

PENENTUAN BAHAN KERING BUAH SAWO SECARA TIDAK MERUSAK MENGUNAKAN NIR SPECTROSCOPY

[Nondestructive Determination of Dry Matter in Sawo Fruit Using NIR Spectroscopy]

Diding Suhandy¹⁾

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung
Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Lampung 35145
Telp. 0721-701609 pesawat 846; e-mail: diding2004@yahoo.com

ABSTRACT

This work was conducted to develop a new measuring system for nondestructive dry matter prediction in sawo fruit using short wavelength near infrared (SW-NIR) spectroscopy. In this research, a number of 100 sawo fruits were used as samples. Spectra were acquired using a portable spectrometer (VIS-NIR USB4000, The Ocean Optics, USA) with 100 ms integration time and 50 scans for number of scanning. Dry matter was measured using oven drying. The calibration and validation model was developed using the partial least squares (PLS) regression method. The result showed that the best calibration model could be developed for original spectra in the wavelength range of 700-990 nm with $F = 8$, $r = 0.92$, $SEC = 0.68$ and $SEP = 0.86$.

Keywords: Absorbance mode, dry matter, nondestructive method, sawo fruit, SW-NIR spectroscopy.

PENDAHULUAN

Pengukuran kualitas buah dan sayuran secara tidak merusak (nondestructive) telah menjadi satu kebutuhan penting dan mendesak saat ini di mana standar kebutuhan akan kualitas makanan (buah dan sayuran) semakin tinggi. Konsumen semakin selektif dalam memilih buah dan sayuran dan hal ini menuntut para produsen untuk mengembangkan sebuah sistem penilaian kualitas buah dan sayuran yang cepat, efektif dan akurat. Near infrared (NIR) spectroscopy pada gelombang pendek 700-1100 nm atau yang lebih dikenal sebagai short wavelength near infrared (SW-NIR) spectroscopy memiliki potensi yang bisa diandalkan untuk membangun sistem penilaian kualitas buah dan sayuran secara tidak merusak, cepat dan akurat. Pada buah sawo, kualitas buah lebih banyak ditentukan oleh kandungan bahan kering

(BK). Pada saat pematangan berlangsung, BK akan berubah menjadi gula-gula sederhana seperti fruktosa, glukosa dan sukrosa melalui proses hidrolisis. Penerimaan konsumen terhadap produk buah akan sangat tergantung kepada sedikit banyaknya gula yang terkandung. Semakin banyak gula artinya semakin manis dan semakin diterima oleh konsumen. Sedangkan kuantitas gula pada saat buah sawo matang akan sangat bergantung kepada kuantitas komponen BK saat buah dipetik. Dengan demikian pengembangan sistem penilaian kualitas buah sawo melalui penilaian BK berbasis teknologi SW-NIR spectroscopy sangatlah dibutuhkan.

Penggunaan teknologi SW-NIR spectroscopy pada penentuan bahan kering (BK) buah-buahan sudah berkembang pesat. SW-NIR spectroscopy telah berhasil mengukur kandungan bahan kering (BK) buah-buahan seperti pada buah alpukat

(Clark *et al.*, 2003), buah mangga (Saranwong *et al.*, 2001; Suhandy *et al.*, 2007), dan buah kiwi (McGlone dan Kawano, 1998). Penelusuran pustaka menunjukkan penggunaan SW-NIR spectroscopy pada penentuan BK buah sawo belum dilakukan.

Pada penelitian ini, korelasi antara spektra NIR spectroscopy dan BK buah sawo telah diteliti. Kemudian model kalibrasi untuk penentuan BK buah sawo menggunakan SW-NIR spectroscopy akan dibangun dan dievaluasi.

BAHAN DAN METODE

Bahan

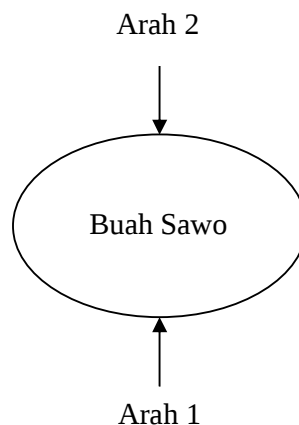
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah sawo segar. Buah sawo ini diperoleh dari kebun petani di daerah Pekalongan Lampung Timur. Buah sawo yang digunakan memiliki karakteristik sebagai berikut.

- Mempunyai tingkat kematangan yang berbeda yang ditandai oleh ukuran yang berbeda (kecil, sedang, dan besar).

- Permukaan kulit buah bersih dari kecacatan, bercak jamur atau penyakit.
- 100 sampel buah sawo digunakan dalam penelitian ini.

Pengambilan Spektra (Spectral Acquisition)

Pengambilan spektra NIR menggunakan NIR spectrometer VIS-NIR USB4000 (The Ocean Optics, USA) menggunakan probe fiber optic. VIS-NIR USB4000 merupakan salah satu spektrometer yang dikembangkan oleh The Ocean Optics (USA) dan bekerja pada panjang gelombang 300-1100 nm. Spektrometer ini memiliki resolusi 3 nm dan menggunakan CCD array sebagai detektor. Untuk sumber cahaya (light resources), spektrometer 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 9.7. Setiap sampel akan di ambil 2 spektra pada 2 titik yang berbeda. Pengambilan spektra yang berbeda diilustrasikan seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Arah pengambilan spektra pada dua titik yang berbeda

Sebelum pengambilan spektra setiap sampel dilakukan, spektra dark dan reference diambil masing-masing sebanyak 1 kali, spektra dari reference diambil dengan cara meletakkan reference pada sampel holder dan diambil spektranya dengan menggunakan fiber optic. Spektra reference merupakan spektra yang diambil dengan menggunakan reference (diffuse reflectance standar model WS-1 Ocean Optics, USA). Spektra dark merupakan spektra yang diambil tanpa sampel dan tanpa cahaya. Hal ini dilakukan, dengan menghalangi sumber cahaya. Pengambilan spektra pada setiap sampel dilakukan di dalam kotak hitam agar lingkungan tidak mempengaruhi spektra yang diambil.

Pengambilan spektra dilakukan dengan perlakuan integration time 100 ms dan jumlah scanning to average 50 scans. Integration time diperlukan oleh setiap spektrometer untuk memberikan respon detektor yang cukup. Integration time merupakan waktu berintegrasi antara probe fiber optic dengan sampel secara langsung. Sedangkan jumlah scanning to average merupakan jumlah rata-rata scanning pada setiap spektra yang akan mempengaruhi kondisi sampel. Terlalu banyak jumlah scanning akan menyebabkan sampel panas (heating) sedangkan jumlah scanning yang terlalu sedikit tidak mampu memberikan informasi spektra yang cukup.

Analisis Kimia

Analisis kimia meliputi pengukuran nilai BK (bahan kering) buah sawo dengan menggunakan oven listrik model EYELA WFO 700 (3 tray). Untuk keperluan analisis BK, buah sawo diambil bagian dagingnya sebanyak empat potong tepat di bagian titik pengambilan spektra untuk menghasilkan data empat kali ulangan pada setiap parameter yang diukur. Data yang dipakai

dalam perhitungan adalah rata-rata dari keempat titik yang diambil tersebut.

Untuk prosedur pengukuran BK yang dilakukan adalah cawan petri diletakkan dalam mesin pengering listrik (electric oven drying) model EYELA WFO – 700 (3 tray) selama 1 jam agar dalam kondisi kering. Setelah itu cawan petri diukur beratnya dengan menggunakan timbangan digital (model HL-3000 Hansen). Cawan petri dimasukkan dalam desikator. Kemudian daging buah diletakkan di dalam cawan petri. Sampel dan cawan petri diukur beratnya menggunakan timbangan digital kemudian sampel dan cawan petri diletakkan dalam mesin pengering oven listrik (electric oven drying) selama 120 jam sampai beratnya konstan dengan suhu 70°C. Setelah itu sampel dan cawan dimasukkan dalam desikator dan kemudian diukur beratnya dengan menggunakan timbangan digital. BK akan dinyatakan sebagai persen (%) basis basah yaitu dengan membagi bahan kering dengan bahan awal (bahan kering + air) dikali 100%. Data BK yang diperoleh kemudian dibagi menjadi dua set sampel yaitu sampel kalibrasi dan sampel validasi. Karakteristik statistik BK kedua kelompok sampel tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Analisis Data

Spektra yang sudah diambil akan diteruskan ke komputer melalui kabel data USB untuk diolah datanya. Semua sampel yang ada dikelompokkan dalam dua set sampel yaitu set sampel untuk kalibrasi dan satu set lagi untuk validasi. Model kalibrasi akan dibangun untuk original, smoothing dan second derivative spektra (Savitsky-Golay second derivative, rata kiri kanan 33 nm). Untuk uji validasi dilakukan dengan t-test menggunakan model kalibrasi yang dibangun dengan sampel yang berbeda. T-

test merupakan salah satu metode validasi yang tersedia dalam program The Unscrambler versi 9.7 (CAMO AS, Norway). Model kalibrasi dan validasi dibangun menggunakan metode partial least squares (PLS) Regression. Semua proses tersebut dapat dilakukan oleh perangkat lunak

husus pengolahan data multivariate The Unscrambler versi 9.7. Kemudian perangkat lunak SPSS (Statistical Package for the Social Science) versi 11.0 digunakan untuk melakukan evaluasi signifikansi level dari model yang dibangun.

Tabel 1. Karakteristik statistik kelompok sampel kalibrasi dan validasi yang digunakan untuk penentuan BK buah sawo

Item	Sampel Kalibrasi	Sampel Validasi
Jumlah sampel	48	42
Rentang nilai	24.71 – 32.43	24.88 – 32.07
Rataan	28.89	28.52
Standar deviasi	1.76	1.61
Unit	%	%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Spektra Buah Sawo Menggunakan Near Infrared (NIR) Spectroscopy

Dalam pengambilan spektra sampel disinari dengan panjang gelombang tertentu dan daerah yang disinari akan memberikan gambaran atau hasil berupa spektra yang direkam oleh detektor. Spektra dari detektor akan diteruskan ke komputer melalui kabel data USB. Pembacaan spektra menggunakan perangkat lunak spektra suit yang telah dihubungkan dengan spektrometer VIS-NIR USB4000.

Pengambilan spektra dilakukan dengan perlakuan integration time 100 ms dan jumlah scanning to average 50 scans. Kemudian dilakukan pengambilan reference sebanyak 1 kali untuk memberikan efek gelap (dark). Setelah program spektra suite diaktifkan, kemudian masing-masing sampel diambil spektranya dengan metode diffuse reflectance pada 2 titik pengambilan

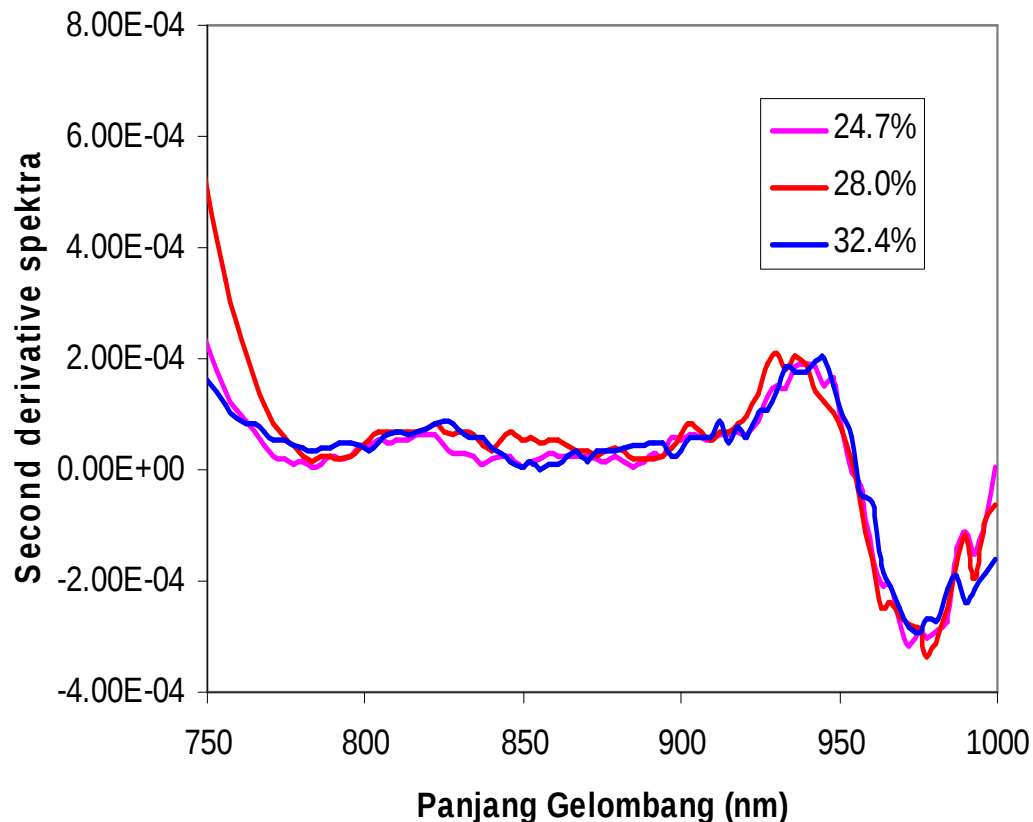
spektra yang berbeda. Data yang telah diambil spektranya disimpan dan diolah lebih lanjut oleh perangkat lunak The Unscrambler versi 9.7.

Spektra NIR Buah Sawo

Spektra NIR buah sawo diambil dengan menggunakan teknik diffuse reflectance dengan waktu integrasi 100 ms dan jumlah scan per spektra 50 scans. Pengambilan ini dilakukan pada 2 titik untuk setiap sampel. Spektra yang diambil adalah dari panjang gelombang 700 – 1040 nm. Setiap spektra memiliki bentuk yang berbeda sehingga memiliki nilai yang berbeda. Perbedaan spektra yang terjadi diakibatkan oleh beberapa faktor di antaranya faktor kimia atau fisika yang ada pada sampel. Selain itu faktor manusia juga mempengaruhi perbedaan spektra seperti cara pengambilan spektra. Spektra yang digunakan dalam penentuan BK dengan menggunakan NIR spectroscopy terdiri dari tiga jenis yaitu original, smoothing, second derivative spektra.

Smoothing spektra berfungsi untuk menghaluskan spektra, tetapi smoothing yang terlalu tinggi menyebabkan spektra kurang baik karena banyak informasi yang hilang. Sedangkan second derivative spektra berfungsi untuk mempertajam perbedaan spektra akibat perbedaan tingkat BK buah

sawo. Spektra second derivative buah sawo yang diambil dengan teknik diffuse reflectance dengan nilai BK tinggi (32.4%), sedang (28.0%), dan rendah (24.7%) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektra second derivative buah sawo yang diambil dengan teknik diffuse reflectance dengan berbagai nilai BK yang berbeda.

Pengembangan Model Kalibrasi

Proses pembuatan model kalibrasi pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model kalibrasi yang selanjutnya digunakan dalam proses pengujian model sehingga dapat diketahui nilai keakuratannya. Model kalibrasi dan uji validasi untuk penentuan BK buah sawo dibangun dengan menggunakan metode

partial least squares (PLS) regression untuk tiga jenis spektra yaitu original spektra, smoothing spektra, dan second derivative spektra. Hasil pengembangan model kalibrasi dan uji validasi untuk penentuan BK buah sawo dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil kalibrasi dan validasi untuk penentuan bahan kering buah sawo

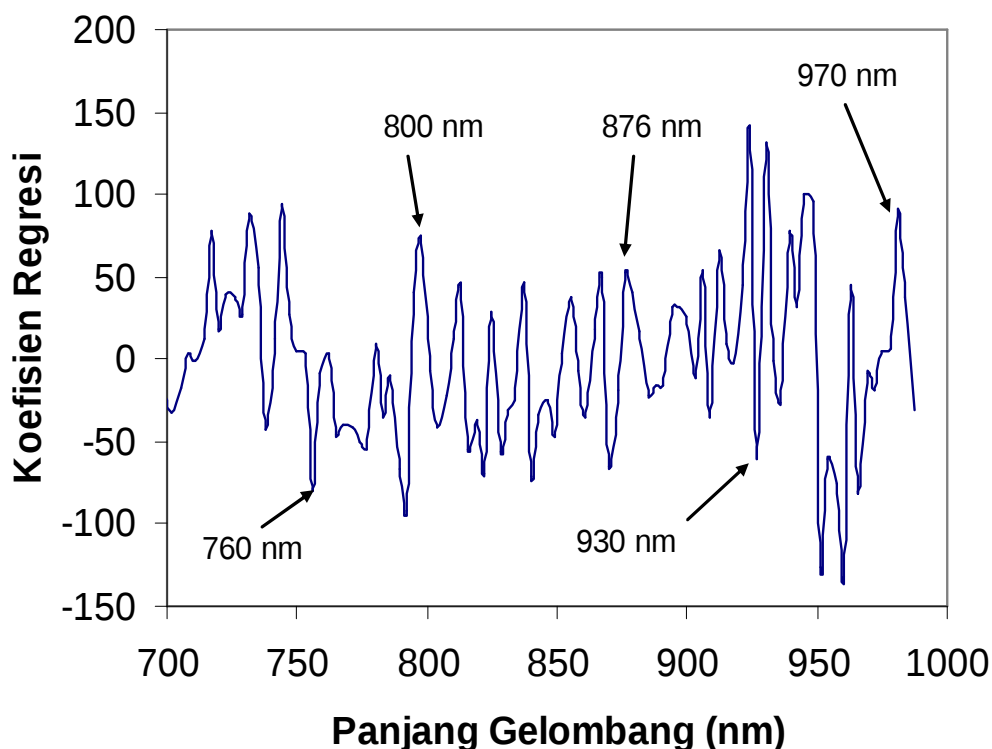
Tipe Spektra	Panjang Gelombang (nm)	F	r	SEC	SEP	Bias	RPD
Original Spektra	700 - 900	4	0.76	1.15	0.93	0.15	1.73
	700 - 910	5	0.84	0.95	0.95	0.14	1.69
	700 - 920	5	0.84	0.96	0.94	0.18	1.71
	700 - 930	5	0.83	0.97	0.88	0.18	1.83
	700 - 940	5	0.82	1.01	0.86	0.15	1.87
	700 - 950	6	0.85	0.93	0.91	0.15	1.77
	700 - 960	6	0.86	0.90	0.90	-0.02	1.79
	700 - 970	7	0.90	0.75	0.85	-0.10	1.89
	700 - 980	7	0.90	0.75	0.85	-0.12	1.89
	700 - 990	8	0.92	0.68	0.86	-0.01	1.87
Smoothing Spektra	700 - 1000	6	0.88	0.82	1.05	0.04	1.53
	700 - 900	5	0.77	1.13	0.93	0.07	1.73
	700 - 910	5	0.74	1.18	0.90	0.14	1.79
	700 - 920	5	0.74	1.18	0.90	0.14	1.79
	700 - 930	5	0.74	1.18	0.91	0.14	1.77
	700 - 940	6	0.78	1.10	0.98	0.07	1.64
	700 - 950	5	0.75	1.16	0.94	0.08	1.71
	700 - 960	6	0.79	1.09	0.91	0.02	1.77
	700 - 970	6	0.78	1.10	0.98	0.03	1.64
	700 - 980	6	0.78	1.10	0.99	0.03	1.63
Second Derivative Spektra	700 - 990	6	0.79	1.08	0.95	0.03	1.69
	700 - 1000	7	0.82	1.00	0.97	0.03	1.66
	700 - 900	1	0.18	1.73	1.73	0.32	0.93
	700 - 910	1	0.18	1.73	1.73	0.32	0.93
	700 - 920	1	0.18	1.73	1.73	0.32	0.93
	700 - 930	1	0.18	1.73	1.73	0.32	0.93
	700 - 940	1	0.18	1.73	1.72	0.32	0.94
	700 - 950	1	0.18	1.73	1.72	0.32	0.94
	700 - 960	1	0.18	1.73	1.72	0.32	0.94
	700 - 970	1	0.18	1.73	1.72	0.32	0.94
	700 - 980	1	0.18	1.73	1.72	0.32	0.94
	700 - 990	1	0.18	1.73	1.72	0.32	0.94
	700 - 1000	1	0.18	1.73	1.72	0.32	0.94

Penentuan model kalibrasi yang terbaik menggunakan beberapa kriteria untuk hasil prediksi yang optimal yaitu harus memiliki jumlah faktor (F) yang cukup (tidak terlalu sedikit atau terlalu banyak). Lebih lanjut model kalibrasi tersebut harus memiliki nilai koefisien korelasi (r) yang tinggi, standard error of calibration (SEC) yang rendah, standard error of prediction (SEP) yang rendah dan bias yang rendah. Menurut Williams (1987), model kalibrasi dengan RPD (ratio prediction to deviation) tinggi juga menjadi syarat model kalibrasi yang baik. RPD didapat dari standar deviasi sampel validasi dibagi dengan SEP.

Pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa model kalibrasi pada panjang gelombang 700 – 990 nm untuk original spektra

menghasilkan model kalibrasi yang terbaik dengan nilai koefisien korelasi $r = 0.92$ model kalibrasi tersebut juga memiliki SEC dan SEP yang rendah yaitu masing-masing SEC = 0.68 dan SEP = 0.86. Nilai RPD dan faktor pada model kalibrasi tersebut memiliki nilai yang tinggi yaitu RPD = 1.87, dan F = 8, sedangkan bias pada model tersebut cukup rendah yaitu -0.01.

Semakin tinggi koefisien regresi maka panjang gelombang tersebut berkontribusi terhadap model yang dibangun. Untuk mengetahui struktur dari model kalibrasi, antara panjang gelombang dan koefisien regresi dapat dilihat pada original spektra untuk penentuan BK buah sawo dalam panjang gelombang 700-990 nm, pada Gambar 3.



Gambar 3. Koefisien regresi *original* spektra untuk penentuan BK buah sawo dalam panjang gelombang 700-990 nm.

Gambar 3 menunjukkan koefisien regresi pada setiap model kalibrasi yang dibangun dengan interval panjang gelombang 700-990 nm. Koefisien regresi untuk setiap panjang gelombang berbeda. Koefisien regresi yang cukup tinggi sehingga berkontribusi terhadap model kalibrasi yang dibangun di antaranya pada panjang gelombang 760 nm, 876 nm, dan 970 nm. Panjang gelombang 760 nm dan 970 nm berkorelasi dengan absorpsi air (water absorption) sedangkan panjang gelombang 876 nm berkorelasi dengan absorpsi karbohidrat (Osborne *et al.*, 1993).

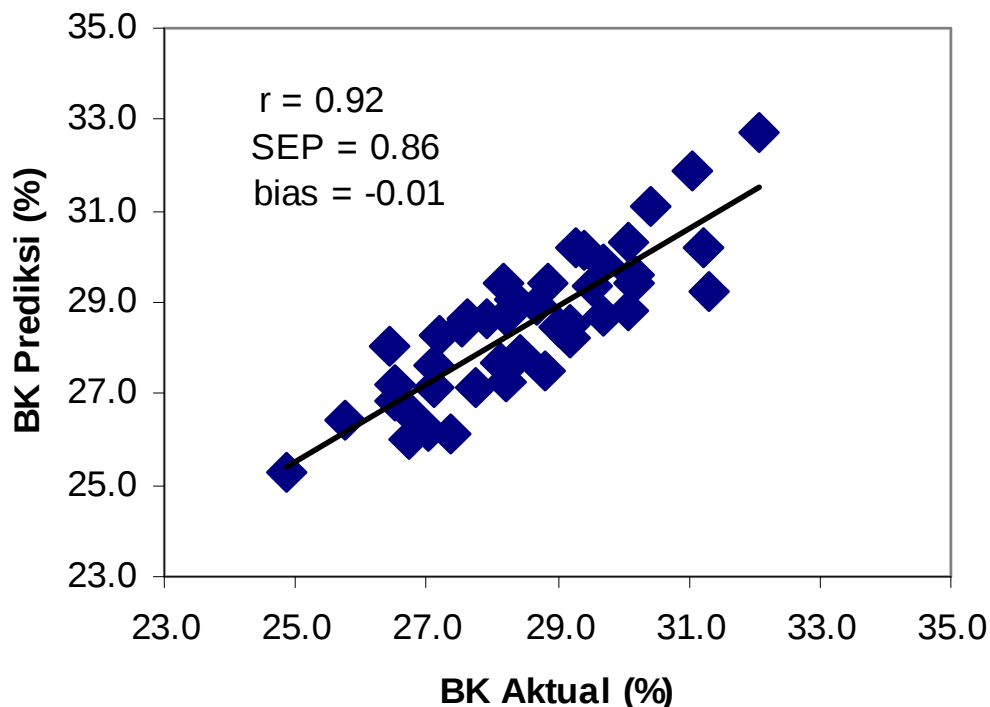
Hal ini menunjukkan bahwa BK buah sawo erat kaitannya dengan kandungan air dan karbohidrat pada buah sawo. Hasil ini sejalan dengan fakta bahwa BK memang sangat tergantung kepada kandungan air dan karbohidrat serta interaksi antara keduanya.

Hal ini sejalan dengan temuan Khuriyati dan Matsuoka (2005) dan Saranwong *et al.* (2003).

Validasi Model Kalibrasi

Setelah model kalibrasi dibangun, validasi model kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan tingkat akurasi model yang dihasilkan. Untuk uji validasi pada penelitian ini dilakukan dengan metode t-test yang menggunakan sampel berbeda dari sampel kalibrasi.

Nilai SEP merupakan parameter yang dapat menentukan baik tidaknya model yang dihasilkan. Semakin baik model maka memiliki nilai SEP yang kecil dan koefisien korelasi yang tinggi. Gambar 4 menunjukkan scatter plot antara BK aktual dan BK prediksi pada original spektra.



Gambar 4. Scatter plot antara aktual dan prediksi BK buah sawo pada original spektra

Gambar 4, menunjukkan scatter plot antara BK aktual BK prediksi. Spektra original pada panjang gelombang 700-990 nm memiliki nilai SEP dan bias yang rendah dengan koefisien korelasi sebesar 0.92. Uji taraf kepercayaan dengan 90% tingkat kepercayaan menunjukkan bahwa BK aktual yang diukur menggunakan metode oven drying dan BK prediksi yang dihitung dengan NIR spectroscopy adalah tidak berbeda secara nyata. Hal ini menunjukkan bahwa BK aktual dan BK prediksi tidak berbeda nyata. Sehingga penentuan BK secara tidak merusak menggunakan NIR spectroscopy juga dapat terbangun dengan baik.

KESIMPULAN

Model kalibrasi terbaik diperoleh untuk original spektra pada panjang gelombang 700-990 nm dengan koefisien korelasi sebesar $r = 0.92$, standard error of calibration (SEC) = 0.68 dan standard error of prediction (SEP) = 0.86. Uji taraf kepercayaan dengan 90% tingkat kepercayaan menunjukkan bahwa bahan kering (BK) aktual yang diukur menggunakan metode oven drying dan BK prediksi yang dihitung dengan NIR spectroscopy adalah tidak berbeda secara nyata. Hasil ini juga menunjukkan keberhasilan SW-NIR spectroscopy dalam menentukan BK buah sawo secara tidak merusak.

DAFTAR PUSTAKA

- Clark, C.J., V.A. McGlone, C. Requejo, A. White, and A.B. Woolf. 2003. Dry matter determination in 'Hass' avocado by NIR spectroscopy. *Postharvest Biol. and Technol.* 29: 300–307.
- Khuriyati, N. and T. Matsuoka. 2005. Monitoring internal properties of on plant tomato fruits using NIR spectroscopy for control of nutrient solution in soilless culture. *Environ. Control in Biol.* 43(1): 39–46.
- McGlone, V.A. and S. Kawano, S. 1998. Firmness, dry matter, and soluble solids assessment of postharvest kiwifruit by NIR spectroscopy. *Postharvest Biol. and Technol.* 13: 131–141.
- Osborne, B.G., T. Fearn, and P.H. Hindle. 1993. Practical NIR spectroscopy with application in food and beverage analysis. Longman Scientific and Technical, Harlow, United Kingdom, p 13–35.
- Saranwong, S., J. Sornsrivichai, and S. Kawano. 2001. Improvement of PLS calibration for Brix value and dry matter of mango using information from MLR calibration. *J. Near Infrared Spectrosc.* 9: 287–295.
- Saranwong, S., J. Sornsrivichai, and S. Kawano. 2003. Performance of a portable near infrared instrument for Brix value determination of intact mango fruit. *J. Near Infrared Spectrosc.* 11: 175–181.
- Suhandy, D., R. Hartanto, S. Prabawati, Yulianingsih, and Yatmin. 2007. Determination of dry matter in intact mango fruit using near infrared spectroscopy/Original Paper in Indonesian Society of Agricultural Engineering (ISAE) Conference. Bandar Lampung.

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 143–167.