

Prediksi Parameter Kematangan Buah Melon Menggunakan Spektroskopi *Near Infra-red*

(Prediction of Ripeness Parameters of Melon Fruit Using Near Infra-red Spectroscopy)

Usman Ahmad^{1*}, Sabihah²

(Diterima Maret 2018/Disetujui Agustus 2018)

ABSTRAK

Saat akan panen, tingkat kematangan buah melon masih diduga secara manual, yaitu dengan melihat warna dan jaring pada kulit atau suara ketukan pada buah melon. Metode manual ini menghasilkan tingkat akurasi yang tidak konsisten sehingga tidak digunakan pada saat panen. Penggunaan spektroskopi pada daerah spektrum dekat infra-merah (NIR) merupakan cara untuk meningkatkan konsistensi dan mempercepat proses pendugaan tingkat kematangan buah tanpa merusak produk. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari parameter kematangan buah melon varietas *Golden Apollo* menggunakan metode spektroskopi NIR. Parameter kematangan buah yang dipelajari adalah kadar air, total padatan terlarut (TPT), dan kekerasan daging buah. Bahan yang digunakan adalah buah melon dengan empat umur panen yang berbeda. Alat yang digunakan adalah spektrometer NIRFlex N-500 *Fiber Optik Solid* yang bekerja pada panjang gelombang 1.000–2.500 nm. Metode yang digunakan dalam kalibrasi dan validasi data spektra NIR dan data referensi adalah *partial least square* (PLS) dengan pra-pengolahan data spektra, yaitu normalisasi, turunan pertama dan kedua dari *savitzky-golay*, dan *multiplicate scatter correction*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model prediksi terbaik yang dihasilkan untuk memprediksi parameter kematangan buah melon adalah menggunakan total padatan terlarut dan kekerasan daging buah. Parameter kadar air menghasilkan model prediksi yang kurang bagus sehingga tidak bisa digunakan untuk memprediksi tingkat kematangan buah melon dengan baik.

Kata kunci: kadar air, kekerasan, kematangan, spektroskopi NIR, TPT

ABSTRACT

Prediction of ripeness level of melon fruit is conducted manually by looking at the colors and nets on the skin, or the sound of a knocking on the melon fruit. This manual method produces an inconsistent degree of accuracy that cannot be applied in harvesting. The use of spectroscopy in the near infra-red region (NIR) is a way of improving consistency and accelerating the process of estimating the fruit ripeness level without damaging the product. The objective of this research was to study the ripeness parameters of the Golden-Apollo variety of melon using NIR spectroscopy method. Parameters of fruit ripeness studied were moisture content, total soluble solids (TSS), and fruit firmness. The material used was melon fruits with four different harvesting ages. The equipment used was NIRFlex N-500 Solid Optical Fiber spectrometer that worked at 1.000–2.500 nm wavelengths. The method used in calibration and validation of NIR spectrum data and reference data was partial least square (PLS) with pre-processing of spectral data i.e., normalization, first and second derivatives of *savitzky-golay*, and *multiplicate-scatter correction*. The results showed that the best predictive model obtained to predict ripeness level of melon fruit was to use the ripeness parameters of total soluble solids and firmness of meat. The moisture parameter resulted in a poor predictive model that could not be used to predict a melon ripeness level with a good result.

Keywords: firmness, moisture, NIR spectroscopy, ripeness, TSS

PENDAHULUAN

Melon termasuk tanaman musiman yang merupakan tanaman menjalar atau merambat dan berakar tunggang. Batang tanaman melon dapat mencapai

panjang 150–300 cm berpenampang pentagon, lunak, dan berbuku-buku tempat melekatnya daun. Pada ketiak-ketiak daun biasanya muncul tunas atau cabang dengan jumlah yang relatif banyak. Satu batang tanaman dapat menghasilkan 2 hingga 3 buah melon, tetapi agar pertumbuhan seragam dan maksimal, hanya satu buah yang dibiarkan hingga membesar, matang, dan dipanen. Berdasarkan varietasnya, bentuk dan warna buah melon sangat bervariasi. Bentuk buah melon umumnya bulat, bulat oval atau lonjong atau silindris, sedangkan warna kulit buah melon umumnya putih susu, putih krem, hijau krem, hijau-kuning, hijau muda, dan kuning. Kulit buahnya

¹ Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

² Program Studi Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

* Penulis Korespondensi: Email: uahmad2010@gmail.com

ada yang bergaris, bertotol warna gelap, membentuk jaring atau jala, semi-berjala hingga permukaannya halus dan tipis. Bobot buah melon berkisar antara 400–2.000 g. Daging buah melon juga bervariasi warnanya, ada jingga, kuning, hijau, hijau muda, bahkan putih (Rukmana 1994). Umur panen buah melon bervariasi antara 55–85 hari setelah tanam (HST), bergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor yang memengaruhi umur panen melon adalah faktor genetis, lingkungan, serta perpaduan dari beberapa tindakan budi daya (Prajnanta 2004). Menurut Samadi (2007), buah melon yang siap dipanen memiliki ciri-ciri visual antara lain terbentuknya retakan di sekitar pangkal tangkai yang menyerupai cincin berlapis-lapis, untuk buah melon jenis berjaring tampak bentuk jaring sangat jelas dan sudah memenuhi seluruh permukaan buah, sudah tercium aroma harum dari buah (dihasilkan oleh sekitar 80% dari total buah yang ada), kulit buah berwarna kekuningan atau putih susu, dahan terlihat sudah menua dan daun sudah menguning, serta tangkai buah telah retak.

Menurut Ahmad (2013) berdasarkan laju dan sifat respirasinya, buah dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu kelompok buah klimakterik dan buah non-klimakterik. Kelompok buah klimakterik mengalami perubahan laju respirasi yang meningkat secara mendadak sebelum mengalami proses pematangan. Kelompok buah klimakterik juga mengalami beberapa perubahan yang terjadi selama proses pematangan, yaitu perubahan laju respirasi dan produksi etilen, perubahan warna kulit buah dari hijau menjadi kuning, perubahan cita rasa karena adanya perombakan pati menjadi gula serta penurunan kekerasan yang terjadi karena pelunakan dinding sel. Sementara itu, buah non-klimakterik mengalami laju respirasi yang terus menurun. Buah non-klimakterik harus dipanen tepat pada saat buah matang karena buah pada kelompok ini cenderung tidak bisa mengalami pematangan dengan baik ketika sudah dipanen meskipun dilakukan pemeraman. Melon adalah contoh buah non-klimakterik sehingga harus dipanen pada saat buah berada dalam kondisi matang. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknologi untuk mendeteksi parameter kematangan buah melon di lahan sehingga dapat dilakukan pemanenan secara selektif karena buah melon tidak matang bersamaan mengingat pembentukan buah juga tidak bersamaan meski ditanam pada waktu yang sama.

Spektroskopi NIR adalah salah satu teknik spektroskopi yang menggunakan daerah panjang gelombang tertentu, yaitu infra-merah dari spektrum dekat gelombang elektromagnetik yang terletak sekitar 780–2.500 nm. Hal yang utama dari kisaran dekat infra-merah ini adalah dapat digunakan untuk menganalisis komponen dan mendeteksi kualitas bahan (Mohsenin 1984). Spektroskopi dekat infra-merah merupakan salah satu teknologi yang digunakan untuk mengembangkan metode non-destruktif untuk menganalisis kerusakan pada komoditas hortikultura. Kelebihan metode Spektroskopi dekat infra-merah ini selain bersifat non-destruktif juga waktu yang dibu-

tuhkan cukup singkat dan tidak membutuhkan bahan kimia. Menurut Pasquini (2003), spektroskopi NIR menghasilkan informasi penting dan bersifat kualitatif juga kuantitatif yang berasal dari interaksi antara gelombang NIR pada beberapa panjang gelombang tertentu dengan senyawa organik penyusun bahan organik seperti air, protein, karbohidrat, atau lemak. Menurut Osborne *et al.* (1993), spektrum dekat infra-merah merupakan bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik yang panjang gelombangnya sedikit di atas daerah tampak, yaitu antara 700–2.500 nm. Selain itu, daerah spektrum dekat infra-merah memiliki energi yang relatif rendah dan stabil, dalam interaksi dengan molekul-molekul hanya akan menimbulkan vibrasi ikatan antar atomik.

Untuk produk yang bersifat tidak tembus cahaya dan buram, pancaran radiasi akan dipantulkan seperti pada cermin. Jika permukaan sampel bersifat tidak rata, maka sudut pantulan radiasi tidak akan sama seperti sudut datangnya radiasi. Cahaya dekat infra-merah yang mengenai suatu bahan memiliki sedikit energi sehingga hanya menembus kedalaman 1–5 mm dari permukaan bahan, bergantung pada komposisi bahan yang dikenai cahaya tersebut. Jika cahaya menyebar, spektrum cahaya yang ditembakkan tetap mengandung informasi contoh penyerapan energi oleh bahan tetapi mungkin terdapat distorsi pada puncak gelombang. Ukuran dan suhu partikel dari sampel yang bervariasi memengaruhi penyebaran radiasi infra-merah pada saat melewati sampel. Namun demikian partikel berukuran besar menyebarkan radiasi infra-merah tidak sebanyak pada partikel kecil (Dryden 2003). Pada beberapa alat *spectrometer*, yang ditangkap adalah pantulan (reflektan) cahaya yang ditembakkan sehingga fenomenanya akan berkebalikan dengan serapan (absorbansi) cahaya yang sama.

NIR sering digunakan untuk menduga komposisi kimia bahan organik sebab ikatan molekul bahan organik memang peka terhadap energi pada gelombang NIR. Bahan organik pada umumnya terdiri atas atom-atom utama seperti karbon, oksigen, hidrogen, juga fosfor dan sulfur. Atom-atom ini terikat secara kovalen dan elektrovalen untuk membentuk molekul. Pada saat molekul-molekul tersebut dikenai energi dari luar maka akan terjadi perubahan energi potensial (Murray & Williams 1990). Bahan organik yang dikenai radiasi NIR kemudian menerima energi yang menyebabkan terjadinya getaran serta regangan pada kelompok ikatan atom-atom O-H, N-H, dan C-H yang merupakan komponen utama pembentuk bahan organik. Sejumlah energi akan diserap dan sejumlah lainnya akan dipantulkan. Sejumlah kecil energi yang dipancarkan ke bahan organik akan dipantulkan kembali oleh permukaan luar dan sebagian besarnya lagi akan masuk ke dalam bahan. Energi yang masuk ke dalam bahan kemudian mengalami pemantulan, penyerapan dan penyebaran, serta penerusan cahaya (Mohsenin 1984). Keunggulan gelombang dekat infra-merah menurut Osborne *et al.* (1993) dalam menganalisis bahan organik adalah gabungan antara

kemudahan dalam melakukan pengukuran, kecepatan, dan tingkat ketepatan pendugaan.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari parameter kematangan buah melon dengan tingkat kematangan berbeda menggunakan metode spektroskopi NIR. Dengan mengetahui korelasi antara karakteristik spektroskopi NIR buah melon dengan hasil pengukuran beberapa parameter kematangan buah secara destruktif pada beberapa tingkat kematangan melon, metode pendugaan parameter kematangan buah melon berdasarkan karakteristik spektroskopinya dapat dibangun dan diaplikasikan dalam kegiatan pendugaan tingkat kematangan buah sebelum dipanen.

METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buah melon varietas *Golden Apollo* yang dipanen dari lahan petani di Sragen. Sampel dipanen dengan empat umur panen yang berbeda masing-masing 55 buah per kelompok umur panen. Keempat kelompok umur panen adalah 46, 53, 60, dan 67 hari setelah tanam (HST). Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah *Spectrometer NIRFlex N-500 Fiber Optic Solid* untuk pengambilan data spektrum dari setiap sampel, oven untuk mengukur kadar air, *refractometer* Atago untuk mengukur total padatan terlarut (TPT) daging buah, dan *Rheometer* tipe CR 500-DX untuk mengukur kekerasan daging buah melon. Prosedur pengukuran parameter kematangan buah melon dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu persiapan sampel, persiapan instrumen spektrometer NIR, pengukuran reflektan NIR, pengukuran kadar air, TPT, dan kekerasan daging buah, dan pengolahan data spektrum NIR dengan melakukan kalibrasi dan validasi.

Pengambilan Data Spektrum dan Pengukuran Parameter Kematangan

Sebelum dilakukan pengukuran, buah melon terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran kemudian dilakukan pelabelan pada masing-masing buah, setelah itu diukur dimensinya menggunakan mistar ukur dan pita ukur. Spektrometer NIRFlex N-500, dengan panjang gelombang 1.000–2.500 nm, ditembakkan pada setiap sampel di tiga titik berbeda, yaitu pada bagian pangkal, tengah, dan ujung setiap sampel. Setelah dilakukan pengambilan data spektrum, selanjutnya dilakukan pengambilan data secara destruktif, yaitu pengukuran kadar air, kekerasan daging, dan TPT. Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode oven pada suhu 105°C selama 24 jam lalu kadar air dihitung berdasarkan penurunan bobot sesudah dikeringkan dalam oven menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air (\% bb)} = \frac{\text{Bobot awal (g)} - \text{bobot akhir (g)}}{\text{Bobot awal (g)}} \times 100\% \quad (1)$$

Pengukuran kekerasan daging buah dilakukan menggunakan rheometer yang diset pada mode 20, beban maksimal 10 kg, kedalaman penekanan maksimal 10 mm, kecepatan penurunan beban 30 mm/menit, dan diameter probe (penusuk) 5 mm. Bahan ditusuk pada bagian daging buah, yaitu pada bagian pangkal, tengah, dan ujung (Hubies 1985). Titik penusukan tidak jauh dari titik pengambilan data reflektan.

Pengukuran TPT dilakukan dengan mengambil cuplikan daging buah, kemudian dihaluskan (ditumbuk) dan diperas untuk mendapatkan cairannya. Cairan buah yang dihasilkan kemudian diletakkan di atas lensa pada refraktometer. Sebelumnya, lensa pada refraktometer dibersihkan menggunakan aquades dan dikalibrasi sampai nilai yang terbaca di layar refraktometer menunjukkan angka 0. Nilai TPT dinyatakan dalam satuan °Brix.

Pengolahan Data Spektrum NIR

Data-data yang diperoleh selanjutnya diolah dan dianalisis menggunakan *Microsoft Excel* dan *software NIRWare Management Console* dan *NIRCal 5*. *Microsoft Excel* digunakan untuk memasukkan data yang diperoleh dari pengujian destruktif, yaitu data yang diperoleh dari pengujian kadar air, TPT, dan kekerasan daging buah. Data-data tersebut diambil rata-ratanya kemudian dimasukkan ke *NIRWare Management Console*. *NIRCal 5* digunakan untuk membuat bentuk dan model kalibrasi antara data reflektan dan hasil uji destruktif.

Prediksi kematangan buah dikalibrasi dengan metode PLS dengan membuat hubungan antara respons spektrum dan kadar air, TPT, dan kekerasan daging buah. Pengolahan pada data spektrum dilakukan sebelum kalibrasi dan validasi, untuk mengeliminasi gangguan-gangguan yang terjadi selama pengambilan spektrum. Spektrum yang diperoleh dari NIRS ditransformasikan menjadi spektrum reflektan. Sebelumnya dilakukan pra-pengolahan data reflektan untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan PLS. Pengolahan data awal yang diberikan pada data reflektan adalah normalisasi antara 0-1 (N01), turunan pertama *Savitzky-Golay* (Dg1), turunan kedua *Savitzky-Golay* (Dg2), dan *multiply scatter correction* (MSC). Selanjutnya, data spektrum dibagi menjadi dua, yaitu kelompok kalibrasi dan kelompok validasi dengan jumlah total data yang digunakan semuanya 220 set data reflektan. Jumlah data yang digunakan dalam kelompok kalibrasi adalah 2/3 bagian dan validasi 1/3 bagian dari total data pada setiap umur panen. Model kalibrasi yang dikembangkan menggunakan metode PLS dengan faktor optimum berdasarkan konsistensi, yaitu nilai konsistensi dalam kisaran 80–110% (Buchi 2006). Nilai konsistensi dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Konsistensi (\%)} = \frac{\text{SEC}}{\text{SEP}} \times 100\% \quad (2)$$

Ketepatan dan ketelitian metode NIR dalam memprediksi kematangan melon kemudian dikaji dari

kriteria yang telah ditetapkan oleh Liew & Lau (2012), yaitu dari *r* (koefisien korelasi), SEC (*standard error of calibration set*), SEP (*standard error of validation set*), dan RPD (*ratio of standard error of prediction to deviation*). Nilai RPD yang berhubungan dengan SD (*standard of deviation*) mempunyai arti tertentu. Nilai RPD yang lebih besar dari 1,5 menyatakan model pendugaan layak, nilai di antara 2 dan 3 artinya persamaan baik untuk pendugaan kasar (*rough screening*), nilai di antara 3 dan 5 artinya berpotensi untuk pendugaan (*screening potential*), nilai di antara 5 dan 8 dapat digunakan untuk analisis kontrol, dan nilai lebih besar dari 8 artinya persamaan cocok untuk aplikasi analisis (Williams & Noris 1990; William & Sobering 1993). Nilai RPD dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

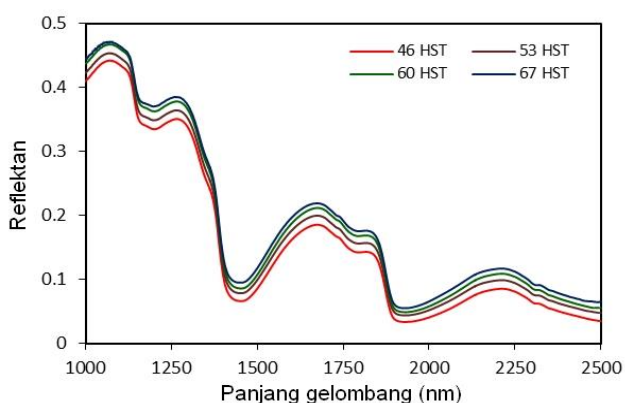
$$RPD = \frac{SD}{SEP} \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Data Reflektan

Hasil grafik spektrum reflektan yang didapatkan dari 220 buah sampel buah melon disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 1). Pada umumnya spektrum yang diperoleh dari ketiga bagian buah melon berupa tiga spektrum yang tidak berimpit atau nilainya tidak sama. Dengan demikian, perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut agar ketiga spektrum terlihat lebih berhimpit yang artinya nilainya hampir sama.

Gambar 1 memperlihatkan beberapa informasi yang terkait dengan molekul-molekul penyusun jaringan daging buah melon. Molekul air yang terdiri atas ikatan O-H menyerap energi pada panjang gelombang 1.450 dan 1.940 nm sehingga nilai



Gambar 1 Spektrum reflektan NIR *original* buah melon.

reflektan pada panjang gelombang tersebut kecil. Hal ini terjadi karena melon memiliki kadar air yang tinggi. Nilai reflektan yang kecil pada panjang gelombang 1.480 dan 1.580 nm menandakan adanya kandungan glukosa dan pada panjang gelombang 2.080 nm menandakan adanya kandungan sukrosa. Adanya kandungan glukosa dan sukrosa mengindikasikan tingkat kematangan melon dapat diprediksi melalui kandungan TPT. Sementara kekerasan buah diperlihatkan dengan nilai reflektan yang kecil pada panjang gelombang 1.900 nm karena adanya ikatan kimia CO₂H, yang merupakan penyusun pektin yang berhubungan dengan rigiditas dinding sel (Mohsenin 1984). Sebagian pektin larut dalam air sehingga menyebabkan penurunan kekerasan. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa hampir semua sampel buah melon menunjukkan bentuk spektrum yang sama tetapi memiliki nilai reflektan yang berbeda-beda sehingga dapat diketahui bahwa setiap melon mengandung beberapa komposisi kimia yang sama, dengan konsentrasi yang berbeda akibat tingkat kematangan yang juga berbeda.

Analisis Data Kimia Hasil Uji Laboratorium

Pengujian komposisi melon secara destruktif digunakan sebagai data acuan (referensi) dalam pengembangan model kalibrasi. Data pengukuran destruktif yang dihasilkan sangat menentukan keberhasilan prediksi nilai-nilai parameter mutu buah menggunakan NIR. Hasil pengukuran langsung (destruktif) kadar air, kekerasan daging buah dan TPT disajikan pada Tabel 1. Kadar air dan kekerasan daging buah menunjukkan nilai-nilai yang semakin menurun seiring dengan peningkatan umur panen. Fakta ini berhubungan dengan daging buah melon matang yang cenderung lunak dan basah. Untuk TPT, semakin bertambah umur buah semakin meningkat nilainya, yang berarti tingkat kematangannya bertambah tinggi. Tabel 2 menunjukkan data kalibrasi dan validasi untuk prediksi ketiga parameter kematangan buah melon, yaitu kadar air, TPT, dan kekerasan daging buah.

Dalam membangun model kalibrasi menggunakan metode PLS perlu dilakukan pengolahan data dan

Tabel 1 Hasil pengujian fisiko kimia buah melon

Umur panen (HST)	Kekerasan daging (N)	TPT (°Brix)	Kadar air (%)
46	15,90	5,94	94,04
53	11,90	7,76	92,67
60	10,30	8,59	91,47
67	9,30	9,01	91,05

Tabel 2 Data kalibrasi dan validasi untuk prediksi parameter kematangan buah melon

Parameter	Tahap pengujian	Jumlah data	Rataan	St. Dev	Minimum	Maksimum
Kadar air (%)	Kalibrasi	147	92,38	1,82	83,61	96,60
	Validasi	73	92,16	2,07	83,66	92,16
TPT (°Brix)	Kalibrasi	147	7,83	1,73	4,33	12,66
	Validasi	73	7,83	1,66	4,67	12,10
Kekerasan (N)	Kalibrasi	147	11,80	2,90	5,20	20,10
	Validasi	73	12,10	2,90	7,20	18,80

penentuan jumlah faktor PLS optimum yang diaplikasikan pada spektrum NIR (Andasuryani 2013). Model kalibrasi yang diperoleh merupakan hubungan antara data reflektan NIR dan hasil analisis laboratorium. Model kalibrasi terbaik ditentukan dengan parameter *r*, SEC, SEP, dan RPD (Lammertyn *et al.* 1993). Spektrum gelombang mempunyai ratusan ribu data dengan berbagai macam informasi. Informasi yang menyertai data tidak semuanya penting, tetapi juga terdapat *noise* dan *background* yang dapat menurunkan kualitas hasil prediksi. Selain itu, menurut Andasuryani *et al.* (2013), dalam satu panjang gelombang terdapat dua atau lebih gelombang yang bisa memberikan informasi yang hampir mirip. Untuk mengatasi gangguan-gangguan tersebut, diperlukan pra-pengolahan data spektrum NIR. Dalam pra-pengolahan data spektrum NIR, jumlah faktor PLS juga sangat berpengaruh pada pengembangan model kalibrasi yang baik. Tabel 3 menunjukkan hasil pengembangan model kalibrasi prediksi parameter kematangan buah melon menggunakan data reflektan NIR.

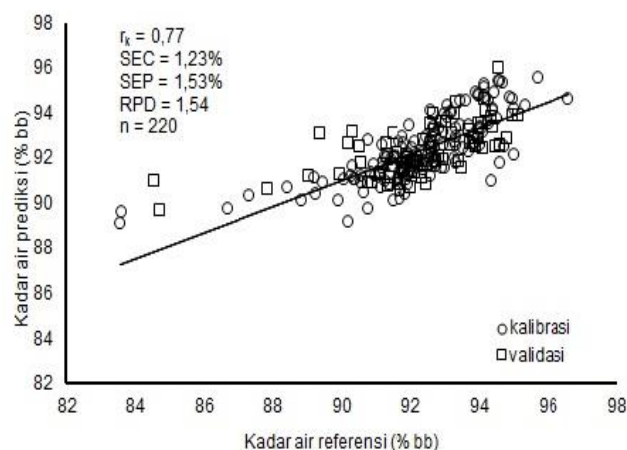
Setiap parameter membutuhkan pengolahan data spektrum NIR yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi bahan dan kandungan kimia bahan (Mouazen *et al.* 2005). Tabel 3 memperlihatkan bahwa pra-pengolahan data yang menghasilkan nilai *r* terbesar dengan nilai SEC dan SEP terkecil pada kelompok masing-masing, adalah Dg2 dan MSC full, sehingga keduanya terpilih sebagai metode pra-pengolahan spektrum reflektan NIR.

Kadar Air

Kalibrasi yang digunakan untuk menduga kandungan kadar air yang terbaik adalah menggunakan pra-pengolahan data Dg2. Turunan kedua *Savitzky-Golay* (Dg2) dapat memperjelas bentuk puncak dan lembah spektrum terhadap bentuk spektrum rata-rata melon. Pengolahan data spektrum ini akan mengeliminasi informasi dan *noise* yang menutupi informasi penting dengan nilai sangat kecil (Sari 2015). Selain itu, Dg2 dapat mengkalkulasi turunan orde pertama atau orde yang lebih besar yang meliputi faktor

smoothing sehingga dapat menentukan seberapa besar variabel yang berdekatan untuk memprediksi pendekatan polinomial pada suatu turunan. Gambar 2 memperlihatkan hasil kalibrasi dan validasi pendugaan kandungan air dengan pengolahan Dg2.

Model kalibrasi dan validasi dengan pengolahan Dg2 yang menggunakan metode PLS menghasilkan koefisien korelasi (*r*) 0,77. Nilai *r* yang mendekati 1 mengindikasikan hubungan yang kuat antara variabel *x* (data referensi) dan variabel *y* (data prediksi). Nilai SEC dan SEP yang diperoleh, adalah 1,23 dan 1,53% dengan selisih antara nilai SEC dan SEP sebesar 0,3%. Nilai SEC dan SEP yang cukup tinggi mengindikasikan bahwa pemodelan kalibrasi tidak cukup baik dalam memprediksi tingkat kematangan buah melon meskipun nilai *r* yang diperoleh cukup baik dan RPD yang dihasilkan berada di kisaran model pendugaan yang layak, yaitu di atas 1,5. Hasil ini menggambarkan bahwa parameter kadar air kurang akurat memprediksi tingkat kematangan buah dengan baik disebabkan oleh data rata-rata kadar air hasil uji laboratorium semakin bertambah umur pada setiap tingkat kematangan buah melon, yang tidak diikuti oleh perubahan persentase kadar air yang cukup besar sehingga dapat digunakan sebagai pembeda.



Gambar 2 Hasil kalibrasi dan validasi pendugaan kadar air dengan pra-pengolahan Dg2.

Tabel 3 Hasil model kalibrasi pendugaan parameter kematangan buah melon berdasarkan nilai reflektan

Parameter kematangan	Pra-pengolahan data NIR	Faktor PLS	Kalibrasi		Validasi		
			<i>r</i>	SEC (%)	<i>r</i>	SEP (%)	RPD
Kadar air	Data asli	4	0,6068	1,5080	0,4817	1,7061	1,1397
	N01	2	0,5485	1,5864	0,4546	1,7380	1,1188
	Dg1	2	0,6572	1,4299	0,5248	1,6557	1,1744
	Dg2	4	0,7601	1,4299	0,6179	1,2933	1,6557
	MSC	3	0,6078	1,5066	0,4519	1,7445	1,1145
TPT	Data asli	11	0,8627	0,8802	0,8627	0,9867	1,6772
	N01	10	0,8662	0,8699	0,8127	1,0144	1,6314
	Dg1	3	0,8198	0,9967	0,7481	1,1367	1,4559
	Dg2	2	0,8081	1,0253	0,6800	1,2686	1,3045
	MSC	10	0,8744	0,5066	0,8221	0,9814	1,6863
Kekerasan daging	Data asli	13	0,8992	0,1284	0,8383	0,1535	1,8327
	N01	12	0,9017	0,1270	0,8392	0,1547	1,8192
	Dg1	4	0,8572	0,1512	0,7700	0,1810	1,5551
	Dg2	2	0,8222	0,1671	0,6932	0,2050	1,3725
	MSC	12	0,8767	0,1189	0,8602	0,1537	1,8847

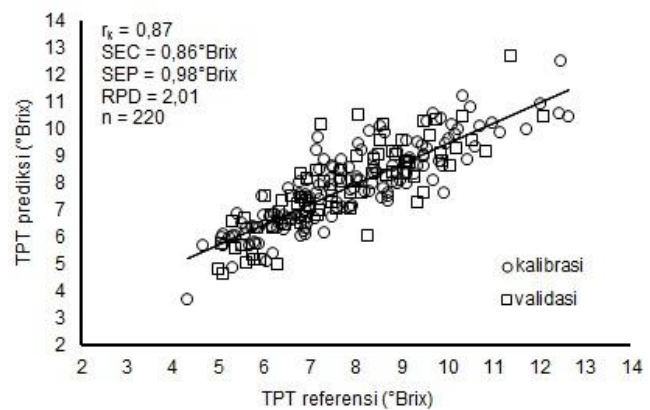
Total Padatan Terlarut

Pendugaan kandungan TPT buah melon sebelum dilakukan pra-pengolahan data reflektan tidak menghasilkan kalibrasi yang baik. Pada pendugaan kandungan TPT digunakan MSC karena berdasarkan Tabel 3, model yang dihasilkan memiliki nilai r yang paling besar dan memiliki nilai SEP yang paling kecil, dan RPD yang dihasilkan juga paling besar dibandingkan dengan metode pra-pengolahan data reflektan yang lain. Gambar 3 menunjukkan hasil kalibrasi dan validasi melon menggunakan pengolahan data MSC. Pada gambar tersebut, terlihat bahwa nilai koefisien korelasi sebesar 0,87. Nilai koefisien korelasi yang mendekati 1 menunjukkan bahwa antara data referensi dan data prediksi memiliki korelasi yang kuat. Masing-masing nilai SEC dan SEP secara berturut-turut adalah 0,86 °Brix dan 0,98 °Brix. Selisih antara nilai SEC dan SEP tidak terlalu besar. Nilai RPD yang dihasilkan adalah sebesar 2,01. Nilai RPD yang lebih besar dari 1,5 dinyatakan sebagai model pendugaan yang layak (Williams & Norris 1990; William & Sobering 1993; Kahriman & Egesel 2012), sehingga bisa disimpulkan bahwa metode non-destruktif menggunakan NIR metode PLS dengan pra-pengolahan data MSC dapat memprediksi kandungan total padatan terlarut pada melon.

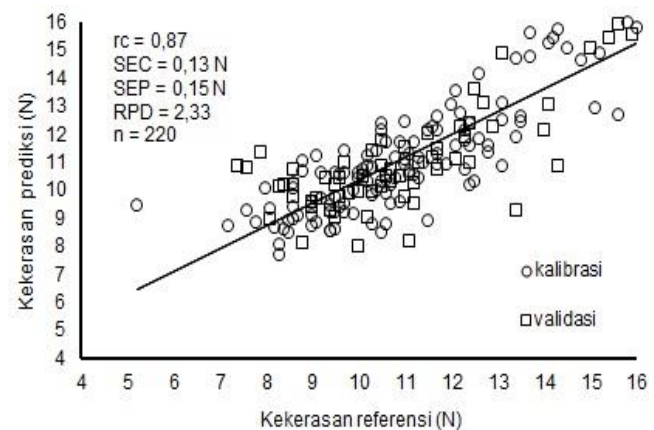
Kekerasan Daging Buah

Penyerapan dan pemantulan gelombang elektromagnetik yang ditembakkan pada buah melon, melalui spektroskopi dapat digunakan untuk menduga kekerasan daging buah. Besarnya penyerapan energi yang terjadi menandakan tingkat kekerasan daging buah. Pra-pengolahan data spektrum NIR terbaik untuk parameter kekerasan daging buah adalah menggunakan MSC, dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,87 (Gambar 4). Koefisien korelasi menunjukkan adanya hubungan positif antara variabel data aktual (data referensi) dan data spektrum NIR (data prediksi) (Taylor 1990).

Parameter pendugaan untuk SEC dan SEP memiliki nilai 0,13 dan 0,15 N. Menurut Lammertyn *et al.* (2013), nilai SEC dan SEP yang kecil menghasilkan model kalibrasi yang baik dan sebaliknya nilai yang besar menyatakan model set kalibrasi yang tidak mewakili set validasi. Semakin kecil selisih antara SEP dengan SEC menunjukkan bahwa model yang dihasilkan semakin baik. Nilai selisih ini juga merepresentasikan bahwa model yang diperoleh stabil. Nilai RPD yang diperoleh dari evaluasi model kalibrasi adalah 2,33. Nilai ini merupakan nilai RPD tertinggi dari dua parameter yang diuji sebelumnya (TPT dan kadar air). Nilai RPD 2,33 ini menunjukkan bahwa model kalibrasi yang dihasilkan dapat memprediksi tingkat kematangan berbeda melalui perbedaan data reflektan akibat perubahan kekerasan daging buah.



Gambar 3 Hasil kalibrasi dan validasi pendugaan TPT dengan pra-pengolahan MSC.



Gambar 4 Hasil kalibrasi dan validasi pendugaan kekerasan daging dengan pra-pengolahan MSC.

KESIMPULAN

Metode spektroskopi NIR dapat digunakan untuk memprediksi parameter kematangan buah melon dari berbagai umur panen secara non-destruktif melalui pendugaan nilai total padatan terlarut dan kekerasan daging buah yang dapat mewakili tingkat kematangan buah melon. Diperoleh korelasi antara nilai referensi dan nilai prediksi untuk pendugaan nilai total padatan terlarut ($r=0,87$ dan $RPD=2,01$) dan kekerasan daging buah ($r=0,87$ dan $RPD=2,33$) dengan nilai dan selisih SEC dan SEP dari kedua parameter relatif kecil. Namun demikian, hasil ini masih perlu ditingkatkan agar dapat diterapkan melalui penerapan pra-pengolahan data spektra yang lebih cocok.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad U. 2013. *Teknologi Penanganan Pascapanen Buah dan Sayuran*. Yogyakarta (ID): Graha Ilmu.

- Andasuryani. 2013. Pengembangan metode spektroskopi NIR untuk pengukuran kandungan katekin dan kadar air gambir (*Uncaria gambir* Roxb) secara non destruktif. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [BC] Buchi Corporation. 2006. *Operation Manual NIRFlex N-500*. Flawil (CH): Buchi Corporation.
- Dryden GM. 2003. *Near Infrared Reflectance Spectroscopy : Applications in Deer Nutrition*. Australia (AU): RIRDC Publication.
- Hubies M. 1985. *Penuntun Praktikum Pengawasan Mutu Pangan*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kahriman F, Egesel CO. 2012. Determination of Quality Parameters in Maize Grain by NIR Reflectance Spectroscopy. *Journal of Agricultural Sciences*. 19(2012): 31–42.
- Lammertyn J, Peirs A, Beardmarker JD, Nicolai B. 2013. Light penetration properties NIR radiation in fruit with respect to non-destructive quality assessment. *Postharvest Biology & Technology*. 18: 21–132.
- Liew CY, Lau CY. 2012. Determination of quality parameters in Cavendish banana during ripening by NIR spectroscopy. *International Food Research Journal*. 19(2): 751–758.
- Mohsenin NM. 1984. *Electromagnetic Radiation Properties of Food and Agricultural Products*. New York (US): Gordon and Breach Science.
- Mouazen AM, Kuang B, Baerdemaeker J, Ramon H. 2005. Comparison among principal component, partial least squares and back propagation neural network analyses for accuracy of measurement of selected soil properties with visible and near infrared spectroscopy. *Geoderma*. 158: 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.03.001>
- Murray I, Williams PC. 1990. Chemical principle of near-infrared technology. *NIR Chemical*. 2: 18–34.
- Osborne BG, Fearn T, Hindle PH. 1993. *Practical NIR Spectroscopy: with Applications in food and Beverage Analysis*. Edisi ke-2. Singapura (SG): Longman Singapore.
- Pasquini C. 2003. Near infrared spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. *Journal of The Brazilian Chemical Society*. 14: 198–219. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532003000200006>
- Prajnanta F. 2004. *Melon Pemeliharaan Secara Intensif dan Kiat Sukses Beragribisnis*. Jakarta (ID): Swadaya.
- Rukmana R. 1994. *Budi Daya Melon Hibrida*. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Samadi B. 2007. *Usaha Tani dan Penanganan Pascapanen Melon*. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Sari HP. 2015. Prediksi padatan tidak terlarut dan chilling injury mangga CV gedong gincu selama penyimpanan dingin secara non destruktif menggunakan *near infrared spectroscopy* (NIRS) [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Taylor RER. 1990. Interpretation of the correlation coefficient : a basic review. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*. 1: 35–39.
- Williams PC, Norris K. 1990. Near infrared technology in the agricultural and food Industries. *Journal of Food Engineering*. 100: 569–577.
- William PC, Sobering DC. 1993. Comparison of Commercial near Infrared Transmittance and Reflectance Instruments for Analysis of Whole Grains and Seeds. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*. 1(1): 25–32. <https://doi.org/10.1255/jnirs.3>