

## PENENTUAN KADAR KAROTEN, DOBI, BILANGAN IOD, TITIK LELEH DAN BILANGAN PENYABUNAN PADA CPO MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI NEAR INFRARED (NIR)

Hasrul Abdi Hasibuan, Tjahjono Herawan, dan Eka Nuryanto

**Abstrak** Spektroskopi *Near Infrared* (NIR) telah dikembangkan untuk menentukan karakteristik CPO secara bersamaan dengan satu kali analisa diantaranya adalah kadar karoten, *deterioration of bleachability index* (DOBI), bilangan iod, titik leleh dan bilangan penyabunan. Sebanyak 442 CPO digunakan sebagai sampel kalibrasi dengan kadar karoten 138 - 611 ppm; DOBI 0,44 - 2,87; bilangan iod 47,70 - 54,68; titik leleh 34,0 - 38,60°C dan bilangan penyabunan 197,5 - 206,62. Prediksi data menggunakan metode *Partial Least Square* (PLS) dan optimasi faktor kalibrasi diprediksi menggunakan uji *predicted residual error sum of squares* (PRESS). Hasil kalibrasi kadar karoten, DOBI, bilangan iod, titik leleh dan bilangan penyabunan diperoleh standar eror kalibrasi (SEC) masing-masing adalah 20,8202; 0,0387; 0,0824; 0,1459; 0,0211. Standar eror validasi (SEV) masing-masing adalah 22,2091; 0,0431; 0,1105; 0,1655; 0,0247. Koefisien korelasi masing-masing adalah 0,931; 0,991; 0,990; 0,951; 0,986. Hasil uji validasi dari 29 sampel *unknown* menunjukkan standar deviasi prediksi hampir sama dengan SEC dan SEV. Berdasarkan hasil kalibrasi dan validasi parameter mutu CPO menunjukkan bahwa penentuan karakteristik CPO menggunakan NIR dapat dilakukan secara bersamaan. Metode NIR yang dikembangkan ini lebih cepat dengan waktu analisis  $\pm 2$  menit, tidak memerlukan preparasi dan lebih ramah lingkungan.

**Kata kunci:** crude palm oil, kadar karoten, DOBI, bilangan iod, titik leleh bilangan penyabunan, spektroskopi near infrared, partial least square.

**Abstract** *Near Infrared Spectroscopy* (NIR) has been developed to determine characteristic of CPO simultaneously including carotene content, *deterioration of bleachability index* (DOBI), iode value, melting point and saponification value. An 442 CPO was used as calibration sample and it has carotene content 138 to 611 ppm; DOBI 0.44 to 2.87; iodine value 47.70 to 54.68; melting point 34.0 to 38.60°C and saponification value 197.5 to 206.62. This data shown CPO has variation that represents the characteristic of Indonesian CPO. Data prediction of NIR using partial least square (PLS) method and optimization calibration factor predicted by predicted residual error sum of squares (PRESS). Standard error calibration (SEC) to determine the carotene content, DOBI, iode value, melting point and saponification value were 20,8202; 0,0387; 0,0824; 0,1459; 0,0211. Standard error validation (SEV) were 22,2091; 0,0431; 0,1105; 0,1655; 0,0247. Coefficient correlations were 0,931; 0,991; 0,990; 0,951; 0,986. The validation of 29 sample shown that standard deviation were almost the same with SEC and SEV. Based on the calibration and validation quality parameters of CPO has been determine using NIR simultaneously. The method developed more quickly, with the time of analysis about 2 minutes, no preparation and more environmentally friendly.

**Keywords:** crude palm oil, carotene content, DOBI, iodine value, melting point, saponification value, near infra red spectroscopy, partial least square.

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Hasrul Abdi Hasibuan (✉)  
Pusat Penelitian Kelapa Sawit  
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia  
Email: hasibuan\_abdi@yahoo.com

### PENDAHULUAN

Mutu *Crude Palm Oil* (CPO) seperti kadar air, kotoran dan asam lemak bebas sangat dibutuhkan dalam perdagangan untuk mengetahui kualitasnya.

Selain itu, parameter lain yang menjadi acuan karakteristik dari CPO adalah kadar karoten, nilai *deterioration of bleachability index* (DOBI), bilangan iod, titik leleh dan bilangan penyabunan. Parameter analisis di atas masih ditentukan dengan metode konvensional yang mengacu kepada *AOCS method* dan *MPOB method*. Metode konvensional memerlukan preparasi sampel, ketelitian dan hasilnya sangat tergantung pada observasi visual dari operator (Setiowaty and Che Man, 2002).

Saat ini, telah dikembangkan teknik analisis minyak nabati tanpa preparasi sampel seperti spektroskopi *Near-Infrared* (NIR) (Galtier *et al*, 2007). Spektroskopi NIR bekerja dengan mengukur absorbansi sampel pada daerah panjang gelombang 400 - 2500 nm. Absorpsi dipengaruhi oleh getaran ikatan seperti adanya senyawa aromatik, polar dan ikatan hidrogen yang berikatan dengan atom. Gugus fungsi yang dapat dianalisa pada daerah NIR adalah vibrasi dari C-H, O-H, C-C dan N-H (panjang gelombang rendah) dan pada *overtone* lain menunjukkan vibrasi CH<sub>2</sub>, -C=C-, dan C=O (Weyer and Lo, 2002).

Metode kalibrasi dari spektroskopi NIR menggunakan model regresi *Partial Least Square* (PLS) (Manley and Ebcole, 2006; Galtier *et al*, 2007). Model tersebut didasarkan pada hubungan antara intensitas signal dan data dari sampel. Pendekatan metode ini menggunakan daerah spektra yang mengindikasikan ikatan dari gugus fungsi. Evaluasi dari kesalahan pada kalibrasi dibandingkan dengan data faktual diprediksi secara komputerisasi yang disebut dengan *standard error of calibration* (SEC) (Galtier *et al*, 2007). Analisis menggunakan spektroskopi NIR memiliki keunggulan yaitu mudah dioperasikan, analisis cepat dan akurat, tidak memerlukan preparasi sampel, sangat ekonomis dan ramah lingkungan (Paradkar and Irudayaraj, 2002).

Spektroskopi NIR juga telah digunakan untuk menentukan kualitas beberapa minyak nabati diantaranya *virgin olive oil*, *canola oil*, *rapeseed oil*, minyak sawit (Galtier *et al*, 2007; Li *et al*, 2000a; Moh *et al*, 1999) bahkan pada minyak nabati selama penggorengan (Sangdehi, 2005; Gerde *et al*. 2007)).

Sebagai alternatif, teknik analisis dengan alat ini dapat digunakan untuk menentukan bilangan keasaman, kadar air dan lemak (Sangdehi, 2005), bilangan peroksida (Li *et al*, 2000a), komposisi asam lemak dan trigliserida (Galtier *et al*, 2007), bilangan iod, lemak trans dan cis serta bilangan penyabunan (Cox *et al*, 2000; Li *et al*, 2000b). Selain itu, NIR juga telah digunakan untuk menentukan jumlah pewarna klorofil (Marquez, 2003) dan karoten (Marquez, 2003; Moh *et al*, 1999).

Penentuan karakteristik CPO, diantaranya kadar karoten, *deterioration of bleachability index* (DOBI), bilangan iod, titik leleh, dan bilangan penyabunan secara bersamaan dengan spektroskopi NIR belum ada yang melaporkan. Jika penentuan kelima parameter di atas ditentukan secara konvensional akan memerlukan waktu relatif lebih lama selain itu, biaya analisa tinggi karena menggunakan pelarut (kecuali titik leleh) selain itu, pelarut yang digunakan bersifat toksik. Sehingga, pada penelitian ini dilakukan pengembangan teknik analisis untuk memprediksi kelima parameter tersebut secara bersamaan dengan satu kali analisa menggunakan NIR.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Crude Palm Oil* (CPO) sebanyak 442 sampel yang diperoleh dari 6 pelabuhan di Indonesia diantaranya adalah Kuala Tanjung, Belawan, Dumai, Pelintung, Palembang, dan Pontianak. Bahan-bahan kimia seperti heksan p.a, isooktan p.a, triflorobromida (BF<sub>3</sub>) p.a, natrium klorida p.a, kalium hidroksida p.a diperoleh dari suplier lokal E. Merck.

### Metode Analisis

Sebanyak 442 sampel CPO ditentukan dengan metode standar seperti kadar karoten (MPOB p.2.6. part 2), DOBI (MPOB p.2.9. part 2), bilangan iod (metode GC mengacu kepada AOCS Ce 1b-89), titik leleh (AOCS Cc 1-25), dan bilangan penyabunan (metode GC mengacu kepada AOCS Ce 1b-89) (AOCS, 1989; MPOB, 2004).

### Instrumentasi dan Penanganan Sampel

Spektroskopi NIR yang digunakan adalah seri XDS *near infrared*. Spektroskopi bekerja menggunakan asesoris flow sel transmisi panas dilengkapi dengan *quartz windows* dengan panjang 5 mm. Asesoris dijaga pada suhu 60°C untuk meyakinkan bahwa lemak mencair. Sampel dicairkan dengan oven *microwave* sebelum dimasukkan ke dalam flow sel. Absorbansi dari sampel diukur pada daerah 400 - 2500 nm.

Sebanyak 442 sampel CPO yang telah diketahui kadar karoten, nilai DOBI, bilangan iod, titik leleh dan bilangan penyabunan diukur absorbansinya dengan alat NIR. Data yang diperoleh dari sistem digunakan sebagai referensi untuk mengkalibrasi sistem NIR dan memvalidasi prediksinya.

### Kalibrasi

Spektra dari sampel dan data kadar karoten, DOBI, bilangan iod, titik leleh, dan bilangan penyabunan dimasukkan ke dalam program analisis untuk mengembangkan kalibrasi NIR. Korelasi antara masing-masing spektra dikembangkan dengan metode *Partial Least Square* (PLS) untuk memprediksi nilai dari parameter tersebut (Li *et al*, 2000a dan 2000b).

Regresi PLS merupakan metode kalibrasi pada NIR dengan cara menyeleksi beberapa spektrum yang diinvestigasi secara simultan. Proses tersebut dapat menghubungkan antara spektra dengan data hingga dihasilkan koefisien korelasi ( $R^2$ ). Dalam kajian ini, seleksi daerah panjang gelombang dan jumlah faktor digunakan dalam model kalibrasi sesuai dengan *predicted residual error sum of squares* (PRESS). Persentasi sampel yang dikalibrasi dan divalidasi

masing-masing sebanyak 75% dan 25% dari total sampel. Nilai minimum dan maksimum selalu ditempatkan pada daerah kalibrasi dan diyakinkan bahwa standar eror kalibrasi lebih kecil dari standar eror validasi. Analisis menggunakan teknik NIR tidak dilakukan duplikasi untuk mencegah perbedaan spektrum dan data yang dihasilkan karena pada saat pembacaan dilakukan pemanasan sampel pada suhu 60°C selama 1,15 menit.

### Uji Validasi

Kadar karoten, DOBI, bilangan iod, titik leleh, dan bilangan penyabunan pada 29 sampel CPO *unknown* ditentukan menggunakan kalibrasi yang dihasilkan dengan metode NIR dan hasilnya dibandingkan secara statistik dengan menentukan standar deviasi pada level 95% ( $P > 0,05$ ) terhadap hasil penentuan dengan metode standar (AOCS dan MPOB *method*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik sampel

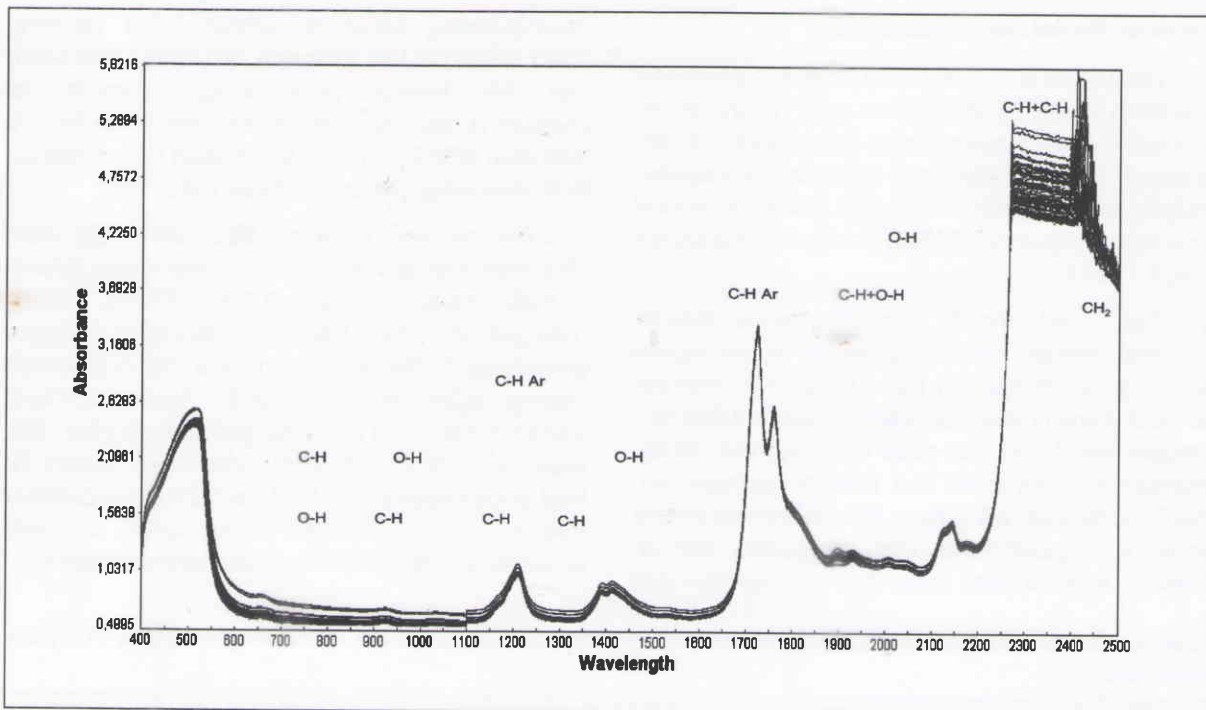
Analisis kuantitatif menggunakan spektroskopi NIR merupakan metode sekunder. Sebelum dilakukan analisis menggunakan NIR, sebanyak 442 sampel CPO diukur absorbansinya dan data hasil analisis dengan metode standar (AOCS *method* dan MPOB *method*) dimasukkan ke dalam sistem spektroskopi NIR. Kalibrasi harus dilakukan secara *random* dan kadar sampel berada pada kisaran karakteristiknya.

Karakteristik CPO yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1. Sampel CPO yang digunakan memiliki kadar karoten dari 138 - 611 ppm, DOBI 0,44 - 2,87, bilangan iod 47,70 - 54,68, titik leleh 34,0 - 38,60°C, dan bilangan penyabunan 197,5 - 206,62. *Palm Oil*

Tabel 1. Karakteristik CPO (n = 442 sampel).

Parameter	Karoten, ppm	DOBI	Bil. iod*	Titik Leleh, °C	Bil. Penyabunan*
Rerata	417	1,82	51,71	35,66	198,72
Maksimum	611	2,87	54,68	38,60	206,62
Minimum	138	0,44	47,70	34,00	197,5

Keterangan: \* = metode mengacu pada cara kromatografi gas (GC)



Gambar 1. Spektrum spektroskopi NIR Crude Palm Oil (n = 442 sampel).

Research Institute of Malaysia (PORIM) dalam Basiron *et al.* (2000) melaporkan bahwa bilangan iod, titik leleh dan bilangan penyabunan pada CPO Malaysia masing-masing sebesar 51,0 - 55,3; 32,3 - 39,0°C dan 190,1 - 201,7. Siahaan *et al.* (2008) melaporkan kadar karoten, dan DOBI pada CPO Indonesia masing-masing sebesar 271-790 ppm, dan 0,9-2,99. Sehingga, data karakteristik CPO yang digunakan dalam penelitian ini menggambarkan variasi dan mewakili karakteristik CPO.

#### Analisis Spektra CPO

Gambar 1 menunjukkan spektrum dari CPO (442 sampel) pada panjang gelombang 400 - 2.500 nm. Spektra NIR tidak memberikan spektrum yang detil dan terdiri dari *overlapping* (Li *et al.*, 2000a). Interpretasi dari puncak spektrum diprediksi berdasarkan posisi dari ikatan masing-masing unsur pada daerah NIR.

Spektra NIR terdiri dari *overtone* dan kombinasi dari vibrasi seperti ikatan antara suatu senyawa dengan hidrogen (X-H), dimana X dapat berupa

oksigen, karbon atau logam halida. Ikatan C-H terindikasi pada kisaran panjang gelombang 2.200-2.400 nm. Daerah panjang gelombang 1.500-1.800 nm terdiri dari ikatan *overtone* C-H dan O-H dan pada panjang gelombang 1.100-1.450 nm juga termasuk ikatan C-H. Kombinasi ikatan CH<sub>2</sub> terindikasi pada panjang gelombang 2.222-2.500 nm. Panjang gelombang 1.179 dan 1.695 nm disebabkan oleh *overtone* -CH=CH- dalam bentuk *cis* dan *trans* yang sama dijumpai pada panjang gelombang 2.139 dan 2.190 nm (Moh *et al.*, 1999; Weyer and Lo, 2002 dan Manley and Eberle, 2006). Sedangkan absorbansi yang menunjukkan adanya gugus fungsi C-H aromatik ditunjukkan pada panjang gelombang 1.685 dan 1.143 nm (Wheeler dalam Moh *et al.*, 1999).

Curcio dalam Sangdehi (2005) menyatakan bahwa molekul air memiliki lima spektra yaitu 1.940, 1.450, 1.190, 970 and 760 nm pada 20°C. Adsorpsi kuat dari molekul air terjadi pada 1.400 - 1.450 dan 1.900 - 1.950 nm. Adanya molekul air dapat mempengaruhi adsorpsi NIR.

### Kalibrasi *Partial Least Square* (PLS)

Hasil analisis PLS terhadap beberapa parameter sifat fisiko kimia CPO ditunjukkan pada Tabel 2. Model kalibrasi PLS dapat memprediksi kadar karoten, DOBI, bilangan iod, titik leleh dan bilangan penyabunan dengan jumlah faktor pada model *predicted residual error sum of squares* (PRESS) masing-masing adalah 8, 9, 9, 7 dan 9.

Data hasil analisis dengan metode standar diplotkan dengan NIR menghasilkan kurva regresi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Gambar tersebut menampilkan kurva antara hasil prediksi NIR dengan metode standar pada kadar karoten, DOBI, bilangan iod, titik leleh dan bilangan penyabunan. Hasil pembacaan NIR dengan metode standar berada pada garis yang sama dan ditunjukkan dengan koefisien korelasi yang tinggi. Koefisien korelasi dari

masing-masing parameter adalah 0,931 karoten); 0,991 (DOBI); 0,990 (bilangan iod); 0,951 (titik leleh) dan 0,986 (bilangan penyabunan). Umumnya nilai koefisien korelasi yang baik adalah lebih besar dari 0,9 (Monteiro *et al*, 2009). Ini menunjukkan bahwa metode PLS pada setiap parameter di atas cukup valid.

Standar eror kalibrasi (SEC) dari data yang dihasilkan menggunakan NIR masing-masing adalah 20,8202 (kadar karoten); 0,0387 (DOBI); 0,0824 (bilangan iod); 0,1459 (titik leleh) dan 0,0211 (bilangan penyabunan). Standar eror validasi (SEV) diperoleh masing-masing adalah 22,2091 (kadar karoten); 0,0431 (DOBI); 0,1105 (bilangan iod); 0,1655 (titik leleh) dan 0,0247 (bilangan penyabunan) (Tabel 2). Nilai perbandingan antara SEC dan SEV harus di dalam kisaran 0,5 - 1 (Monteira *et al.*, 2009) dan dari penelitian ini nilainya berada dalam kisaran tersebut.

Tabel 2. Standar eror kalibrasi, standar eror validasi, koefisien korelasi dan jumlah faktor dengan metode PLS pada spektroskopi NIR.

Parameter	SEC	SEV	SEC:SEV	R <sup>2</sup>	Faktor*
Kadar Karoten	20,82	22,209	0,94	0,931	8
DOBI	0,0387	0,0431	0,90	0,991	9
Bilangan Iod	0,0824	0,1105	0,75	0,990	9
Titik Leleh	0,1459	0,1655	0,88	0,951	7
Bilangan Penyabunan	0,0211	0,0247	0,85	0,986	9

Keterangan: SEC = standard error of calibration, SEV = standard error of validation, R<sup>2</sup> = koefisien korelasi, \* = model predicted residual error sum of squares (PRESS)

### Analisis sampel CPO *unknown*

Meskipun validasi hasil analisis menggunakan NIR telah dilakukan terhadap beberapa sampel yang terkalibrasi namun untuk meyakinkan hasilnya perlu dilakukan pengujian terhadap sampel yang lain dan belum diketahui kadarnya (Li *et al*, 2000). Untuk menentukan keakuratan dan ketelitian dari model kalibrasi yang dihasilkan data NIR dibandingkan dengan metode standar sehingga diperoleh standar deviasi.

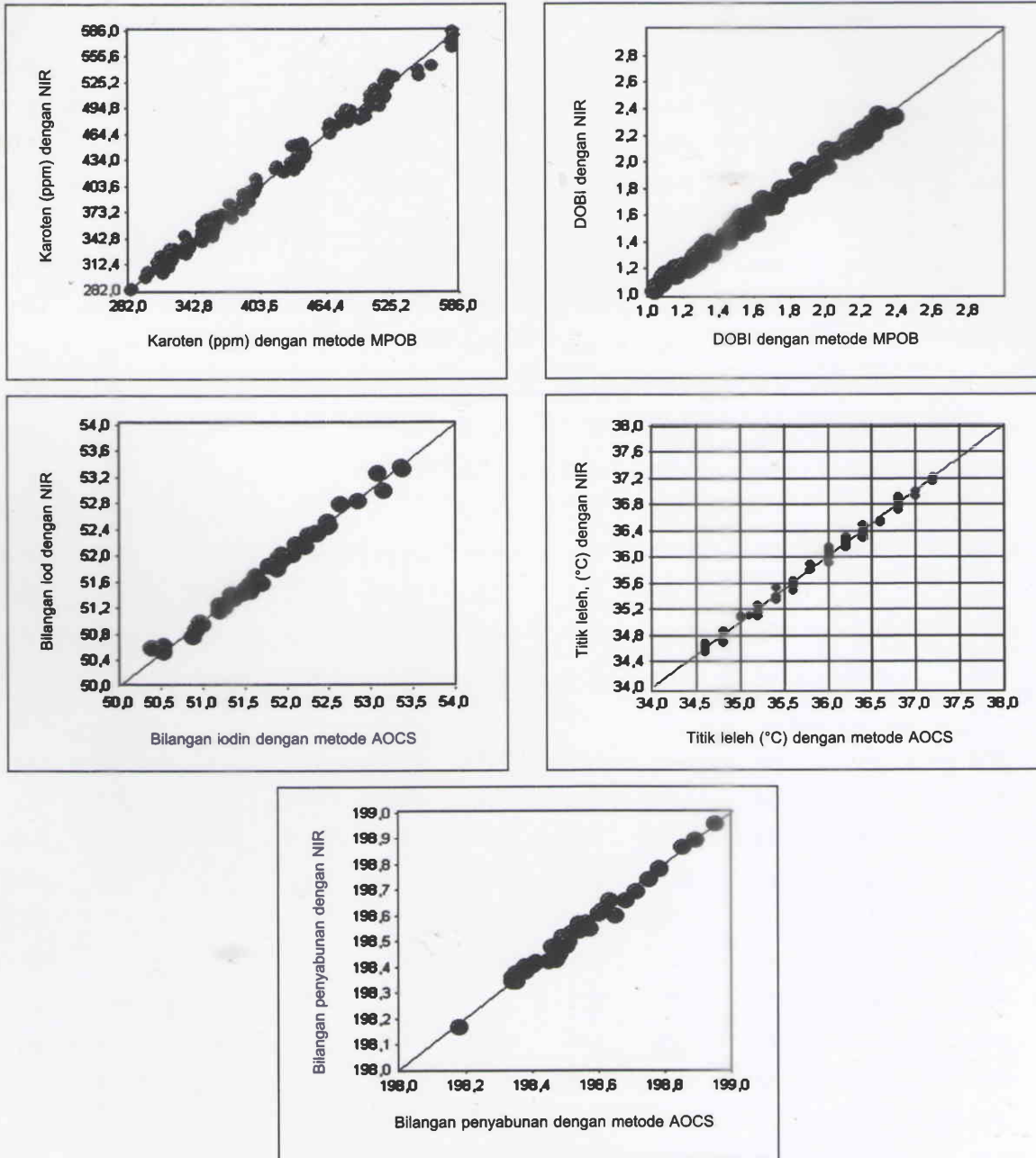
Tabel 3 menunjukkan hasil karakterisasi 29 sampel CPO dan memberikan informasi kajian validasi dari sistem kalibrasi yang dihasilkan. Data analisis

yang dihasilkan dengan metode NIR tidak berbeda jauh dari metode standar. Ini menunjukkan bahwa kalibrasi dari 442 sampel cukup baik. Secara umum, kalibrasi dengan *Partial Least Square* (PLS) menghasilkan keakuratan yang tinggi sehingga dapat menganalisa sampel dengan karakteristik yang lebih lebar. Selain itu, hasil analisa dengan NIR lebih konsisten karena tingkat kesalahannya relatif lebih rendah.

Berdasarkan hasil yang diperoleh di atas menunjukkan bahwa NIR dapat digunakan untuk menentukan beberapa parameter mutu CPO. Pada pengukuran kelima parameter tersebut, NIR hanya

membutuhkan 2 menit dan tanpa preparasi sampel. Sedangkan metode konvensional membutuhkan preparasi, bahan kimia dan waktu yang relatif lebih

lama. Sehingga NIR memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode konvensional (Cox *et al*, 2000).



Gambar 2. Plot rata-rata nilai karoten, DOBI, bilangan iod, bilangan penyabunan dan titik leleh yang diperoleh dari kalibrasi sampel CPO menggunakan spektroskopi NIR dan metode standar.

Tabel 3. Karakteristik sampel CPO *unknown*.

Sampel	Karoten, ppm		DOBI		Bil. iod		Titik Leleh, °C		Bil. Penyabunan	
	STD	NIR	STD	NIR	STD	NIR	STD	NIR	STD	NIR
A1	448	453	2,32	2,00	52,82	51,91	35,6	35,4	198,4	198,4
A2	534	558	2,84	2,38	52,91	51,72	35,0	35,0	198,4	198,4
A3	466	554	2,27	1,90	52,46	51,73	34,6	34,1	198,5	198,3
A4	509	426	2,64	2,08	51,69	51,67	36,8	36,8	198,6	198,5
A5	505	467	2,36	2,07	51,85	51,32	36,0	36,1	198,6	198,5
A6	500	445	2,53	1,98	51,69	51,55	36,8	37,0	198,4	198,6
A7	400	458	1,97	1,60	52,57	50,83	35,6	34,4	198,4	198,2
A8	500	450	2,64	2,13	51,99	51,58	36,4	36,6	198,5	198,5
A9	438	456	2,08	1,93	52,83	51,28	36,2	35,6	198,5	198,5
A10	447	412	1,91	1,91	52,5	51,64	36,2	35,8	198,4	198,4
A11	560	490	2,39	2,37	52,93	52,12	34,8	35,0	198,4	198,4
A12	458	521	1,87	1,97	52,75	52,06	35,0	35,0	198,7	198,4
A13	457	400	1,85	1,93	52,42	52,19	35,2	35,8	198,5	198,4
A14	553	542	2,25	2,20	49,34	50,12	36,4	35,3	198,9	198,3
A15	431	474	1,68	1,67	52,83	51,67	35,2	34,7	198,4	198,3
A16	425	360	1,61	1,64	52,88	51,74	35,4	34,2	198,3	198,4
A17	533	500	2,10	2,12	52,32	51,73	34,6	35,2	198,5	198,3
A18	441	463	1,65	1,74	52,95	51,55	35,6	34,5	198,4	198,4
A19	610	598	2,24	1,75	52,31	51,70	35,6	34,2	198,8	198,4
A20	518	499	2,02	2,17	52,97	51,97	35,0	35,4	198,5	198,5
A21	540	558	2,13	2,28	52,98	52,61	35,0	34,7	198,4	198,4
A22	356	432	1,15	2,22	51,68	51,60	35,2	36,2	198,6	198,2
A23	516	512	1,06	2,23	51,89	51,13	35,2	36,0	198,7	198,6
A24	455	443	1,88	1,10	51,67	53,38	36,8	35,0	198,3	198,6
A25	475	425	1,80	2,13	52,26	51,73	34,6	35,3	198,5	198,5
A26	433	367	1,77	1,91	52,28	51,77	35,0	35,7	198,4	198,7
A27	511	534	1,90	1,83	52,3	51,96	36,4	35,3	198,5	198,5
A28	393	365	2,03	2,11	52,83	50,98	36,8	35,0	198,6	198,6
A29	430	412	2,00	1,89	52,37	52,12	36,8	36,0	198,4	198,2

Keterangan: STD = analisis dengan metode standar; NIR = analisis dengan teknik NIR

## KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan bahwa spektroskopi NIR dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik CPO seperti kadar karoten, DOBI, bilangan iod, bilangan penyabunan dan titik leleh sekaligus dalam satu kali analisa dengan total waktu kurang dari 2 menit. Koefisien korelasi dari masing-masing parameter adalah 0,931 (karoten); 0,991 (DOBI); 0,990 (bilangan iod); 0,951 (titik leleh) dan 0,986 (bilangan penyabunan). Standar error kalibrasi (SEC) dari masing-masing parameter adalah 20,8202 (kadar karoten); 0,0387 (DOBI); 0,0824 (bilangan iod); 0,1459 (titik leleh) dan 0,0211 (bilangan penyabunan). Standar error validasi (SEV) dari masing-masing parameter adalah 22,2091 (kadar karoten); 0,0431 (DOBI); 0,1105 (bilangan iod); 0,1655 (titik leleh) dan 0,0247 (bilangan penyabunan). Data validasi analisis sampel CPO *unknown* dengan metode NIR dan standar tidak menunjukkan perbedaan. Ini menunjukkan bahwa metode *partial least square* (PLS) yang dihasilkan pada setiap parameter di atas cukup valid.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada teknisi laboratorium pengolahan hasil dan mutu diantaranya Warnoto, Alida Lubis dan Ijah serta laboratorium pelayanan Leli Susanti yang memungkinkan kegiatan penelitian ini dapat berjalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOCS. 1989. *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*, 4<sup>th</sup> ed. American Oil Chemists' Society. Champaign, IL.
- Basiron, Y., B.S. Jalani, and C.K. Weng. 2000. *Advances in oil palm research. Volume II. Malaysian Palm Oil Board*. pp: 847-848.
- Cox, R., J. Lebrasseur, E. Michiels, H. Buijs, H. Li, F. R. Van de Vort, A. A. Ismail, and J. Sedman. 2000. *Determination of iode value with a fourier transform-near infrared based global calibration using disposable vials: An International Collaborative Study*. JAOCS, Vol. 77, no. 12. 1229-1234.
- Galtier, O., N. Dupuya, Y. L. D'reau, D. Ollivier, C. Pinatel, J. Kister, and J. Artaud. 2007. *Geographic origins and compositions of virgin olive oils determinate by chemometric analysis of NIR spectra*. *Analytica Chimica Acta*. 595: 136 - 144.
- Gerde, J., C.L. Hardy, C.R Hurburg Jr., and P.J. White. 2007. *Rapid determination of degradation in frying oils with near-infrared spectroscopy*. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 10.1007/s11746-007-1068-y.
- Li. H., V.D. Voort., A.A. Ismail, J. Sedman, R. Cox, C. Simardo, and H. Buijs. 2000a. *Discrimination of edible oil products and quantitative determination of their iode value by fourier transform near infrared spectroscopy*. JAOCS, Vol. 77. No. 1: 29-36.
- Li. H., F.R. van de Voort, A.A. Ismail, and R. Cox. 2000b. *Determination of peroxide value by fourier transform near-infrared spectroscopy*. JAOCS. Vol. 77. No. 2. 137 - 142.
- Manley, M. and K. Eberle. 2006. *Comparison of furier transform near infrared spectroscopy partial least square regression medols for south african extra virgin olive oil using spectra collected on two spectrophotometers at doifferent resolution and path lengths*. *J. Near Infrared Spectrosc.* 14: 11- 126.
- Marquez, A.J. 2003. *Journal near infrared spectroscopic*. 11 (3): 219 - 226.
- Moh, M.H., Y.B. Che Man, B.S. Badlishah, S. Jinap, M.S. Saad, and W.J.W. Abdullah. 1999. *Quantitative analysis of palm carotene using fourier transform infrared and near infrared spectroscopy*. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76. 249-254.
- Monteiro, M.R., R.P. Alessandra, Ambrozin, L.M. Lia, E.F. Boffo, E.R.P. Filho, and A.G. Ferreira. 2009. *H NMR and multivariate calibration for the prediction of biodiesel concentration in diesel blends*. JAOCS. 86: 581-585p.
- MPOB. 2004. *MPOB test method: A compendium of test on palm oil products, palm kernel products, fatty acids, food related products and others*.



- Paradkar, M.M., and J. Irudayaraj. 2002. Determination of cholesterol in dairy products by infrared techniques: 2. FT-NIR Method. *International Journal of Dairy Technology*. Vo. 55. 3: 133 - 138.
- Sangdehi, S. K. 2005. Quality evaluation of frying oil and chicken nuggets using visible/near infrared hyper-spectral analysis. Thesis of Department of Bioresource Engineering. McGill University. Montreal, Quebec, Canada. 73 - 100pp.
- Setiowaty, G. and Y.B. Che Man. 2002. Determination of slip melting point in palm oil blends by partial least squares and principal component regression modeling of FTIR spectroscopic data. *JAOCS*. Vol. 79. no. 11. 1081 -1084.
- Siahaan, D., H.A. Hasibuan, F.R. Panjaitan, dan M. Rivani. 2008. Karakteristik CPO Indonesia. *Warta PPKS*. Vol. 16 (1): 27-37.
- Weyer, L.G., and S.C. Lo. 2002. Spectra structure correlations in the near infrared. John Wiley and Sons. 1817 - 1837p.