

# Penentuan Kadar Gula Buah Salak Secara Tidak Merusak Menggunakan Near Infrared (Nir) Spectroscopy dan Interval Partial Least Squares (Ipls) Regression

## *Nondestructive Determination of Sugar Contents in Snake Fruit Using Near Infrared (NIR) Spectroscopy and Interval Partial Least Squares (iPLS) Regression*

Winarto<sup>1</sup>, Meinilwita Yulia<sup>1</sup>, Diding Suhandy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung

Jl. Soekarno Hatta No. 10 Rajabasa Bandar Lampung

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Lampung 35145

Email : : meinilwitayulia@polinela.ac.id

### ABSTRACT

*The objectives of this research was to evaluate the feasibility of using NIR spectroscopy and interval partial least squares (iPLS) regression for nondestructive soluble solids content (SSC) determination in snake fruit. Spectra of snake fruit were acquired using a VIS-NIR USB4000 portable spectrometer in absorbance mode. The SSC was measured using a digital refractometer. The calibration and validation models were developed using the iPLS regression using original spectra. The calibration results showed that the root mean square of cross-validation (RMSECV) of first six subintervals from 582-831 nm was lower than that of the average of RMSECV and these subintervals were selected for developing final iPLS regression. Using the selected subintervals the calibration has high quality of prediction with RPD = 3,35.*

*Keywords: NIR spectroscopy, soluble solids content, absorbance mode, nondestructive method, snake fruit, iPLS regression*

Naskah ini diterima pada tanggal 3 Februari 2014, direvisi pada tanggal 17 Februari 2014 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 15 April 2014

### PENDAHULUAN

Kadar gula pada buah salak merupakan salah satu indikator kualitas atau mutu buah salak yang sangat penting. Kadar gula pada buah matang dapat dinyatakan sebagai kandungan padatan terlarut (KPT) karena secara fisiologis pada buah matang sebagian besar komponen KPT adalah terdiri atas senyawa-senyawa gula (glukosa, fruktosa atau sukrosa). Pengukuran kadar gula buah salak secara cepat, akurat dan tidak merusak merupakan sebuah kebutuhan mendesak dalam rangka meningkatkan ketersediaan buah salak berkualitas tinggi dan seragam untuk keperluan ekspor.

Penggunaan teknologi NIR *spectroscopy* sebagai teknologi penilain mutu buah secara tidak merusak telah begitu populer. Beberapa peneliti telah dilaporkan berhasil menggunakan teknologi

NIR *spectroscopy* pada penilain mutu buah (Subedi *et al.*, 2007; McGlone *et al.*, 2002). Sebuah telaah lengkap oleh Nicolai *et al.* (2007) memberikan gambaran lebih jelas seputar penggunaan teknologi NIR *spectroscopy* pada buah-buahan. Beberapa peneliti menggunakan cahaya tampak (*visible*) dan NIR gelombang pendek (*short wavelength*) 700-1100 nm (Ventura *et al.* 1998; McGlone *et al.* 2002; Temma *et al.* 2002; Saranwong *et al.* 2003; Walsh *et al.* 2004) sedangkan beberapa peneliti menggunakan gelombang pendek dan panjang 700-2500 nm (Guthrie and Walsh 1997; Ying *et al.* 2005).

Seperti yang telah ditegaskan oleh Gorinstein *et al.* (2009), buah salak atau *snake fruit* memiliki beberapa karakteristik yang mirip dengan buah kiwi seperti kandungan *polyphenols* dan anti oksidan (*antioxidant*). Keduanya (buah salak dan kiwi) sama-sama direkomendasikan sebagai salah satu menu diet yang bagus. Untuk buah kiwi, penggunaan teknologi NIR *spectroscopy* untuk penentuan kadar gula telah dilakukan dengan hasil sangat memuaskan ( $r = 0.99$  and  $SEC = 0.72\%$  Brix) (Slaughter dan Crisosto, 1998; Fu *et al.* 2007). Namun sayang, penggunaan teknologi NIR *spectroscopy* yang *portable* dan relatif terjangkau untuk pengukuran kadar gula buah salak secara tidak merusak sejauh ini masih sangat terbatas.

Pada penelitian sebelumnya, Suhandy *et al.* (2010) telah menunjukkan potensi penggunaan teknologi NIR *spectroscopy* pada pengukuran kadar gula buah salak secara tidak merusak. Dengan menggunakan *full spectrum PLS regression* telah berhasil dibangun model matematik untuk menghitung kadar gula buah salak secara tidak merusak dengan melibatkan lebih dari 100 buah peubah (melibatkan lebih dari 100 panjang gelombang sebagai prediktor). Untuk keperluan membangun model yang lebih sederhana dengan jumlah peubah lebih sedikit dan menghindari potensi terjadinya *overfitting*, maka dalam penelitian ini akan dievaluasi potensi penggunaan metode regresi *interval PLS* atau *iPLS* sebagai salah satu metode seleksi peubah (*variable selection method*) pada penentuan kadar gula buah salak secara tidak merusak.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun persamaan kalibrasi dan validasi untuk pengukuran kadar gula buah salak secara tidak merusak (*nondestructive*) dengan jumlah peubah lebih sedikit dengan menggunakan metode *interval PLS (iPLS) regression* dengan kualitas persamaan kalibrasi yang masih dapat diterima (*acceptable*).

## METODE PENELITIAN

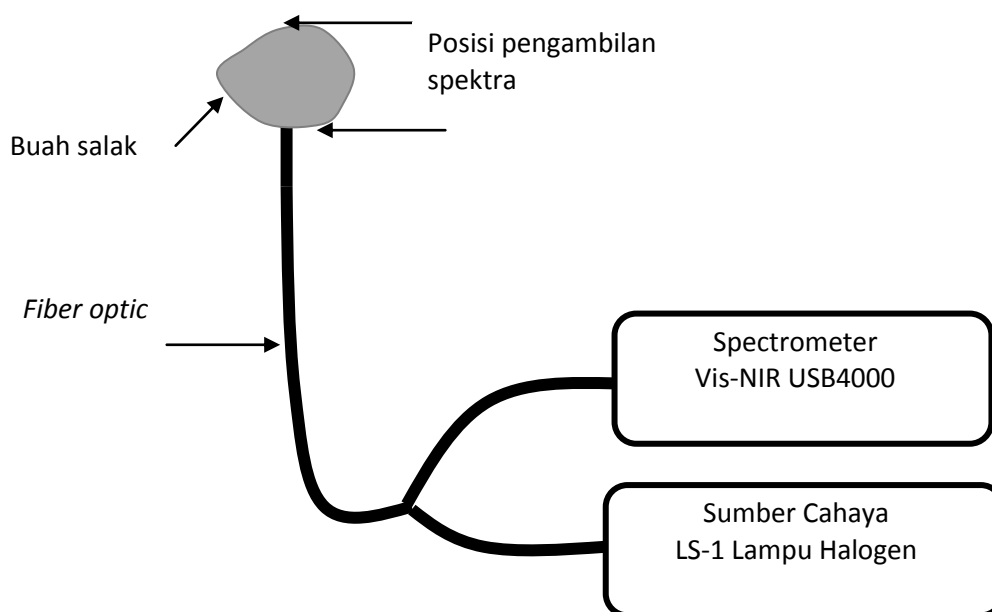
### Bahan

Sebanyak 100 buah salak jenis pondoh (*Salacca Edulis Reinw*) digunakan untuk penelitian ini. Buah salak pondoh merupakan salah satu buah asli asal Indonesia. Buah salak untuk sampel dipanen dari kebun yang sama di Propinsi Lampung. Untuk mendapatkan nilai pengukuran kadar gula atau KPT yang bervariasi maka dua kelompok buah salak dipersiapkan. Kelompok pertama merupakan buah salak dengan ukuran besar, warna kulit agak gelap dan memiliki KPT yang tinggi. Sedangkan kelompok kedua merupakan buah salak dengan KPT rendah dengan ciri buah yang

berukuran kecil dan warna kulit buah agak cerah. Petani buah salak yang berpengalaman diminta untuk melakukan pengelompokan sampel ini. Kemudian pengambilan spektra buah salak dilakukan segera di hari yang sama dengan waktu pemanenan buah salak. Proses pengambilan spektra dilakukan di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pascapanen Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung.

### Metode Pengambilan Spektra

Spektra buah salak diperoleh dengan teknik absorban menggunakan spektrometer *portable* yang harganya relatif terjangkau (VIS-NIR USB4000, The Ocean Optics, USA). Spektrometer ini memiliki panjang gelombang 300–1040 nm. Spektrometer ini menggunakan CCD (*charge coupled device*) berbahan silikon (Si) sebagai detektor dan lampu halogen (LS-1 Tungsten Halogen) sebagai sumber cahaya. Spektrometer juga dilengkapi dengan *fibre optic* (panjang 2 m dan diameter 400 mikrometer). Buah salak ditempatkan di *sample holder* dan kemudian spektra buah salak diambil dengan menggunakan parameter waktu integrasi 100 ms dan jumlah *scan* sebanyak 50 *scans*. Spektra buah salak diambil pada dua titik yang berbeda untuk setiap buah sampel seperti terlihat pada Gambar 1. Sehingga total waktu yang dibutuhkan untuk proses pengambilan spektra adalah 10 detik untuk setiap buah salak. Untuk menghindari pengaruh suhu terhadap kualitas spektra (Maeda *et al.*, 1995) maka suhu buah salak sebelum pengukuran spektra dijaga pada nilai yang relatif tetap yaitu pada suhu 25°C dengan bantuan sebuah *water bath* (Peirs *et al.*, 2003).



Gambar 1. Proses pengambilan spektra buah salak menggunakan *portable spectrometer* pada dua titik yang berbeda.

### Metode Pengukuran Kandungan Padatan Terlarut (KPT)

Untuk pengukuran KPT dilakukan dengan cara daging buah salak dipotong tepat di titik pengambilan spektra dengan ukuran diameter dan kedalaman sebesar 2 cm menggunakan sendok koktail. Kemudian daging buah diperas dan cairan yang diperoleh diukur KPT-nya menggunakan Atago digital refraktometer (model PR-201 $\alpha$  (Brix 0.0-60.0%), ATAGO, Co., Tokyo, Jepang). Refraktometer memiliki akurasi pengukuran  $\pm 0,1\%$  dan suhu pengukuran 10-40°C (*automatic temperature compensation*). Setiap titik pengukuran merupakan rata-rata dari 2 kali pengukuran. Kemudian KPT dari dua titik pengukuran dibuat rata-ratanya. Data KPT yang diperoleh kemudian dibagi dua set sampel, sampel kalibrasi dan sampel validasi. Karakteristik statistik KPT kedua kelompok sampel tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

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

Item	Sampel kalibrasi	Sampel Validasi
Jumlah sampel	50	50
Nilai minimum	12,10	12,00
Nilai maksimum	20,15	20,10
Rataan	16,13	16,27
Standar deviasi	2,95	3,06
Unit	%Brix	%Brix

### Spektral Analisis

Pada penelitian ini panjang gelombang 580-1040 nm digunakan untuk analisis lebih lanjut. Kemudian dihitung nilai relatif absorban untuk setiap sampel menggunakan persamaan (1) (Suhandy, 2009):

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

Di mana:

$S_{\lambda}$  = Intensitas sampel pada panjang gelombang  $\lambda$

$D_{\lambda}$  = Intensitas gelap pada panjang gelombang  $\lambda$

$R_{\lambda}$  = Intensitas *reference* pada panjang gelombang  $\lambda$

Pada penelitian ini digunakan spektra original yakni spektra tanpa pengolahan lebih lanjut seperti proses *smoothing* atau *differentiation*. Kemudian menggunakan perangkat lunak The Unscrambler V.9.1 (CAMO AS, Trondheim, Norway), dibangun persamaan kalibrasi untuk penentuan KPT buah salak secara tidak merusak. Persamaan kalibrasi dibangun menggunakan teknik regresi *interval partial least squares* (iPLS). Pertama spektra data (580–1040 nm) dibagi menjadi 11

*subintervals* yang sama sehingga pada penelitian ini setiap *subinterval* mengandung 14 panjang gelombang (14 peubah). Kemudian untuk setiap *subinterval* dihitung nilai *root mean square error of cross-validation* (RMSECV). Nilai rata-ran dari RMSECV dipakai sebagai nilai batas (*threshold*) untuk menilai apakah *subinterval* tertentu dipakai atau tidak untuk proses pembuatan model kalibrasi. Hanya *subinterval* dengan nilai RMSECV di bawah nilai rata-ran yang dipilih untuk diikutsertakan pada pembuatan persamaan kalibrasi pada penentuan KPT buah salak.

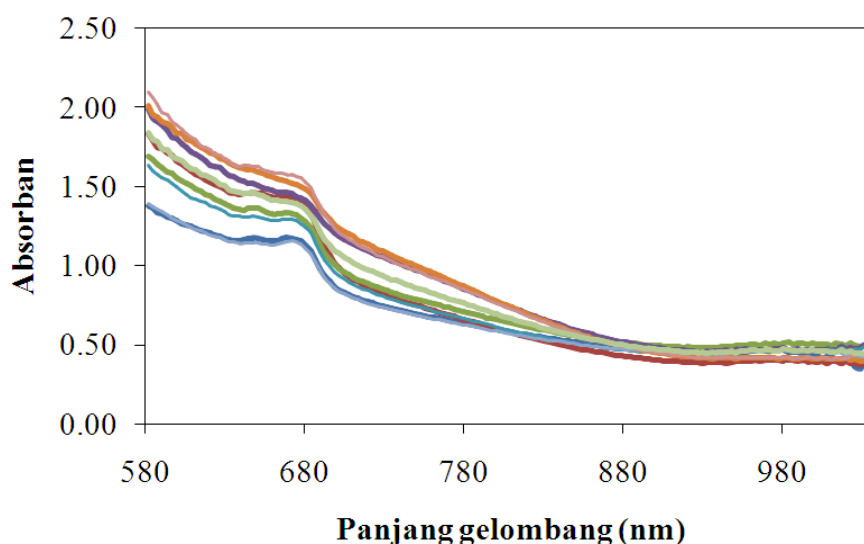
Untuk mengevaluasi kualitas prediksi dari model kalibrasi maka digunakan parameter RPD (*ratio prediction to deviation*). Untuk RPD diperoleh dengan cara membagi nilai standar deviasi (SD) dengan nilai *the root mean square error of validation* (RMSEV). Jika RPD lebih dari 3 maka proses prediksi suatu persamaan kalibrasi bisa dinilai sukses. (Williams & Sobering, 1996; Malley *et al.*, 2002). Persamaan untuk menghitung nilai RPD dapat dilihat sebagai berikut:

$$RPD = \frac{SD_x}{RMSEV}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Spektra NIR Buah Salak*

Spektra NIR buah salak untuk *original* spektra dari beberapa sampel yang diambil dengan teknik *absorbance mode* dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 maka terlihat bahwa variasi spektra antar sampel lebih tinggi di panjang gelombang *visible* (cahaya tampak) yakni antara 580-700 nm. Untuk panjang gelombang NIR (700-1040 nm) terlihat variasi antar spektra relatif lebih kecil.



Gambar 2. *Original* spektra buah salak pada panjang gelombang 580-1040 nm.

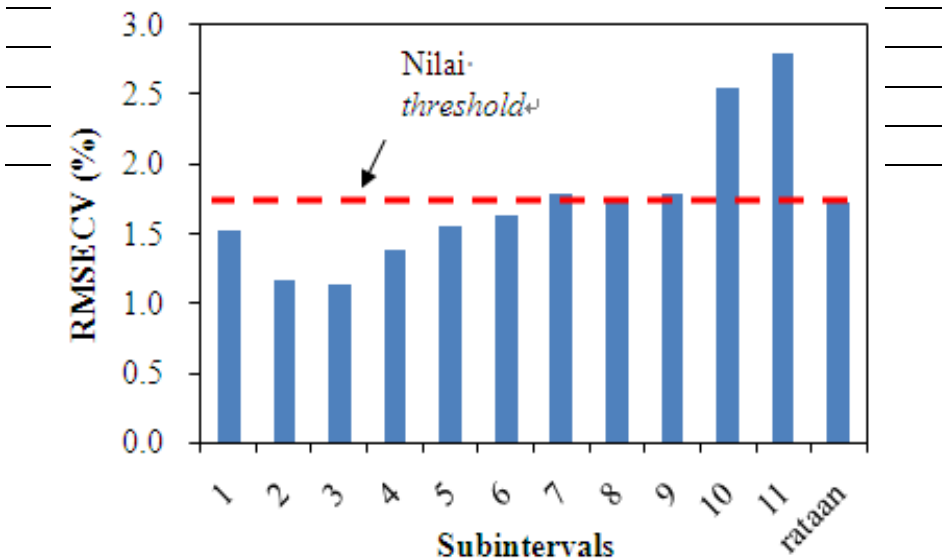
### *Membangun dan Mengevaluasi Model Kalibrasi Menggunakan Regresi iPLS*

Menggunakan regresi iPLS model kalibrasi untuk penentuan KPT buah salak dibangun menggunakan original spektra untuk 11 *subintervals*. Tiap *subinterval* terdiri atas 14 panjang gelombang (*wavelengths*) atau 14 buah peubah (*variables*). Tabel 2 menunjukkan hasil pembuatan model kalibrasi untuk 11 *subintervals*.

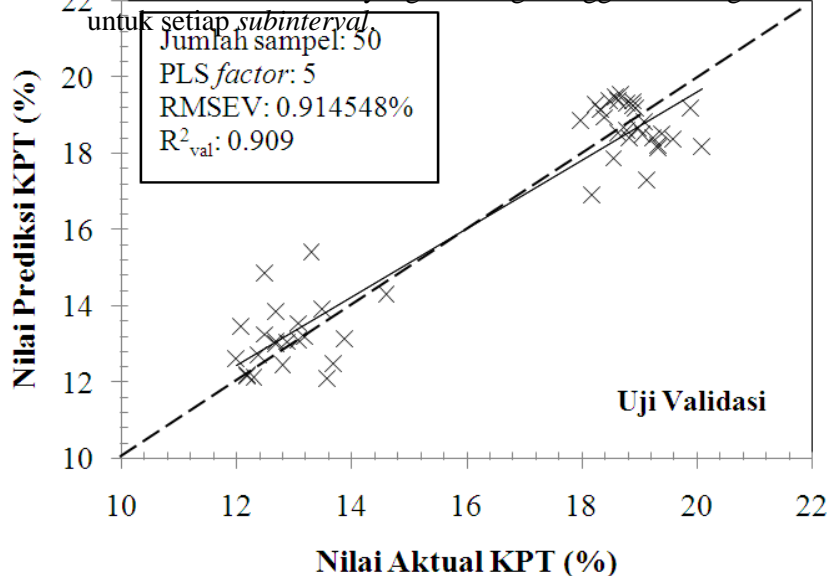
Berdasarkan Tabel 2, variasi nilai RMSECV untuk setiap *subinterval* dibuatkan plotnya seperti pada Gambar 3. Pada penelitian ini nilai rata-rata dari RMSECV dari keseluruhan *subinterval* dijadikan sebagai nilai batas (*threshold*) untuk proses seleksi *subinterval*. *Subinterval* dengan nilai RMSECV di bawah nilai ambang batas maka *subinterval* tersebut akan terpilih dan diikutsertakan pada proses pembuatan model kalibrasi untuk penentuan KPT buah salak pondoh. Berdasarkan Gambar 3 maka kita bisa melihat bahwa *subinterval* 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 memiliki nilai RMSECV di bawah nilai RMSECV rata-rata (di bawah nilai *threshold*). Dengan demikian *subinterval* 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 dipilih untuk diikutsertakan pada proses pembuatan model kalibrasi untuk penentuan KPT buah salak pondoh.

Tabel 2. Hasil pengembangan model kalibrasi menggunakan regresi iPLS pada setiap *subinterval*.

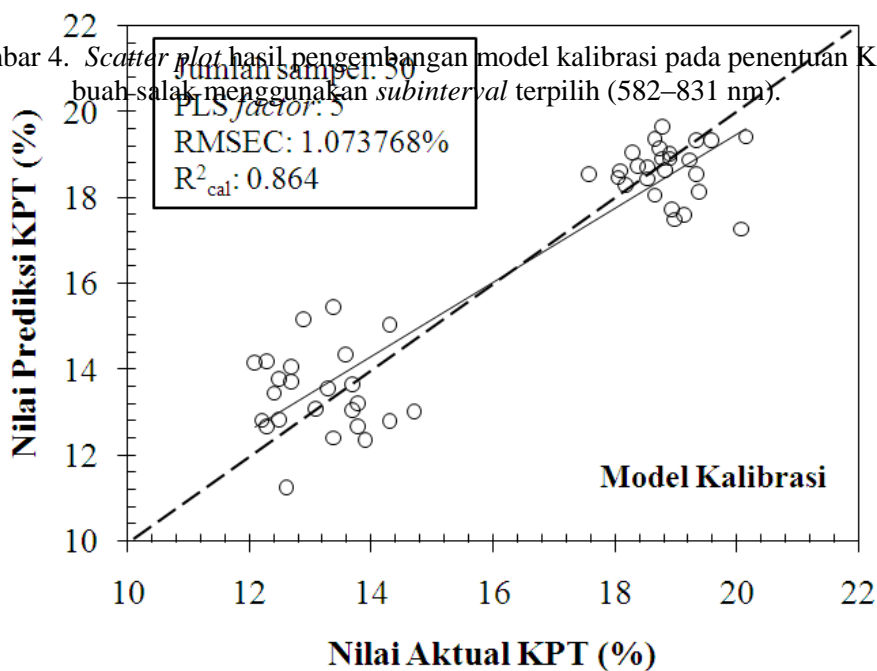
<i>Subintervals</i>	Panjang gelombang (nm)	$R^2_{cal}$	RMSECV (%)
1	582–621	0,742423	1,514778
2	624–663	0,846266	1,167060
3	666–705	0,856669	1,126048
4	708–747	0,788448	1,369642
5	750–789	0,727943	1,551618
6	792–831	0,704327	1,619182
7	834–873	0,645394	1,775104



Gambar 3. Variasi nilai RMSECV yang dihitung menggunakan regresi PLS



Gambar 4. Scatter plot hasil pengembangan model kalibrasi pada penentuan KPT buah salak menggunakan subinterval terpilih (582–831 nm).



Gambar 5. Scatter plot hasil uji validasi untuk model kalibrasi pada penentuan KPT buah salak menggunakan subinterval terpilih (582-831 nm).

Gambar 4 menunjukkan scatter plot antara KPT buah salak yang aktual yang diukur menggunakan refraktometer dan KPT buah salak prediksi yang dihitung menggunakan model kalibrasi dengan menggunakan subinterval terpilih yakni subinterval 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 dengan

panjang gelombang 582–831 nm. Kemudian, untuk menguji kualitas persamaan kalibrasi yang dihasilkan maka dilakukan uji validasi yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil validasi menunjukkan bahwa  $RMSEV = 0,914548\%$  dengan nilai  $RPD = 3,35$ . Dengan nilai  $RPD$  lebih dari 3 maka hal ini menunjukkan bahwa persamaan kalibrasi yang dibangun dapat diterima untuk proses penentuan KPT buah salak secara tidak merusak.

## KESIMPULAN

Hasil di atas menunjukkan model atau persamaan kalibrasi yang dibangun dengan menggunakan *subinterval* terpilih (*subinterval* 1, 2, 3, 4, 5, dan 6) menghasilkan model kalibrasi terbaik dengan  $RMSEC = 1,073768\%$ . Hasil validasi menunjukkan persamaan kalibrasi yang dihasilkan dapat diandalkan dengan  $RMSEV = 0,914548\%$  dan  $RPD = 3,35$ . Persamaan kalibrasi untuk penentuan KPT buah salak menggunakan teknik regresi iPLS dapat dinyatakan telah berhasil. Hal ini tentu saja dapat membuka jalan ke arah realisasi penggunaan teknologi NIR *spectroscopy* untuk proses penilaian mutu buah salak di masa yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Fu, X., Ying, Y., Lu, H., Xu, H., and Yu, H. 2007. FT-NIR diffuse reflectance spectroscopy for kiwifruit firmness detection. *Sens.&Instrumen. Food Quality*, **1**: 29–35.
- Gorinstein, S., Haruenkit, R., Poovarodom, S, Park, Y.S., Vearasilp, S., Suhaj, M., Ham, K.S., Heo, B.G., Cho, J.Y., and Jang, H.G. 2009. The comparative characteristic of snake and kiwi fruits. *Food and Chemical Toxicology*, **47**: 1884–1891.
- Guthrie, J.A., and Walsh, K.B. 1997. Non-invasive assessment of pineapple and mango fruit quality using near infra-red spectroscopy. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **37**: 253–263.
- Maeda, H., Ozaki, Y., Tanaka, M., Hayashi, N., and Kojima, T. 1995. Near infrared spectroscopy and chemometrics studies of temperature-dependent spectral variations of water: relationship between spectral changes and hydrogen bonds. *J. Near Infrared Spectroscopy*, **3**:191–201.
- Malley, D.F., Yesmin, L., and Eilers, R.G. 2002. Rapid analysis of hog manure and manure-amended soils using near infrared spectroscopy. *Soil Science Society of America Journal*, **66**: 1677–1686.
- McGlone, V.A., Jordan, R.B., Seelye, R., and Martinsen, P.J. 2002. Comparing density and NIR methods for measurement of kiwifruit dry matter and soluble solids content. *Postharvest Biology and Technology*, **26**:191–198.
- Nicolai, B.M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K.I., and Lammertyn, J. 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology*, **46**: 99–118.
- Peirs, A., Scheerlinck, N., and Nicolai, B. 2003. Temperature compensation for near infrared reflectance measurement of apple fruit soluble solids content. *Postharvest Biology and Technology*, **30**: 233–248.



- 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**:175–181.
- Slaughter, D.C., and Crisosto, C.H. 1998. Nondestructive quality assessment of kiwi fruit using near-infrared spectroscopy. *Seminars in Food Analysis*, **3**: 131–140.
- Subedi, P.P., Walsh, K.B., and Owens, G. 2007. Prediction of mango eating quality at harvest using short-wave near infrared spectrometry. *Postharvest Biology and Technology*, **43**(3): 326–334.
- Suhandy, D. 2009. Nondestructive measurement of soluble solids content in pineapple fruit using short wavelength near infrared (SW-NIR) spectroscopy. *International Journal of Applied Engineering Research*, **4**(1): 107–114.
- Suhandy, D., Yulia, M., Kuncoro, S., Rhinaldo, W., Kondo, N., and Ogawa, Y. 2010. The measurement of soluble solids content in snake fruit (*Salacca Edulis Reinw*) cv. pondoh using a portable spectrometer. *Proceeding of IFAC AGRICONTROL*. Kyoto, Japan.
- Temma, T., Hanamatsu, K., and Shinoki, F. 2002. Development of a portable near infrared sugar-measuring instrument. *J. Near Infrared Spectroscopy*, **10**: 77–83.
- Ventura, M., De Jager, A., de Putter, H., and Roelofs, F.P.M.M. 1998. Nondestructive determination of soluble solids in apple fruit by near infrared spectroscopy (NIRS). *Postharvest Biology and Technology*, **14**:21–27.
- Walsh, K.B., Golic, M., and Greensill, C.V. 2004. Sorting of fruit using near infrared spectroscopy: application to a range of fruit and vegetables for soluble solids and dry matter content. *J. Near Infrared Spectroscopy*, **12**: 141–148.
- Williams, P.C., and Sobering, D.C. 1996. How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. In: Davies, A.M.C., Williams, P.C. (Eds.), *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves*. NIR Publications, Chichester, pp. 185–188.
- Ying, Y.B., Liu, Y.D., Wang, J.P., Fu, X.P., and Li, Y.B. 2005. Fourier transforms near-infrared determination of total soluble solids and available acid in intact peaches. *J. Transaction of the ASAE*, **48**: 229–234.