothing* spektra dan *second derivative* spektra. Untuk uji validasi dilakukan dengan *t-test* menggunakan model kalibrasi yang dibangun dengan sampel yang berbeda. Signifikansi level dari model yang dibangun akan dievaluasi menggunakan perangkat lunak SPSS (*Statistical Package for the Social Science*) versi 11.0.



Gambar 1. Tampak atas probe yang menunjukkan bagian iluminator dan detektor.

Tabel 2. Hasil kalibrasi dan validasi untuk penentuan KPT buah mangga.

Tipe Spektra	Panjang gelombang (nm)	F	r	SEC	SEP	Bias	RPD
Original Spektra	700–940	7	0.79	0.88	1.17	-0.14	1.11
	700–950	4	0.45	1.28	1.21	-0.22	1.07
	700–960	4	0.45	1.28	1.21	-0.23	1.07
	700–970	5	0.55	1.20	1.21	-0.20	1.07
	700–980	5	0.55	1.19	1.21	-0.19	1.07
	700–990	5	0.57	1.18	1.21	-0.19	1.07
	700–1000	4	0.48	1.26	1.22	-0.24	1.07
	700–1010	4	0.50	1.24	1.22	-0.24	1.07
	750–1000	3	0.40	1.32	1.23	-0.17	1.06
	800–1000	3	0.42	1.30	1.23	-0.17	1.06
850–1000	1	0.30	1.37	1.37	-0.13	0.95	
Smoothing Spektra	700–940	8	0.84	0.79	0.92	0.01	1.41
	700–950	8	0.84	0.77	0.96	0.00	1.35
	700–960	9	0.85	0.76	0.98	-0.01	1.33
	700–970	9	0.85	0.75	0.97	0.01	1.34
	700–980	10	0.87	0.71	1.01	-0.03	1.29
	700–990	10	0.86	0.73	1.01	0.00	1.29
	700–1000	10	0.87	0.70	1.05	0.02	1.24
	700–1010	10	0.87	0.71	1.06	-0.01	1.23
	750–1000	5	0.70	1.02	1.16	-0.16	1.12
	800–1000	5	0.65	1.09	1.20	-0.12	1.08
850–1000	1	0.30	1.37	1.37	-0.13	0.95	
Second Derivative Spektra	700–940	8	0.89	0.65	0.78	0.02	1.67
	700–950	8	0.88	0.67	0.78	0.01	1.67
	700–960	10	0.92	0.56	0.78	0.04	1.67
	700–970	9	0.90	0.62	0.80	0.02	1.63
	700–980	9	0.91	0.60	0.74	0.02	1.76
	700–990	9	0.91	0.59	0.77	-0.05	1.69
	700–1000	9	0.92	0.57	0.75	-0.06	1.73
	700–1010	10	0.92	0.57	0.79	0.02	1.65
	750–1000	5	0.71	1.01	1.14	-0.22	1.14
	800–1000	4	0.64	1.10	1.17	-0.12	1.11
850–1000	4	0.64	1.10	1.20	-0.10	1.08	

Hasil dan Pembahasan

Spektra NIR Buah Mangga

Spektra NIR buah mangga untuk *second derivative* spektra dengan tiga tingkat KPT yaitu tinggi (17.3°Brix), sedang (15.2°Brix) dan rendah (10.0°Brix) yang diambil dengan teknik *absorbance mode* dapat dilihat pada Gambar 2. Dari Gambar 2 terlihat perbedaan spektra akibat perbedaan nilai KPT.

Membangun Model Kalibrasi

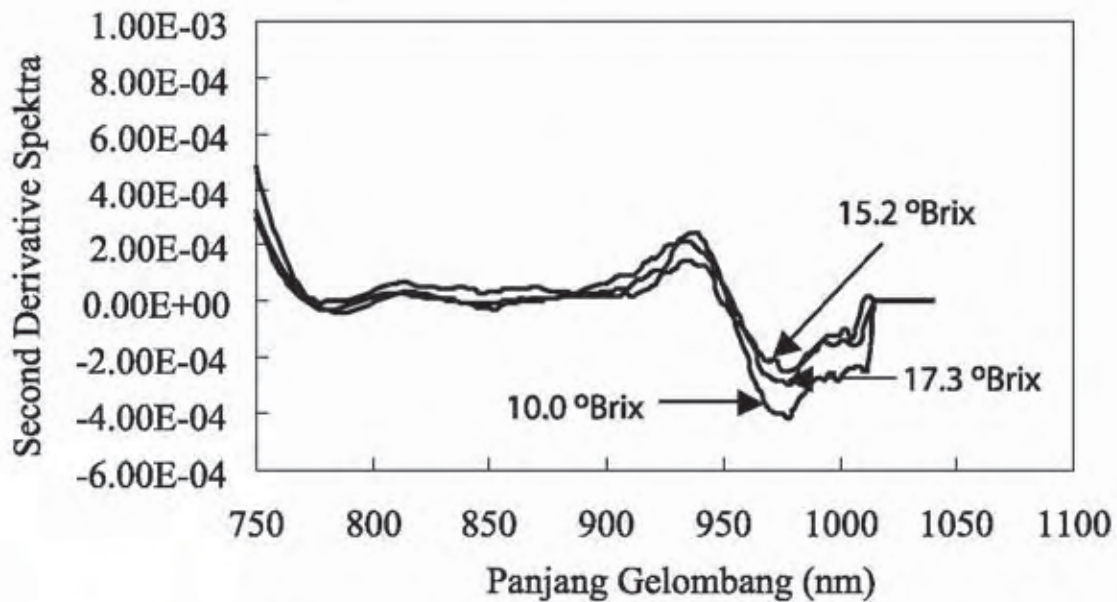
Model kalibrasi dan uji validasi untuk penentuan KPT buah mangga dibangun dengan menggunakan metode *Partial Least Squares (PLS) regression* untuk tiga jenis spektra yaitu original spektra, *smoothing* spektra (*moving average* dengan jumlah segmen 5), dan *second derivative* spektra (*Savitzky-Golay*

second derivative, rata kiri dan kanan 33 nm). Hasilnya seperti tampak pada Tabel 2. Untuk menentukan model kalibrasi yang terbaik maka digunakan beberapa kriteria. Pertama, model kalibrasi terbaik harus memiliki jumlah faktor (F) yang cukup (tidak terlalu sedikit atau terlalu banyak) untuk hasil prediksi yang optimal serta menghindari terjadinya *overfitting*. Kemudian model kalibrasi tersebut harus memiliki nilai koefisien korelasi (r) yang tinggi, *standard error of calibration* (SEC) yang rendah, *standard error of prediction* (SEP) dan *bias* yang rendah pula. Kemudian model kalibrasi dengan RPD (*Ratio Prediction to Deviation*) tinggi juga menjadi syarat model kalibrasi yang dapat diterima (Williams, 1987). Nilai RPD dihitung dengan cara membagi standard deviasi sampel validasi dengan nilai SEP yang diperoleh.

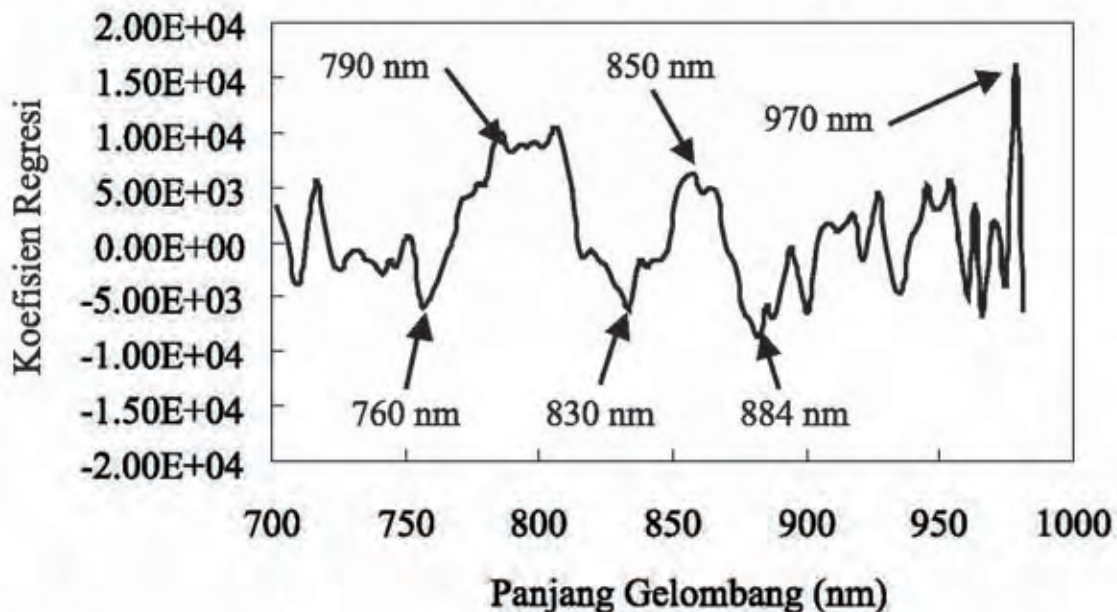
Dari Tabel 2 dapat teridentifikasi bahwa model kalibrasi dengan panjang gelombang 700-980 nm untuk *second derivative* spektra menghasilkan model kalibrasi terbaik dengan koefisien korelasi tinggi sebesar 0.91. Model kalibrasi tersebut juga memiliki nilai *standard error of calibration* rendah (SEC = 0.60), nilai *standard error of prediction* rendah (SEP = 0.74) serta nilai *bias* rendah (*bias* = 0.02). Perbedaan antara SEC dan SEP juga kecil. Model kalibrasi ini dapat digunakan untuk mengukur nilai KPT buah mangga secara tidak merusak.

Gambar 3 menunjukkan kontribusi/bobot masing-masing panjang gelombang pada panjang gelombang 884 nm untuk menduga KPT buah tomat sedangkan 700-980 nm untuk *second derivative* spektra terhadap model kalibrasi yang dibangun. Dari Gambar 3 terlihat bahwa koefisien regresi untuk setiap panjang

gelombang berbeda. Semakin tinggi koefisien regresi maka panjang gelombang tersebut semakin berkontribusi terhadap model kalibrasi yang dibangun. Gambar 3 memperlihatkan adanya beberapa koefisien regresi yang cukup tinggi di antaranya pada panjang gelombang 760 nm, 790 nm, 830 nm, 850 nm, 884 nm dan 970 nm. Panjang gelombang 884 nm berkorelasi dengan absorpsi karbohidrat. Karbohidrat dalam bentuk yang beragam seperti tepung, sukrosa, fruktosa dan glukosa merupakan komponen utama penyusun KPT (Ho dan Hewitt, 1986). Khuriyati dan Matsuoka (2004) menggunakan panjang gelombang 884 nm untuk menduga KPT buah tomat sedangkan Saranwong et al. (2003) menggunakan panjang gelombang 878 nm untuk menduga KPT buah mangga. Panjang gelombang 760 nm dan 970 nm



Gambar 2. *Second derivative* spektra buah mangga dengan tiga tingkat KPT.



Gambar 3. Hubungan antara panjang gelombang dan koefisien regresi untuk *second derivative* spektra pada panjang gelombang 700 - 980 nm.

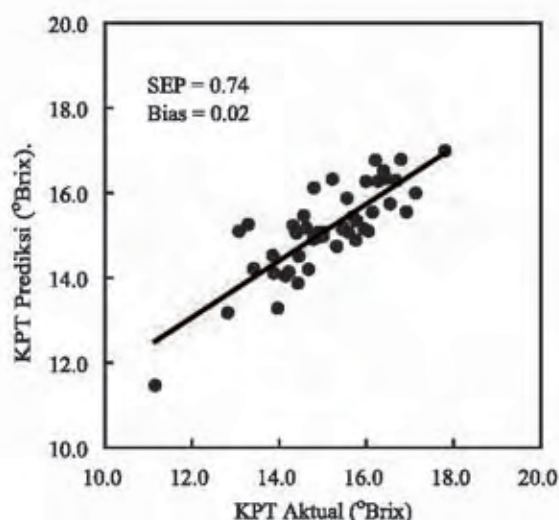
berkorelasi dengan absorpsi air (*water absorption*). Penelitian yang dilakukan oleh Suhandy et al. (2006) juga menunjukkan bahwa panjang gelombang 970 nm berkorelasi sangat baik dengan absorpsi terhadap air. Hal ini menunjukkan bahwa KPT buah mangga sangat erat kaitannya dengan kandungan air dan karbohidrat pada buah mangga. Hasil ini sejalan dengan fakta bahwa KPT memang sangat tergantung kepada kandungan air dan karbohidrat dan interaksi antara keduanya (Ho dan Hewitt, 1986).

Validasi Model Kalibrasi

Gambar 4 menunjukkan *scatter plot* antara KPT aktual dan KPT prediksi pada panjang gelombang 700–980 nm untuk *second derivative* spektra. Uji signifikansi level dengan 90% tingkat kepercayaan menunjukkan bahwa KPT aktual yang diukur menggunakan refraktometer dan KPT prediksi yang dihitung dengan NIR spectroscopy adalah tidak berbeda secara nyata. Hal ini menunjukkan bahwa model kalibrasi untuk penentuan KPT buah mangga secara tidak merusak menggunakan NIR spectroscopy dapat terbangun dengan baik

Kesimpulan dan Saran

Hasil di atas menunjukkan NIR spectroscopy telah berhasil mengukur KPT buah mangga secara tidak merusak. Model kalibrasi terbaik diperoleh dari *second derivative* spektra pada panjang gelombang 700–980 nm yang memiliki koefisien korelasi sebesar $r = 0.91$, SEC = 0.60 dan SEP = 0.74. Model ini memiliki *bias* = 0.02. Dengan uji *t-test* dapat dibuktikan bahwa parameter KPT aktual yang diukur dengan refraktometer dan parameter KPT prediksi yang dihitung menggunakan NIR spectroscopy adalah tidak berbeda secara nyata yang menunjukkan bahwa



Gambar 4. *Scatter plot* antara KPT aktual dan KPT prediksi untuk *second derivative* spektra pada panjang gelombang 700 - 980 nm.

model yang terbangun dapat digunakan sebagai salah satu teknik pengukuran KPT buah mangga secara tidak merusak.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan tahap kedua dari lima tahap penelitian yang didanai oleh hibah KKP3T tahun anggaran 2007. Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tinggi kepada Badan Penelitian dan Pengembangan (Litbang) Departemen Pertanian atas dukungan dana melalui proyek KKP3T tersebut.

Daftar Pustaka

- Budiastra, W., Ikeda, Y., and Nishizu, T. 1998. Optical methods for quality evaluation of fruits (part 2) - Prediction of individual sugars and malic acid concentrations of apples and mangoes by the developed NIR reflectance system. *Journal of JSAM*. **60** (3): 117127.
- Clark, C.J., McGlone, V.A., Requejo, C., White, A., and Woolf, A.B. 2003. Dry matter determination in 'Hass' avocado by NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*. **29**: 300307.
- Dull, G.G., Leffler, R.G., Birth, G.S., and Smittle, D.A. 1992. Instrument for nondestructive measurement of soluble solids in honeydew melons. *J. Transaction of the ASAE* **35**: 735–737.
- Ho, L.C., and Hewitt, J.D. 1986. Fruit development. In "The Tomato Crop" (ed. By Atherton, J.G., Rudich, J.), Chapman and Hall, New York, p. 206239.
- Kawano, S., Fujiwara, K., and Iwamoto, M. 1993. Nondestructive determination of sugar content in Satsuma mandarin using near infrared (NIR) transmittance. *Journal of Japanese Society Horticultural Science*. **62**: 465470.
- Khuriyati, N., and Matsuoka, T. 2004. Near infrared transmittance method for nondestructive determination of soluble solids content in growing tomato fruits. *Environ. Control in Biol.* **42**(3): 217223.
- Lammertyn, J., Nicolai, B., Ooms, K., De Smedt, V., and De Baerdemaeker, J. 1998. Nondestructive measurement of acidity, soluble solids, and firmness of Jonagold apples using NIR spectroscopy. *J. Transaction of the ASAE* **41**(4): 1086–1094.
- Lu, R., Guyer, D.E., and Beaudry, R.M. 2000. Determination of firmness and sugar content of apple using NIR diffuse reflectance. *Journal of Texture Studies*. **31**(6): 615–630.
- McGlone, V.A., and Kawano, S. 1998. Firmness, dry matter, and soluble solids assessment of postharvest kiwifruit by NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*. **13**: 131141.

- McGlone, V.A., Fraser, D.G., Jordan, R.B., and Kunemeyer, R. 2003. Internal quality assessment of mandarin fruit by Vis/NIR spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* **11**: 323332.
- Park, B., Abbott, J.A., Lee, K.J., Choi, C.H., and Choi, K.H. 2003. Near infrared diffuse reflectance for quantitative and qualitative measurement of soluble solids and firmness of delicious and gala apples. *J. Transaction of the ASAE* **46(6)**: 1721–1731.
- Saranwong, S., Sornsrivichai, J., and Kawano, S. 2003. Performance of a portable near infrared instrument for Brix value determination of intact mango fruit. *J. Near Infrared Spectrosc.* **11**: 175181.
- Slaughter, D.C., Barrett, D., and Boersig, M. 1996. Nondestructive determination of soluble solids in tomatoes using near infrared spectroscopy. *Journal of Food Science.* **61**: 695–697.
- Suhandy, D., Hartanto, R., Prabawati, S., Yulianingsih, and Yatmin. 2007. Penentuan Kondisi Pengambilan Spektra Terbaik Untuk Pengukuran Kandungan Padatan Terlarut Buah Mangga Secara Tidak Merusak Menggunakan Near Infrared Spectroscopy. *Jurnal Teknik Pertanian. In Press.*
- Suhandy, D., Khuriyati, N., and Matsuoka, T. 2006. Determination of leaf water potential in tomato plants using NIR spectroscopy for water stress management. *Environ. Control in Biol.* **44(4)**: 279284.
- Williams, P.C. 1987. Variable affecting near infrared reflectance spectroscopic analysis. In "Near-infrared technology in the agriculture and food industries" (ed. by Williams, P. and Norris, K.). *Am. Soc. of Cereal Chemists Inc., St. Paul Minn., p 143167.*