

## Pendugaan Kandungan Kimia Mangga Gedong Gincu Menggunakan Spektroskopi Inframerah Dekat

Prediction of Chemical Contents in 'Gedong Gincu' Mango using Near Infrared Spectroscopy

Herna Permata Sari<sup>1</sup>, Yohanes Aris Purwanto<sup>1,2</sup>, I Wayan Budiastira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Pascapanen, Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia  
<sup>2</sup>Pusat Kajian Hortikultura Tropika, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Baranagsiang, Jl. Raya Pajajaran, Bogor 16144, Indonesia  
 Email: arispurwanto@ipb.ac.id

Submisi: 8 Juni 2015; Penerimaan: 11 November 2015

### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah memprediksi kandungan total padatan terlarut (TPT), total asam, rasio gula asam, dan padatan tidak terlarut (serat kasar) mangga Gedong Gincu secara non destruktif menggunakan spektroskopi inframerah dekat (NIR). Bahan yang digunakan berupa mangga Gedong Gincu sebanyak 182 buah. Pengukuran spektra reflektan NIR dilakukan pada panjang gelombang 1000 – 2500 nm menggunakan NIRFlex N-500 *fiber optik solid* dilanjutkan pengukuran data referensi laboratorium. Lima pra-proses data spektra yaitu *smoothing 3 points* (sa3), normalisasi (n01), *first derivative Savitzky-golay* (dg1), kombinasi (n01,dg1), dan *Multiplicative Scatter Correction* (MSC) dilakukan untuk meningkatkan akurasi model kalibrasi. Kalibrasi data NIR dan data kimia dilakukan menggunakan metode *Partial Least Square* (PLS). Metode terbaik untuk prediksi padatan tidak terlarut diperoleh dengan pra-proses MSC dan kalibrasi PLS dengan nilai *Correlation Coefficient* (r), *Square Error Calibration* (SEC), *Square Error Prediction* (SEP), *Ratio of standard error prediction to deviation* (RPD) adalah 0,91, 0,25 %, 0,39 %, 2,14, dan faktor PLS 12. Kandungan rasio gula asam diduga dengan pra-proses MSC serta kalibrasi PLS dengan nilai r, SEC, SEP, RPD adalah 0,81, 32,08 °Brix/%, 38,44 °Brix/%, 1,45 dan faktor PLS yang digunakan 12. TPT diduga menggunakan pra-proses sa3 dan kalibrasi PLS dengan nilai r, SEC, SEP, RPD adalah 0,82, 1,04 °Brix, 1,28 °Brix, 1,52. Model kalibrasi total asam diperoleh pra-proses dg1 dan kalibrasi PLS dengan nilai r, SEC, SEP, RPD adalah 0,74, 0,01 %, 0,12 %, 1,33. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model yang dikembangkan dapat digunakan untuk menduga kandungan kimia mangga Gedong Gincu secara non destruktif.

**Kata kunci:** Mangga Gedong Gincu; non destruktif; *partial least square*; pra-proses; spektroskopi NIR

### ABSTRACT

The objective of this work was to predict the soluble solid content, total acid, sugar acid ratio, and crude fiber of 'Gedong Gincu' mango non destructive using Near infrared Spectroscopy. Experiments were carried out using 182 samples of 'Gedong Gincu' mango. NIR reflectance spectra measurements were performed at wavelength of 1000-2500 nm using NIRFlex N-500 fiber optic solid. References data were collected from laboratory measurements. Five pre-processing treatments, *smoothing 3 points* (sa3), normalization (n01), *first derivative Savitzky-Golay 9 points* (dg1), combination (n01, dg1), and the *Multiplicative Scatter Correction* (MSC) were used to improve the accuracy of the calibration model. *Partial Least Square* (PLS) method was used to calibrate NIR data through references data. The results show that the best method for prediction of soluble non solid spectra were MSC and 12 factor of PLS with

calibration value of *Correlation Coefficient* ( $r$ ), *Square Error Calibration* (SEC), *Square Error Prediction* (SEP), *Ratio of standard error prediction to deviation* (RPD) were 0.91, 0.25 %, 0.39 %, 2.14 respectively. Sugar acid ratio content was predicted using MSC and 12 factor of PLS calibration with values of  $r$ , SEC, SEP, RPD were 0.81, 32.08 °Brix/%, 38.44 °Brix/%, 1.45. Soluble solid content was predicted using sa3 and 15 factor of PLS calibration with values of  $r$ , SEC, SEP, RPD were 0.82, 1.04 °Brix, 1.28 °Brix, 1.52 respectively. Total acid was predicted using dg1 and 3 with the value of  $r$ , SEC, SEP, RPD were 0.74, 0.01 %, 0.12 %, 1.33 respectively. It could be concluded that the developed model could be used to predict the chemical contents of ‘Gedong Gincu’ mango non destructively.

**Keywords:** ‘Gedong Gincu’ mango; NIR spectroscopy; non destructive; partial least square; pre-processing

## PENDAHULUAN

Mangga Gedong Gincu merupakan buah yang unik dengan rasa khasnya manis-asam saat matang. Kandungan gula dan asamnya menjadi pembeda dengan mangga lain dan lebih banyak digemari oleh konsumen khususnya dari negara Jepang dan Eropa. Mangga jenis ini akan disebut mangga Gedong Gincu jika ada warna jingga kemerahan pada kulitnya, sedangkan yang masih berwarna hijau kuning dikenal dengan mangga Gedong. Warna kulit yang berbeda diidentikkan dengan umur panen. Mangga Gedong Gincu dipanen dengan indeks panen 80 - 85% dan mangga Gedong dengan indeks panen 60 - 70 % (Quane, 2011).

Mangga Gedong Gincu memiliki kandungan kimia meliputi vitamin, kadar air, total gula, pati, asam amino, dan serat. Kandungan seratnya ada dua yaitu serat halus (*dietary fiber*) yang merupakan serat pangan dan padatan tidak terlarut yang terlihat seperti serat kasar (*crude fiber*). Mangga yang sudah terlalu matang memiliki padatan tidak terlarut yang tinggi. Pengukuran komposisi kimia produk pertanian pada umumnya menggunakan metode kimia. Analisis kandungan asam, kekerasan, gula, dan pati dilakukan metode destruktif (metode konvensional) yang dilakukan di laboratorium. Metode ini tidak cocok untuk penanganan buah segar. Selain itu metode ini membutuhkan biaya yang mahal, waktu yang lama untuk preparasi sampel dan tidak ramah lingkungan karena adanya limbah kimia yang ditimbulkan. Metode spektroskopi near infrared (NIR) mempunyai keuntungan dalam menganalisis kimia produk. Analisis bersifat murah, waktu analisis yang singkat, ramah lingkungan yang bebas dari limbah, tidak membutuhkan preparasi sampel dan bersifat *on-line*. (Andasuryani dkk., 2013; Chang dkk., 2001).

Spektroskopi NIR pertama kali diaplikasikan pada produk pertanian untuk menduga kandungan air biji-bijian, kemudian digunakan untuk menduga protein dan lemak pada produk pertanian dan makanan (Chang dkk., 2001; Nicolai dkk., 2007). Metode spektroskopi NIR sudah banyak digunakan untuk menentukan kandungan kimia pada buah mangga Gedong Gincu. Spektroskopi NIR mampu memprediksi kebocoran ion (*ion leakage*) sebagai indikator gejala *chilling injury*, kadar pH, dengan menggunakan

metode analisis standar *Partial Least Square* (PLS) (Purwanto dkk., 2013). Purwadaria dkk. (1995) melakukan penelitian terhadap mangga Gedong Gincu dengan menduga kandungan rasio gula asam menggunakan NIR dengan analisis regresi berganda menggunakan spektra 1400 - 1975 nm. Schmilovitch dkk. (2000) menggunakan teknologi NIR *spectrophotometer* (Quantum 1200, by LTI, Rockville, MD, USA) untuk menduga kandungan total padatan terlarut, kekerasan, asam dan waktu simpan mangga ‘Tommy Atkins’ dengan menggunakan metode analisis PLS.

Prediksi kandungan total padatan tidak terlarut dianggap sangat penting karena padatan tidak terlarut (serat kasar) dapat mengganggu kenyamanan konsumen saat mengkonsumsi mangga Gedong Gincu. Mangga Gedong Gincu yang sudah matang memiliki kandungan padatan tidak terlarut (serat kasar) yang banyak. Pendugaan rasio gula asam (Purwadaria dkk., 1995) dilakukan dengan menggunakan metode analisis regresi berganda menggunakan program komputer bawaan dari Stepwise dengan metode POC STEPWISE of SAS (*Statistical Analysis System*) dengan panjang gelombang inframerah berkisar 1400-1975 nm. Penelitian ini memprediksi kandungan kimia mangga Gedong Gincu menggunakan gelombang inframerah dengan panjang gelombang 1000 - 2500 nm sehingga dapat memprediksi kandungan kimia yang berada pada panjang gelombang tertentu. Tujuan penelitian ini adalah untuk memprediksi kandungan total padatan terlarut (TPT), total asam, rasio gula asam, dan padatan tidak terlarut mangga Gedong Gincu secara non destruktif menggunakan spektroskopi NIR. Analisis logaritma *Partial Least Square* (PLS) digunakan untuk membangun model kalibrasi dan validasi.

## METODE PENELITIAN

### Persiapan Bahan

Bahan utama penelitian ini berupa mangga ‘Gedong Gincu’ yang berasal dari kebun petani di Cirebon, Jawa Barat dengan dua umur panen, yaitu 100 dan 110 hari setelah bunga mekar. Indeks panen dikelompokkan secara visual berdasarkan warna kulit buah oleh petani mangga ‘Gedong Gincu’ sesuai dengan pangsa pasar yang dituju. Pemanenan

dilakukan pada siang hari, selanjutnya disortasi dan dicuci untuk menghilangkan getah dan kotoran yang menempel pada kulit. Mangga dikering-anginkan dan disusun ke dalam kotak kayu yang sudah dilapisi dengan kertas karton yang dilubangi untuk dibawa ke laboratorium menggunakan mobil pada kondisi suhu ruang. Selanjutnya dilakukan sortasi kembali di laboratorium untuk memisahkan buah yang rusak dan memar selama proses transportasi, kemudian disimpan di lemari pendingin pada suhu 8 °C dan 13 °C selama 22 hari. Sampel mangga dikelompokkan menjadi empat kelompok. Kelompok A dan B buah mangga dengan umur petik 100 HSBM yang disimpan pada suhu 8 °C dan 13 °C dan kelompok C dan D buah mangga dengan umur petik 110 HSBM yang disimpan pada suhu 8 °C dan 13 °C. Masing-masing kelompok berjumlah 33 buah untuk pengukuran spektra dan parameter kualitas secara destruktif (total padatan terlarut, total asam, padatan tidak terlarut, rasio gula asam) dan 20 buah untuk monitoring parameter bobot mangga. Pengukuran pada hari ke 0 penyimpanan (tanpa penyimpanan) sebanyak 15 buah masing-masing indeks panen tanpa dilakukan penyimpanan. Pengukuran spektra dan kualitas secara destruktif dilakukan setiap selang dua hari. Pengukuran secara destruktif dilakukan pada setiap sampel di tiga titik yang berbeda, yaitu bagian pangkal, tengah dan ujung sesuai dengan posisi pengukuran spektra.

### Pengukuran Parameter Kimia

Analisis kimia dilakukan untuk memperoleh kandungan padatan tidak terlarut, total padatan terlarut, dan total asam. Pengukuran persentase kandungan padatan tidak terlarut dilakukan secara destruktif dengan menghancurkan mangga menggunakan blender kemudian disaring menggunakan saringan 0.1 mesh. Serat yang tidak lolos pada saringan dijadikan padatan tidak terlarut. Total padatan terlarut diukur dengan menggunakan *Refractometer* Atago PR-201 dengan nilai dalam satuan °Brix. Kandungan asam diperoleh dengan menggunakan metode titrasi (AOAC, 2000) pada persamaan 1 dengan satuan %.

$$Total\ asam = \frac{ml\ NaOH \times N \times Fp \times mr\ NaOH}{mg\ contoh} \times 100\% \quad (1)$$

Ratio gula asam diperoleh dengan menggunakan persamaan 2 dengan membandingkan antara total padatan terlarut dan total asam dengan satuan °Brix/%.

$$Rasio\ gula\ asam = \frac{kadar\ TPT}{kadar\ asam} \quad (2)$$

### Akuisisi Data Spektra NIR

Data NIR yang berupa reflektan dari buah mangga diukur di tiga titik yang berbeda yaitu bagian pangkal, tengah,

dan ujung dengan satu pengulangan. Pengukuran dilakukan pada suhu ruang dengan menggunakan spektrometer NIRFlex N-500 fiber optik solid dengan panjang gelombang 1000 - 2500 nm dengan interval 0.4 nm. Data spektra dan acuan laboratorium diatur dan dianalisis menggunakan perangkat lunak NirCal 5.2 2 (Büchi Labortechnik AG, Flawil, Switzerland). Total tiga spektra dari tiap sampel digunakan untuk menganalisis data. Sebanyak 2/3 sampel digunakan untuk membangun model kalibrasi dan 1/3 nya lagi digunakan untuk validasi model.

### Kemometrik

Kemometrik merupakan ilmu pengaplikasian matematika yang berhubungan dengan pengukuran sistem atau proses kimia atau metode statistik untuk pengolahan data serta evaluasi dan interaksi data. Korelasi data statistik dengan parameter kimia ditentukan dengan proses kemometrik. Hasil korelasi yang baik dapat diperoleh dengan beberapa tahapan kemometrik, yaitu pra-proses data spektrum, membangun model kalibrasi dan validasi model. Metode kemometrik membantu memperoleh model kalibrasi yang akurat dan presisi (Andasuryani dkk., 2013; Roggo dkk., 2007). Penelitian ini menggunakan analisis kemometri menggunakan NIRCal 5.2 (Büchi Labortechnik AG, Flawil, Swit-land) dengan metode algoritma *Partial Least Square* (PLS).

### Pra-proses

Data spektra hasil pengukuran NIR tidak hanya memberikan informasi kimia sampel tetapi juga memberikan informasi yang berupa *noise* dan latar belakang selain sampel. Data spektra tersebut tidak seutuhnya mengandung informasi yang tepat. Model kalibrasi yang baik, akurat, presisi, dan handal membutuhkan pra-proses spektra data sebelum membangun model (Purwanto dkk., 2013). Teknik pra-proses dapat meminimalisir informasi yang merusak model seperti *noise*, ketidakpastian, variabilitas, interaksi dan fitur yang belum diakui. Selain itu untuk menguraikan informasi penting yang terdapat dalam data spektra. Dalam mengembangkan model kalibrasi NIR penentuan metode pra-proses spektra tergantung jenis bahan dan kandungan kimia dari bahan yang akan diprediksi (Mouazen dkk., 2005). Metode yang digunakan untuk pra-proses tergantung kepada kondisi spektra yang tersedia. Pra-proses yang sering digunakan adalah *smoothing* untuk meminimalisir kebisingan atau informasi latar belakang dan meningkatkan sinyal dari informasi analisis destruktif. Teknik derivatif mengurangi efek tumpang tindih puncak, menghapus garis dasar spektra *offset* dan kemiringan dasar. Derivatif yang paling populer adalah *first derivatif Savitzky-Golay 9 point* (dg1), sa3, normalisasi 0 dan 1 (n01), *Multiplicative Scatter Correction*

(msec). Metode ini dapat mengurangi distorsi spektra akibat hamburan (Agelet dkk., 2010).

**Model Kalibrasi dan Validasi**

Data hasil pengukuran spektra NIR dianalisis menggunakan software NIR *Ware Management Console* dan *NIRCal 5.2*. Metode kalibrasi multivariat, yaitu algoritma PLS digunakan untuk mengembangkan model kalibrasi hubungan antara data reflektansi terhadap hasil pengukuran destruktif (Lengkey dkk., 2013). Algoritma PLS mengidentifikasi variabel laten dalam fitur ruang yang memiliki kovarians maksimal dalam variabel prediktor (Roggoy dkk., 2007). Pengembangan model kalibrasi dengan metode PLS juga dipengaruhi oleh jumlah faktor PLS optimum yang memiliki nilai konsistensi antara 80 – 110 %. Nilai konsistensi yang digunakan menjadi penentu jumlah faktor untuk mengembangkan model kalibrasi yang terbaik (Andasuryani dkk., 2013).

Model kalibrasi dievaluasi dengan menggunakan parameter statistik. Parameter statistik tersebut terdiri dari bias *standard error calibration set* (SEC), *standard error validation set* (SEP), koefisien korelasi (r), bias, SEC, SEP, R, dan konsistensi. Hasil kalibrasi dan validasi yang baik dilihat dari nilai R yang terbesar, nilai SEC dan SEP terkecil, RPD > 1.5, sedangkan nilai konsistensi model berada pada kisaran 80 – 110% (Williams and Norris, 1990). Nilai SEC dan SEP dapat dihitung dengan Persamaan 3 dan RPD dengan persamaan 4

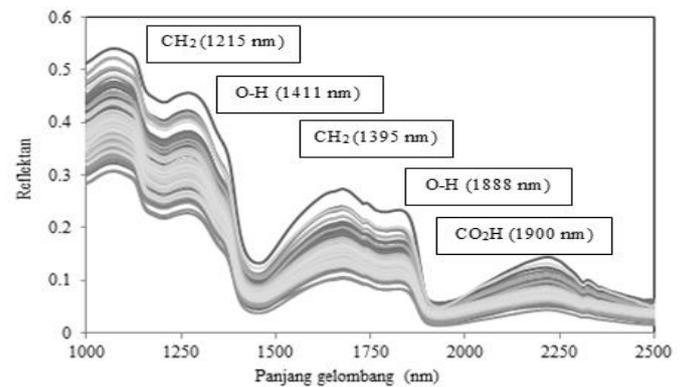
$$SEP, SEC = \sqrt{\frac{\sum (Y_{NIR} - Y^2)}{n}} \tag{3}$$

$$RPD = \frac{SD}{SEP} \tag{4}$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Spektra NIR dan Kandungan Kimia**

Komponen mangga Gedong Gincu pada spektra reflektan NIR berada pada kisaran panjang gelombang tertentu ditandai dengan adanya respon molekul terhadap radiasi gelombang infra-merah berhubungan dengan vibrasi ikatan kimia X-H dan C-H. Molekul kimia yang terdapat pada komponen mangga Gedong Gincu dapat dilihat pada Gambar 1. Spektra dengan panjang gelombang reflektan 1215 - 1395 nm adanya penyerapan ikatan atom C-H dengan kandungan CH<sub>2</sub>. Kandungan senyawa asam yang terdapat dalam mangga berhubungan dengan asam-asam organik seperti asam sitrat, asam malat, dan asam askorbat. Asam-asam ini mengandung ikatan atom C-H dengan struktur kimia CH<sub>2</sub>. Rasa manis pada mangga disebabkan oleh proses hidrolisis pati dari monosakarida menjadi gula-gula sederhana. Gula yang terbentuk adalah fruktosa, glukosa, dan sukrosa, sehingga kadar gula meningkat yang didominasi oleh fruktosa. Ikatan gula tersebut berada panjang gelombang 1765 nm. Pada panjang gelombang ini juga ditemukannya ikatan CH<sub>2</sub> yang



Gambar 1. Spektra reflektan NIR mangga Gedong Gincu

Tabel 1. Data referensi kandungan kimia mangga Gedong Gincu

Komposisi kimia	Set model	Jumlah	Minimum	Maksimal	Rata-rata	SD
TPT (°Brix)	Kalibrasi	279	13.73	23.67	18.06	1.82
	Validasi	138	16.03	23.27	18.63	1.68
Asam (%)	Kalibrasi	276	0.06	0.68	0,25	0.14
	Validasi	132	0.06	0.58	0,3	0.16
Padatan tidak terlarut (%)	Kalibrasi	276	6.09	9.79	8.67	0.62
	Validasi	132	6.15	9.66	8.51	0.64
Rasio gula asam (°Brix/%)	Kalibrasi	270	15.09	281.67	54.35	54.35
	Validasi	135	21.31	274.43	100.81	55.79

mengidentifikasi sebagai asam. Kandungan air yang tinggi pada mangga gedong gincu terlihat jelas pada karakteristik spektra reflektan NIR. Terjadinya penyerapan O-H dengan bentuk lembah yang dalam berada pada panjang gelombang 1411 nm dan 1888 nm.

Spektra NIR terdiri dari dua bagian yaitu spektra original dan spektra pra-proses. Spektra original merupakan data asli yang banyak terdiri dari informasi komponen sampel dan juga informasi latar belakang yang menimbulkan *noise*. Mangga Gedong Gincu memiliki nilai reflektan antara 0.00 sampai dengan 0.56. Data kimia (referensi) yang terdiri kandungan total padatan terlarut, total asam, rasio gula asam, dan serat kasar mangga Gedong Gincu pada Tabel 1.

Mangga Gedong Gincu yang disimpan dalam waktu lama dan mencapai matang maksimal kandungan padatan tidak terlarut lebih tinggi. Kandungan padatan tidak terlarut (serat kasar) meningkat disebabkan oleh sifat serat kasar (*crude fiber*) yang tidak larut air. Serat berasal dari dinding sel yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan pektin yang terdapat pada sayuran atau buah. Monosakarida (glukosa dan fruktosa) yang terdapat pada bahan akan membentuk polisakarida. Polisakarida nantinya membentuk gelatin atau perekat (pembentuk ikatan), sehingga butiran yang terbentuk akan menjadi granula dan pada permukaan akan terbentuk serat. Serat kasar ini berfungsi sebagai penguat tekstur yang memberikan bentuk atau struktur tanaman (Behera dkk., 2009). Rasa khas mangga Gedong Gincu terlihat dari kandungan gula dan total asam mangga. Rasa asam-manis ini menjadi daya tarik konsumen negara bagian barat yang menyukai rasa asam (Purwadaria dkk., 1995).

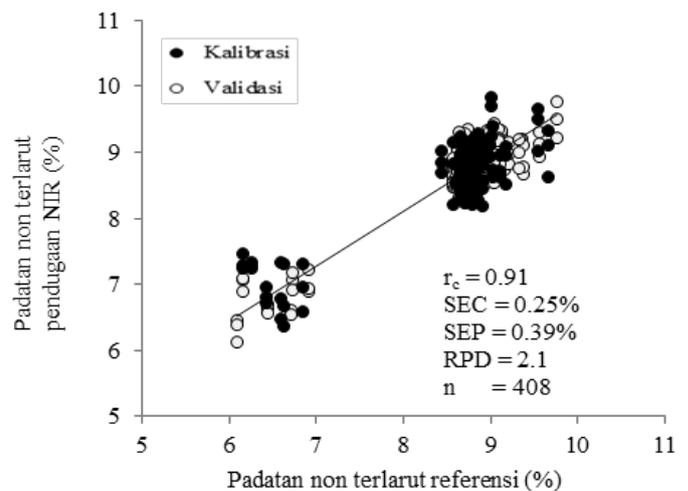
**Model Kalibrasi dan Validasi dengan Metode PLS**

Model kalibrasi merupakan hubungan antara data reflektan NIR dan data kimia mangga Gedong Gincu. Model kalibrasi yang baik ditentukan dengan parameter seperti SEC, SEP, bias, perbedaan antara SEC dengan SEP, koefisien korelasi antara nilai aktual dengan prediksi, jumlah faktor atau variabel laten dan sebagainya (Lammertyn dkk., 2000). Kalibrasi dilakukan menggunakan metode PLS dengan pra-proses dan jumlah faktor PLS optimum yang diaplikasikan pada spektrum NIR (Andasuryani dkk., 2013). Jumlah faktor PLS (Tabel 2) menunjukkan perbedaan model kalibrasi berdasarkan nilai reflektan dengan pra-proses dan jumlah faktor PLS optimum. Nilai faktor PLS yang tinggi dapat mengurangi kemampuan untuk memprediksi karena gangguan spektra (Jankovská and Šustová, 2003).

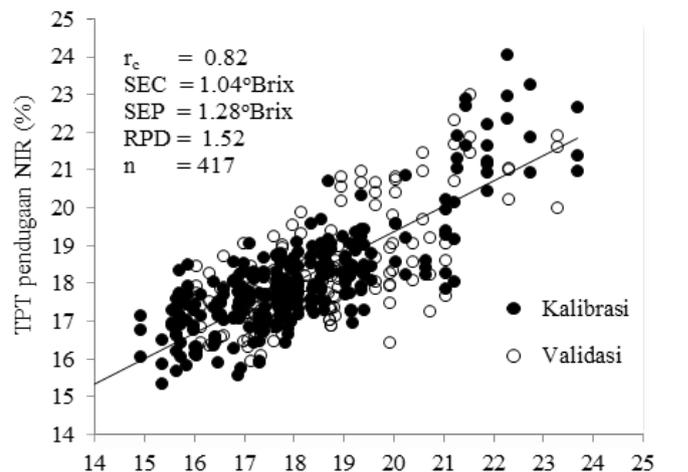
Pendugaan padatan tidak terlarut dengan pra-proses msc dan jumlah faktor 12 dengan kalibrasi PLS nilai r, SEC, dan RPD, secara berurut adalah (0.91), (0.25 °Brix/%), dan (2.14). RPD yang besar dari 1.5 menandakan model dikatakan baik dan dapat memprediksi dengan tepat. Nilai r dan SEP adalah

0.90 dan 0.39 °Brix untuk set validasi. Pendugaan kandungan total padatan terlarut dengan pra-proses sa3 dan jumlah faktor PLS-nya 15 serta kalibrasi PLS nilai r (0.82) sementara nilai SEP dan SEC yang sangat kecil yaitu 1.05 % dan 1.28 %. Nilai RPD besar dari 1.5. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3 hasil kalibrasi dan validasi mangga Gedong Gincu.

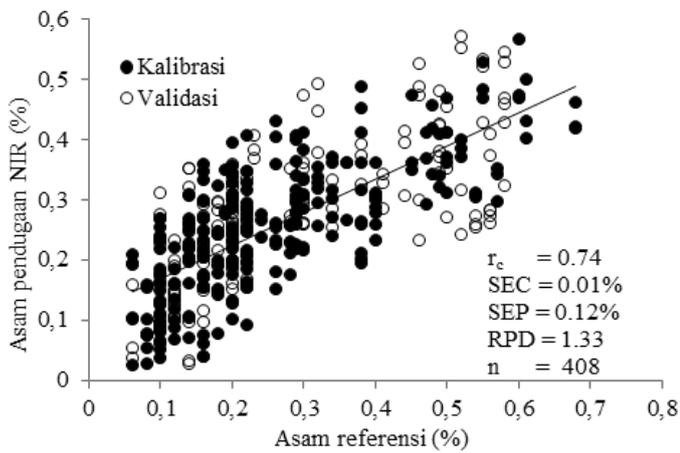
Kalibrasi untuk pendugaan total asam belum menunjukkan model yang baik dimana nilai r yang kecil 0.74, SEC dan SEP yaitu 0.01 % dan 0.12 %, RPD yang kecil dari 1.5 yaitu 1.33. Sedikitnya kandungan asam yang terdapat dalam mangga Gedong Gincu tertutup oleh kandungan air dan total padatan terlarut yang lebih mendominasi sehingga NIR sulit untuk mengurai ikatan asam pada mangga. Pada penelitian ini model yang diperoleh lebih baik dari pada penelitian pendugaan asam pada mangga cv “Tommy Atkins”



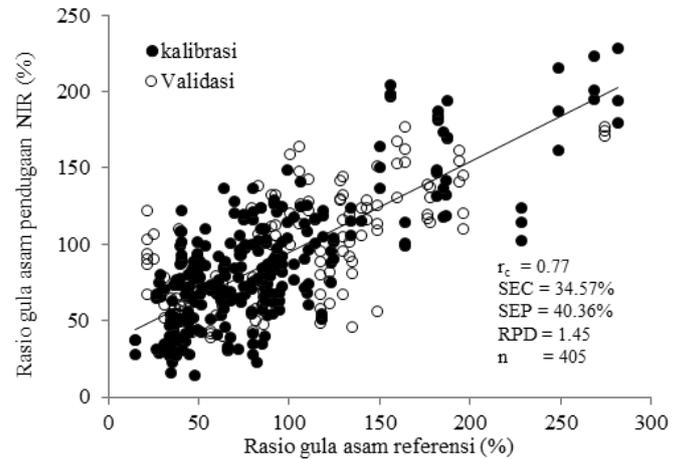
Gambar 2. Kalibrasi dan validasi pendugaan kandungan padatan tidak terlarut dengan pra-proses msc



Gambar 3. Kalibrasi dan validasi pendugaan total padatan terlarut dengan pra-proses sa3



Gambar 4. Kalibrasi dan validasi pendugaan total asam dengan pra-proses dg1



Gambar 5. Kalibrasi dan validasi pendugaan rasio gula asam dengan pra-proses MSC

Tabel 2. Performansi model kalibrasi pendugaan kandungan kimia mangga Gedong Gincu berdasarkan nilai reflektan

Komposisi kimia	Pra-proses	Set kalibrasi			Set validasi		
		f	SEC (%)	R	SEP (%)	R	RPD
TPT (°Brix)	tanpa perlakuan	14	1.09	0.8	1.2	0.68	1.52
	<b>sa3</b>	<b>15</b>	<b>1.04</b>	<b>0.82</b>	<b>1.2</b>	<b>0.68</b>	<b>1.52</b>
	n01	13	1.08	0.81	1.3	0.66	1.4
	dg1	6	1.15	0.78	1.4	0.62	1.3
	n01, dg1	6	1.12	0.79	1.4	0.64	1.3
	msc	3	1.1	0.8	1.3	0.67	1.4
Asam (%)	tanpa perlakuan	8	0.11	0.66	0.13	0.61	1.23
	sa3	6	0.13	0.48	0.17	0.3	0.94
	n01	6	0.12	0.54	0.14	0.46	1.14
	<b>dg1</b>	<b>3</b>	<b>0.01</b>	<b>0.74</b>	<b>0.12</b>	<b>0.69</b>	<b>1.33</b>
	n01, dg1	2	0.1	0.69	0.12	0.65	1.33
	msc	6	0.12	0.56	0.15	0.45	1.1
Padatan tidak terlarut (%)	tanpa perlakuan	12	0.25	0.87	0.43	0.9	0.43
	sa3	12	0.26	0.86	0.47	0.89	2.01
	n01	12	0.24	0.87	0.43	0.91	2.16
	dg1	5	0.27	0.84	0.53	0.88	1.78
	n01, dg1	5	0.26	0.86	0.49	0.89	1.91
	<b>mcs</b>	<b>12</b>	<b>0.25</b>	<b>0.91</b>	<b>0.39</b>	<b>0.87</b>	<b>2.14</b>
Rasio gula asam (°Brix/%)	tanpa perlakuan	12	35.45	0.77	39.06	0.66	1.43
	n01	12	36.08	0.74	41	0.67	1.4
	dg1	5	36.96	0.73	41.52	0.67	1.34
	n01, dg1	5	34.57	0.77	40.36	0.69	1.38
	<b>msc</b>	<b>12</b>	<b>32.08</b>	<b>0.81</b>	<b>38.44</b>	<b>0.73</b>	<b>1.45</b>

menggunakan metode PLS dengan nilai  $R^2$  0.39 Schmilovitch dkk, (2000). Gambar hasil kalibrasi dan validasi total asam dapat dilihat pada Gambar 4.

Kalibrasi yang digunakan untuk menduga kandungan rasio gula asam yang terbaik dikembangkan dengan menggunakan pra-proses MSC dan 12 jumlah faktor PLS optimum (Gambar 5). Hasil kinerja kalibrasi untuk menduga kandungan rasio gula asam masih belum baik. Karena nilai  $r$  0.81 dan 0.73 untuk kalibrasi dan validasi, selain itu nilai RPD kecil dari 1.5 yaitu 1.45. Hasil evaluasi parameter menunjukkan bahwa NIR belum mampu memprediksi kandungan rasio gula asam mangga Gedong Gincu dengan tepat.

Model kalibrasi juga dipengaruhi ukuran partikel sampel dan kondisi instrumen. Reflektansi sebaran dan transmisi dari spektra NIR merupakan hasil kondisi penggabungan alat dan sampel, yaitu geometrik atau bentuk alat, ukuran bahan (berupa partikel atau titik pengujian), bentuk dan distribusi bahan saat pengujian (Karlinasari dkk., 2012).

#### Pengaruh Pra-proses Data

Pra-proses data dilakukan setelah proses kalibrasi dan validasi dilakukan belum menghasilkan model yang akurat. Tabel 2 memperlihatkan hasil prediksi kandungan kimia dengan pra-proses. Pada penelitian ini dipilih pra-proses menggunakan sa3 untuk pendugaan total padatan terlarut, dg1 untuk total asam, dan MSC untuk rasio gula asam. Pra-proses n01 dapat memperbesar data spektra dari spektra asli. Informasi yang sangat kecil menyebabkan tumpang tindih spektra. Turunan pertama (dg1) dapat memperjelas bentuk puncak dan lembah spektrum terhadap bentuk spektra rata-rata mangga. Rasio gula asam dan Serat kasar padatan tidak terlarut dengan pra-proses MSC. Pra-proses MSC mengkompensasi efek tambahan yang mempengaruhi informasi kimia pada data spektra dan mampu mengoreksi perbedaan spektra dasar dan spektra baru, sehingga spektra yang dihasilkan mirip dengan spektra asli (Maleki dkk., 2006).

#### KESIMPULAN

Metode spektroskopi NIR dapat digunakan untuk memprediksi secara non destruktif kandungan total padatan terlarut dan padatan tidak terlarut mangga Gedong Gincu dengan baik, sementara kandungan total asam dan rasio gula asam pada mangga Gedong Gincu belum bisa diprediksi secara tepat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kementerian Riset Teknologi Dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas dana penelitian yang diberikan melalui Hibah Kompetensi dengan nomor kontrak 515/IT3.11/LT/2015.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agelet, L.E. (2011). Single seed discriminative application using near infrared technologies Graduate Theses and Dissertation [Paper]. 12023. Iowa State University. <http://lib.dr.iastate.edu/etd/>. [4 Maret 2015].
- Andasuryani, Purwanto, Y.A., Budiastira, I.W. dan Syamsu, K. (2013). Non destructive and rapid analysis of catechin content in Gambir (*Uncaria gambir Robxb.*) using NIR spectroscopy. *International Journal of Scientific & Engineering Research* **4**(9): 383-389.
- AOAC, International. (2000). *Official methods of analysis of AOAC International*. Gaithersburg. USA.
- Behera, K.K., Maharana, T., Sahoo, S. dan Pruthi, A. (2009). Biochemical quantification of protein, fat, starch, crude fiber, ash and dry matter content in different collection of greater yam (*Dioscorea alata* .) found in Orissa. *Nature and Science* **7**(7): 24-32.
- Chang, C.W., Laird, D.A., Mausbach, M.J. dan Hurburgh, C.R.Jr. (2001). Near infrared reflectance spectroscopy-principal component regression analyses of soil properties. *Soil Science Journal* **65**: 480-490.
- Jankovská, R. dan Šustová, K. (2003). Analysis of low milk by near-infrared spectroscopy. *Czech Journal of Food Sciences* **21**(4): 123-128.
- Karlinasari, L., Sabed, M., Wistara, N.J., Purwanto, Y.A. dan Wijayanto, H. (2012). Karakteristik spektra absorbansi NIR (near infra red) spektroskopi kayu *Acacia magium* Willd. pada 3 umur berbeda. *Jurnal Ilmu Kehutanan* **6**(1): 46-52.
- Lammertyn, J., Peirs, A., De., Baerdemaeker, J. dan Nicolai, B. (2000). Light penetration properties of NIR radiation in fruit with respect to non-destructive quality assessment. *Postharvest Biology and Technology* **18**1: 121-132.
- Lengkey, L.C.E.Ch., Budiastira, I.W., Seminar, K.B. dan Purwoko, B.S. (2013). Determination of chemical properties in *Jathropa curcas* L. Seed IP-3P by partial least-squares regression and near-infrared reflectance spectroscopy. *International Journal of Agriculture and Research* **2**(1): 41-48.

- Maleki, M.R., Mouazen, A.M., Ramon, H., dan Baerdemaeker, J. (2006). Multiplicative scatter correction during on-time measurement with near infrared spectroscopy. *Biosystem Engineering Journal* **96**(3): 427-433.
- Mouazen, A.M., Saeys, W., Xing, Jr.De., Baerdemaeker, J. dan Ramon, H. (2005). Near infrared spectroscopy for agriculture materials an instrument comparison. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **13**: 87-97.
- Nicolai, B.M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K.I. dan Lammertyn, J. (2007). Non destructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: a review. *Postharvest Biology and Technology* **16**: 99-118.
- Purwadaria, H.K., Budiastra, I.W. dan Saputra, D. (1995). Near infrared reflectance testing to predict sucrose and malic acid concentration of Mango. [Prosiding] A Postprint volume from the 1<sup>st</sup> IFAC/CIGR/EURAGENG/ISHS Workshop. 1-2 June 1995. Ostend, Belgium. Hal 291-295.
- Purwanto, Y.A., Zainal, P.W., Ahmad, U., Sutrisno, Mardjan, Makino, Y., Oshita, S., Kawagoe, Y. dan Kuroki, S. (2013). Non destructive prediction of pH in mango fruit cv. Gedong Gincu using NIR spectroscopy. *Internasional Journal of Engineering and Technology* **13**(3): 70-73.
- Quane, D. (2011). Pedoman produksi dan pascapanen: Mangga. Agribusiness development project, Jakarta, Indonesia. <http://www.deptan.go.id/pesanteren/agrionline/phguides/indo/mangga.htm>. [4 Maret 2015].
- Roggoy, Chalus, P., Mauner, L., Martinez, C.L., Edmond, A. dan Jent, N. (2007). A review of near infrared spectroscopy and chemometrics in pharmaceutical technologies. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* **44**: 683-700.
- Schmilovitch, Z., Mizrach, A., Hoffman, A., Eozi, H., dan Fuchs, Y. (2000). Determination physiological indices by near-infrared spectrometry. *Postharvest Biology and Technology* **19**: 245-252.
- Williams, P. dan Norris, K. (1990). Near-infrared technology in the agricultural and food industries. American Association of cereal chemical, Inc. St. Paul. (USA): *American Association of Cereal Chemist. Inc.*