

## Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Lapisan Biji pada Akurasi Prediksi Kandungan Minor Biji Kopi Arabika Hijau Bondowoso dengan NIR Spectroscopy

### (Analysis of the Effect of Variation of Bean Layers on Prediction Accuracy of Minor Compound in Green Arabica Coffee Beans of Bondowoso by NIR Spectroscopy)

Sri Citra Yuliana Madi<sup>1</sup>, I Wayan Budiastira<sup>1\*</sup>, Yohanes Aris Purwanto<sup>1</sup>, Sukrisno Widyotomo<sup>2</sup>

(Diterima Januari 2018/Disetujui April 2018)

#### ABSTRAK

*Void space* pada tumpukan biji akan menyebabkan terjadinya *non-fully interacted radiation* (NFIR) sehingga memengaruhi reproduktivitas pengukuran NIR (*Near Infra-red*). *Void space* selain dipengaruhi oleh ukuran partikel juga dipengaruhi oleh jumlah/tebal lapisan biji. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi jumlah lapisan biji pada tingkat akurasi prediksi kafein, asam klorogenat, dan trigonelin pada biji kopi Arabika hijau Bondowoso dengan NIR Spectroscopy (NIRS). Pengujian dilakukan dengan menggunakan 100 sampel pada masing-masing lapisan 3, 4, dan 5. Sampel diukur dengan FT-NIR spectrometer pada panjang gelombang 1.000–2.500 nm. Metode *pretreatment* yang digunakan adalah turunan kedua (dg2), kombinasi turunan pertama (dg1) dan *Multiplicative Scatter Correction* (MSC), dan kombinasi antara MSC dan dg2, sedangkan metode kalibrasi menggunakan *Partial Least Square* (PLS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat akurasi prediksi 5 lapisan lebih baik dari 3 dan 4 lapisan. Hasil kalibrasi dan validasi terbaik untuk kafein diperoleh dengan *pretreatment* dg2 dan 6 faktor PLS ( $r = 0,99$ ; SEC = 0,01%; SEP = 0,01%; dan RPD = 5,40), asam klorogenat dengan *pretreatment* dg2 dan 5 faktor PLS ( $r = 0,99$ ; SEC = 0,09%; SEP = 0,09%; dan RPD = 4,76), sedangkan trigonelin dengan *pretreatment* kombinasi (dg2, MSC) dan 5 faktor PLS ( $r = 0,99$ , SEC = 0,01%, SEP = 0,01%, RPD = 4,86). Dengan hasil yang cukup akurat ini, maka perlakuan 5 lapisan dapat dijadikan referensi dalam pengukuran NIRS biji kopi.

Kata kunci: biji kopi Arabika Bondowoso, jumlah lapisan biji, NIRS, PLS, *void space*

#### ABSTRACT

*Void space* in the bean layers will lead to the occurrence of *non-fully interacted radiation* (NFIR) affecting the reproducibility of NIRS measurements. *Void space* in addition to being affected by particle size is also influenced by the number/thickness of the bean layers. The objective of this study was to analyze the effect of number of bean layer variation on prediction accuracy of caffeine, chlorogenic acid and trigonelline in Bondowoso green Arabica coffee beans by NIR Spectroscopy (NIRS). The study was conducted using three kind of layers, i.e. 3, 4, and 5 layers, with 100 samples each. Samples were measured by FT-NIR spectrometer in wavelength of 1.000–2.500 nm. The pretreatment method used were second derivative (dg2), the combination of first derivative (dg1) and *Multiplicative Scatter Correction* (MSC), and the combination of dg2 and MSC, while calibration method used was *Partial Least Square* (PLS). The results shows that the accuracy of 5 layers was better than 3 or 4 layers. The best calibration and validation for caffeine was obtained by dg2 pretreatment and 6 factors of PLS ( $r = 0.99$ ; SEC = 0.01%; SEP = 0.01%; and RPD = 5.40), for chlorogenic acid was by dg2 pretreatment and 5 factors of PLS ( $r = 0.99$ ; SEC = 0.09%; SEP = 0.09%; and RPD = 4.76), whereas for trigonelline was by combination of (dg2, MSC) and 5 factors of PLS ( $r = 0.99$ ; SEC = 0.01%; SEP = 0.01%; and RPD = 4.86). Therefore, the 5 layers can be used as a reference in NIRS measurement of coffee beans.

Keywords: bean layers variation, Bondowoso Arabica coffee beans, NIRS, PLS, *void space*

#### PENDAHULUAN

Kopi memiliki peranan tersendiri untuk negara Indonesia. Kopi menjadi sumber pendapatan bagi 2

<sup>1</sup> Sekolah Pascasarjana, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680.

<sup>2</sup> Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember, Jawa Timur, Indonesia.

\* Penulis Korespondensi: Email: wbudiastira@yahoo.com

juta petani kopi serta penyumbang devisa ke 4 terbesar dari sektor perkebunan setelah CPO, karet, dan kakao. Salah satu penyumbang ekspor kopi terbesar Indonesia adalah kopi Arabika Bondowoso atau dikenal dengan kopi *Java Ijen Raung*. Kopi ini banyak dibudidayakan di daerah Pegunungan Ijen Raung dengan produksi rata-rata pertahun sekitar 3.000–5.000 ton (GAEKI 2017).

Untuk meningkatkan ekspor kopi Bondowoso, faktor kualitas biji menjadi hal yang sangat penting.

Kandungan minor yang dianggap paling penting karena berkontribusi pada cita rasa dan kualitas kopi adalah kafein (Rosita *et al.* 2016), asam klorogenat dan trigonelin (Sridevi & Giridhar 2013). Penentuan kandungan tersebut biasanya dilakukan dengan metode *cupping test* (kualitatif) dan analisis laboratorium (kuantitatif). Metode analisis tersebut menjadi kurang efektif jika jumlah sampel yang digunakan besar karena membutuhkan waktu yang lama, mahal, membutuhkan tenaga yang ahli, dan bersifat destruktif. Metode NIRS menjadi salah satu metode yang sangat efektif untuk menduga kandungan kimia kopi karena NIRS memiliki beberapa keunggulan, yaitu bersifat non destruktif, teknik analisisnya sederhana, cepat, murah, tidak membutuhkan tenaga yang ahli, dan tidak membutuhkan persiapan sampel yang rumit.

Aplikasi dan penelitian NIRS pada kopi telah banyak dilaporkan yang mengindikasikan NIRS mampu menduga kandungan kimia dalam kopi. Beberapa di antaranya adalah pendugaan kandungan kafein, *theobromine*, dan *theophylline* pada kopi sangrai (Huck *et al.* 2004), pendugaan kandungan asam klorogenat pada biji kopi sangrai (Shan *et al.* 2014) dan pendugaan kandungan kafein pada biji kopi Arabika Gayo (Rosita *et al.* 2016). Pengembangan model penentuan kandungan pembentuk *flavour* biji kopi *Java Preanger* juga telah dilakukan menggunakan NIRS (Ayu 2017).

Akan tetapi, hasil prediksi yang diperoleh dari penelitian-penelitian tersebut menghasilkan tingkat akurasi yang berbeda-beda. Salah satu faktor penyebabnya adalah desain lapisan biji dalam pengambilan spektrum NIR yang berbeda-beda. Jumlah/tebal lapisan biji akan memengaruhi besar kecilnya *void space* (rongga udara) yang akan mengganggu reproduktivitas pengukuran (Yoon *et al.* 2013). Adanya *void space* dalam tumpukan biji menyebabkan terjadinya *non-fully interacted radiation* (NFIR), yaitu sebagian radiasi NIR akan berinteraksi hanya dengan bagian luar biji atau menyebar melalui ruang kosong (*void space*) tanpa berinteraksi sepenuhnya dengan sampel, sehingga spektrum penyerapan tidak mencukupi untuk mewakili identitas kimia sampel. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi jumlah

lapisan biji dan data *pretreatment* pada akurasi prediksi kandungan kafein, asam klorogenat, dan trigonelin kopi Arabika Bondowoso dengan metode NIRS.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kopi Arabika Bondowoso dalam bentuk *green beans* yang diperoleh dari Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Jember. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan digital, *petri dish*, NIR *spectrometer* merek NIFlex N-500 (BUCHI Labortechnik AG Switzerland), *grinder*, LC-MS 2020 (Shimadzu, Kyoto, Jepang), satu set komputer, *software unscramble v 10.3 trial version* (CAMO, Norway), dan *Microsoft Excel 2016*.

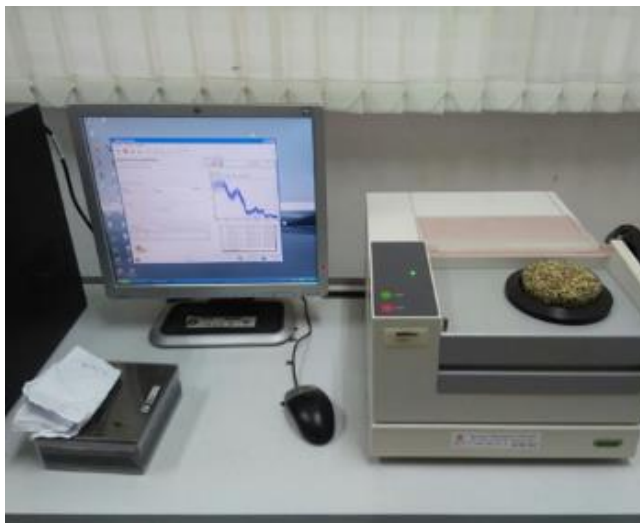
### Pengukuran NIR

Pengukuran NIR dilakukan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Sampel kopi yang diperoleh dari Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia dibagi menjadi 100 kelompok sampel dengan bobot masing-masing sampel  $\pm 100$  g. Setelah itu, sampel kopi tersebut disusun ke dalam *petri dish* (diameter  $\pm 9,7$  cm dan tinggi 1,5 cm) dengan tiga jenis lapisan berbeda, yaitu 3 lapisan (60 g), 4 lapisan (75 g), dan 5 lapisan (95 g) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Penentuan ketiga jenis lapisan ini didasarkan pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Yoon *et al.* (2013), bahwa 1 dan 2 lapisan belum menghasilkan *peak-peak* pada spektra absorpsi sehingga spektra tidak dapat dipakai untuk memprediksi kandungan kimia produk. Penyusunan biji kopi dengan 3 lapisan (Rosita *et al.* 2016), serta 4 lapisan (Ayu 2017) menghasilkan akurasi prediksi yang baik untuk kandungan minor kopi Arabika, meskipun belum yang terbaik.

Sampel kopi yang telah disusun ke dalam *petri dish* kemudian diletakkan di atas *rotary plate* pada FT-NIR spektrometer (Gambar 2) dan dilakukan pemindaian



Gambar 1 Pembentukan jumlah lapisan biji kopi.



Gambar 2 Pengukuran spektrum sampel biji kopi menggunakan FT-NIR spektrometer.

(*scanning*) sebanyak 3 kali ulangan pada posisi yang berbeda. Setelah itu, hasil *scanning* dari ketiga ulangan tersebut ditransformasi menjadi spektrum absorbansi ( $\log 1/R$ ) kemudian dirata-ratakan. Reflektan kopi diukur pada panjang gelombang 1.000–2.500 nm dengan kecepatan pengambilan data 3 scan/s, suhu pengoperasian alat 22 sampai 25 °C dengan kebutuhan tenaga listrik sebesar 100–230 VAC  $\pm$  10%, 50/60 Hz, dan 350 watt.

### Pengukuran Void Ratio

Pengukuran *void ratio* dilakukan dengan menggunakan Persamaan 1. Volume air mula-mula merupakan volume *petri dish* dalam kondisi penuh, sedangkan volume air yang masuk merupakan volume air ketika *petri dish* berisi sampel kopi yang disusun sebanyak 3 lapisan (60 g), 4 lapisan (75 g), dan 5 lapisan (95 g).

$$\text{Void ratio} = \frac{\text{Volume air yang masuk}}{\text{Volume air mula-mula}} \times 100 \% \quad (1)$$

### Pengukuran Kandungan Kimia

Pengukuran kandungan kimia dilakukan di Laboratorium Biosain, Politeknik Negeri Jember dengan menggunakan prosedur LCMS (Shimadzu LC-MS 2020). Masing-masing pengukuran kandungan kafein, trigonelin, dan asam klorogenat pertama-tama dilakukan penyuntikan larutan standarnya sebanyak 2 ppm ke dalam LCMS. Kondisi yang digunakan pada LCMS, yaitu kolom C-18 air (T 40 °C), fase gerak yang terbagi menjadi fase gerak A (40% air/asam format 0,1%) dan fase gerak B (60% asetonitril), dan laju aliran, yaitu 0,2 mL/min. Selanjutnya, puncak penyerapan (*peak*) kandungan kimia diperoleh dengan waktu retensi yang berbeda-beda. Setelah itu, masing-masing sampel kopi ( $\pm$  0,2 g) disuntikkan ke dalam LCMS dengan kondisi yang sama. Dengan diperolehnya waktu retensi yang mirip dengan waktu

Gambar pengukuran standar kimia, *peak* kandungan kimia yang diukur akan diperoleh. Konsentrasi

masing-masing komponen dihitung dari luas area dan tinggi *peak* menggunakan Persamaan 2 dan 3.

$$Y = C \times \frac{V_s}{1000} \times \frac{100}{W_s} \times C_f \quad (2)$$

$$C_f = \frac{100}{100 - \text{Kadar air}} \quad (3)$$

Di mana:

Y : Konsentrasi kandungan kimia bahan (%)

C : Kandungan kimia bahan (ppm)

$V_s$  : Volume sampel yang diekstraksi (mL)

$W_s$  : Bobot sampel (mg)

$C_f$  : Faktor koreksi

### Data Pretreatment

Pada penelitian ini data *pretreatment* yang digunakan berdasarkan referensi terbaik, yaitu turunan kedua *Savitzky-Golay* (dg2) (Rosita *et al.* 2016; Ayu 2017), dan kombinasi antara *Multiplicative Scatter Correction* (MSC) dan dg2 (Ayu 2017).

### Kalibrasi dan Validasi

Metode kalibrasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan algoritma *partial least square* (PLS) dan dianalisis dengan *software unscramble v 10.3 trial version* (CAMO, Norway). Dalam membangun model kalibrasi digunakan data NIR dan kimia yang diperoleh dari 67 sampel, sedangkan untuk validasi menggunakan data NIR dan kimia yang diperoleh dari 33 sampel. Pembagian sampel untuk kalibrasi dan validasi dilakukan secara acak (*random*) berdasarkan data kimia. Validasi dilakukan menggunakan *software unscramble* berdasarkan metode *test set validation*. Selanjutnya, untuk pemilihan faktor PLS optimum didasarkan pada nilai *V-set PRESS* terkecil dan nilai konsistensi (Andarsuryani *et al.* 2014). Beberapa parameter statistik yang digunakan untuk mengevaluasi model prediksi adalah koefisien korelasi (*r*), *standard error of calibration set* (SEC), *standard error of validation set* (SEP), *coefficient of variation* (CV), *Ratio of Performance to Deviation* (RPD), dan konsistensi.

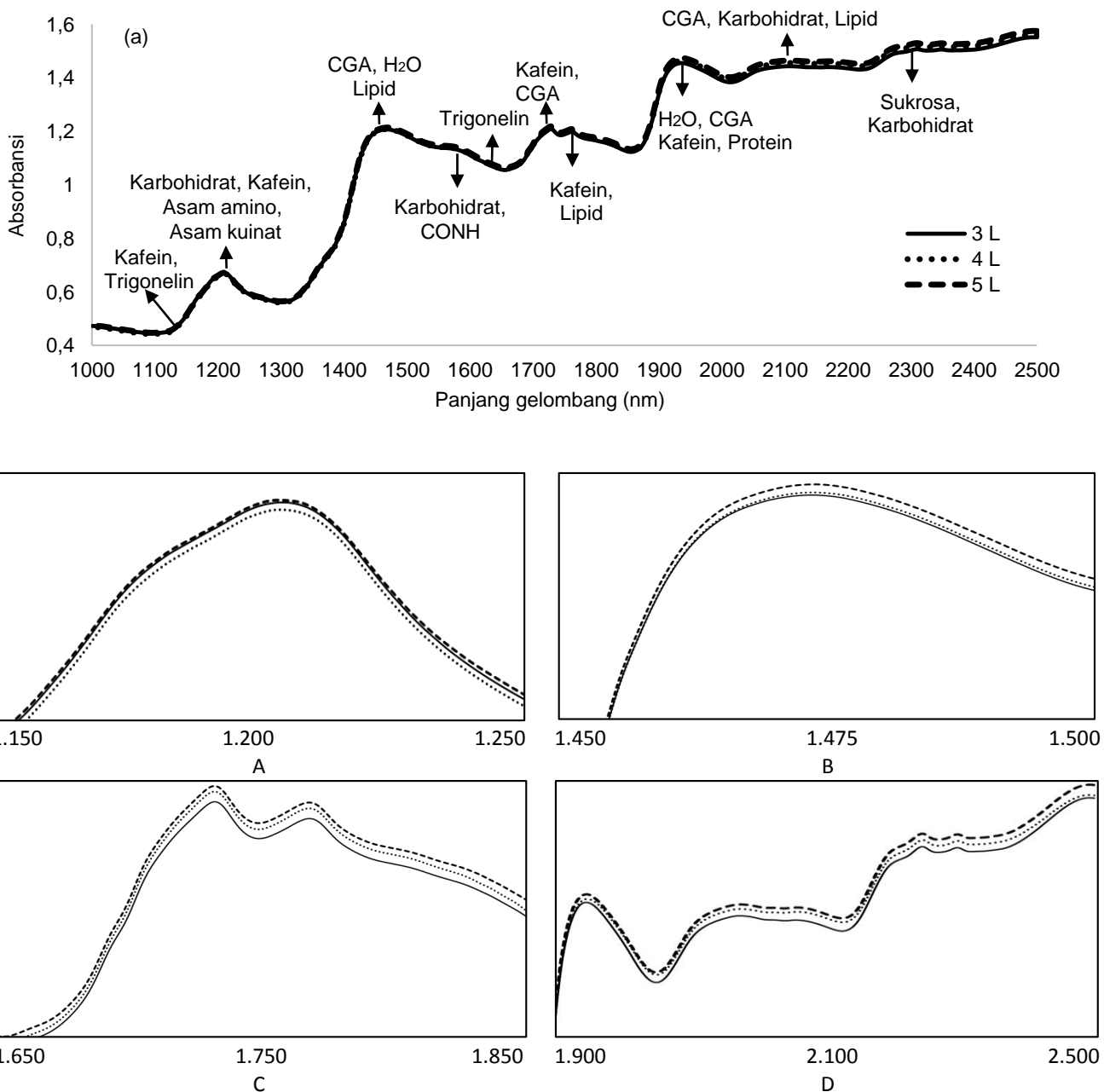
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Spektrum Absorbansi NIR Kopi Arabika Bondowoso pada Beberapa Lapisan Berbeda

Gambar 2 memperlihatkan beberapa puncak dan lembah rata-rata spektrum absorbansi NIR ketiga jenis lapisan kopi. Hal ini terjadi karena ikatan molekul sampel seperti ikatan O-H, C-H, C-O, C-C, dan N-H menyerap radiasi NIR yang menyebabkan ikatan tunggalnya bergetar. Getaran ini menyebabkan pita penyerapan naik sesuai kombinasi gugus fungsi kimianya (Osborne *et al.* 1993). Puncak-puncak penyerapan kopi Arabika Bondowoso terjadi pada panjang gelombang 1.210–1.230, 1.470–1.480, 1.550–1.580, 1.720–1.730, 1.750–1.770, 1.920–1.940, 2.160–2.180, 2.310–2.330, dan 2.345–2.355 nm seperti

yang ditunjukkan pada Gambar 3a. Penyerapan ikatan molekul kafein terjadi pada panjang gelombang 1.128, 1.298, 1.672, 1.726, dan 1.934 nm. Penyerapan ikatan molekul asam klorogenat (CGA) terjadi pada panjang gelombang 1.477, 1.726, 1.934, dan 2.128 nm. Penyerapan molekul trigonelin terjadi pada panjang gelombang 1.128, 1.668, dan 2.269 nm, di mana puncak penyerapannya tidak tampak pada Gambar 3a. Meskipun dari hasil penelitian yang dilaporkan oleh Caporaso *et al.* (2018) bahwa puncak penyerapan trigonelin muncul pada panjang gelombang 1.168 dan 2.269 nm, namun pada penelitian ini puncak penyerapannya tidak tampak. Hal ini disebabkan karena konsentrasi trigonelin pada kopi Arabika Bondowoso sangat kecil (Tabel 1).

Rata-rata spektrum absorbansi NIR dari ketiga lapisan yang ditunjukkan oleh Gambar 3a tampak sama. Akan tetapi jika puncak-puncak penyerapannya diperbesar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3b, 3c, 3d, dan 3e terlihat intensitas penyerapan NIR meningkat dengan peningkatan jumlah lapisan. Fakta yang sama dilaporkan oleh Yoon *et al.* (2013) pada pengujian sampel *pellet* dan Rosita *et al.* (2016) pada kopi Arabika Gayo. Menurut Chang *et al.* (2001), bahwa penyusunan sampel merupakan salah satu faktor yang memengaruhi panjang transmisi cahaya dan memengaruhi reflektansi. Penyusunan sampel berhubungan erat dengan *void*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 bahwa penyusunan sampel biji kopi sebanyak 3 lapisan memiliki nilai *void ratio* yang lebih



Gambar 3 Spektrum rata-rata NIR kopi 3, 4, dan 5 lapisan; a) Panjang gelombang 1.000–2.500 nm; b) 1.150–1.250 nm; c) 1.450–1.500 nm; d) 1.650–1.850 nm; dan e) 1.900–2.500 nm.

Tabel 1 Konsentrasi kandungan kafein, asam klorogenat, dan trigonelin pada kopi Arabika Bondowoso

Parameter	Konsentrasi (%)	Rata-rata (%)	Standar deviasi (%)
Kafein	1,27–1,57	1,44	0,08
Asam klorogenat	6,66–8,88	7,77	0,55
Trigonelin	0,57–0,77	0,66	0,05

Tabel 2 Persentase *void ratio* pada beberapa lapisan biji kopi

Jumlah lapisan	Bobot (g)	Tebal lapisan (cm)	<i>Void ratio</i> (%)
3	60	1,12	53,9 ± 1,19
4	75	1,35	41,4 ± 0,72
5	95	1,50	33,0 ± 0,94

besar dibandingkan dengan 4 dan 5 lapisan. Peningkatan *void* akan meningkatkan kemungkinan terjadinya NFIR atau radiasi yang tidak sepenuhnya berinteraksi dengan sampel. Penyusunan biji kopi sebanyak 3 lapisan menyebabkan masih terdapat ruang kosong (*void space*) yang memungkinkan radiasi NIR tembus keluar. Semakin tinggi tumpukan biji (*layer*), semakin banyak sinar yang diblokir oleh sampel sehingga banyak sinar yang akan diserap oleh bahan (Yoon *et al.* 2013; Rosita *et al.* 2016).

Konsentrasi kandungan kafein, asam klorogenat, dan trigonelin kopi Arabika Bondowoso dapat dilihat pada Tabel 1. Konsentrasi tertinggi dari ketiga parameter yang diuji ditunjukkan oleh asam klorogenat dan yang paling kecil adalah trigonelin. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kandungan trigonelin lebih sulit ditentukan dari pada asam klorogenat. Nilai ragam terbesar dari ketiga parameter tersebut ditemukan pada asam klorogenat yang berarti sumber datanya sangat beragam dan sesuai untuk digunakan dalam membangun model kalibrasi NIR (Andarsuryani *et al.* 2014).

### Prediksi Kandungan Minor Kopi Arabika Bondowoso pada Beberapa Variasi Lapisan Biji

Tabel 3 menunjukkan hasil prediksi kandungan kafein, asam klorogenat, dan trigonelin pada berbagai variasi lapisan biji. Hasil analisis menunjukkan bahwa data *pretreatment* mampu meningkatkan model prediksi menjadi lebih baik daripada tanpa data *pretreatment*. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan nilai *r* dan RPD serta penurunan nilai SEP dan SEC. Dalam penelitian ini prediksi kandungan kafein dan asam klorogenat dihitung dengan menggunakan data *pretreatment* dg2, sedangkan prediksi kandungan trigonelin dihitung dengan menggunakan data *pretreatment* kombinasi (dg2, MSC). Penggunaan data *pretreatment* dg2 bertujuan untuk mengeliminasi spektra yang saling tumpang tindih (*overlapping*) dan meningkatkan resolusi spektra sehingga puncak-puncak penyerapan menjadi lebih jelas. Sementara itu, penggunaan data *pretreatment* kombinasi (dg2, MSC)

selain untuk meningkatkan resolusi spektra juga untuk mengeliminasi pengaruh *scatter*.

Model kalibrasi NIR terbaik ditentukan berdasarkan parameter statistik, yaitu *r*~1, SEP~0, SEC~0, CV terkecil (<5%), dan nilai RPD yang tinggi (>2%). Berdasarkan parameter statistik tersebut, maka model kalibrasi terbaik untuk memprediksi kandungan kafein, asam klorogenat, dan trigonelin diperoleh dengan menggunakan 5 lapisan biji kopi. Hal ini disebabkan karena penumpukan biji sebanyak 5 lapisan dapat menghasilkan *void ratio* yang lebih kecil. Dengan demikian, sangat kecil kemungkinan terjadinya NFIR karena penumpukan biji tersebut dapat memblokir sinar yang tembus keluar. Hal tersebut akan mengurangi *error* dalam pengukuran sehingga akurasi model kalibrasi menjadi tinggi. Walaupun demikian, penggunaan 3 lapisan sudah dapat digunakan karena diperoleh hasil parameter statistik yang memenuhi standar, yaitu nilai SEC & SEP mendekati 0, nilai koefisien korelasi (*r*) >0,91; CV <5%; RPD >2,5; dan konsistensi berada pada rentang 80–110%, begitupun juga dengan 4 lapisan. Akan tetapi, untuk mendapatkan model prediksi yang lebih baik maka disarankan menggunakan 5 lapisan karena parameter statistik yang diperoleh lebih baik dibandingkan dengan penggunaan 3 dan 4 lapisan.

Selain data *pretreatment*, pemilihan jumlah faktor PLS merupakan salah satu tahapan penting dalam pembuatan model kalibrasi NIR (Andarsuryani *et al.* 2014). Faktor PLS diperlukan untuk mengatasi model yang *overfitting* akibat nilai SEP yang lebih besar dari nilai SEC maupun model yang *underfitting* akibat nilai SEC yang lebih besar dari nilai SEP. Faktor PLS diperoleh dengan menghitung nilai V-set PRESS (*predicted residual error sum square* pada set validasi) dan konsistensi. Nilai V-set PRESS terkecil dan konsistensi yang berada pada rentang 80–110% merupakan faktor PLS yang optimum. Berdasarkan parameter tersebut, model prediksi terbaik untuk kandungan kafein dan asam klorogenat masing-masing dengan data *pretreatment* dg2 adalah 6 faktor PLS (*r* = 0,99; SEC = 0,01%; SEP = 0,01%; dan RPD = 5,40) dan 5 faktor PLS (*r* = 0,99; SEC = 0,09%; SEP = 0,09%; dan RPD = 4,76), sedangkan, trigonelin dengan data *pretreatment* kombinasi (dg2, MSC) adalah 5 faktor PLS (*r* = 0,99%; SEC = 0,01%; SEP = 0,01%; dan RPD = 4,86). Model prediksi kafein yang dihasilkan pada penelitian ini lebih baik jika dibandingkan dengan model yang dihasilkan oleh Rosita *et al.* (2016) yang menggunakan data *preeratment* dg2 (*r* = 0,97; CV = 1,76%; dan konsistensi = 71,43%) dengan 3 lapisan dan Ayu (2017) dengan data *pretreatment* kombinasi (dg1, MSC) (*r* = 0,946; CV = 1,54%; dan RPD = 2,28) dengan menggunakan 4 lapisan. Model prediksi asam klorogenat dan trigonelin yang diperoleh dari penelitian ini juga lebih baik dibandingkan dengan hasil yang dilaporkan oleh Ayu (2017). Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan oleh Tabel 3 untuk masing-masing parameter mutu dapat diketahui bahwa perbedaan nilai

Tabel 3 Hasil kalibrasi dan validasi kandungan kafein, asam klorogenat, dan trigonelin pada beberapa lapisan biji kopi dengan metode PLS

Parameter mutu	Jumlah lapisan	Data pretreatment	Faktor ; point	r	SEC (%)	SEP (%)	CV (%)	RPD	Konsistensi (%)
Kafein	3	Original	13	0,83	0,05	0,06	4,37	1,05	72,29
		dg2	5 ; 3	0,99	0,01	0,02	1,07	4,38	82,82
	4	Original	13	0,80	0,05	0,06	4,20	1,08	82,67
		dg2	5 ; 3	0,99	0,01	0,01	0,92	4,92	97,07
	5	Original	14	0,88	0,04	0,06	3,96	1,11	68,71
		dg2	6 ; 3	0,99	0,01	0,01	0,81	5,40	95,05
Asam klorogenat	3	Original	11	0,77	0,38	0,38	4,90	0,81	116,75
		dg2	4 ; 3	0,97	0,14	0,16	2,05	2,80	87,07
	4	Original	11	0,80	0,35	0,45	5,92	0,96	77,42
		dg2	4 ; 3	0,98	0,13	0,12	1,61	3,53	104,46
	5	Original	11	0,80	0,37	0,35	4,54	1,24	106,17
		dg2	5 ; 3	0,99	0,09	0,09	1,18	4,76	97,67
Trigonelin	3	Original	11	0,69	0,04	0,04	6,40	0,93	87,99
		dg2 + MSC	3 ; 3	0,97	0,01	0,01	2,08	2,87	93,85
	4	Original	11	0,74	0,03	0,04	6,01	1,07	85,05
		dg2 + MSC	4 ; 3	0,98	0,01	0,01	1,51	4,26	89,40
	5	Original	13	0,84	0,03	0,04	6,40	0,96	65,52
		dg2 + MSC	5 ; 3	0,99	0,01	0,01	1,26	4,86	92,79

SEC dan SEP sangat kecil, yaitu 0% yang mengindikasikan bahwa set kalibrasi mewakili set validasi (Lammertyn *et al.* 2000).

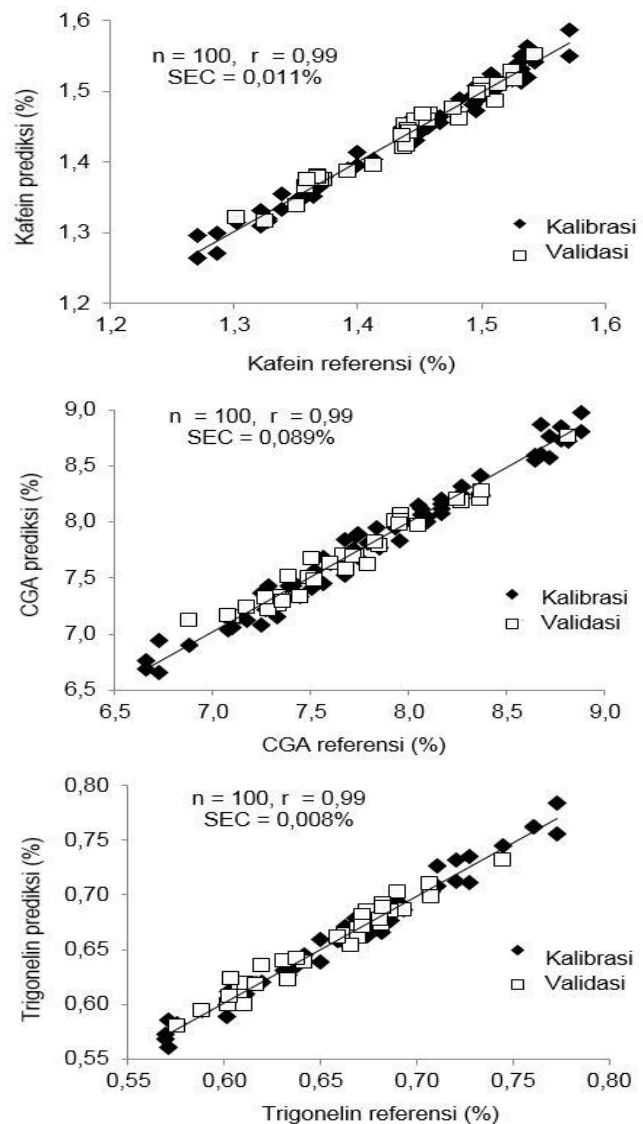
Gambar 4 memperlihatkan hubungan korelasi terbaik antara data referensi (data kimia) dengan data prediksi (data NIR) untuk kandungan kafein, asam klorogenat, dan trigonelin. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa koefisien korelasi (r) untuk ketiga parameter mutu adalah sekitar 0,99 yang menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara data referensi dan data prediksi. Oleh sebab itu, model yang diperoleh dari penelitian ini sangat akurat dan dapat digunakan untuk menduga kandungan kafein, asam klorogenat, dan trigonelin pada biji kopi Arabika Bondowoso.

### KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah lapisan memengaruhi akurasi prediksi kandungan minor biji kopi yang diuji. Jumlah lapisan terbaik yang diperoleh dari penelitian ini adalah 5 lapisan. Kandungan kafein terbaik diperoleh dengan data pretreatment dg2 dan 6 faktor PLS (r = 0,99; SEC = 0,01%; SEP = 0,01%; dan RPD = 5,40), asam klorogenat dengan data pretreatment dg2 dan 5 faktor PLS (r = 0,99; SEC = 0,09%; SEP = 0,09%; dan RPD = 4,76), sedangkan trigonelin dengan data pretreatment kombinasi (dg2, MSC) dan 5 faktor PLS (r = 0,99%; SEC = 0,01%; SEP = 0,01%; dan RPD = 4,86). Model yang dikembangkan dari penelitian ini dapat digunakan untuk menduga kandungan kafein, asam klorogenat dan trigonelin kopi Arabika Bondowoso dalam bentuk *green beans*.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementerian



Gambar 4 Plot hasil kalibrasi dan validasi terbaik kafein, asam klorogenat, dan trigonelin.



Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas pendanaan riset dalam skema Penelitian STRANAS 2016–2017 No. kontrak 011/SP2H/LT/DRPM/IV/2017 tanggal 20 April 2017 dan Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia yang telah mendukung penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andarsuryani, Purwanto YA, Budiastira IW, Syamsu K. 2014. Prediksi kandungan katekin gambir (*Uncaria gambir roxb.*) dengan spektroskopi NIR. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 24(1): 43–52.
- Ayu PC. 2017. Pengembangan model penentuan kandungan pembentuk flavour biji kopi Java Preanger menggunakan NIRS. [Tesis]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Caporaso N, Whitworth MB, Grebby S, Fisk ID. 2018. Non-destructive analysis of sucrose, caffeine and trigonelline on single green coffee beans by hyperspectral imaging. *Food Research International*. 106: 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.031>
- Chang CW, Laird DA, Mausbach MJ, Hurburgh CR. 2001. Near-infrared reflectance spectroscopy principal components regression analysis of soil properties. *Soil Science Society of America Journal*. 65: 480–490. <https://doi.org/10.2136/sssaj2001.652480x>
- [GAEKI] Gabungan Eksportir Kopi Indonesia. 2017. [internet] [diunduh 2017 Juli 8]. Tersedia pada: <http://gaeki.or.id/areal-dan-produksi/>.
- Huck CW, Guggenbichler W, Bonn GK. 2005. Analysis of caffeine, theobromine and theophylline in coffee by near infrared spectroscopy (NIRS) compared to highperformance liquid chromatography (HPLC) coupled to mass spectrometry. *Journal of Analytica Chimica Acta*. 538: 195–203.
- Lammertyn J, Peirs A, De Baerdemaeker J, Nicolaï B. 2000. Light penetration properties of NIR radiation in fruit with respect to nondestructive quality assessment. *Postharvest Biology Technology*. 18: 121–132. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00071-X](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00071-X)
- Osborne BG, Fearn T, Hindle PH. 1993. *Practical NIR Spectroscopy with Application in Food and Beverage Analysis*. Singapore (SG): Longman Singapore Publishers.
- Rosita R, Budiastira IW, Sutrisno. 2016. Prediksi kandungan kafein biji kopi Arabika Gayo dengan Near Infrared Spectroscopy. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*. 4(2): 179–186.
- Shan J, Suzuki T, Suhandy D, Ogawa Y, Kondo N. 2014. Chlorogenic acid (CGA) determination in roasted coffee beans by Near Infrared (NIR) Spectroscopy. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*. 7: 139–142.
- Sridevi V, Giridhar P. 2013. Influence of altitude variation on trigonelline content during ontogeny of *Coffea Canephora* fruit. *Journal of Food Studies*. 2(1): 62–72.
- Yoon J, Kim J, Duy PK, Kim M, Kang S, Chung H. 2013. Diffuser-incorporated transmission NIR measurement for reliable analysis of packed granular samples. *Royal Society of Chemistry*. 138: 4922–4932. <https://doi.org/10.1039/c3an00514c>