

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 4, No. 2, Oktober 2016



Publikasi Resmi  
**Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia**  
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)  
bekerjasama dengan  
**Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA**  
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) merupakan publikasi resmi Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA). JTEP terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. Sehubungan dengan banyaknya naskah yang diterima redaksi, maka sejak edisi volume 4 No. 1 tahun 2016 redaksi telah meningkatkan jumlah naskah dari 10 naskah menjadi 15 naskah untuk setiap nomor penerbitan, tentunya dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi *online*. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energy alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

**Penanggungjawab:**

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia  
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

**Dewan Redaksi:**

Ketua : Wawan Hermawan (Institut Pertanian Bogor)  
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)  
Kudang B. Seminar (Institut Pertanian Bogor)  
Daniel Saputra (Universitas Sriwijaya, Palembang)  
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta)  
Y. Aris Purwanto (Institut Pertanian Bogor)  
M. Faiz Syuaib (Institut Pertanian Bogor)  
Salengke (Universitas Hasanuddin, Makasar)  
Anom S. Wijaya (Universitas Udayana, Denpasar)

**Redaksi Pelaksana:**

Ketua : Rokhani Hasbullah  
Sekretaris : Lenny Saulia  
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah  
Anggota : Usman Ahmad  
Dyah Wulandani  
Satyanto K. Saptomo  
Slamet Widodo  
Liyantono  
Sekretaris : Diana Nursolehat

**Penerbit:** Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

**Alamat:** Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Darmaga, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: [jtep@ipb.ac.id](mailto:jtep@ipb.ac.id) atau [jurnaltep@yahoo.com](mailto:jurnaltep@yahoo.com)  
Website: [web.ipb.ac.id/~jtep](http://web.ipb.ac.id/~jtep) atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

**Rekening:** BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

**Percetakan:** PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

---

## Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 4 No. 2 Oktober 2016. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Thamrin Latief, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Ade M. Kramadibrata, (Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Bambang Purwanto, MS (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Tineke Madang, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Budi Indra Setiawan (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Siswoyo Soekarno, M.Eng (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya), Dr.Ir. Nugroho Triwaskito, MP (Prodi. Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Malang), Dr.Ir. Lady Corrie Ch Emma Lengkey, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. Andasuryani, S.TP, M.Si. (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Yazid Ismi Intara, SP.,M.Si. (Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman), Dr. Ir. Supratomo, DEA (Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr. Suhardi, STP.,MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr.Ir. Desrial, M.Eng (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lilik Pujantoro, M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastira, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Dyah Wulandani, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold O. Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Sugiarto (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ir. M. Yanuar J. Purwanto, MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Chusnul Arief, STP., MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Yudi Chadirin, STP.,M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor).

*Technical Paper*

## **Prediksi Kandungan Kafein Biji Kopi Arabika Gayo dengan Near Infrared Spectroscopy**

### *Prediction of Caffein Content of Arabica Coffee Bean by Near Infrared Spectroscopy*

Rini Rosita, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Email: rini.rosita90@gmail.com

I Wayan Budiastara, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Email: wbudiastara@yahoo.com

Sutrisno, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Email: kensutrisno@yahoo.com

#### **Abstract**

*Caffein is one of the important quality indicator of coffee. Caffein content usually determined by chemical method. Alternative method such Near Infrared Spectroscopy (NIRS) is needed to determine caffein content of coffee rapidly and nondestructively. Applications of NIRS to predict caffein content of coffee were carried out in coffee powders and liquid not in coffee beans. The objective of this study was to assess NIRS method to predict caffein content of arabica coffee bean. Coffee bean samples were placed in petri dish with 2 and 3 layers. The reflectances are measured BY FT-NIR Spectrometer in wavelengths of 1000 – 2500 nm, followed by determination of caffein content by chemical method. Some pre-processing NIRS data such as normalization between 0 and 1 (n01), first derivative of Savitzky-Golay 5 points (dg1), second derivative of Savitzky-Golay 5 points (dg2), combination n01 and dg1, combination n01 and dg2, and PLS calibration to increase accuracy of NIRS prediction. The best prediction is obtained by second derivative and 5 factors PLS with 3 layers of coffee beans with the high  $R = 0.97$  and RPD (5.93), low of SEP and CV (0.007%, 1.76%). This study demonstrated that NIR spectroscopy had excellent potential analysis to determine caffein content of coffee beans.*

**Keywords:** Coffee bean, caffein, second derivative Savitzky-Golay 5 points, NIRS, PLS

#### **Abstrak**

Kafein merupakan salah satu indikator mutu terpenting dari kopi. Biasanya kandungan kafein kopi ditentukan dengan metoda kimia. Metoda alternatif seperti *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) diperlukan untuk penentuan kandungan kafein biji kopi secara cepat dan nondestruktif. Hingga saat ini, aplikasi NIRS untuk penentuan kandungan kafein dilakukan pada kopi bubuk atau kopi cair dan bukan pada biji kopi. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji metoda NIRS untuk memprediksi kandungan kafein biji kopi arabika gayo. Biji kopi diletakkan dalam cawan petri dengan 2 dan 3 tumpukan. Reflektan biji kopi diukur menggunakan *FT-NIR Spectrometer* pada panjang gelombang 1000 – 2500 nm. Dilanjutkan dengan penentuan kandungan kafein kopi dengan metode kimia. Beberapa pra-pengolahan data NIRS seperti normalisasi antara 0 – 1 (n01), derivatif pertama *Savitzky-Golay 5 point* (dg1), derivatif kedua *Savitzky-Golay 5 point* (dg2), kombinasi n01 dan dg1, dan kombinasi n02 dan dg2 serta kalibrasi dengan PLS dilakukan untuk meningkatkan akurasi metoda NIRS. Prediksi NIRS terbaik diperoleh dengan pra-PLS dengan 3 tumpukan dengan koefisien korelasi ( $R = 0.97$ ) dan RPD (5.93) yang tinggi, SEP dan CV yang rendah (0.007%, 1.76%). Penelitian ini membuktikan metode NIRS berpotensi untuk analisis kandungan kafein biji kopi.

**Kata Kunci:** Biji kopi, kafein, derivatif kedua *Savitzky-Golay 5 point*, NIRS, PLS

*Diterima: 18 Maret 2016; Disetujui: 27 April 2016*

## Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu komoditas ekspor andalan Indonesia yang mendatangkan devisa bagi negara. Ekspor biji kopi Indonesia mengalami peningkatan sebesar 15.99% pada tahun 2013 dengan nilai devisa mencapai 1,166,179 ribu US\$ (BPS 2014). Konsultan *International Coffee Organization* (ICO) yaitu *P & A Marketing International* memperkirakan bahwa pertumbuhan konsumsi kopi global dalam periode 2005 – 2015 meningkat 35.5%. Salah satu andalan ekspor kopi Indonesia adalah kopi gayo yang merupakan varietas hasil seleksi yang dikembangkan petani yang produksinya terus mengalami peningkatan (Hifnalisa dan Karim 2008). Faktor penting untuk peningkatan ekspor kopi arabika gayo adalah mutu biji yang tinggi. Kandungan kopi yang dianggap paling penting adalah kafein yang memiliki efek farmakologis memberi manfaat secara klinis (Maramis et al. 2013). Penentuan kandungan kafein yang akurat biasanya dilakukan melalui analisis laboratorium kimia. Metode ini menghabiskan waktu yang lama dan mahal, sehingga kurang tepat untuk penentuan mutu kopi biji ekspor. Oleh karena itu diperlukan metode penentuan mutu biji kopi secara nondestruktif.

Metode *Near infrared spectroscopy* (NIRS) dapat menganalisis dengan kecepatan tinggi, tidak menimbulkan polusi, penggunaan preparat contoh yang sederhana, tidak menggunakan bahan kimia dan dapat menganalisis bahan dengan tidak merusak (nondestruktif). Metode NIRS telah berhasil untuk penentuan mutu kopi, antara lain penentuan karakterisasi organoleptik kopi *roasting* (Pizarro et al. 2004), perbedaan antara varietas Arabika dan Robusta (Downey et al. 2005), kadar air (Reh et al. 2006) dan *roasting control* (Alessandrini et al. 2008). Huck et al. (2005), menganalisis kandungan kafein bubuk kopi. Hasil penelitian menunjukkan kandungan alkaloid kopi 6% lebih tinggi jika dibandingkan dengan deteksi UV. Metode LC-UV dipilih sebagai metode referensi untuk kalibrasi dari sistem NIRS. Analisis pada 83 sampel ekstrak kopi menghasilkan SEE (*standard error estimation*) dari 0.34/100 g sedangkan untuk SEP (*standard error prediction*) sebesar 0.07/100 g dengan koefisien keseragaman (CV) 0.86. Penelitian NIRS yang dilakukan umumnya dalam bentuk kopi bubuk dan kopi cair, dan belum ada yang melakukan dalam bentuk biji. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji metode NIRS untuk penentuan kandungan kafein biji kopi secara cepat, efisien, dan nondestruktif.

## Bahan dan Metode

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah kopi arabika gayo yang diperoleh dari Kabupaten Aceh Tengah.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 40 – 60 gram biji kopi (kadar air 11 – 14% bb) untuk pengukuran reflektan NIRS dan 3 gram kopi arabika gayo atau kopi hijau untuk analisis kafein. Bahan kimia berupa Pb Asetat, natrium oksalat, dan aquades. Alat yang digunakan satu unit NIR Spektrometer tipe NIRFlex N-500 yang diproduksi oleh BUCHI Labortechnik AG. Switzerland dilengkapi *software unscrambler*, blender, *water bath* dan HPLC.

### Pengukuran NIRS

Biji kopi dibagi 65% untuk kalibrasi (33 sampel) dan 35% (17 sampel) untuk validasi, sehingga total sampel adalah 50 buah. Sampel ditempatkan dalam *sampleholder* (*petri dish*) berdiameter 5 cm dan tinggi 1.5 cm yang disusun dalam 2 jenis tumpukan yaitu 2 *layer* dan 3 *layer*. Reflektan kopi pada panjang gelombang 1,000 – 2,500 nm diukur dan direkam dengan NIRFlex N-500 *solids petri* dengan *set up* alat sebagai berikut: kecepatan pengambilan data 3 scan/s, suhu pengoperasian alat 22 – 25°C dengan kebutuhan tenaga listrik 100 – 230VAC ± 10%, 50/60 Hz, 350 Watt.

### Penentuan Kandungan Kafein

Penentuan kandungan kafein dilakukan setelah pengukuran NIRS. Biji kopi digiling menggunakan blender dan disaring menggunakan saringan teh. Sampel yang berupa *powder* ditambahkan dengan aquades sebanyak 50 mL dan selanjutnya dipanaskan selama 30 menit dalam *water bath* dengan suhu 80 – 100°C. Kemudian ditambahkan 2 tetes Pb asetat jenuh kedalam larutan setelah proses pendinginan, selanjutnya dilakukan penyaringan dalam labu 100 mL dan ditambahkan aquades dan 5 gram natrium oksalat. Kemudian 20 mL sampel dimasukkan ke dalam HPLC pada suhu 28 – 30°C untuk mendapatkan konsentrasi kafein. Konsentrasi kafein dalam sampel ( $C_{caf}$ ) dihitung dengan menggunakan persamaan regresi yang diperoleh dan membandingkan dengan larutan standar. Persentase kafein dihitung dengan formula:

$$kafein (\%) = \frac{C_{caf} \times V_{solution}}{M_{sampel}} \quad (1)$$

### Pengolahan Data NIRS

Untuk menghasilkan model prediksi terbaik dilakukan tiga pra-pengolahan data spektra NIRS yaitu: normalisasi antara 0 – 1 (n01), turunan pertama (dg1) dan kedua *Savitzky-Golay* (dg2) dan kombinasi keduanya. Lengkey et al. (2013) menjelaskan normalisasi berfungsi untuk memperbesar nilai reflektan ke dalam rentang 0 – 1 sehingga akan tampak lebih jelas perbedaannya dan menghilangkan pengaruh perbedaan ukuran partikel sampel uji. Sementara itu, turunan pertama dan kedua *Savitzky-Golay* berfungsi untuk menguraikan komponen kafein yang tumpang

Tabel 1. Sebaran kandungan kafein biji kopi.

Proses	N	Mean	SD	Min	Max
Kalibrasi	33	0.279	0.029	0.194	0.328
Validasi	17	0.283	0.022	0.228	0.310

tindih dan komponen-komponen yang bersatu serta menekan komponen yang tidak diinginkan sehingga memunculkan komponen yang diinginkan.

**Kalibrasi dan Validasi**

Dalam penelitian ini digunakan metode *Partial Least Squares* (PLS) untuk membangun model kalibrasi. PLS merupakan metode kalibrasi multivariat untuk pendugaan kandungan kafein menggunakan kombinasi linier untuk menduga variabel bebas dari variabel asli. Kinerja model regresi dievaluasi dengan *Root mean square error prediction* (RMSEP). Setelah didapatkan model persamaan regresi kalibrasi, dilakukan tahap validasi dengan menggunakan sisa data yang lain. Validasi bertujuan menguji ketepatan pendugaan kandungan kafein dengan persamaan regresi kalibrasi yang telah dibangun. Parameter untuk menentukan kecocokan model kalibrasi adalah koefisien determinasi ( $R^2$ ), *standard error* (SE), *coefficient of variation* (CV). Kisaran nilai  $R^2$  mulai dari 0% sampai 100% (Mattjik *et al.* 2006).

$$R = \frac{\sum(Y - \hat{Y})(Y_{NIRS} - \hat{Y}_{NIRS})}{\sqrt{\sum(Y - \hat{Y})^2 \sum(Y_{NIRS} - \hat{Y}_{NIRS})^2}} \tag{2}$$

Data kandungan kafein dugaan NIRS divalidasi dengan data hasil pengujian secara kimiawi di laboratorium kimia dan dibuat hubungan antara keduanya, setelah itu dihitung *standard error* (SE). Nilai SE yang baik adalah semakin mendekati nol sehingga dipastikan model dapat memprediksi

dengan baik kandungan dugaan. Setelah diperoleh nilai SE, dihitung pula koefisien keragaman atau *coefficient of variability* (CV). Walpole (1995) menyatakan bahwa simpangan baku (standar deviasi) tidak dapat menyatakan keragaman data. Menurut Mattjik *et al.* (2006) nilai ideal CV sangat tergantung pada bidang studi yang digeluti. Misalnya untuk bidang pertanian nilai CV yang dianggap wajar adalah 20 – 25%. Namun percobaan yang dilakukan di laboratorium diharapkan menghasilkan nilai CV jauh lebih rendah mengingat sebagian kondisi lingkungan dalam keadaan terkontrol. Selanjutnya keabsahan model dilihat dari parameter statistik yakni antara lain nilai R, RMSEP dan RPD (rasio antara standar deviasi dengan RMSEP). Model yang baik apabila mempunyai nilai R tinggi, nilai RMSEP yang lebih rendah dari standar deviasi prediksi ( $SD_p$ ) dan nilai RPD yang tinggi.

$$SE = \sqrt{\frac{\sum(Y_{NIRS} - Y)^2}{n}} \tag{3}$$

$$CV = \left(\frac{SE}{\hat{Y}}\right) \times 100 \% \tag{4}$$

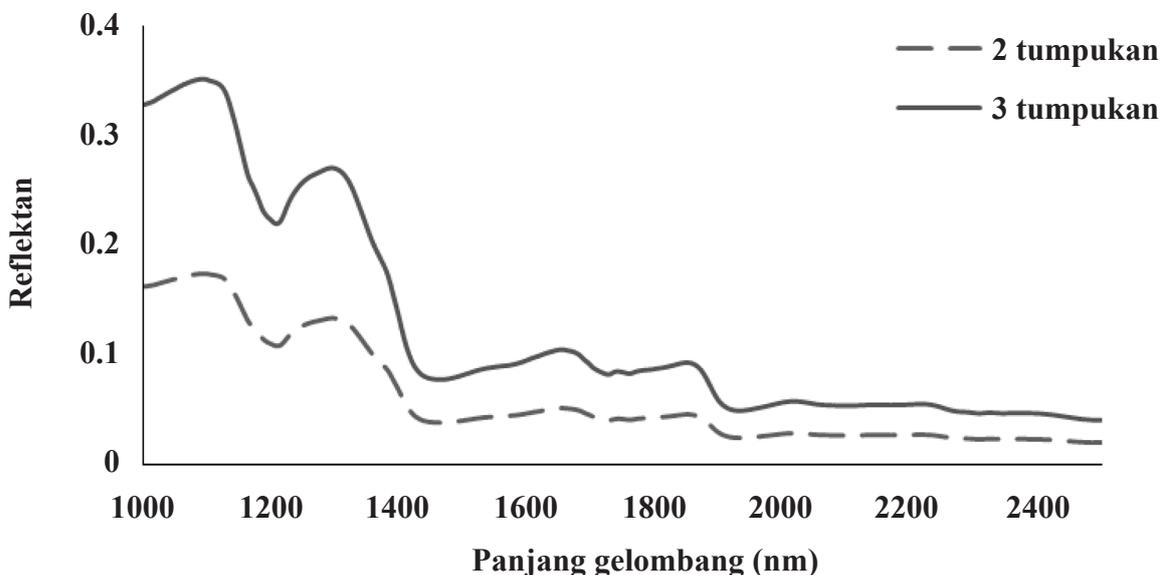
$$RMSEP = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2} \tag{5}$$

$$RPD = SD_p / RMSEP \tag{6}$$

**Hasil dan Pembahasan**

**Kandungan Kafein**

Kandungan kafein biji kopi gayo hasil analisis HPLC dapat dilihat pada Tabel 1. Kandungan kafein berkisar antara 0.194 – 0.328% dengan standar deviasi kalibrasi 0.279 dan validasi 0.283. Nilai ini lebih rendah dari kandungan kafein biji kopi



Gambar 1. Rata-rata reflektan 2 dan 3 tumpukan.

Tabel 2. Hasil kalibrasi dan validasi dengan metode tumpukan, pengolahan data NIRS dan faktor PLS yang berbeda.

Pra-pengolahan data	Faktor PLS/point	2 Tumpukan					3 Tumpukan				
		R	SEC (%)	SEP (%)	RPD	CV (%)	R	SEC (%)	SEP (%)	RPD	CV (%)
original	7	0.03	0.028	0.029	1.04	10	0.02	0.03	0.022	1.002	10.43
n01	5	0.03	0.028	0.029	1.01	10.3	0.007	0.008	0.022	1.003	10.41
dg1	5/5	0.96	0.0056	0.0084	5.16	2.03	0.92	0.008	0.012	3.435	3.04
n01 + dg1	5/5	0.96	0.0058	0.0098	5.00	2.09	0.93	0.007	0.009	3.841	2.72
<b>dg2</b>	<b>5/5</b>	<b>0.98</b>	<b>0.0036</b>	<b>0.0069</b>	<b>8.03</b>	<b>1.30</b>	<b>0.97</b>	<b>0.005</b>	<b>0.007</b>	<b>5.933</b>	<b>1.76</b>
n01 + dg2	5/5	0.96	0.0058	0.0098	5.00	2.09	0.93	0.007	0.009	3.841	2.72
n01 + dg2	4/5	0.89	0.0095	0.0098	3.07	3.40	0.89	0.0095	0.009	3.06	3.41

madagaskar 0.7 (Jacques *et al.* 1992), atau kopi minas 0.66% (Hecimovic *et al.* 2011).

Perbedaan tempat tumbuh dan varietas akan mempengaruhi kandungan kafein biji kopi. Terdapat 59 jenis kopi dengan karakteristik alkaloid rendah, misalnya beberapa jenis kopi di Brazil seperti Gojjam, Eritrea, Geisha, Harar, and Shoa (Burdan 2015). Dalam hal ini kopi gayo diduga termasuk dalam golongan alkaloid rendah. Selain itu perbedaan kandungan kafein dapat dipacu oleh reaksi yang kompleks yang terjadi selama proses pengolahan, serta hilangnya air dalam bahan akan mempengaruhi persentase dari kandungan kafein (Zhang *et al.* 2013).

### Spektrum Reflektan 2 dan 3 Tumpukan Biji Kopi

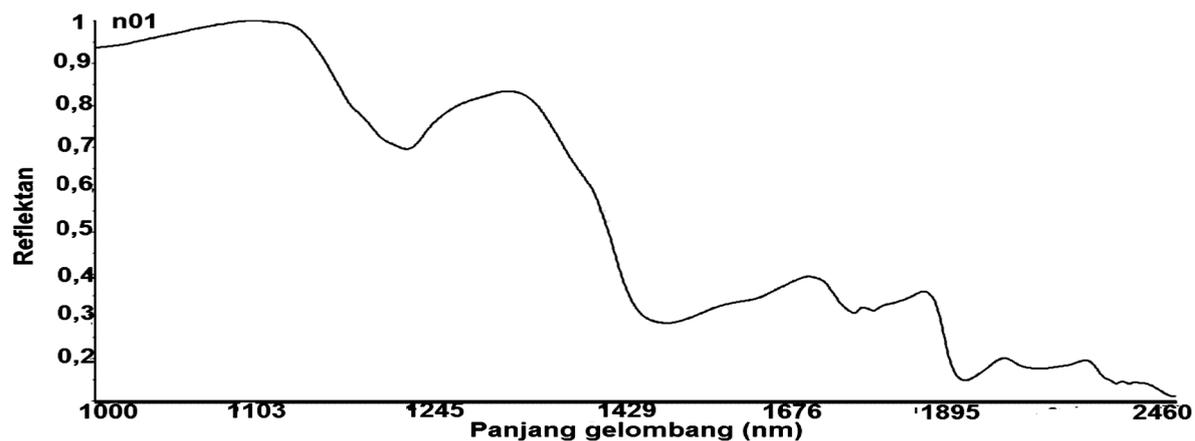
Spektrum reflektan NIRS dengan 2 dan 3 tumpukan menghasilkan spektrum dengan pola yang hampir sama. Berdasarkan nilai rata-rata kedua tumpukan, nilai reflektan spektrum 3 tumpukan lebih tinggi dibandingkan 2 tumpukan (Gambar 1). Penumpukan biji (*layer*) yang lebih tinggi meningkatkan reflektan dengan menahan sinar yang tembus keluar. Pada pengujian biji yang biasanya mempunyai fraksi massa yang beragam mengakibatkan *space* pada layer. Desain pengukuran perlu diteliti lebih lanjut untuk menghasilkan spektrum dengan tingkat reflektan yang besar (Eriksson *et al.* 2000).

### Pengaruh Pengolahan Data NIRS Biji Kopi

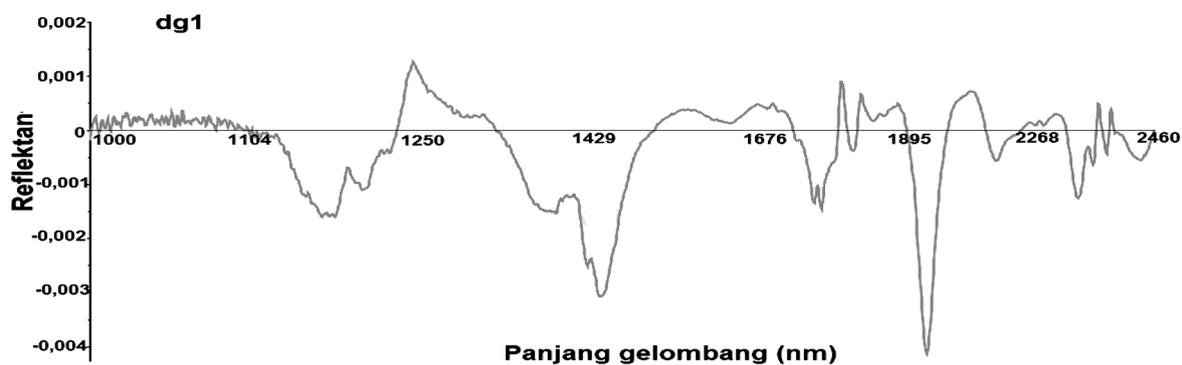
Pengolahan data merupakan hal penting saat mengembangkan model kalibrasi dengan algoritma PLS selain jumlah faktor yang akan digunakan. Pengujian dalam bentuk biji sering kali menghasilkan *noise* pada spektrum. Hal yang sama juga terjadi pada analisis katekin pada bongkahan gambir (Andasuryani *et al.* 2013), kandungan lemak pada biji jarak pagar (Lengkey *et al.* 2013) dan biji kakao (Zulfahrizal *et al.* 2014). Selain itu rendahnya nilai reflektan biji kopi berakibat pada sulitnya pengolahan data. Nicolai *et al.* (2007) menyatakan bahwa pengolahan data diperlukan karena reflektan

dari suatu spektrum dipengaruhi oleh banyak hal, seperti efek hamburan, heterogenitas jaringan, *noise* instrumen yang kadang membuat spektrum menjadi rumit. Untuk meningkatkan nilai reflektan spektrum yang lebih baik, diperlukan transformasi data menggunakan metode normalisasi sehingga data awal yang berada pada rentang 0.01 – 0.5 g/100g meningkat menjadi 0.9 – 1 g/100g. Kombinasi transformasi lain yang bertujuan untuk meningkatkan model adalah derivatif pertama *Savitzky-Golay* dengan beberapa variasi *point*. Lengkey *et al.* (2013) melaporkan derivatif pertama *Savitzky-Golay 9 point* efektif dalam meningkatkan R pada model yang dibangun. Rodrigo *et al.* (2012) melaporkan *Savitzky-Golay 15 point* merupakan metode efektif dalam analisis kecacatan pada biji kopi. Namun dalam penelitian ini hanya digunakan turunan *Savitzky-Golay 5 point*.

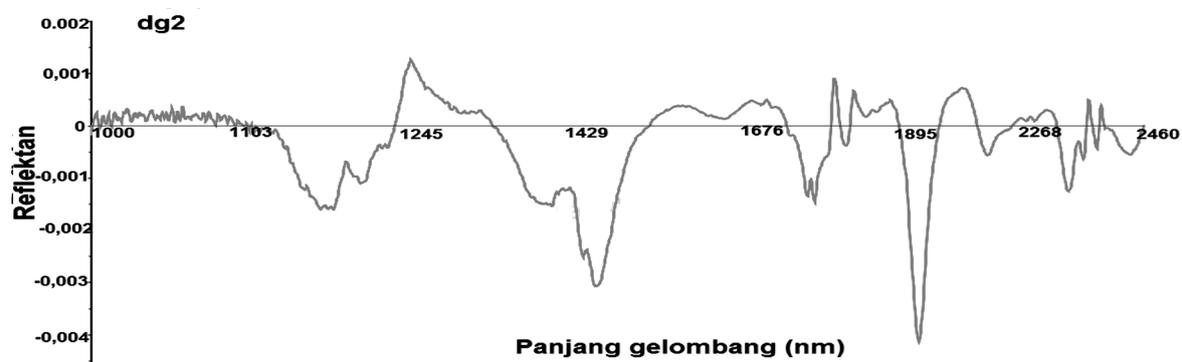
Gambar 2 menunjukkan rata-rata bentuk spektrum biji kopi pada beberapa pengolahan data NIRS. Pengaruh n01 terhadap spektrum original adalah memperlebar nilai reflektan yang semula berkisar 0.1 – 0.5 berubah menjadi 0.1 – 0.9. Jika dg1 diterapkan maka lembah spektrum asli akan lebih jelas dan menurunkan spektrum yang tumpang tindih. Efek ini lebih baik ketika dg2 diterapkan yaitu 0.001 – 0.004, namun perbedaan polanya tidak terlalu signifikan. Metode pra-pengolahan spektrum kombinasi n01 dan dg2 memiliki kualitas yang lebih rendah dibandingkan dg2. Hal ini membuktikan bahwa n01 tidak berpengaruh terhadap peningkatan nilai reflektan. Diduga normalisasi hanya digunakan untuk menghilangkan efek spektrum perkalian (Swierenga *et al.* 1999). Normalisasi membagi setiap baris dengan nilai maksimum. Setiap nilai (+) akan mendekati 1 dan nilai (–) akan mendekati –1. Oleh karena nilai reflektan original hanya berkisar 0.1 – 0.5. Pengolahan n01 tidak memberikan kinerja yang lebih baik terhadap reflektan yang dihasilkan. Andasuryani *et al.* (2013) juga melaporkan n01 tidak berpengaruh signifikan terhadap pengolahan data NIRS pada analisis katekin gambir.



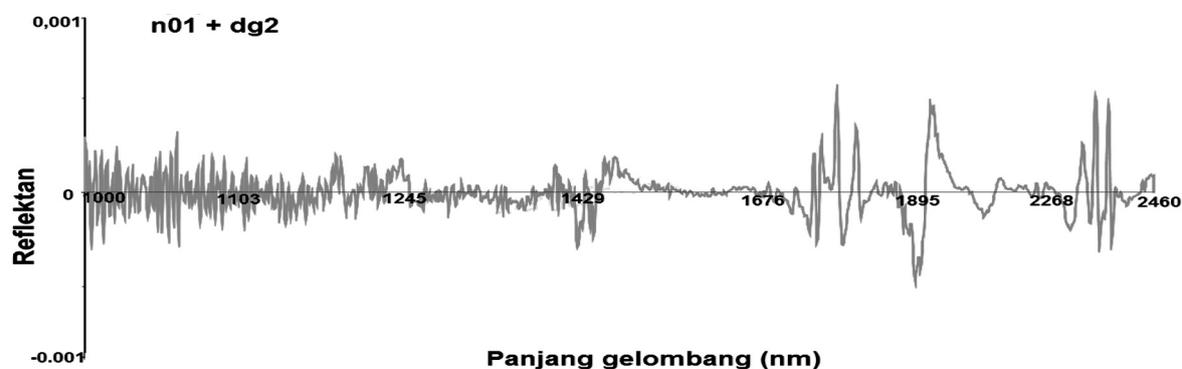
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. Pengaruh pengolahan data terhadap spektrum NIRS biji kopi (a) normalisasi antara 0 – 1 (n01), (b) derivatif pertama Savitzky-Golay 5 point (dg1), (c) derivatif kedua Savitzky-Golay 5 point (dg2), (d) kombinasi n01 dan dg1.

### Kalibrasi dan Validasi NIRS untuk Prediksi Kafein Biji Kopi

Metoda Pengukuran NIRS dengan 2 dan 3 tumpukan biji kopi menunjukkan hasil kalibrasi dan validasi yang berbeda (Tabel 2). Kalibrasi pada pra-pengolahan dg2 dengan PLS 5 faktor untuk 2 tumpukan menghasilkan nilai  $R = 0.98$ ,  $SEC = 0.0036\%$ ,  $SEP = 0.0069\%$ ,  $RPD = 8.03$  dan  $CV = 1.30\%$ . Secara keseluruhan nilai yang diperoleh untuk pra-pengolahan dg2 dengan PLS 5 faktor pada 2 tumpukan cukup bagus, namun nilai tersebut dianggap belum presisi, meskipun 2 tumpukan memiliki  $R$  dan  $RPD$  yang tinggi, namun  $SEC$  dan  $SEP$  berbeda jauh. Williams and Norris (1990) menyatakan nilai  $SEC$  yang berbeda sedikit dengan  $SEP$  menandakan tingginya presisi, sehingga bias data rendah. Prediksi yang paling presisi untuk kadar kafein adalah 3 tumpukan dengan pra-pengolahan dg2 *Savitzky-Golay* 5 faktor PLS, menghasilkan  $R = 0.97$  dan  $SEC = 0.005\%$ ,  $SEP = 0.007\%$  serta  $CV$  yang kecil (1.76%) dan  $RPD$  yang tinggi (5,933).  $SEC$  dan  $SEP$  pada 3 tumpukan berbeda sedikit menunjukkan tingginya presisi prediksi NIRS. Menurut Mouazen et al. (2005) apabila nilai  $RPD < 1.5$  maka hasil kalibrasi tidak dapat digunakan.

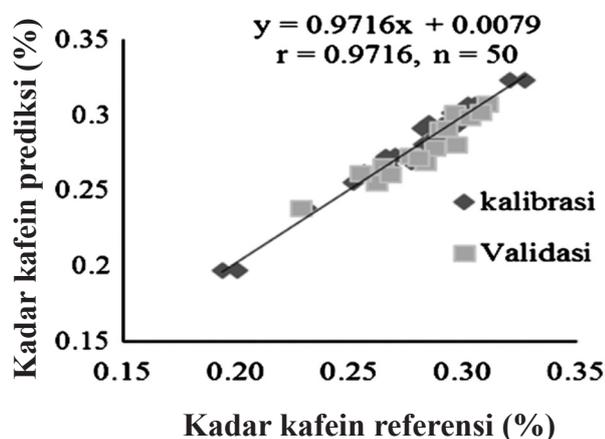
Metode statistik PLS digunakan sebagai metode *full-spectrum*. Oleh karena itu informasi dari seluruh rentang spektral dapat digunakan untuk kalibrasi. Cara terbaik dalam menganalisa biji kopi yang tidak homogen adalah dengan melakukan pengambilan spektrum secara random pada pengolahan data dengan metode PLS (Rodrigo et al. 2012). Pemilihan sejumlah faktor PLS penting untuk mengurangi *noise* dan menggunakan seluruh informasi spektrum (Chen et al. 2013). Model akan tergantung pada jumlah faktor PLS yang digunakan. Jika terlalu banyak akan menghasilkan nilai prediksi yang rendah. Itu terjadi karena kelebihan variabel  $X$  sehingga data akan *overfitting*. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa PLS dengan 4 faktor pada pra-pengolahan n01 + dg2 dengan 2 tumpukan menghasilkan solusi yang *underfitting*. Hal tersebut

dapat dilihat dari penurunan nilai  $R = 0.98$ , dan  $RPD = 3.07$  serta peningkatan nilai  $CV = 3.4\%$ , jika dibandingkan dengan penggunaan 5 faktor PLS yang mempunyai nilai  $R = 0.96$ ,  $RPD = 5$ , dan  $CV = 2.09$ . Faktor PLS yang terlalu sedikit akan menghasilkan model yang tidak bagus (Cozzolino et al. 2009), Zhang et al. (2013) memperoleh hasil terbaik untuk kafein kopi *roasting* dengan menggunakan pengolahan data PLS 7 faktor.

Model kalibrasi PLS yang dibangun pada rentang spektrum 1,000.80 – 2,492.04 nm. Tabel 2 menunjukkan perbedaan hasil model kalibrasi biji kopi sebelum dan setelah pra-pengolahan data. Dalam penelitian ini digunakan 4 dan 5 faktor untuk 33 data kalibrasi dan 17 data validasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan PLS 5 faktor menghasilkan model yang lebih baik dari 4 faktor. Pra-pengolahan data n01 + dg2 untuk PLS 5 faktor menghasilkan nilai ( $R = 0.96$ ) lebih besar dibandingkan 4 faktor ( $R = 0.89$ ), nilai ( $SEC = 0.0058$ ) dan ( $RPD = 5$ ) pada 5 faktor juga lebih baik dibandingkan ( $SEC = 0.0095$ ) dan ( $RPD = 3.07$ ). Selain itu kualitas 5 Faktor semakin baik dengan nilai ( $CV = 2.09$ ) yang lebih kecil dari ( $CV = 3.40$ ) pada PLS 4 Faktor.

Model kalibrasi terbaik untuk memprediksi kandungan kafein adalah  $y = 0.9569x + 0.012$  (Gambar 3). Model ini memiliki  $SEC$  (0.0036%) dan  $SEP$  (0.0069%) yang rendah dari model lainnya. Nilai  $SEC$  lebih rendah dua kali dari nilai  $SEP$  (Hruschka 1990). Selain itu model yang diperoleh mempunyai korelasi tinggi ( $R > 0.90$ ). Nilai  $CV = 1.30\%$  menunjukkan bahwa model tepat untuk digunakan dalam memprediksi kandungan kafein biji kopi, karena batas nilai yang disyaratkan untuk  $CV < 5\%$ .

$RPD$  yang dihasilkan sebesar 8.03 yang berarti model mampu memprediksi komponen secara efisien. Nilai  $RPD < 1.5$  menandakan kalibrasi tidak dapat digunakan (Mouazen 2005). Berdasarkan pernyataan tersebut maka dg2 dengan PLS 5 faktor merupakan model yang cukup baik untuk memprediksi kandungan kafein pada biji kopi arabika.



Gambar 3. Prediksi kandungan kafein biji kopi.

### Simpulan

Penelitian menunjukkan bahwa prediksi NIRS untuk penentuan kandungan kafein biji kopi terbaik diperoleh dengan menggunakan pra-pengolahan data NIRS dg2 PLS 5 faktor dengan 2 tumpukan. Model yang dihasilkan memperlihatkan nilai koefisien korelasi yang tinggi ( $R = 0.98$ ),  $SEC$ ,  $SEP$  dan  $CV$  yang rendah (0.0036 %, 0.0069 % dan 1.3 %) serta  $RPD$  yang tinggi (8.03). Hal ini membuktikan bahwa NIRS dapat digunakan untuk memprediksi kandungan kafein biji kopi secara nondestruktif, cepat, dan efisien.

## Daftar Pustaka

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2014. Statistik Ekspor Impor Komoditas Pertanian 2001-2013. *J Statistik Ekspor Impor Komoditas Pertanian* 2337-9578.
- Alessandrini, L., S. Romani, G. Pinnavaia and M.D. Rosa. 2008. Near infrared spectroscopy: An analytical tool to predict coffee roasting degree. *J Analytica Chimica Acta*. 625: 95–102.
- Andasuryani, Y.A. Purwanto, IW. Budiastira and K. Syamsu. 2013. Determination of catechin as main bioactive component of gambir (*Uncaria gambir Roxb*) by FT-NIR Spectroscopy. *J Medicinal Plant Research* 7(41): 3076-308.
- Burdan, F. 2015. Content of caffeine in coffee and in nutritional and medical products. *J Phytochemistry* 31: 1271-1272.
- Chen, H., Q. Song, G. Tang, Q. Feng and K. Lin. 2013. The combined optimization of Savitzky-Golay smoothing and multiplicative scatter correction for FT-NIR PLS models. *ISRN Spectroscopy*: 1-9.
- Cozzolino, D., W.U. Cynkar, N. Shah, R.G. Damberg and P.A. Smith. 2009. A brief introduction to multivariate methods in grape and wine analysis. *International J Wine Research* 1: 123-130.
- Downey, G., E. Sheehan, C. Delahunty, D. O'Callaghan, T. Guinee and V. Howard. 2005. Prediction of maturity and sensory attributes of Cheddar cheese using near-infrared spectroscopy. *J Dairy* 15: 701-709.
- Eriksson, L., E. Johansson, N. Kettaneh-Wold, C. Wikstrom and S. Wold. 2000. Design of Experiments: Principles and Applications. Umea, Sweden: Umetrics [AB].
- Hecimovic, I., A. Belscak, D. Horzic and D. Komes. 2011. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *J food chemistry* 129: 991-1000.
- Hifnalisa dan A. Karim. 2008. Studi awal varietas biji kopi arabika berdasarkan ketinggian tempat di dataran tinggi Gayo. *J Agrista* 162-172.
- Hruschka, W.R. 1990. Data analysis: wavelength selection methods. In P. Williams and K. Norris (eds.) *Near-Infrared technology in the agricultural and food industries*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chem-ists Inc.: 35-55.
- Huck, C.W., W. Guggenbichler and G.K. Bonn. 2005. Analysis of caffeine, theobromine and theophylline in coffee by near infrared spectroscopy (NIRS) compared to high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled to mass spectrometry. *J Analytica Chimica Acta* 538 (2005) 195–203.
- Lengkey, L.C.Ch., IW. Budiastira, K.B. Seminar and B.S. Purwoko. 2013. Determination of Chemical Properties in *Jatropha Curcas L.* Seed IP-3P by Partial Least-Squares Regression and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. *J Agriculture Innovations and Research* 2: 2319-1473.
- Mattjik, A.S. dan IS. Made. 2006. Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan MINITAB. IPB Press, Bogor[ID].
- Maramis, R.K., G. Citraningtyas dan F. Wehantouw. 2013. Analisis Kafein dalam Kopi Bubuk di Kota Manado menggunakan Spektrofotometri UV-Vis. *J Ilmiah Farmasi – UNSRAT* 2: 04.
- Mouazen, A.M., W. Saeys, J. Xing, J. De Baerdemaeker and H. Ramon. 2005. Near infrared spectroscopy for agricultural materials: an instrument comparison. *J Near Infrared Spectroscopy* 13: 87-97.
- Nicolai, B.M., K. Beullens, E. Bobelyn, A. Peirs, W. Saeys, K.I. Theron and J. Lammertyn. 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: a review. *Postharvest Biology and Technology* 46: 99-118.
- Pizarro, C., I. Esteban-Diez, A.J. Nistal and J.M. González-Sáiz. 2004. Influence of data preprocessing on the quantitative determination of the ash content and lipids in roasted coffee by near infrared spectroscopy. *J Analytica Chimica Acta* 509: 217–227.
- Reh, C.T., A. Gerber, J. Prodoliet and G. Vuataz. 2006. Water content determination in green coffee method comparison to study specificity and accuracy. *J Food Chemistry* 96: 423–430.
- Rodrigo, J.S., M.C. Sarragaça, O.S.S. Rangel António and A. Lopes João. 2012. Evaluation of green coffee beans quality using near infrared spectroscopy: a quantitative approach. *J Food Chemistry* 135: 1828–1835.
- Swierenga, H., A.P. de Weijer, R.J. van Wijk and L.M.C. Buydens. 1999. Strategy for constructing robust multivariate calibration models. *J Chemometrics and Intel-ligent Laboratory Systems* 49: 1-17
- Williams, P. and K. Norris. 1990. *Near-infrared technology in the agricultural and food industries*. American Association of cereal chemical, Inc. St. Paul. USA[US]: 146.
- Walpole, R.E. 1995. *Pengantar Statistika* Edisi Ke-3. PT Gramedia, Jakarta [ID].
- Zhang, X., W. Li, B. Yin, P. Chen, K. Declan, X. Wang, K. Zheng and Y. Du. 2013. Improvement of near infrared spectroscopic (NIRS) analysis of caffeine in roasted arabica coffee by variable selection method of stability competitive adaptive reweighted sampling (SCARS). *J Elsevier Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 114: 350–356.

Halaman ini sengaja dikosongkan