

Technical Paper

Penentuan Pola Peningkatan Kekerasan Kulit Buah Manggis Selama Penyimpanan Dingin Dengan Metode NIR Spectroscopy

Determination the Pattern of Pericarp Hardening of Mangosteen Fruit during Cold Storage using NIR Spectroscopy

Dwi Dian Novita¹, Usman Ahmad², Sutrisno³, I Wayan Budiastira⁴

Abstract

Pericarp hardening of mangosteen fruit has correlation with the decrease in moisture content due to transpiration and respiration during storage. The change of pericarp moisture content during storage may be determined nondestructively using near infrared (NIR) spectroscopy. The objectives of this study were to build calibration model of NIR reflectance to predict the moisture content of the pericarp, and to determine the pattern of pericarp hardening based on change of moisture content during storage using NIR reflectance. NIR reflectance spectra were obtained from fruits stored at 8°C, 13°C, and room temperature. Calibrations were built using partial least squares (PLS) and artificial neural network (ANN) models. Results of analysis indicated that pericarp moisture content could be predicted well by NIR reflectance using the calibration model of PLS for mangosteen stored at 8°C, 13°C, and room temperature. The pattern of pericarp hardening based on change of moisture content also could be determined using NIR reflectance for mangosteen stored at 13°C and room temperature.

Keywords: mangosteen fruit, pericarp hardening, moisture content NIR spectroscopy, PLS, ANN

Abstrak

Pengerasan kulit buah manggis memiliki korelasi dengan penurunan kadar air kulit buah akibat dari proses transpirasi dan respirasi buah selama penyimpanan. Perubahan kadar air kulit buah selama penyimpanan bisa ditentukan secara *non-destructive* dengan menggunakan *near infrared (NIR) spectroscopy*. Tujuan penelitian ini adalah menyusun model kalibrasi reflektan NIR untuk memprediksi kadar air kulit buah manggis, serta untuk menentukan model pengerasan kulit buah berdasarkan perubahan kadar air selama penyimpanan menggunakan reflektan NIR. Spektra reflektan NIR diambil dari buah manggis yang disimpan pada suhu 8°C, 13°C dan suhu ruang. Kalibrasi dibangun dengan menggunakan model *partial least squares (PLS)* dan *artificial neural network (ANN)*. Hasil analisis mengindikasikan bahwa kadar air kulit buah dapat diprediksi secara baik dengan reflektan NIR menggunakan model kalibrasi PLS untuk buah manggis yang disimpan pada suhu 8°C, 13°C dan suhu ruang. Model pengerasan kulit buah berdasarkan perubahan kadar airnya juga dapat ditentukan dengan reflektan NIR untuk buah manggis yang disimpan pada suhu 13°C dan suhu ruang.

Kata kunci : buah manggis, pengerasan kulit, NIR spectroscopy, PLS, ANN

Diterima: 19 Oktober 2010; Disetujui: 10 Maret 2011

Pendahuluan

Pengerasan kulit merupakan indikator kerusakan pada penyimpanan buah manggis. Buah manggis yang kulitnya mengeras dikategorikan rusak karena sulit dibuka sehingga tidak disukai oleh konsumen. Pengerasan kulit ini berkaitan dengan kandungan air pada kulit buah. Hasil penelitian terdahulu

menunjukkan bahwa kekerasan kulit cenderung meningkat sedangkan kadar air kulit buah cenderung menurun selama penyimpanan pada suhu ruang maupun pada suhu dingin. Penurunan kadar air kulit terjadi akibat transpirasi dan respirasi buah selama penyimpanan (Hasbi *et al.* 2005, Suyanti & Setyadjit 2007). Hasil pengamatan penampang melintang kulit buah manggis menunjukkan bahwa

¹ Alumni Program Studi Teknologi Pasca Panen, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

² Staf Pengajar Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Email: usmanahmad@ipb.ac.id

³ Staf Pengajar Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Email: kensutrisno@ipb.ac.id

⁴ Staf Pengajar Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian IPB. wbudiastira@yahoo.com,

pada awal penyimpanan ruang-ruang antar sel jaringan parenkim kulit luar dan tengah terisi oleh cairan, namun pada akhir penyimpanan ruang-ruang antar sel tersebut rusak karena kehilangan cairan dan terjadi penebalan dinding sel yang mengakibatkan kulit menjadi keras. Transpirasi cairan di ruang-ruang antar sel menyebabkan sel menciut sehingga ruang antar sel menyatu dan zat pektin saling berikatan (Qanytah 2004).

Perubahan kadar air kulit pada buah yang sama selama penyimpanan tidak bisa diketahui dengan metode pengukuran yang bersifat merusak (destruktif) sebab pengukuran menggunakan buah yang berbeda, namun hal tersebut bisa dilakukan dengan metode NIR *spectroscopy* yang bersifat tidak merusak (nondestruktif). NIR *spectroscopy* menghasilkan informasi yang bersifat kualitatif dan kuantitatif. Informasi tersebut berasal dari interaksi antara gelombang NIR dengan bahan biologi penyusun komoditas seperti air, protein, karbohidrat, atau lemak (Pasquini 2003). Informasi dalam spektra NIR dapat diolah menggunakan analisis multivariabel seperti *partial least squares* (PLS) dan jaringan saraf tiruan (JST).

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengembangkan model kalibrasi NIR untuk memprediksi kadar air kulit buah manggis selama penyimpanan dengan metode PLS dan JST, dan (2) menentukan pola peningkatan kekerasan kulit buah manggis berdasarkan perubahan kadar air selama penyimpanan menggunakan reflektan NIR.

Metodologi Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Departemen Teknik Mesin dan Biosistem (TMB), Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, pada Maret sampai November 2010.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah buah manggis segar dengan bobot 80-100 gram/buah dan indeks kematangan 2, serta fungisida TBZ. Peralatan yang digunakan adalah spektrometer NIRFlex N-500 (*fiber optic solids*) dari Buchi Switzerland, timbangan digital Mottler PM4800, timbangan analitik Adam PW184, oven temperatur konstan Isuzu 2-2120, rheometer Sun CR-300, refrigerator, termometer & hygrometer digital, cawan, aluminium foil, *desikator*, *cutter*, baskom, dan keranjang buah.

Prosedur Penelitian

Buah manggis disortasi, dicuci, direndam dalam 5 ppm larutan TBZ selama 5 menit lalu ditiriskan, dan disimpan selama 40 hari pada 8°C dan 13°C, dan selama 22 hari pada suhu ruang. Pengamatan terhadap spektra reflektan, kadar air, dan kekerasan kulit buah dilakukan sebanyak 11 kali yaitu hari

ke-0, 1, 2, 4, 8, 16, 24, 28, 32, 36, dan 40 untuk penyimpanan pada 8°C dan 13°C, dan sebanyak 16 kali yaitu pada hari ke-0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, dan 22 untuk penyimpanan pada suhu ruang dan menggunakan 8 ulangan pada setiap pengamatan. Data yang dianalisis adalah data yang diperoleh selama masa simpan optimum yang masih dapat mempertahankan mutu buah.

1. Penelitian tahap pertama

Tahap ini bertujuan untuk mengembangkan model kalibrasi NIR untuk memprediksi kadar air kulit buah manggis dan menentukan persamaan regresi kadar air terhadap kekerasan kulit berdasarkan data destruktif.

a. Pengukuran reflektan NIR kulit buah manggis

Reflektan kulit diukur pada 3 titik yang berbeda pada bagian tengah buah menggunakan spektrometer pada panjang gelombang 1000-2500 nm dan interval 0.4 nm.

b. Pengukuran kadar air kulit buah manggis

Kulit manggis diambil dengan ukuran 2 cm x 2 cm x 0,4 cm sebanyak 3 potong pada bagian yang diukur reflektannya. Kadar air dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kadar air (KA)} = \frac{B - C}{B - A} \times 100\%$$

Nilai KA_{bb} adalah kadar air basis basah (%), A adalah berat cawan (g), B adalah berat cawan dan bahan sebelum dikeringkan (g), dan C adalah berat cawan dan bahan setelah dikeringkan (g).

c. Pengukuran kekerasan kulit buah manggis

Pengukuran kekerasan dilakukan pada 3 bagian kulit buah menggunakan rheometer dengan mode 20, beban maksimum 10 kg, kedalaman tekan 4 mm, kecepatan penurunan beban 60 mm/menit, dan diameter plunger jarum 2.5 mm. Nilai yang dipakai dalam analisis data adalah nilai rata-rata.

d. Kalibrasi dan validasi NIR dengan metode PLS

Olah data dengan metode PLS menggunakan program NIRCal 5.2 yang terintegrasi dengan spektrometer. Data reflektan dinormalisasi (0-1) lalu 2/3 bagian data digunakan untuk mengembangkan model kalibrasi dan 1/3 bagian data untuk validasi. Total data reflektan sebanyak 264 data pada penyimpanan 8°C dan 13°C serta 384 data pada penyimpanan suhu ruang.

e. Kalibrasi dan validasi NIR dengan metode JST

Data reflektan dinormalisasi (0-1) dan dianalisis komponen utama dengan metode *Principle Component Analysis* (PCA) menggunakan Minitab 14 dan Excel 2007.

Model JST yang digunakan adalah model jaringan *feed-forward multi layer* dan algoritma terlatih *back propagation* (BP) atau propagasi balik (Setiawan *et al.* 2003). Pada penelitian ini optimasi dilakukan dengan kombinasi jumlah lapisan input yaitu 5 dan 10 PC, 10 lapisan tersembunyi, dan 1 output yaitu kadar air kulit buah dengan iterasi 1000-150000 kali (Gambar 1).

- f. Evaluasi hasil kalibrasi dan validasi NIR
Hasil kalibrasi dan validasi NIR dengan metode PLS dan JST dievaluasi berdasarkan nilai koefisien korelasi (r), *root mean standard error of calibration* (RMSEC), *root mean standard error of performance* (RMSEP), dan *coefficient of variation* (CV). Model kalibrasi yang baik memiliki nilai r yang tinggi, nilai CV yang rendah, serta nilai RMSEC dan RMSEP yang hampir sama (William & Norris 1990). Pada penelitian ini, model kalibrasi dinyatakan baik jika nilai $r \geq 0.75$ dan $CV < 5\%$.
- g. Penentuan persamaan regresi kadar air terhadap kekerasan kulit
Hubungan kadar air dan kekerasan kulit buah manggis berdasarkan data destruktif ditentukan dengan analisis regresi menggunakan Minitab 14. *Normality test* dengan Kolmogorov-Smirnov. Residual data terdistribusi normal jika $p\text{-value} > 5\%$. Sedangkan persamaan regresi dapat digunakan jika hasil *analysis of variance* (Anova) menunjukkan $p\text{-value} < 5\%$.

2. Penelitian tahap kedua

Tahap ini bertujuan untuk menentukan pola peningkatan kekerasan kulit buah manggis berdasarkan perubahan kadar air selama penyimpanan menggunakan reflektan NIR. Sebanyak 10 buah manggis sebagai sampel monitoring disimpan selama 28 hari pada 8°C, 13°C, dan selama 16 hari pada suhu ruang. Lama penyimpanan optimum ditentukan berdasarkan hasil penelitian tahap pertama. Spektra reflektan diukur pada hari ke-0, 2, 4, 8, 16, 24 dan 28 pada penyimpanan dingin dan pada hari ke-0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, dan 16 pada suhu ruang.

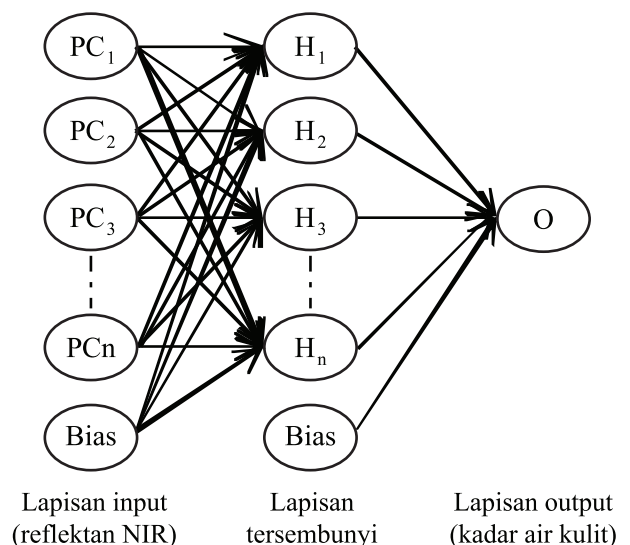
- a. Prediksi kadar air kulit buah manggis berdasarkan reflektan NIR
Data reflektan sampel monitoring digunakan untuk memprediksi perubahan kadar air kulit buah selama penyimpanan dengan model kalibrasi NIR terbaik yang diperoleh pada tahap pertama.
- b. Penentuan pola peningkatan kekerasan kulit buah manggis berdasarkan perubahan kadar air menggunakan reflektan NIR
Data kadar air kulit buah hasil prediksi digunakan untuk memprediksi kekerasan kulit buah dengan persamaan regresi kadar air terhadap kekerasan kulit yang diperoleh pada

tahap pertama. Pola peningkatan kekerasan kulit buah selama penyimpanan ditentukan berdasarkan hubungan lama penyimpanan dan kekerasan kulit buah hasil prediksi dengan analisis regresi menggunakan Minitab 14. Persamaan regresi dapat digunakan jika hasil Anova menunjukkan $p\text{-value} < 5\%$.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian Tahap Pertama

- 1. Penurunan mutu buah manggis selama penyimpanan
Buah manggis yang disimpan mengalami kerusakan yang menyebabkan penurunan mutu. Kerusakan pertama berupa getah kuning pada permukaan kulit bagian dalam atau pada permukaan daging yang tidak terlihat dari luar buah, kerusakan kedua berupa bercak-bercak hitam pada kulit buah yang terjadi sejak hari ke-20 pada buah yang disimpan pada suhu 8°C, dan kerusakan ketiga berupa kerusakan daging buah yang menyebabkan buah tidak layak konsumsi (Gambar 2).
Kerusakan daging buah pada hari ke-32, 36, dan 40 pada 13°C dan 8°C dan pada hari ke-18, 20, dan 22 pada suhu ruang mencapai 62.5-87.5% dari total sampel pada setiap pengamatan. Dengan demikian diketahui bahwa lama penyimpanan optimum buah manggis pada 13°C dan 8°C adalah selama 28 hari dan pada suhu ruang selama 16 hari. Pada suhu dingin kesegaran buah bertahan lebih lama sebab proses pematangan dan *senescence* berlangsung lebih lambat namun jika suhu terlalu rendah dapat mengakibatkan *chilling injury* yang sering terjadi pada suhu di bawah 10°C (Winarno 2002). Manggis yang disimpan pada suhu 29-30°C dapat bertahan selama 6-8



Gambar 1. Arsitektur JST

hari (Choehom *et al.* 2003). Pada suhu optimum penyimpanan yaitu 13°C, manggis dapat bertahan selama 2-4 minggu tergantung jenis dan tingkat kematangannya (Kader 2005).

2. Perubahan kadar air dan kekerasan kulit buah manggis selama penyimpanan

Kadar air kulit buah menurun selama penyimpanan pada ketiga suhu. Kecepatan penurunan kadar air kulit buah sebesar 0.066% per hari pada suhu 8°C, 0.281% per hari pada suhu 13°C, dan 0.459% per hari pada suhu ruang (Gambar 3). Penurunan kadar air terbesar terjadi pada suhu ruang sebab metabolisme buah berupa transpirasi dan respirasi berlangsung lebih cepat dibandingkan pada suhu dingin. Hukum Vant't Hoff menyatakan bahwa laju reaksi kimia dan biokimia meningkat dua atau tiga kali setiap kenaikan suhu 10°C (Winarno, 2002). Kehilangan air terutama disebabkan oleh transpirasi melalui permukaan kulit buah. Transpirasi cairan di ruang-ruang antar sel menyebabkan sel menciut sehingga ruang antar sel menyatu dan zat pektin saling berikatan (Qanytah 2004). Kehilangan air menyebabkan peningkatan susut bobot dan menurunkan mutu tekstur buah (Soesarsono 1988).

Kekerasan kulit buah menurun di awal dan meningkat di akhir penyimpanan pada ketiga suhu penyimpanan. Penurunan terjadi sampai hari ke-16 pada penyimpanan 8°C dan 13°C,

dan hari ke-7 pada suhu ruang (Gambar 3). Penurunan kekerasan pada awal penyimpanan disebabkan oleh perombakan protopektin yang tidak larut menjadi asam pektat dan pektin yang dapat larut air. Senyawa dinding sel terdiri atas selulosa, hemiselulosa, pektin, dan lignin. Degradasi hemiselulosa dan pektin pada proses pematangan membuat buah menjadi lebih lunak. Selain itu tekanan turgor sel selalu berubah karena komposisi dinding sel berubah (Winarno 2002).

3. Analisis spektra kulit buah manggis

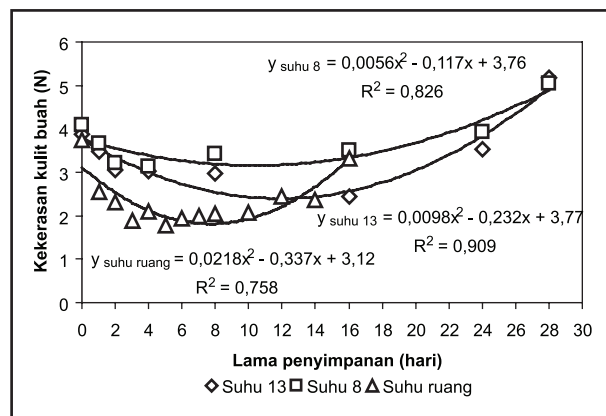
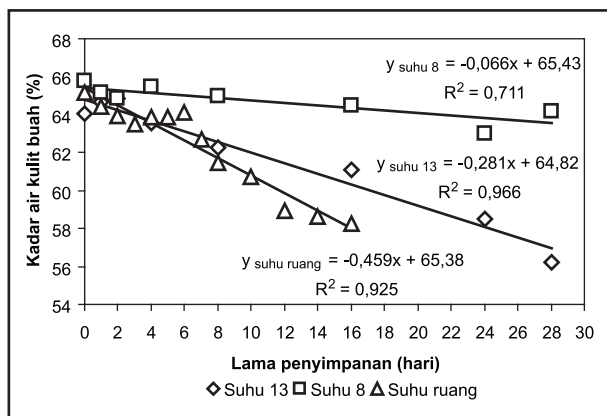
Sampel yang ditembakkan gelombang NIR akan menerima energi yang memicu terjadinya getaran dan regangan pada kelompok ikatan atom O-H, N-H, dan C-H yang merupakan komponen utama pembentuk senyawa organik. Sebagian energi akan diserap dan sebagian akan dipantulkan (Mohsenin 1984). Gambar 4 menunjukkan bahwa penyerapan energi terlihat pada panjang gelombang 1190 nm, 1450 nm, dan 1940 nm yang mencerminkan kandungan O-H, juga pada 1765-1780 nm yang mencerminkan kandungan CH₂ dan selulosa, dan di atas 2400 nm yang mencerminkan kandungan pati (Osborne *et al.* 1993).

4. Kalibrasi dan validasi NIR untuk memprediksi kadar air kulit buah manggis dengan metode PLS

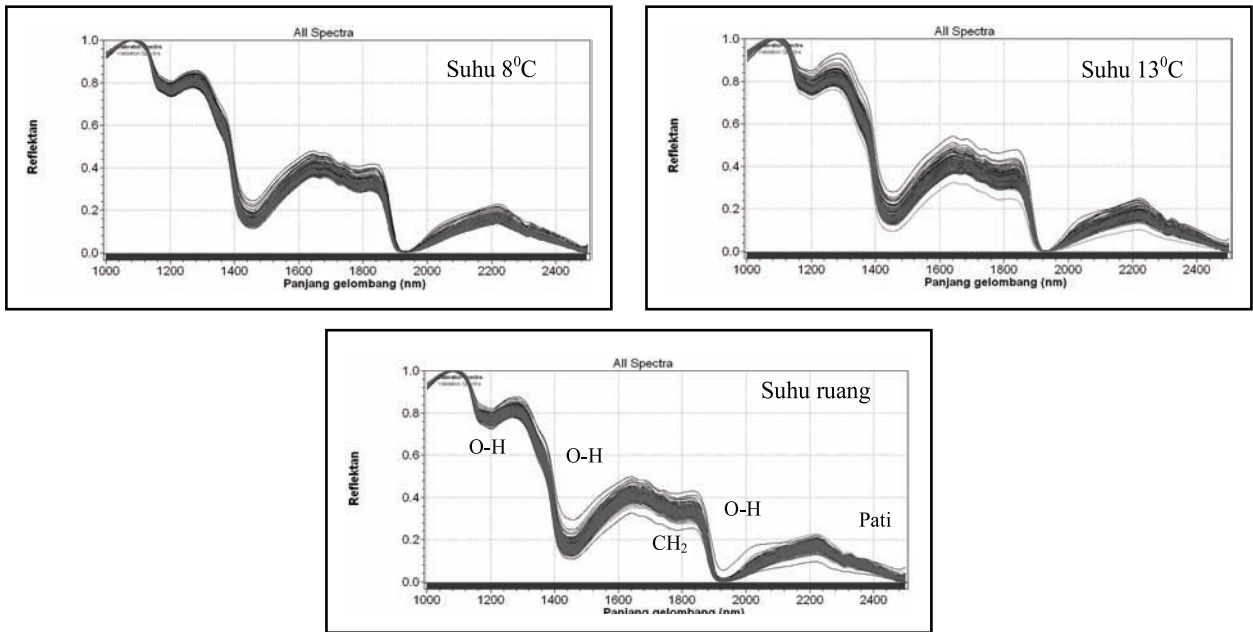
Model kalibrasi dibangun berdasarkan korelasi



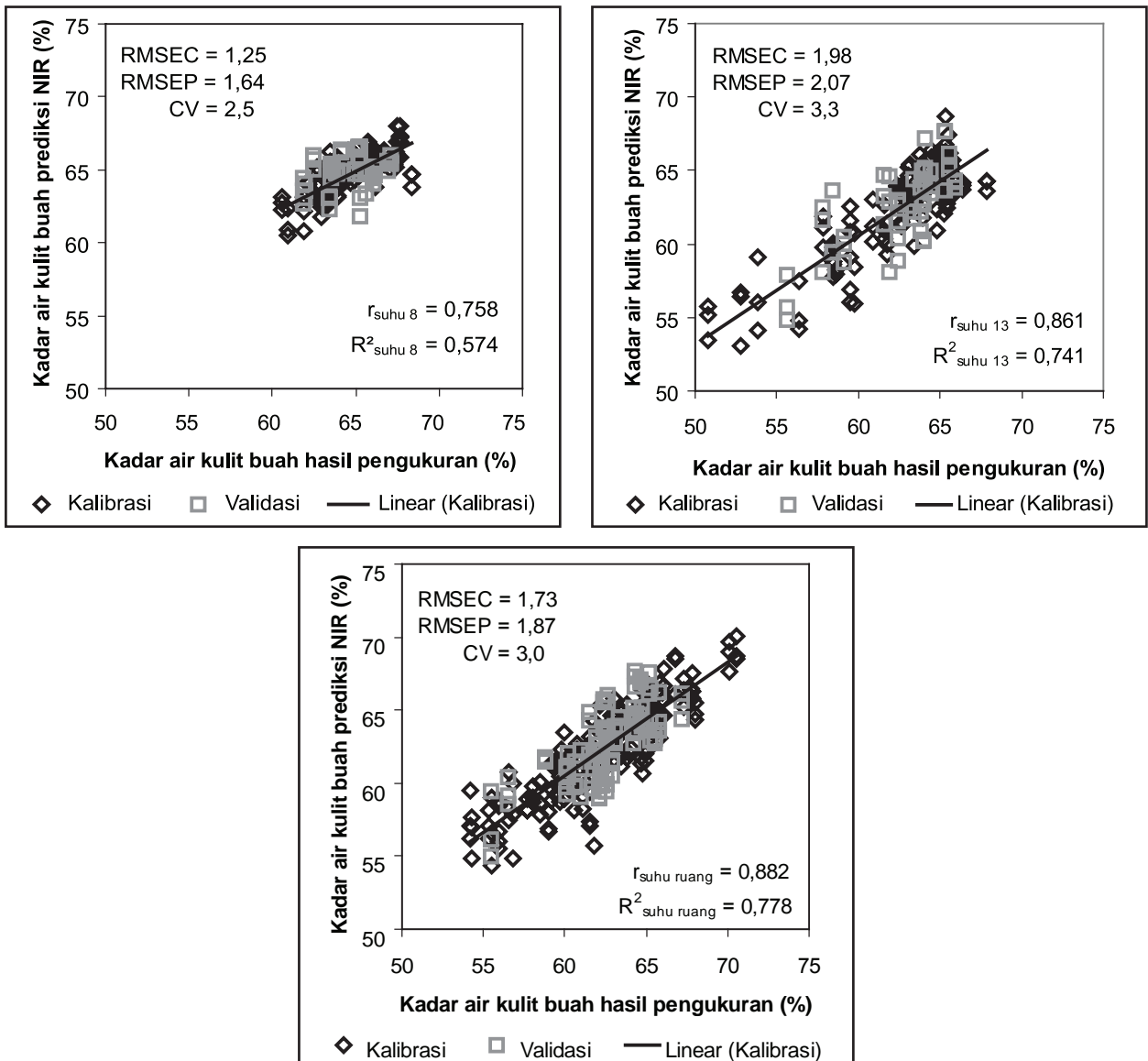
Gambar 2. Kerusakan buah manggis selama penyimpanan



Gambar 3. Perubahan kadar air dan kekerasan kulit buah manggis selama penyimpanan



Gambar 4. Reflektan kulit buah manggis pada tiga suhu penyimpanan



Gambar 5. Hasil kalibrasi dan validasi NIR dengan metode PLS

Tabel 1. Hasil kalibrasi dan validasi NIR dengan metode JST pada penyimpanan 8°C

No	Arsitektur JST	Jumlah Iterasi (dalam ribuan)	Kalibrasi		Validasi	
			Nilai r	RMSEC (%)	RMSEP (%)	CV (%)
1	5-10-1	1	0.138	1.90	1.62	2.5
2	5-10-1	25	0.540	1.61	1.76	2.7
3	5-10-1	50	0.577	1.56	1.82	2.8
4	5-10-1	75	0.609	1.51	1.88	2.9
5	5-10-1	100	0.637	1.50	1.96	3.0
6	5-10-1	125	0.641	1.49	1.89	2.9
7	5-10-1	150	0.659	1.44	1.83	2.8
8	10-10-1	1	0.182	1.89	1.61	2.5
9	10-10-1	25	0.573	1.57	1.71	2.7
10	10-10-1	50	0.643	1.51	1.87	2.9
11	10-10-1	75	0.653	1.50	1.88	2.9
12	10-10-1	100	0.756	1.28	1.94	3.0
13	10-10-1	125	0.829	1.13	2.30	3.6
14	10-10-1	150	0.773	1.24	1.89	2.9

Tabel 2 Hasil kalibrasi dan validasi NIR dengan metode JST pada penyimpanan 13°C

No	Arsitektur JST	Jumlah Iterasi (dalam ribuan)	Kalibrasi		Validasi	
			Nilai r	RMSEC (%)	RMSEP (%)	CV (%)
1	5-10-1	1	0.465	3.52	2.83	4.6
2	5-10-1	25	0.677	2.85	2.32	3.7
3	5-10-1	50	0.691	2.79	2.32	3.7
4	5-10-1	75	0.698	2.77	2.33	3.8
5	5-10-1	100	0.694	2.78	2.32	3.7
6	5-10-1	125	0.700	2.76	2.37	3.8
7	5-10-1	150	0.706	2.74	2.41	3.9
8	10-10-1	1	0.490	3.43	2.48	4.0
9	10-10-1	25	0.743	2.59	2.38	3.8
10	10-10-1	50	0.779	2.42	2.47	4.0
11	10-10-1	75	0.801	2.35	2.61	4.2
12	10-10-1	100	0.807	2.32	2.65	4.3
13	10-10-1	125	0.831	2.22	2.86	4.6
14	10-10-1	150	0.836	2.18	3.01	4.9

data reflektan NIR dan data kadar air kulit buah hasil pengukuran dengan metode oven. Kelompok data yang digunakan untuk kalibrasi dan validasi berasal dari buah yang berbeda. Data kalibrasi berjumlah 114, 117, dan 210 untuk penyimpanan pada 8°C, 13°C, dan suhu ruang. Data validasi berjumlah 51 untuk penyimpanan pada 8°C, 13°C, dan 96 untuk penyimpanan pada suhu ruang. Normalisasi 0-1 dilakukan untuk mengurangi *error* yang disebabkan oleh

perbedaan ukuran partikel.

Evaluasi hasil kalibrasi dan validasi PLS menunjukkan nilai *r* sebesar 0.758-0.882 artinya ada korelasi antara kadar air kulit buah dengan reflektan NIR pada ketiga suhu penyimpanan. Selisih nilai RMSEC dan RMSEP sebesar 0.09-0.39% dan nilai CV < 5% yaitu 2.5-3.3% artinya akurasi dan kestabilan model baik (Gambar 5). Dengan demikian, model kalibrasi NIR dengan metode PLS dapat memprediksi kadar air kulit

Tabel 3 Hasil kalibrasi dan validasi NIR dengan metode JST pada penyimpanan suhu ruang]

No	Arsitektur JST	Jumlah Iterasi (dalam ribuan)	Kalibrasi		Validasi	
			Nilai r	RMS EC (%)	RMSEP (%)	CV (%)
1	5-10-1	1	0.504	3.28	2.72	4.4
2	5-10-1	25	0.611	2.85	2.81	4.5
3	5-10-1	50	0.660	2.70	2.61	4.2
4	5-10-1	75	0.675	2.65	2.54	4.1
5	5-10-1	100	0.678	2.64	2.52	4.0
6	5-10-1	125	0.679	2.64	2.55	4.1
7	5-10-1	150	0.680	2.63	2.56	4.1
8	10-10-1	1	0.400	3.37	2.76	4.4
9	10-10-1	25	0.703	2.55	2.69	4.3
10	10-10-1	50	0.736	2.51	2.61	4.2
11	10-10-1	75	0.742	2.48	2.57	4.1
12	10-10-1	100	0.786	2.29	2.62	4.2
13	10-10-1	125	0.775	2.34	2.43	3.9
14	10-10-1	150	0.801	2.20	2.72	4.4

buah manggis dengan baik pada penyimpanan 8°C, 13°C, dan suhu ruang.

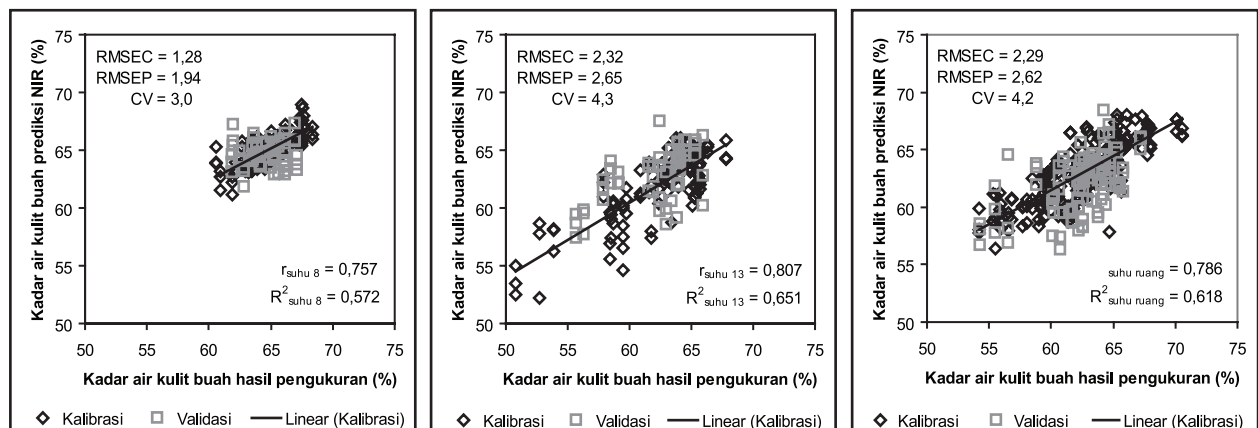
5. Kalibrasi dan validasi NIR untuk memprediksi kadar air kulit buah manggis dengan metode JST

Arsitektur JST terdiri dari tiga lapisan yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi, dan output. Analisis data dilakukan dengan menggunakan 5 dan 10 PC sebagai input, 10 lapisan tersembunyi, dan 1 output yaitu kadar air kulit buah. Parameter pelatihan berupa konstanta laju pembelajaran bernilai 0.8, konstanta momentum bernilai 0.8, dan konstanta sigmoid bernilai 1. Nilai-nilai tersebut merupakan hasil *trial and error* sehingga diperoleh kombinasi yang menghasilkan *error* pelatihan terendah. Optimasi dilakukan berdasarkan kombinasi jumlah PC dan iterasi (Tabel 1, 2 dan 3).

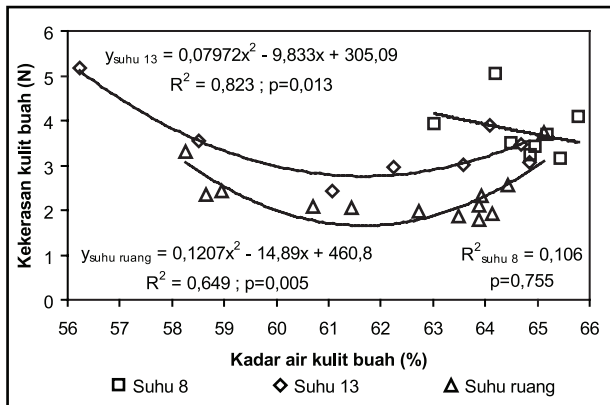
Penggunaan PC 10 sebagai input menghasilkan

nilai korelasi kadar air kulit buah dan reflektan NIR yang lebih baik dibandingkan PC 5 pada ketiga suhu penyimpanan. Hal ini berkaitan dengan persentase informasi spektra yang terwakili oleh PC. Hasil PCA menunjukkan bahwa PC 5 mewakili 95-97% dan PC 10 mewakili 99-100% informasi spektra awal. Selanjutnya iterasi dipilih dengan mempertimbangkan komponen evaluasi. Iterasi terpilih untuk ketiga suhu penyimpanan adalah 100000 iterasi.

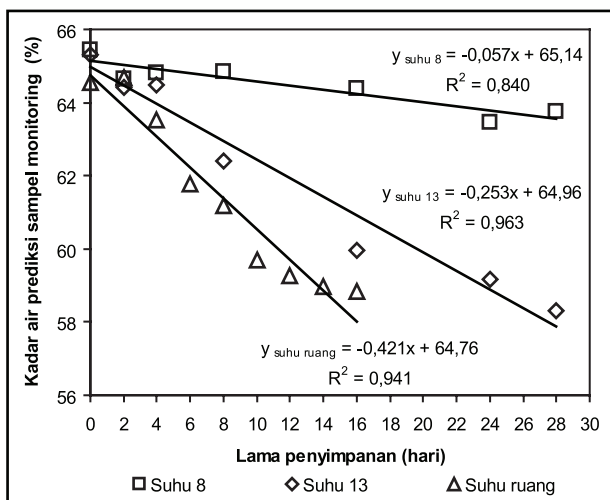
Evaluasi hasil kalibrasi dan validasi JST dengan arsitektur 10-10-1 dan 100000 iterasi menunjukkan nilai r sebesar 0.757-0.807 artinya ada korelasi antara kadar air kulit buah dengan reflektan NIR pada ketiga suhu penyimpanan. Selisih nilai RMSEC dan RMSEP sebesar 0.33-0.66% dan nilai CV < 5% yaitu 3.0-4.3% artinya akurasi dan kestabilan model cukup baik (Gambar 6). Dengan demikian model kalibrasi



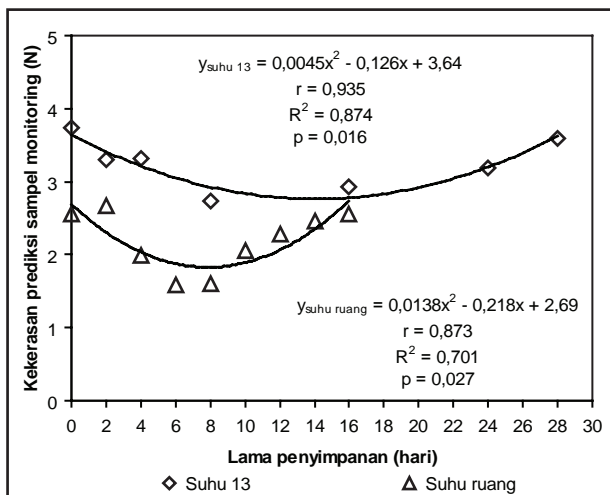
Gambar 6 Hasil kalibrasi dan validasi NIR dengan metode JST.



Gambar 7 Hasil analisis regresi kadar air dan kekerasan kulit buah manggis.



Gambar 8 Perubahan kadar air prediksi kulit buah manggis selama penyimpanan.



Gambar 9 Pola peningkatan kekerasan prediksi kulit buah manggis selama penyimpanan pada 13 °C dan suhu ruang.

reflektan NIR dengan metode JST juga dapat memprediksi kadar air kulit buah manggis dengan baik pada penyimpanan 8°C, 13°C, dan suhu ruang.

6. Perbandingan hasil kalibrasi dan validasi dengan metode PLS dan JST

Evaluasi hasil kalibrasi dan validasi dengan metode PLS dan JST menunjukkan koefisien korelasi (r) model kalibrasi PLS lebih tinggi (0.758-0.882) dibandingkan model kalibrasi JST (0.757-0.807). Berdasarkan nilai CV, kedua metode memiliki CV<5%, tetapi CV PLS lebih rendah (2.5-3.3%) dibandingkan CV JST (3.0-4.3%). Hal ini berarti model kalibrasi PLS memberikan hasil prediksi yang lebih baik dibandingkan model kalibrasi JST. Selanjutnya model kalibrasi PLS digunakan dalam penelitian tahap kedua untuk memprediksi kadar air kulit buah manggis berdasarkan reflektan NIR.

7. Persamaan regresi kadar air terhadap kekerasan kulit

Kadar air berkorelasi dengan kekerasan kulit buah pada penyimpanan 13°C dan suhu ruang tetapi tidak berkorelasi pada penyimpanan 8°C. Pada suhu 8°C, data kadar air yang diperoleh sebesar 63.03-65.52% dan data kekerasan sebesar 3.14-5.04 N. Rentang data kadar air yang sempit menyebabkan pola hubungan antara kadar air dan kekerasan kulit tidak dapat ditentukan. Sedangkan pada penyimpanan 13°C dan suhu ruang, rentang data kadar air yang diperoleh lebih lebar (Gambar 7).

Hubungan kadar air dan kekerasan kulit buah manggis pada penyimpanan 13°C dapat ditentukan dengan persamaan $y = 0.07972x^2 - 9.833x + 305.9$ dan pada suhu ruang $y = 0.1207x^2 - 14.89x + 460.8$. Nilai y adalah kekerasan kulit dan x adalah kadar air kulit. Kedua persamaan tersebut dapat digunakan untuk memprediksi kekerasan kulit berdasarkan perubahan kadar air kulit buah manggis pada penelitian tahap kedua sebab p-value<5% (Gambar 7). Berdasarkan nilai R², kontribusi kadar air kulit terhadap variasi kekerasan sebesar 64.9-82.3%. Hal ini berarti kekerasan kulit buah manggis tidak hanya dipengaruhi oleh kadar air tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti kandungan lignin dan phenolic acid (Bunsiri *et al.* 2002, Choehom *et al.* 2003).

Penelitian Tahap Kedua

1. Prediksi kadar air kulit buah manggis berdasarkan reflektan NIR

Berdasarkan hasil prediksi, kadar air rata-rata kulit buah manggis menurun secara linear selama penyimpanan pada ketiga suhu. Penurunan kadar air kulit tertinggi terjadi pada suhu ruang yaitu 5.85% selama 16 hari dan terendah pada

8°C yaitu 1.99% selama 28 hari penyimpanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka penurunan kadar air semakin cepat. Kecepatan penurunan kadar air kulit buah selama penyimpanan sebesar 0.057% per hari pada 8°C, 0.253% per hari pada 13°C, dan 0.421% per hari pada suhu ruang. Berdasarkan nilai R^2 , kontribusi lama penyimpanan terhadap variasi kadar air kulit buah manggis sebesar 84.0-96.3% (Gambar 8).

2. Pola peningkatan kekerasan kulit buah manggis berdasarkan perubahan kadar air menggunakan reflektan NIR

Pola peningkatan kekerasan kulit buah manggis berdasarkan perubahan kadar air kulit selama 28 hari penyimpanan pada 13°C dapat diprediksi dengan persamaan $y = 0.0045x^2 - 0.126x + 3.64$ dan selama 16 hari penyimpanan pada suhu ruang dengan persamaan $y = 0.0138x^2 - 0.218x + 2.69$. Kedua persamaan ini dapat digunakan sebab $p\text{-value} < 5\%$. Berdasarkan nilai R^2 , kontribusi lama penyimpanan terhadap variasi kekerasan kulit buah manggis sebesar 70.1-87.4%. Berdasarkan perubahan kekerasan, kematangan buah manggis diprediksi terjadi pada hari ke-12 sampai hari ke-16 untuk penyimpanan 13°C dan pada hari ke-6 sampai hari ke-8 untuk penyimpanan suhu ruang. Pada rentang waktu tersebut buah manggis memiliki kekerasan yang rendah yang merupakan indikator kematangan buah (Gambar 9). Degradasi hemiselulosa dan pektin pada proses pematangan membuat buah menjadi lebih lunak (Winarno 2002).

Kesimpulan

1. Kadar air kulit buah manggis selama penyimpanan pada 8°C, 13°C, dan suhu ruang dapat diprediksi dengan baik oleh nilai reflektan NIR. Model kalibrasi PLS memberikan hasil prediksi yang lebih baik dibandingkan model kalibrasi JST.
2. Pola peningkatan kekerasan kulit buah manggis berdasarkan perubahan kadar air kulit buah dapat ditentukan menggunakan reflektan NIR dengan persamaan $y = 0.0045x^2 - 0.126x + 3.64$ ($R^2 = 87.4\%$) untuk penyimpanan selama 28 hari pada suhu 13°C dan $y = 0.0138x^2 - 0.218x + 2.69$ ($R^2 = 70.1\%$) untuk penyimpanan selama 16 hari pada suhu ruang.

Daftar Pustaka

- Bunsiri A, Ketsa S, Paull RE. 2003. Phenolic metabolism and lignin synthesis in damage pericarp of mangosteen fruit after impact. *Postharvest Biology and Technology* 29: 61-71.
- Choehom R., S. Ketsa, and WG. Van Doorn. 2003. Chilling injury in mangosteen fruit. *Journal of Horticultural and Biotechnology*, 78: 559-562.
- Hasbi, D. Saputra, dan Juniar. 2005. Masa simpan buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) pada berbagai tingkat kematangan, suhu dan jenis kemasan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 3: 199-205.
- Kader AA. 2005. Mangosteen recommendation for maintaining postharvest quality. Departemen of Pomology, University of California, Davis. CA 95616.
- Mohsenin NN. 1984. Electromagnetic radiation properties of food and agricultural product. New York: Gordon and Breach Science Publisher.
- Osborne BG, Fearn T, Hindle PH, Browning D, editor. 1993. *Practical NIR Spectroscopy in Food and Beverage Analysis*. Ed ke-2. New York: Longman Scientific and Technical.
- Pasquini C. 2003. Near infrared spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. *J Braz Chem Soc* 14: 198-219.
- Qanyah. 2004. Kajian perubahan mutu buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) dengan perlakuan precooling dan penggunaan giberelin selama penyimpanan [tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Setiawan, B.I., K. Wijaya, T. Nishimura, Rudiyanto. 2003. Aplikasi jaringan syaraf tiruan untuk estimasi dry bulk density dan volumetric water content pada tanah. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Soesarsono. 1988. Teknologi penyimpanan komoditi pertanian. Bogor: Jurusan Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Suyanti dan Setyadjit. 2007. Teknologi penanganan buah manggis untuk mempertahankan mutu selama penyimpanan. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian* 3: 65-72.
- William P., dan Norris K. 1990. *Near infrared technology in the agricultural and food industries*. Ed ke-2. Minnesota: American Association of Cereal Chemists Inc.
- Winarno FG. 2002. *Fisiologi Lepas Panen Produk Hortikultura*. Bogor: M-Brio Press.