

PENENTUAN SECARA CEPAT BILANGAN IOD DAN BILANGAN PENYABUNAN MINYAK SAWIT, MINYAK INTI SAWIT, DAN FRAKSINYA MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI NEAR *INFRA RED* (NIR)

Eka Nuryanto dan Hasrul Abdi Hasibuan

ABSTRAK

Bilangan iod (Iodine Value, IV) dan bilangan penyabunan (Saponification Value, SV) di industri minyak sawit dan minyak inti sawit umumnya ditentukan menggunakan metode konvensional (volumetri) yang mengacu kepada metode standar AOCS. Metode konvensional membutuhkan preparasi sampel, biaya relatif lebih mahal, ketelitian dan hasilnya tergantung pada visualisasi operator, menggunakan bahan-bahan kimia yang berbahaya, dan memerlukan waktu yang lama. Untuk itu, penentuan IV dan SV yang cepat, akurat, dan aman sangat dibutuhkan. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan metode cepat berbasis standar dalam penentuan IV dan SV minyak sawit dan minyak inti sawit serta turunannya menggunakan spektroskopi Near Infra Red (NIR). Penelitian ini dilakukan dengan membuat campuran minyak sawit (IV = 31-60) yang terbuat dari Refined Bleached Deodorized Palm (RBDP) Oil, RBDP stearin, RBDP olein, dan olein super. Sedangkan campuran minyak inti sawit (IV = 0,15-25) terbuat dari Hydrogenated Palm Kernel Stearin, RBDP Kernel Oil, dan RBDP Kernel Olein. Spektra dari campuran secara individual dianalisa pada λ 400–2.500 nm dan dikalibrasi menggunakan model Partial Least Square (PLS). Koefisien korelasi (R^2) IV dan SV yang dihasilkan masing-masing adalah 0,9987; 0,9957 (minyak sawit) dan 0,9998; 0,9883 (minyak inti sawit). Reprodusibiliti dan keakuratan dari kalibrasi NIR memberikan standar deviasi rendah dengan nilai IV dan SV tidak berbeda signifikan dari metode standar AOCS. Di samping itu, waktu untuk menentukan kedua parameter tersebut secara bersamaan hanya 2 menit. Dengan demikian, metode spektroskopi NIR dapat

digunakan sebagai metode standar sekunder untuk menentukan IV dan SV secara simultan dengan cepat dan akurat serta ramah lingkungan.

Kata kunci: minyak sawit, minyak inti sawit, bilangan iod, bilangan penyabunan, spektroskopi NIR

PENDAHULUAN

Bilangan iod (Iodine Value, IV) dan bilangan penyabunan (Saponification Value, SV) berbeda pada setiap fraksi minyak sawit (MS) dan minyak inti sawit (MIS) yang dihasilkan dengan fraksinasi dan hidrogenasi. Di industri minyak sawit, kedua parameter tersebut biasanya digunakan untuk menentukan mutu dan aplikasinya pada produk turunannya. Selama ini kedua parameter ini analisisnya masih ditentukan dengan metode konvensional yang mengacu kepada AOCS method (AOCS, 2012). Metode konvensional memerlukan preparasi sampel dan hasilnya sangat tergantung pada observasi visual dari operator (Setiowaty and Che Man, 2002). Di samping itu, metode konvensional dari keduanya menggunakan pelarut yang berbahaya bagi analisis dan lingkungan. Apalagi, di industri MS telah dikenalkan sistem Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) (Fukuzawa, 2002) dan salah satu klausulnya diatur penggunaan bahan berbahaya yang harus diminimalisir dan dikontrol baik di proses pengolahan maupun laboratorium.

Saat ini, telah dikembangkan teknik analisa instrumen menggunakan spektroskopi Near Infra Red (NIR) yang dapat menghasilkan data dalam waktu cepat dan tidak membutuhkan preparasi sampel dan bahan-bahan kimia. Metode NIR dapat digunakan sebagai alternatif dari metode konvensional namun dalam kalibrasi dan verifikasi masih diperlukan data referensi yang diperoleh dari metode standar (Paradkar and Irudayaraj, 2002).

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

Eka Nuryanto (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia
E-mail: eka_nuryanto_ppks@yahoo.com

NIR bekerja dengan menentukan gugus-gugus fungsi dari senyawa pada panjang gelombang 400 – 2.500 nm. Gugus-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 CH₂, -C=C-, dan C=O (Weyer and Lo, 2002; Galtier *et. al.*, 2007). MS dan MIS terdiri dari asam lemak yang memiliki gugus fungsi C-H, C-C, C=C, C=O, C-O, dan O-H. IV ditentukan berdasarkan banyaknya gugus C=C sedangkan SV berdasarkan pada gugus O-H, sehingga NIR dapat digunakan untuk menentukan kedua parameter tersebut.

Metode kalibrasi dari spektroskopi NIR menggunakan model regresi *Partial Least Square* (PLS). 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) (Manley and Ebcole, 2006; Galtier *et al.*, 2007).

Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) telah mengembangkan metode secara cepat untuk analisa mutu MS dan MIS menggunakan spektroskopi NIR. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya adalah pengembangan metode NIR untuk menentukan kadar karoten, *Deterioration of Bleachability Index* (DOBI), bilangan iod, titik leleh, dan bilangan penyabunan pada *Crude Palm Oil* (CPO) (Hasibuan, dkk, 2011). Pada penelitian ini dilakukan pengembangan metode NIR untuk menentukan IV dan SV secara bersamaan pada produk turunan MS dan MIS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh metode alternatif yang cepat, akurat, dan ramah lingkungan yang berbasis standar untuk menentukan IV dan SV sehingga dapat digunakan sebagai metode standar sekunder di industri MS dan MIS.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Refined Bleached Deodorized Palm* (RBDP) Oil memiliki bilangan iod (*Iodine Value*, IV) 51, RBDP Stearin (IV = 31), RBDP Olein (IV = 57), olein super (IV=60), *Hydrogenated Palm Kernel Stearin* (IV=0,15),

RBDP *Kernel Oil* (IV=17) dan RBDP *Kernel Olein* (IV=25) yang diperoleh dari pabrik rafinasi dan fraksinasi di Medan. Bahan-bahan kimia seperti heksan p.a, isooktan p.a, triflorobromida (BF₃) p.a, natrium klorida p.a, kalium hidroksida p.a diperoleh *supplier* lokal E. Merck.

Metode Analisis

Campuran minyak dibuat sesuai dengan jenisnya, minyak sawit (MS) adalah minyak palmitat sedangkan minyak inti sawit (MIS) adalah minyak laurat. Sebanyak 60 campuran minyak palmitat yang memiliki IV 31-60 dibuat dengan mencampurkan RBDP *oil*, RBDP stearin, RBDP olein dan olein super. Sebanyak 50 campuran minyak laurat yang memiliki IV 0-25 dibuat dengan mencampurkan RBDP *kernel oil*, RBDP *kernel olein* dan HPKS. Setiap campuran ditentukan IV dan SV berdasarkan metode standar AOCS masing-masing adalah AOCS Cd 1d-92 dan AOCS Cd 3-25 (AOCS, 2012).

Instrumentasi dan Penanganan Sampel

Spektroskopi NIR yang digunakan adalah seri XDS *Near Infra Red*. 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 sempurna. Sampel dicairkan dengan oven *microwave* sebelum dimasukkan ke dalam *flow sel*. Absorbansi dari sampel diukur pada daerah panjang gelombang 400 – 2.500 nm. Campuran berdasarkan jenisnya yang telah diketahui IV dan SV diukur absorbansinya dengan alat NIR. Data yang diperoleh dari sistem digunakan sebagai referensi untuk mengkalibrasi sistem NIR dan memvalidasi prediksinya.

Kalibrasi

Data IV dan SV dimasukkan ke dalam program analisa untuk mengembangkan kalibrasi NIR. Korelasi antara masing-masing spektra dikembangkan dengan metode *Partial Least Square* (PLS) untuk memprediksi nilai dari IV dan SV secara NIR (Li *et. al.*, 2000a dan 2000b). Regresi PLS merupakan metode kalibrasi pada NIR dengan cara menyeleksi beberapa spektra 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). Nilai minimum dan maksimum ditempatkan pada daerah kalibrasi dan diyakinkan bahwa *Standard Error Calibration* (SEC) lebih kecil dari *Standard Error Validation* (SEV). Analisa menggunakan NIR tidak dilakukan duplikasi untuk mencegah perbedaan spektra dan data yang dihasilkan karena pada saat pembacaan dilakukan pemanasan sampel pada suhu 60°C selama 1,15 menit.

Uji Validasi

Sebanyak 19 sampel turunan MS dan 13 sampel turunan MIS ditentukan IV dan SV menggunakan standar kalibrasi yang dihasilkan dengan metode NIR dan dibandingkan dengan metode standar AOCS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku

Karakteristik fraksi minyak sawit dan minyak inti sawit disajikan pada Tabel 1 di bawah ini. Tabel 1 memperlihatkan bahwa fraksi minyak inti sawit (MIS) meliputi RBDP *Kernel Oil*, RBDP *Kernel Olein* dan HPKS memiliki asam laurat yang tinggi >40% sedangkan minyak sawit (MS) < 0,3%. Hal tersebut menjadi dasar pemisahan campuran berdasarkan jenis minyaknya. RBDPS mempunyai bilangan iod (*Iodine Value, IV*) terendah dari fraksi MS sedangkan olein super yang tertinggi. HPKS mempunyai bilangan iod terendah dan RBDP *Kernel Olein* merupakan yang tertinggi dari fraksi MIS.

Hasil survei yang telah dilakukan oleh PPKS tahun 2010 menunjukkan bahwa IV dari HPKS, RBDP *kernel Oil*, RBDP *Kernel Olein*, RBDP *stearin*, RBDP *Oil*, RBDP *Olein*, dan olein super masing-masing adalah

Tabel 1. Karakteristik fraksi minyak sawit dan minyak inti sawit

Sampel	HPKS	RBDPKO	RBDPKL	RBDPS	RBDPO	RBDPOL	Olein Super
Komposisi Asam Lemak, %							
C6:0	0,33	0,26	0,32	0	0	0	0
C8:0	3,61	4,18	5,31	0	0	0	0
C10:0	3,08	3,39	3,82	0	0	0	0
C12:0	57,19	49,99	44,23	0,11	0,2	0,24	0,27
C14:0	19,17	15,96	12,91	1,22	1,03	1	0,94
C16:0	7,73	7,54	7,66	62,94	45,5	40,74	38,74
C16:1	0	0	0	0,09	0,14	0,17	0,17
C18:0	8,89	1,97	2,28	4,93	4,43	4,03	3,97
C18:1 cis	0	14,19	19,76	25,13	38,45	41,92	44,21
C18:2 cis	0	2,32	3,6	5,19	9,75	11,25	11,19
C18:3	0	0	0,08	0,07	0,15	0,19	0,19
C20:0	0	0,11	0,06	0,32	0,35	0,32	0,1
C20:1	0	0	0	0	0	0,14	0,22
IV, Wijs	0,15	17,73	23,42	31,84	51,45	57,3	60,12
SV	250,21	244,70	241,65	201,73	198,52	197,37	197,28

Keterangan: HPKS = *hydrogenated palm kernel stearin*, RBDPKO = *refined bleached deodorized palm kernel oil*, RBDPKL = *refined bleached deodorized palm kernel olein*, RBDPS = *refined bleached deodorized palm stearin*, RBDPO = *refined bleached deodorized palm oil*, RBDPOL = *refined bleached deodorized palm olein*

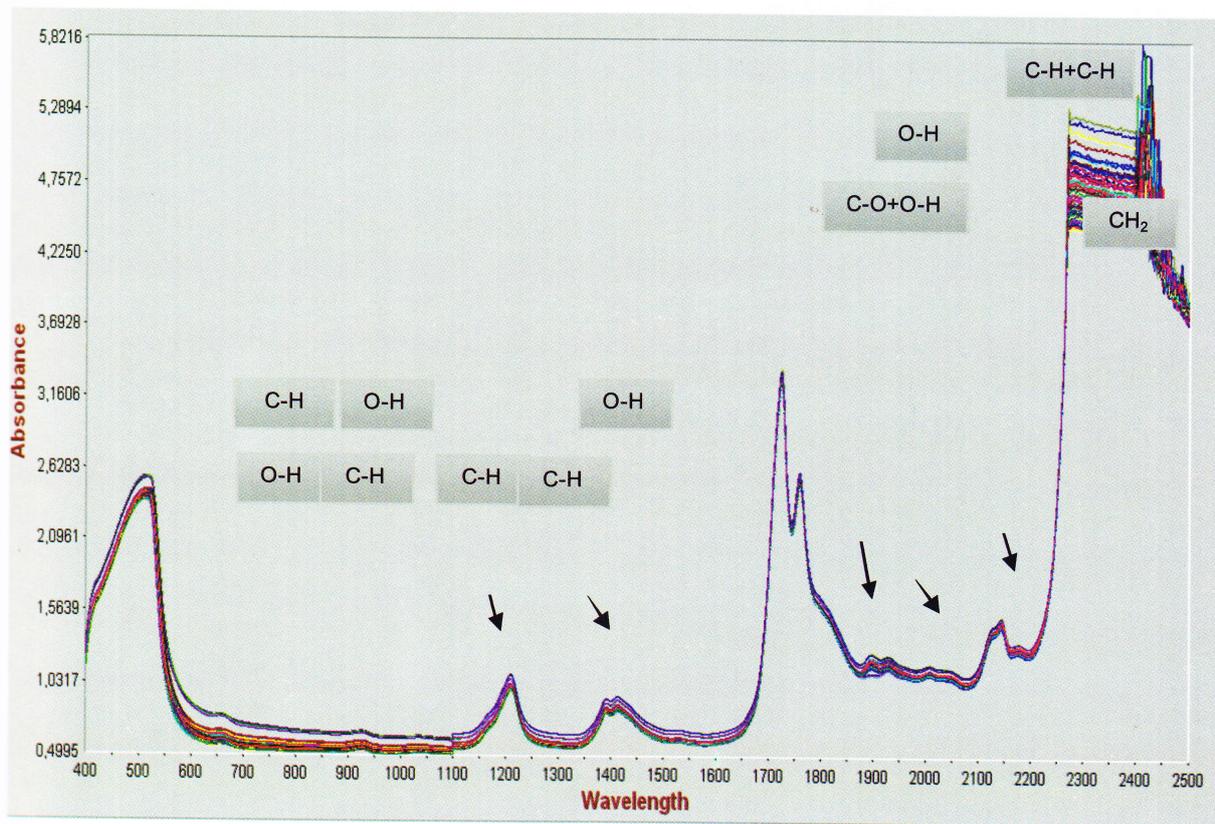
0,04 (0–0,14); 17,85 (15,61–20,08); 23,42 (20,89–25,94); 33,19 (28,41–37,97); 51,45 (47,55–55,35); 56,75 (54,33–59,4), dan 62,22 (60,06–64,38) (Anonim, 2010). Dengan demikian, penggunaan bahan baku dalam penelitian ini telah merepresentasikan produk MS dan MIS.

Analisa Spektra Campuran Minyak Sawit dan Minyak Inti Sawit

Gambar 1 menunjukkan spektra dari campuran MS dan MIS pada panjang gelombang 400 – 2.500 nm. Interpretasi dari puncak spektra diprediksi berdasarkan

posisi dari ikatan masing-masing unsur pada daerah NIR (Li *et al.*, 2000a). Ikatan C-H terindikasi pada kisaran panjang gelombang 2.200 – 2.400 nm dan 1.100 – 1.450 nm. Daerah panjang gelombang 1.500 – 1.800 nm terdiri dari ikatan C-H dan O-H. Pada panjang gelombang 2.222 – 2.500 nm terindikasi kombinasi ikatan CH₂. Panjang gelombang 1.179 dan 1.695 nm terindikasi adanya –CH=CH- dalam bentuk cis dan hal yang sama dijumpai pada panjang gelombang 2.139 dan 2.190 nm (Weyer and Lo, 2002 dan Manley and Eberle, 2006).

Gambar 1 juga menunjukkan bahwa spektra dari setiap sampel berada pada absorbansi berbeda yang



Gambar 1. Spektra spektroskopi campuran MS (60 sampel) dan MIS (50 sampel)

Tabel 2. *Standard Error Calibration (SEC), Standard Error Validation (SEV), koefisien korelasi dan jumlah faktor dengan metode PLS pada spektroskopi NIR dari IV dan SV*

Parameter	Minyak Sawit			Minyak Inti Sawit		
	SEC	SEV	R ²	SEC	SEV	R ²
IV	0,3454	0,3971	0,9987	0,0957	0,1302	0,9998
SV	0,0896	0,1112	0,9957	0,4625	0,5628	0,9883

Keterangan: SEC = *standard error of calibration*, SEV = *standard error of validation*, R² = koefisien korelasi

ditandai dengan warna berbeda (tanda panah) sehingga karakter yang dimiliki setiap sampel juga berbeda.

Kalibrasi *Partial Least Square* (PLS)

Tabel 2 menunjukkan hasil analisa PLS terhadap IV dan SV. Menurut Cox *et al.* (2000) dan Li *et al.* (2000a) bahwa kalibrasi PLS tidak berhubungan langsung dengan pengukuran konsentrasi dan absorbansi pada frekuensi yang spesifik seperti tinggi dan luas puncak. Model PLS dikembangkan dengan pengumpulan data spektra dari standar kalibrasi menjadi spektra secara matematis.

Data hasil analisa dengan metode standar diplotkan dengan NIR menghasilkan kurva regresi. Hasil pembacaan NIR dengan metode standar berada pada garis yang sama dan ditunjukkan dengan koefisien korelasi yang tinggi berkisar $0,9883 < r^2 < 0,9998$. Menurut Monteiro *et al.*, 2009 bahwa umumnya nilai koefisien korelasi yang baik bernilai lebih besar dari 0,9. *Standard Error Calibration* (SEC) dari parameter IV dan SV yang

diperoleh masing-masing adalah 0,3454 dan 0,0896 (MS) dan 0,0957; 0,4625 (MIS). Nilai SEC dari IV dan SV tidak berbeda jauh dengan *Standard Error Validation* (SEV) yang diperoleh yaitu 0,3971; 0,1112 (MS) dan 0,1302; 0,5628 (MIS). Tingginya koefisien korelasi dan rendahnya *error* yang diperoleh menunjukkan bahwa metode PLS pada kedua parameter tersebut cukup valid.

Analisa sampel *unknown*

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

Tabel 3 dan 4 menunjukkan hasil analisa pada sampel turunan MS dan MIS yang disesuaikan berdasarkan jenis minyak dan menginformasikan validasi kalibrasi yang dihasilkan. Data analisa yang

Tabel 3. IV dan SV produk turunan MS menggunakan metode NIR dan AOCS

Sampel	IV			SV		
	NIR	AOCS	Std Dev	NIR	AOCS	Std Dev
CPO 1	50,36	50,84	0,34	199,8	199,0	0,57
CPO 2	50,34	50,68	0,24	198,5	197,2	0,88
CPO 3	49,70	50,67	0,69	198,6	198,6	0,03
CPO 4	50,30	51,08	0,55	198,4	197,1	0,94
CPO 5	50,06	50,13	0,05	198,5	197,2	0,91
CPO 6	50,59	50,97	0,27	198,4	197,0	1,00
RBDPO 1	50,75	51,65	0,64	198,2	197,2	0,74
RBDPO 2	50,86	51,34	0,34	198,2	198,4	0,12
RBDPO 3	49,74	50,32	0,41	198,6	198,4	0,15
RBDPS 1	33,74	34,53	0,56	200,8	201,1	0,24
RBDPS 2	34,98	34,84	0,10	200,7	201,0	0,24
RBDPOL 1	57,30	58,06	0,54	197,3	198,3	0,77
RBDPOL 2	56,62	56,27	0,25	197,5	197,7	0,11
RBDPOL 3	56,50	56,38	0,08	197,5	197,6	0,04
RBDPOL 4	55,84	56,54	0,49	197,4	196,1	0,94
Rerata Std Dev		0,37			0,51	

Tabel 4. IV dan SV produk turunan MIS menggunakan metode NIR dan AOCS

Sampel	IV			SV		
	NIR	AOCS	Std Dev	NIR	AOCS	Std Dev
CPKO 1	17,37	17,32	0,04	246,2	245,2	0,69
CPKO 2	19,32	17,84	1,05	240,7	241,9	0,87
CPKO 3	16,32	16,57	0,18	247,8	248,0	0,15
CPKO 4	16,07	17,04	0,69	244,6	245,4	0,60
CPKL	20,64	21,06	0,30	243,3	244,2	0,64
RBDPKO 1	18,06	17,77	0,21	242,8	244,4	1,17
RBDPKO 2	17,65	17,22	0,30	242,5	243,1	0,45
RBDPKO 3	17,86	17,73	0,09	241,4	243,3	1,34
RBDPKL 1	24,34	23,97	0,26	239,6	240,3	0,52
HPKS 1	0,15	0,17	0,01	248,4	249,8	0,95
HPKS 2	0,38	0,25	0,09	248,8	250,6	1,26
HPKS 3	0,01	0,07	0,04	247,2	245,7	1,07
Rerata Std Dev	0,27			0,36		

dihasilkan dengan metode NIR tidak berbeda signifikan dari metode standar AOCS. Rerata standar deviasi yang diperoleh dari IV dan SV masing-masing adalah 0,37; 0,51 (MS) dan 0,27; 0,36 (MIS). Hasil validasi dari sampel *unknown* ini menunjukkan bahwa kalibrasi NIR yang telah dikembangkan cukup valid.

Secara umum, kalibrasi dengan *Partial Least Square* (PLS) menghasilkan keakuratan yang tinggi sehingga dapat menganalisa sampel dengan karakteristik yang lebih lebar. Di samping 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 IV dan SV. Pada pengukuran kedua parameter tersebut, NIR hanya membutuhkan waktu 1,15 menit dan tanpa preparasi sampel.

KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan bahwa spektroskopi NIR dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam penentuan bilangan iod (IV) dan bilangan penyabunan (SV) sekaligus dalam satu kali analisa dengan total waktu kurang dari 2 menit. Kalibrasi data IV dan SV pada spektra MS dan MIS cukup baik dengan koefisien

korelasi yang tinggi ($0,988 < r^2 < 0,999$) dan *Standard Error Calibration* rendah yang hampir sama dengan *Standard Error Validation*. Hasil validasi regresi yang dihasilkan dengan teknik NIR pada sampel *unknown* memberikan nilai yang tidak berbeda signifikan dari metode standar AOCS. Dengan demikian, metode spektroskopi NIR dapat dijadikan sebagai metode standar sekunder dalam penentuan IV dan SV minyak sawit dan minyak inti sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- AOCS. 2012. "Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society", 6th ed, American Oil Chemists' Society. Champaign, IL.
- Anonim. 2010. Karakteristik Produk Minyak Sawit Indonesia. Laporan Tahunan 2010. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- 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, p. 1229-1234.

- Fukuzawa, T., M. Aoyama, N. Sakurai, T. Tsutsumi, S. Tokairin, H. Ehara, T. Maruyama, and D. I. Niiya. 2002. Behaviours of Pyrethroid and Organophosphorus Pesticides in Edible Oils during Hydrogenation. *J. Oleo. Sci.* Vol. 51, No. 1, p. 29-34.
- Galtier, O., N. Dupuya, Y.L. D'eaue, 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, p. 136–144.
- Hasibuan, H.A, T. Herawan, dan E. Nuryanto. 2011. Penentuan kadar karoten, DOBI, bilangan iod, titik leleh, dan bilangan penyabunan pada CPO menggunakan spektroskopi Near Infra Red (NIR). *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, Vol. 19, No. 1, p. 22-30.
- 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, p. 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, p. 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 Spectroscopy.* 14, p. 11- 126.
- 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: 581–585.
- 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.* Vol. 55, No. 3, p. 133 - 138.
- 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, p. 1081 -1084.
- Weyer, L.G., and S.C. Lo. 2002. *Spectra Structure Correlations in the Near Infrared.* John Willey and Sons. p. 1817 - 1837.