

Technical Paper

Penggolongan Mangga cv Arumanis Berdasarkan Mutu Internal selama Penyimpanan Dingin dengan Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS)

Classification of Mango cv Arumanis Based on Its Internal Quality during Cold Storage using Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS)

Yunisa Tri Suci, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.
I Wayan Budiastara, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680. Email: wbudiastara@yahoo.com
Y. Aris Purwanto, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

Abstract

The purpose of this study was to assess NIRS method to classify mango cv Arumanis based on its internal quality during cold storage. Reflectances of mango at harvest date (H0), 12 days of storage (H12), and 22 days of storage were measured by using NIRflex Spectrometer at wavelengths of 1000-2500 nm, followed by measurement of physico chemical properties of mango (total soluble solid, total acid, TSS-acid ratio, firmness and weight loss). Unsupervised Principal component analysis (PCA) and pre treatment NIR spectra were performed on NIR spectra to classify mango (H0, H12, H22) and mahalanobis distance was used to validate the results. The result showed that reflectances of mango decreased during storage indicating the increase of NIR absorption by internal compounds of mango. TSS, TSS-acid ratio, and weight loss increased during storage as total acid and firmness decreased. NIRS and PCA analysis with pretreatment of quantile normalization and smoothing, and mahalanobis distance parameter could classify mango of 0, 12 and 22 days of storage based on its internal quality with accuracy of 87 %.

Keywords : *mango, mahalanobis distance, quantile normalization, smoothing, unsupervised PCA*

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji metoda NIRS untuk menggolongkan mangga cv Arumanis berdasarkan mutu internal selama penyimpanan dingin (suhu rendah). Reflektan Mangga pada hari panen (H0), 12 hari penyimpanan (H12) dan 22 hari penyimpanan (H22) diukur dengan NIR Spektrometer pada panjang gelombang 1000-2500 nm, diikuti segera dengan pengukuran sifat fisiko kimia mangga seperti TPT, total asam dan rasio gula asam, kekerasan dan susut bobot. Analisis *unsupervised PCA* dan pra pengolahan spektra NIR digunakan untuk menggolongkan mangga H0, H12 dan H22 dan *Mahalanobis Distance* digunakan untuk memvalidasi hasil tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama penyimpanan dingin, spektra reflektan mangga mengalami penurunan mengindikasikan adanya peningkatan absorpsi NIR oleh kandungan kimia mangga. Hasil analisa fisiko kimia mangga menunjukkan TPT, rasio gula asam dan susut bobot meningkat, sedangkan total asam dan kekerasan menurun selama penyimpanan dingin. NIRS dan analisis PCA dengan *pretreatment quantile normalization* dan *smoothing* serta *Mahalanobis Distance* dapat menggolongkan mangga yang baru dipanen (H0) dan yang telah disimpan 12 hari (H12) dan 22 hari (H22) berdasarkan mutu internalnya dengan ketepatan 87%.

Kata Kunci : *mangga, mahalanobis distance, quantile normalization, smooting, unsupervised PCA*

Diterima: 23 April 2015; Disetujui: 10 Agustus 2015

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu produsen dan eksportir mangga yang menonjol di dunia selain India, China, Thailand, Filipina, Pakistan, dan Meksiko dengan negara tujuan ekspor Taiwan, Hongkong, dan Negara-negara Timur Tengah. Salah satu mangga komersial yang dikembangkan untuk komoditas ekspor adalah mangga Arumanis, dengan ciri khasnya tekstur yang lembut, daging tebal dan *creamy*, cita rasa yang khas, dan hampir tidak berserat. Selama transportasi mangga ke negara importir membutuhkan waktu yang lama sehingga diperlukan penanganan selama pengiriman tersebut untuk mempertahankan mutu buah mangga sesuai dengan permintaan pasar.

Salah satu penanganan yang diupayakan untuk menjaga kualitas mangga agar sesuai dengan keinginan dan permintaan pasar adalah melakukan penyimpanan dingin pada suhu rendah. Mangga Arumanis merupakan buah klimaterik yang dipanen pada saat matang fisiologis (*green mature*) dimana pada saat penyimpanan terus mengalami pematangan dan penuaan yang mempengaruhi kandungan fisikokimia seperti total padatan terlarut (TPT), kandungan total asam, kekerasan, susut bobot dan rasio gula asam.

Penggolongan mangga Arumanis telah dilakukan untuk tujuan sortasi dan grading secara visual berdasarkan berat dan ukuran (Firdaus, 2014). Penggolongan secara nondestruktif mangga Arumanis telah dilakukan oleh Sandra (2005) melakukan penggolongan dengan menggunakan *image processing* dan jaringan syaraf tiruan dan Ahmad (2002) menggunakan *image processing*. Namun penelitian ini lebih mendeteksi perubahan mutu luar buah untuk memprediksi mutu internal buah.

Teknik NIRS diketahui mampu menggolongkan buah berdasarkan kandungan internalnya secara nondestruktif dan objektif. Kemampuan NIRS ditunjang oleh penggunaan analisa kemometrik untuk untuk mengekstrak informasi yang berguna pada spektra (Guidetti *et al.* 2012). Salah satu analisis kemometrik yang sering digunakan adalah *principal component analysis* (PCA) sebagai analisis kualitatif dari data. PCA dapat mengurangi kuantitas dari spektrum data tanpa terjadi *overfitting* dan pengurangan informasi yang dibutuhkan (Osborne *et al.* 1993).

Pada mangga, teknik NIRS telah digunakan untuk memprediksi sifat fisikokimia selama proses pascapanen (Schmilovitch *et al.* 2000; Purwanto *et al.* 2013a dan 2013b; Watanawan *et al.* 2014). Sedangkan PCA telah banyak digunakan untuk analisis spektrum data NIR. Beghi *et al.* (2013) telah menggunakan analisa PCA pada karakterisasi buah zaitun berdasarkan TPT dan kekerasannya dengan NIR. Zulfahrizal *et al.* (2013) telah berhasil membedakan spektrum biji kakao tumpukan dengan

individu dan mendeteksi tingkat fermentasi biji kakao dengan NIR dan analisis PCA. PCA telah digunakan untuk analisa spektrum NIR untuk penentuan indeks fisiologi mangga (Scmilovich *et al.* 2000), mengklasifikasi tingkat kematangan berdasarkan umur petik mangga (Kienzle *et al.* 2011 dan 2012), dan klasifikasi mangga berdasarkan varietas (Jha *et al.* 2013).

Penggolongan buah mangga berdasarkan mutu internal selama penyimpanan dingin pada suhu rendah tanpa merusak dengan teknik NIRS belum pernah dilakukan. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah (1) mengkaji teknik NIRS dan analisis PCA untuk menggolongkan buah mangga arumanis berdasarkan mutu internal selama penyimpanan dingin (suhu rendah), dan (2) melakukan validasi penggolongan mangga dengan metode *Mahalanobis Distance*.

Bahan dan Metode

Persiapan Bahan

Penelitian ini menggunakan mangga cv Arumanis dengan umur 90 hari setelah bunga mekar (HSBM) sebanyak 84 buah dengan tingkat ukuran sedang (berat 350-400gr). Buah berasal dari kebun petani mangga di Cirebon, Jawa Barat. Mangga dipanen pada pagi hari kemudian dikemas dengan menggunakan peti kayu dan ditransportasikan menuju laboratorium selama 8 jam perjalanan. Kemudian sampel dimasukkan ke *cold storage* pada suhu 8°C dan 13°C dan disimpan selama 12 dan 22 hari. Sampel mangga berjumlah 84 buah dibagi menjadi 5 kelompok, yaitu mangga yang baru dipanen (H0) berjumlah 40 buah, mangga yang disimpan 12 hari dan 22 hari, pada suhu 8°C dan 13°C (H12T8, H12T13, H22T8, dan H22T13) masing masing 11 buah.

Akuisisi Data Spektrum NIR

Pengukuran spektra reflektan dilakukan dengan menggunakan NIRFlex N-500 fiber optik solid yang dilengkapi oleh *software* pendukung seperti *software NIRWare* operator dan *NIRWare management console*. Pengambilan reflektan NIR diukur pada 3 titik untuk masing-masing buah.

Analisis Kandungan Fisikokimia

Kandungan fisiko kimia yang dianalisis adalah total padatan terlarut (TPT), kekerasan (N), total asam (%), susut bobot (%), dan rasio gula asam. TPT dinalisis dengan *portable digital refractometer Atago* PR 201 (AOAC 1994), kekerasan diukur dengan Rheometer model CR 300 DX-L dengan *probe* (diameter = 5 mm), total asam diukur dengan mentitrasi 100 ml sari buah mangga yang telah diteteskan indikator phenolphthalein dengan NaOH 0.1 N dan total asam dihitung menurut prosedur AOAC (1995). Susut bobot dihitung dengan

perbedaan berat mangga sebelum disimpan dan setelah disimpan dihitung dengan persamaan Jan dan Rab (2012). Nilai rasio gula asam dihitung dengan membandingkan nilai TPT dan total asam.

Metode Klasifikasi Buah Mangga Selama Penyimpanan

Pada penelitian ini digunakan adalah metode *unsupervised* PCA untuk menggolongkan mangga Arumanis selama penyimpanan. Metode *unsupervised* PCA mengklasifikasikan sampel hanya berdasarkan spektra tanpa dipengaruhi faktor lain (Roggo *et al.* 2007). PCA merupakan analisis matematika yang memisahkan data spektra menjadi komponen orthogonal yang terbentuk dari spektra terpilih dan *score plots* antara komponen utama (PCs) yang berbeda. Kemudian PCs ini diplotkan untuk melihat perbedaan dari kelompok-kelompok sampel sehingga sampel dapat digolongkan berdasarkan umur simpan setelah disimpan pada suhu rendah. PC1 menjelaskan varian yang maksimum diantara semua kombinasi linier dan PC2 menjelaskan varian data sisanya dan seterusnya.

Mangga digolongkan menjadi beberapa kelompok yaitu H0 merupakan mangga saat baru dipanen, H12 adalah mangga pada saat 12 hari penyimpanan, dan H22 adalah mangga yang telah disimpan 22 hari (Gambar 1). Jumlah sampel mangga yang digunakan untuk penggolongan ini adalah 54 sampel (30 sampel H0, 6 sampel H12 untuk masing-masing suhu 8°C dan 13°C, dan 6 sampel H22 untuk masing-masing suhu 8°C dan 13°C).

Pengolahan data spektra menggunakan *unscramble software*® X version 10.3 (CAMO, Norway). Sebelum dilakukan penggolongan dengan PCA, maka spektra diberikan *pretreatment*.

Pretreatment yang digunakan *Mean Normalization* (MN) dan *Smoothing* (SA). Normalisasi dapat mentransformasi vektor spektra menjadi 0-1 dan dapat menghilangkan variasi *baseline* akibat perbedaan ukuran sampel. Sedangkan SA merupakan operasi *moving average* yang dapat memperbaiki visual spektra dan menghilangkan *noise* dengan menghitung rata-rata dari masing-masing gelombang (Nicolai *et al.* 2007, Andasuryani *et al.* 2013).

Penggolongan dengan Mahalanobis Distance (MD)

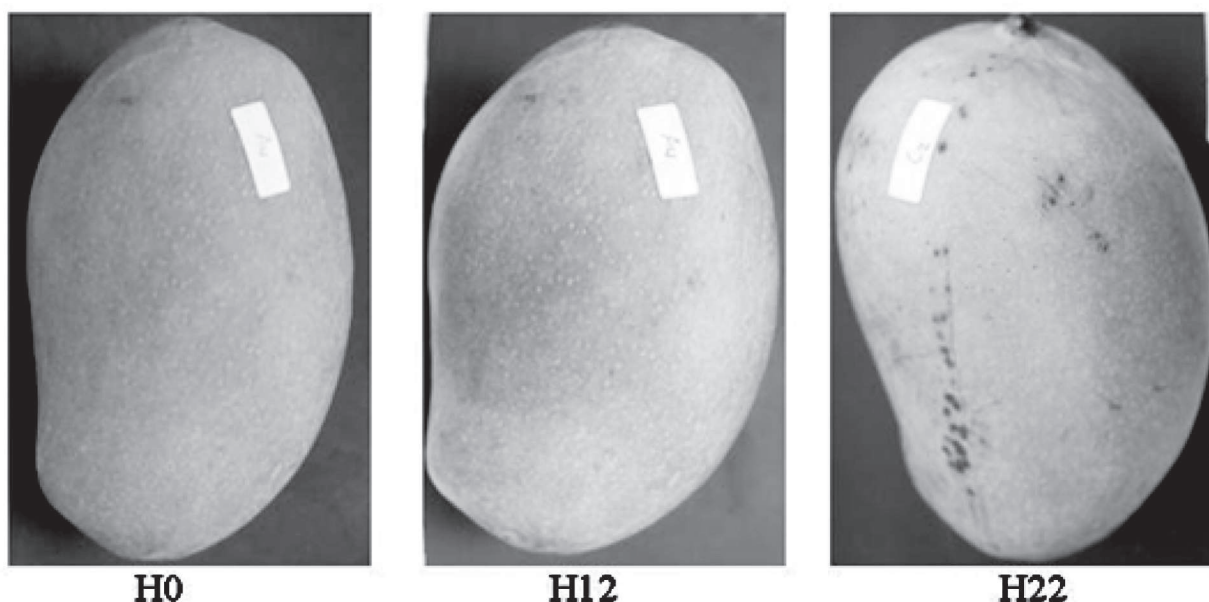
Untuk menguji hasil penggolongan mangga Arumanis selama penyimpanan dengan metode PCA maka dilakukan validasi terhadap buah mangga yang berbeda sebanyak 30 sampel berasal dari H0, H12 dan H22 masing masing 10 sampel. Validasi dilakukan menggunakan metode *Mahalanobis distance* (MD). MD merupakan metode perhitungan jarak dengan menghitung *space* antara variabel asli dan *space* komponen utama (PCs) (Maesschalck *et al.* 2000). Perhitungan MD ini berdasarkan Maesschalck *et al.* (2000) dengan langkah awal menghitung varian dan covarian matriknya, kemudian MD dirumuskan dengan Persamaan 1.

$$MD_i = \sqrt{\left(\frac{x_{i1} - \bar{x}_1}{\sigma_1}\right)^2 + \left[\left(\frac{x_{i2} - \bar{x}_2}{\sigma_2}\right) - p_{12}\left(\frac{x_{i1} - \bar{x}_1}{\sigma_1}\right)\right]^2 \frac{1}{\sqrt{1 - p_{12}^2}}}\quad (1)$$

dan

$$p = \frac{\text{covarian PC1PC2}}{\sqrt{\text{varian PC1}} \sqrt{\text{varian PC2}}}\quad (2)$$

Dimana x_{i1} merupakan *mean* dari PC1, x_{i2} merupakan *mean* dari PC2, σ_1 adalah varian PC1, σ_2 adalah varian PC2, sedangkan x_{i1} adalah *mean* PC1 yang akan digolongkan dan x_{i2} adalah *mean* PC2 yang akan digolongkan.

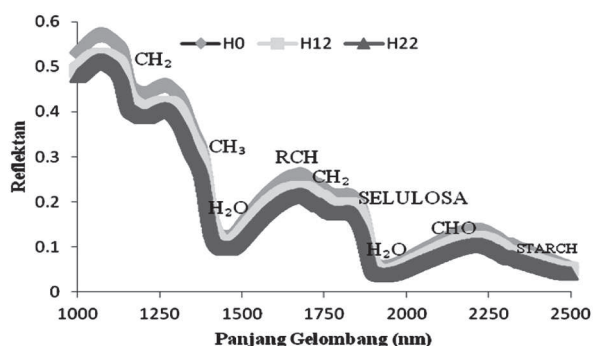


Gambar 1. Penggolongan mangga berdasarkan umur simpan.

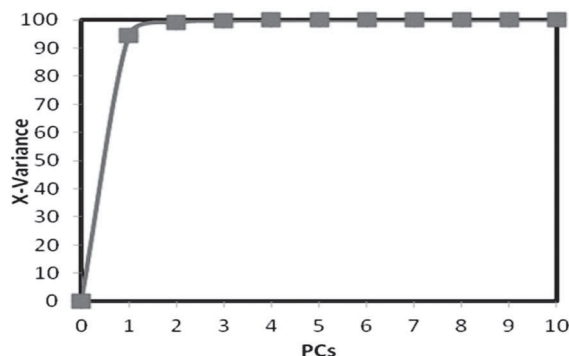
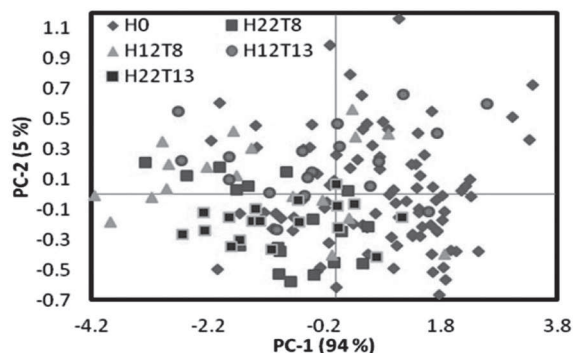
Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Spektra Mangga Arumanis

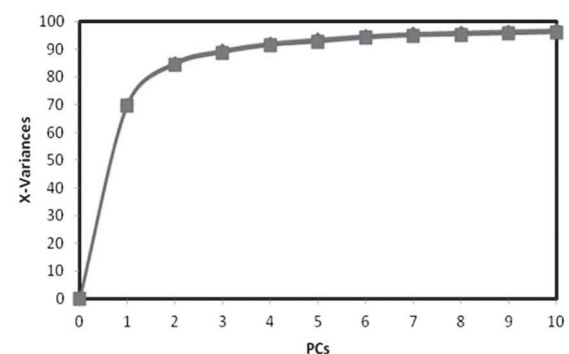
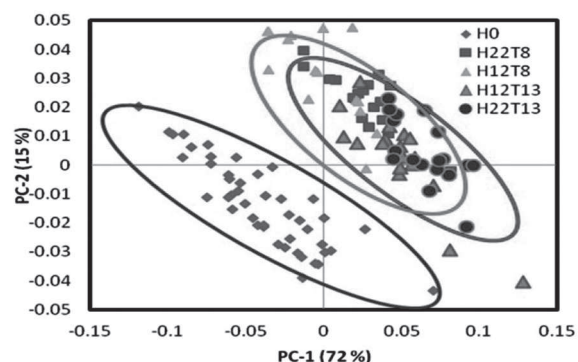
Reflektan spektra mangga untuk kelompok hari penyimpanan ke-0 (H0), hari ke-12 (H12, gabungan H12T8 dan H12T13), dan hari ke-22 (H22, gabungan H22T8 dan H22T13) disajikan pada Gambar 2. Secara umum bentuk dan tipikal reflektan selama penyimpanan sama terdiri dari beberapa puncak dan lembah. Masing-masing puncak dan lembah dapat diinterpretasikan memiliki kandungan kimia yang berbeda. TPT berada pada panjang gelombang 1215 dan 1750 nm yang menunjukkan adanya ikatan C-H yang mengindikasikan adanya gula-gula sederhana. Kandungan asam berada pada panjang gelombang 1350 dan 2200 yang menunjukkan adanya ikatan C-H yang



Gambar 2. Spektra mangga pada penyimpanan hari ke-0, ke-12, dan ke-22.



Gambar 3. Penggolongan mangga berdasarkan umur simpan tanpa *pretreatment*.



Gambar 4. Penggolongan mangga berdasarkan umur simpan dengan *pretreatment*

mengindikasikan adanya berbagai asam organik. Sedangkan air berada pada panjang gelombang 1180, 1411, dan 1940 nm yang menunjukkan adanya ikatan O-H (Osborne 1993; chen dan He 2007).

Dari Gambar 2 dapat dilihat penurunan nilai spektra reflektan mangga H0, H12, dan H22. Penurunan nilai spektra reflektan ini disebabkan adanya peningkatan penyerapan oleh kandungan kimia mangga selama penyimpanan (TPT, kadar air, total asam) (Tabel 1). Suhu berpengaruh terhadap perubahan sifat fisikokimia buah selama penyimpanan. Semakin rendah suhu penyimpanan maka akan memperlambat laju metabolisme buah mangga. Dapat dilihat pada Tabel 1, buah yang disimpan pada suhu 13°C (T13) mengalami penurunan kekerasan dan total asam, serta kenaikan TPT, susut bobot, dan rasio gula asam yang lebih cepat daripada suhu 8°C (T8).

Penggolongan Mangga Berdasarkan Lama Penyimpanan

Selama penyimpanan pada suhu rendah, buah mengalami perubahan fisik dan kimia. Penggolongan berdasarkan hari penyimpanan mangga untuk H0, H12, dan H22 tanpa *treatment* dapat dilihat pada Gambar 3. Penggolongan tanpa *treatment* kurang mampu menggolongkan mangga dengan baik, karena masih ada tumpang tindih antar PCs pada setiap kelompok hari penyimpanan. Total data varian dapat dijelaskan oleh dua PCs yaitu PC1 sebesar 94% dan PC2 sebesar 5%.

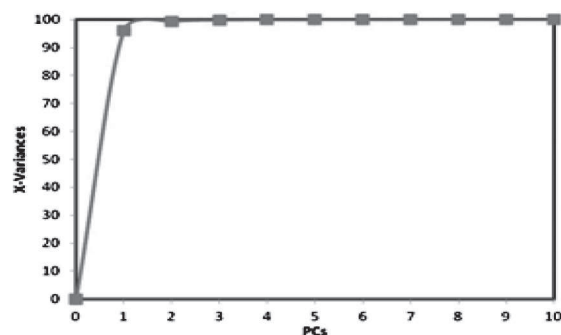
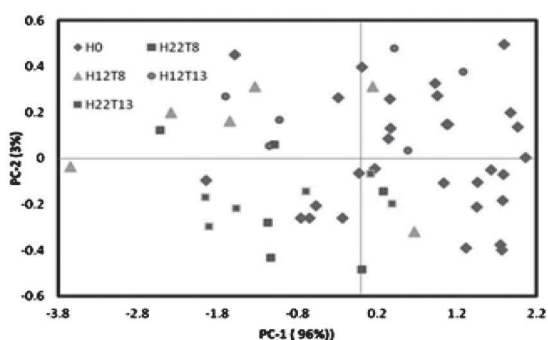
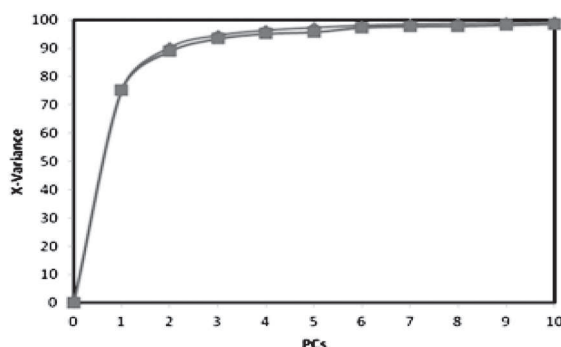
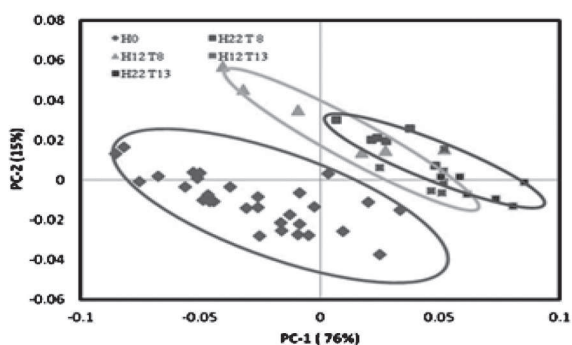
Tabel 1. Perubahan kandungan fisikokimia mangga selama penyimpanan.

Kelompok Mangga	TPT ($^{\circ}$ Brix)	TOTAL ASAM (%)	KEKERASAN (N)	SUSUT BOBOT (%)	RASIO Gula Asam
H0	6.47 \pm 0.3	8.11 \pm 1.98	57.47 \pm 15.86	0 \pm 0	0.86 \pm 0.25
H12T8	9.63 \pm 2.3	7.37 \pm 1.92	26.4 \pm 6.25	3.93 \pm 0.66	1.48 \pm 0.78
H12T13	12.22 \pm 2.03	7.66 \pm 1.75	21.66 \pm 6.55	7.38 \pm 0.84	1.72 \pm 0.71
H22T8	12.32 \pm 1.1	6.19 \pm 1.26	25.16 \pm 3.37	6.99 \pm 0.83	2.06 \pm 0.42
H22T13	15.66 \pm 0.86	6.2 \pm 2.05	5.96 \pm 0.8	13.13 \pm 1.43	2.86 \pm 1.24

Spektrum asli dari NIR mengandung *background* dan *noise* selain informasi yang terkandung di dalamnya. Untuk itu perlu dilakukan *pretreatment* sebelum digolongkan (Chen dan He 2007). *Pretreatment* yang dipilih adalah *Mean Normalization* (MN) dan *Smoothing* (SA). Penggunaan *pretreatment* ini bertujuan untuk mengurangi pengaruh interferensi gelombang, *noise* dan informasi yang tidak diperlukan pada spektra.

Penggolongan mangga berdasarkan umur simpan (Gambar 4) setelah spektra diberi perlakuan MN dan SA dapat memisahkan kelompok mangga dengan baik. Penggolongan H0, H12, dan H22 dapat dibedakan dengan keragaman sebesar 87% dimana PC1 menjelaskan keragaman 72% dan PC2 menjelaskan keragaman 15%. Mangga yang belum disimpan dapat dipisahkan dengan mangga yang disimpan 12 hari dan 22 hari. Namun mangga pada H12 tidak terpisah dengan baik dengan mangga

H22, masih terdapat irisan masing-masing PC antara H12 dan H22. Hal ini menunjukkan bahwa mangga yang disimpan selama 12 dan 22 hari mengalami perubahan mutu internalnya. Perubahan mutu internal ditandai dengan berubahnya sifat fisik dan kandungan kimianya selama penyimpanan seperti meningkatnya TPT, menurunnya kandungan asam, menurunnya kekerasan dan berkurangnya kandungan air. Perubahan fisikokimia pada mangga selama penyimpanan juga dijelaskan oleh beberapa peneliti seperti Rathore *et al.* (2007); Baloch *et al.* (2012); dan Islam (2014). Suhu juga berpengaruh terhadap nilai dari spektra dimana spektra mengalami pergeseran saat suhu simpan lebih tinggi (13 $^{\circ}$ C). Buah yang disimpan pada suhu yang lebih rendah akan menghambat laju metabolismenya sehingga menghambat perubahan mutu internal mangga selama penyimpanan (Tabel 1).

Gambar 5. Penggolongan mangga setelah dirata-ratakan tanpa *pretreatment*Gambar 6. Penggolongan mangga setelah dirata-ratakan dengan *pretreatment*.

Tabel 2. Parameter untuk menghitung nilai MD.

Parameter hitung	H0		H12		H22	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
n	30	30	12	12	12	12
mean	-0.2168	-0.0057	0.02368	0.01409	0.0542	0.0144
Variance	0.0009	0.0002	0.00137	0.0005	0.00063	0.00017
covariance	-0.00028		-0.00044		-0.00024	

Tabel 3. Nilai PCs masing-masing sampel yang akan digolongkan

	H0		H12		H22	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
- 0.023	-0.0058	0.0278	0.0132	0.0454	0.0063	
-0.0249	-0.0048	0.0058	0.0316	0.0445	0.0105	
-0.0333	-0.008	0.0192	0.0127	0.0485	0.0169	
-0.0367	-0.0060	0.0258	0.0125	0.0501	0.0163	
-0.0391	-0.0068	0.0227	0.0055	0.04565	0.0109	
-0.0249	-0.0048	0.0129	0.0234	0.0519	0.0156	
-0.0367	-0.0060	0.0272	0.0136	0.0481	0.0108	
-0.0328	-0.0071	0.0334	0.0113	0.05	0.012	
-0.0197	0.00894	0.0199	0.0241	0.05	0.0108	
-0.0196	-0.004	0.0162	0.0100	0.0593	0.001	

Tabel 4. Hasil validasi penggolongan mangga dengan MD.

Sampel	Prediksi NIR			Jumlah	Persentase (%)
	H0	H12	H22		
Original					
H0	10	0	0	10	100
H12	0	8	2	10	80
H22	0	2	8	10	80
Jumlah	10	10	10	30	86.7

Penggolongan buah mangga selama penyimpanan lebih baik saat data spektra dirata-ratakan (Gambar 5). Pada pengelompokan tanpa *Pretreatment* varian dapat dijelaskan oleh 2 PCs sebesar 99%.

Setelah diberi *pretreatment* MN dan SA maka pengelompokan lebih baik (Gambar 6). Buah dapat digolongkan dengan total varian dari perlakuan ini yang dijelaskan oleh 2 PCs sebesar 91% dimana PC1 menjelaskan varian sebesar 76% dan PC2 sebesar 15%. Penggunaan beberapa *pretreatment* dapat memperbaiki kinerja PCA dalam menggolongkan seperti yang telah dilakukan Zulfahrizal *et al.* (2014) untuk menggolongkan kakao fermentasi dan yang tidak fermentasi dengan menggunakan *pretreatment Multiplicative Scatter Correction (MSC)* dan *Standard Normal Variate (SNV)*.

Penggolongan Berdasarkan Nilai *Mahalanobis Distance (MD)*

Hasil penggolongan dengan metode PCA menghasilkan model terbaik setelah data spektra dirata-ratakan dan perlakuan *Pretreatment* NM

dan SA. Untuk menguji model ini dapat digunakan untuk sampel yang lain maka dilakukan validasi dengan metode *Mahalanobis Distance (MD)*. Tabel 2 menunjukkan parameter yang digunakan untuk menghitung nilai MD dari sampel H0, H12, dan H22. Nilai MD dihitung dengan menggunakan Persamaan 1.

Jumlah sampel yang digunakan untuk validasi ini adalah 30 buah mangga yang terdiri dari 10 buah untuk masing-masing mangga yang baru dipanen (H0), H12, H22. Kemudian dihitung nilai PC1 dan PC2 (Tabel 3) dengan metode PCA dan perlakuan *Pretreatment* NM dan SA. Nilai PCs yang telah didapat dari masing-masing sampel yang akan digolongkan kemudian dilakukan perhitungan jarak dengan Persamaan 1 terhadap nilai parameter hitung (Tabel 2). Hasil validasi penggolongan mangga baru dengan MD dapat dilihat pada Tabel 4.

Nilai MD menunjukkan jarak posisi sampel baru terhadap nilai tengah dari PCs masing-masing mangga yang telah disimpan yang didapatkan dari analisis PCA-nya. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa sampel H0 dapat terpisah 100% dengan sampel H12

dan H22. Sedangkan sampel H22 dan H12 dari 20 sampel yang diprediksi NIR hanya 16 sampel yang tepat 4 sampel lain saling berpotongan. Perpotongan yang terjadi antara mangga yang disimpan hari ke-12 dan hari ke-22 sesuai dengan penggolongan dengan metode PCA (Gambar 6). Dari 30 sampel spektra yang diprediksi dengan NIR ini maka yang dapat digolongkan dengan tepat adalah 26 buah. Dengan demikian penggolongan mangga cv Arumanis berdasarkan lama penyimpanan dengan metode NIR dan analisis PCA dan MD ini dapat menggolongkan mangga dengan tepat 86.67%.

Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa metoda NIRS dengan analisis PCA, *pretreatment Mean Normalization* dan *Smoothing* dan MD dapat menggolongkan mangga yang baru dipanen (H0) dengan mangga yang telah disimpan dingin selama 12 dan 22 hari (H12 dan H22) berdasarkan mutu internalnya dengan tingkat akurasi 87%.

Daftar Pustaka

- Ahmad U. 2002. Pengolahan citra untuk pemeriksaan mutu buah mangga. Buletin Keteknikan Pertanian 16 (1): 30-41.
- Andasuryani, Purwanto Y.A., Budiastira I.W., Syamsu K. 2013. Determination of catechin as main bioactive component of gambir (*Uncaria gambir Roxb*) by FT-NIR Spectroscopy. Journal of Medicinal Plant Research 7 (41): 3076-3083.
- AOAC International. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International. Secs., 942.15. Washington. USA.
- AOAC, 1994. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 1111 North 19th Street, Suite 20, 16th Edi. Arlington, Virginia, USA. 22209.
- Baloch M.K., Bibi F. 2012. Effect of harvesting and storage conditions on the post harvest quality and shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) fruit. South African Journal of Botany 83: 109–116.
- Beghi R., Giovenzana V., Civelli R., Cini E., Riccardo G. 2013. Characterisation of olive fruit for the milling process by using visible/near infrared spectroscopy. Journal of Agriculture Engineering XLIV: e8.
- Chen H. dan He Y. 2007. Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. Journal Trends in Food Science & Technology 18: 72-83.
- Firdaus M. 2014. Mango (Harummanis) Quality Grading System. Thesis. Tun Hussein Onn University of Malaysia.
- Guidetti R., Beghi R., Giovenzana V. 2012. Chemometrics in food technology. In: K. Varmuza (ed.) Chemometrics. InTech: EPublishing, New York, NY, USA, 217-252.
- Islam M.K. 2014. Behavioral Pattern of Physicochemical Constituents of the Postharvest Mango (*mangifera indica* L.) influenced by Storage stimuli. Pakistan Journal of Biological Sciences. ISSN 1028-8880.
- Jan I., Rab A. 2012. Influence of storage duration on physic-chemical change in fruit of apple cultivars. Journal of Animal & Plant Sciences 22(3): 708-714. ISSN: 1018-7081
- Jha S.N., Jaiswal P. Narsaiah K., Kumar R., Sharma R., Gupta M., Bhardwaj R., Singh K. Authentication of mango Varieties Using Near-Infrared Spectroscopy. Agricultural Research 2(3): 229-235.
- Maesschalck R.D., Rimboud D.J., Massart D.L. 2000. Tutorial the Mahalanobis distance. Chemometric and Intelligent Laboratory Systems 50: 1-18.
- Kienzie S., Pittaya S.s, Carle R., Sirisakulwat S., Spreer W., Neidhart S. 2011. Harvest maturity specification for mango fruit (*Mangifera indica* L. 'Chok Anan') in regard to long supply chains. Journal Postharvest Biology and Technology 61: 41-45.
- Kienzie S., Pittaya S., Carle R., Sirisakulwat S., Spreer W., Spreer W. 2012. Harvest maturity detection for 'Nam Dokmai #4' mango fruit (*Mangifera indica* L.) in consideration of long supply chains. Journal Postharvest Biology and Technology 72: 64-75.
- Nicolai B.M., Beullens K., Bobelyn E., Peirs A., Saeys W., Theron K.I., Lammertyn J. 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology* 46(2): 99-118.
- Osborne B.G., Fearn T., Hindle P.H. 1993. *Practical NIR Spectroscopy*. UK: Longman Scientific and Technical.
- Purwanto Y.A., Zainal P.W., Ahmad U., Mardjan S., Makino Y., Oshita S., Kawagoe Y., dan Kuroki S. 2013a. Non Destructive Prediction of pH in Mango Fruits cv. Gedong Gincu Using NIR Spectroscopy. *International Journal of Engineering & Technology* Vol 13 Issue 3. pp. 70-73.
- Purwanto Y.A., Zainal P.W., Sutrisno, Ahmad U., Makino Y., Oshita S., Kawagoe Y. dan Kuroki S. 2013b. Non destructive prediction of ripe-stage quality of mango fruit cv 'Gedong Gincu' stored in low temperature by NIR Spectroscopy. Proceeding of the International Symposium on Agricultural and Biosystem Engineering -ISABE-2013, Yogyakarta, Indonesia

- Rathore H.A., Masud T., Sammi S., Soomro A.H. 2007. Effect of Storage on Physico-Chemical Composition and Sensory Properties of Mango (*Mangifera indica* L.) Variety Dosehari. *Pakistan Journal of Nutrition* 6 (2): 143-148. ISSN 1680-5194
- Roggo Y., Chalus P., Maurer L., Martinez C.M., Edmond A., Jent N. 2007. A review of near infrared spectroscopy and chemometrics in pharmaceutical technologies. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 44: 683–700.
- Sandra. 2005. Aplikasi jaringan yaraf tiruan untuk pendugaan mutu mangga segar secara nondestruktif. *Jurnal Teknologi Pertanian* 6 (1): 66-72.