

PENENTUAN KANDUNGAN PADATAN TERLARUT BUAH JERUK BW SECARA TIDAK MERUSAK MENGGUNAKAN NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

The Non-destructive Method to Determine Soluble Solids Content in BW Orange Fruit Using Near Infrared Spectroscopy

Diding Suhandy

Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pascapanen, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Lampung 35145, Telp. 0721-701609 pesawat 846, Email: dinding@unila.ac.id

ABSTRAK

Buah jeruk BW sangat terkenal di Provinsi Lampung. Untuk mengoptimalkan sistem pengkelasan buah jeruk BW diperlukan sebuah metode yang dapat mengukur kandungan padatan terlarut (KPT) buah jeruk BW secara tidak merusak produk. Pada penelitian ini, dilakukan pemeriksaan terhadap potensi metode near infrared (NIR) spectroscopy pada pengukuran KPT buah jeruk BW secara tidak merusak. Sebanyak 86 sampel, masing-masing 43 buah sampel untuk membangun model kalibrasi dan uji validasi digunakan pada penelitian ini. Spektra buah jeruk diambil dengan menggunakan spectrometer portable yang beroperasi pada panjang gelombang 300-1100 nm. Spektra diambil pada dua posisi yang berbeda pada teknik diffuse reflectance. Unscrambler digunakan untuk menginvestigasi hubungan antara spektra dan KPT buah jeruk BW dengan membangun model kalibrasi. Hasil penelitian ini menunjukkan model kalibrasi terbaik diperoleh pada smoothing spektra pada panjang gelombang 700-990 nm dengan $R^2=0.92$ dan $SEC=0.36$. Validasi model menunjukkan model kalibrasi memiliki nilai bias dan SEP yang kecil. Dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%, uji t-test menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata antara KPT yang diukur menggunakan refraktometer dan KPT yang diprediksi oleh NIR spectroscopy.

Kata kunci: Metode tidak merusak, diffuse reflectance, kandungan padatan terlarut, near infrared spectroscopy, buah jeruk

ABSTRACT

Oranges (*Citrus sp var. chokun BW*) are very famous in Lampung Province. To optimize the grading system of these oranges, a nondestructive method to measure the soluble solids content (SSC) was needed. In this study, a nondestructive method using near infrared (NIR) spectroscopy for determining the SSC of fresh oranges was investigated. A number of 86 samples, 43 samples for both calibration and validation sample set, were used respectively. The spectra of oranges were acquired at two positions for each sample in diffuse reflectance technique using a portable spectrometer operated at 300-1100 nm. The SSC of oranges were measured using the refractometer. Using the Unscrambler, statistical software for multivariate calibration, a correlation between the spectra and the SSC of oranges was investigated. Then, a calibration model for determining the SSC of oranges was developed. The result showed that the best calibration model was identified for smoothing spectra in the wavelength range of 700-990 nm with $R^2=0.92$ and $SEC=0.36$. The validation result showed that its calibration model had low bias and low SEP. By a 95% confidence t-test there were no significance differences between the SSC measured by the refraktometer and that predicted by NIR spectroscopy.

Keywords: Nondestructive method, diffuse reflectance, soluble solids content, near infrared spectroscopy, orange fruit.

PENDAHULUAN

Buah jeruk (*Citrus sp.* var. chokun BW) yang banyak dibudidayakan di Propinsi Lampung merupakan salah satu produk unggulan daerah yang sangat potensial untuk dikembangkan. Rasanya yang manis membuat buah jeruk ini dapat diarahkan untuk keperluan ekspor. Hanya saja untuk keperluan ekspor maka buah jeruk tersebut harus memenuhi standar ekspor seperti tingkat kemanisan yang tinggi dan seragam.

Selama ini untuk pengukuran tingkat kemanisan buah yang dinyatakan sebagai pengukuran kandungan padatan terlarut (KPT) masih menggunakan cara yang merusak produk yang diukur. Untuk pengukuran KPT, buah jeruk dipotong dan diekstrak cairan jusnya kemudian diukur menggunakan refraktometer dan dinyatakan besarnya dalam satuan °Brix. Semakin tinggi nilainya menunjukkan semakin tinggi kandungan gulanya dan rasanya semakin manis. Untuk keperluan pasar ekspor, penilaian konvensional menggunakan refraktometer tidak dapat diandalkan lagi. Selain merusak produk, pengukuran tersebut membutuhkan waktu lama, pekerja yang banyak dan menghasilkan limbah. Disinilah urgensinya menentukan KPT buah jeruk secara tidak merusak. Di antara sekian banyak metode tidak merusak yang tersedia, NIR spectroscopy merupakan salah satu metode yang layak diketengahkan.

NIR spectroscopy merupakan salah satu metode tidak merusak (*nondestructive method*) yang telah berhasil diujicobakan dalam proses penilaian kualitas buah-buahan segar seperti apel, jeruk satsuma mandarin dan buah kiwi. Lammertyn dkk., (1998) menggunakan NIR spectroscopy untuk mengukur kandungan padatan terlarut/KPT (*soluble solid contents*) dan tingkat keasaman (*acidity*) buah apel secara tidak merusak. Kawano dkk., (1993) berhasil mengukur kandungan gula (*sugar content*) buah jeruk satsuma mandarin menggunakan NIR spectroscopy. Sedangkan Osborne dkk., (1998) berhasil menerapkan NIR spectroscopy untuk menduga berat kering/BK dan KPT pada buah kiwi. Dibandingkan dengan analisis kimiawi yang merusak, NIR spectroscopy memiliki beberapa keunggulan di antaranya: NIR spectroscopy memiliki waktu pengukuran yang sangat cepat (25 detik per sampel), tanpa perlu penyiapan sampel secara khusus (buah segar secara langsung bisa diambil sebagai sampel tanpa harus dihancurkan atau dibuat jusnya), bebas bahan-bahan kimiawi, bebas limbah dan dapat digunakan dalam proses penilaian kualitas buah secara terus menerus. Pada penelitian ini dilakukan investigasi korelasi antara parameter spektra dan KPT buah jeruk. Kemudian membangun serta menguji model kalibrasi untuk menentukan KPT buah jeruk menggunakan NIR spectroscopy.

METODE PENELITIAN

Bahan

Sebanyak 86 buah jeruk digunakan untuk penelitian ini. Buah jeruk tersebut terdiri atas tiga tingkat kemasakan dengan tujuan untuk mendapatkan rentang nilai KPT yang lebar. Perbedaan tingkat kemasakan didasarkan kepada ukuran buah yang dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu besar, sedang dan kecil. Selanjutnya buah jeruk dibagi menjadi dua kelompok sampel yaitu sampel kalibrasi dan sampel validasi. Sampel kalibrasi adalah kelompok sampel untuk membangun model kalibrasi sedangkan sampel validasi merupakan kelompok sampel yang digunakan untuk menguji model kalibrasi yang dibangun. Karakteristik statistik kedua kelompok sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengambilan Spektra

Sebuah spektrometer portable dengan rentang panjang gelombang 300-1100 nm (VIS-NIR USB4000, Ocean Optics USA) digunakan untuk menghasilkan spektra buah jeruk. Instrumentasi lengkap untuk pengukuran spektra seperti terlihat pada Gambar 1, terdiri atas spektrometer (menggunakan 3648-element linear silicon CCD array), sumber cahaya (*light sources*) dari lampu tungsten halogen, fiber optik (diameter 400 µm dan panjang 2 m) dan komputer.

Pengukuran spektra dilakukan pada dua posisi untuk setiap sampel dengan teknik *diffuse reflectance* seperti tampak pada Gambar 2. Spektra dari sumber cahaya diarahkan ke buah jeruk melalui fiber optik. Sebagian cahaya kemudian masuk ke dalam buah jeruk kurang lebih sedalam 5-7 mm (Saranwong dkk., 2001) dan berinteraksi dengan berbagai komponen bahan biologik dalam buah. Kemudian cahaya yang telah mengandung informasi biologik ini diteruskan ke spektrometer melalui fiber optik dan datanya dapat dilihat di layar monitor serta dapat disimpan melalui kabel USB. Pengambilan spektra dilakukan pada kondisi waktu integrasi 180 ms. Spektra yang diperoleh merupakan rata-rata dari 5 buah spektra. Sebelum pengambilan spektra sampel dilakukan, spektra *dark* dan *reference* diambil masing-masing sebanyak satu kali. Spektra *dark* merupakan spektra yang diambil tanpa sampel dan tanpa cahaya. Ini dilakukan dengan cara memblok sumber cahaya. Spektra *reference* merupakan spektra yang diambil dengan menggunakan *reference (diffuse reflectance standard* model WS-1, Ocean Optics USA) sebagai sampel. Untuk menyeragamkan suhu sampel, sebelum pengambilan spektra seluruh sampel dimasukkan ke dalam *water batch* bersuhu 25°C selama 10 menit menghasilkan suhu sampel sekitar 26 °C. Untuk mencegah masuknya cahaya dari lingkungan, seluruh pengambilan spektra dilakukan di dalam kotak hitam yang tertutup.

Dengan teknik *diffuse reflectance* maka spektra *reflectance* dinyatakan sebagai persen ($\%R_i$) relatif terhadap *reflectance* dari *reference* atau *standard* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\%R_i = \frac{S_i - D_i}{R_i - D_i} \times 100\% \dots\dots\dots 1)$$

di mana: S_i = Intensitas sampel pada panjang gelombang λ
 D_i = Intensitas *dark* pada panjang gelombang λ
 R_i = Intensitas *reference* pada panjang gelombang λ

Analisis Data

Untuk analisis data hanya digunakan spektra pada panjang gelombang NIR saja yaitu panjang gelombang 700-1100 nm. Model kalibrasi akan dibangun untuk spektra asli (spektra yang diperoleh dari pengukuran dan belum mengalami perlakuan data apapun), *smoothing* spektra (spektra yang telah mengalami perlakuan data *smoothing*) dan *second derivative* spektra (spektra yang telah mengalami perlakuan data *second derivative* dengan algoritma *Savitzky-Golay second derivative*, rata kiri dan kanan 33 nm). Untuk uji validasi dilakukan dengan *t-test* menggunakan model kalibrasi yang dibangun dengan sampel yang berbeda. *T-test* merupakan salah satu metode validasi yang tersedia dalam program the Unscrambler versi 9.7 (CAMO AS, Norway). Model kalibrasi dan validasi dibangun menggunakan metode *Partial Least Squares (PLS) Regression*. Semua proses tersebut dapat dilakukan oleh perangkat lunak khusus pengolah data multivariate the Unscrambler versi 9.7. Kemudian perangkat lunak SPSS (*Statistical Package for the Social Science*) versi 11.0 digunakan untuk melakukan evaluasi signifikansi level dari model yang dibangun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektra NIR Buah Jeruk

Spektra NIR buah jeruk asli yang diambil dengan teknik *diffuse reflectance* dengan nilai KPT tinggi (10.1 °Brix), sedang (8.0°Brix), dan rendah (5.3 °Brix) dapat dilihat pada Gambar 3.

Tampak terlihat perbedaan yang nyata antara ketiganya. Gambar 4 dan 5 menunjukkan spektra dari Gambar 3 yang telah diproses masing-masing menggunakan teknik *smoothing* spektra (*moving average* dengan jumlah titik 5) dan teknik *second derivative* spektra (*Savitzky-Golay second derivative*, rata kiri kanan 33 nm). Tampak bahwa Gambar 4 mirip dengan Gambar 3 dengan perbedaan bahwa Gambar 4 tampak lebih halus menunjukkan teknik *smoothing* spektra telah berhasil memperbaiki kualitas spektra yang diambil.

Dengan teknik *second derivative* spektra telah berhasil menghilangkan *baseline* dan mempertajam perbedaan spektra akibat perbedaan tingkat KPT buah jeruk. Dari Gambar 5 dapat terlihat adanya perbedaan pada ketinggian puncak spektra pada panjang gelombang antara 700 nm dan 900 nm.

Membangun Model Kalibrasi

Model kalibrasi dan uji validasi untuk penentuan KPT buah jeruk dibangun dengan menggunakan metode *Partial Least Squares (PLS) regression* untuk tiga jenis spektra yaitu spektra asli, *smoothing* spektra, dan *second derivative* spektra. Hasilnya seperti tampak pada Tabel 2.

Untuk menentukan model kalibrasi yang terbaik maka digunakan beberapa kriteria. Pertama, model kalibrasi terbaik harus memiliki jumlah faktor (F) yang cukup (tidak terlalu sedikit atau terlalu banyak) untuk hasil prediksi yang optimal serta menghindari terjadinya *overfitting*. Lebih lanjut model kalibrasi tersebut harus memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) yang tinggi, *standard error of calibration* (SEC) yang rendah, *standard error of prediction* (SEP) yang rendah dan *bias* yang rendah pula. Kemudian model kalibrasi dengan RPD (*Ratio Prediction to Deviation*) tinggi juga menjadi syarat model kalibrasi yang dapat diterima (Williams, 1987). Nilai RPD dihitung dengan cara membagi standard deviasi sampel validasi dengan nilai SEP yang diperoleh. Dari Tabel 2 dapat terlihat bahwa model kalibrasi pada panjang gelombang 700-990 nm untuk *smoothing* spektra menghasilkan model kalibrasi yang terbaik dengan nilai koefisien determinasi sebesar $R^2=0.92$. Model kalibrasi ini juga memiliki SEC dan SEP yang rendah yaitu masing-masing SEC=0.36 dan SEP=0.64. Pada model kalibrasi ini juga memiliki nilai RPD yang paling tinggi yaitu sebesar 2.03.

Gambar 6 berikut ini menunjukkan kontribusi/bobot masing-masing panjang gelombang pada interval panjang gelombang 700-990 nm terhadap model kalibrasi yang dibangun. Dari Gambar 6 terlihat bahwa koefisien regresi untuk setiap panjang gelombang berbeda. Semakin tinggi koefisien regresi maka panjang gelombang tersebut semakin berkontribusi terhadap persamaan kalibrasi yang dibangun. Pada Gambar 6 terdapat beberapa koefisien regresi yang cukup tinggi di antaranya pada panjang gelombang 750 nm, 884 nm dan 960 nm. Panjang gelombang 750 nm dan 960 nm berkorelasi dengan absorpsi air (*water absorption*) sedangkan panjang gelombang 884 nm berkorelasi dengan absorpsi karbohidrat. Penelitian yang dilakukan oleh Suhandy dkk. (2006) juga menunjukkan bahwa panjang gelombang 760 nm dan 970 nm berkorelasi sangat baik dengan absorpsi terhadap air.

Penelitian sejenis juga menunjukkan bahwa panjang gelombang 884 nm berkorelasi dengan absorpsi karbohidrat dalam bentuk pati (Dull dkk.,1992; Khuriyati and Matsuoka, 2004). Hal ini menunjukkan bahwa KPT buah jeruk sangat

erat kaitannya dengan kandungan air dan karbohidrat pada buah jeruk. Karbohidrat dalam buah jeruk merupakan senyawa pati yang pada saat proses pematangan (*ripening*) akan mengalami proses penguraian (*hidrolisis*) menjadi senyawa gula-gula sederhana dan air.

Validasi Model Kalibrasi

Gambar 7 menunjukkan *scatter plot* antara KPT aktual dan KPT prediksi. Uji signifikansi level dengan 90% tingkat kepercayaan menunjukkan bahwa KPT aktual yang diukur menggunakan refraktometer dan KPT prediksi yang dihitung dengan NIR spectroscopy adalah tidak berbeda secara nyata. Hal ini menunjukkan bahwa penentuan KPT secara tidak merusak menggunakan NIR spectroscopy dapat terbangun dengan baik.

KESIMPULAN

Dari paparan di atas maka dapat disimpulkan bahwa penentuan KPT buah jeruk menggunakan NIR spectroscopy telah berhasil dengan baik. Model kalibrasi terbaik memiliki $R^2=0.92$ dengan $SEC=0.36$ dan $SEP=0.64$. Model ini memiliki $RPD=2.03$ dan $bias=0.14$. Dengan uji *t-test* dapat dibuktikan bahwa parameter KPT aktual yang diukur dengan refraktometer dan parameter KPT prediksi yang dihitung menggunakan NIR spectroscopy adalah tidak berbeda secara nyata. Namun demikian model kalibrasi yang diperoleh masih dapat ditingkatkan kualitasnya dengan memperbaiki kualitas spektra pada saat pengambilan spektra dengan cara meningkatkan waktu integrasi (*integration time*) dan jumlah *scanning* per spektra.

DAFTAR PUSTAKA

Dull, G.G., Leffler, R.G., Birth, G.S. dan Smittle, D.A. (1992). Instrument for nondestructive measurement of soluble solids in honeydew melons. *Transaction of the ASAE* **35**: 735-737.

Kawano, S., Fujiwara, T. dan Iwamoto, M. (1993). Nondestructive determination of sugar content in Satsuma Mandarin using near infrared (NIR) transmittance. *Journal of the Japanese Society of Horticultural Science* **62**: 465-470.

Khuriyati, N. dan Matsuoka, T. (2004). Near infrared transmittance method for nondestructive determination of soluble solids content in growing tomato fruits. *Environmental Control in Biology* **42**: 217-223.

Lammertyn, J., Nicolai, B., Ooms, K., Smedt, V. dan Baerdemaeker, J. (1998). Nondestructive measurement of acidity, soluble solids, and firmness of Jonagold apples using NIR spectroscopy. *Transactions of the ASAE*. **41**: 1089-1094.

Osborne, S.D., Jordan, R.B., and Kunemeyer, R. (1998). Using near infrared (NIR) light to estimate the soluble solids and dry matter content of kiwifruit. *Acta Hort.* **464**: 109-114.

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.

Suhandy, D., Khuriyati, N. dan Matsuoka, T. (2006). Determination of leaf water potential in tomato plants using NIR spectroscopy for water stress management. *Environmental Control in Biology* **44**: 279-284.

Williams, P.C. (1987). Variable affecting near infrared reflectance spectroscopic analysis. *Dalam: Williams, P. dan Norris, K. (ed.). Near-Infrared Technology in the Agriculture and Food Industries*, hal 143-167. American Society of Cereal Chemists Inc., St. Paul Minn.

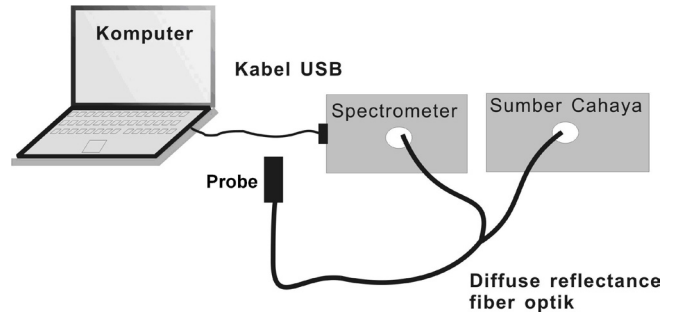
RALAT : Lampiran Gambar dari Judul : Penentuan Kandungan Padatan Terlarut Buah Jeruk BW Secara Tidak Merusak Menggunakan Near Infrared Spectroscopy oleh Diding Suhandy

Tabel 1. Karakteristik statistik kelompok sampel kalibrasi dan validasi yang digunakan untuk penentuan KPT buah jeruk.

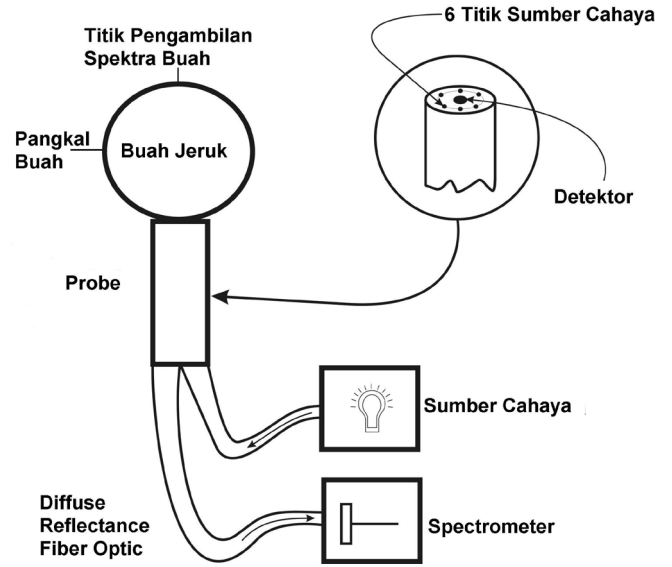
Item	Sampel Kalibrasi	Sampel Validasi
Jumlah sampel	43	43
Maksimum	10.1	10.2
Minimum	5.3	5.6
Rataan	8.5	8.5
Standard Deviasi	1.2	1.3
Unit	°Brix	°Brix

Tabel 2. Hasil kalibrasi dan validasi untuk penentuan KPT buah jeruk.

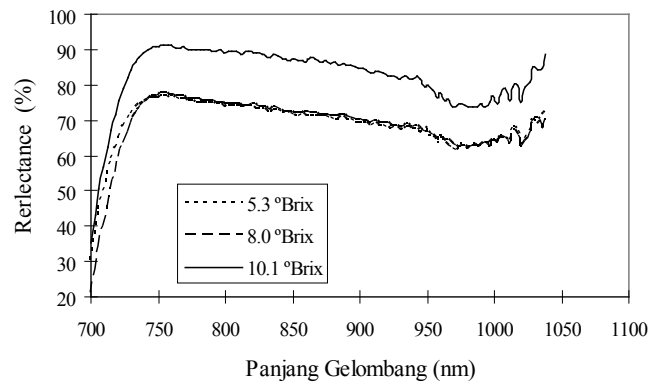
Tipe Spektra	Panjang gelombang (nm)	F	R ²	SEC	SEP	Bias	RPD
Spektra Asli	700-940	7	0.88	0.42	0.72	0.19	1.81
	700-950	4	0.72	0.65	0.72	0.15	1.81
	700-960	5	0.76	0.60	0.75	0.10	1.73
	700-970	5	0.79	0.56	0.68	0.15	1.91
	700-980	5	0.81	0.54	0.68	0.16	1.91
	700-990	6	0.85	0.49	0.72	0.20	1.81
	700-1000	8	0.92	0.34	0.66	0.20	1.97
	700-1010	6	0.83	0.50	0.66	0.18	1.97
Smoothing Spektra	700-940	8	0.85	0.49	0.72	0.15	1.81
	700-950	7	0.83	0.51	0.71	0.15	1.83
	700-960	8	0.85	0.49	0.70	0.12	1.86
	700-970	7	0.83	0.52	0.66	0.10	1.97
	700-980	7	0.85	0.50	0.66	0.11	1.97
	700-990	8	0.92	0.36	0.64	0.14	2.03
	700-1000	9	0.94	0.31	0.67	0.12	1.94
	700-1010	9	0.92	0.33	0.64	0.17	2.03
Second Derivative Spektra	700-940	5	0.66	0.72	0.74	0.22	1.76
	700-950	5	0.71	0.67	0.76	0.20	1.71
	700-960	5	0.74	0.63	0.87	0.15	1.49
	700-970	6	0.77	0.60	0.86	0.13	1.51
	700-980	6	0.77	0.57	0.81	0.10	1.60
	700-990	7	0.85	0.47	0.85	0.08	1.53
	700-1000	7	0.83	0.50	0.84	0.04	1.55
	700-1010	2	0.59	0.79	0.86	0.18	1.51



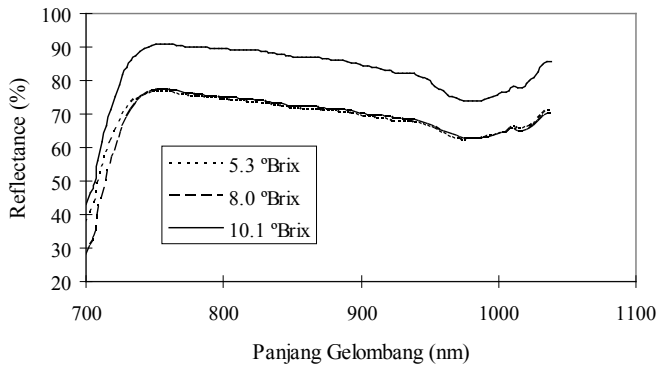
Gambar 1. Instrument untuk pengambilan spektra buah jeruk.



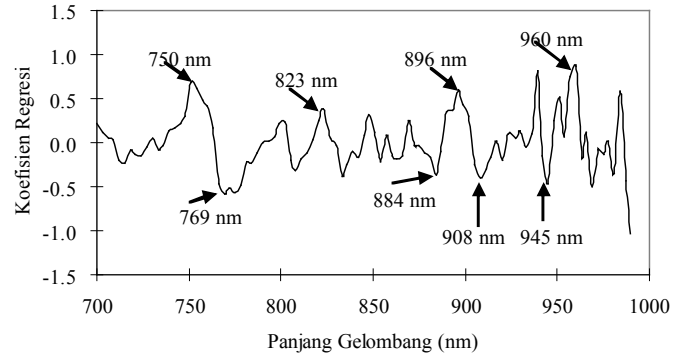
Gambar 2. Konfigurasi fiber optik untuk pengukuran spektra buah jeruk dengan teknik *diffuse reflectance*.



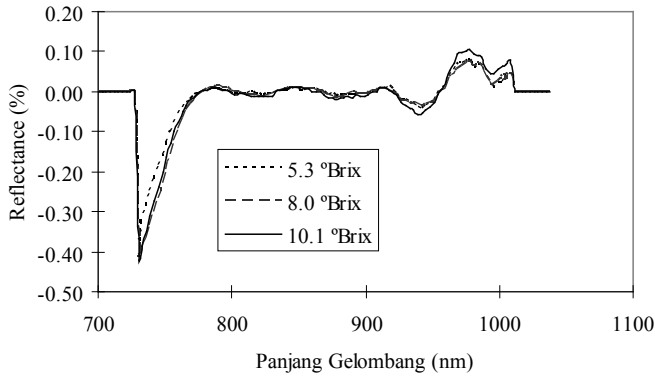
Gambar 3. Spektra asli buah jeruk yang diambil dengan teknik *diffuse reflectance* dengan berbagai nilai KPT yang berbeda.



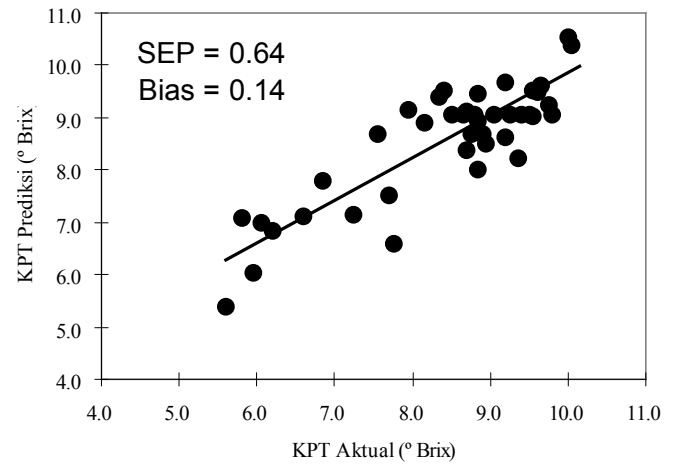
Gambar 4. Spektra *smoothing* buah jeruk yang diambil dengan teknik *diffuse reflectance* dengan berbagai nilai KPT yang berbeda.



Gambar 6. Hubungan antara koefisien regresi dan panjang gelombang pada model kalibrasi penentuan KPT buah jeruk.



Gambar 5. Spektra second derivative buah jeruk yang diambil dengan teknik *diffuse reflectance* dengan berbagai nilai KPT yang berbeda.



Gambar 7. Scatter plot antara KPT aktual dan KPT prediksi.