

## PENDEKATAN MULTIVARIAT UNTUK PENGUKURAN KUALITAS TOMAT (*Lycopersicon esculentum*) BERDASARKAN PARAMETER WARNA

Multivariate Approach to The Measurement of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Quality Based on Color Parameters

Rudiati Evi Masithoh<sup>1</sup>, Budi Rahardjo<sup>1</sup>, Lilik Sutiarto<sup>1</sup>, Agus Hardjoko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora No 1, Yogyakarta 55281; <sup>2</sup>Program Studi Elektronika dan Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Jl. Sekip Utara, Yogyakarta 55281  
Email: evi@gadjahmada.edu

### ABSTRAK

Pada penelitian ini, *multivariate linier regression (MLR)* digunakan untuk memprediksi kandungan Brix, karoten total, asam sitrat, dan vitamin C dari tomat berdasarkan parameter warna RGB. Tomat disimpan pada suhu 6 °C dan 28 °C kemudian diukur parameter kualitasnya. Nilai R, G, dan B diukur secara *non-destructive* dari *computer vision system* yang dikembangkan pada penelitian sebelumnya. Parameter kualitas Brix, karoten total, asam sitrat, dan vitamin C ditentukan secara *destructive* dengan prosedur konvensional di laboratorium. Analisis data menunjukkan bahwa model kalibrasi MLR dapat digunakan untuk memprediksi Brix, karoten total, asam sitrat, dan vitamin C dengan R<sup>2</sup> sebesar 0,77 dan 0,72, 0,902 dan 0,85, 0,71 dan 0,77, serta 0,88 dan 0,82 untuk suhu 6 °C dan 28 °C secara berturut-turut.

**Kata kunci:** Multivariate Linier Regression, tomat, Red-Green-Blue

### ABSTRACT

In this study, *multivariate linear regression (MLR)* was used to predict the content of Brix, total carotene, citric acid, and vitamin C of tomato based on RGB color parameters. Tomatoes were stored at 6 °C and 28 °C then their quality parameters were measured. R, G, and B values were measured *non-destructively* using *computer vision system* developed in the previous study. Brix, total carotene, citric acid, and vitamin C were determined by conventional procedures in the laboratory. Data analysis showed that the MLR calibration models could be used to predict Brix, total carotene, citric acid, and vitamin C with R<sup>2</sup> of 0.77 and 0.72, 0.902 and 0.85, 0.71 and 0.77, as well as 0.88 and 0.82 for temperature of 6 °C and 28 °C, respectively.

**Keywords:** Multivariate Linier Regression, tomato, Red-Green-Blue

### PENDAHULUAN

Tomat (*Lycopersicon esculentum*) merupakan buah yang banyak dikonsumsi karena mudah ditemui dan dipercaya mempunyai kandungan nutrisi dan senyawa bioktif yang tinggi seperti gula (seperti sukrosa dan fruktosa), asam organik (seperti sitrat, tartarat, dan malat), pigmen, serat, protein, antioksidan, dan vitamin (Xie, dkk., 2008). Biasanya, konsumen menentukan *flavor* yang terbaik yang ada kaitannya dengan tingginya padatan terlarut (*soluble*

*solids*) dan rasio antara padatan terlarut dan *titratable acidity*. Padatan terlarut biasa dinyatakan dalam Brix. Kandungan asam pada tomat terutama adalah asam sitrat, asam malat, serta asam total (Mikkelsen, 2005).

Tomat mengandung berbagai macam antioksidan seperti  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten, fenol, tokoferol, lutein, dan vitamin E (Lenucci, dkk., 2006), dengan jenis karoten yang banyak ditemui adalah likopen, lutein, dan  $\beta$ -karoten (Abushita, dkk., 1997). Likopen merupakan pigmen utama pembentuk warna merah pada tomat (Lewinsohn, dkk., 2005 dan Tadmor,

dkk., 2005). Tomat banyak digunakan sebagai sumber utama likopen karena bermanfaat untuk kesehatan terutama pada penyakit jantung koroner dan kanker (Rao, dkk., 2003 dan Blum, dkk., 2005). Tomat juga merupakan sumber utama kedua untuk vitamin C (Raffo, dkk., 2006) yaitu sekitar 15-23 mg/100g (Grierson dan Kader, 1986 dan Georgé, dkk., 2011) atau 36-48 mg/100gr (Abushita, dkk., 1997), bervariasi tergantung dari varietasnya. Vitamin C merupakan antioksidan yang potensial dan penting untuk kesehatan yang optimal (Wootton-Beard dan Ryan, 2011).

Pengukuran kualitas tomat telah banyak dikembangkan, dari metode destruktif dengan analisis kimiawi di laboratorium (Suarez, dkk., 2008 dan Guil-Guerrero dan Reboloso-Fuentes, 2009) sampai dengan metode non-destruktif menggunakan near-infrared spectroscopy (NIR) (Masithoh, dkk., 2009 dan Xie, dkk., 2008) atau menggunakan analisis pengolahan citra untuk penentuan parameter eksternal (Jahns, dkk., 2001) atau internal (Masithoh, dkk., 2011). Untuk meningkatkan akurasi hasil penelitian, metode-metode tersebut sering dilengkapi dengan metode pengambilan keputusan yang lain seperti jaringan syaraf tiruan (Egmont-Petersen, dkk., 2002 dan Diaz, dkk., 2004) atau menggunakan kalibrasi multivariat dan kemometrik (Dardenne, dkk., 2000).

Saat ini telah banyak instrumen atau perangkat lunak yang memberikan solusi penyelesaian dari data multivariat (multivariat) dengan menggunakan persamaan kalibrasi atau regresi. Regresi multivariat bertujuan untuk membangun hubungan dan mengkuantitatifkan antara nilai-nilai respon (Y variabel atau parameter kualitas, misalnya Brix) dengan satu atau lebih parameter independen (X variabel) (Cozzolino, dkk., 2011). Yang paling banyak digunakan adalah Multiple Linear Regression (MLR), Principle Component Regression (PCR), atau Partial Least Squares Regression (PLS) (Dardenne, dkk., 2000).

Model kalibrasi dengan menggunakan PLS atau MLR dapat digunakan untuk memprediksi komposisi suatu bahan, menggantikan metode konvensional yang membutuhkan waktu lama di laboratorium (Nicolai, dkk., 2007). Meskipun kalibrasi dengan MLR dianggap kurang kuat dibandingkan dengan PLS karena sering terjadi co-linearitas yang tinggi dan *overfitting* terutama untuk variabel yang melibatkan spektra (Saranwong, dkk., 2001) tetapi untuk variabel yang lebih kecil dari 20 (dua puluh) maka MLR lebih tepat digunakan (CAMO, 2011).

Analisis multivariat telah digunakan untuk memprediksi kualitas tomat, termasuk rasio asam dan Brix (Jha dan Matsuoka, dkk., 2004) atau memprediksi firmness, pH, dan padatan terlarut (SSC) (Shao, dkk., 2007). Kombinasi parameter warna dengan analisis multivariat telah diaplikasikan untuk memprediksi komposisi kimia pada

bahan pangan dan komoditi pertanian dengan akurasi tinggi (Esteban-Diez, dkk., 2004; Jha, dkk., 2007; serta Clement, dkk., 2008). Parameter warna pada penelitian sebelumnya biasanya ditentukan dengan menggunakan colorimeter dan belum banyak yang menggunakan data citra yang diperoleh dari *computer vision system* (CVS). Tujuan penelitian ini adalah untuk memprediksi parameter kualitas tomat yaitu Brix, karoten total, asam sitrat, dan vitamin C menggunakan model kalibrasi MLR berdasarkan parameter warna RGB yang diperoleh dari CVS. Variasi suhu penyimpanan tomat dilakukan untuk membuktikan bahwa model MLR dapat diaplikasikan pada berbagai suhu. Parameter warna RGB yang digunakan diperoleh dari CVS yang telah dikembangkan pada penelitian terdahulu (Masithoh, dkk., 2011).

## METODE PENELITIAN

### Dasar Teori

Model umum MLR adalah seperti pada persamaan (1). Tujuannya adalah mencari koefisien regresi b yang mempunyai f minimal.

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k + f \quad (1)$$

Model MLR disebut model linier karena linier dalam hal koefisien-nya selain itu linier dalam hal interaksi antar *regressor*. Berikut ini adalah beberapa model kalibrasi yang juga disebut linier. Dari persamaan (2) dan (3), ada kemungkinan bahwa  $b_{12} x_1 x_2$  mempunyai kontribusi yang signifikan pada model sehingga  $b_{12} x_1 x_2$  dimasukkan dalam model; begitu juga dengan  $b_{11} x_1^2$  dan  $b_{22} x_2^2$ .

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 \quad (2)$$

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 \quad (3)$$

Model kalibrasi yang disusun dapat dinilai akurasinya menggunakan metode statistik, meliputi antara lain bias, r, SEP, dan RPD. Bias merupakan beda antara data aktual dan prediksi, r atau koefisien korelasi menunjukkan seberapa dekat data aktual dan prediksi, SEP atau *standard error of prediction* merupakan standar error dari beda antara data aktual dan prediksi, sedangkan RPD menunjukkan rasio standar deviasi data terhadap SEP. Rumus dari perhitungan statistik tersebut dinyatakan pada persamaan (4) sampai (7).

$$Bias = \frac{\sum (y - x)}{N} \quad (4)$$

$$r = \frac{\sum (xy) - [(\sum x \sum y) / N]}{\left\{ \left[ \sum x^2 - \left[ (\sum x)^2 / N \right] \right] \left[ \sum y^2 - \left[ (\sum y)^2 / N \right] \right] \right\}^{1/2}} \quad (5)$$

$$SEP = \left\langle \sum (x - y)^2 - \left\{ \left[ \sum (x - y) \right]^2 / N \right\} / N - 1 \right\rangle^{1/2} \quad (6)$$

$$RPD = \frac{SD_x}{SEP} \quad (7)$$

dengan N = jumlah data, x dan y adalah data aktual dan prediksi.

### Sampel

Tomat dengan varietas Marta dipetik saat berumur kurang lebih 2,5 bulan diperoleh dari Kaliurang, Yogyakarta. Setelah dipetik, tomat dibawa ke laboratorium, kemudian dicuci, dikeringkan dengan kain bersih, dan dibiarkan pada suhu ruangan 27 °C selama satu hari. Pada hari berikutnya, tomat dibagi menjadi 2 kelompok kemudian disimpan pada suhu ruang 28±1 °C sebanyak 51 buah serta ruang pendingin bersuhu 6±1 °C sebanyak 45 buah; pemilihan suhu dilakukan agar menyerupai suhu penyimpanan di rumah tangga dan di ritel supermarket. Setiap hari, dari masing-masing suhu diambil 3 (tiga) buah tomat untuk dianalisis kualitasnya, meliputi warna (dalam format RGB), Brix, asam sitrat, vitamin C, dan karoten total.

### Penentuan Nilai Warna RGB dan Parameter Kualitas Tomat

Computer vision system (CVS) digunakan untuk menangkap citra tomat dan mengukur nilai RGB-nya. CVS terdiri dari kotak aluminium tertutup yang di dalamnya terdapat webcam, lampu LED dan lampu TL sebagai sumber cahaya, serta komputer sebagai pengolah citra dan penampil data hasil ekstraksi citra. CVS yang dikembangkan merupakan hasil dari penelitian terdahulu (Masithoh, dkk., 2011).

Setelah diambil citranya, tomat diukur parameter kualitasnya meliputi Brix, asam sitrat, vitamin C, dan karoten total berdasarkan metode dari Gardjito dan Wardana (2003) yang dinyatakan dalam °, %, µg/100g, dan µg/g, secara berturut-turut.

### Analisis Data

Uji statistik yang dilakukan adalah uji koefisien korelasi Pearson Product Moment untuk mengukur hubungan antara parameter kualitas tomat dengan waktu penyimpanan. Sedangkan uji-t dua sampel independen dilakukan untuk membandingkan kualitas tomat yang disimpan pada suhu 6 °C dan 28 °C.

Data RGB yang diperoleh dari CVS kemudian dipindahkan ke MS-excel untuk perhitungan lanjutan yaitu R<sup>2</sup>, G<sup>2</sup>, B<sup>2</sup>, RG, RB, GB, dan RGB. Selanjutnya, semua parameter warna tersebut termasuk data R, G, dan B, serta

data parameter kualitas (Brix, asam sitrat, vitamin C, dan karoten total) dari masing-masing sampel dipindahkan ke program *multivariate analysis* The Unscrambler® X (CAMO AS, OSLO, Norway, versi trial) untuk analisis MLR. Sehingga terdapat 10 (sepuluh) variabel independen (parameter warna) dan 4 (empat) variabel independen atau respon yaitu Brix, asam sitrat, vitamin C, dan karoten total.

Sebelum membangun model kalibrasi MLR pemilihan sampel harus dilakukan (Cozzolino, dkk., 2011), sehingga sampel yang digunakan sebanyak 40 dan 45 dari sampel pada suhu penyimpanan 28 °C dan 6 °C. *Leverage correction* digunakan untuk metode validasi karena ini sama dengan *full-cross validation* pada analisis PLS (CAMO, 2011). Beberapa model kalibrasi dilakukan dan akurasi ditentukan berdasarkan bias, RPD atau rasio antara standar deviasi dengan *standard error of calibration* (SEC), dan koefisien korelasi (r). Model yang dipilih adalah model yang mempunyai bias yang rendah, serta RPD dan r yang tinggi (Cozzolino, dkk., 2011). Selanjutnya dengan menggunakan data validasi maka model yang terpilih diuji untuk memprediksi kualitas tomat. Hubungan antara nilai aktual dan prediksi dari model MLR dinilai dari R<sup>2</sup>. Semakin tinggi nilai R<sup>2</sup> maka model akan semakin baik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi Tomat pada Suhu 6 °C dan 28 °C

Tabel 1 menunjukkan rentang nilai parameter kualitas tomat varietas Marta dari daerah Kaliurang pada suhu penyimpanan 6 °C dan 28 °C. Hasil dari uji koefisien korelasi Pearson Product Moment menunjukkan bahwa pada suhu penyimpanan 6 °C Brix tidak berubah secara signifikan selama penyimpanan (p < 0,01), sedangkan karoten total dan vitamin C serta asam sitrat mengalami kenaikan selama penyimpanan secara signifikan (p < 0,01) dari awal sampai akhir penyimpanan. Untuk asam sitrat akan mengalami penurunan secara signifikan selama penyimpanan (p < 0,05). Untuk suhu penyimpanan 28 °C, uji korelasi Pearson Product Moment menunjukkan bahwa Brix mengalami kenaikan selama penyimpanan meskipun tidak terlalu signifikan (p < 0,05). Karoten total dan vitamin C juga mengalami kenaikan signifikan (p < 0,01), sedangkan asam sitrat akan mengalami penurunan secara signifikan (p < 0,01) selama penyimpanan. Berdasarkan uji-t dua sampel independen, Brix dan asam sitrat dari tomat yang disimpan pada suhu 6 °C dan 28 °C tidak berbeda secara signifikan (p<0,05), berbeda dengan vitamin C dan karoten total.

Tabel 1. Nilai rata-rata dan standar deviasi tomat yang disimpan pada suhu 6 °C dan 28 °C

Parameter	6 °C	28 °C
Brix (°)	3,99 ± 0,12 <sup>a</sup>	3,26 ± 0,28 <sup>a</sup>
Vitamin C (µg/100g)	4,27 ± 1,08 <sup>a</sup>	3,25 ± 0,86 <sup>b</sup>
Asam sitrat (%)	6,37 ± 0,67 <sup>a</sup>	3,25 ± 0,86 <sup>a</sup>
Karoten total (µg/g)	1,03 ± 0,56 <sup>a</sup>	2,90 ± 1,75 <sup>b</sup>

Keterangan: Nilai pada baris yang sama dengan superskrip yang sama tidak berbeda secara signifikan (p<0,05)

### Model Kalibrasi Multiple Linier Regression (MLR)

Tabel 2 menunjukkan model MLR yang terbaik berdasarkan bias yang rendah, serta RPD dan r yang tinggi (Williams, 2001). Semua parameter warna RGB (baik masing-masing parameter, dipangkatkan, atau hasil perkalian antar parameter warna), yaitu R, G, B, R<sup>2</sup>, RG, RB, dan GB mempunyai pengaruh yang signifikan (p < 0,05) terhadap Brix tomat yang disimpan pada suhu 6 °C. Parameter warna berpengaruh signifikan (p < 0,05) terhadap vitamin C adalah R, B, R<sup>2</sup>, G<sup>2</sup>, B<sup>2</sup>, RG, dan GB. Parameter warna yang berpengaruh signifikan (p < 0,05) terhadap asam sitrat tomat pada suhu 6 °C adalah R, G, B, RG, dan RB. Untuk karoten total, parameter warna yang paling signifikan (p < 0,05) adalah G, B, R<sup>2</sup>, RG, RB, dan GB. Untuk Brix tomat yang disimpan pada suhu 28 °C, parameter warna yang paling berpengaruh adalah parameter B<sup>2</sup> (p < 0,05). Parameter warna yang berpengaruh signifikan terhadap vitamin C yang berpengaruh signifikan (p < 0,05) adalah parameter R, G, R<sup>2</sup>, dan RB. Pada model kalibrasi asam sitrat tidak ada parameter warna yang signifikan, semua berkontribusi sama. Untuk karoten total pada suhu 28 °C, hanya parameter R, G, dan RG yang berpengaruh signifikan.

MLR untuk memprediksi Brix, karoten total, asam sitrat, dan vitamin C secara umum lebih baik pada suhu 6 °C dibandingkan suhu 28 °C; terlihat dari lebih rendahnya nilai bias, serta lebih tingginya nilai r dan RPD. Bias yang rendah dari semua model kalibrasi MLR menunjukkan bahwa model kalibrasi yang baik telah dicapai. Tampak bahwa Brix mempunyai koefisien korelasi yang paling rendah (77-82 %) dibandingkan parameter yang lain (karoten total, asam sitrat, dan vitamin C) disebabkan nilai Brix yang tidak berubah secara signifikan selama penyimpanan (Tabel 1) ditambah dengan perubahan RGB yang tidak signifikan juga terhadap Brix selama penyimpanan (data tidak disajikan) sehingga rentang data yang tidak terlalu besar tersebut menyebabkan kalibrasi model tidak terlalu bagus (Cozzolino, dkk., 2011).

Untuk suhu 6 °C semua model mempunyai nilai koefisien korelasi (r) antara 0,82-0,95. Hal ini berarti bahwa model dapat digunakan untuk melakukan *screening* serta melakukan pendekatan kalibrasi terhadap data Brix dan asam

sitrat, serta model dapat digunakan untuk prediksi karoten total dan vitamin C secara baik. Untuk suhu 28 °C, meskipun model tidak sebaik suhu 6 °C, tetapi sudah dapat digunakan untuk *screening* dan pendekatan kalibrasi terhadap data karoten total, asam sitrat, dan vitamin C. Sedangkan untuk data Brix, model sudah cukup mampu untuk melakukan *screening* kasar (Williams, 2001).

Berdasarkan nilai RPD, maka hanya model MLR prediksi Brix, karoten total, dan vitamin C pada suhu 6 °C yang dapat dikategorikan cukup baik dan dapat digunakan untuk *screening*. Sedangkan model lain dengan RPD < 2,00 seperti model untuk prediksi Brix, karoten total, dan asam sitrat pada suhu 28 °C dan asam sitrat pada suhu 6 °C tidak direkomendasikan. Rendahnya nilai RPD yang diperoleh dari perbandingan antara standar deviasi terhadap SEP terjadi karena kurang lebarnya rentang data pada suhu 28 °C. Hal ini disebabkan pada suhu kamar, tomat cepat masak dibandingkan pada suhu 6 °C. Sehingga tomat pada suhu 28 °C hanya dapat diamati selama 18-19 hari, sedangkan pada suhu 6 °C bisa diamati selama 28 hari. Sedikitnya data menyebabkan model MLR yang dibangun menjadi kurang baik (Cozzolino, dkk., 2011). Meskipun demikian, model MLR yang dibangun telah dapat digunakan untuk memprediksi kualitas tomat.

### Prediksi Kualitas Tomat Berdasarkan Parameter Warna RGB Menggunakan MLR

Kalibrasi model pada penelitian ini dapat menentukan Brix tomat dengan RMSEP sebesar 0,2-0,35. Nilai ini lebih kecil dari yang dihasilkan oleh Clement, dkk. (2008) dengan menggunakan metode spektroskopi. Untuk penentuan asam sitrat, model kalibrasi pada penelitian ini mempunyai RMSEP sebesar 0,3-0,43, lebih tinggi dari yang dihasilkan oleh Goula dan Adamopoulos (2003). Dalam kaitannya dengan karoten total, model kalibrasi yang dibangun mempunyai nilai RMSEP sebesar 0,17 dan 0,99 untuk tomat yang disimpan pada suhu 6 °C dan suhu 28 °C. Suhu penyimpanan 6 °C memberikan data yang lebih baik (RMSEP lebih rendah) dibandingkan 28 °C karena semakin tinggi suhu penyimpanan maka degradasi karoten akan semakin cepat (Lin dan Chen, 2005) sehingga pada suhu 6 °C perubahan warna akan diamati lebih lama sehingga variasi data lebih besar yang akan berpengaruh pada kalibrasi model (Cozzolino, dkk., 2011).

Model MLR dapat memprediksi kandungan vitamin C untuk tomat pada 6 °C dan suhu 28 °C dengan hasil yang hampir sama dalam hal RMSEP yaitu 0,35 dan 0,38, secara berturut-turut. Meskipun kadar vitamin pada tomat hanya kecil dibandingkan komposisi senyawa lainnya (Grierson dan Kader, 1986), namun dengan menggunakan parameter warna RGB dan model kalibrasi MLR dapat memprediksi vitamin C dengan baik.

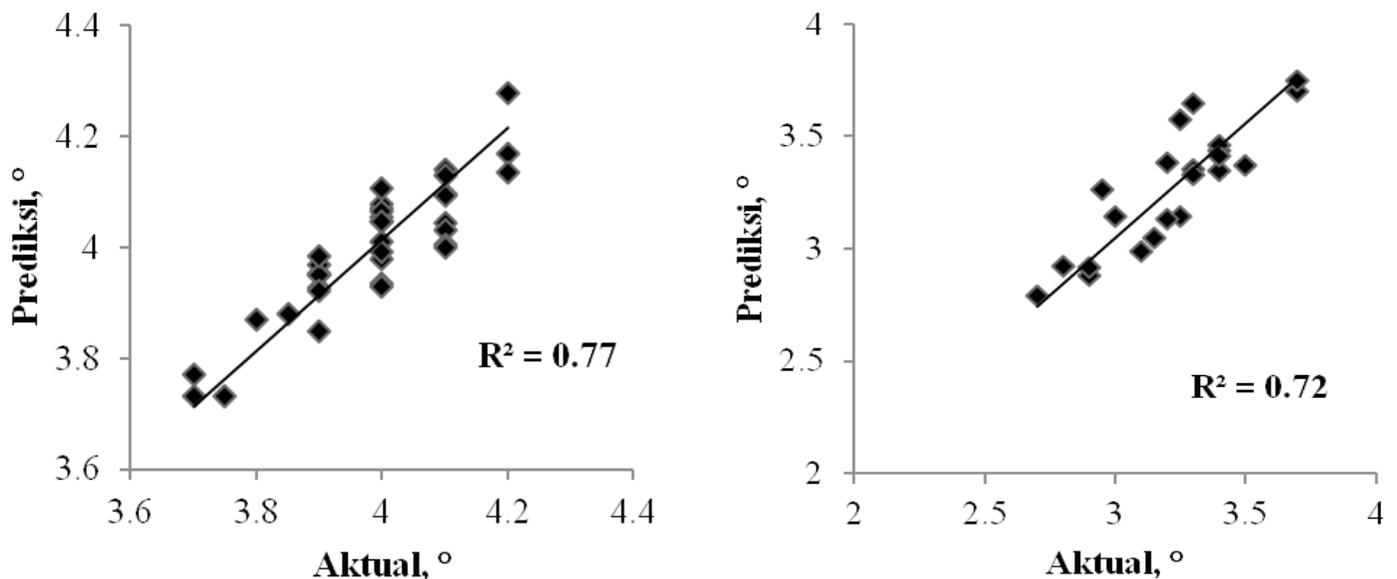
Gambar 1 sampai dengan 4 menunjukkan hubungan antara parameter aktual dan prediksi dengan menggunakan MLR model yang terpilih (Tabel 2) secara berturut-turut untuk Brix, karoten total, asam sitrat dan vitamin C yang disimpan pada suhu 6 °C dan 28 °C. Uji-t ( $p < 0,05$ ) menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antara nilai parameter aktual dengan prediksi. Hubungan tersebut mengkonfirmasi bahwa parameter RGB dapat digunakan untuk memprediksi

Brix, karoten total, asam sitrat dan vitamin C buah tomat. Hal ini menunjukkan bahwa parameter warna RGB yang diperoleh dari CVS merupakan metode yang menjanjikan bagi peneliti untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang hubungan RGB dengan komposisi buah pada berbagai suhu penyimpanan atau tahapan kemasakan. Dengan metode ini juga, evaluasi non-destruktif menggunakan CVS untuk menentukan kualitas buah dapat dikembangkan.

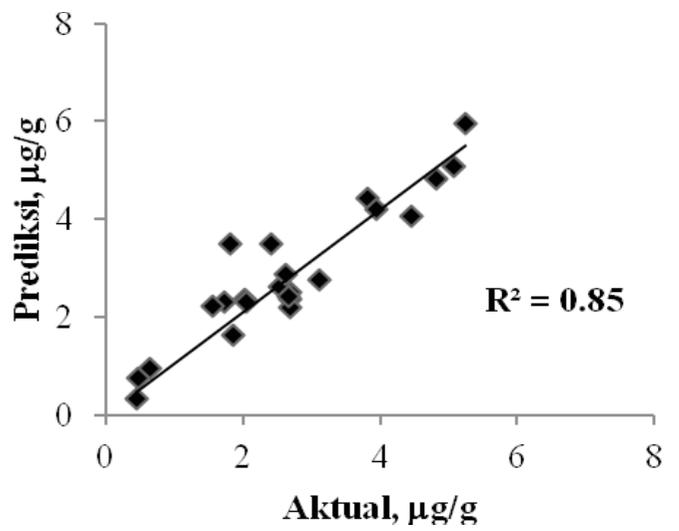
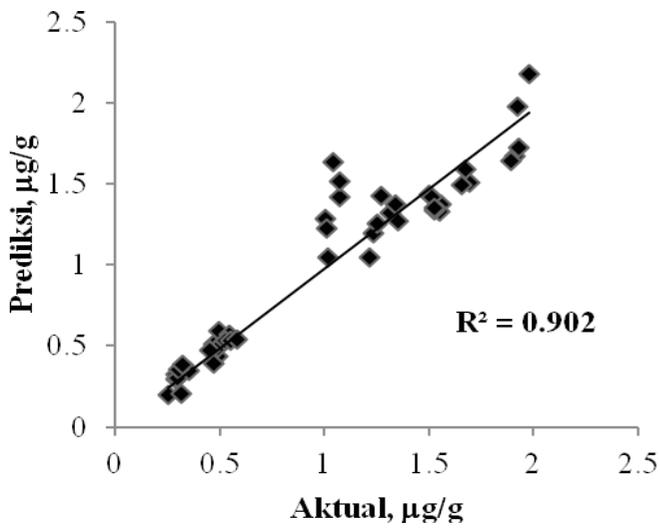
Tabel 2. Model MLR yang digunakan untuk menentukan kualitas tomat (Q)

Suhu (°C)	Parameter Kualitas (Q)	Model	Bias	r	RPD	RMSEP
6	Brix (°)	$Q = C_1 + C_2R + C_3G + C_4B + C_5R^2 + C_6RG + C_7RB + C_8GB$	-0,00	0,82	3,09	0,35
	Karoten total (µg/g)	$Q = C_1 + C_2G + C_3B + C_4R^2 + C_5B^2 + C_6RG + C_7RB + C_8GB$	0,0001	0,95	3,35	0,17
	Asam sitrat (%)	$Q = C_1 + C_2R + C_3G + C_4B + C_5RG + C_6RB$	0,01	0,89	2,25	0,3
	Vitamin C (µg/100g)	$Q = C_1 + C_2R + C_3B + C_4R^2 + C_5G^2 + C_6B^2 + C_7RG + C_8GB$	-0,001	0,94	3,09	0,35
28	Brix (°)	$Q = C_1 + C_2R + C_3G + C_4B + C_5R^2 + C_6G^2 + C_7B^2 + C_8RG + C_9RB + C_{10}GB$	0,02	0,77	1,36	0,2
	Karoten total (µg/g)	$Q = C_1 + C_2R + C_3G + C_4RB$	-0,007	0,82	1,77	0,99
	Asam sitrat (%)	$Q = C_1 + C_2R + C_3G + C_4B + C_5R^2 + C_6G^2 + C_7B^2 + C_8RG + C_9RB + C_{10}GB$	-0,02	0,88	2,00	0,43
	Vitamin C (µg/100g)	$Q = C_1 + C_2R + C_3B + C_4R^2 + C_5G^2 + C_6RB$	-0,009	0,89	2,27	0,38

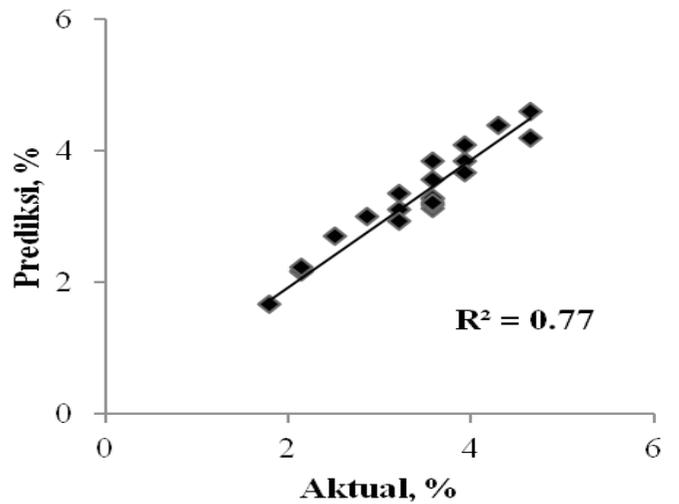
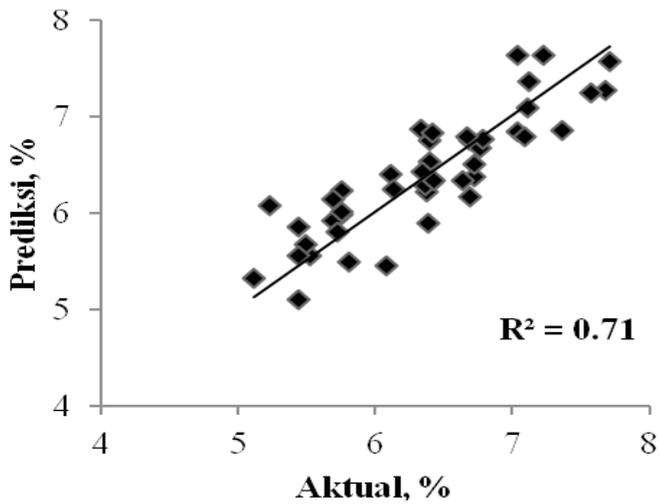
Bias : beda rata-rata antara data aktual dan prediksi  
 r : koefisien korelasi  
 RPD : rasio standar deviasi terhadap SEP  
 RMSEP : *root mean square error of prediction*



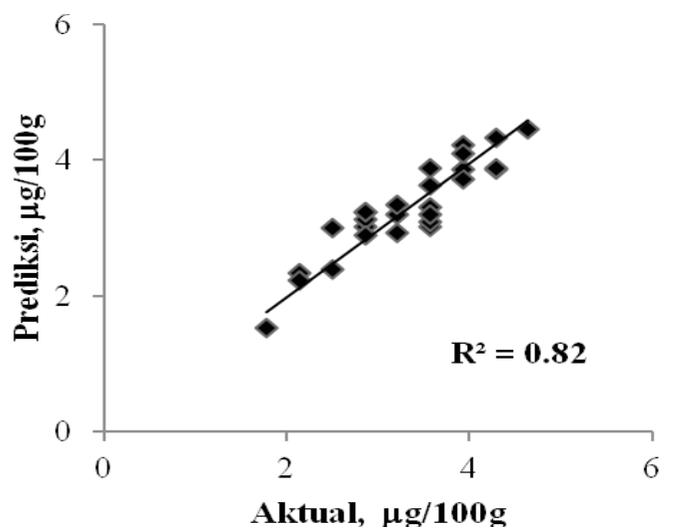
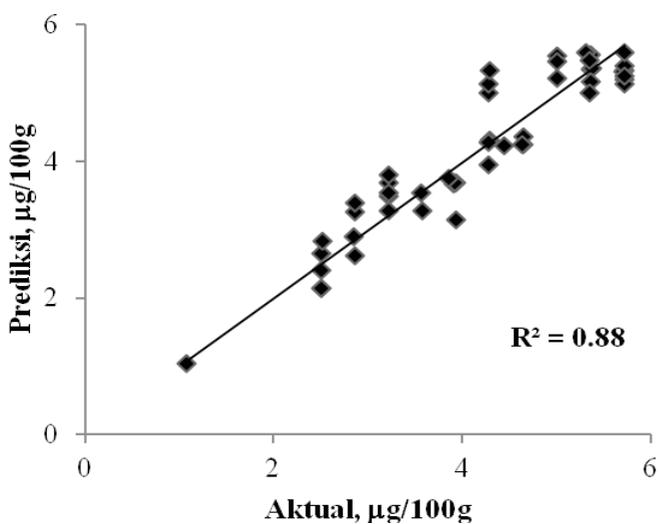
Gambar 1. Brix aktual vs prediksi menggunakan MLR model untuk suhu penyimpanan 6 °C dan 28 °C



Gambar 2. Karoten total aktual vs prediksi menggunakan MLR model untuk suhu penyimpanan 6 °C dan 28 °C



Gambar 3. Asam sitrat aktual vs prediksi menggunakan MLR model untuk suhu penyimpanan 6 °C dan 28 °C



Gambar 4. Vitamin C aktual vs prediksi menggunakan MLR model untuk suhu penyimpanan 6 °C dan 28 °C

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa parameter warna Red, Green, dan Blue (RGB) yang diperoleh dari *computer vision system* mempunyai pengaruh terhadap kualitas tomat. Model kalibrasi menggunakan *multiple linier regression* (MLR) secara akurat dapat memprediksi yaitu Brix, karoten total, asam sitrat dan vitamin C berdasarkan parameter RGB.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abushita, A. A., Hebshi, E. A., Daood, H. G. dan Biacs, P. A. (1997). Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. *Food Chemistry* **60**: 207-212.
- Blum, A., Monir, M., Wirsansky, I. dan Ben-Arzi, S. (2005). The beneficial effects of tomatoes. *European Journal of Internal Medicine* **16**: 402- 404.
- CAMO. (2011). *Multivariate Data Analysis*. Retrieved September 20, 2011, from CAMO Software AS: [http://www.camo.com/multivariate\\_analysis.html](http://www.camo.com/multivariate_analysis.html).
- Clement, A., Dorais, M. dan Vernon, M. (2008). Nondestructive measurement of fresh tomato lycopene content and other physicochemical characteristics using Visible-NIR spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**: 9813-9818.
- Cozzolino, D., Cynkar, W., Shah, N. dan Smith, P. (2011). Multivariate data analysis applied to spectroscopy: Potential application to juice and fruit quality. *Food Research International* **44**:1888-1896.
- Dardenne, P., Sinnaeve, G. dan Baeten, V. (2000). Multivariate calibration and chemometrics for near infrared spectroscopy: which method? *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **8**: 229-237.
- Diaz, R., Gil, L., Serrano, C., Blasco, M., Molto, E. dan Blasco, J. (2004). Comparison of three algorithms in the classification of table olives by means of computer vision. *Journal of Food Engineering* **61**: 101-107.
- Egmont-Petersen, M., de Ridder, D. dan Handels, H. (2002). Image processing with neural networks - a review. *Pattern recognition* **35**: 2279-2301.
- Esteban-Diez, I., Gonzalez-Saiz, J. dan Pizarro, C. (2004). Prediction of roasting colour and other quality parameters of roasted coffee sampels by near infrared spectroscopy. A feasibility study. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **12**: 287-297.
- Gardjito, M. dan Wardana, A. S. (2003). *Hortikultura teknik analisis pasca panen*. Yogyakarta: Transmedia Global Wacana.
- Georgé, S., Tourniaire, F., Gautier, H., Goupy, P., Rock, E. dan Caris-Veyrat, C. (2011). Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C. *Food Chemistry* **124**: 1603-1611.
- Goula, A. dan Adamopoulos, K. (2003). Estimating the composition of tomato juice products by near infrared spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **11**: 123-136.
- Grierson, D. dan Kader, A. A. (1986). Fruit ripening and quality. In J. G. Atherton, & J. Rudich, *The tomato crop: a scientific basis for improvement*. London: Chapman and Hall.
- Guil-Guerrero, J. dan Reboloso-Fuentes, M. (2009). Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. *Journal of Food Composition and Analysis* **22**: 123-129.
- Jahns, G., Nielsen, H. M. dan Paul, W. (2001). Measuring image analysis attributes and modelling fuzzy consumer aspects for tomato quality grading. *Computers and Electronics in Agriculture* **31**: 17-29.
- Jha, S.N. dan Matsuoka, T. (2004). Non-destructive determination of acid-brix ratio of tomato juice using near infrared spectroscopy. *International Journal of Food Science and Technology* **39**: 425-430.
- Jha, S. N., Chopra, S. dan Kingsly, A. R. (2007). Modeling of color values for nondestructive evaluation of maturity of mango. *Journal of Food Engineering* **78**: 22-26.
- Lenucci, M. S., Cadinu, D., Taurino, M., Piro, G. dan Dalessandro, G. (2006). Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**: 2606-2613.
- Lewinsohn, E., Sitrit, Y., Bar, E., Azulai, Y., Ibdah, M., Meir, A., Yosef, E., Zamir, D. dan Tadmor, Y (2005). Not just colors — carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit. *Trends in Food Science and Technology* **16**: 407-415.
- Lin, C. dan Chen, B. (2005). Stability of carotenoids in tomato juice during storage. *Food Chemistry* **90**: 837-846.
- Masithoh, R., Rahardjo, B., Sutiarto, L. dan Harjoko, A. (2011). Pengembangan computer vision system sederhana untuk menentukan kualitas tomat. *Agritech* **31**: 116-123.

- Masithoh, R., Saranwong, S. dan Kawano, S. (2009). Nondestructive Measurement of Brix Value and Total Acidity in Satsuma Mandarin by a Hand-held NIR instrument. *The 14th International Conference on Near Infrared Spectroscopy*. Bangkok.
- Mikkelsen, R. L. (2005). Tomato flavor and plant nutrition: a brief review. *Better crops*, 14-15.
- Nicolaï, B. M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K. I. dan Lammertyn, J. (2007). Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology* **46**: 99-118.
- Raffo, A., Malfa, G., Fogliano, V., Maiani, G. dan Quaglia, G. (2006). Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis* **19**: 11-19.
- Rao, L., Guns, E. dan Rao, A. (2003). Lycopene: Its role in human health. *AGRO Food industry hi-tech* , pp. 25-30.
- Saranwong, S., Sornsrivichai, J. dan Kawano, S. (2001). Improvement of PLS calibration for Brix value and dry matter of mango using information from MLR calibration. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **9**: 287-295.
- Shao, Y., He, Y., Gomez, A. H., Pereir, A. G., Qiu, Z. dan Zhang, Y. (2007). Visible/near infrared spectrometric technique for nondestructive assessment of tomato "Heatwave" (*Lycopersicon esculentum*) quality characteristics. *Journal of Food Engineering* **81**: 672-678.
- Suarez, M., E.M. Rodriguez Rodriguez, E. dan C. Diaz Romero, C. (2008). Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) from Tenerife, the Canary Islands. *Food Chemistry* **106**: 1046-1056.
- Tadmor, Y., King, S., Levi, A., Davis, A., Meir, A., Wasserman, B., Hirschberg, J. dan Lewinsohn, E. (2005). Comparative fruit colouration in watermelon and tomato. *Food Research International* **38**: 837-841.
- Williams, P. (2001). Implementation of near-infrared technology. In P. Williams, & K. Norris, *Near-infrared technology in the agricultural and food industries*. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc.
- Wootton-Beard, P. dan Ryan, L. (2011). Improving public health?: The role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. *Food Research International*. Article on press (doi:10.1016/j.foodres.2011.09.015).
- Xie, L., Ying, Y., Lin, H., Zhou, Y. dan Niu, X. (2008). Nondestructive determination of soluble solids content and pH in tomato juice using NIR transmittance spectroscopy. *Sensory and Instrumentation of Food Quality* **2**: 111-115.