

Analisis Total Asam Tomat Ceri secara Nondestruktif Menggunakan Near Infrared Spectroscopy (NIRS)

Ketrina Pramesya¹⁾ & Wedy Nasrul²⁾

¹⁾PT. Sinergi Indonesia, ketrinapramesya01@gmail.com

²⁾Univ. Muhammadiyah Sumbar

Abstrak

Tomat ceri merupakan salah satu jenis tomat memiliki kandungan gula dan asam organik yang lebih banyak. Parameter mutu penting dalam pemilihan tomat ceri salah satunya adalah total asam. Penentuan mutu tomat ceri selama ini masih dilakukan secara destruktif. *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) dikembangkan sebagai salah satu metode alternatif yang lebih efisien untuk penentuan mutu buah karena bersifat tidak merusak (*nondestructive*). Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi sifat fisiko-kimia pada buah tomat ceri secara nondestruktif dengan parameter total asam buah menggunakan NIRS dengan metode PCR dan PLS. Bahan yang digunakan sebanyak 90 buah tomat ceri dengan tingkat kematangan yang berbeda. Alat yang digunakan adalah spektrometer NIRFlex N-500 *fiber optic solids* untuk memperoleh data pengukuran gelombang dengan panjang 1000-2500 nm. Pengukuran secara destruktif dilakukan dengan menggunakan rheometer untuk mengukur total asam. Pengolahan data yang digunakan untuk kalibrasi dan validasi spektra NIR dengan data destruktif sifat fisiko-kimia tomat ceri yaitu metode *Partial Least Square* (PLS) dan *Principal Component Regression* (PCR). *Pre-treatment* yang digunakan untuk meningkatkan hasil prediksi NIRS yaitu Normalisasi, *Standard Normal Variate* (SNV), *Multiplicative Scatter Correction* (MSC), *De-Trending* (DT), dan *Smoothing Savitzky-Golay* (SSG). Prediksi terbaik untuk total asam diperoleh dengan metode PLS menggunakan *pre-treatment* SSG faktor 6 dengan nilai $r = 0,53$; nilai SEC = 0,23%; SEP = 0,21%, serta nilai CV = 28,41%; RPD = 1,12; dan konsistensi = 106,16%.
Kata kunci: NIRS, nondestruktif, PCR, PLS, tomat ceri.

Abstract

*Cherry tomatoes are a type of tomato that has a higher sugar and organic acid content. One of the important quality parameters in selecting cherry tomatoes is total acidity. Until now, determining the quality of cherry tomatoes has been done destructively. Near Infrared Spectroscopy (NIRS) has been developed as a more efficient alternative method for determining fruit quality because it is nondestructive. This study aims to predict the physicochemical properties of cherry tomatoes non-destructively using total fruit acidity as a parameter with NIRS using PCR and PLS methods. The materials used were 90 cherry tomatoes with different levels of ripeness. The instrument used was an NIRFlex N-500 fiber optic solids spectrometer to obtain measurement data for wavelengths between 1000 and 2500 nm. Destructive measurements were performed using a rheometer to measure total acidity. Data processing used for calibration and validation of NIR spectra with destructive data on the physicochemical properties of cherry tomatoes included the Partial Least Square (PLS) and Principal Component Regression (PCR) methods. Pre-treatment used to improve NIRS prediction results included Normalization, Standard Normal Variate (SNV), Multiplicative Scatter Correction (MSC), De-Trending (DT), and Savitzky-Golay Smoothing (SSG). The best prediction for total acid was obtained with the PLS method using SSG factor 6 pre-treatment with a value of $r = 0.53$; SEC = 0.23%; SEP = 0.21%, and CV = 28.41%; RPD = 1.12; and consistency = 106.16%.
Keywords: NIRS, non-destructive, PCR, PLS, cherry tomatoes.*

PENDAHULUAN

Tomat ceri (*Lycopersicum cerasiforme* Mill.) menjadi salah satu jenis tomat yang mulai banyak dicari oleh Masyarakat Indonesia. Tomat ceri memiliki harga jual yang relatif lebih tinggi, sehingga lebih banyak dijual di pasar modern. Rasanya yang lebih manis dan segar, dikarenakan kandungan gula dan asam organik yang ada di tomat ceri lebih tinggi dibandingkan tomat sayur (Tsaniklidis *et al.* 2014). Kandungan gizi yang terdapat di dalam tomat ceri yaitu vitamin (A, C, dan K), karoten terutama

likopen, dan biotin (Dalimartha dan Adrian 2011). Tomat ceri memiliki kandungan air yang cukup tinggi, hal ini membuat tomat ceri bersifat mudah rusak (*perishable*) akibat adanya proses respirasi, sedangkan konsumen lebih sering mengkonsumsi secara langsung dalam bentuk segar (Putra dan Setiawan 2021).

Konsumen pada umumnya menentukan *flavor* terbaik yang ada kaitannya dengan kandungan gula, kandungan asam organik, dan komposisi senyawa yang mudah menguap. Kandungan gula pada tomat yang utama adalah fruktosa dan glukosa, sedangkan kandungan asam pada tomat yang utama adalah asam sitrat, asam malat, serta asam total (Mikkelsen 2005). Rasa asam pada tomat ceri berasal dari asam organik dan flavonoid seperti naringenin, yang bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan jantung, kulit, pencernaan, dan tulang; membantu melawan peradangan dan stres oksidatif; serta mendukung sistem imun dan mencegah kanker karena kandungan antioksidan seperti likopen dan vitamin C yang tinggi, menjadikannya camilan sehat yang rendah kalori dan kaya nutrisi penting.

Parameter mutu penting dalam pemilihan tomat ceri diantaranya total asam, namun penentuan mutu tomat ceri selama ini masih dilakukan secara *visual* dan destruktif sehingga kurang akurat. Penentuan secara obyektif dengan alat dan uji kimia umumnya bersifat destruktif yang merusak buah sehingga menyebabkan susut kuantitas dan bersifat *sampling* sehingga hasil pengukuran dari yang di- *sampling* tidak tepat menggambarkan mutu keseluruhan tomat ceri. Penentuan sifat fisiko-kimia pada tomat ceri secara efisien dan cepat dapat dilakukan dengan menggunakan *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS). NIRS dikembangkan sebagai salah satu metode alternatif yang bersifat tidak merusak (*nondestructive*), dapat menganalisis dengan kecepatan tinggi, ramah lingkungan, penggunaan preparat contoh yang sederhana dan tidak memerlukan bahan kimia (Devianti *et al.* 2019). Penelitian mengenai kandungan kimia pada tomat ceri dengan NIRS telah banyak dilakukan di luar negeri, salah satunya yaitu di Korea Selatan. Penelitian tersebut dilakukan oleh Kim *et al.* (2010) untuk memprediksi keasaman tomat ceri pada enam tingkat kematangan yang berbeda menggunakan *Visible/Near-Infrared Spectroscopy* dengan metode PLS. Kandungan asam yang didapatkan yaitu $R_p^2 = 0,518$ dan $SEP = 0,299\%$ dengan menggunakan *pre-treatment Normalization*. Perlu dilakukan pengkajian metode NIRS untuk penentuan kandungan asam tomat ceri yang dihasilkan oleh Indonesia agar permasalahan susut kuantitas dan kesalahan dalam penentuan kualitas mutu secara visual dapat diatasi.

MOTODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu buah tomat ceri varietas fortesta. Total jumlah sampel yang diambil sebanyak 90 buah tomat ceri varietas. Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- a) Spektrometer NIRFlex N-500 *fiber optic solid* untuk memperoleh data pengukuran dari gelombang yang dipancarkan, serta *software* The Unscrambler® X versi 10.4 dan Microsoft Office Excel untuk pengolahan data.
- b) *Refractometer* merk Atago PAL BX/ACID F5 untuk mengukur total asam.

Pengukuran Total Asam

Total asam tomat ceri diukur menggunakan alat yang sama dengan pengukuran TPT yaitu *refractometer* merk Atago PAL BX/ACID F5. Daging buah tomat ceri yang telah dihancurkan diambil sari buahnya sebanyak 1 gram kemudian dicampurkan dengan *aquades* hingga berat total larutan menjadi 50 gram. Larutan kemudian diletakkan di atas lensa *refractometer*. Secara otomatis nilai total asam akan muncul pada layar *refractometer* setelah ditekan tombol *start*. Setiap pergantian sampel harus dilakukan penetralan pada lensa *refractometer* dengan cara lensa dibersihkan menggunakan *aquades*, agar tidak terkontaminasi oleh sampel sebelumnya yang ditunjukkan dengan angka 0 pada layar.

Pengolahan Data Spektrum NIR

Teknologi NIRS yang digunakan untuk pengukuran nondestruktif menghasilkan data dalam bentuk gelombang reflektan (*R*). Gelombang reflektan ditransformasi menjadi gelombang absorban (*A*) untuk melihat jumlah penyerapan gelombang elektromagnetik yang dihasilkan.

Kalibrasi dan Validasi

Kalibrasi adalah tahapan pembuatan model yang menghubungkan respon spektrum dari masing-masing sampel pada tiap panjang gelombang terhadap konsentrasi senyawa kimia yang diketahui dari analisis laboratorium. Validasi merupakan uji terhadap kalibrasi yang telah dilakukan. Prediksi sifat fisiko- kimia tomat ceri dikalibrasi dan validasi dengan metode PLS dan PCR dengan membuat hubungan antara respon spektrum terhadap data total asam buah tomat ceri.

Data NIR yang telah diolah dengan metode PLS dan PCR harus mempunyai faktor yang optimum berdasarkan konsistensi. Hasil persamaan kalibrasi dan validasi PCR dan PLS dievaluasi berdasarkan nilai koefisien korelasi (r), standar error kalibrasi (SEC), standar error validasi (SEP), CV, RPD, dan konsistensi. Model kalibrasi NIRS yang baik memiliki parameter statistik dengan nilai r yang mendekati 1, nilai SEP dan SEC yang kecil mendekati 0, nilai CV mendekati 0, nilai RPD di atas 1,5 yang menunjukkan prediksi akurasi model yang cukup baik dan konsistensi antara 80 - 110%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pengolahan Data NIRS dengan metode *Partial Least Square* (PLS)

Metode *Partial Least Square* (PLS) merupakan proses pendugaan yang dilakukan secara berulang dengan melibatkan struktur keragaman variabel bebas dan variabel tidak bebas. Tujuan utama dari metode PLS yaitu membentuk komponen yang bisa menangkap informasi dari peubah bebas untuk menduga peubah respon (Garthwaite 1994). Pengolahan data NIRS menggunakan *pre-treatment* Normalisasi (N), *Standard Normal Variate* (SNV), *Multiplicative Scatter Correction* (MSC), *De-Trending* (DT), dan *Smoothing Savitzky-Golay* (SSG).

Pre-treatment dilakukan untuk memperoleh hasil kalibrasi yang akurat dan stabil akibat spektrum yang masih mengandung *noises* (Cen dan He 2007). Model kalibrasi NIRS yang baik memiliki parameter statistik dengan nilai r yang mendekati 1, nilai SEP dan SEC yang kecil mendekati 0, nilai koefisien variasi (CV) mendekati 0, nilai RPD di atas 1,5 yang menunjukkan prediksi akurasi model yang cukup baik, dan konsistensi antara 80 - 110%.

Total Asam

Pengolahan data total asam dengan metode PLS yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1. Prediksi total asam buah tomat ceri menghasilkan akurasi yang kurang baik pada spektra original (tanpa *pre-treatment*) maupun dengan *pre-treatment*. Pengolahan data original faktor 6 didapatkan nilai koefisien korelasi (r) yang tidak terlalu tinggi yaitu sebesar 0,53. Nilai SEC sebesar 0,23%, nilai SEP sebesar 0,22%, dan konsistensi yang masih masuk ke dalam rentang 80%-110% dengan nilai sebesar 102,48%. Nilai CV yang cukup tinggi yaitu sebesar 29,36% dan nilai RPD yang rendah yaitu 1,08. Sama halnya dengan prediksi kekerasan, *pre-treatment Smoothing Savitzky-Golay* (SSG) menghasilkan data prediksi yang cukup baik. Meskipun demikian, *pre-treatment* SSG faktor 6 masih belum optimal dalam meningkatkan akurasi prediksi nilai total asam tomat ceri. Nilai koefisien korelasi (r) diperoleh sebesar 0,53, nilai SEC dan SEP dengan nilai sebesar 0,23% dan 0,21%, serta nilai CV sebesar 28,41%. Nilai RPD paling tinggi di antara *pre-treatment* lainnya yaitu sebesar 1,12 dan konsistensi sebesar 106,16%. Nilai RPD < 1,5 artinya hasil kalibrasi tidak dapat digunakan (Mouazen *et al.* 2005). Selanjutnya *pre-treatment De-Trending* menghasilkan nilai koefisien korelasi (r) yang paling tinggi di antara *pre-treatment* lainnya yaitu sebesar 0,60 dan nilai RPD sebesar 1,01. Hasil kalibrasi dan validasi total asam yang didapatkan belum memenuhi syarat metode prediksi yang baik. Plot sebaran data total asam metode PLS menggunakan *pre-treatment* SSG faktor 6 dapat dilihat pada Gambar 14. Model SSG menghasilkan nilai koefisien korelasi (r) yang rendah yaitu sebesar 0,53 menunjukkan bahwa sebanyak 53% variasi total asam yang diuji dalam buah tomat ceri dapat dijelaskan oleh prediksi total asam dengan NIRS.

Tabel 1 Hasil pengolahan data total asam dengan metode PLS

Perlakuan	Faktor	Set Kalibrasi		Set Validasi			Konsistensi (%)
		r	SEC (%)	SEP (%)	CV (%)	RPD	
Original	6	0,53	0,23	0,22	29,36	1,08	102,48
Normalisas	5	0,50	0,23	0,23	30,63	1,04	100,10

i							
SNV ^a	5	0,53	0,23	0,25	32,69	0,97	92,24
MSC ^b	5	0,52	0,23	0,24	32,32	0,98	93,71
DT ^c	6	0,60	0,21	0,24	31,62	1,01	90,12
SSG ^d	6	0,53	0,23	0,21	28,41	1,12	106,16

^aStandard Normal Variate. ^bMultiplicative Scatter Correction. ^cDe-Trending.

^dSmoothing Savitzky-Golay.

Analisis Pengolahan Data NIRS dengan metode *Principal Component Regression* (PCR)

Metode PCR mempunyai persamaan dengan metode PLS yaitu sama-sama menggunakan komponen sebagai peubah bebas. Adapun perbedaannya yaitu komponen pada PCR hanya ditentukan dari peubah bebas, sedangkan komponen untuk PLS ditentukan oleh peubah bebas dan peubah respon (Margaretha 2010). Sama halnya dengan metode PLS, hasil kalibrasi dan validasi metode PCR dievaluasi berdasarkan nilai koefisien korelasi (r), standar error kalibrasi (SEC), standar error validasi (SEP), koefisien variasi (CV), RPD, dan konsistensi. *Pre-treatment* yang digunakan juga sama dengan metode PLS yaitu Normalisasi (N), *Standard Normal Variate* (SNV), *Multiplicative Scatter Correction* (MSC), *De-Trending* (DT), dan *Smoothing Savitzky-Golay* (SSG).

Total Asam

Hasil parameter total asam yang dianalisis dengan metode PCR disajikan pada Tabel 2. Prediksi total asam dengan metode PCR menggunakan spektra original maupun *pre-treatment* menghasilkan akurasi yang sangat rendah. Pengolahan data original faktor PCR 19 didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,54, nilai SEC sebesar 0,22%, nilai SEP 0,23%, nilai CV 30,50%, nilai RPD 1,04 dan konsistensi 97,83%. Prediksi total asam dengan nilai RPD yang paling tinggi ditunjukkan oleh *pre-treatment De-Trending* faktor PCR 17 yaitu sebesar 1,08. Nilai koefisien korelasi (r) yang cukup rendah yaitu sebesar 0,53. Nilai SEC dan SEP berturut-turut sebesar 0,23% dan 0,22%. Nilai CV sebesar 29,40% dan nilai konsistensi sebesar 99,75%. Nilai RPD (*Ratio of Prediction to Deviation*) dari hasil percobaan tidak memenuhi syarat yang telah ditetapkan yaitu diatas 1,5 ($RPD > 1,5$). Nilai RPD merupakan indikasi kesesuaian model untuk kontrol proses yang dapat ditingkatkan dengan cara menambah jumlah sampel pengukuran (Kim *et al.* 2007). Pengolahan data metode PCR pada kandungan total asam belum berhasil digunakan untuk memprediksi kandungan total asam buah tomat ceri.

Kandungan total asam yang didapatkan dari uji destruktif menghasilkan nilai yang lebih kecil daripada parameter lainnya. Konsentrasi asam organik yang terkandung pada buah lebih sedikit dibandingkan kandungan gulanya sehingga tidak mendominasi secara signifikan pada spektrum yang dihasilkan NIRS (Nicolai *et al.* 2007). Grafik sebaran data total asam metode PCR menggunakan *pre-treatment De-Trending* faktor 17 dapat dilihat pada Gambar 17. Model *De-Trending* menghasilkan nilai koefisien korelasi (r) yang rendah yaitu sebesar 0,54 menunjukkan bahwa sebanyak 54% variasi total asam yang diuji dalam buah tomat ceri dapat dijelaskan oleh prediksi total asam dengan NIRS.

Tabel 2 Hasil pengolahan data total asam dengan metode PCR

Perlakuan	Faktor	Set Kalibrasi		Set Validasi			Konsistensi (%)
		r	SEC (%)	SEP (%)	CV (%)	RPD	
Original	19	0,54	0,22	0,23	30,50	1,04	97,83
Normalisasi	18	0,53	0,23	0,23	31,02	1,03	96,63
SNV ^a	15	0,52	0,23	0,24	31,49	1,01	95,95
MSC ^b	15	0,52	0,23	0,24	31,61	1,01	95,87
DT ^c	17	0,53	0,23	0,22	29,40	1,08	102,27
SSG ^d	17	0,54	0,22	0,23	30,56	1,04	97,68

^aStandard Normal Variate. ^bMultiplicative Scatter Correction. ^cDe-Trending. ^dSmoothing Savitzky-Golay.

Analisis Perbandingan Kalibrasi Metode PLS dan PCR

Prediksi sifat fisiko-kimia buah tomat ceri asam menggunakan metode PLS dan PCR

menghasilkan akurasi yang berbeda antara metode *Partial Least Square* (PLS) dan *Principal Component Regression* (PCR). Metode PLS dan PCR untuk prediksi nilai total asam masih belum memenuhi parameter statistik, dimana nilai r mendekati 1, nilai RPD > 1,5, nilai SEC dan SEP mendekati 0, nilai CV mendekati 0, serta konsistensi 80-110%. Metode PLS menghasilkan akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode PCR. Hasil penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan penelitian Kim *et al.* (2010) pada buah tomat ceri yang menggunakan *Visible/Near-Infrared Spectroscopy* pengolahan data total asam menggunakan metode PLS menghasilkan nilai koefisien korelasi (r) yang berada pada rentang 0,50-0,60 dengan faktor yang digunakan antara 5-6. Sementara itu dengan metode PCR berada pada rentang 0,52- 0,54 dengan faktor yang digunakan antara 15-19. Keseluruhan prediksi yang dibangun menghasilkan nilai r yang jauh mendekati 1. Kleinbaum *et al.* (2008) menyatakan bahwa nilai r yang mendekati 1 menunjukkan kedekatan hubungan yang baik antara variabel x (data referensi) dan variabel y (data prediksi). Sehingga dapat dikatakan bahwa prediksi total asam yang dihasilkan dengan metode PLS maupun PCR dikategorikan belum layak.

Prediksi terbaik untuk parameter total asam pada buah tomat ceri dihasilkan oleh metode PLS dengan menggunakan *pre-treatment Smoothing Savitzky-Golay* (SSG) faktor 6 yaitu nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,28 dan *Standard error prediction* (SEP) sebesar 0,21%. Hasil penelitian prediksi total asam lebih rendah akurasinya dibandingkan dengan penelitian Kim *et al.* (2010) menggunakan spektroskopi Vis/NIR mendapatkan nilai R^2 sebesar 0,518 dan nilai SEP sebesar 0,229% dengan *pre-treatment* normalisasi. Kedua hasil penelitian ini belum akurat karena R^2 yang rendah dan SEP yang tinggi. Hal ini mungkin disebabkan oleh jumlah total asam yang dikandung tomat ceri kecil dibanding kekerasan dan TPT, sehingga sulit diprediksi oleh NIR.

PENUTUP

Simpulan

Prediksi sifat fisiko-kimia buah tomat menggunakan *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) dengan metode *Partial Least Square* (PLS) dan *Principal Component Regression* (PCR) untuk parameter total asam masih menghasilkan akurasi yang sangat rendah. Prediksi terbaik untuk total asam menggunakan metode PLS yaitu pada *pre-treatment* SSG faktor 6 dengan nilai $r = 0,53$; SEC = 0,23%; SEP = 0,21%; CV = 28,41%; RPD = 1,12; dan konsistensi = 106,16%, sedangkan pada metode PCR prediksi terbaik diperoleh pada *pre-treatment de-Trending* faktor 17 dengan nilai $r = 0,53$; SEC = 0,23%; SEP = 0,22%; CV = 29,40%; RPD = 1,08; dan konsistensi sebesar 99,75%. Prediksi total asam yang dihasilkan dengan metode PLS maupun PCR masih dikategorikan belum layak karena tidak memenuhi parameter statistik yaitu nilai r yang jauh mendekati 1 dan RPD yang masih kecil di bawah 1,5.

Saran

Akurasi pada prediksi sifat fisiko-kimia buah tomat ceri dapat ditingkatkan dengan cara menambah jumlah sampel dan memperbanyak variasi tingkat kematangan buah.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

Cen H, He Y. 2007. Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends in Food Science & Technology*. 18(2): 72-83.

Dalimartha S, Adrian F. 2011. *Khasiat Buah dan Sayur*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.

Devianti D, Sufardi S, Zulfahrizal Z, Munawar AA. 2019. Near infrared reflectance spectroscopy: prediksi cepat dan simultan kadar unsur hara makro pada tanah pertanian. *Agritech*. 39(1): 12-19.

Garthwaite PH. 1994. An interpretation of partial least squares. *Journal of the American Statistical Association*. 89(425): 122-127.

Kim Y, Singh M, Kays SE. 2007. Near-infrared spectroscopic analysis of macronutrients and energy in homogenized meals. *Food Chemistry*. 105(3): 1248-1255.

Kleinbaum D, Kupper L, Nizam A, Muller K. 2008. *Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods*. Edisi ke-4. Amerika Serikat (US): Duxbury.

- Margaretha O. 2010. Penerapan partial least squares pada data gingerol. *ComTech*. 1(1): 39-47.
- Mikkelsen RL. 2005. Tomato flavor and plant nutrition: a brief review. *Better Crops*. 89(2): 14-15.
- Nicolai BM, Beullens K, Bobelyn E, Peirs A, Seaeys W, Theron KI, 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.
- Putra HAR, Setiawan AW. 2021. Mempertahankan kualitas buah tomat ceri (*Solanum lycopersicum* Var. *cerasiforme*) dengan penggunaan kitosan di penyimpanan suhu ruang. *Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*. 28(1): 101-108.
- Tsaniklidis G, Delis C, Nikoloudakis N, Katinakis P, Aivalakis G. 2014. Low temperature storage affects the ascorbic acid metabolism of cherry tomato fruits. *Plant Physiology and Biochemistry*. 84: 149-157.