PENENTUAN KUALITAS BUAH NAGA (*Hylocereus undatus*) DENGAN METODE NON-DESTRUKTIF**[Nondestructive Determination of Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*) Quality]****Nafis Khuriyati*, Muh Bayu Fibriato, dan Darmawan Ari Nugroho**

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Gadjah Mada

*Email korespondensi: nafis.khuriyati@ugm.ac.id

Diterima : 17 Oktober 2017

Disetujui: 19 April 2018

DOI: /10.23960/jtihp.v23i2.65-74

ABSTRACT

Sorting dragon fruit based on color, size, and physical defects using human senses does not adequately reflect the nutritional content of the fruit. Nutrient content in dragon fruit has been determined by injuring fruit (destructive). The objective of the research was to develop a non-destructive method based on color measurement to determine the quality of dragon fruit which includes texture, moisture content, total dissolved solids, and total acid. Non-destructive color measurement used Chromameter to predict fruit maturity. Based on the results of this fruit maturity prediction, dragon fruit quality was predicted by using a regression model between fruit maturity and each quality parameter. Dragon fruit from various variations of maturity was used as a sample to find out its quality changes, and a regression equation was formed between the maturity of fruit and fruit quality. The results showed that along with the increasing maturity of dragon fruit, color ($L^ a^* b^*$), texture, moisture content, and total dissolved solids changed following a cubic regression model. Color component "b" (yellowness) has the strongest relationship to fruit maturity ($R^2 = 0.95$). With the knowledge of fruit maturity based on these colors, the quality of dragon fruit could be determined through regression equations with results that were not significantly different from those with destructive methods, except total acid.*

Keywords: dragon fruit quality, non-destructive method

ABSTRAK

Sortasi buah naga didasarkan atas warna, ukuran, dan cacat fisik dengan menggunakan indera manusia tidak cukup mencerminkan kandungan nutrisi yang ada dalam buah. Kandungan nutrisi dalam buah naga selama ini ditentukan dengan merusak buah (destruktif). Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode non-destruktif berbasis pengukuran warna untuk penentuan kualitas buah naga yang meliputi tekstur, kadar air, total padatan terlarut, dan total asam. Pengukuran warna secara non-destruktif menggunakan chromameter untuk memprediksi umur buah. Berdasarkan hasil prediksi umur buah ini, kualitas buah naga diprediksi menggunakan model regresi antara umur buah dan masing-masing parameter kualitas. Buah naga dari berbagai variasi umur digunakan sebagai sampel untuk diketahui perubahan kualitasnya dan disusun persamaan regresi antara umur buah dengan kualitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya umur buah naga, warna ($L^* a^* b^*$), tekstur, kadar air, dan total padatan terlarut berubah mengikuti model regresi kubik. Komponen warna

“b” (*yellowness*) memiliki hubungan paling kuat terhadap umur buah ($R^2 = 0,95$). Dengan diketahuinya umur buah berdasarkan warna tersebut, kualitas buah naga dapat ditentukan melalui persamaan-persamaan regresi dengan hasil yang tidak berbeda nyata dengan hasil pengukuran dengan metode destruktif, kecuali total asam.

Kata kunci: kualitas buah naga, metode non-destruktif

PENDAHULUAN

Buah naga dengan nama latin *Hylocereus undatus* memiliki bentuk bulat memanjang dengan jumbai atau sisik berwarna hijau pada permukaan kulit. Menurut Martasuta (2000) spesies buah naga yang biasa dikonsumsi berasal dari genus *Hylocereus*, *Selenicereus* dan *Mediocractus*. Kelompok *Hylocereus* memiliki 17 spesies. Tiga di antaranya yang sudah banyak dibudidayakan secara komersial adalah *Hylocereus undatus* (daging buah putih), *Hylocereus polyrhizus* (daging buah merah keunguan), dan *Hylocereus costaricensis* (daging buah super merah). Kulit buah ketiga spesies ini berwarna merah. Bobot per buah berkisar 400g–650g dengan kadar kemanisan mencapai 10–15 Brix.

Potensi pengembangan buah naga cukup besar mengingat nilai ekonomis dari buah ini sangat tinggi. Selain itu, ketersediaan lahan pesisir pantai yang luas dapat dimanfaatkan untuk pembudidayaan buah naga karena tanaman ini dapat tumbuh baik di daerah marginal (Nerd dan Mizrahi, 1997). Buah naga juga memiliki khasiat bagi kesehatan manusia karena mengandung antioksidan sebagai zat anti kanker (Thirugnanasambandham dan Sivakumar, 2017).

Buah naga termasuk golongan buah non-klimakterik sehingga harus dipanen pada tingkat kematangan yang tepat. Agar diperoleh mutu yang seragam maka setelah buah dipanen dilakukan sortasi. Sortasi secara umum bertujuan menentukan klasifikasi komoditas berdasarkan mutu sejenis yang terdapat dalam komoditas itu sendiri (Kastaman, 2008). Dari hasil survei di sentra budidaya buah naga di Kulon Progo Yogyakarta, sortasi buah naga dilakukan dengan mengelompokkan

buah atas dasar warna, ukuran berat, dan cacat fisik. Namun kenampakan fisik tersebut tidak dapat menunjukkan kandungan kimianya. Kandungan kimia yang selama ini ditentukan dengan merusak buah (destruktif), terutama total padatan terlarut dan total asam akan mempengaruhi citarasa buah (Wanitchang *et al.*, 2010). Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mengembangkan metode pengujian kualitas secara non-destruktif, misalnya menggunakan teknologi near infrared untuk komoditas tomat (Khuriyati, *et al.*, 2005) dan mangga (Saranwong, 2004). Mizrach (2000) menggunakan teknik ultrasonic untuk menentukan sifat-sifat pada buah alpukat dan mangga secara non-destruktif. Mengingat pentingnya mengetahui kandungan kimia buah naga, penelitian ini bertujuan mengembangkan metode penentuan kualitas buah naga yang meliputi tekstur, kadar air, total padatan terlarut, dan total asam secara non-destruktif berbasis warna yang diukur menggunakan chromameter. Hubungan secara langsung antara warna dan kandungan kimia belum diketahui, oleh karena itu, penelitian ini menggunakan dasar pola perubahan kualitas buah naga selama pertumbuhan buah. Kualitas buah ditentukan melalui dua tahap prediksi. Pertama, prediksi umur buah berdasarkan hasil pengukuran warna dan kedua, berdasarkan hasil prediksi umur buah tersebut dilakukan prediksi kandungan kimia buah serta tekstur.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah naga. Alat yang

digunakan adalah chromameter, Universal Testing Machine, dan refraktometer Abbe model 1-T.

Metode Penelitian

Penelitian terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi: penyiapan sampel buah, pengujian kualitas, penyusunan persamaan regresi antara umur buah dengan kualitas, dan penentuan kualitas berdasarkan warna buah.

Penyiapan sampel

Sampel buah naga diambil dari Kebun Agrowisata Kusumo Wanadri yang terletak di Desa Glagah, Kabupaten Kulon Progo, tepatnya di tepi Pantai Glagah Indah, 44 kilometer sebelah barat daya kota Yogyakarta. Tiga tanaman buah naga daging putih dipilih untuk diambil buahnya sebagai sampel. Tanaman harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut: (1) Berumur >2 tahun, produksi buah stabil, tampak kokoh, kekar, sehat atau tidak terserang penyakit, dan memiliki banyak cabang dan (2) Tanaman berasal dari 1 plot lokasi yang sama untuk memperkecil keragaman buah yang mungkin dapat ditimbulkan oleh faktor-faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, kelembaban, dan sebagainya. Adapun pengambilan sampel dilakukan dengan cara sebagai berikut: (1) dari 3 tanaman (tiang panjatan) terpilih diambil masing-masing satu buah naga sebagai sampel; (2) sampel dipetik secara berkesinambungan, dengan pemetikan awal dilakukan pada saat buah naga masih muda (14 DAA) hingga mencapai kematangan penuh (43 DAA) dengan interval antara 4-5 hari, yaitu 14, 18, 22, 26, 32, 35, 39, dan 43 DAA. Masing-masing periode pemetikan diambil 3 sampel; dan (3) sampel dibawa ke laboratorium untuk pengujian kualitas.

Pengujian kualitas

Pengujian kualitas sampel meliputi warna kulit buah (Chromameter Minolta CR-400), tekstur (Universal Testing

Machine), kadar air (Metode Thermogravimetri), total padatan terlarut (Refraktometer Abbe model 1-T), dan total asam (Metode Titrasi).

Penyusunan model dengan analisis regresi

Analisa regresi merupakan suatu model matematis yang dapat digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara dua atau lebih variabel. Tujuan utama analisa regresi adalah untuk membuat prediksi nilai suatu variabel jika nilai variabel yang lain yang berhubungan dengannya sudah ditentukan. Tahapan pemodelan dengan analisa regresi, yaitu (1) Menentukan variabel prediktor (umur buah) dan variabel respon ($La \cdot b^*$, tekstur, kadar air, total padatan terlarut, total asam); (2) Menentukan spesifikasi model regresi, yaitu: regresi linier, logaritmik, kuadratik, kubik, atau eksponensial berdasarkan pola hubungan yang terbentuk antara umur buah dan masing-masing parameter kualitas; (4) Estimasi parameter model regresi dengan menggunakan *software SPSS 15.0* yaitu prosedur *curve estimation*; (5) Uji statistik dan akurasi model untuk menentukan model terbaik dengan kriteria statistik koefisien determinasi (R^2) dan uji F dengan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$; (6) Validasi model dengan menggunakan uji *t* berpasangan (*Paired t Test*) untuk mengetahui apakah data aktual dengan data prediksi berbeda nyata atau tidak.

Penentuan kualitas berdasarkan warna buah

Tahapan terakhir merupakan pendekatan metode non-destruktif yang diusulkan dari penelitian ini. Berdasarkan hasil pengukuran warna secara non-destruktif dengan chromameter, umur buah dapat diprediksi dengan menggunakan model regresi yang terbentuk antara umur buah dengan warna. Untuk menentukan kualitas buah yang meliputi tekstur, kadar air, total padatan terlarut, dan total asam, hasil prediksi umur buah ini diplotkan

dalam model regresi yang terbentuk antara umur buah dengan tiap-tiap parameter kualitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Warna, Tekstur, dan Kandungan kimia Buah Naga

Analisa warna kulit buah naga dengan Chromameter Minolta CR-400 menunjukkan bahwa nilai variabel L (*Lightness*) dan b^* (*yellowness*) mengalami penurunan, sedangkan variabel a^* (*redness*) mengalami peningkatan. Rentang nilai variabel $L a^* b^*$ dari buah muda hingga masak adalah “L” (48,44–36,29), “ a^* ” (-14,62–35) dan “ b^* ” (21,02–6,32). Hasil ini menyatakan bahwa tingkat perubahan warna yang terjadi sangat besar dan relevan dengan pengamatan secara visual yaitu adanya perbedaan warna yang menyolok antara buah muda dengan buah masak. Kulit buah naga *Hylocerus undatus* berubah warna pada 24–25 DAA dan menjadi merah penuh 4–5 hari sesudahnya (Nerd *et al.*, 1999). Perubahan warna hijau ke merah dalam penelitian ini berlangsung pada rentang umur 26 – 32 DAA. Grafik perubahan warna kulit disajikan dalam Gambar 1.

Gambar 1. Perubahan warna dengan variasi umur buah

Perubahan warna pada jaringan tanaman disebabkan oleh degradasi

maupun sintesis pigmen-pigmen. Perubahan warna kulit buah naga disebabkan oleh degradasi klorofil dan sintesis pigmen betasianin. Pigmen ini termasuk ke dalam kelompok pigmen betalain. Betalain ditemukan pada tanaman bit, bougenvil, spesies *amaranthus* dan sebagian besar kaktus. Pigmen betasianin menyebabkan munculnya warna kemerah-merahan hingga ungu pada bagian-bagian tanaman seperti mahkota bunga, buah, daun, batang, dan akar. Sintesis pigmen ini dibantu oleh cahaya (Wybraniec, 2007).

Perubahan warna kulit buah diikuti dengan perubahan komponen fisik yaitu tekstur. Tekstur merupakan sebuah atribut mutu yang penting dan biasanya dikombinasikan dengan atribut lain seperti warna untuk digunakan sebagai indeks kematangan dan indeks mutu. Indeks kematangan buah kiwi menggunakan tekstur dan padatan terlarut (Wanitchang *et al.*, 2010). Perubahan tekstur buah naga dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Perubahan tekstur dengan variasi umur buah

Analisa tingkat kekerasan (tekstur) menunjukkan bahwa tekstur buah mengalami penurunan (pelunakan) sejalan dengan peningkatan umur buah. sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Dapat diamati pula dari Gambar 1 dan Gambar 2 bahwa pada saat buah berumur >35 DAA nilai warna dan tekstur cenderung tetap. Hal ini dapat menjadi indikasi bahwa buah telah masak. Pelunakan buah disebabkan oleh perubahan bahan-bahan pektin terutama

protopektin. Protopektin adalah bahan pektin yang terdapat dalam jaringan buah yang belum matang. Bahan ini menghasilkan tekstur keras pada buah yang belum matang. Ketika buah mengalami pematangan kemudian masak, sintesis enzim protopektinase menyebabkan degradasi protopektin menjadi bahan pektin yang larut dalam air (Sikorski *et al.*, 2008).

Pada saat buah berubah warna dan mengalami pelunakan, komponen internal buah seperti kandungan air, total padatan terlarut, dan keasaman juga mengalami perubahan. Pengujian kandungan buah naga dilakukan secara destruktif yaitu dengan membelah buah dan mengambil sejumlah sampel daging buah dalam bentuk sari buah atau bubur buah. Hasil analisa kadar air menunjukkan bahwa kadar air daging buah naga mengalami penurunan meskipun tingkat penurunannya relatif kecil. Persentase kadar air buah naga dalam penelitian antara 81,03- 88,98%. Grafik perubahan kadar air terhadap umur petik disajikan dalam Gambar 3.

Gambar 3. Perubahan kadar air dengan variasi umur buah

Perubahan kadar air dalam tanaman dipengaruhi oleh peristiwa transpirasi yaitu hilangnya air dalam bentuk uap air dari jaringan hidup tanaman melalui stomata, lubang kutikula, dan lenti sel. Stomata berperan besar dalam keluarnya uap air dari jaringan tanaman. Transpirasi melalui stomata dapat mencapai 80 - 90 % dari total transpirasi pada tanaman. Karena buah naga memiliki karakteristik tanaman

CAM dicirikan dengan terbukanya stomata pada malam hari, menyebabkan kehilangan air oleh transpirasi cukup kecil sehingga kadar air relatif tetap. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa perubahan kadar air daging buah naga hampir konstan pada berbagai tingkat umur (Kastaman, 2008).

Analisa total padatan terlarut menunjukkan bahwa total padatan terlarut mengalami peningkatan hingga umur pengamatan terakhir dengan nilai antara 0,88 - 7,94 Brix. Pada saat buah masak, padatan terlarut total antara 6,81 - 7,94 Brix. Hasil ini sesuai dengan referensi maupun penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa tingkat kemanisan buah naga *Hylocereus undatus* lebih rendah atau kurang manis apabila dibandingkan dengan buah naga spesies lain seperti *Hylocereus polyrhizus* atau *Selenicereus megalanthus*. Padatan terlarut buah naga mempunyai korelasi yang sangat tinggi dengan gula terlarut sehingga dapat digunakan sebagai indeks kematangan (Nerd *et al.*, 1999). Gambar 4 menunjukkan grafik perubahan total padatan terlarut dengan variasi umur petik.

Gambar 4. Grafik perubahan total padatan terlarut dengan variasi umur buah

Proses fotosintesis dan respirasi mengakibatkan perubahan komposisi kimia pada buah-buahan. Umumnya ditandai dengan perubahan rasa buah dari masam menjadi manis sejalan dengan tingkat perkembangan buah. Rasa manis pada buah yang telah masak sebagai akibat dari

hidrolisis pati menjadi gula sederhana (glukosa). Sedangkan rasa masam yang terdapat pada buah muda (mentah) disebabkan oleh akumulasi asam-asam organik.

Hasil pengujian total asam dengan metode titrasi menunjukkan bahwa konsentrasi asam organik dalam daging buah naga relatif rendah dengan persentase antara 0,34-3,33 %. Keasaman meningkat pada saat buah berumur 22 DAA, kemudian mencapai puncak pada umur 26 DAA, dan selanjutnya mengalami penurunan seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.

Gambar 5. Perubahan total asam buah naga dengan variasi umur buah

Perubahan keasaman buah naga dicirikan dengan terjadinya kenaikan asam hingga mencapai puncak kemudian berangsur-angsur mengalami penurunan. Fenomena ini disebabkan pada buah muda terjadi akumulasi asam organik yaitu asam malat. Asam malat merupakan asam organik yang berperan penting dalam metabolisme tanaman CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*) seperti buah naga.

Bahan-bahan organik seperti asam dan pati sebagai hasil fotosintesis akan digunakan sebagai sumber energi untuk melangsungkan berbagai aktivitas tanaman seperti pembelahan dan pembesaran sel, metabolisme, dan sebagainya. Oleh karena itu pada buah muda laju fotosintesis lebih tinggi daripada laju respirasi. Pada saat kebutuhan energi untuk pertumbuhan, pemeliharaan dan proses transport tinggi, ATP dipakai dengan sangat cepat sehingga

menghasilkan ADP, akibatnya laju respirasi meningkat. Peristiwa ini mungkin terjadi ketika buah mengalami pematangan. Proses respirasi membutuhkan asam piruvat yang berasal dari dekarboksilasi asam malat. Apabila laju respirasi terus meningkat maka cadangan asam malat dapat menyusut.

Pada pematangan dan pemasakan buah laju fotosintesis semakin lambat sedangkan proses respirasi terus berlangsung. Akibatnya terjadi penurunan keasaman karena perombakan asam malat tanpa diimbangi dengan sintesis asam organik baru. Untuk mencukupi kebutuhan asam piruvat maka pati dihidrolisis menjadi gula sederhana (glukosa) kemudian dilanjutkan dengan glikolisis sehingga menghasilkan asam piruvat. Dampak dari proses ini adalah peningkatan gula terlarut dalam buah yang menimbulkan rasa manis.

Analisa Regresi

Analisa regresi dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui model hubungan antara faktor perlakuan (umur buah) dengan variabel respon yaitu variabel warna ($La*b^*$), tekstur, kadar air, total padatan terlarut, dan total asam. Sebelum menggunakan model regresi tertentu terlebih dahulu dilakukan estimasi kurva untuk mengetahui model regresi yang cocok (*fit*) dengan pasangan data. Model regresi yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk memprediksi umur buah, tekstur, dan komposisi buah naga. Umur buah diprediksi dengan model regresi penduga warna, sedangkan nilai tekstur dan kandungan buah diprediksi dengan model regresi penduga tekstur dan model regresi penduga kandungan buah.

Hubungan antar variabel dapat dideteksi terlebih dahulu dengan pendekatan linier. Apabila model regresi linier tidak cocok, maka data dievaluasi dengan model non linier seperti model polinomial tingkat tinggi, sigmoid, logaritma, dan eksponensial yang banyak

digunakan untuk menjelaskan hubungan antar variabel dalam materi biologi (Gomez, 1995). Hubungan antara umur buah dengan variabel respon dievaluasi dengan model regresi linier, logaritma, kuadratik, kubik, dan eksponensial. Model-model tersebut kemudian ditentukan dengan model regresi terbaik yang memenuhi kriteria statistik serta mempunyai akurasi yang tinggi. Kriteria statistik yang digunakan adalah koefisien determinasi (R^2) dan uji F sedangkan akurasi model ditentukan dengan *Root Mean Squared Error* (RMSE).

Model regresi disusun dengan bantuan program *SPSS 15.0 for windows*. Hasil estimasi kurva dan perhitungan akurasi model regresi penduga warna sebagaimana disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Estimasi Kurva Hubungan Umur Buah dengan Variabel warna (*Lightness*, *redness*, dan *yellowness*)

No	Model	R^2
<i>Lightness</i> (L):		
1	Linier	0,86
2	Logaritmik	0,81
3	Kuadratik	0,87
4	Kubik	0,92
<i>Redness</i> (a*):		
1	Linier	0,80
2	Logaritmik	0,76
3	Kuadratik	0,80
4	Kubik	0,92
<i>Yellownes</i> (b*):		
1	Linier	0,85
2	Logaritmik	0,80
3	Kuadratik	0,86
4	Kubik	0,95
	Eksponensial	

Tabel 1 menunjukkan bahwa prosedur estimasi kurva dengan SPSS dapat mengestimasi parameter model-model regresi kecuali model regresi eksponensial variabel *redness*. Hal ini disebabkan oleh adanya nilai negatif pada

data *redness* yang merupakan nilai *redness* buah naga muda.

Kriteria model terbaik berdasarkan koefisien determinasi (R^2) menunjukkan bahwa R^2 terbesar dari ketiga komponen warna terdapat pada model regresi kubik. Berdasarkan uji F diketahui bahwa seluruh model regresi penduga *lightness*, *redness*, maupun *yellowness* signifikan. Akurasi model ditentukan dengan RMSE terkecil, yang terdapat pada model kubik penduga *lightness*, *redness*, maupun *yellowness*. Hasil ini menunjukkan bahwa model kubik mempunyai akurasi yang tinggi, jika dibandingkan dengan model-model lainnya. Oleh karena itu, model regresi kubik dipilih sebagai model regresi penduga *lightness*, *redness*, maupun *yellowness* berdasarkan umur buah. Adapun hasil estimasi kurva dan perhitungan akurasi model terhadap variabel tekstur, kadar air, total padatan terlarut, dan total asam dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Estimasi Kurva Hubungan Umur Buah dengan Tekstur, Kadar Air, Total Padatan Terlarut, dan Total Asam

No.	Parameter Kualitas	R^2
Tekstur:		
1	Linear	0,65
2	Logaritmik	0,57
3	Kuadratik	0,67
4	Kubik	0,92
5	Eksponensial	0,74
Kadar Air:		
1	Linear	0,51
2	Logaritmik	0,62
3	Kuadratik	0,74
4	Kubik	0,85
5	Eksponensial	0,51
Total Padatan Terlarut:		
1	Linear	0,89
2	Logaritmik	0,81
3	Kuadratik	0,91
4	Kubik	0,99
5	Eksponensial	0,78
Total Asam:		
1	Linear	0,01
2	Logaritmik	0,00
3	Kuadratik	0,28
4	Kubik	0,32
5	Eksponensial	0,03

Tabel 2 memperlihatkan bahwa model regresi penduga tekstur terbaik terdapat pada model kubik. Hasil ini juga ditunjukkan oleh model regresi kubik penduga kadar air, total padatan terlarut dan total asam. Meskipun R^2 model kubik penduga total asam lebih tinggi jika dibandingkan model linier, logaritmik, kuadratik, dan eksponensial namun nilainya hanya sebesar 0,32. Hasil yang berbeda diperoleh dari perbandingan F hitung dengan F tabel model-model regresi penduga total asam yang menunjukkan bahwa seluruh model tidak signifikan. Hal ini diduga disebabkan oleh adanya nilai persentase asam yang mempunyai ciri sebagai pencilan (*outlier*) sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5 yaitu pada saat buah berumur 26 DAA. Akan tetapi nilai ini tidak dapat dihilangkan dari data karena merupakan fenomena biologis pada buah naga. Penelitian sebelumnya oleh Nerd *et al* (1999) dengan obyek buah naga spesies *Hylocereus polyrhizus* dan *Hylocereus undatus* menunjukkan trend data keasaman tertitrasi yang mirip dengan penelitian ini. Karena model-model regresi penduga total asam tidak signifikan maka model-model tersebut tidak digunakan sebagai alat prediksi. Berdasarkan nilai R^2 terbesar dan Uji F maka model regresi terbaik untuk menduga nilai variabel tekstur, variabel kadar air, dan variabel padatan terlarut total adalah model kubik.

Prediksi umur buah berdasarkan warna

Prediksi umur buah naga dilakukan berdasarkan pada nilai keeratan hubungan antara komponen warna $L^*a^*b^*$ dengan umur buah. Dari analisa regresi dapat diketahui bahwa hubungan antara umur buah dengan masing-masing komponen warna mempunyai keeratan paling tinggi pada model kubik. Koefisien determinasi (R^2) dari model regresi kubik penduga nilai L^* , a^* , dan b^* berturut-turut adalah 0,92; 0,92; dan 0,95. Mengacu pada nilai R^2

terbesar, maka model regresi yang diduga mempunyai keeratan hubungan antara warna dengan umur buah adalah model regresi kubik berdasarkan komponen warna b^* (*yellowness*). Metode ini telah digunakan untuk mengidentifikasi mutu buah manggis menurut umur kematangan setelah buah dipetik (Kastaman, 2008). Umur buah diduga mempunyai keeratan hubungan dengan tekstur buah, hal ini seiring dengan penelitian dari Atkinson *et al.* (2011), Zhang *et al.* (2011), Uluisik *et al.* (2016), dan Ali *et al.* (2016)

Model regresi kubik penduga *yellowness* kemudian digunakan untuk menduga umur buah naga. Umur buah diperoleh dari perhitungan matematis dengan persamaan kubik (orde 3) yang akan menghasilkan 3 akar yaitu X_1 , X_2 , dan X_3 . Hasil perhitungan umur buah naga dengan persamaan kubik disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Prediksi Umur Buah dengan Model Regresi Kubik komponen warna b^* (*yellowness*)

No	b^*	X_1	X_2	X_3
1	6,61	7,4~7	32,4~32	50,8~51
2	6,16	7,3~7	32,6~33	50,7~51
3	6,19	7,3~7	32,6~33	50,7~51

Hasil perhitungan diperoleh nilai X_1 , X_2 , dan X_3 yang merupakan nilai prediksi umur buah dengan model kubik. Berdasarkan ketiga nilai umur buah tersebut, yang dipilih adalah nilai X_2 . Selain model kubik dibangun menggunakan data umur buah antara 14 - 43 DAA, pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa pada umur 7 DAA buah masih muda dan belum layak dikonsumsi, sedangkan pada umur 51 DAA buah telah mengalami *overripe*.

Tabel 4. Hasil Prediksi Kualitas Buah Naga dengan Prediktor Umur Buah

Nomer sampel	Umur (DAA)	Tekstur (N)		Kadar air (%)		Total Padatan Terlarut (Brix)	
		Prediksi	Aktual	Prediksi	Aktual	Prediksi	Aktual
1	32	2,0695	1,5862	82,80	82,55	5,46	5,57
2	33	1,7446	1,4852	82,18	82,63	5,91	6,32
3	33	1,7446	1,5631	80,98	82,63	5,91	6,03

Penentuan Kualitas Berdasarkan Umur Buah

Umur prediksi digunakan sebagai prediktor untuk menentukan nilai tekstur, kadar air, dan total padatan terlarut total dengan model regresi dari masing-masing parameter kualitas tersebut. Hasil pendugaan tiap-tiap parameter kualitas berdasarkan umur buah disajikan dalam Tabel 4.

Setelah diperoleh hasil prediksi tekstur, kadar air, dan total padatan terlarut buah naga dengan model regresi kubik maka dilanjutkan dengan uji validasi untuk mengetahui tingkat akurasi hasil-hasil prediksi tersebut. Hasil pengujian dengan *paired t-test* pada tingkat signifikansi 5% menunjukkan bahwa hasil prediksi tekstur, kadar air, maupun total padatan terlarut terhadap data aktual tidak berbeda nyata. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan nyata antara tekstur aktual yang diukur dengan *Universal Testing Machine* dengan tekstur prediksi. Demikian pula dengan kadar air aktual yang dianalisa dengan metode *Thermogravimetri* dan total padatan terlarut yang diukur dengan refraktometer yang menunjukkan tidak ada perbedaan nyata dengan data hasil prediksi.

KESIMPULAN

Model regresi kubik merupakan model terbaik untuk memprediksi nilai La^*b^* , tekstur, kadar air, total padatan terlarut, dan total asam. Model-model

kandungan buah naga secara non-destruktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S., Ahmad S.T., Aman U. M., Muhammad S.. 2016. Effect of controlled atmosphere storage on pericarp browning, bioactive compounds and antioxidant enzymes of litchi fruits. *Food Chemistry*. 206: 18–29.
- Atkinson, R. G., Kularajathevan Gunaseelan, Mindy Y. Wang, Luke Luo, Tianchi Wang, Cara L. Norling, Sarah L. Johnston, Ratnasiri M., dan Roswitha Schroder. 2011. Dissecting the role of climacteric ethylene in kiwifruit (*Actinidia chinensis*) ripening using a 1-aminocyclopropane- 1 - carboxylic acid oxidase knockdown line. *Journal of Experimental Botany*. 62(11): 3821–3835.
- Gomez, K.A. 1995. Prosedur statistik untuk penelitian pertanian. UI-Press. Jakarta. 698 hlm.
- Kastaman, R. 2008. Aplikasi Pengolah Citra dengan Fitur Warna RGB untuk Proses Klasifikasi Mutu Manggis. *Jurnal Bionatura*. 10(3): 273-291.
- Khuriyati, N. dan Takahisa M.. 2005. Monitoring internal properties o fon-plant tomato fruits using NIR spectroscopy for control of nutrient solution in soilless culture. *Environ. Control in Biol.* 43(1): 39-46.

- Martasuta, N. 2000. Dragon Fruit Mulai Mendunia. *Trubus* No.362. Edisi Januari 2000. Th. XXXI: 50-51.
- Mizrach, A. 2000. Determination of avocado and mango fruit properties by ultrasonic technique. *Ultrasonics*. 38(1-8): 717-722.
- Nerd, A., F. Gutaman, dan Y. Mizrahi. 1999. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *hylocereus* species (*Cactaceae*). *Postharvest Biology Technology*. 17(1): 39-45.
- Nerd, A., Y. Mizrahi. 1997. Reproductive biology of fruit cacti. *Horticulture Review*. 18: 322-346.
- Saranwong, S., J. Sornsrivichai, dan S. Kawano. 2004. Prediction of ripening quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*. 31(2): 137-145.
- Sikorski, E. Z., J. Pokorny, Damodar. 2008. Physical and Chemical Interactions of Components in Food Systems. *Fennemas's Food Chemistry*. Fourth edition. CRC Press, London New York.
- Thirugnanasambandham, K., V. Sivakumar. 2017. Microwave assisted extraction process of betalain from dragon fruit and its antioxidant activities. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 16 (1): 41-48.
- Ulusik, S., Chapman N.H., Smith R., Poole M., Adams G. Gillis R.B., Besong T.M., Sheldon J., Stieglmeier S., Perez L., Samsulrizal N., Wang D., Fisk I.D., Yang N., Baxter C. Rickett D., Fray R., Blanco-U., Powell A.L., Harding S.E., Craigon J., Rose J.K., Fich E.A., Sun L., Domozych D.S., Fraser P.D., Tucker G.A., Grierson D., dan Seymour G.B. 2016. Genetic improvement of tomato by targeted control of fruit softening. *Nature Biotechnology*. 34(9): 950-952.
- Wanitchang, J., A. Terdwongworakul, P. Wanitchang, S. Noypitak. 2010. Maturity sorting index of dragon fruit: *Hylocereus polyrhizus*. *Journal of Food Engineering*. 100(3): 409-416.
- Wybraniec. 2007. Minor betalains in fruits of *Hylocereus* species. *Phytochemistry*. 68 (2): 251-259.
- Zhang, Z. K., Donald J.H., dan Jingping R. 2011. Ripening delay of mid-climacteric avocado fruit in response to elevated doses of 1-methylcyclopropene and hypoxia-mediated reduction in internal ethylene concentration. *Postharvest Biology and Technology*. 60(2): 83-91.