

LAPORAN AKHIR TAHUN PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL



PENGGUNAAN KEMOMETRIKA DAN NEAR INFRARED SPECTROSCOPY UNTUK PROSES DISKRIMINASI KOPI LUWAK SECARA CEPAT DAN TIDAK MERUSAK

**(The use of chemometrics and near infrared spectroscopy for rapid
and nondestructive discrimination of civet coffee)**

Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun

Oleh:

Dr. Diding Suhandy, S.TP, M.Agr
Sri Waluyo, S.TP, M.Si, Ph.D
Meinilwita Yulia, S.TP, M.Agr.Sc
Cicih Sugianti, S.TP, M.Si

NIDN: 0003037803
NIDN: 0011027205
NIDN: 0014057905
NIDN: 0022058801

Ketua Peneliti
Anggota Peneliti
Anggota Peneliti
Anggota Peneliti

UNIVERSITAS LAMPUNG

Oktober 2016

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : PENGGUNAAN KEMOMETRIKA DAN NEAR INFRARED SPECTROSCOPY UNTUK PROSES DISKRIMINASI KOPI LUWAK SECARA CEPAT DAN TIDAK MERUSAK (The use of chemometrics and near infrared spectroscopy for rapid and nondestructive discrimination of civet coffee)

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : Dr. DIDING SUHANDY S.Tp., M.Agr.
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung
NIDN : 0003037803
Jabatan Fungsional : Lektor
Program Studi : Teknik Pertanian
Nomor HP : 081373347128
Alamat surel (e-mail) : diding2004@yahoo.com

Anggota (1)
Nama Lengkap : SRI WALUYO S.T.P., M.Si., Ph.D
NIDN : 0011027205
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Anggota (2)
Nama Lengkap : MEINILWITA YULIA
NIDN : 0014057905
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Lampung

Anggota (3)
Nama Lengkap : CICIH SUGIANTI S.TP., M.Si.
NIDN : 0022058801
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung
Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra : Kelompok Tani Kopi BIMA SUTRA
Alamat : Dusun Sumberrahayu RT/RW 01/02 Pekon Sidomulyo
Kec. Sumberejo Kabupaten Tanggamus

Penanggung Jawab : Sri Winarko
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 75.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 175.000.000,00



Mengetahui,
Wakil Dekan 1 Fakultas Pertanian

(Prof. Dr. Ir. Permiyati, M. Agr.Sc.)
NIP/NIK 196308041987032002

Bandar Lampung, 28 - 10 - 2016
Ketua,

(Dr. DIDING SUHANDY S.Tp., M.Agr.)
NIP/NIK 197803032001121001

Menyetujui,
Ketua LPPM Universitas Lampung



(Warsono, Ph.D)
NIP/NIK 196302161987031003

RINGKASAN

Indonesia merupakan salah satu penghasil utama kopi luwak (*civet coffee*). Kopi luwak tidak berasal dari spesies kopi khusus, namun berasal dari buah kopi robusta atau kopi arabika yang telah dimakan oleh hewan luwak atau Musang (*Paradoxurus hermaphrodirus*). Buah kopi tersebut kemudian diproses melalui sistem pencernaan luwak dan kemudian biji kopi tersebut dikeluarkan dalam bentuk kotoran hewan luwak. Kotoran tersebut diambil biji kopinya, dibersihkan, dikeringkan dengan sinar matahari sehingga menjadi biji kopi luwak.

Keterbatasan produksi kopi luwak di satu sisi serta harga kopi luwak yang cenderung terus naik karena permintaan dunia terhadap kopi luwak yang terus meningkat menyebabkan pemalsuan atau pengoplosan kopi luwak tidak bisa dihindarkan. Saat ini diperlukan suatu terobosan untuk menciptakan inovasi teknologi yang mampu memastikan keaslian kopi luwak dan mampu membedakan kopi luwak dari kopi bukan luwak. Pada penelitian ini investigasi penggunaan teknik *UV-Vis-NIR spectroscopy* dan kemometrika dilakukan untuk membedakan antara kopi luwak dan kopi bukan luwak serta mendeteksi keberadaan bahan bukan kopi luwak yang dicampurkan ke dalam kopi luwak asli. Bukan hanya mendeteksi tapi juga sekaligus mengkuantifikasi bahan yang ditambahkan tersebut.

Pada penelitian tahun ke-1 (tahun 2016) menggunakan dana 100% ini telah berhasil dilakukan beberapa tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Investigasi pengaruh ukuran partikel kopi bubuk terhadap analisis spektra *UV-Vis spectroscopy*. [Publikasi: Seminar Nasional Tempe di Bandar Lampung 28 Mei 2016 dengan presentasi dan artikel dalam bahasa Inggris].

Sebagai kesimpulan dari riset yang pertama ini adalah ternyata faktor ukuran partikel kopi bubuk sangat berpengaruh terhadap kualitas dan analisis spektra. Sehingga mempersiapkan kopi bubuk sebagai sampel untuk riset berikutnya harus memperhatikan keseragaman ukuran kopi bubuk. Menggunakan ukuran partikel yang kecil atau halus maka proses ekstraksi semakin intens dengan luasan kontak antara sampel kopi bubuk dengan pelarut (air distilasi) berlangsung lebih lama dan menghasilkan larutan ekstraksi yang lebih pekat.

2. Penelitian kualitatif untuk melihat potensi teknik *UV-Vis spectroscopy* bersama dengan kemometrika metode SIMCA dalam upaya membedakan atau mengelompokkan kopi luwak dan kopi bukan luwak. [Publikasi: Seminar Internasional UISFS 2016 di Bandar Lampung 23-24 Agustus 2016].

Hasil riset ini pada studi kualitatif telah menunjukkan potensi yang dimiliki oleh teknik *UV-Visible spectroscopy* bersama dengan teknik kemometrika (SIMCA) untuk mengidentifikasi keberadaan pencampuran pada kopi luwak. Hasil uji klasifikasi juga sangat menjanjikan dengan nilai *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity* sebesar 95%, 91% dan 100%.

3. Penelitian kualitatif penggunaan metode *discriminant partial least squares* (DPLS) dan data spektra di daerah ultraviolet-cahaya tampak untuk penggolongan kopi luwak. [Publikasi: Artikel Ilmiah di Jurnal Terakreditasi Nasional JTEP IPB dengan status terakhir under review].

Pada penelitian ini, model diskriminasi menggunakan data spektra di daerah ultraviolet-cahaya tampak bersama dengan metode DPLS telah berhasil membedakan kopi luwak asli dan kopi luwak campuran. Model DPLS dengan spektra asli dibangun dengan algoritma regresi PLS dan model dengan peubah laten sebesar 7 dipilih sebagai model DPLS untuk memprediksi sampel kopi dan membedakannya ke dalam dua kelas berbeda yaitu kelas kopi luwak asli dan kopi luwak campuran. Model DPLS yang dibangun mampu memprediksi dengan akurat seluruh sampel prediksi dan membedakan antara kopi luwak asli (tanpa campuran) dengan kopi luwak yang dicampur kopi arabika dengan ketepatan klasifikasi mencapai 100%.

4. Penelitian studi kuantitatif untuk melihat potensi *UV-Vis spectroscopy* dalam mendeteksi dan mengkuantifikasi keberadaan bahan campuran bukan kopi luwak yang ditambahkan ke dalam kopi luwak asli. [Publikasi: Seminar Internasional UISFS 2016 di Bandar Lampung 23-24 Agustus 2016].

Studi kuantitatif juga telah berhasil memperlihatkan potensi yang menjanjikan dari penggunaan teknologi *UV-Visible spectroscopy* dan regresi PLS untuk mendeteksi dan sekaligus mengkuantifikasi kandungan *adulterant* pada campuran kopi luwak-arabika. Model PLS yang dibangun memperlihatkan korelasi yang sangat kuat dengan nilai $R^2 = 0.99$. Validasi dengan teknik *cross-validation* juga menghasilkan nilai *bias* yang rendah. Dengan uji *t-test* pada taraf kepercayaan 95%, tidak ada beda antara nilai kandungan *adulterant* aktual (kopi arabika yang ditambahkan ke kopi luwak asli) dengan nilai *adulterant* hasil prediksi menggunakan model regresi PLS yang berhasil dibangun.

5. Penelitian studi kuantitatif penggunaan metode PLSR untuk kuantifikasi *degree of adulteration* di kopi luwak menggunakan *UV-Vis spectroscopy*. [Publikasi: Artikel ilmiah di jurnal internasional bereputasi *Food Chemistry* di Elsevier dengan status terakhir *Under Review*].

Model kalibrasi terbaik diperoleh dengan spektra *Savitzky-Golay smoothing* dengan nilai RPD dan RER sangat baik. Beberapa panjang gelombang yang sangat sensitif terhadap proses kuantifikasi pencampuran di kopi luwak dapat diidentifikasi seperti pada panjang gelombang 276 nm (yang berhubungan dengan kafein) dan panjang gelombang 320 nm (yang berhubungan dengan asam caffeic).

Secara umum hasil di tahapan ini telah membuka jalan bagi aplikasi teknologi *UV-Visible-NIR spectroscopy* dan kemometrika sebagai teknologi pengklasifikasi kopi luwak secara cepat. Sekaligus teknologi untuk analisis keaslian kopi luwak secara cepat dan murah. Teknologi ini dapat digunakan untuk mengkuantifikasi atau menghitung jumlah bahan non-luwak yang ditambahkan ke dalam kopi luwak asli. Teknologi ini dapat melindungi konsumen dari peredaran kopi luwak palsu yang telah dicampur dengan kopi bukan luwak yang lebih murah. Teknologi ini juga akan memberikan kontribusi yang signifikan bagi upaya perlindungan produk unggulan bangsa dari upaya pemalsuan sehingga teknologi ini sangat strategis untuk terus dikembangkan dan dihilirisasi.

PRAKATA

Alhamdulillah puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah atas Nabi Muhammad SAW.

Penelitian dengan Judul: PENGGUNAAN KEMOMETRIKA DAN NEAR INFRARED SPECTROSCOPY UNTUK PROSES DISKRIMINASI KOPI LUWAK SECARA CEPAT DAN TIDAK MERUSAK merupakan salah satu penelitian yang didanai oleh KEMENRISTEKDIKTI T.A.2016 melalui skim hibah penelitian strategis nasional (STRANAS) dan saat ini telah memberikan 100% pendanaannya.

Pada penelitian ini yakni dalam penelitian dengan dana 100% ini fokus riset kami adalah memberikan landasan bagi terlaksananya seluruh tahapan penelitian di tahun 2016. Maka fokus kami adalah pertama menjawab pertanyaan krusial terkait adakah korelasi antara data spektra (pada daerah UV-Vis-NIR) dengan kopi luwak? Untuk bentuk sampel kopi luwak kita mulai dari bentuk yang paling sulit dalam proses diskriminasi yaitu bentuk kopi bubuk. Untuk kopi bubuk pun kita melakukan investigasi apakah ada pengaruh tingkat kehalusan kopi bubuk pada data spektra? Setelah mampu menjawab pertanyaan tersebut maka dilanjutkan dengan investigasi kemampuan data spektra untuk membedakan kopi luwak asli dan campuran (tidak asli atau sudah dicampur dengan kopi non-luwak). Kami berharap semoga apa yang dihasilkan di tahap ini memberikan landasan yang kuat bagi terlaksananya tahapan penelitian selanjutnya utamanya tahapan riset di tahun ke-2 (2017). Apa yang kami capai di tahap ini juga menunjukkan betapa tim riset begitu kompak dan sangat antusias untuk terus bekerja dan menyelesaikan tahapan-tahapan riset berikutnya.

Sebagai penutup, kami tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada pihak KEMENRISTEKDIKTI yang telah memberikan 100% pendanaan atas penelitian ini (untuk tahun 2016) dan tentu saja semoga terus berlanjut dengan pendanaan berikutnya (tahun 2017). Terima kasih kepada seluruh tim riset (Dr. Sri Waluyo, S.TP., M.Si, Cicih Sugianti, S.TP, M.Si dan Meinilwita Yulia, S.TP, M.Agr.Sc) yang begitu kompak dalam pelaksanaan riset dan diskusi selama penelitian. Juga terima kasih kepada staf LPPM Universitas Lampung yang turut serta membantu administrasi program riset ini. Tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu seperti pihak Jurusan Teknik Pertanian (TEP) Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah membuka akses penggunaan alat *spectroscopy*. Terima kasih kepada 3 mahasiswa prodi S1 TEP (Fipit Novi Handayani, Riri Iriani dan Novi Apratiwi) yang telah terlibat dalam penelitian ini. Semoga kerjasama ini akan terus berlanjut ke depan.

Bandar Lampung, 28 Oktober 2016



Dr. Diding Suhandy, S.TP, M.Agr
Peneliti Utama

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
RINGKASAN.....	iv
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB 1.PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Urgensi Penelitian.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. Kopi Luwak (<i>Civet Coffee</i>).....	9
2.2. <i>Near Infrared (NIR) Spectroscopy</i>	10
2.3. Peta Jalan Penelitian.....	12
BAB 3. TUJUAN DAN MAFAAT PENELITIAN.....	17
3.1. Tujuan Penelitian.....	17
3.2. Manfaat Penelitian.....	18
BAB 4. METODE PENELITIAN.....	20
4.1. Lokasi Penelitian	20
4.2. Penelitian Tahap Pertama (Tahun 2016).....	20
a. Bahan Penelitian.....	20
b. Penyiapan Sampel Campuran.....	20
c. Pengambilan Spektra (<i>Spectral acquisition</i>).....	21
d. Analisis Kemometrika.....	21
e. Evaluasi persamaan kalibrasi.....	22
4.3. Penelitian Tahun Kedua (2017).....	22
a. Membuat persamaan kalibrasi yang mampu mengkompensasi pengaruh variasi suhu untuk menentukan konsentrasi pencampuran pada kopi Luwak.	23
b. Monitoring kualitas dan deteksi ada tidaknya kandungan campuran pada kopi Luwak secara cepat menggunakan <i>NIR spectroscopy</i>	23
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	24

5.1. Penelitian Pendahuluan 1: Investigasi Pengaruh Ukuran Partikel Kopi Bubuk Terhadap Analisis Spektra	24
5.2. Penelitian Studi Kualitatif: Penggunaan UV-Vis Spectroscopy dan Metode SIMCA Untuk Klasifikasi Kopi Luwak.....	27
5.3. Penelitian Studi Kuantitatif: Deteksi dan Kuantifikasi Adulterant pada Kopi Luwak Menggunakan UV-Vis Spectroscopy dan Kemometrika.....	33
5.4. Penggunaan Metode Discriminant Partial Least Squares (DPLS) dan Data Spektra di Daerah Ultraviolet-Cahaya Tampak Untuk Penggolongan Kopi Luwak.....	40
5.5. Hambatan.....	47
BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA.....	48
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
DAFTAR PUSTAKA	52
Lampiran.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Perumusan masalah dan solusi yang ditawarkan untuk mengatasinya.....	5
Gambar 2.	Ilustrasi contoh penempelan stiker pada kemasan kopi Luwak hasil deteksi keaslian menggunakan NIR <i>spectroscopy</i>	8
Gambar 3.	Proses pembuatan kopi Luwak yang melibatkan hewan Luwak.....	9
Gambar 4.	Spektrum gelombang elektromagnetik (Davies, 2005).....	11
Gambar 5.	Peta jalan penelitian dan hubungannya dengan usul penelitian.....	16
Gambar 6.	Bagan alir penelitian yang meliputi dua tahap kegiatan.....	18
Gambar 7.	Larutan hasil ekstraksi untuk ukuran mesh 20 dan 30 (ukuran partikel kopi bubuk 841 μm dan 595 μm).....	26
Gambar 8.	Spektra absorban UV-Vis kopi bubuk dengan ukuran partikel yang berbeda pada interval 190-500 nm	27
Gambar 9.	Visualisasi algoritma klasifikasi berbasis SIMCA.....	28
Gambar 10.	Plot spektra UV sampel kopi bubuk asli dan campuran pada interval 200-450 nm.....	29
Gambar 11.	Plot skor PC1 versus PC2 untuk 20 sampel yang diuji pada panjang gelombang 200-450 nm.....	30
Gambar 12.	Plot PC1 versus PC2 untuk model SIMCA A untuk kelas A (kopi Luwak asli).....	31
Gambar 13.	Plot PC1 versus PC2 untuk model SIMCA B untuk kelas B (kopi Luwak campuran).....	31
Gambar 14.	Hasil proses uji klasifikasi menggunakan model SIMCA A dan B untuk 20 sampel.....	32
Gambar 15.	Spektra original kopi campuran (Luwak-Arabika) dengan konsentrasi kopi Arabika yang berbeda pada interval 200-450 nm	36
Gambar 16.	Spektra <i>pre-processing</i> (<i>smoothing +Savitzky-Golay derivation</i>) dari kopi campuran (Luwak-Arabika) dengan jumlah <i>adulterant</i> (Arabika) yang berbeda pada interval 200-450 nm.....	37
Gambar 17.	<i>Scatter plot</i> antara kandungan <i>adulterant</i> aktual dengan <i>adulterant</i> hasil prediksi model regresi PLS pada tahap kalibrasi di panjang gelombang 200-450 nm.....	38
Gambar 18.	<i>Scatter plot</i> antara kandungan <i>adulterant</i> aktual dengan <i>adulterant</i> hasil prediksi model regresi PLS pada tahap validasi di panjang gelombang 200-450 nm.....	38
Gambar 19.	Plot koefisien regresi dan panjang gelombang pada model PLS untuk penentuan kandungan <i>adulterant</i> pada campuran kopi Luwak-Arabika.	39
Gambar 20.	Spektra asli (original spectra) sampel kopi luwak asli dan kopi luwak yang dicampur kopi arabika pada panjang gelombang 190-700 nm.....	43
Gambar 21.	Plot peubah laten (1-20) dengan nilai RMSECV untuk penentuan jumlah optimal peubah laten.....	44
Gambar 22.	Plot model kalibrasi dan validasi DPLS menggunakan 7 peubah laten pada panjang gelombang 190-700 nm.....	45
Gambar 23.	Plot nilai prediksi untuk kopi luwak asli dan kopi luwak yang dicampur kopi arabika yang diprediksi menggunakan model DPLS.....	46
Gambar 24.	Tahapan riset di tahun ke-2 dan hubungannya dengan riset tahun ke-1.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Terminologi statistik terapan yang digunakan untuk mengevaluasi persamaan kalibrasi	22
Tabel 2.	Confusion matrix dengan nilai <i>accuracy</i> , <i>sensitivity</i> dan <i>specificity</i> untuk klasifikasi sampel kopi menggunakan SIMCA	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Surat penerimaan (<i>acceptance letter</i>) seminar nasional tempe untuk artikel berjudul <i>The Use of UV-Vis-NIR Spectroscopy and Chemometrics for Identification of Adulteration in Ground Roasted Arabica Coffees - Investigation on the Influence of Particle Size on Spectral Analysis</i>	56
Lampiran 2.	Artikel ilmiah yang sudah dipresentasikan di seminar nasional tempe.....	61
Lampiran 3.	Foto kegiatan seminar nasional tempe.....	70
Lampiran 4.	Sertifikat sebagai pemakalah seminar nasional tempe 2016.....	72
Lampiran 5.	Surat penerimaan (<i>acceptance letter</i>) seminar internasional The USR International Seminar on Food Security (UISFS) di Bandar Lampung yang diadakan pada tanggal 23-25 AUGUST 2016 dengan tema “ <i>Improving Food Security : The Challenges for Enhancing Resilience to Climate Change</i> ”. Judul artikel yang akan dipresentasikan adalah: <i>The Feasibility of Using Ultraviolet-Visible Spectroscopy and Soft Independent Modelling of Class Analogies (SIMCA) for Classification of Indonesian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak)</i>	74
Lampiran 6.	Full artikel yang telah dipresentasikan di seminar internasional The USR International Seminar on Food Security (UISFS) di Bandar Lampung berjudul: <i>The Feasibility of Using Ultraviolet-Visible Spectroscopy and Soft Independent Modelling of Class Analogies (SIMCA) for Classification of Indonesian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak)</i>	76
Lampiran 7.	Surat penerimaan (<i>acceptance letter</i>) seminar internasional The USR International Seminar on Food Security (UISFS) di Bandar Lampung yang diadakan pada tanggal 23-25 AUGUST 2016 dengan tema “ <i>Improving Food Security : The Challenges for Enhancing Resilience to Climate Change</i> ”. Judul artikel yang akan dipresentasikan adalah: <i>Detection and Quantification of Adulteration in Luwak Coffee through Ultraviolet-Visible Spectroscopy Combined with Chemometrics</i>	86
Lampiran 8.	Full artikel yang telah dipresentasikan di seminar internasional The USR International Seminar on Food Security (UISFS) di Bandar Lampung berjudul: <i>Detection and Quantification of Adulteration in Luwak Coffee through Ultraviolet-Visible Spectroscopy Combined with Chemometrics</i>	88
Lampiran 9.	Sertifikat sebagai pemakalah pada seminar UISFS2016.....	97
Lampiran 10.	Full artikel yang telah dikirimkan ke jurnal terakreditasi nasional JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN PERTETA IPB berjudul: <i>Penggunaan Metode Discriminant Partial Least Squares (DPLS) dan Data Spektra di Daerah Ultraviolet-Cahaya Tampak Untuk Penggolongan Kopi Luwak</i>	99
Lampiran 11.	Full artikel yang telah dikirimkan ke Jurnal Internasional Food Chemistry (Elsevier) berjudul: <i>The Use of Partial Least Square (PLS) Regression and Spectral Data in UV-Visible Region for Quantification of Adulteration in Indonesian Palm Civet Coffee</i>	114

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kopi merupakan salah satu minuman paling populer setelah air biasa dan merupakan salah satu jenis komoditas perdagangan internasional yang paling penting di dunia saat ini. Di dunia kopi ditanam di kawasan tropis dengan Indonesia sebagai penghasil biji kopi terbesar nomor empat di dunia. Provinsi Lampung sendiri merupakan salah satu sentra penghasil biji kopi di Indonesia dan kopi Lampung dikenal dengan julukan sebagai salah satu kopi terbaik Indonesia karena aroma dan rasanya yang khas.

Saat ini paling tidak terdapat tiga jenis kopi yang sering dibudidayakan dan tersedia di pasaran dunia yaitu kopi robusta, kopi arabika dan kopi liberika. Namun demikian di Indonesia jenis kopi yang berkembang hanya kopi robusta dan kopi arabika. Kopi robusta berasal dari tanaman *Coffea canephora*, sedangkan kopi arabika berasal dari tanaman *Coffea arabica* (Huck *et al.*, 2005; Illy and Viani, 1996). Selain kedua jenis kopi tersebut, di Indonesia juga terdapat jenis kopi lain yaitu kopi luwak (*civet coffee*). Kopi luwak tidak berasal dari spesies kopi khusus, namun berasal dari buah kopi robusta atau kopi arabika yang telah dimakan oleh hewan Luwak atau musang (*Paradoxurus hermaphrodirus*), buah kopi tersebut kemudian diproses melalui sistem pencernaan dan kemudian biji kopi tersebut dikeluarkan dalam bentuk kotoran hewan Luwak. Kotoran tersebut diambil biji kopinya, dibersihkan, dikeringkan dengan sinar matahari sehingga menjadi biji kopi luwak.

Musang atau Luwak secara alamiah akan memilih dan hanya mengkonsumsi buah kopi yang benar-benar matang sempurna (*full ripen*). Setelah dimakan Luwak, buah kopi akan mengalami sejumlah proses di dalam sistem pencernaan Luwak dan pada akhirnya yang teringgal adalah biji kopi yang dikeluarkan bersamaan dengan sekresi kotoran dari hewan Luwak. Marcone (2004a) menjelaskan bahwa proses pencernaan buah kopi di dalam sistem pencernaan Luwak termasuk di antaranya proses penguraian sejumlah protein yang ternyata mampu menghasilkan aroma dan rasa kopi yang sangat unik.

Seiring dengan meningkatnya popularitas dan apresiasi kopi luwak dan ketersediaan pasokan kopi luwak yang sangat terbatas telah menjadikan kopi luwak sebagai komoditas kopi yang paling bernilai dan mahal harganya saat ini (Marcone, 2004a). Kopi luwak dijual dengan harga sekitar 800 dolar AS per kilogram (sekitar Rp 8.800.000,00 dengan kurs Rp 11.000,00/dolar AS) di sejumlah negara termasuk Inggris, Amerika Serikat, Australia, Jepang, Korea Selatan, dan Singapura (www.harianterbit.com).

Keterbatasan produksi kopi luwak di satu sisi serta harga kopi luwak yang cenderung terus naik karena permintaan dunia terhadap kopi luwak yang terus meningkat menyebabkan pemalsuan

atau pengoplosan kopi luwak tidak bisa dihindarkan. Untuk mendapatkan keuntungan yang besar dalam tempo yang singkat tidak sedikit oknum yang kemudian mengoplos kopi luwak dengan kopi bukan luwak seperti dengan kopi arabika atau kopi robusta. Jika pengoplosan ini tidak segera diatasi maka harga mahal kopi luwak saat ini diperkirakan tak lama lagi akan berakhir. Salah satunya adalah seperti yang disampaikan oleh salah seorang profesor dari Universitas Kanazawa, Yukio Hirose (Tribunnews.com). “Kopi luwak memang enak dan tidak sedikit orang Jepang menyukainya,” papar Hirose, pemenang Ig Nobel tahun 2003. Ig Nobel adalah hadiah Nobel yang diberikan kepada seseorang karena membuat orang lain bisa tertawa, lalu berpikir, menciptakan kreativitas imajinatif sehingga membuat orang tertarik akan sains, bidang medis dan teknologi. Meskipun demikian, harga kopi luwak sangat mahal di Jepang, untuk minum satu gelas kopi luwak saja bisa menghabiskan 5000 yen (setara dengan kurang lebih Rp 500.000,00), “Itu pun kalau asli. Kenyataan kini banyak yang palsu atau campuran dengan kopi lain, sehingga membingungkan orang Jepang,” tambahnya. Itulah sebabnya kopi luwak semakin ditinggal warga Jepang, karena banyak pemalsuan di dalam perdagangan kopi luwak saat ini.

Pada titik inilah diperlukan suatu terobosan untuk menciptakan inovasi teknologi yang mampu memastikan keaslian kopi luwak dan mampu membedakan kopi luwak dari kopi bukan luwak. Teknologi ini diharapkan dapat melindungi kualitas dan keaslian produk kopi luwak yang akhirnya memberikan keuntungan baik bagi petani kopi luwak maupun konsumen kopi luwak. Bagi petani sangat jelas bahwa mempertahankan keaslian produk kopi luwak sama pentingnya dengan usaha produksi kopi luwak itu sendiri. Ketika keaslian produk kopi luwak tidak terjaga maka akan berimbas pada hilangnya kepercayaan konsumen dan turunnya harga kopi luwak yang pada akhirnya merugikan petani kopi itu sendiri. Bagi konsumen tentu saja kepastian akan produk kopi luwak yang asli alias bebas pengoplosan menjadi sangat penting karena telah membeli kopi luwak dengan harga sangat mahal.

Saat ini tidak ada satupun metode atau teknik yang bisa diterima secara internasional untuk mengevaluasi apakah kopi itu asli kopi luwak atau bukan. Bahkan secara morfologi, sangatlah tidak mudah membedakan antara biji kopi luwak dengan biji kopi bukan luwak. Tingkat kesulitan dalam identifikasi perbedaan keduanya semakin sulit saat biji kopi tersebut diproses lebih lanjut seperti pada biji kopi sangrai atau bahkan biji kopi bubuk (Schievano *et al.*, 2014). Sehingga biasanya petani kopi secara tradisional membedakan kopi luwak atau bukan dengan cara yang sangat tradisional yaitu dengan mencium aroma biji kopi luwak. Aroma kopi luwak yang khas berasal dari komposisi senyawa-senyawa kimia di dalam biji kopi luwak yang memang berbeda dengan kopi bukan luwak (Bernard *et al.*, 2005). Untuk memastikan biasanya penilaian juga melibatkan beberapa orang panelis untuk menguji apakah benar produk itu asli kopi luwak atau bukan. Namun demikian, teknik penilaian seperti ini jelas memiliki banyak sekali kelemahan. Seperti kesulitan untuk melatih

para panelis sehingga mereka benar-benar objektif dalam menilai, tingkat konsistensi panelis dalam mencium aroma sehingga bisa membedakan kopi luwak atau bukan, serta tidak kalah penting adalah variasi antar panelis yang sangat tinggi bisa menyebabkan penilaian kopi luwak menjadi tidak mudah (Shilbayeh and Iskandarani, 2004). Sehingga, saat ini diperlukan suatu inovasi teknologi penilain kopi luwak yang mampu membedakan kopi luwak dan kopi bukan luwak secara konsisten, cepat dan tidak merusak (*consistent, rapid and nondestructive*).

Near Infrared (NIR) *spectroscopy* merupakan salah satu metode tidak merusak yang telah digunakan secara luas pada aplikasi deteksi adanya pengoplosan (*adulteration*) pada banyak produk pertanian komersial. Pengoplosan yang terjadi biasanya melibatkan proses pencampuran produk yang berkualitas (mahal) dengan produk sejenis yang kurang berkualitas (murah). Misalnya pada kopi adanya pencampuran antara kopi arabika (mahal) dengan kopi robusta (murah). Pada biji coklat, adanya pencampuran (pengoplosan) antara biji coklat hasil fermentasi (kualitas baik) dengan biji coklat yang belum difermentasi (kurang baik). Beberapa riset sebelumnya telah menggunakan NIR *spectroscopy* untuk investigasi dan evaluasi keaslian (*authentication*) beberapa jenis produk pangan seperti pada teh (Chen *et al.*, 2008) dan coklat (Teye *et al.*, 2014). NIR *spectroscopy* juga dikombinasikan dengan teknik kemometrika untuk mengidentifikasi jenis-jenis teh (Chen *et al.*, 2009), kemudian digunakan juga untuk evaluasi perbedaan pada biji coklat Ghana (Teye *et al.*, 2013). Untuk kopi, NIR *spectroscopy* juga telah diujicobakan untuk membedakan jenis kopi arabika dan robusta berdasarkan kandungan *tocopherol* (Alves *et al.*, 2009). Riset-riset tersebut telah menunjukkan bahwa NIR *spectroscopy* memiliki potensi untuk digunakan sebagai *tool* untuk proses identifikasi dan diskriminasi pada kopi luwak. Hanya saja, sampai saat ini studi penggunaan NIR *spectroscopy* bersama-sama dengan teknik kemometrika untuk proses identifikasi dan diskriminasi kopi luwak belum dilakukan. Sehingga penelitian ini merupakan sebuah upaya untuk merealisasikan potensi NIR *spectroscopy* untuk membedakan kopi luwak dari kopi bukan luwak secara cepat dan tidak merusak. Keberhasilan teknik diskriminasi kopi Luwak secara cepat dan tidak merusak akan membuka jalan bagi upaya perlindungan terhadap produk unggulan bangsa Indonesia yakni kopi luwak dan terbentuknya teknik monitoring kualitas kopi luwak untuk memastikan ada tidaknya proses pencampuran kopi luwak dengan kopi bukan luwak yang bisa berakibat terjadinya penurunan kualitas kopi luwak yang diperdagangkan. Pada prakteknya ke depan, teknologi ini dapat dijadikan sebagai acuan bagi produsen dan konsumen untuk mendapatkan harga yang adil (*fair*) pada produk kopi luwak yang diperdagangkan.

1.2. Perumusan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan yang harus segera diselesaikan adalah adanya masalah pencampuran (pengoplosan) kopi luwak. Seperti digambarkan di Gambar 1, proses pencampuran (pengoplosan) bisa terjadi pada tiga bentuk produk. Pertama pencampuran bisa terjadi pada bentuk

biji kopi, di mana biji kopi luwak (*green coffee bean*) dicampur dengan biji kopi bukan luwak (biasanya dicampur dengan kopi arabika). Pada tahap ini identifikasi untuk membedakan biji kopi luwak dan bukan luwak biasanya masih memungkinkan dilakukan secara visual meskipun harus dilakukan oleh seorang ahli (*expert*) dan tentu saja hasilnya sangat tidak konsisten dan sangat subyektif. Pencampuran kedua adalah pencampuran pada bentuk biji kopi luwak yang telah disangrai (*roasted bean*). Pencampuran ketiga adalah pencampuran pada bentuk biji kopi luwak yang telah digiling (*ground bean*). Identifikasi untuk membedakan kopi luwak dan bukan kopi luwak pada bentuk pencampuran kedua dan ketiga sangat sulit dilakukan secara visual bahkan oleh seorang ahli sekalipun.

Pada titik inilah, pada penelitian ini tim pengusul menawarkan solusi penggunaan teknologi NIR *spectroscopy* dan teknik kemometrika sebagai solusi untuk mendeteksi adanya pencampuran pada kopi luwak baik pada bentuk biji kopi (*green coffee bean*), kopi sangrai atau pun kopi bubuk. Proses diskriminasi dan evaluasi keaslian produk kopi luwak menggunakan NIR *spectroscopy* bersama-sama dengan teknik kemometrika sangat potensial dalam memberikan perlindungan kualitas kopi luwak secara cepat, konsisten dan tidak merusak. Luaran dari riset ini di tahun pertama adalah pengembangan model berbasis NIR *spectroscopy* dan kemometrika yang memiliki kemampuan untuk membedakan antara kopi luwak dan kopi bukan luwak.

Namun demikian sebagai sebuah teknologi, NIR *spectroscopy* juga memiliki kelemahan salah satunya adalah model yang dibangun berbasis NIR *spectroscopy* sangat sensitif terhadap suhu. Sehingga di tahun kedua penelitian, tim pengusul akan mengidentifikasi pengaruh suhu terhadap model yang dihasilkan serta pengembangan teknik kompensasi pengaruh suhu terhadap model diskriminasi kopi luwak berbasis NIR *spectroscopy* dan kemometrika.



Gambar 1. Perumusan masalah dan solusi yang ditawarkan untuk mengatasinya.

1.3. Urgensi Penelitian

Penelitian ini menjadi sangat strategis dan penting untuk dilaksanakan dengan beberapa alasan.

1. Saat ini kopi luwak merupakan salah satu produk pertanian andalan bagi Indonesia dan khususnya bagi Provinsi Lampung. Dengan potensi produksi kopi luwak yang dimiliki oleh Provinsi Lampung dan harga kopi luwak di dunia yang sangat tinggi tentu saja usaha pengembangan agroindustri kopi luwak di Provinsi Lampung menjadi sangat penting. Untuk mendukung pengembangan kopi luwak Lampung maka introduksi berbagai teknologi budidaya dan pascapanen untuk kopi luwak menjadi salah satu prioritas yang harus dikedepankan. Sebab kalau tidak, bisa jadi kopi luwak Indonesia akan tertinggal dan pasar kopi luwak akan diambil alih oleh negara lain seperti Vietnam atau Filipina yang juga tengah gencar mengembangkan kopi luwak. Kedua, untuk menjaga kualitas dan kredibilitas kopi luwak Indonesia maka isu pengoplosan kopi luwak harus segera diatasi sebab jika dibiarkan maka pasar kopi luwak akan ikut tergerus. Konsumen yang kecewa karena telanjur membeli kopi luwak oplosan akan beralih

ke produk kopi luwak dari negara lain yang lebih terjamin keasliannya atau mereka akan beralih ke kopi lain yang harganya lebih murah. Sehingga secara khusus, pengembangan teknologi diskriminasi kopi luwak menjadi sangat penting untuk segera direalisasikan sehingga produk kopi luwak Indonesia terjaga keasliannya sehingga ke depan pasar kopi luwak Indonesia tetap akan terjaga.

2. Untuk menghasilkan sistem evaluasi biji kopi luwak yang dapat diterima secara internasional maka proses penilaian biji kopi luwak tersebut haruslah bersifat konsisten (*consistent*), tidak merusak (*nondestructive*) dan cepat (*rapid*). Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka penggunaan teknologi NIR *spectroscopy* layak diandalkan. NIR *spectroscopy* merupakan teknologi mapan yang telah menghasilkan ribuan karya ilmiah dalam ratusan macam jurnal internasional di berbagai bidang termasuk pertanian. Bahkan aplikasi pertama dari NIR *spectroscopy* dilakukan oleh Karl Norris untuk menilai kadar air biji-bijian secara tidak merusak (Davies, 2005). Lebih khusus lagi Santos *et al.* (2012) telah memberikan gambaran potensi penggunaan teknologi NIR *spectroscopy* untuk studi kuantitatif pada biji kopi. Sehingga penggunaan teknologi NIR *spectroscopy* untuk penilaian biji kopi luwak sangat memungkinkan untuk dilakukan.
3. Kemudian, Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung melalui hibah TPSDP (ADB Loan No. 1792) telah mendapatkan seperangkat alat NIR *spectroscopy* yang terdiri atas *spectrometer* (VIS-NIR USB4000 dari The Ocean Optics, USA), *light source* (berbahan lampu tungsten halogen), fiber optik dalam mode interaktan (*interactance mode*). Sehingga penelitian studi identifikasi dan diskriminasi biji kopi luwak menggunakan NIR *spectroscopy* sangatlah mungkin dilakukan. Ini juga merupakan urgensi betapa penting dan memungkinkannya penelitian ini dilaksanakan.
4. Peneliti utama dari penelitian ini yaitu Dr. Diding Suhandy, STP, M.Agr, seorang doktoral alumnus Kyoto University dan magister alumnus Kochi University, Jepang yang selama kurang lebih 5 tahun menyelesaikan thesis masternya di bidang teknologi NIR *spectroscopy* dan disertasi di bidang *terahertz* (THz) *spectroscopy*. Pengalaman mengikuti konferensi internasional di bidang NIR *spectroscopy*, pengalaman menggunakan peralatan NIR *spectroscopy*, serta pengalaman menulis karya tulis bidang NIR *spectroscopy* di jurnal internasional merupakan modal berharga bagi jaminan terlaksananya penelitian ini dengan hasil yang baik. Selain itu pengalaman riset selama ini di bidang NIR *spectroscopy* yang didanai oleh DIKTI juga memberikan dukungan bagi terlaksananya penelitian ini. Akhirnya, pengalaman selama 5 tahun ditempa di universitas Jepang yang memiliki budaya penelitian yang berkualitas tinggi jelas merupakan suatu modal penting bagi terlaksananya penelitian ini. Apalagi dengan usia yang

relatif muda (36 tahun) dukungan energi dan ketersediaan waktu untuk penelitian ini juga merupakan modal tidak ternilai guna menjamin suksesnya penelitian ini.

5. Kemudian penelitian ini akan dibantu oleh 3 orang peneliti anggota. Pertama adalah Sri Waluyo, S.TP, M.Si, Ph.D, seorang alumnus Missouri University USA dan berpengalaman dalam teknologi pasca panen serta penggunaan teknologi tidak merusak untuk pasca panen misalnya teknologi akustik untuk penilaian mutu buah-buahan. Kedua adalah Meinilwita Yulia, S.TP, M.Agr.Sc, seorang magister alumnus Kyoto University (Jepang) yang telah menekuni bidang rekayasa pasca panen lebih khusus lagi tertarik dengan riset berbasis optik menggunakan peralatan *spectroscopy* (NIR dan THz). Selain itu beliau juga sedang menekuni riset di bidang kemometrika dan aplikasinya untuk pemecahan masalah-masalah di bidang *spectroscopy* (Yulia *et al.*, 2014). Ketiga Cicih Sugianti, S.TP, M.Si seorang magister alumnus Institut Pertanian Bogor (IPB) yang juga memiliki ketertarikan riset di bidang rekayasa pasca panen. Ini merupakan urgensi betapa dari sisi kemampuan tim peneliti, penelitian ini didukung dengan kemampuan riset yang memadai baik dari ketua peneliti maupun anggota peneliti sehingga sangat layak untuk dilaksanakan. Termasuk di dalamnya, kepakaran peneliti utama terlihat dari publikasi internasional di bidang *spectroscopy* juga menunjukkan dimungkinkannya penelitian ini dapat berjalan dengan baik (Suhandy *et al.*, 2012a; Suhandy *et al.*, 2012b; Suhandy *et al.*, 2013; Shan *et al.*, 2014). Penelitian ini pun jika berhasil didanai maka publikasi di jurnal nasional terakreditasi dan di jurnal bereputasi internasional juga akan menjadi prioritas.
6. Selain itu, fakta bahwa Provinsi Lampung sebagai salah satu sentra produksi kopi luwak dapat memperoleh manfaat secara langsung dari penelitian ini. Monitoring kualitas dan keaslian produk kopi luwak menggunakan NIR *spectroscopy* dapat menjadi solusi teknologi terapan yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan menjaga keaslian kopi luwak yang dihasilkan sehingga pada akhirnya bisa mendukung upaya perlindungan produk andalan bangsa.
7. Terakhir, penelitian ini juga akan melibatkan mitra calon pengguna teknologi yang akan dihasilkan. Saat ini mitra yang sudah bersedia salah satunya adalah kelompok tani kopi BIMA SUTRA yang berlokasi di Kabupaten Tanggamus yang merupakan salah satu sentra kopi luwak di Provinsi Lampung selain di Kabupaten Lampung Barat. Penelitian ini juga melibatkan mitra dari industri rumah tangga yang memproduksi kopi bubuk luwak dengan merek Win Coffee (saat ini sudah berubah namanya menjadi Hasti Coffee). Kesiediaan mitra untuk terlibat dalam penelitian ini tentu saja akan memberikan jaminan ketersediaan bahan baku penelitian dan aspek penerapan teknologi yang dihasilkan yakni untuk memastikan keaslian kopi luwak. Salah satunya dalam bentuk penempelan stiker tambahan “100% *proved asli Luwak dengan sensor NIR spectroscopy*” di kemasan kopi luwak produksi Hasti Coffee seperti diilustrasikan di Gambar 2. Hal ini tentu saja memperkuat betapa urgennya penelitian ini untuk dilaksanakan.



Gambar 2. Ilustrasi contoh penempelan stiker pada kemasan kopi Luwak hasil deteksi keaslian menggunakan NIR *spectroscopy*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kopi Luwak (*Civet Coffee*)

a. Proses Pengolahan Kopi Luwak

Proses pembuatan kopi luwak dimulai dari pemilihan buah kopi masak penuh oleh hewan Luwak. Seperti pada Gambar 3, Luwak akan memilih buah kopi yang betul-betul masak penuh sebagai makanannya, dan setelahnya, biji kopi yang dilindungi kulit keras dan tidak tercerna akan keluar bersama kotoran Luwak. Biji kopi yang keluar bersama kotoran Luwak telah mengalami proses fermentasi di dalam tubuh Luwak dan itu memberikan cita rasa khas kopi luwak (Marcone, 2004a). Fermentasi yang sangat tinggi di dalam tubuh Luwak melibatkan enzim-enzim yang tentunya menjadikan cita rasa yang sangat kuat dan memiliki kenikmatan tersendiri. Suhu ketika fermentasi di dalam perut Luwak dapat mencapai antara 200-265°C (Marcone, 2004a).



Gambar 3. Proses pembuatan kopi Luwak yang melibatkan hewan Luwak.

Setelah biji kopi dipisahkan dari kotoran Luwak, kemudian dicuci dan dikeringkan hingga kadar air sekitar 12%. Karena prosesnya yang melibatkan hewan Luwak ini maka produksi kopi luwak sangat terbatas. Dalam sehari seekor Luwak hanya bisa memproduksi 0,2-0,4 kg biji kopi luwak. Itulah mengapa kopi luwak asli bisa menjadi sangat mahal, karena produksinya sangat sedikit. Keterbatasan produksi di satu sisi dan tingginya permintaan kopi luwak di sisi yang lain telah mendorong banyak tindakan pemalsuan atau pengoplosan kopi luwak. Dalam sebuah studi, Marcone (2004b) melaporkan angka pemalsuan kopi luwak di pasar Amerika Serikat cukup tinggi sebesar 41% atau hampir setengah dari kopi Luwak yang diuji ternyata telah dioplos atau dicampur dengan biji kopi bukan Luwak. Hal ini juga mendorong pentingnya proses monitoring kualitas dan keaslian kopi luwak dari mulai produksi hingga pasar/retail sebelum sampai ke tangan konsumen.

b. Prospek Pengembangan Kopi Luwak di Indonesia

Kopi merupakan komoditi perkebunan yang masuk dalam kategori komoditi strategis di

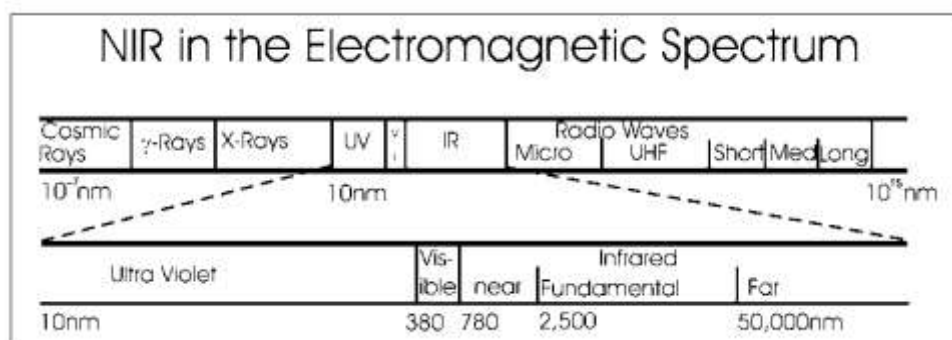
Indonesia. Indonesia adalah produsen kopi terbesar ketiga di dunia setelah Brazil dan Vietnam. Indonesia merupakan pengeksport kopi terbesar keempat dunia dengan pangsa pasar sekitar 11% di dunia (Raharjo, 2013). Indonesia juga terkenal sebagai negara produsen kopi spesialti berkualitas tinggi dan harga di pasar global sangat mahal, seperti *Gayo Coffee*, *Mandheling Coffee*, *Lintong Coffee*, *Java Coffee*, *Bali Kintamani Coffee*, *Flores Bajawa Coffee*, *Toraja Coffee*, *Lampung Coffee*, dan kopi Luwak yang merupakan kopi termahal di dunia. Kopi-kopi spesialti ini bisa terus dikembangkan karena permintaannya di pasar dunia sangat tinggi. Selain secara tradisional kopi ini mampu menembus pasar Eropa dan Amerika Serikat, belakangan terbuka pasar baru ke China dengan sasaran konsumen penikmat kopi sekitar 350 juta orang (Kusdriana, 2011).

Untuk mendukung pengembangan agribisnis kopi luwak salah satu upaya yang harus dilakukan adalah dengan terus menjaga kualitas dan keaslian kopi luwak. Beberapa riset telah dilakukan dalam upaya menjaga keaslian kopi luwak. Misalnya Fuferti *et al.* (2013) mempelajari perbedaan secara fisis antara biji kopi luwak dan biji kopi biasa dari jenis arabika. Meskipun disebutkan bahwa biji kopi luwak sedikit lebih harum dibandingkan dengan biji kopi biasa namun perbedaan kedua biji kopi tersebut akan sulit teridentifikasi saat terjadi pencampuran atau pengoplosan. Penggunaan teknologi tidak merusak berbasis optik seperti NIR *spectroscopy* sangat potensial digunakan untuk mendukung pengembangan agribisnis kopi luwak sebagai produk andalan sekaligus kebanggaan nasional.

2.2. Near Infrared (NIR) Spectroscopy

Hampir sebagian besar dari gelombang elektromagnetik berguna dan dikaji dalam berbagai disiplin ilmu. Setiap daerah gelombang elektromagnetik tertentu membutuhkan alat tertentu pula untuk mengaktifkan energi gelombang tersebut. Detektor yang sesuai diperlukan untuk menangkap kembali tingkat absorpsi energi oleh sampel yang dibandingkan dengan standar/acuan. Alat seperti itu dikenal sebagai *spectrometer*. Informasi yang dihasilkan *near infrared (NIR) spectroscopy* bisa berupa informasi yang bersifat kuantitatif dan kualitatif atau salah satu dari keduanya. Informasi ini diperoleh melalui interaksi antara gelombang elektromagnetik *near infrared* dan konstituent penyusun bahan biologik (protein, karbohidrat, lemak dan sebagainya) mengingat sebagian besar spektra NIR didominasi oleh ikatan hidrogen (Davies, 2005). Ikatan hidrogen yang dimaksud bisa berupa salah satu dari ikatan berikut: C–H, N–H, S–H, atau O–H.

Gelombang *near infrared* terletak pada kisaran panjang gelombang 780-2500 nm (Blanco dan Villarroya, 2002). Spektra NIR berada di antara gelombang elektromagnetik cahaya tampak dan cahaya *infrared* seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum gelombang elektromagnetik (Davies, 2005).

Saat ini NIR *spectroscopy* telah digunakan secara luas untuk penilaian mutu produk pertanian termasuk kopi secara tidak merusak (*nondestructive*) baik dengan gelombang panjang (*long wavelength* atau LW) maupun gelombang pendek (*short wavelength* atau SW). Gelombang panjang NIR (LW–NIR) *spectroscopy* dengan rentang panjang gelombang 1100–2500 nm memiliki kelemahan karena sangat sensitif dengan penyerapan gelombang NIR oleh air (*water absorbance*). Ada beberapa panjang gelombang dengan *water absorbance* sangat tinggi seperti di panjang gelombang 1300 nm dan 1700 nm. Produk pertanian pada umumnya memiliki kadar air (*water content*) yang cukup tinggi sehingga penggunaan LW–NIR *spectroscopy* memiliki keterbatasan dalam prakteknya khususnya untuk penilaian mutu buah-buahan. Gelombang pendek NIR (SW–NIR) dengan rentang panjang gelombang 700–1100 nm, sebaliknya sangat tidak terpengaruh (*insensitive*) terhadap *water absorbance*. Sehingga SW–NIR *spectroscopy* telah banyak digunakan untuk penilaian mutu produk pertanian secara tidak merusak misalnya pada pengukuran bahan kering (*dry matter*), total asam dan kadar padatan terlarut (*soluble solids content*) produk pertanian secara tidak merusak.

Untuk kopi, NIR *spectroscopy* telah berhasil digunakan untuk menentukan kadar air kopi (Reh *et al.*, 2006), membedakan kopi arabika dan robusta (Downey *et al.*, 1994), mengontrol proses penyangraian kopi (*roasting*) (Alessandrini *et al.*, 2008), serta karakterisasi dan uji organoleptik kopi sangrai (*roasted coffee*) (Pizarro *et al.*, 2004). NIR *spectroscopy* juga dilaporkan memiliki kemampuan untuk mendeteksi keberadaan cacat pada kopi seperti biji kopi hitam, belum masak, dan biji pecah (Santos *et al.*, 2012). Namun demikian, penggunaan NIR *spectroscopy* untuk membedakan antara kopi Luwak dan kopi bukan Luwak baik pada bentuk biji, kopi sangrai, dan kopi bubuk serta untuk mendeteksi adanya pengoplosan pada ketiga jenis sampel kopi tersebut belum dilakukan. Riset ini menjadi penting bagi upaya pengembangan kopi Luwak sebagai produk andalan bangsa ke depan.

Saat ini teknologi pemutuan secara tidak merusak untuk produk pertanian menggunakan teknologi NIR *spectroscopy* semakin terbuka lebar dengan kehadiran spectrometer berbasis detektor

berbahan *charge coupled device* (CCD) yang jauh lebih murah dibandingkan spectrometer generasi awal berbasis Silicon (Si) misalnya. CCD detektor pada umumnya memiliki kemampuan mengumpulkan informasi gelombang dengan rentang 400-1100 nm. Kelebihan lain dari *spectrometer* berbasis CCD detektor adalah ukurannya yang sangat kecil sehingga sangat mudah dipindah atau dibawa (*portable*). Beberapa peneliti telah berhasil menunjukkan kemampuan spectrometer berbasis CCD detektor untuk penilaian kadar padatan terlarut (KPT) pada buah apel (Fan *et al.*, 2009), jeruk mandarin (Liu *et al.*, 2010), jeruk (Jamshidi *et al.*, 2012), nenas (Suhandy, 2009), dan semangka (Tian *et al.*, 2007). Namun demikian, penggunaan teknologi NIR *spectroscopy* berbasis *low cost CCD based spectrometer* untuk kopi belum dilakukan. Penelitian kopi Luwak ini akan menggunakan *spectrometer* berbasis CCD yang relatif lebih murah. Penggunaan *spectrometer* berbasis CCD akan memudahkan negara-negara berkembang termasuk Indonesia untuk merealisasikan terwujudnya sistem monitoring evaluasi kualitas dan keaslian kopi Luwak menggunakan teknologi NIR *spectroscopy*.

2.3. Peta Jalan Penelitian

Penelitian yang diajukan ini diinspirasi oleh pengalaman salah satu pengusul (Dr. Diding Suhandy, S.TP, M.Agr) saat menyelesaikan studi program doctoral di Kyoto University Jepang. Salah satu kebiasaan di laboratorium (lab) di hampir semua universitas di Jepang adalah adanya semacam pertemuan mingguan anggota lab secara informal yang biasanya dikemas dalam bentuk *tea meeting*, *luch meeting* atau sejenisnya. Dalam sebuah kesempatan, sambil minum kopi salah satu anggota lab yang kebetulan termasuk penikmat kopi menyampaikan sebuah pengalaman yang kurang menyenangkan. Dia mengatakan saat jalan-jalan ikut konferensi internasional ke Indonesia, sesuai dengan saran saya, Beliau membeli oleh-oleh khas Indonesia. Salah satunya adalah kopi Luwak. Meskipun mahal, dia mengatakan harganya masih jauh lebih murah bila dibandingkan dengan harga kopi Luwak di Jepang. Namun saat dia minum kopi Luwak itu di rumah, dia merasa ada yang tidak beres dengan kopi Luwak tersebut. Dia merasa yakin bahwa kopi Luwak yang dia beli tidak seperti rasa kopi Luwak yang biasa dia nikmati di Jepang. Dia merasa telah ditipu dan yakin yang dia beli itu bukan kopi Luwak. Bisa ditebak, dia kapok membeli kopi Luwak di Indonesia. Dia lebih memilih membeli kopi Luwak di Jepang yang sudah pasti asli meskipun dengan harga yang berlipat. Dari situ saya penasaran dan kemudian mencari informasi seputar kopi Luwak dan fenomena pengoplosan kopi Luwak. Salah satu artikel saya baca dan pas dengan informasi yang saya cari. Salah satunya adalah seperti yang disampaikan oleh salah seorang profesor dari Universitas Kanazawa, Yukio Hirose (Tribunnews.com). “Kopi Luwak memang enak dan tidak sedikit orang Jepang menyukainya,” papar Hirose, pemenang Ig Nobel tahun 2003 tersebut. Meskipun demikian, harga kopi Luwak sangat mahal di Jepang, untuk minum satu gelas kopi Luwak saja bisa menghabiskan 5000 yen (setara dengan kurang lebih Rp 500.000,00),

“Itu pun kalau asli. Kenyataan kini banyak yang palsu atau campuran dengan kopi lain, sehingga membingungkan orang Jepang,” tambahnya. Itulah sebabnya kopi Luwak semakin ditinggal warga Jepang, karena banyak pemalsuan di dalam perdagangan kopi Luwak saat ini. Akhir 2013 saya lulus doktor dan pulang ke Universitas Lampung. Keinginan untuk melakukan riset kopi Luwak semakin besar tatkala pengusul berkesempatan berkunjung ke sentra-sentra kopi di Lampung seperti Kabupaten Tanggamus dan Lampung Barat. Jika kopi Luwak yang dihasilkan petani itu bisa dikawal keasliannya dan mampu meyakinkan para penikmat kopi di luar negeri dan karenanya mereka mau membeli kopi Luwak dengan harga tinggi maka bukankah itu sebuah sumbangsih yang besar bagi saya untuk para petani kopi di Provinsi Lampung setelah saya selama tiga tahun melanjutkan studi dengan biaya negara yang notabene bisa saja salah satunya disumbang dari pajak para petani kopi?

Sejak duduk di bangku kuliah program sarjana, pengusul tertarik dengan penggunaan teknologi berbasis optik untuk memahami proses-proses pertanian secara lebih kuantitatif. Riset pertama diawali dengan penggunaan teknologi pengolahan citra (*image processing*) untuk identifikasi morfologi buah manggis segar. *Image processing* mampu menjelaskan dengan sangat kuantitatif properti luar buah seperti bentuk, warna dan lainnya. Namun, *image processing* punya kelemahan, salah satunya sulit menjelaskan properti dalam buah seperti kadar gula atau tingkat keasaman. Setelah itu pengusul mulai menekuni bidang *spectroscopy* untuk bisa mengeksplorasi properti dalam untuk produk pertanian. Tahun 2004-2006, peneliti terlibat dalam riset *speaking plant approach* berbasis NIR *spectroscopy* di Kochi University Jepang sambil menyelesaikan studi master. Ide dasarnya adalah kita ingin merekayasa tanaman sehingga tanaman bisa memproduksi sesuai keinginan kita. Untuk berkomunikasi dengan tanaman kita menggunakan banyak pendekatan sensor dan salah satunya adalah NIR *spectroscopy* untuk mengetahui tingkat kebutuhan air pada tanaman secara pasti (kuantitatif). Pulang dari program master, peneliti langsung terlibat riset kompetitif. Salah satunya mendapatkan hibah penelitian KKP3T (DEPTAN) tahun 2007. Peneliti menggunakan NIR *spectroscopy* untuk penentuan waktu panen buah mangga (*Mangifera Indica*) (sebagai ketua). Tahun 2008 terlibat dalam tiga penelitian sekaligus di bidang NIR *spectroscopy*. Pertama sebagai ketua, peneliti berkolaborasi dengan periset di PT Great Giant Pineapple (GGPC), Terbanggi Lampung untuk riset “Penggunaan Near Infrared (NIR) *Spectroscopy* Untuk Penentuan Kandungan Padatan Terlarut Buah Nenas Secara *On-Plant*”. Sebagai anggota peneliti di tahun yang sama terlibat dalam riset “Pengembangan Kontrol Irigasi Berbasis Respon Tanaman Menggunakan NIR *Spectroscopy* Untuk Produksi Buah Tomat Dengan Kandungan Gula Tinggi” dan riset “Monitoring Bahan Kering Secara *On-Plant* Menggunakan Near Infrared *Spectroscopy* Untuk Penentuan Waktu Panen Buah Mangga Harum Manis”. Riset-riset tersebut telah menghasilkan puluhan artikel ilmiah baik nasional maupun internasional dan telah memperkuat

posisi laboratorium di Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung sebagai salah satu lab unggulan di bidang *spectroscopy*.

Tahun 2010 peneliti utama (Dr. Diding Suhandy, S.TP, M.Agr) mendapatkan kesempatan untuk studi program doktor di Kyoto University dan mengambil bidang kajian *spectroscopy* dengan kekhususan *terahertz (THz) spectroscopy*. Pengalaman semakin bertambah setelah terlibat dengan banyak penelitian di Kyoto University di bidang *spectroscopy* seperti menggunakan UV-visibel *spectroscopy*, NIR *spectroscopy*, Mid infrared *spectroscopy*, dan THz *spectroscopy*. Tidak hanya pengalaman menggunakan berbagai peralatan *spectroscopy*, tetapi juga bertambahnya pengetahuan di bidang kemometrika sebagai salah satu *tool* dalam menyelesaikan problem *multivariate* data di bidang *spectroscopy*. Sehingga selama program doktor peneliti telah mempublikasikan tiga artikel di bidang THz *spectroscopy* dan kemometrika di jurnal bereputasi internasional (EAEF, Elsevier). Peneliti juga terlibat penelitian kopi selama di Jepang. Salah satunya adalah riset penggunaan NIR *spectroscopy* untuk identifikasi kandungan *chlorogenic acid (CGA)* di dalam kopi. Artikelnya sudah diterbitkan di jurnal EAEF (Elsevier). Peneliti juga bersama-sama dengan Meinilwita Yulia, S.TP, M.Agr.Sc terlibat penelitian kemometrika dengan kajian THz *spectroscopy* dan berhasil mempublikasikan satu artikel di jurnal EAEF.

Pulang dari program doktor, saat ini peneliti juga terlibat sebagai anggota dalam riset monitoring *water stress* pada tanaman kopi berbasis teknologi NIR *spectroscopy* dan akan didanai oleh DIKTI tahun 2015 ini. Setelah konsisten dalam riset-riset berbasis NIR *spectroscopy* serta penelusuran penelitian dari hari ke hari, dari bulan ke bulan, dan tahun ke tahun, menjadi dasar pijak bagi peneliti untuk memohon terwujudnya penelitian strategis nasional (stranas) yang berjudul “Penggunaan Kemometrika dan Near Infrared *Spectroscopy* Untuk Proses Diskriminasi Kopi Luwak Secara Cepat Dan Tidak Merusak” agar kopi Luwak yang merupakan aset nasional dan bernilai ekonomi tinggi ini tidak terkikis dan ditinggalkan pembelinya karena tidak dirawat dan dijaga.

Secara rinci Gambar 5 memberikan penjelasan peta jalan penelitian dan hubungannya dengan usul penelitian yang diajukan. Terlihat bahwa peneliti utama sangat konsisten dalam riset penggunaan teknologi tidak merusak berbasis optik seperti NIR dan THz *spectroscopy* untuk merencanakan proses-proses pra dan pasca panen produk pertanian.

ALIR ROAD MAP RISET



Diding Suhandy, Usman Ahmad. 2001. Pengembangan Algoritma Image Processing Untuk Menduga Kemasakan Buah Manggis Segar. Skripsi S1 FATETA. Salah satu capaiannya adalah satu artikel ilmiah dipublikasikan di Bulletin Keteknikan Pertanian yang merupakan

publikasi resmi dari ISAE (*Indonesian Society of Agricultural Engineering*).



Diding Suhandy, Takahisa Matsuoka (2004-2006). Riset berjudul : *Studies on leaf water potential (LWP) determination in tomato plant using NIR spectroscopy for water stress management system*. Riset ini bagian dari master thesis di Kochi University, Japan. Riset ini melibatkan pengembangan sebuah pola pendekatan baru dalam manajemen *water stress* dengan secara langsung mengontrol kondisi tanaman. Di riset ini *NIR spectroscopy* digunakan untuk mengkuantifikasi parameter LWP sebagai indikator *water stress* pada tanaman. Tiga publikasi (satu internasional dan dua nasional) berhasil diterbitkan.



Diding Suhandy, Sulusi Prabawati, Yulianingsih, Yatmin. 2007-2008. Studi Penggunaan Teknologi *NIR Spectroscopy* Untuk Penentuan Waktu Panen Buah Mangga (*Mangifera Indica*) (sebagai ketua tim peneliti). Dibiayai oleh KKP3T Departemen Pertanian RI. Riset kolaborasi dengan peneliti di Balai Besar Pasca Panen Pertanian. Beberapa artikel internasional maupun nasional berhasil diterbitkan dan prototipe teknologi *NIR spectroscopy* untuk membantu petani menentukan waktu panen buah mangga secara tepat berhasil dibangun.



Diding Suhandy, Bustomi Rosadi dan Ahmad Tusi. 2008-2009. Pengembangan Kontrol Irigasi Berbasis Respon Tanaman Menggunakan *NIR Spectroscopy* Untuk Produksi Buah Tomat Dengan Kandungan Gula Tinggi (sebagai anggota peneliti). Dibiayai oleh DP2M DIKTI dengan Hibah Bersaing. Beberapa artikel baik internasional maupun nasional juga berhasil diterbitkan.



Diding Suhandy, Spto Kuncoro. 2008-2009. Monitoring Bahan Kering Secara *On-Plant* Menggunakan *Near Infrared Spectroscopy* Untuk Penentuan Waktu Panen Buah Mangga Harum Manis (sebagai anggota peneliti), dibiayai oleh DP2M DIKTI dengan skim Hibah Bersaing. Riset ini juga menghasilkan satu artikel nasional.



Diding Suhandy, Dwi Dian Novita. 2008-2009. Studi Penggunaan *Near Infrared (NIR) Spectroscopy* Untuk Penentuan Kandungan Padatan Terlarut Buah Nenas Secara *On-Plant* (sebagai ketua tim peneliti)/dibiayai oleh DP2M DIKTI dengan Hibah Bersaing. Riset ini juga merupakan kolaborasi dan didukung penuh oleh perusahaan PT Great Giant Pineapple (GGPC), salah satu perusahaan pengalengan nenas terbesar di Provinsi Lampung. Satu artikel internasional berhasil diterbitkan.



Diding Suhandy, Naoshi Kondo dan Yuichi Ogawa. 2010-2013. Riset di bidang *Terahertz (THz) Spectroscopy* dimulai. Riset berjudul: *Studies on Sugar and L-Ascorbic Acid Determination in Aqueous Solution Using THz Spectroscopy*. Riset ini juga bagian dari studi doktoral di Kyoto University. Riset ini merupakan sebuah pengembangan dari teknologi *NIR spectroscopy*. Saat itu kita sedang mendesain sensor yang bisa memonitor properti jus buah dalam kemasan karton secara *real time* tanpa membuka kemasan. Ternyata *NIR spectroscopy* tidak memadai karena cahaya NIR kurang bisa menembus lapisan karton kemasan yang cukup tebal. Di sinilah THz hadir. Sinar THz mampu menembus kertas dan kain atau bahkan plastik dengan tanpa ionisasi bahan sehingga aman

untuk monitor bahan pangan seperti jus. Selama 3 tahun melakukan riset dasar menggunakan THz *spectroscopy* dan kemometrika dan mampu menerbitkan tiga artikel internasional dan beberapa presentasi baik regional maupun internasional.



Diding Suhandy, Ahmad Tusi. 2015. Riset aplikasi NIR *spectroscopy* untuk mendukung peningkatan kualitas buah kopi di Provinsi Lampung (sebagai anggota tim peneliti)/lolos seleksi untuk dibiayai tahun 2015 dengan skema Hibah Bersaing. Kopi merupakan salah satu produk andalan dan penyumbang dolar penting bagi Provinsi Lampung. Untuk memberi kemanfaatan yang tinggi bagi lingkungan dan masyarakat sekitar, tim peneliti di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pasca Panen (RBPP), Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung mulai saat ini fokus mengembangkan teknologi untuk mendukung pengembangan produk nasional dan meningkatkannya dari keunggulan komparatif menjadi keunggulan kompetitif. Salah satunya produk kopi Luwak.



Diding Suhandy, Meinilwita Yulia, Sri Waluyo, Cicih Sugianti. Pengusulan program penelitian strategis nasional untuk pembiayaan tahun 2016. Riset untuk mendukung pengembangan dan lestarnya kopi Luwak Lampung sebagai komoditas bernilai ekonomi tinggi dan diharapkan ke depan dapat menjadi tenaga pendorong bagi peningkatan kesejahteraan petani kopi di Indonesia.

Gambar 5. Peta jalan penelitian dan hubungannya dengan usul penelitian.

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

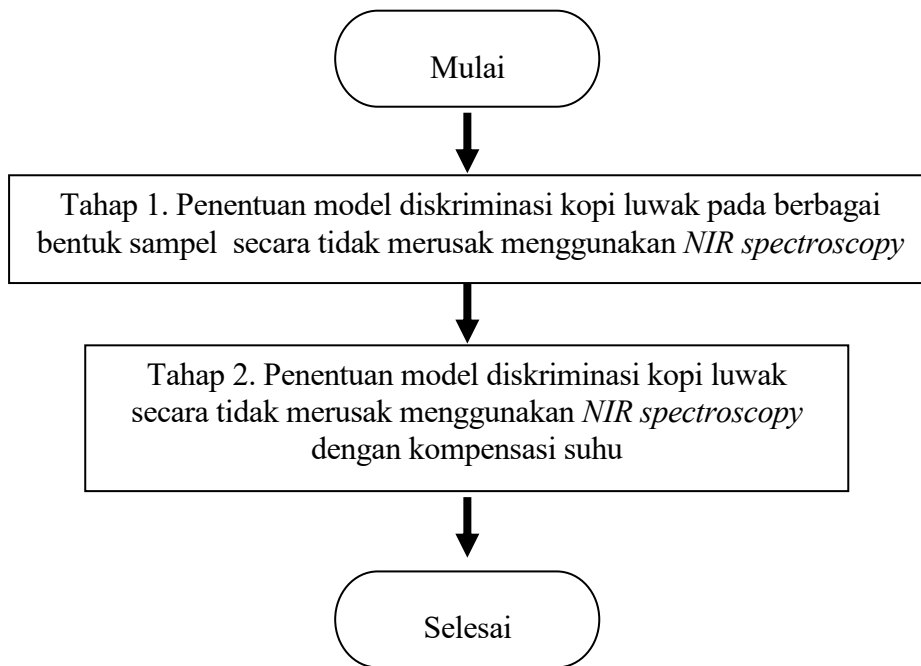
Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun sistem evaluasi (uji kualitas) sekaligus diskriminasi (uji keaslian) pada kopi luwak sehingga dapat memastikan kualitas dan keaslian kopi luwak. Sistem evaluasi berbasis teknologi NIR *spectroscopy* ini dapat mendeteksi adanya bahan kopi bukan luwak (*adulterant*) yang biasanya dioplos pada kopi luwak. Teknik ini akan mampu meningkatkan kualitas kopi luwak yang dihasilkan dengan tetap mempertahankan level keaslian (*authentication*) kopi luwak dari kopi lain. Teknologi ini merupakan sebuah aplikasi teknologi pasca panen pertanian berbasis optik yang diharapkan mampu meningkatkan nilai tambah produk pertanian Indonesia khususnya pada kopi luwak.

Secara khusus penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut:

- (1) Membangun model evaluasi dan diskriminasi untuk kopi luwak pada berbagai bentuk sampel (biji/beras kopi, biji sangrai (*roasted bean*) dan kopi bubuk).
- (2) Membangun model diskriminasi dengan kompensasi suhu untuk diskriminasi kopi luwak di lapangan (*field measurement*) menggunakan *spectrometer portable*.

Untuk dapat merealisasikan tujuan penelitian di atas maka penelitian ini dibagi menjadi dua tahap kegiatan dengan dua target keluaran untuk masing-masing tahapan seperti tampak pada Gambar 6. Pada tahap pertama keluaran yang diharapkan adalah terbentuknya model untuk evaluasi dan diskriminasi kopi luwak pada berbagai bentuk sampel secara tidak merusak menggunakan NIR *spectroscopy*. Pada tahap ini model diskriminasi untuk kopi luwak menggunakan NIR *spectroscopy* akan dibangun dan model diskriminasi ini akan diuji kesahihannya dengan uji validasi (*validation*).

Pada tahap kedua, model diskriminasi untuk kopi luwak di lapangan akan dibangun (*field measurement*). Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi model diskriminasi seperti suhu dan adanya radiasi eksternal pada saat pengujian model di lapangan akan diteliti. Model diskriminasi ini akhirnya akan digunakan untuk mengevaluasi keaslian kopi luwak di lapangan (seperti di tempat pengumpul, gudang-gudang penyimpanan dan tempat pengemasan kopi Luwak). Tahap pertama khususnya terkait dengan model diskriminasi untuk kopi bubuk sudah selesai dilakukan di tahun pertama penelitian (2016) dan untuk model diskriminasi biji kopi (sebelum dan sesudah disangrai) serta keseluruhan tahap kedua penelitian akan dilakukan di tahun kedua penelitian (2017).



Gambar 6. Bagan alir penelitian yang meliputi dua tahap kegiatan.

3.2. Manfaat Penelitian

Penelitian penggunaan kemometrika dan near infrared *spectroscopy* untuk proses diskriminasi kopi luwak secara cepat dan tidak merusak merupakan penelitian yang bernilai strategis, memecahkan permasalahan bangsa, melindungi produk andalan dan tentu saja memberikan banyak manfaat bagi banyak pemangku kepentingan (*stake holders*). Berikut beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini:

1. Bagi pemerintah, penelitian ini dapat mendukung upaya pemerintah untuk melindungi produk andalan nasional dan daerah sehingga bisa bersaing di pasar internasional. Apalagi dengan penerapan masyarakat ekonomi ASEAN (MEA) Desember 2015 ini, persaingan kopi luwak di pasar internasional akan semakin kompetitif sehingga harus dipastikan kualitas dan keaslian kopi luwak yang diperdagangkan.

2. Bagi masyarakat, jelas penelitian ini akan memberikan manfaat yang sangat besar bagi masyarakat baik itu penjual kopi luwak atau konsumen/penikmat kopi luwak. Dengan adanya kepastian kualitas dan keaslian kopi luwak yang ada di pasaran akan memberikan ketenangan kepada masyarakat sehingga mereka dipastikan memperoleh kopi luwak yang asli dan berkualitas tanpa bahan campuran. Dengan adanya kepastian dan keaslian kopi luwak maka hal itu juga akan memberikan kepastian harga yang adil antara penjual dan pembeli. Apalagi bagi konsumen dari luar negeri maka adanya teknologi ini dapat memberikan garansi kualitas dan keaslian produk kopi luwak dari Indonesia. Pada akhirnya kesinambungan dan kepercayaan konsumen terutama dari luar negeri terhadap kopi luwak asal

Indonesia akan terus dapat terjaga dan bahkan semakin meningkat. Pada gilirannya kesejahteraan petani kopi luwak juga bisa semakin meningkat.

3. Bagi institusi (Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung), maka lahirnya penelitian ini juga sebagai bentuk mewujudkan visi dan misi Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung dalam penyediaan teknologi terapan yang dapat memberikan manfaat besar bagi masyarakat sekitar. Lampung adalah salah satu sentra penghasil kopi luwak. Teknologi deteksi kualitas dan keaslian kopi luwak sangat membantu petani dan pemerintah daerah dalam upaya memajukan agribisnis kopi luwak di Provinsi Lampung.

4. Bagi AEKI (Asosiasi Eksportir Kopi Indonesia), maka penelitian ini sangat bernilai strategis dalam rangka peningkatan kualitas ekspor kopi luwak. Dengan adanya garansi kualitas dan keaslian produk kopi luwak asal Indonesia, maka AEKI sebagai pelaku ekspor kopi luwak diharapkan memiliki kepercayaan diri lebih untuk didorong dan dapat membuka pasar baru (ekspansi pasar) bagi kopi luwak asal Indonesia. Sehingga ekspor kopi luwak dapat terus meningkat. Pada akhirnya kesejahteraan petani pun dapat meningkat.

BAB 4. METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pasca panen, Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung.

4.2. Penelitian Tahap Pertama (Tahun 2016)

Tahap pertama, kegiatan penelitian difokuskan kepada investigasi potensi NIR *spectroscopy* sebagai *tool* untuk mengevaluasi kualitas dan keaslian kopi Luwak melalui pembuatan model kalibrasi dan diskriminasi pada sampel kopi luwak yang telah dicampur dengan kopi bukan luwak. Pendekatan linear dan tidak linear akan digunakan pada analisis kemometrika.

a. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah kopi luwak jenis arabika dan kopi bukan luwak dari jenis arabika dan robusta. Kopi bukan luwak jenis arabika dan robusta yang digunakan merupakan bahan yang akan dioplos atau dicampurkan ke dalam kopi luwak. Masing-masing sebanyak 5 kg akan digunakan untuk penelitian ini. Sampel akan disiapkan dalam 3 bentuk yaitu biji kopi luwak yang telah dikeringkan (*green bean*), kopi sangrai dan terakhir dalam bentuk kopi bubuk. Untuk setiap bentuk sampel akan dibagi menjadi dua kelompok yaitu satu bagian untuk membangun persamaan atau model diskriminasi dan satu bagian lagi digunakan untuk melakukan uji validitas persamaan kalibrasi dan diskriminasi.

b. Penyiapan Sampel Campuran

Pertama sampel kopi akan dioplos dalam bentuk tiga pencampuran yaitu pencampuran 1 dalam bentuk biji, pencampuran 2 dalam bentuk kopi sangrai dan pencampuran 3 dalam bentuk kopi bubuk. Untuk mendapatkan rentang pencampuran yang lebar maka akan disiapkan sampel pencampuran sebagai berikut:

1. Sebanyak 100 sampel ($n=100$) pencampuran 1 (dalam bentuk biji) dibuat dengan mencampurkan kopi bukan luwak jenis arabika ke dalam kopi luwak dengan konsentrasi pencampuran 10-90% (berat/berat).
2. Sebanyak 100 sampel ($n=100$) pencampuran 1 (dalam bentuk biji) dibuat dengan mencampurkan kopi bukan luwak jenis robusta ke dalam kopi luwak dengan konsentrasi pencampuran 10-90% (berat/berat).
3. Sebanyak 100 sampel ($n=100$) pencampuran 2 (dalam bentuk kopi sangrai) dibuat dengan mencampurkan kopi bukan luwak jenis arabika ke dalam kopi luwak dengan konsentrasi pencampuran 10-90% (berat/berat).
4. Sebanyak 100 sampel ($n=100$) pencampuran 2 (dalam bentuk kopi sangrai) dibuat dengan

mencampurkan kopi bukan luwak jenis robusta ke dalam kopi luwak dengan konsentrasi pencampuran 10-90% (berat/berat).

5. Sebanyak 100 sampel ($n=100$) pencampuran 3 (dalam bentuk kopi bubuk) dibuat dengan mencampurkan kopi bukan luwak jenis arabika ke dalam kopi luwak dengan konsentrasi pencampuran 10-90% (berat/berat).
6. Sebanyak 100 sampel ($n=100$) pencampuran 3 (dalam bentuk kopi bubuk) dibuat dengan mencampurkan kopi bukan luwak jenis robusta ke dalam kopi luwak dengan konsentrasi pencampuran 10-90% (berat/berat).

Setelah sampel pencampuran dipastikan tercampur secara merata maka seluruh sampel diletakkan di atas *water bath* yang sudah dilapisi plastik polyetilen untuk proses penyeragaman suhu sampel. Proses penyeragaman suhu harus dilakukan mengingat suhu merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kualitas spektra NIR. Setelah itu dilakukan proses pengambilan spektra oleh alat NIR *spectrometer*.

c. Pengambilan Spektra (*Spectral acquisition*)

Spektra sampel kopi diambil pada rentang 300-1100 nm menggunakan alat NIR *spectrometer* VIS-NIR USB4000 (The Ocean Optics, USA) untuk sampel pencampuran 1 dan 2 (kopi dalam bentuk biji dan kopi sangrai). Sedangkan untuk sampel pencampuran 3 (kopi dalam bentuk kopi bubuk) maka pengambilan spektra dilakukan menggunakan GENESYS 10S spectrophotometer (Thermo Electron Scientific Instruments, USA).

d. Analisis Kemometrika

Semua sampel yang ada dikelompokkan dalam dua set sampel yaitu set untuk kalibrasi (2/3 dari jumlah sampel) dan satu set lagi untuk validasi (1/3 dari jumlah sampel). Persamaan kalibrasi akan dibangun untuk melihat apakah NIR *spectroscopy* dapat merespon penambahan jumlah campuran yang berbeda pada setiap sampel kopi luwak. Persamaan kalibrasi nantinya dapat memprediksi secara akurat jumlah (*amount*) dari campuran (*adulterant*) yang ditambahkan ke dalam kopi luwak. Dua pendekatan yakni model linear dan tidak linear akan digunakan pada pembuatan model kalibrasi. Untuk model linear, kalibrasi akan dibangun menggunakan metode *partial least squares* (PLS) *regression* sedangkan model tidak linear akan dibangun menggunakan metode *back propagation artificial neural network* (BP-ANN). Program pengolah data berpeubah banyak Unscrambler versi 9.01 (CAMO AS, Norwegia) akan digunakan untuk menjalankan regresi PLS sedangkan Neural Networks dari MATLAB 7.11 (The Mathworks, USA) akan digunakan untuk menjalankan regresi BP-ANN.

Untuk melihat apakah NIR *spectroscopy* dapat merespon perbedaan antara kopi Luwak asli tanpa campuran (100% Luwak) dengan kopi Luwak yang telah dioplos (10-90% campuran) maka dibangun juga persamaan diskriminasi untuk membedakan kopi Luwak dan kopi bukan Luwak.

Pertama, model diskriminasi dibangun dengan metode PLS-DA atau PLS *discriminant analysis*. Pada metode ini peubah target akan diberi label 1 untuk kopi Luwak tanpa campuran dan diberi label 0 untuk kopi Luwak dengan campuran (campuran bervariasi 10-90%). Kedua, model diskriminasi dibangun dengan metode SIMCA (*soft independent modeling of class analogy*). Pada SIMCA, pertama dihitung skor untuk *principal component* 1 dan 2 yaitu PC1 dan PC2 dan buat plotnya. Setelah itu lakukan *grouping* terhadap data pada plot PC1 dan PC2 untuk melihat apakah NIR *spectroscopy* dapat membedakan grup kopi Luwak dan kopi oplosan.

e. Evaluasi persamaan kalibrasi

Beberapa terminologi statistik yang penting dan digunakan dalam analisis data NIR seperti tampak pada Tabel 1. Pertama, kualitas dari persamaan kalibrasi akan dikuantifikasi oleh *standard error of calibration* (SEC), *standard error of prediction* (SEP) dan *multiple coefficient of determination* (R^2) antara besaran aktual dan besaran prediksi. Persamaan yang diharapkan memiliki SEC rendah, SEP rendah, RPD dan R^2 yang tinggi dengan perbedaan antara SEC dan SEP sekecil mungkin. Selisih SEC dan SEP yang terlalu besar menunjukkan bahwa dalam persamaan tersebut terlalu banyak faktor yang terlibat sehingga noise pun ikut terlibat dalam persamaan kalibrasi tersebut (Gomez *et al.*, 2006).

Tabel 1. Terminologi statistik terapan yang digunakan untuk mengevaluasi persamaan kalibrasi.

Terminologi	Persamaan
R^2	$R^2 = \frac{\sum(x \times y) - [(\sum x \times \sum y) / N]}{\left\{ \left[\sum x^2 - [(\sum x)^2 / N] \right] \times \left[\sum y^2 - [(\sum y)^2 / N] \right] \right\}}$
SEC & SEP	$SEC = \left\{ \sum(x - y)^2 - \left[\frac{[\sum(x - y)]^2}{N} \right] / N - 1 \right\}^{\frac{1}{2}}$
Bias	$bias = \sum(x - y) / N$
RPD	$RPD = \frac{SD_{valset}}{SEP}$

x: Nilai *Reference* y : Nilai prediksi oleh NIR N :Jumlah sampel

R^2 : *The multiple coefficient of determination.*

SEC: *Standard error of calibration.*

SEP: *Standard error of prediction.*

Bias: Rataan selisih antara nilai *reference* dan nilai prediksi oleh NIR.

RPD: Rasio antara SEP dan Standar Deviasi (SD) dari set sampel validasi.

4.3. Penelitian Tahun Kedua (2017)

Di tahun kedua, penelitian difokuskan kepada penerapan teknologi NIR *spectroscopy* di lapangan untuk deteksi keaslian kopi Luwak secara cepat. Ada dua tahapan riset yang akan dilakukan. Pertama,

investigasi dan kompensasi pengaruh suhu pada persamaan kalibrasi untuk menentukan kandungan campuran pada kopi Luwak yang telah dioplos. Ini penting karena model yang dihasilkan oleh NIR *spectroscopy* sangat sensitif terhadap fluktuasi suhu sampel. Untuk itu perlu membuat model kalibrasi yang mampu mengkompensasi fluktuasi suhu sampel sehingga pengukuran NIR *spectroscopy* tidak lagi terkendala oleh variasi suhu sampel. Kedua, tahapan riset monitoring kualitas dan keaslian kopi Luwak yang dijual di pasar. Pada tahapan ini, model NIR *spectroscopy* diaplikasikan untuk mengevaluasi kualitas dan keaslian kopi luwak yang dijual di pasar secara cepat.

a. Membuat persamaan kalibrasi yang mampu mengkompensasi pengaruh variasi suhu untuk menentukan konsentrasi pencampuran pada kopi luwak.

Di tahapan ini investigasi pengaruh suhu terhadap kualitas persamaan kalibrasi dan diskriminasi dilakukan. Secara teoritis, NIR *spectroscopy* sangat mudah terpengaruh oleh variasi suhu sampel yang membuat penggunaan NIR membutuhkan kontrol suhu yang mantap. Untuk keperluan kepraktisan maka sangat sulit untuk mengkondisikan sampel agar suhunya tetap konstan. Untuk mengatasi hal ini maka dibuat strategi yaitu membuat persamaan kalibrasi dan diskriminasi yang responsif terhadap perubahan suhu sampel. Sebanyak 90 sampel kopi campuran untuk setiap jenis pencampuran (biji, kopi sangrai dan kopi bubuk) dengan tingkat konsentrasi campuran yang berbeda (10-90% berat/berat) diambil sebagai sampel. Sampel dibagi dalam tiga perlakuan yaitu perlakuan 15°C, 25°C dan 35°C. Perlakuan 15°C adalah perlakuan di mana seluruh sampel yang akan digunakan diletakkan di atas permukaan *water bath* dengan suhu 15°C. Untuk perlakuan 25°C dan 35°C, sebelum diambil spektranya sampel diletakkan di atas *water bath* dengan suhu 25°C dan 35°C. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan model kalibrasi dan diskriminasi.

b. Monitoring kualitas dan deteksi ada tidaknya kandungan campuran pada kopi Luwak secara cepat menggunakan NIR *spectroscopy*.

Di tahap ini keluaran dari penelitian tahap sebelumnya yaitu persamaan kalibrasi dan diskriminasi dengan kompensasi suhu akan diuji. Sebanyak 50 sampel yang diberi label kopi luwak dalam kemasan baik dalam bentuk biji, kopi sangrai dan kopi bubuk dipilih dari berbagai supermarket di Bandar Lampung. Kemudian seluruh sampel diambil spektranya. Dengan persamaan kalibrasi dan diskriminasi yang telah dibangun di tahap sebelumnya, prediksi ada tidaknya campuran pada kopi Luwak yang diuji bisa dilakukan. Sehingga kita dapat memastikan keaslian kopi luwak yang diperdagangkan.

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. Penelitian Pendahuluan 1: Investigasi Pengaruh Ukuran Partikel Kopi Bubuk Terhadap Analisis Spektra.¹

A. Pendahuluan

Pada penelitian pertama ini satu persoalan krusial akan diklarifikasi. Pertanyaan adakah pengaruh ukuran partikel kopi bubuk terhadap kualitas spektra dan analisis spektra? Jika ada pengaruh maka seluruh riset pengambilan spektra kopi bubuk harus memperhatikan keseragaman ukuran partikel. Jika tidak ada pengaruh atau pengaruhnya tidak signifikan maka pada riset kopi bubuk menggunakan UV-Vis spectrometer dapat dilakukan tanpa harus memperhatikan ukuran partikel.

Pada penelitian sebelumnya Shan *et al.* (2014) melaporkan pengaruh ukuran partikel kopi bubuk terhadap kualitas spektra pada daerah inframerah dekat (NIR). Akan tetapi riset tersebut dilakukan pada kopi bubuk tanpa ekstraksi di mana pengambilan spektra dilakukan secara langsung pada kopi bubuk sehingga pengaruhnya tentu saja akan berbeda jika dibandingkan dengan pengambilan spektra pada kopi bubuk setelah diekstraksi menggunakan pelarut (dalam riset ini digunakan pelarut ramah lingkungan dan murah yaitu air distilasi).

Oleh karena itu fokus pada riset pertama ini adalah investigasi pengaruh ukuran partikel terhadap analisis spektra. Hasil riset ini akan menjadi landasan sangat berharga bagi pelaksanaan riset berikutnya.

B. Bahan dan Metode

Sebanyak 2 kg kopi sangrai (*roasted*) jenis Arabika disiapkan dan kopi sangrai ini diperoleh dengan cara membeli secara langsung dari petani kopi di Kabupaten Liwa Provinsi Lampung melalui mitra yang bekerja sama dalam riset ini yakni Hasti Kopi. Kemudian seluruh kopi sangrai digiling menggunakan *home-coffee-grinder* (Sayota). Hasil gilingan merupakan kopi bubuk dengan ukuran partikel yang beragam. Untuk mengevaluasi pengaruh ukuran partikel kopi bubuk terhadap kualitas spektra UV-Vis-NIR maka kopi bubuk hasil gilingan tadi kemudian dipisahkan sesuai ukurannya menggunakan ayakan yang digetarkan menggunakan Meinzer II sieve shaker (CSC Scientific Company, Inc. USA) selama 10 menit. Ukuran partikel yang digunakan adalah 841 μm ,

¹ Hasil dari penelitian pendahuluan ini telah berhasil dipresentasikan di seminar nasional di Bandar Lampung dalam rangka memperingati hari tempe nasional pada tanggal 28 Mei 2016 dan diterbitkan dalam sebuah prosiding dengan ISBN. Judul presentasi: *The Use of UV-Vis-NIR Spectroscopy and Chemometrics for Identification of Adulteration in Ground Roasted Arabica Coffees -Investigation on the Influence of Particle Size on Spectral Analysis-*

595 μm , 420 μm , 297 μm , 210 μm , 149 μm yang setara dengan ukuran mesh 20, 30, 40, 50, 70, dan 100. Seluruh eksperimen dilakukan di ruang bersuhu sekitar 27-29°C.

Untuk proses ekstraksi sampel kopi bubuk dilakukan dengan prosedur yang pernah dilakukan oleh Souto *et al.* (2015). Prosedur ekstraksi sebagai berikut: Pertama timbang 1 gram kopi bubuk dan letakkan di dalam gelas *beaker*. Kemudian tambahkan air distilasi bersuhu 90-98°C dan diaduk menggunakan pengaduk magnetic (Cimarec™ Stirrers, model S130810-33, Barnstead International, USA) pada kecepatan 350 rpm selama 5 menit. Setelah itu sampel disaring menggunakan kertas saring berukuran pori 25 mm yang dilengkapi dengan tabung erlenmeyer. Setelah mencapai suhu ruang (kurang lebih 20 menit didiamkan di ruang bersuhu 27-29°C) seluruh hasil saringan kemudian diencerkan menggunakan air distilasi dengan perbandingan 1:20 (mL: mL). Setelah itu ambil sebanyak 2 mL hasil pengenceran dan letakkan di dalam gelas kuvet dan sampel siap diambil spektranya menggunakan *UV-Vis spectrometer* (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA).

Pengambilan spektra dilakukan pada panjang gelombang dengan interval 190-1100 nm dan diambil menggunakan *UV-Vis spectrometer* (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA) yang dilengkapi dengan sel kuvet dengan lebar 10 mm. Resolusi pengambilan spektra dipilih sebesar 1 nm. Sebelum pengukuran sampel maka dilakukan pengukuran *blank* atau standar menggunakan air distilasi. Hal ini juga penting untuk mengevaluasi sinyal 100% *transmittance* untuk melihat kualitas lampu dan detektor yang digunakan.

Setelah seluruh sampel pada setiap ukuran partikel kopi bubuk diambil spektranya maka datanya bisa dipindah ke USB flash disk dan dikonversi datanya dari ekstensi .csv menjadi ekstensi .xls (data excel). Untuk mengevaluasi kualitas spektra maka akan dipilih berdasarkan intensitas absorban. Semakin tinggi intensitas absorban akan semakin baik karena semakin tinggi intensitas absorban berarti semakin banyak informasi yang dimiliki oleh data spektra tersebut.

C. Hasil penelitian

C.1. Ekstraksi sampel kopi menggunakan ukuran partikel yang berbeda

Gambar 7 menunjukkan hasil dari proses ekstraksi sampel kopi bubuk dengan menggunakan dua ukuran partikel yang berbeda yaitu ukuran mesh 20 dan mesh 30. Mesh 20 memiliki ukuran partikel sebesar 841 μm sedangkan mesh 30 memiliki ukuran partikel 595 μm . Sehingga mesh 30 memiliki tingkat kehalusan yang lebih tinggi. Dari Gambar 7 kita dapat melihat bahwa meningkatnya ukuran mesh (semakin kecil ukurannya atau semakin halus) kopi bubuk maka akan diikuti oleh semakin pekatnya larutan hasil ekstraksi. Secara umum kita dapat mengatakan bahwa ukuran partikel yang semakin kecil akan menghasilkan larutan ekstraksi yang semakin pekat warnanya.

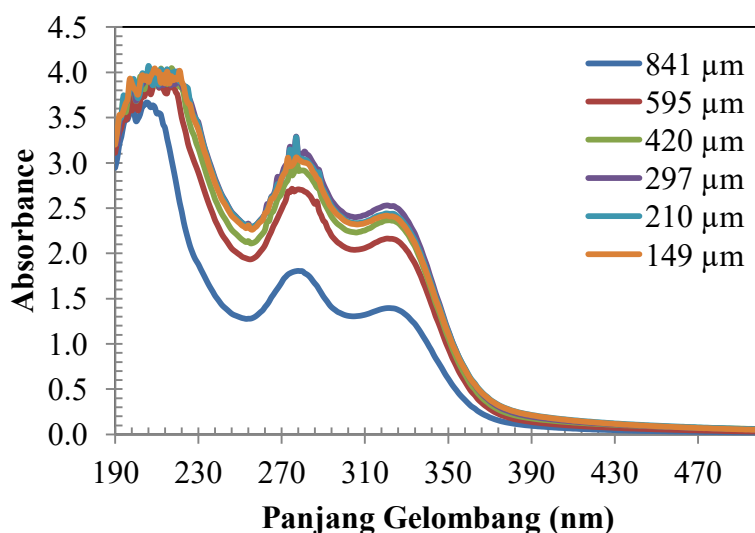


Gambar 7. Larutan hasil ekstraksi untuk ukuran mesh 20 dan 30 (ukuran partikel kopi bubuk 841 μm dan 595 μm).

C.2. Efek ukuran partikel yang berbeda terhadap karakteristik absorban.

Gambar 8 menunjukkan spektra absorban dari kopi bubuk dengan ukuran partikel yang berbeda pada interval 190-500 nm. Dapat terlihat adanya perbedaan intensitas absorban dengan ukuran partikel kopi bubuk yang berbeda. Gambar 8 menjelaskan bahwa semakin kecil ukuran partikel kopi bubuk (semakin halus kopi bubuknya) maka intensitas absorban akan meningkat. Mengapa ini terjadi? Salah satu kemungkinannya adalah perbedaan kualitas ekstraksi larutan kopi menggunakan ukuran partikel kopi bubuk yang berbeda. Saat menggunakan ukuran partikel yang kecil/halus maka proses ekstraksi berlangsung lebih intens dan luasan daerah kontak antara kopi bubuk dengan pelarut (air distilasi) semakin besar menghasilkan larutan ekstraksi yang lebih pekat. Sedangkan kopi bubuk dengan ukuran partikel besar atau kasar maka spektranya memiliki intensitas absorban yang rendah/kecil.

Untuk ukuran partikel kopi bubuk yang sama maka akan menghasilkan intensitas absorban yang kurang lebih sama. Hasil ini sejalan dengan riset sebelumnya pada kopi bubuk tanpa ekstraksi oleh Shan *et al.* (2014). Sehingga dapat dikatakan bahwa ternyata ukuran partikel kopi bubuk pada proses pengambilan ekstrak kopi bubuk sangat berpengaruh terhadap analisis dan kualitas spektra sehingga ke depan pengambilan spektra harus dilakukan menggunakan ukuran partikel yang sama untuk seluruh sampel yang disiapkan.



Gambar 8. Spektra absorban UV-Vis kopi bubuk dengan ukuran partikel yang berbeda pada interval 190-500 nm.

D. Kesimpulan

Sebagai kesimpulan dari riset yang pertama ini adalah ternyata faktor ukuran partikel kopi bubuk sangat berpengaruh terhadap kualitas dan analisis spektra. Sehingga mempersiapkan kopi bubuk sebagai sampel untuk riset berikutnya harus memperhatikan keseragaman ukuran kopi bubuk. Menggunakan ukuran partikel yang kecil atau halus maka proses ekstraksi semakin intens dengan luasan kontak antara sampel kopi bubuk dengan pelarut (air distilasi) berlangsung lebih lama dan menghasilkan larutan ekstraksi yang lebih pekat.

5.2. Penelitian Studi Kualitatif: Penggunaan UV-Vis Spectroscopy dan Metode SIMCA Untuk Klasifikasi Kopi Luwak².

A. Pendahuluan

Setelah mendapatkan informasi yang penting terkait keseragaman ukuran partikel maka pada penelitian selanjutnya dilakukan penelitian untuk mengevaluasi kemampuan UV-Vis spectroscopy dalam proses klasifikasi kopi Luwak, membedakan kopi Luwak dengan kopi campuran yaitu kopi Luwak yang dicampur atau dioplos dengan kopi non-Luwak. Untuk ukuran partikel dengan memperhatikan Ketersediaan ukuran partikel yang paling banyak tersedia dari proses pengayakan dan nilai intensitas absorban yang tinggi maka diputuskan untuk menggunakan ukuran partikel 420 μm. Ukuran partikel ini nilai intensitasnya termasuk yang paling tinggi bersama dengan ukuran

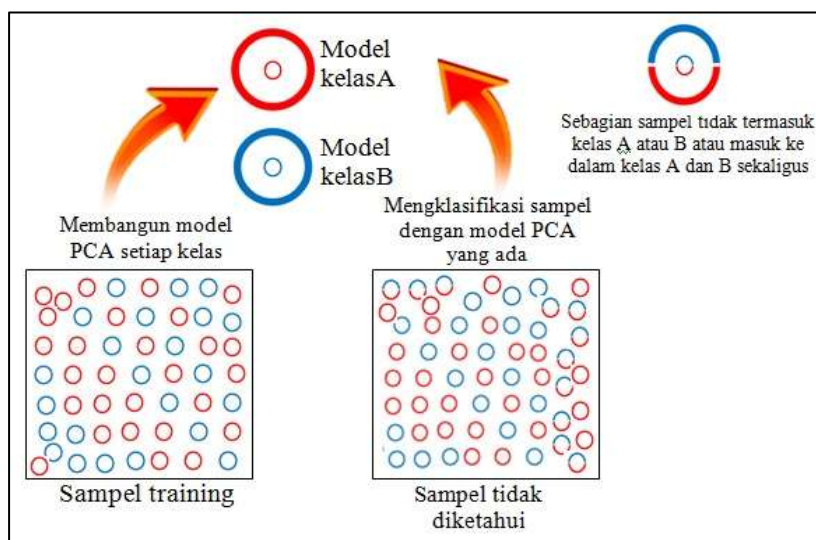
² Hasil penelitian ini telah berhasil dipresentasikan pada seminar internasional The USR International Seminar on Food Security (UISFS) di Bandar Lampung yang akan diadakan pada tanggal 23-25 AUGUST 2016 dengan tema “Improving Food Security : The Challenges for Enhancing Resilience to Climate Change”. Makalah sudah diterima dan saat ini full paper sudah disiapkan. Judul artikel yang akan dipresentasikan adalah: *The Feasibility of Using Ultraviolet-Visible Spectroscopy and Soft Independent Modelling of Class Analogies (SIMCA) for Classification of Indonesian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak)*

partikel 297 μm , 210 μm dan 149 μm . Saat proses pengayakan, ukuran partikel 420 μm yang paling banyak tersedia.

B. Bahan dan Metode

Untuk sampel digunakan 20 sampel kopi dengan perincian sebagai berikut: 10 sampel kopi merupakan sampel kopi Luwak asli tanpa campuran (100% kopi Luwak). Kemudian disiapkan juga 10 sampel kopi campuran yaitu sampel kopi Luwak yang dicampur dengan kopi non-Luwak (pada penelitian ini dengan kopi jenis Arabika) dengan derajat campuran bervariasi dari 10-50%. Setelah sampel kopi disiapkan maka dilanjutkan dengan proses ekstraksi sampel kopi menggunakan air distilasi dengan prosedur mengikuti Souto *et al.* (2015) sebagaimana dijelaskan di atas. Proses pengambilan spektra dilakukan dengan mengambil 2 mL larutan hasil ekstraksi (setelah diencerkan) ke dalam sel kuvet dan pengambilan spektra dilakukan dengan menggunakan alat *UV-Vis spectrometer* (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA).

Untuk proses analisis data maka digunakan metode SIMCA atau soft independent modelling of class analogies. Proses klasifikasi SIMCA merupakan klasifikasi linear berbasis PCA (*principal component analysis atau analisis komponen utama*) (Tominaga, 1999; Rahman *et al.*, 2016). Pada awalnya, pendekatan ini membangun model PCA secara global pada keseluruhan sampel sehingga terlihat pengkelasan (*grouping*) yang mungkin terjadi. SIMCA telah digunakan secara luas untuk studi kualitatif berbasis *UV-Vis spectroscopy* seperti pada proses uji keaslian sampel minyak mentah dan minyak *olive* (Galtier *et al.*, 2011), uji kontaminasi susu (Veleva-Doneva *et al.*, 2010), klasifikasi kesegaran ikan (Rahman *et al.*, 2016) dan uji keaslian kopi Arabika (Souto *et al.*, 2015).



Gambar 9. Visualisasi algoritma klasifikasi berbasis SIMCA.

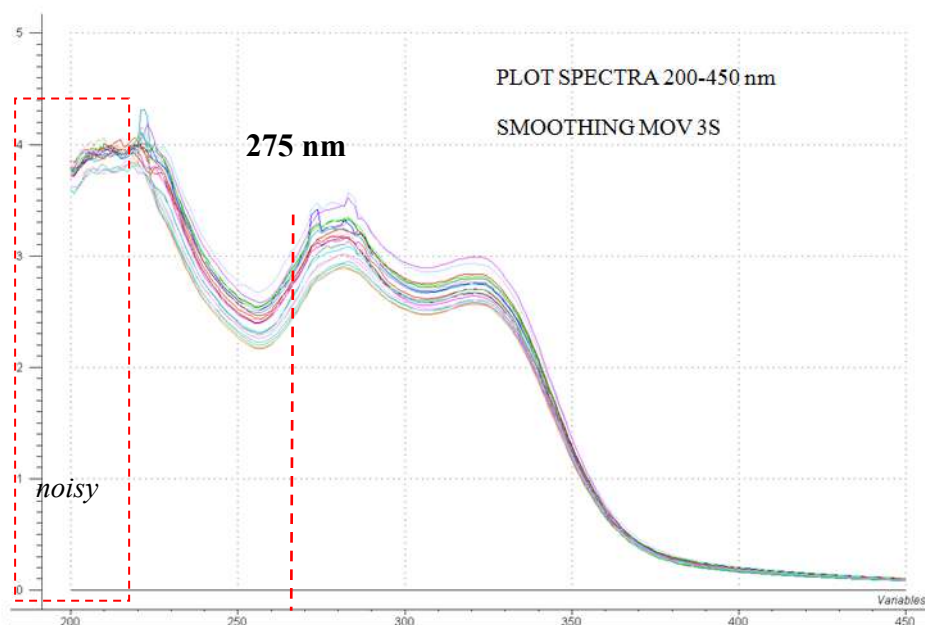
Dalam SIMCA, model PCA dibangun untuk masing-masing kelas (*class*) dalam kumpulan data (sampel *training*). Seperti terlihat pada Gambar 9, model PCA dibangun untuk setiap kelas A

dan kelas B. Proses ini mirip seperti sedang membangun sebuah rumah yang sangat unik di mana setiap rumah memiliki karakteristik yang berbeda satu dengan yang lain. Terlihat pada Gambar 9, model terdapat rumah A dan B yang berbeda. Keunikan setiap model salah satunya ditentukan oleh jumlah komponen utama (PCs) setiap rumah yang berbeda. Setiap model PCA dibangun dengan jumlah komponen utama (PCs) yang memadai untuk mempertahankan sebagian besar variasi dalam setiap kelas. Jumlah komponen utama yang terlibat pada setiap model PCA yang dibangun untuk masing-masing kelas biasanya berbeda. Menentukan jumlah komponen utama yang optimal yang harus dipertahankan untuk masing-masing kelas adalah penting, karena jumlah komponen yang terlalu sedikit dapat mendistorsi informasi yang terkandung dalam data spektra, sedangkan jumlah komponen utama yang terlalu banyak mengakibatkan sebagian informasi yang tidak penting ikut terlibat di dalam model dan bisa mengurangi kemampuan model PCA dalam proses klasifikasi sampel baru.

Setelah model terbentuk, maka sampel baru yang tidak diketahui kemudian diumpankan ke dalam model untuk diklasifikasi apakah termasuk ke dalam kelas A atau kelas B. Seperti terlihat pada Gambar 9, sebagian sampel bisa jadi tidak termasuk ke dalam kelas A dan B atau termasuk ke dalam kelas A dan B sekaligus. Ketepatan klasifikasi kemudian diukur dengan parameter *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity*.

C. Hasil penelitian

C.1. Spektra sampel kopi asli dan campuran

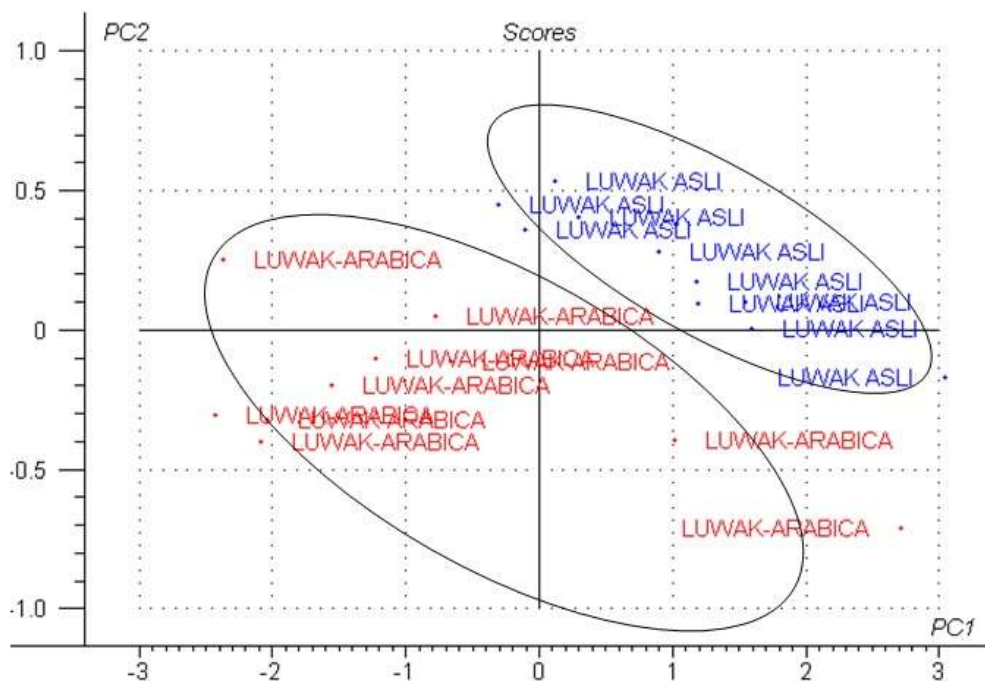


Gambar 10. Plot spektra UV sampel kopi bubuk asli dan campuran pada interval 200-450 nm.

Gambar 10 menunjukkan hasil pengambilan spektra sampel kopi bubuk asli dan campuran untuk 20 sampel pada interval 200-450 nm. Terlihat intensitas absorban memiliki beberapa titik

puncak dan lembah dengan intensitas absorban tertinggi pada panjang gelombang sekitar 230 nm. Namun daerah panjang gelombang 200-230 nm juga terlihat sedikit noisy atau kemungkinan mengandung informasi yang tidak berhubungan langsung dengan sampel kopi. Salah satu *peak* atau puncak terletak pada panjang gelombang 275 nm yang berkorelasi dengan panjang gelombang kafein. Ini bisa menjadi indikasi bahwa proses diskriminasi sampel kopi Luwak asli dan campuran juga ditentukan oleh faktor kandungan kafein.

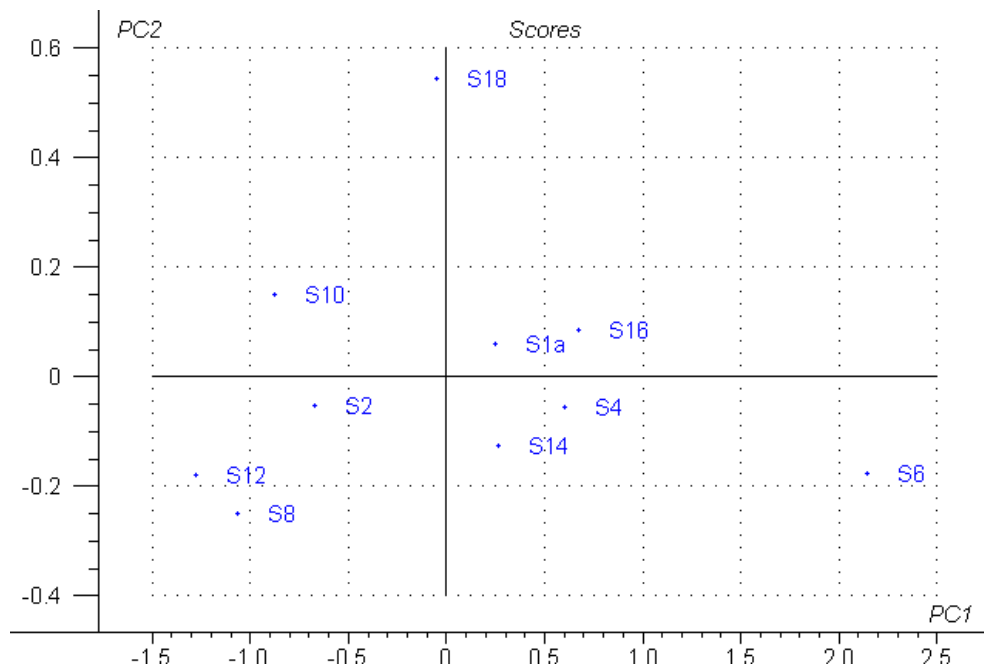
Untuk melihat apakah kopi bubuk Luwak asli dan campuran terdapat perbedaan karakteristik atau tidak maka dilakukan prosedur perhitungan skor komponen utama (*principal components/PCs*) pada 20 spektra tersebut. Dengan analisis komponen utama (*principal components analysis/PCA*) maka akan terlihat plot data 20 spektra tersebut dalam dua dimensi dengan nilai skor PC1 dan PC2 dan seterusnya.



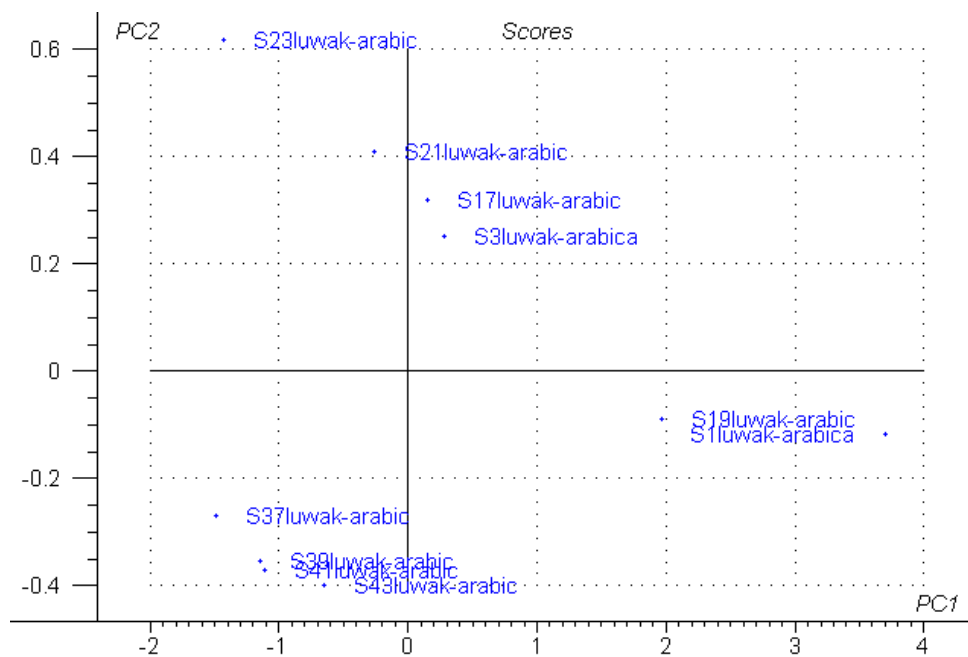
Gambar 11. Plot skor PC1 versus PC2 untuk 20 sampel yang diuji pada panjang gelombang 200-450 nm.

Dapat dilihat pada Gambar 11, sampel kopi dapat dibedakan atas 2 kelas yang berbeda. Kelas A yaitu sampel kopi yang asli Luwak tanpa campuran dapat dibedakan dengan sampel kopi dari kelas B yaitu sampel kopi campuran kopi Luwak dan kopi Arabika (blend). Dari hasil PCA global ini maka kita dapat memulai membuat model SIMCA untuk kelas A dan B. Model SIMCA untuk setiap kelas dibuat menggunakan analisis PCA yang dijalankan untuk sampel pada kelas tertentu saja. Sebagai contoh, untuk model SIMCA A maka dibangun dengan cara menjalankan analisis PCA untuk semua sampel yang masuk ke dalam kelas A (10 sampel Luwak asli). Untuk model

SIMCA B maka dibangun dengan cara menjalankan analisis PCA untuk semua sampel yang masuk ke dalam kelas B (10 sampel Luwak yang dicampur kopi Arabika). Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 12 untuk model SIMCA A dan Gambar 13 untuk model SIMCA B.



Gambar 12. Plot PC1 versus PC2 untuk model SIMCA A untuk kelas A (kopi Luwak asli).



Gambar 13. Plot PC1 versus PC2 untuk model SIMCA B untuk kelas B (kopi Luwak campuran).

Sample	simcaasli10samples	simcaCAMPURAN10samples
S1a	*	
S2	*	
S4	*	
S6	*	
S8	*	
S10	*	
S12	*	
S14	*	
S16	*	*
S18	*	
S1luwak-arabica		*
S3luwak-arabica		*
S17luwak-arabic		*
S19luwak-arabic		*
S21luwak-arabic		*
S23luwak-arabic		*
S37luwak-arabic		*
S39luwak-arabic		*
S41luwak-arabic		*
S43luwak-arabic		*

Gambar 14. Hasil proses uji klasifikasi menggunakan model SIMCA A dan B untuk 20 sampel.

Setelah masing-masing model SIMCA untuk kelas A dan B terbangun maka dilanjutkan dengan menguji kemampuan model tersebut dalam mengklasifikasikan sampel kopi Luwak asli dan campuran. Dengan menggunakan sampel yang sama maka hasil dari proses uji klasifikasi dapat dilihat pada Gambar 14 (pada level signifikansi 10%. Dari Gambar 14 dapat kita lihat ada satu sampel yaitu sampel nomor S16 diklasifikasikan secara keliru karena dikelompokkan ke dalam 2 kelas secara sekaligus (masuk kelas A dan B). namun demikian, untuk sampel yang lainnya model klasifikasi mampu mengelompokkan seluruh sampel hanya ke dalam satu kelas saja (tidak ada yang masuk ke kedua kelas sekaligus). Sebagai contoh untuk seluruh sampel kopi Luwak campuran (tidak asli) dapat dikelompokkan ke dalam kelas B (kopi Luwak yang dicampur Arabica) secara tepat. Demikian juga pada seluruh sampel kopi Luwak asli. Seluruhnya dapat diklasifikasikan secara tepat sesuai kelasnya yaitu kelas A.

Untuk mengevaluasi performansi dari model klasifikasi yang telah dibangun maka dibuatlah *confusion matrix* seperti terlihat pada Tabel 2. Ada tiga parameter yang dihitung yaitu *accuracy*, *sensitivity*, dan *specificity*. Ketiga parameter ini digunakan untuk mengevaluasi apakah model SIMCA yang dibangun itu dapat diterima atau tidak. Dari Tabel 2 ini dapat dilihat bahwa hasil proses klasifikasi sampel kopi kelas A dan B berhasil dan sangat memuaskan di mana seluruh nilai *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity* memiliki nilai lebih dari 90%.

Tabel 2. Confusion matrix dengan nilai *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity* untuk klasifikasi sampel kopi menggunakan SIMCA.

	Kelas A (dikelompokkan oleh model A)	kelas B (dikelompokkan oleh model B)
Kelas A (aktual)	9	1
Kelas B (aktual)	0	10
Accuracy (%)	95%	
Sensitivity (%)	91%	
Specificity (%)	100%	

D. Kesimpulan

Hasil riset ini telah menunjukkan potensi yang dimiliki oleh teknik *UV-Visible spectroscopy* bersama dengan teknik kemometrika (SIMCA) untuk mengidentifikasi keberadaan pencampuran pada kopi Luwak. Hasil uji klasifikasi juga sangat menjanjikan dengan nilai *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity* sebesar 95%, 91% dan 100%. Hasil ini tentu saja membuka jalan bagi aplikasi teknologi *UV-Visible spectroscopy* dan kemometrika sebagai teknologi pengklasifikasi kopi Luwak secara cepat. Teknologi ini dapat digunakan untuk melindungi konsumen dari peredaran kopi Luwak palsu yang telah dicampur dengan kopi bukan Luwak yang lebih murah. Teknologi ini juga akan memberikan kontribusi bagi upaya perlindungan produk unggulan bangsa dari upaya pemalsuan sehingga teknologi ini sangat strategis untuk terus dikembangkan dan dihilirisasi.

5.3. Penelitian Studi Kuantitatif: Deteksi dan Kuantifikasi Adulterant pada Kopi Luwak Menggunakan UV-Vis Spectroscopy dan Kemometrika³.

A. Pendahuluan

Kopi adalah minuman paling populer di dunia (Duarte *et al.*, 2005) dengan konsumsi yang sangat tinggi di negara-negara maju: 4 kg per kapita di US dan 5 kg per kapita di Eropa (http://www.worldmapper.org/posters/worldmapper_1038_coffee_consumption_ver2.pdf). Di sisi lain, produksi kopi sebagian besar berlangsung di negara-negara dunia ketiga. Empat negara berkembang memproduksi lebih dari setengah biji kopi yang dihasilkan oleh dunia: Brasil, Vietnam, Kolombia dan Indonesia adalah empat negara utama penghasil biji kopi dunia. (http://www.worldmapper.org/posters/worldmapper_1037_coffee_production_ver5.pdf).

³ Hasil penelitian ini telah berhasil dipresentasikan pada seminar internasional The USR International Seminar on Food Security (UISFS) di Bandar Lampung yang akan diadakan pada tanggal 23-25 AUGUST 2016 dengan tema "Improving Food Security : The Challenges for Enhancing Resilience to Climate Change". Makalah sudah diterima dan saat ini full paper sudah disiapkan. Judul artikel yang akan dipresentasikan adalah: *Detection and Quantification of Adulteration in Luwak Coffee through Ultraviolet-Visible Spectroscopy Combined with Chemometrics*

Indonesia selain dikenal sebagai penghasil utama kopi jenis Robusta juga memiliki satu jenis kopi yang sangat terkenal yaitu kopi Luwak. Kopi ini merupakan nama untuk kopi baik dari jenis Arabika maupun Robusta yang dimakan oleh binatang Luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*). Luwak hanya memilih dan memakan biji kopi yang benar-benar masak dan terbaik saja. Setelah dimakan Luwak dan mengalami proses fermentasi alami di dalam perut Luwak maka biji kopi akan ikut keluar saat Luwak mengeluarkan kotorannya. Setelah dibersihkan maka biji kopi Luwak dijemur dan diproses lebih lanjut untuk menghasilkan biji kopi Luwak siap jual.

Proses produksi yang unik membuat produksi kopi Luwak sangat terbatas. Diperkirakan selama setahun kopi Luwak di dunia hanya dihasilkan sekitar 250-500 kg saja. Sehingga sangatlah wajar jika kopi Luwak memiliki reputasi sebagai kopi yang paling mahal dan paling sulit diperoleh. Karena nilai kopi Luwak yang demikian mahal, maka deteksi keberadaan bahan bukan kopi Luwak yang ditambahkan ke dalam kopi Luwak asli sangat penting dan strategis. Apalagi kenyataannya, mata telanjang manusia tidak bisa segera membedakan apakah kopi Luwak masih asli atau sudah dicampur oleh kopi bukan Luwak yang lebih murah. Proses ini akan sulit pada bentuk biji kopi yang sudah disangrai dan akan jauh lebih sulit lagi pada kopi bubuk. Keberadaan kopi bukan Luwak yang dicampurkan secara sengaja ke dalam kopi Luwak dimaksudkan untuk mendapatkan keuntungan ekonomi sangatlah merugikan konsumen dan produsen kopi Luwak. Bagi konsumen keberadaan kopi Luwak yang dicampur kopi bukan Luwak jelas merugikan karena konsumen telah membayar mahal untuk kopi Luwak namun memperoleh kopi campuran yang sepenuhnya tidak asli Luwak. Kepuasan konsumen akan berkurang karena mengkonsumsi kopi bukan asli kopi Luwak. Bagi produsen jelas adanya kopi Luwak bukan asli telah merusak reputasi kopi Luwak dan menurunnya kepercayaan konsumen terhadap kopi Luwak dan akhirnya pasar kopi Luwak bisa menurun. Apalagi saat ini menurut laporan yang tidak dipublikasikan hampir sekitar 70% kopi Luwak yang dipasarkan di toko maupun di internet (toko daring) tidak sepenuhnya 100% asli kopi Luwak dan telah dipalsu dengan menambahkan kopi bukan Luwak.

Untuk melindungi keaslian kopi Luwak maka sangat penting untuk membangun sebuah teknik yang mudah yang digunakan untuk mendeteksi sekaligus mengkuantifikasi keberadaan bahan bukan kopi Luwak yang biasanya dicampurkan ke dalam kopi Luwak asli. Saat ini bisa dikatakan tidak ada metode yang bisa diterima secara internasional untuk memverifikasi apakah kopi tertentu itu asli kopi Luwak atau bukan. Secara tradisional aroma kopi digunakan untuk mengkarakterisasi kualitas kopi dan membedakan apakah kopi tertentu asli kopi Luwak atau bukan. Ini biasanya melibatkan beberapa panelis terlatih yang mengevaluasi profil aroma kopi. Hanya saja teknik ini memiliki banyak keterbatasan. Sebagai contoh, beberapa panelis yang dilibatkan dalam penilaian keaslian kopi Luwak subyektivitasnya sangat tinggi sehingga variasi antar panelis bisa sangat tinggi pula. Untuk melatih para panelis sehingga meminimalkan variasi penilaian juga

tidaklah mudah (Shilbayeh and Iskandarani, 2004). Teknik *human sensorik* juga sulit digunakan untuk memverifikasi keaslian kopi Luwak ketika jumlah bahan bukan kopi Luwak yang ditambahkan sangatlah kecil persentasenya, seperti di bawah 10%. Maka sebagai negara berkembang yang menjadi salah satu penghasil kopi Luwak dunia maka Indonesia baru saja memulai upaya pengembangan beragam teknologi maju untuk mendukung pengolahan kopi Luwak. Salah satu teknologi yang sedang diupayakan adalah teknologi untuk proses sertifikasi kopi Luwak. Teknologi yang mampu mendeteksi sekaligus mengkuantifikasi adanya bahan bukan kopi Luwak yang ditambahkan ke dalam kopi Luwak asli. Di dalam penelitian ini kami mencoba menggunakan teknologi berbasis optik *UV-Visible spectroscopy* yang dikombinasikan dengan teknik regresi PLS untuk mendeteksi dan mengkuantifikasi keberadaan *adulterant* (adanya bahan bukan kopi Luwak) yang biasanya ditambahkan ke dalam kopi Luwak.

B. Bahan dan Metode

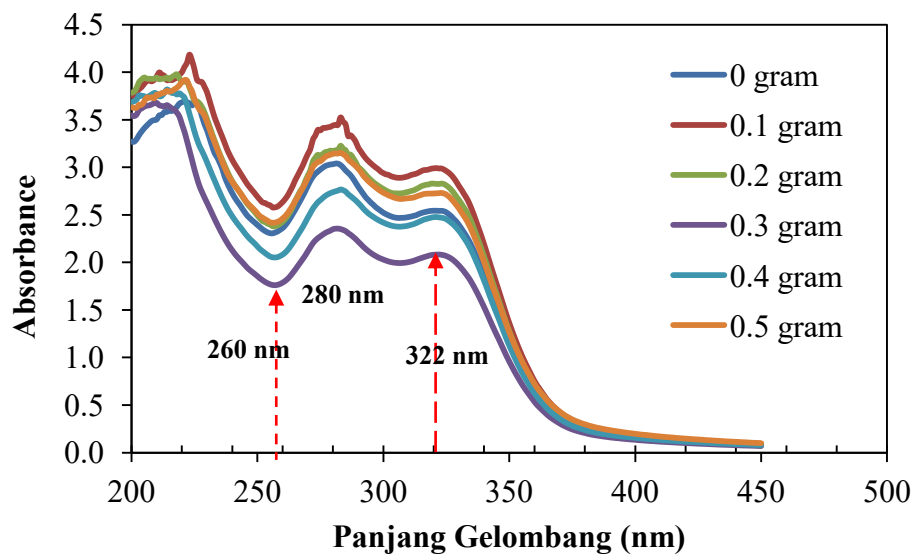
Untuk sampel digunakan 30 sampel kopi dengan perincian sebagai berikut: 5 sampel kopi merupakan sampel kopi Luwak asli tanpa campuran (100% kopi Luwak). Kemudian disiapkan juga 25 sampel kopi campuran (blend) yaitu sampel kopi Luwak yang dicampur dengan kopi non-Luwak (pada penelitian ini dengan kopi jenis Arabika) dengan derajat campuran bervariasi dari 10-50%. Setelah sampel kopi disiapkan maka dilanjutkan dengan proses ekstraksi sampel kopi menggunakan air distilasi dengan prosedur mengikuti Souto *et al.* (2015) sebagaimana dijelaskan di atas. Proses pengambilan spektra dilakukan dengan mengambil 2 mL larutan hasil ekstraksi (setelah diencerkan) ke dalam sel kuvet dan pengambilan spektra dilakukan dengan menggunakan alat *UV-Vis spectrometer* (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA).

Untuk menginvestigasi korelasi atau hubungan antara data spektra dengan konsentrasi bahan yang dicampurkan (*adulterant*) pada kopi Luwak maka digunakan metode regresi PLS (*partial least squares*). Seperti diketahui, data spektra adalah data yang sangat *multivariate* dengan ratusan peubah, berisi informasi yang saling tumpang tindih antara informasi yang dibutuhkan dan informasi yang sama sekali tidak ada kaitannya dengan *adulterant* pada kopi Luwak. Di sinilah pentingnya menggunakan metode regresi PLS di mana ide dasar dari PLS adalah sebuah metode *multivariate* yang mampu mengekstraks informasi yang benar-benar berkaitan dengan target *response* yang sedang dikaji dalam hal ini adalah konsentrasi bahan yang dicampurkan ke dalam kopi Luwak asli. PLS akan menggantikan peubah spektra dan membuat peubah baru yang dikenal sebagai faktor laten (*LV-latent variables*) di mana jumlah peubah faktor laten antara 5-10 peubah saja tapi dengan tetap mempertahankan sebesar mungkin (mendekati 100%) varian yang ada di dalam peubah awal (data spektra) (Dykstra, 1983). Saat ini metode regresi PLS telah secara luas digunakan untuk mengatasi data *multivariate* dan kompleks baik untuk studi kualitatif maupun studi kuantitatif (Suhandy *et al.*, 2012; Shan *et al.*, 2014).

Pada studi yang dilakukan kali ini, metode regresi PLS akan dibangun menggunakan perangkat lunak pengolah data *multivariate* The Unscrambler® version 9.7 (CAMO, Oslo, Norway). Untuk mengevaluasi signifikansi level dari model PLS yang dibangun maka akan digunakan *a student's t-test* menggunakan *Statistical Package for the Social Science (SPSS)* version 11.0 for Windows.

C. Hasil Penelitian

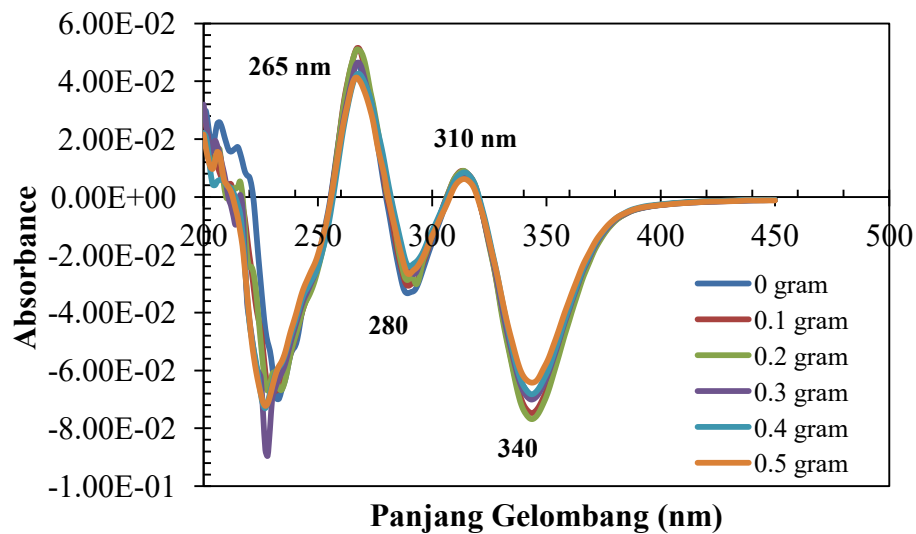
Gambar 15 menunjukkan data spektra (original, tanpa *pre-processing*) kopi campuran (*blend*) Luwak-Arabica pada interval 200-450 nm. Terlihat ada perbedaan intensitas absorban karena adanya perbedaan konsentrasi bahan yang ditambahkan ke dalam kopi Luwak asli (dalam hal ini yaitu konsentrasi kopi Arabika). Namun demikian, perbedaan absorban tersebut terlihat tidak konsisten dan bisa jadi perbedaan intensitas absorban tidak hanya dikarenakan oleh konsentrasi kopi Arabica dalam kopi Luwak tapi juga karena adanya perbedaan *baseline*. Untuk melihat efek *baseline* maka spektra original dimodifikasi atau diolah lebih lanjut menggunakan algoritma *smoothing* dan *derivation* (Savitzky-Golay 1st derivative with polynomial order 2 dan *smoothing* with number of segments 11). Hasil proses modifikasi spektra dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 15. Spektra original kopi campuran (Luwak-Arabica) dengan konsentrasi kopi Arabika yang berbeda pada interval 200-450 nm.

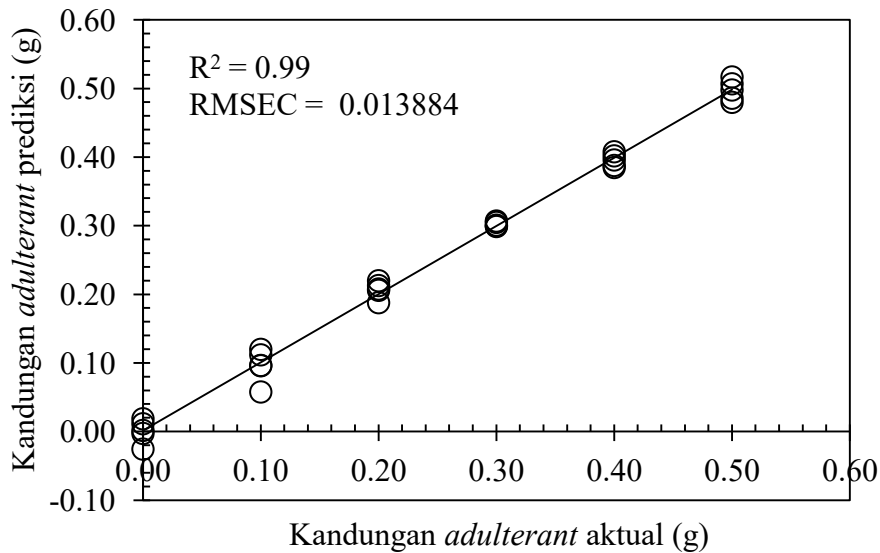
Dari Gambar 16 kita bisa melihat bahwa pada hakikatnya spektra data dengan konsentrasi *adulterant* (kopi Arabika) yang berbeda masih sulit dibedakan setiap spektranya. Ini menunjukkan betapa pentingnya metode analisis *multivariate* seperti regresi PLS untuk mengekstrak informasi yang sedemikian saling tumpang tindih tersebut. Dari Gambar 15 dan 16 juga kita melihat ada beberapa *peak* dengan nilai absorban tinggi yang bisa jadi memiliki korelasi yang kuat dengan

konsentrasi kopi Arabika sebagai *adulterant*. Khusus *peak* pada panjang gelombang 280 nm, ini muncul baik di Gambar 15 dan 16 dan panjang gelombang ini mungkin berkaitan dengan *absorbance* untuk zat kafein (Belay *et al.*, 2008).

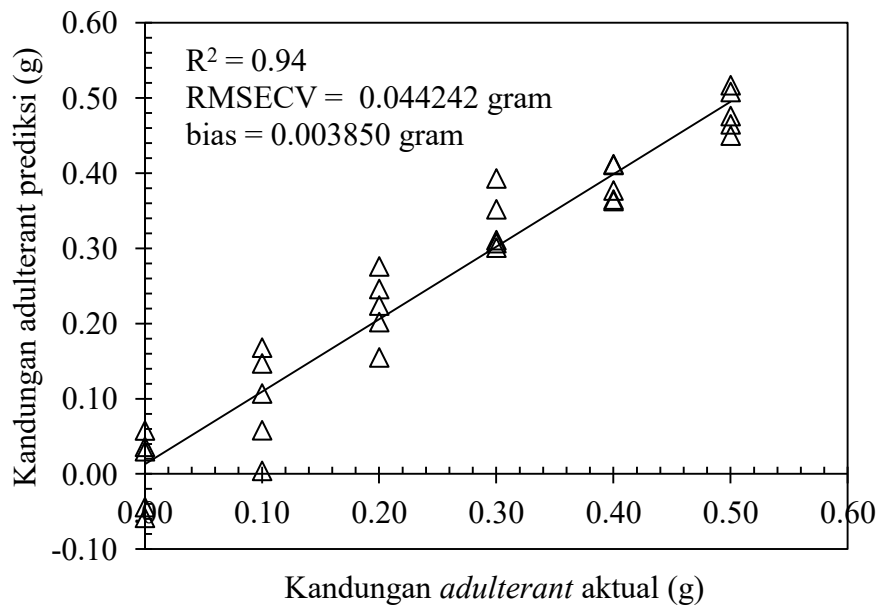


Gambar 16. Spektra *pre-processing* (*smoothing + Savitzky-Golay derivation*) dari kopi campuran (Luwak-Arabika) dengan jumlah *adulterant* (Arabika) yang berbeda pada interval 200-450 nm.

Setelah analisis data spektra dilakukan, dilanjutkan dengan analisis kuantitatif untuk memprediksi kandungan kopi Arabika yang ditambahkan ke dalam kopi Luwak. Untuk ini kita membangun model regresi PLS dengan panjang gelombang pada interval 200-450 nm (*UV-visible*) dijadikan sebagai prediktor atau peubah bebas (peubah x) dan kandungan kopi Arabika pada campuran kopi Luwak-Arabika sebagai peubah y atau target *response*. Gambar 17 menunjukkan hasil dari pengembangan model regresi PLS untuk prediksi kandungan campuran kopi Arabika pada kopi Luwak pada tahapan kalibrasi model. Dapat dilihat dari Gambar 17 adanya korelasi yang sangat kuat antara kandungan kopi Arabika (*adulterant*) aktual dengan nilai hasil prediksi menggunakan model regresi PLS. Koefisien determinasi sangat tinggi yaitu $R^2 = 0.99$ dan nilai RMSEC yang rendah yaitu RMSEC = 0.013884 gram. Model regresi PLS ini sangat tervalidasi dengan baik sebagaimana diperlihatkan di Gambar 18. Hasil *cross-validation* diperoleh nilai rendah untuk RMSECV = 0.044242 gram dan bias = 0.003850 gram.



Gambar 17. *Scatter plot* antara kandungan *adulterant* aktual dengan *adulterant* hasil prediksi model regresi PLS pada tahap kalibrasi di panjang gelombang 200-450 nm.

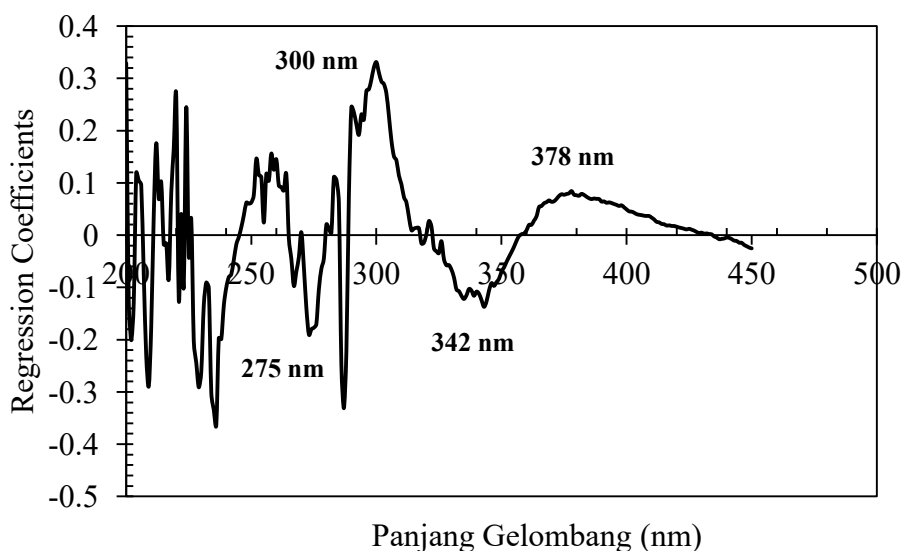


Gambar 18. *Scatter plot* antara kandungan *adulterant* aktual dengan *adulterant* hasil prediksi model regresi PLS pada tahap validasi di panjang gelombang 200-450 nm.

Dengan menggunakan uji *t-test* pada taraf kepercayaan 95%, tidak ada beda antara nilai kandungan *adulterant* aktual (kopi Arabika yang ditambahkan ke kopi Luwak asli) dengan nilai hasil prediksi menggunakan model regresi PLS yang berhasil dibangun. Ini menunjukkan bahwa

model regresi PLS yang dibangun dari data *UV-Vis spectroscopy* berhasil digunakan untuk mendeteksi dan sekaligus mengkuantifikasi adanya bahan *adulterant* di dalam kopi Luwak yang dicampur dengan kopi Arabika.

Hanya saja model regresi berbasis PLS adalah persamaan matematik yang melibatkan banyak sekali peubah. Dalam hal ini model regresi yang dibangun untuk mendeteksi *adulterant* kopi Luwak melibatkan lebih dari 100 peubah. Selain sulit untuk memahami mekanisme bagaimana persamaan itu bekerja mendeteksi dan menghitung *adulterant*, persamaan dengan banyak sekali peubah juga rentan untuk *over-fitting*. Untuk memahami struktur persamaan model regresi PLS ini maka plot antara panjang gelombang dalam rentang 200-450 nm dan nilai koefisien regresi masing-masing panjang gelombang disajikan pada Gambar 19. Panjang gelombang dengan nilai koefisien regresi yang besar baik itu positif maupun negatif menunjukkan bahwa panjang gelombang tersebut penting dan menentukan model tersebut. Sebaliknya semakin kecil nilai koefisien regresi maka panjang gelombang tersebut bisa saja diabaikan dalam perhitungan menggunakan model tersebut. Pada Gambar 19 juga kita berhasil mengidentifikasi beberapa panjang gelombang dengan nilai koefisien regresi yang tinggi seperti pada panjang gelombang 275 nm, 300 nm, 342 nm dan 378 nm. Untuk panjang gelombang 275 nm mungkin berkaitan erat dengan absorpsi kafein pada kopi sebagaimana dilaporkan oleh Souto *et al.* (2010).



Gambar 19. Plot koefisien regresi dan panjang gelombang pada model PLS untuk penentuan kandungan *adulterant* pada campuran kopi Luwak-Arabika.

D. Kesimpulan

Studi yang sudah dilakukan ini telah berhasil memperlihatkan potensi yang menjanjikan dari penggunaan teknologi *UV-Visible spectroscopy* dan regresi PLS untuk mendeteksi dan sekaligus mengkuantifikasi kandungan *adulterant* pada campuran kopi Luwak-Arabika. Model PLS yang dibangun memperlihatkan korelasi yang sangat kuat dengan nilai $R^2 = 0.99$. Validasi dengan *cross-validation* juga menghasilkan nilai *bias* yang rendah. Dengan uji *t-test* pada taraf kepercayaan 95%, tidak ada beda antara nilai kandungan *adulterant* aktual (kopi Arabika yang ditambahkan ke kopi Luwak asli) dengan nilai *adulterant* hasil prediksi menggunakan model regresi PLS yang berhasil dibangun. Hasil ini telah membuka aplikasi *UV-Visible spectroscopy* untuk analisis keaslian kopi Luwak secara cepat dan murah.

5.4. Penggunaan Metode Discriminant Partial Least Squares (DPLS) dan Data Spektra di Daerah Ultraviolet-Cahaya Tampak Untuk Penggolongan Kopi Luwak⁴.

A. Pendahuluan

Kopi luwak (*Indonesian palm civet coffee*) merupakan salah satu kopi terbaik dan termahal saat ini (Howell, 2013). Proses produksinya unik. Biji kopi yang terbaik dan tepat masak saja yang dimakan hewan luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*). Biji kopi yang ikut termakan hewan luwak mengalami proses fermentasi khas di dalam pencernaan hewan luwak dan kemudian keluar bersama feses luwak. Setelah dibersihkan dan dikeringkan kopi luwak siap diproses lebih lanjut untuk menjadi kopi terbaik dari sisi rasa dan tersulit dicari karena produksinya yang sangat terbatas (Marcone, 2004).

Meskipun masih diperdebatkan, kopi luwak bisa kita kelompokkan ke dalam kopi *specialty* merujuk kepada dua alasan. Pertama, kopi luwak bisa memberikan pendapatan lebih kepada petani kopi karena harga kopi luwak yang sangat tinggi. Kedua dari sisi konsumen maka penikmat kopi luwak bisa mendapatkan kepuasan tersendiri saat mengkonsumsi kopi luwak (Steiman, 2013). Namun pada kenyataannya, pengembangan kopi luwak sebagai kopi *specialty* bisa terancam dengan kehadiran kopi luwak yang dicampur kopi bukan luwak. Seorang ahli kopi terlatih bisa secara mudah membedakan biji kopi luwak dan bukan luwak dari parameter ukuran dan warna biji kopi. Namun demikian setelah proses penyangraian dan penggilingan (kopi bubuk), tampilan fisik bentuk dan warna sebagai parameter pembeda biji kopi luwak dan bukan luwak menjadi hilang. Sehingga proses identifikasi kopi sangrai dan kopi bubuk membutuhkan metode alternatif (Kemsley *et al.*, 1995). Situasinya menjadi semakin sulit karena saat ini belum tersedia metode yang bisa diterima secara internasional untuk uji keaslian kopi luwak (Jumhawan *et al.*, 2013).

⁴ Hasil penelitian ini sudah dikirimkan untuk diterbitkan di jurnal Teknik Pertanian (JTEP) PERTETA IPB (status terakhir per 8 November 2016 adalah *under review*).

Untuk kopi luwak, investigasi uji keaslian masih sangat sedikit dilaporkan. Jumhawan *et al.* (2013) menggunakan *gas chromatography* dan *quadruple mass-spectrometry* (GC-Q/MS) untuk membedakan kopi luwak dan kopi biasa dengan koefisien determinasi (R^2) diperoleh sebesar 0.965. Selain mahal, metode GC-Q/MS juga melibatkan proses ekstraksi sampel kopi dengan bahan kimia (tidak bebas bahan kimia). Metode spektroskopi di daerah ultraviolet-cahaya tampak (UV-Visible) sangat potensial untuk dikembangkan di Indonesia sebagai metode analisis untuk uji keaslian kopi luwak. Selain sudah terbukti secara ilmiah bahwa spektra di daerah ultraviolet-cahaya tampak berkorelasi dengan kopi (Souto *et al.*, 2015), hilirisasi teknologi uji keaslian kopi luwak berbasis metode ini juga sangat memungkinkan karena melibatkan alat yang terjangkau harganya dan proses ekstraksi yang murah dan bebas bahan kimia (hanya melibatkan air distilasi). Sehingga pada penelitian ini dilakukan investigasi penggunaan metode analisis berbasis data spektra di daerah ultraviolet-cahaya tampak dan metode DPLS untuk membedakan kopi luwak asli dan kopi luwak yang dicampur kopi bukan luwak.

B. Bahan dan Metode

1. Sampel kopi

Pada penelitian ini digunakan dua jenis kopi yaitu kopi luwak yang digunakan untuk membuat sampel kopi luwak asli dan kopi arabika yang digunakan untuk membuat sampel kopi campuran luwak-arabika. Sampel kopi diperoleh melalui petani kopi mitra penelitian di daerah Liwa Provinsi Lampung. Sampel kopi disangrai pada kondisi yang sama untuk semua sampel dan digiling untuk mendapatkan kopi bubuk. Riset sebelumnya menunjukkan ukuran partikel kopi bubuk berpengaruh terhadap kualitas spektra (Suhandy *et al.*, 2016). Pada penelitian ini digunakan ukuran partikel yang sama yaitu 420 μm dengan cara mengayak kopi bubuk menggunakan ayakan No. 40 dan diayak selama 10 menit menggunakan mesin pengayak (CSC Scientific Company, Inc. USA). Sampel kopi yang disiapkan sebanyak 60 sampel yang terdiri atas 27 sampel kopi luwak asli (tanpa campuran kopi arabika) dan 33 sampel kopi luwak yang dicampur kopi arabika (persentase campuran arabika 10-50%). Untuk proses membangun model DPLS dan pengujiannya maka sampel dibagi menjadi dua grup. Grup pertama adalah sampel untuk membangun model DPLS sebanyak 38 sampel (terdiri atas 15 sampel kopi luwak asli dan 23 sampel kopi luwak yang dicampur kopi arabika). Grup kedua adalah sampel kopi untuk menguji model DPLS yang dikenal juga sebagai sampel prediksi sebanyak 22 sampel (terdiri atas 12 sampel kopi luwak asli dan 10 sampel kopi luwak yang dicampur kopi arabika). Pengambilan spektra sampel kopi dilakukan pada bentuk larutan atau seduhan kopi dengan menggunakan proses ekstraksi pada setiap sampel kopi. Prosedur ekstraksi sampel kopi dilakukan dengan mengacu kepada Souto *et al.* (2015) dan Suhandy *et al.* (2016).

2. Pengambilan spektra sampel kopi pada panjang gelombang 190-700 nm

Spektra di daerah ultraviolet-cahaya tampak (*UV-Visible*) dengan rentang panjang gelombang 190-700 nm diambil menggunakan alat spektrometer UV-Vis (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA). Spektrometer ini menggunakan lampu Xenon sebagai sumber cahaya dan silikon (Si) sebagai detektor. Pengukuran spektra dilakukan dengan mengambil larutan sampel kopi hasil ekstraksi dan sudah diencerkan sebanyak 3 mL ke dalam sel kuvet dengan tebal 10 mm. Pengambilan spektra untuk sampel dan referensi dilakukan dengan mode transmisi dengan resolusi spektra sebesar 1 nm. Untuk data spektra referensi diperoleh dengan cara mengukur spektra air distilasi. Nilai absorban spektra sampel dihitung dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut (Suhandy *et al.*, 2012):

$$A(\lambda) = -\log_{10} \frac{S(\lambda)}{R(\lambda)} \dots\dots\dots(1)$$

Di mana: $A(\lambda)$ adalah nilai absorban sampel pada panjang gelombang λ , $S(\lambda)$ merupakan nilai intensitas cahaya sampel pada panjang gelombang λ , dan $R(\lambda)$ merupakan nilai intensitas cahaya referensi pada panjang gelombang λ .

3. Metode DPLS (*discriminant partial least squares*)

Perhitungan metode DPLS dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolahan data berpeubah banyak The Unscrambler versi 9.8 (CAMO AS, Norwegia). Secara umum DPLS merupakan salah satu metode kemometrika yang digunakan untuk proses diskriminasi sampel. Data hasil pengambilan spektra merupakan data berpeubah banyak (melibatkan ratusan hingga ribuan data panjang gelombang sebagai peubah x atau prediktor). Data spektra tersebut biasanya digunakan untuk memprediksi satu atau beberapa respon atau target (peubah y). Pada penelitian ini, data spektra dari panjang gelombang 190-700 nm melibatkan 511 peubah panjang gelombang (peubah x). Data ini kemudian digunakan untuk memprediksi jenis kopi (kopi luwak asli atau kopi luwak campuran) sebagai peubah target atau respon (peubah y).

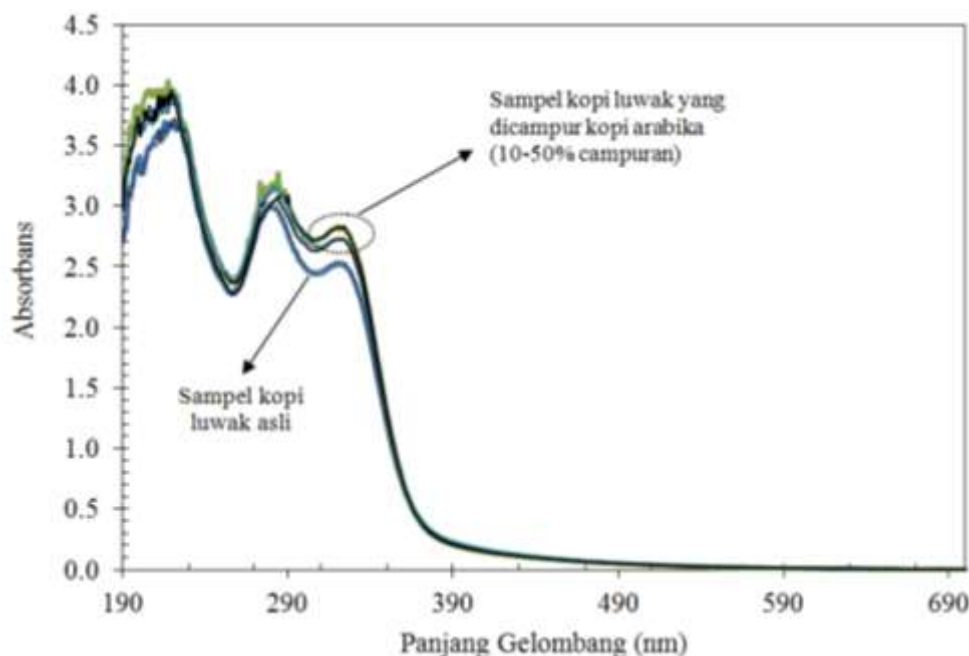
Secara ringkas metode DPLS merupakan modifikasi dari metode regresi PLS yang diawali dengan dekomposisi data matriks pada peubah x dan y menjadi dua matriks baru bernama matriks skor dan matriks loading (Berrueta *et al.*, 2007). Proses dekomposisi ini mentransformasi peubah x (yang jumlahnya ratusan tersebut) menjadi hanya beberapa peubah baru yang bernama peubah laten (*latent variables*) atau dikenal juga sebagai faktor PLS. Hal yang krusial saat proses dekomposisi ini adalah penentuan jumlah peubah laten yang optimal sehingga mampu menghadirkan matriks yang mampu menjelaskan sebesar mungkin variasi pada sampel. Pada penelitian ini jumlah optimal peubah laten dievaluasi menggunakan metode *full-cross-validation* (Roggo *et al.*, 2003) atau dikenal juga sebagai metode *leave-one-out cross-validation*. Untuk model diskriminasi berbasis DPLS, maka peubah y (jenis kopi apakah kopi luwak asli atau kopi luwak yang telah dicampur kopi

arabika) diberi nilai sebagai berikut: nilai 1 untuk kopi luwak asli (tanpa campuran) dan nilai 2 untuk kopi luwak yang telah dicampur kopi arabika.

C. Hasil Penelitian

1. Analisis data spektra kopi luwak asli dan kopi luwak campuran

Gambar 20 menunjukkan spektra dari sampel luwak asli (0% arabika) dan kopi luwak yang sudah dicampur kopi arabika (10-50% arabika). Tampak bahwa kedua jenis kopi memiliki bentuk spektra yang sangat identik. Dapat dilihat bahwa pada panjang daerah cahaya tampak (*visible*) intensitas absorban sangat kecil bila dibandingkan dengan intensitas absorban di daerah ultraviolet. Di daerah ultraviolet terdapat perbedaan spektra antara kopi luwak asli dan kopi luwak yang dicampur kopi arabika khususnya pada panjang gelombang 275-335 nm. Meskipun perbedaan tersebut tidak terlalu besar namun kita bisa melihat sampel kopi luwak yang dicampur kopi arabika memiliki nilai intensitas absorban lebih tinggi dibandingkan dengan spektra kopi luwak asli.

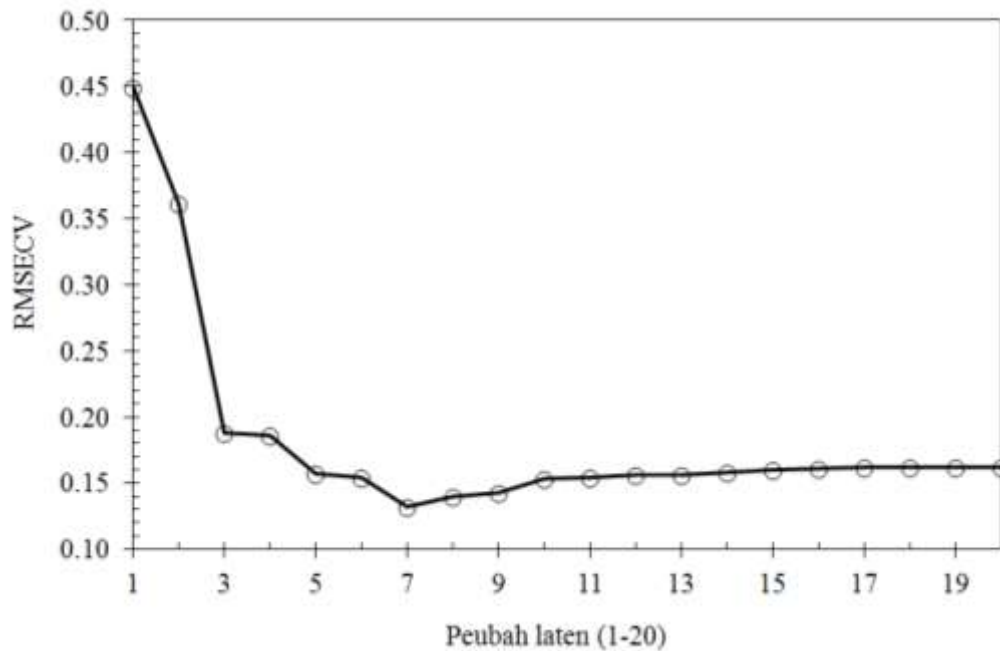


Gambar 20. Spektra asli (*original spectra*) sampel kopi luwak asli dan kopi luwak yang dicampur kopi arabika pada panjang gelombang 190-700 nm.

2. Pengembangan model kalibrasi dan validasi dengan metode DPLS

Jumlah peubah laten yang terlibat dalam model kalibrasi DPLS sangat penting untuk diperhatikan. Jika peubah laten jumlahnya sangat banyak atau sangat sedikit akan berpengaruh terhadap kemampuan model DPLS dalam memprediksi sampel baru (*unknown samples*). Kasus *over-fitting* adalah salah satu akibat dari ketidaktepatan dalam menentukan jumlah peubah laten dalam model DPLS. Pada penelitian ini, untuk menentukan jumlah peubah laten yang terlibat dalam model DPLS, maka nilai *root mean square error of cross validation* (RMSECV) digunakan sebagai

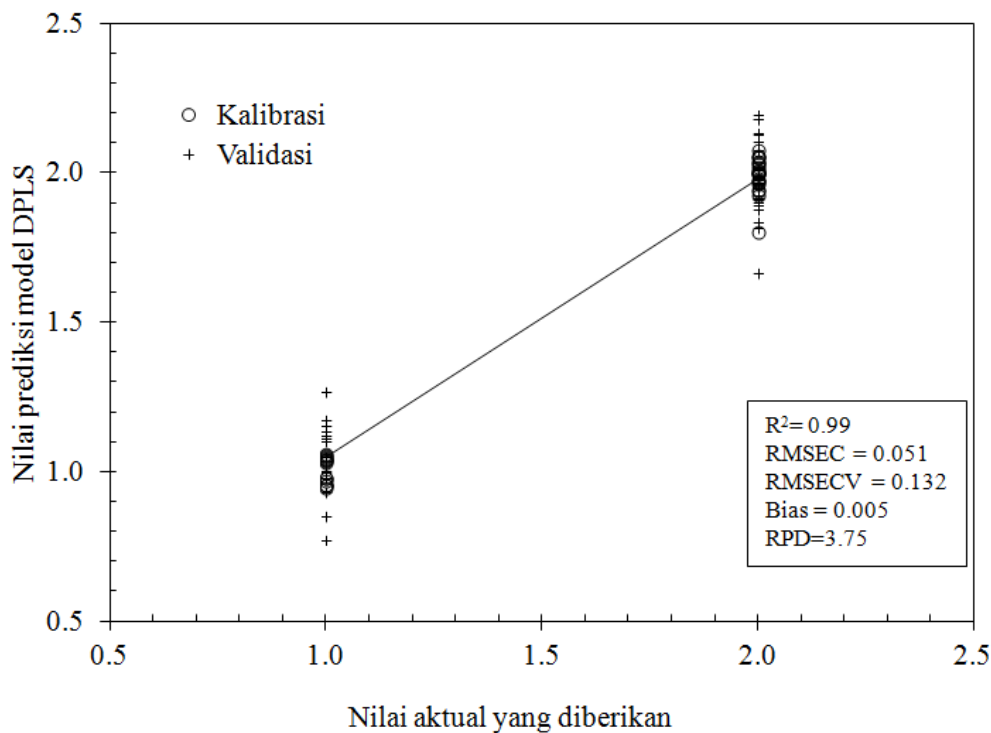
kriteria (Chen *et al.*, 2012; Mantanus *et al.*, 2010). Jumlah peubah laten yang terlibat ditentukan pada saat nilai RMSECV mencapai nilai yang paling kecil. Seperti tampak pada Gambar 21, awalnya nilai RMSECV sangat tinggi sebesar 0.45 dan terus berkurang seiring bertambahnya peubah laten yang terlibat pada model DPLS. Pada saat peubah laten berjumlah 7, nilai RMSECV mencapai nilai terendah sebesar 0.13. Setelah itu seiring dengan meningkatnya jumlah peubah laten maka nilai RMSECV cenderung naik meskipun sangat kecil. Sehingga pada penelitian ini model DPLS yang dipakai adalah model DPLS dengan jumlah peubah laten sebanyak 7 buah.



Gambar 21. Plot peubah laten (1-20) dengan nilai RMSECV untuk penentuan jumlah optimal peubah laten.

Gambar 22 menunjukkan model kalibrasi dan validasi untuk model DPLS dengan 7 peubah laten. Dapat terlihat, model DPLS dengan 7 peubah laten memiliki nilai $R^2 = 0.99$ dengan nilai *root mean square error of calibration* (RMSEC) sebesar 0.051. Model DPLS kemudian divalidasi menggunakan metode *full-cross validation* di mana sampel yang digunakan untuk membangun model DPLS (38 sampel) juga digunakan untuk melakukan validasi model. Dari Gambar 22 terlihat bahwa validasi model menghasilkan nilai *root mean square error of cross validation* (RMSECV) sebesar 0.132 dengan bias yang kecil sebesar 0.005. Untuk evaluasi model dan hasil prediksi juga digunakan parameter RPD (*ratio to prediction*) di mana diperoleh dengan cara membagi nilai standar deviasi sampel kalibrasi atau prediksi dengan nilai RMSEC atau RMSEP yang diperoleh. Model yang baik dan tangguh memiliki nilai RPD lebih dari 3 (Williams and Sobering, 1996; Malley *et al.*, 2002; Lorenzo *et al.*, 2009). Untuk kalibrasi model kita peroleh nilai RPD yang tinggi

(RPD = 3.75). Merujuk nilai RPD maka model DPLS yang dibangun memenuhi syarat untuk dikatakan sebagai model yang tangguh (*robust model*).

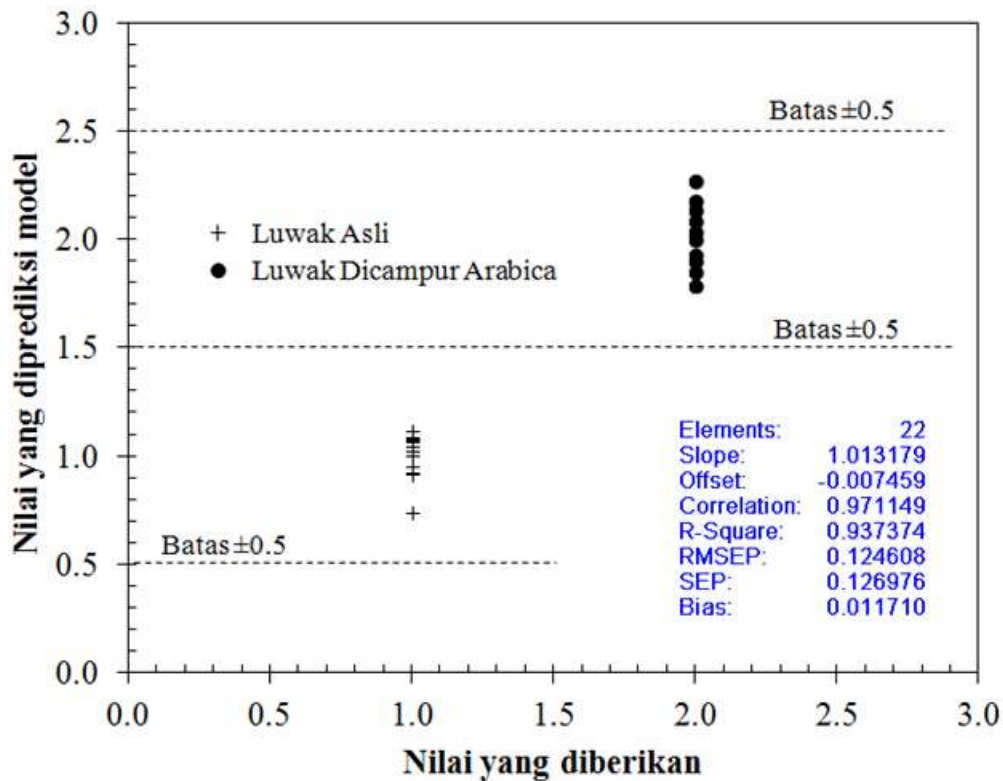


Gambar 22. Plot model kalibrasi dan validasi DPLS menggunakan 7 peubah laten pada panjang gelombang 190-700 nm.

3. Prediksi jenis kopi luwak menggunakan model DPLS

Gambar 23 menunjukkan hasil prediksi kopi luwak asli dan campuran menggunakan model DPLS pada sampel prediksi (22 sampel baru) yang berbeda dengan sampel yang digunakan pada saat membangun model DPLS. Terlihat sampel prediksi terkelompokkan ke dalam 2 grup berbeda yaitu kopi luwak asli sebanyak 12 sampel (dengan tanda +) dan kopi luwak yang dicampur kopi arabika sebanyak 10 sampel (dengan tanda o). Untuk mengevaluasi apakah sampel prediksi terklasifikasi dengan benar sesuai grupnya maka digunakan nilai ± 0.5 sebagai batasan. Untuk sampel kopi luwak asli maka jika nilainya prediksinya antara 0.5 dan 1.5 akan dikelompokkan sebagai kopi luwak asli (*correctly classified*). Untuk sampel kopi luwak yang dicampur kopi arabika maka jika nilai prediksinya antara 1.5 dan 2.5 akan dikelompokkan sebagai kopi luwak yang dicampur kopi arabika (*correctly classified*). Dari Gambar 23 tampak bahwa model DPLS yang dibangun mampu memprediksi dengan akurat (ketepatan klasifikasi 100%) seluruh sampel prediksi di mana seluruh sampel berada pada batas kelasnya masing-masing. Model DPLS yang dibangun dengan 7 peubah laten mampu membedakan antara kopi luwak asli (tanpa campuran) dengan kopi luwak yang dicampur kopi arabika. Ini menunjukkan potensi penggunaan data spektra di daerah

ultraviolet-cahaya tampak dan metode DPLS dalam uji keaslian produk kopi luwak (*civet coffee authenticity*).



Gambar 23. Plot nilai prediksi untuk kopi luwak asli dan kopi luwak yang dicampur kopi arabika yang diprediksi menggunakan model DPLS.

D. Simpulan

Pada penelitian ini, model diskriminasi menggunakan data spektra di daerah ultraviolet-cahaya tampak bersama dengan metode DPLS telah berhasil membedakan kopi luwak asli dan kopi luwak campuran. Model DPLS dengan spektra asli dibangun dengan algoritma regresi PLS dan model dengan peubah laten sebesar 7 dipilih sebagai model DPLS untuk memprediksi sampel kopi dan membedakannya ke dalam dua kelas berbeda yaitu kelas kopi luwak asli dan kopi luwak campuran. Model DPLS yang dibangun mampu memprediksi dengan akurat seluruh sampel prediksi dan membedakan antara kopi luwak asli (tanpa campuran) dengan kopi luwak yang dicampur kopi arabika dengan ketepatan klasifikasi mencapai 100%. Hasil riset ini menunjukkan spektroskopi ultraviolet-cahaya tampak dan metode DPLS dapat digunakan sebagai salah satu metode cepat untuk mendeteksi adanya pemalsuan kopi luwak yang harganya mahal menggunakan kopi bukan luwak yang harganya lebih murah. Teknologi ini dapat diterapkan untuk melindungi sekaligus mengenalkan kopi luwak sebagai salah satu kopi *specialty* Indonesia.

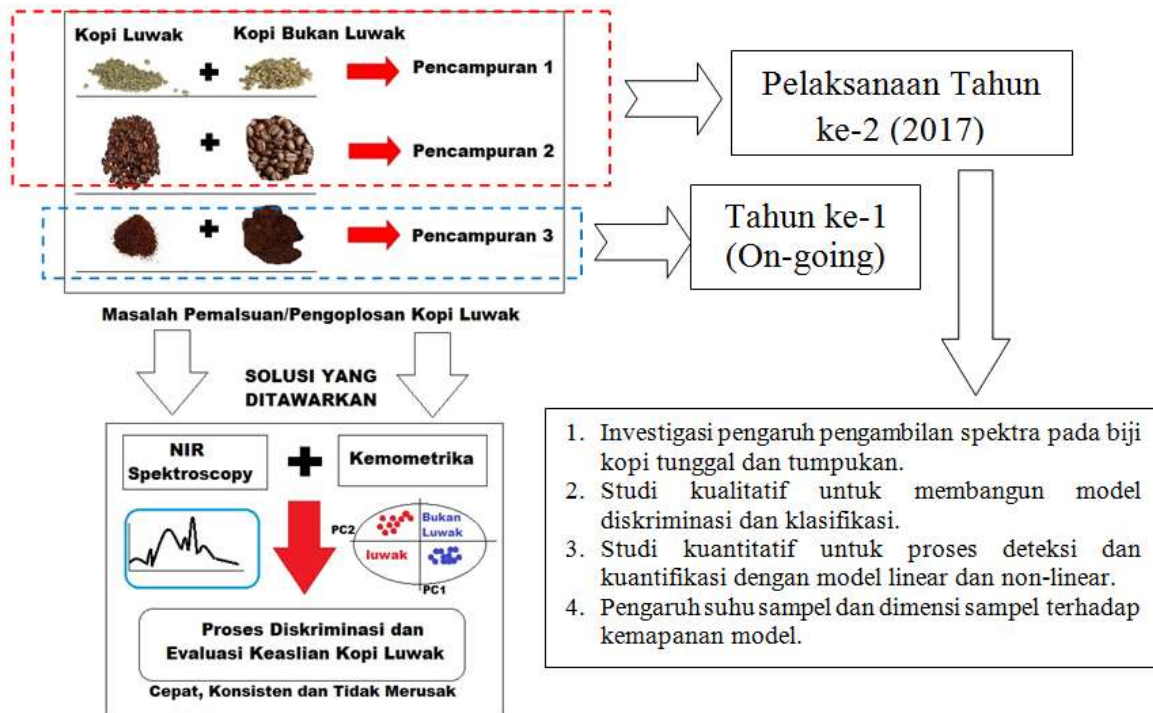
5.5. Hambatan

Secara umum bisa dikatakan bahwa riset tahun pertama (2016) berjalan dengan baik dan beberapa permasalahan yang muncul bisa diatasi. Beberapa hambatan yang selama ini muncul dalam proses pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Proses penyediaan sampel kopi yang benar-benar dapat dipercaya. Untuk memastikan keaslian kopi Luwak pada sampel yang kita beli dari mitra maka tim peneliti dan mitra bekerja sama untuk benar-benar memastikan keaslian sampel kopi Luwak.
2. Proses riset di awal sedikit tersendat karena beberapa komponen biaya membutuhkan dana cukup besar seperti pembelian kopi Luwak yang sangat mahal Sementara dana riset belum direalisasikan. Namun dengan kebaikan dari mitra maka permasalahan segera bisa diatasi dan riset bisa berjalan sesuai jadwal.
3. Untuk memberikan nilai tambah lebih maka riset juga melibatkan mahasiswa. Beberapa mahasiswa yang terlibat ternyata masih harus mengambil mata kuliah KKN (Kuliah Kerja Nyata) sehingga riset beberapa minggu harus menyesuaikan dengan jadwal pelaksanaan KKN. Alhamdulillah saat ini riset berhasil menyertakan 3 orang mahasiswa prodi TEP yang sudah selesai seminar hasil penelitian dan sedang proses sidang atau ujian komprehensif.

BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Untuk tahun kedua (2017), pelaksanaan riset akan dilanjutkan pada proses pencampuran 1 dan 2 (pada bentuk biji baik sebelum maupun sesudah disangrai) dan fokus pada riset untuk investigasi pengaruh suhu sampel dan dimensi sampel terhadap keamanan model (*robustness model*). Proses di tahun kedua juga melibatkan penggunaan metode spektroskopi dan kemometrika untuk membangun model yang akan digunakan untuk proses diskriminasi kopi luwak dan bukan luwak pada bentuk biji baik dalam bentuk biji tunggal (single kernel) maupun biji bulk (tumpukan). Gambar 24 secara jelas menunjukkan keterkaitan riset tahun ke-1 dan tahun ke-2 dan perbedaan yang jelas antara kedua tahun pelaksanaan riset.



Gambar 24. Tahapan riset di tahun ke-2 dan hubungannya dengan riset tahun ke-1.

Secara umum berikut beberapa rencana tahapan riset pada tahun ke-2 (2017).

1. Investigasi pengaruh pengambilan spektra pada biji kopi tunggal dan tumpukan (pengaruh ketebalan dan orientasi biji) pada model kalibrasi NIR baik pada kopi sebelum maupun sesudah disangrai.

2. Studi kualitatif untuk membangun model diskriminasi dan klasifikasi kopi luwak dan bukan luwak pada biji kopi.
3. Studi kuantitatif untuk proses deteksi dan kuantifikasi biji kopi luwak baik dengan model linear (PLSR dan MLR) maupun pendekatan non-linear (SVM dan ANN).
4. Pengaruh suhu sampel dan dimensi sampel terhadap kemapanan model (robustness model).
Faktor seperti teknik kompensasi suhu untuk menghasilkan model yang *robust* akan dilakukan di tahun kedua sehingga akhirnya proses hilirisasi berjalan baik dan teknologi ini berhasil hadir untuk memberikan solusi dalam mendukung perlindungan produk andalan bangsa yaitu deteksi keaslian kopi luwak.

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari kegiatan riset pendanaan tahun 2016 ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai kesimpulan dari riset yang pertama ini adalah ternyata faktor ukuran partikel kopi bubuk sangat berpengaruh terhadap kualitas dan analisis spektra. Sehingga mempersiapkan kopi bubuk sebagai sampel untuk riset berikutnya harus memperhatikan keseragaman ukuran kopi bubuk. Menggunakan ukuran partikel yang kecil atau halus maka proses ekstraksi semakin intens dengan luasan kontak antara sampel kopi bubuk dengan pelarut (air distilasi) berlangsung lebih lama dan menghasilkan larutan ekstraksi yang lebih pekat.
2. Hasil riset ini pada studi kualitatif telah menunjukkan potensi yang dimiliki oleh teknik *UV-Visible spectroscopy* bersama dengan teknik kemometrika (SIMCA) untuk mengidentifikasi keberadaan pencampuran pada kopi luwak. Hasil uji klasifikasi juga sangat menjanjikan dengan nilai *accuracy*, *sensitivity* dan *specificity* sebesar 95%, 91% dan 100%. Hasil ini tentu saja membuka jalan bagi aplikasi teknologi *UV-Visible spectroscopy* dan kemometrika sebagai teknologi pengklasifikasi kopi Luwak secara cepat. Teknologi ini dapat digunakan untuk melindungi konsumen dari peredaran kopi luwak palsu yang telah dicampur dengan kopi bukan luwak yang lebih murah. Teknologi ini juga akan memberikan kontribusi bagi upaya perlindungan produk unggulan bangsa dari upaya pemalsuan sehingga teknologi ini sangat strategis untuk terus dikembangkan dan dihilirisasi.
3. Studi kuantitatif juga telah berhasil memperlihatkan potensi yang menjanjikan dari penggunaan teknologi *UV-Visible spectroscopy* dan regresi PLS untuk mendeteksi dan sekaligus mengkuantifikasi kandungan *adulterant* pada campuran kopi Luwak-Arabika. Model PLS yang dibangun memperlihatkan korelasi yang sangat kuat dengan nilai $R^2 = 0.99$. Validasi dengan *cross-validation* juga menghasilkan nilai *bias* yang rendah. Dengan uji *t-test* pada taraf kepercayaan 95%, tidak ada beda antara nilai kandungan *adulterant* aktual (kopi arabika yang ditambahkan ke kopi luwak asli) dengan nilai *adulterant* hasil prediksi menggunakan model regresi PLS yang berhasil dibangun. Hasil ini telah membuka aplikasi *UV-Visible spectroscopy* untuk analisis keaslian kopi luwak secara cepat dan murah.
4. Pada penelitian ini, model diskriminasi menggunakan data spektra di daerah ultraviolet-cahaya tampak bersama dengan metode DPLS telah berhasil membedakan kopi luwak asli dan kopi luwak campuran. Model DPLS dengan spektra asli dibangun dengan algoritma regresi PLS dan

model dengan peubah laten sebesar 7 dipilih sebagai model DPLS untuk memprediksi sampel kopi dan membedakannya ke dalam dua kelas berbeda yaitu kelas kopi luwak asli dan kopi luwak campuran. Model DPLS yang dibangun mampu memprediksi dengan akurat seluruh sampel prediksi dan membedakan antara kopi luwak asli (tanpa campuran) dengan kopi luwak yang dicampur kopi arabika dengan ketepatan klasifikasi mencapai 100%. Hasil riset ini menunjukkan spektroskopi ultraviolet-cahaya tampak dan metode DPLS dapat digunakan sebagai salah satu metode cepat untuk mendeteksi adanya pemalsuan kopi luwak yang harganya mahal menggunakan kopi bukan luwak yang harganya lebih murah. Teknologi ini dapat diterapkan untuk melindungi sekaligus mengenalkan kopi luwak sebagai salah satu kopi *specialty* Indonesia.

7.2. Saran

Untuk saran dapat disampaikan bahwa kegiatan riset di tahun pertama ini (2016) dapat juga dijadikan sebagai landasan bagi terciptanya proses sertifikasi kopi luwak dan kopi *specialty* lainnya dan tidak hanya kopi dari Lampung tapi juga kopi dari seluruh wilayah Nusantara seperti kopi Wamena, kopi Gayo dan lainnya. Proses sertifikasi kopi bisa dilakukan oleh laboratorium di Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung dengan dukungan penuh dari institusi (Universitas) dan pemerintah daerah.

Daftar Pustaka

- Alessandrini, L., Romani, S., Pinnavaia, G., and Rosa, M. D. 2008. Near infrared spectroscopy: An analytical tool to predict coffee roasting degree. *Analytica Chimica Acta*, 625: 95–102.
- Alves, R., Casal, S., Alves, M., and Oliveira, M. 2009. Discrimination between arabica and robusta coffee species on the basis of their tocopherol profiles. *Food Chemistry*, 114: 295–299.
- Ashurst, P.R., and Dennis, M.J. (Eds.). 1996. *Food Authentication*, Blackie Academic & Professional, London, UK.
- Belay, A., Ture, K., Redi, M., and Asfaw, A. 2008. Measurement of caffeine in coffee beans with UV/vis spectrometer. *Food Chemistry* **108**: 310–315.
- Bernard, M.C. Roberts, D.D., and Kraehenbuehl, K. 2005 Interactions between volatile and nonvolatile coffee components. 2. Mechanistic study focused on volatile thiols, *J. Agric. Food Chem.*, 53(11): 4426–4433.
- Blanco, M., and Villarroya, I. 2002. NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool. *Trends in Analytical Chemistry*. 21(4): 240–250.
- Chen, Q., Zhao, J., Liu, M and Cai, J. 2008. Nondestructive identification of tea (*Camellia sinensis* L.) varieties using FT-NIR spectroscopy and pattern recognition. *Czech J. Food Sci.* 26(5): 360–367.
- Chen, Q., Zhao, J., Lin, H. 2009. Study on discrimination of Roast green tea (*Camellia sinensis* L.) according to geographical origin by FT-NIR spectroscopy and supervised pattern recognition. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 72: 845–850.
- Clarke, R. J., and Macrae, R. 1985. *Coffee chemistry* (Vol. 1). Amsterdam: Elsevier Applied Science, pp. 124–125.
- Davies, A.M.C. 2005. An introduction to near infrared spectroscopy. *NIR news* 16 (7) : 9–11.
- Dijkstra, T. 1983. Some comments on maximum likelihood and partial least squares methods. *Journal of Econometrics*, **22**: 67–90.
- Downey, G., Boussion, J., and Beauchêne, D. 1994. Authentication of whole and ground coffee beans by near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 2: 85–92.
- Duarte, S.M.d.S., Abreu, C.M.P.d., Menezes, H.C.d., Santos, M.H.d., Gouvea, C.M.C.P. 2005. Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Food Sci. Technol. (Campinas)* **25**:387–393.
- Esquivel, P., and Jiménez, V. M. 2012. Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, **46**: 488–495.
- Fan, G., Zha, J., Du, R., and Gao, L. 2009. Determination of soluble solids and firmness of apples by Vis/NIR transmittance. *Journal of Food Engineering*, 93: 416–420.
- Fuferti, Z.M.A., Syakbaniah dan Ratnawulan. 2013. Perbandingan karakteristik fisis kopi Luwak (*civet coffee*) dan kopi biasa jenis arabika. *PILLAR OF PHYSICS*, 2: 68–75.
- Gómez, A.H., He, Y., and Pereira, A.G. 2006. Nondestructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of satsuma mandarin using Vis/NIR-spectroscopy techniques. *J. Food Engineering*. 77: 313–319.
- Huck, C. W., Guggenbichler, W., and Bonn, G. K., 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. *Analytica Chimica Acta*, 538:195–203.
- Illy, A., and Viani, R. 1996. *Espresso coffee: The chemistry of quality*. London: Academic Press.
- Jamshidi, B., Minaei, S., Mohajerani, E., and Ghassemian, H. 2012. Reflectance Vis/NIR spectroscopy for nondestructive taste characterization of Valencia oranges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 85: 64–69.

- Kusdriana, D. 2011. Peluang dan tantangan industri kopi Indonesia dalam persaingan pasar global. PT. Media Data Riset.
- Lavine, B. K. 2009. Validation of classifiers. In B. Walczak, R. Tauler, and S. Brown (Eds.), *Comprehensive chemometrics* (Vol. 3, pp. 587–599). Oxford: Elsevier.
- Liu, Y., Sun, X., Zhang, H., and Aiuguo, O. 2010. Nondestructive measurement of internal quality of nanfeng mandarin fruit by charge coupled device near infrared spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*. 715: S10–S14.
- Marcone, M. F. 2004a. Composition and properties of Indonesian palm civet coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee. *Food Research International*, 37: 901–912.
- Marcone, M.F. 2004b. The Science behind Luwak coffee: An analysis of the world's rarest and most expensive coffee. *Annals of Improbable Research*. pp: 12–13. www.improbable.com
- Nebesny, E. and Budryn, G. 2006. Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions, *Eur. Food Res. Technol.*, **224**: 159–165.
- Pizarro, C., Esteban-Diez, I., and Gonzalez-Saiz, J. M. 2004. Prediction of sensory properties of espresso from roasted coffee samples by near-infrared spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 525: 171–182.
- Raharjo B. 2013. Analisis penentu ekspor kopi Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis*. 1(1): Universitas Brawijaya. Malang.
- Reh, C. T., Gerber, A., Prodoliet, J., and Vuataz, G. 2006. Water content determination in green coffee – method comparison to study specificity and accuracy. *Food Chemistry*, 96:423–430.
- Santos, J.R., Sarraguça, M.C., Rangel, A.O.S.S., Lopes, J.A. 2012. Evaluation of green coffee beans quality using near infrared spectroscopy: A quantitative approach. *Food Chemistry* 135: 1828–1835.
- Schievano, E., Finotello, C., De Angelis, E., Mammi, S., and Navarini, L. 2014. Rapid authentication of coffee blends and quantification of 16-O-Methylcafestol in roasted coffee beans by NMR. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62:12309–12314.
- Shan, J., Suzuki, T., Suhandy, D., Ogawa, Y., and Kondo, N. 2014. Chlorogenic acid (CGA) determination in roasted coffee beans by Near Infrared (NIR) spectroscopy. *Engineering in Agriculture Environment and Food*. 7(4): 139–142.
- Shilbayeh, N.F. and Iskandarani, M.Z. 2004. Quality control of coffee using an electronic nose system. *American Journal of Applied Sciences* 1(2): 129–135.
- Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., and Rege, D.V. 1997. *Handbook of Indices of Food Quality and Authenticity*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK.
- Souto, U.T.C.P., Pontes, M.J.C., Silva, E.C., Galvão, R.K.H., Araújo, M.C.U., Sanches, F.A.C., Cunha, F.A.S., and Oliveira, M.S.R. 2010. UV–Vis spectrometric classification of coffees by SPA–LDA. *Food Chemistry* **119**: 368–371.
- Suhandy, D. 2009. Nondestructive measurement of soluble solids content in pineapple fruit using short wavelength near infrared (SW-NIR) spectroscopy. *International Journal of Applied Engineering Research*, 4 (1): 107–114.
- Suhandy, D., Suzuki, T., Ogawa, Y., Kondo, N., Naito, H., Ishihara, T., and Liu, W. 2012. A Quantitative study for determination of glucose concentration using attenuated total reflectance terahertz (ATR-THz) spectroscopy. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, **5**(3): 90–95.
- Suhandy, D., Suzuki, T., Ogawa, Y., Kondo, N., Naito, H., Ishihara, T., Takemoto, Y., and Liu, W. 2012a. A Quantitative study for determination of glucose concentration using attenuated total reflectance terahertz (ATR-THz) spectroscopy. *Engineering in Agriculture Environment and Food*. 5(3): 90–95.
- Suhandy, D., Waluyo, S., Sugianti, C., Yulia, M., Iriani, R., Handayani, F.N., and Apratiwi, N. 2016. The Use of UV-Vis-NIR Spectroscopy and Chemometrics for Identification of Adulteration in Ground Roasted Arabica Coffees -Investigation on the Influence of Particle Size on Spectral Analysis-. *Proceeding of Seminar Nasional Tempe*. Bandar Lampung, 28 Mei 2016.

- Suhandy, D., Yulia, M., Ogawa, Y., and Kondo, N. 2013. Prediction of L-Ascorbic acid using FTIR-ATR terahertz spectroscopy combined with interval partial least squares (iPLS) regression. *Engineering in Agriculture Environment and Food*. 6(3): 111–117.
- Suhandy, D., Yulia, M., Yuichi Ogawa, Y., and Kondo, N. 2012b. L-Ascorbic acid prediction in aqueous solution based on FTIR-ATR terahertz spectroscopy. *Engineering in Agriculture Environment and Food*. 5(4): 152–158.
- Teye, E., Huang, X., Dai, H., and Chen, Q. 2013. Rapid differentiation of Ghana cocoa beans by FT-NIR spectroscopy coupled with multivariate classification. *Spectrochim. Acta A.Mol. Biomol. Spectrosc.* 114: 183–189.
- Teye, E., Xing-yi Huang, X., Lei, W., and Dai, H. 2014. Feasibility study on the use of Fourier transform near-infrared spectroscopy together with chemometrics to discriminate and quantify adulteration in cocoa beans. *Food Research International*, 55: 288–293.
- Tian, H., Ying, Y., Lu, H., Fu, X., and Yu, H. 2007. Measurement of soluble solids content in watermelon by Vis/NIR diffuse transmittance technique. *Journal of Zhejiang University – Science B*, 8: 105–110.
- Yulia, M., Suhandy, D., Ogawa, Y., and Kondo, N. 2014. Investigation on the influence of temperature in L-ascorbic acid determination using FTIR-ATR terahertz spectroscopy: Calibration model with temperature compensation. *Engineering in Agriculture Environment and Food*. 7(4): 148–154.

LAMPIRAN

Lampiran 1.

Surat penerimaan (*acceptance letter*) seminar nasional tempe untuk artikel berjudul *The Use of UV-Vis-NIR Spectroscopy and Chemometrics for Identification of Adulteration in Ground Roasted Arabica Coffees - Investigation on the Influence of Particle Size on Spectral Analysis-*

**PANITIA PELAKSANA
HARI TEMPE NASIONAL 2016**

Sekretariat: Gedung Jurusan Teknologi Hasil Pertanian FP Unila
Jln. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedung Meneng Bandar Lampung 35145
Telepon/Fax : (0721) 781823

No : 07/B/PANPEL-SEM/V/2016 Bandar Lampung, 13 Mei 2016
Lampiran : 1 (satu) berkas
Perihal : Penerimaan Abstrak dan Makalah
Seminar Nasional Hari Tempe Nasional

Kepada Yth.
Bapak/Ibu/Saudara terlampir

Sehubungan dengan pengiriman abstrak untuk Seminar Nasional dalam rangka Hari Tempe Nasional 2016, kami ucapkan terima kasih atas partisipasi Bapak/Ibu/Saudara.

Panitia telah melakukan seleksi dan memutuskan abstrak Bapak/Ibu/Saudara dengan judul **terlampir**, **DITERIMA** untuk dapat dipresentasikan secara lisan (oral) pada tanggal 28 Mei 2016 di Hotel Sheraton, Bandar Lampung. Untuk itu kami mohon Ibu dapat segera mengirimkan **file makalah lengkap (full paper)** dengan format sebagaimana tercantum dalam leaflet, **paling lambat tanggal 21 Mei 2016 pukul 16.00 WIB dan power point transparancy (PPT) paling lambat tanggal 24 Mei 2016** via email ke pansem_harnastempe@yahoo.co.id.

Makalah lengkap akan dipublikasi dalam prosiding Seminar Nasional Hari Tempe Nasional 2016. Bagi Bapak/Ibu/Saudara yang belum melengkapi persyaratan administrasi (registrasi), dimohon dapat segera menyelesaikannya. Bagi Bapak/Ibu/Saudara yang tidak menghendaki makalahnya dimuat dalam prosiding, cukup mengirimkan file dalam format PPT yang akan digunakan untuk presentasi nanti. Jadwal dan tata cara presentasi secara lisan akan diinformasikan kemudian.

Atas perhatian Bapak/Ibu/Saudara, kami ucapkan terima kasih.

Panitia Pelaksana
Seminar Nasional Hari Tempe Nasional 2016

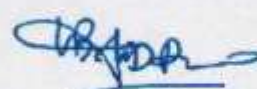
Ketua



Ir. Samsu Udayana Nurdin, M.Si., P.H.D.



Seksi Makalah dan Publikasi,



Dr. Yaktiworo Indriani

**Daftar Nama Penulis dan Judul Makalah pada Seminar Nasional Hari Tempe Nasional
Hotel Horison, Bandar Lampung 28 Mei 2016**

No	Penulis	Instansi	Judul Makalah
I. BIDANG: PANGAN FUNGSIONAL:			
1	Tri Dewanti Widyarningsih; Jauhar Firdaus	Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FTP Universitas Brawijaya Malang	Pengaruh Perkecambahan Kedelai Hitam (<i>Glycine soja</i>) dan Penambahan Filtrat Cincou Hitam (<i>Mesonopalustris BL</i>) terhadap Sifat Fisik, Kimia Dan Organoleptik Minuman Fungsional Sari Kedelai Hitam
2	Diana Sylvi, S.TP, M.S; Ir. Alfi Asben, M.Si; Dwi Zurahman	Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas Padang	Pengaruh Penambahan Tepung Tempe (<i>Glycine max</i>) terhadap Cookies Pisang Raja (<i>Musa paradisiaca</i> , L.)
3	W. Donald R. Pokatong; Natania; Steven	Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan Tangerang	Characterization And Development Of Edible Film/Coating Prepared From Mixture of Jackfruit-Seed Starch and Plasticizer For Preservation of, And Its Effect On Properties of, Strawberry Fruits
4	Puput Werdhiwati, Tutik Wresdiyati, Made Astawan.	IPB	Pengaruh Pemberian Tepung Tempe dan Tepung Kedelai Rebus Grobogan terhadap Kandungan Antioksidan Superoksida Dismutase (SOD), Jumlah Sel Spermatogenik dan Sel Leydig pada Tubuli Seminiferi Testis Tikus.
5	Oktaf Rina, Sanusi Ibrahim, Abdi Dharna	Department of Chemistry, Andalas of University, Kampus, Indonesia	Efektivitas Kayu Secang (<i>Caesalpiniasappan</i> , L.) sebagai Pewarna Alami Makanan (Effectivity of Sappan Wood (<i>Caesalpiniasappan</i> .L) as Natural Colorant for Food)
6	Yunita Siti Mardhiyyah, C. Hanny Wijaya, Made Astawan	IPB	Aktivitas Inhibisi Lipase dan α -Amilase serta Antioksidan pada Tempe yang Dibuat dengan Pengasaman Fermentasi Spontan dan Penambahan Asidulan
7	Beni Hidayat, Syamsu Akmal, Surfiana, dan Bambang Suhada	Polinela	Beras Siger (Tiwul/Oyek Yang Telah Dimodernisasi) Sebagai Pangan Fungsional Dengan Kandungan

1

No	Penulis	Instansi	Judul Makalah
8	Samsul Rizal, Fibra Nurainy, Meilan Anggraini	Universitas Lampung	Pengaruh Konsentrasi CMC Dan Lama Penyimpanan Pada Suhu Dingin Terhadap Stabilitas Dan Sifat Kimia Minuman Probiotik Sari Buah Nanas
9	Refi Arioen dan Souvia Rahimah	Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran	Analisis Komponen Bioaktif Kulit Buah Kolang Kaling (<i>Arengapinnata Merr</i>) sebagai Bahan Anti Mikroba
10	Subeld, Tanto Pratondo Utomo, dan Muhartono	Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.	Pengaruh Pemberian Beras Siger dari Ubikayu (<i>Manihot esculenta</i>) terhadap Kadar Glukosa Darah Mencit yang Diinduksi Alokstan.
11	Marniza, Netti Yuliana dan I.L. RiyantiSyah	Universitas Lampung	Karakterisasi Minuman Probiotik dari Susu Jagung Mants-Turi yang Difermentasi oleh <i>Lactobacillus casei</i> FNCC 0900
II. BIDANG INOVASI PRODUK PANGAN:			
1	Nanti Musita	Balai Riset dan Standardisasi Industri Bandar Lampung	Karakteristik Tepung Pisang Batu (<i>Musa balbisiana</i> Colla) dan Pemanfaatannya pada Produk Kue
2	Karim Abdullah, Dyah Wuri Asriati	Balai Riset dan Standardisasi Industri Bandar Lampung.	Karakteristik Minuman Sari Tempe Dengan Penambahan Rasa Vanila
3	Ribut Sugiharto.	Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung	Fortifikasi Dengan Asam Lemak Omega-3 Dan Antioksidan Untuk Meningkatkan Nilai Gizi Dan Mutu Roti Tawar.
4	Tita Kartika Dewi, Souvia Rahimah, dan Refi Arioen	Universitas Subang	Pengaruh Penambahan Tepung Kedelai dan Tepung Ayam terhadap Kadar Gizi Makanan Bayi Tepung Beras Hitam (<i>Oryza sativa</i>)
5	Diding Suhandi, Dwi Dian Novita, Meinihwi Yulia, Arion Oktora, Yuni Kurnia Fitri	Universitas Lampung	The Potential Application of Using Information from Absorbance Spectra in UV-Vis Region for Prediction of Shelf Life in Local Orange Fruits During Storage
6	Diding Suhandy; Sri Waluyo; Cicih Sugianti	Universitas Lampung	The Use of UV-Vis-NIR Spectroscopy and Chemometrics for Identification of Adulteration in Ground Roasted Arabica Coffees -Investigation on the Influence of Particle Size on Spectral Analysis

2

No	Penulis	Instansi	Judul Makalah
7	Melanie Cornelia	Jurusan Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan	Aplikasi Pektin Kulit Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.) Dalam Pembuatan Permen Jelly (Application Of Pectin From Cocoa (<i>Theobroma cacao</i> L.) Pod Husk In Making Jelly Candy)
8	Sri Setyani, Karina Widya Pratiwi.	Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung	Penerapan Tepung Komposit Ubi Cilembu Dengan Tepung Jagung Terfermentasi Pada Pembuatan Flakes.
9	Dyah Koesoemawardani, Marniza, Fibra Nurainydan Mulidya Oktaviani	Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung	Penambahan Asam Cuka dalam Pengolahan Rusip (The Addition of Comercial Acetic Acid in Processing of Rusip)
10	Widya Dwi Rukmi Putri	Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FTP Universitas Brawijaya Malang	Karakteristik Fisikokimia dan Daya Cerna Makaroni Berbasistepung Ubi Jalar Oranye Termodifikasi <i>Annealing</i>
11	Tamrin, Rofandi Hartanto dan Prastiani Margi Lestari	Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung	Pengaruh Suhu dan Lama Blansir terhadap Rehidrasi Wortel Kering

III. BIDANG KEAMANAN PANGAN, GIZI DAN KESEHATAN MASYARAKAT

1	Merita	Program Studi Ilmu Gizi, Stikes Baiturrahim Jambi	Perilaku Penjaja Pangan Jajanan Anak Sekolah tentang Gizi dan Keamanan Pangan di Lingkungan SD Negeri 205 IVKecamatan Kota Baru Jambi
2	Budhi Setiawan, Catur Budi Keswardiono	Departemen Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya	Konsumsi Tempe Sebagai Makanan Tambahan pada Penatalaksanaan Penderita Tuberkulosis Paru
3	Ratna Handayani, Hardoko, Winny Livianti Gunawan	Jurusan Teknologi Pangan Universitas Pelita Harapan	Perbedaan Kombinasi Pelarut dan Tingkat Kesegaran Daun dalam Penentuan Aktivitas Hipokolesterolemia Daun Semanggi Air (<i>Marsilea crenata</i>)
4	Reni Indriyani, Samsu Udayana, Susi Astuti, dan Subeki	Jurusan Gizi Politeknik Kesehatan Tanjung Karang	Pengaruh Pemberian Minyak Buah Makasar (<i>Brucea javanica</i>) terhadap Kualitas Spermatozoa Tikus Jantan.

3

No	Penulis	Instansi	Judul Makalah
5	Dewi Sri Sumardilah, Ahmad Hasbullah Amrinanto	Poltekkes Lampung	Hubungan asupan energi sarapan dan kadar hemoglobin dengan prestasi belajar siswa SMA N 1 Pringsewu. Dewi Sri Sumardilah. Poltekkes Lampung.
6	Otik Nawansih, Samsul Rizal dan Widya Rini Hartari	Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung	Survey Mutu Dan Keamanan Gula Merah Di Pasar Kota Bandar Lampung.
7	Rabiatul Adawiyah, Kordiyana K.Rangga, Otik Nawansih	Jurusan Agribisnis Universitas Lampung.	Kinerja system kewaspadaan pangan dan gizi dan kejadian stunting di kota Metro dan Bandar Lampung.
8	Yaktiworo Indriani, Samsu Udayana Nurdin, Reni Zuraida	Universitas Lampung	Prevalensi Serta Determinan Gemuk dan Kegemukan (Obesitas) pada Anak Sekolah Dasar Di Bandar Lampung
9	Surfiana	Politeknik Negeri Lampung	Aplikasi Dekstrin Ubi Kayu Metodepragelatinasi Parsial Sebagai Bahan Pengikat Pada Produk Pangan
10	Usdeka Muliani, Bertalina	Jurusan Gizi Poltekkes Tanjungkarang	Hubungan Pengetahuan, Sikap dan Perilaku dalam Memilih Makanan Jajanan dengan Status Gizi Remaja di SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung Tahun 2015

4

No	Penulis	Instansi	Judul Makalah
5	Dewi Sri Sumardilah, Ahmad Hasbullah Amrinanto	Poltekes Lampung	Hubungan asupan energi sarapan dan kadar hemoglobin dengan prestasi belajar siswa SMA N 1 Pringsewu. Dewi Sri Sumardilah. Poltekes Lampung.
6	Otik Nawansih, Samsul Rizal dan Widya Rini Hartari	Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung	Survey Mutu Dan Keamanan Gula Merah Di Pasar Kota Bandar Lampung.
7	Rabiatul Adawiyah, Kordiyana K.Rangga, Otik Nawansih	Jurusan Agribisnis Universitas Lampung.	Kinerja system kewaspadaan pangan dan gizi dan kejadian stunting di kota Metro dan Bandar Lampung.
8	Yaktiworo Indriani, Samsu Udayana Nurdin, Reni Zuraida	Universitas Lampung	Prevalensi Serta Determinan Gemuk dan Kegemukan (Obesitas) pada Anak Sekolah Dasar Di Bandar Lampung
9	Surfiana	Politeknik Negeri Lampung	Aplikasi Dekstrin Ubi Kayu Metodepragelatinasi Parsial Sebagai Bahan Pengikat Pada Produk Pangan
10	Usdeka Muliani, Bertalina	Jurusan Gizi Poltekkes Tanjungkarang	Hubungan Pengetahuan, Sikap dan Perilaku dalam Memilih Makanan Jajanan dengan Status Gizi Remaja di SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung Tahun 2015

Lampiran 2.

Artikel ilmiah yang sudah dipresentasikan di seminar nasional tempe

The Use of UV-Vis-NIR Spectroscopy and Chemometrics for Identification of Adulteration in Ground Roasted Arabica Coffees -Investigation on the Influence of Particle Size on Spectral Analysis-

Diding SUHANDY^{1*}, Sri WALUYO¹, Cicih SUGIANTI¹, Meinilwita YULIA², Riri IRIANI¹, Fipit Novi HANDAYANI¹, Novi APRATIWI¹

¹⁾ Department of Agricultural Engineering, The University of Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng Bandar Lampung, Lampung, Indonesia 35145

²⁾ Department of Agricultural Technology, Lampung State Polytechnic, Jl. Soekarno Hatta No. 10, Rajabasa Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

*corresponding author: diding.sughandy@fp.unila.ac.id

ABSTRACT

The adulterations in the ground roasted Arabica coffee samples were prepared by adding ground roasted Robusta bean in the range of 20%-60% from total weight of the samples. However, particle sizes were not uniform in the ground coffee powder. In order to evaluate the effect of particle sizes on UV-Vis-NIR spectra, coffee powder from ground roasted coffee was separated into different particle sizes (841 μm , 595 μm , 420 μm , 297 μm , 210 μm , and 149 μm) by sieving through a nest of U. S. standard sieves (Mesh number of 20, 30, 40, 50, 70, and 100) on a Meinzer II sieve shaker (CSC Scientific Company, Inc. USA) for 10 minutes. Each sample with different particle sizes then were extracted and diluted. The spectral were recorded (wavelength 190-1100 nm) and compared. The result showed that different absorbance spectra were observed for the different particle sizes. In general, absorbance intensity increased as particle size decreased.

Key words: UV-Vis-NIR spectroscopy, particle size, mesh, coffee, absorbance intensity.

1. INTRODUCTION

Coffee is one of the most important food commodities worldwide. Among all commodity traded in the world, coffee is number two after crude oil (Esquivel and Jiménez, 2012). There are two important species of coffee which has economic significance in the global coffee trade, species Arabica (*Coffea arabica*) and Robusta (*Coffea canephora*). Both species differ not only in relation to their botanical characteristics and physicochemical composition, but also in terms of commercial value, with Arabica coffees commanding market prices 20–25% higher and being considered to be of better quality than Robusta because of their superior taste and aroma.

The increasing of coffee demand for beverage and its food derivation is line with positive perception of coffee as one of natural functional food resources. Even most reviews that list and discuss the health benefits of functional (Hasler, 2002; Halsted, 2003) do not mention coffee, however, in term of giving benefit into health as one of definition of functional food, coffee has several reason to be one of natural functional food resources. First, several of the ingredients reported as functional components that are found in tea, such as flavonoids (catechins, anthocyanins), caffeic acid and ferrulic acid (Hasler, 2000), are also found in coffee. Coffee also can provide 8% of the daily intake of Cr (chromium) (Santos *et al.* 2004) and can be a substantial source of Mg (Astier-Dumas & Gounelle de Pontanel, 1974). In addition, coffee beverage is rich in biologically active substances such as nicotinic acid, trigonelline, quinolinic acid, tannic acid, pyrogalllic acid and, of course, caffeine (Minamisawa *et al.* 2004). Manach *et al.* (2004) also reported that coffee is a rich source of antioxidants of the hydroxycinnamic acids family (caffeic, chlorogenic, coumaric, ferrulic and sinapic acids).

In order to keep the role of coffee as one the natural functional food resources, it is also important to ensure the coffee authentication. Recently, food authentication is a major challenge that has become increasingly important due to the drive to guarantee the actual origin of a product and for determining whether it has been adulterated with contaminants or filled out with cheaper ingredients (Ashurst and Dennis, 1996; Singhal *et al.*, 1997). In particular, assurance of the quality of roasted coffees has attracted widespread attention as a means for controlling and preventing coffee adulteration, and also given the great difference in the final sale price depending on a wide range of factors, including coffee varietal and geographic origin. Therefore, suitable methods are required in order to discriminate between coffee varieties and to detect potential adulterations of high quality coffee beans with poorer

and cheaper types, thus ensuring authenticity, quality, safety and efficacy of final products to be commercialized.

Several researches have reported the development of reliable and specific coffee authentication techniques. Many of the recently developed approaches for determining coffee authenticity have focused mainly on coffee identification and classification on the basis of different types of compositional data thanks to the application of different pattern recognition techniques (Bicchi *et al.*, 1997; Briandet *et al.*, 1996a; Briandet *et al.*, 1996b). Despite the relative success achieved by many of these approaches, it is important to consider that many analytical reference methods used to assess the chemical components to be later used as discriminant parameters and solvent for sample extraction may be quite expensive, elaborate and/or time-consuming. For this reason, simpler, faster and chemical free methods, such as those based on spectroscopic techniques which can be easily implemented in routine analysis, have emerged as a very attractive and useful alternative tool for adulteration identification purposes in several products (Briandet *et al.*, 1996a; Briandet *et al.*, 1996b; Souto *et al.*, 2015; Alamprese *et al.*, 2013; Diniz *et al.*, 2016; Domingues *et al.*, 2014; Aroca-Santos *et al.*, 2016; Biswas *et al.*, 2011).

Using spectroscopic method especially for spectral acquisition of solution samples we need to grind the samples and doing extraction with specific solvent (in this research we use distilled water as solvent for extraction). Grinding samples resulted in powder samples with non-homogen particle size. In this research, we are trying to investigate the influence of different particle sizes of coffee samples on spectral analysis.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Sample preparation

A number of 2 kg ground roasted Arabica coffee samples were collected directly from coffee farmers at Liwa, Lampung, Indonesia. All samples were grinded using home-coffee-grinder (Sayota). Particle sizes were not uniform in the ground coffee powder. In order to check the effect of particle sizes on UV-Vis spectra, coffee powder from ground roasted Arabica coffee was separated into different particle sizes (841 μm , 595 μm , 420 μm , 297 μm , 210 μm , 149 μm) by sieving through a nest of U. S. standard sieves (Mesh number of 20, 30, 40, 50, 70, and 100) on a Meinzer II sieve shaker (CSC Scientific Company, Inc. USA) for 10 minutes. The sieving conditions were the same for every sample class. These experiments were performed at room temperature (around 27-29°C).

An aqueous extraction procedure of the coffee samples was performed as described by Souto *et al.* (2015). First, 1.0 g of each sample was weighed and placed in a glass beaker. Then, adding 10 mL of distilled water at 90-98°C then mixed with magnetic stirring (Cimarec™ Stirrers, model S130810-33, Barnstead International, USA) at 350 rpm for 5 min. Then the samples were filtered using a 25 mm pore-sized quantitative filter paper coupled with an erlenmeyer. After cooling process to room temperature (for 20 min), all extracts were then diluted in the proportion of 1:20 (mL: mL) with distilled water. UV-Vis-NIR spectra from the aqueous extracts were acquired using a UV-Vis spectrometer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA).

2.2. Instrumentation and spectra data acquisition

UV-Vis-NIR spectra in the range of 190-1100 nm were acquired by using a UV-Vis spectrometer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA) equipped with a quartz cell with optical path of 10 mm, and spectral resolution of 1 nm at a room temperature. Before the measurements step, blank (the same distilled water used in extraction process) was placed inside of the sample cell to adjust the 100% transmittance signal.

2.3. Data analysis

All recorded spectra data were transferred to computer via USB flash disk and then convert the spectra data from .csv extension into an excel data (.xls). The quality of spectra data were evaluated based on the intensity of absorbance. High absorbance gives more information.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Extraction of coffee samples using different particle sizes

Fig. 1 showed the result of extraction process of coffee samples using two different particle sizes (mesh 20 and 30). It was clear that increasing in particle sizes was followed by increasing of darkness of the extraction solution. Fig. 1 showed that extraction solution of mesh 30 (595 µm of particle size) has darker color than that of mesh 20 (841 µm of particle size). In general we can obtain that decreasing particle size was followed by increasing the dark color of extraction solution.



Figure 1. The result of extraction solution for mesh 20 and mesh 30 (particle size of 841 μm and 595 μm).

3.2. Effect of different particle sizes on absorbance properties

UV-Vis-NIR absorbance spectra of coffee powder in the range of 190-500 nm with different particle sizes are shown in Fig. 2. Different absorbance spectra were observed for the different particle sizes of coffee sample. From Fig. 2, it can be seen that absorbance intensity increased as particle size decreased. The reason for this is coming from the result of extraction solution. Using small particle size the extraction process is more intense since that the area of contact between coffee samples and solvent is increased. It is resulted in darker solution in samples having small particle size. Coffee samples with larger particle sizes have a lower absorbance, and visa versa.

For samples with the same particle size, absorbance is the same. The similar result was also reported by Shan *et al.* (2014). Therefore, in order to reduce the effect of different particle sizes in this study we have to select a certain particle size of coffee samples. This is very important information for next step research of constructing spectral measurement on identification of coffee adulteration.

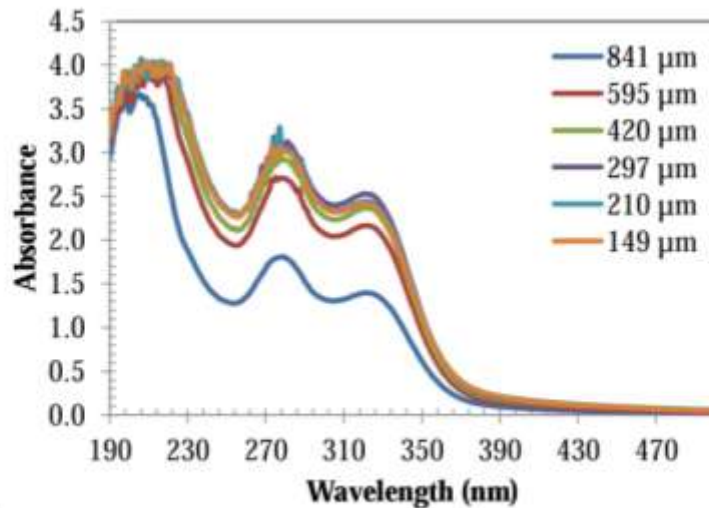


Figure 2. The raw UV-Vis absorbance spectra in the range of 190-500 nm with different particle sizes.

CONCLUSIONS

In this research we showed that preparing a homogen particle size for extraction of coffee powder samples is important due to different of spectral data with different particle sizes. Using small particle size the extraction process is more intense since that the area of contact between coffee samples and solvent is increased. It is resulted in darker solution in samples having small particle size. Our study showed that absorbance intensity increased as particle size decreased. In order to avoid the variability in spectral data it is important to select a specific particle size for preparing samples of coffee powder.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge support of the Indonesian Ministry of Research, Technology and Higher Education (KEMENRISTEKDIKTI) via Hibah Strategis Nasional 2016 (Nomor: 419/UN26/8/LPPM/2016) and The University of Lampung, Indonesia. We also thank to the Department of Agricultural Engineering, The University of Lampung for their permission to use their facilities for spectral data acquisition.

REFERENCES

- Alamprese, C., Casale, M., Sinelli, N., Lanteri, S., and Casiraghi, E. 2013. Detection of minced beef adulteration with turkey meat by UV-vis, NIR and MIR spectroscopy. *LWT - Food Science and Technology*, **53**(1): 225–232.
- Aroca-Santos, R., Cancilla, J.C., Pérez-Pérez, A., Moral, A., and Torrecilla, J.S. 2016. Quantifying binary and ternary mixtures of monovarietal extra virgin olive oils with UV-vis absorption and chemometrics. *Sensors and Actuators B: Chemical*, **234**: 115–121.
- Ashurst, P.R., and Dennis, M.J. (Eds.), *Food Authentication*, Blackie Academic & Professional, London, UK, 1996.
- Astier-Dumas, M., and Gounelle de Pantanel, H. 1974. Sur certains aspects nutritifs du café. *Arch Sc Med.*, **131**: 18–23.
- Bicchi, C.P., Ombretta, M.P., Pellegrino, G., and Vanni, A.C. 1997. Characterization of Roasted Coffee and Coffee Beverages by Solid Phase Microextraction-Gas Chromatography and Principal Component Analysis. *J. Agric. Food Chem.* **45**: 4680–4686.
- Biswas, A.K., Sahoo, J., and Chatli, M.K. 2011. A simple UV-Vis spectrophotometric method for determination of β -carotene content in raw carrot, sweet potato and supplemented chicken meat nuggets. *LWT - Food Science and Technology*, **44**(8): 1809–1813.
- Briandet, R., Kemsley, E.K. and Wilson, R.H. 1996a. Approaches to adulteration detection in instant coffees using infrared spectroscopy and chemometrics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **71**: 359–366.
- Briandet, R., Kemsley, E.K. and Wilson, R.H. 1996b. Discrimination of Arabica and Robusta in instant coffee by Fourier transform infrared spectroscopy and chemometrics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **44**: 170–174.
- Diniz, P.H.G.D., Barbosa, M.F., Milanez, K.D.T.M., Pistonesi, M.F., and Araujo, M.C.U. 2016. Using UV-Vis spectroscopy for simultaneous geographical and varietal classification of tea infusions simulating a home-made tea cup. *Food Chemistry*, **192**: 374–379.
- Domingues, D.S., Pauli, E.D., Abreu, J.E.M., Massura, F.W., Cristiano, V., Santos, M.J., and Nixdorf, S.L. 2014. Detection of roasted and ground coffee adulteration by HPLC by amperometric and by post-column derivatization UV-Vis detection. *Food Chemistry*, **146**: 353–362.

- Esquivel, P., and Jiménez, V. M. 2012. Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, **46**: 488–495.
- Halsted, C.H. 2003. Dietary supplements and functional foods: 2 sides of a coin? *Am J Clin Nutr.*, **77**(4): 1001S–1007S.
- Hasler, C.M. 2000. The changing face of functional foods. *J Am Coll Nutr.*, **19**: 499S–506S.
- Hasler, C.M. 2002. Functional foods: benefits, concerns and challenges – a position paper from the American Council on Science and Health. *J Nutr.*, **132**: 3772–3781.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., and Jimenez, L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr.*, **79**: 727–747.
- Minamisawa, M., Yoshida, S., and Takai, N. 2004. Determination of biologically active substances in roasted coffees using a diode-array HPLC system. *Anal Sci.*, **20**: 325–328.
- Santos, E.E., Lauria, D.C., and Porto da Silveira, C.L. 2004. Assessment of daily intake of trace elements due to consumption of foodstuffs by adult inhabitants of Rio de Janeiro city. *Sci Total Env.*, **327**: 69–79.
- Shan, J., Suzuki, T., Suhandy, D., Ogawa, Y., and 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.
- Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., and Rege, D.V. 1997. *Handbook of Indices of Food Quality and Authenticity*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK, 1997.
- Souto, U.T.C.P., Barbosa, M.F., Dantas, H.V., Pontes, A.S., Lyra, W.S., Diniz, P.H.G.D., Araújo, M.C.U., and Silva, E.C. 2015. Identification of adulteration in ground roasted coffees using UV-Vis spectroscopy and SPA-LDA. *LWT - Food Science and Technology*, **63**(2): 1037–1041.

Lampiran 3.

Foto kegiatan seminar nasional tempe

FOTO KEGIATAN SEMINAR NASIONAL 2016

Hotel Horison Bandar Lampung 28 Mei 2016

The Use of UV-Vis-NIR Spectroscopy and Chemometrics for Identification of Adulteration in Ground Roasted Arabica Coffees -Investigation on the Influence of Particle Size on Spectral Analysis-



Saat penyampaian materi presentasi



Saat sesi tanya jawab dan diskusi



Sesi foto bersama dengan para pemateri

Lampiran 4.

Sertifikat sebagai pemakalah seminar nasional tempe
2016



SERTIFIKAT

Diberikan Kepada

Dr. Diding Suhandy, S.IP., M.Agr.

Sebagai

PEMAKALAH

SEMINAR NASIONAL Dalam Rangka Memperingati HARI TEMPE NASIONAL 2016

dengan Tema

“Optimalisasi Pangan Fungsional dan Tradisional dalam Meningkatkan Status Gizi dan Menurunkan Resiko Penyakit”

Hotel Horison, Bandar Lampung, 28 Mei 2016

Rektor Universitas Lampung

REKTOR

Ketua Pelaksana



Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P.

Ir. Samsu Udayana Nurdin, M.Si., PhD

Lampiran 5.

Surat penerimaan (*acceptance letter*) seminar internasional The USR International Seminar on Food Security (UISFS) di Bandar Lampung yang diadakan pada tanggal 23-25 AUGUST 2016 dengan tema “*Improving Food Security : The Challenges for Enhancing Resilience to Climate Change*”. Judul artikel yang akan dipresentasikan adalah: *The Feasibility of Using Ultraviolet-Visible Spectroscopy and Soft Independent Modelling of Class Analogies (SIMCA) for Classification of Indonesian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak)*



INTERNATIONAL SEMINAR

"Improving Food Security: The Challenges for Enhancing Resilience to Climate Change"

Gedung Rektorat Universitas Lampung Lantai 2, Jalan Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1
Bandar Lampung 35145 Telp/Fax. (+62-721) 702767
Web: <http://uisfs.unila.ac.id> & email: uisfs2016@gmail.com

Bandar Lampung 28 June 2016

Ref. No : 77/UISFS-Unila/AUG/2016

Diding Suhandy.
Department of Agricultural Engineering,
The University of Lampung

Subject: Paper accepted for UISFS International Seminar

Dear Bapak Diding Suhandy,

We are very pleased to inform you that your paper entitle "**The Feasibility of Using Ultraviolet-Visible Spectroscopy and Soft Independent Modelling of Class Analogies (Simca) for Classification of Indonesian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak)**" is accepted to be presenting at International Seminar "Improving Food Security: the Challenges for Enhancing Resilience to Climate Change" which will take place from August 23-25, 2016, at Emersia Hotel, Bandar Lampung. The International Seminar is to be held jointly by the Indonesian SEARCA Fellow Association (USFA) and University of Lampung, which is serving as the host organization.

The purpose of the seminar is to stimulate productive exchange of information and ideas among researchers from throughout Indonesia, Southeast Asian Region and other countries and across disciplines. Additional information about the seminar program can be found at the seminar website, <http://uisfs.unila.ac.id> If you have questions, please contact us at rinihariaviva@gmail.com or maria.vivarini@fp.unila.ac.id.

We look forward to seeing you in August 2016!

Sincerely,

Dr. Maria Viva Rini
UISFS Seminar Secretary

Lampiran 6.

Full artikel yang telah dipresentasikan di seminar internasional The USR International Seminar on Food Security (UISFS) di Bandar Lampung berjudul: *The Feasibility of Using Ultraviolet-Visible Spectroscopy and Soft Independent Modelling of Class Analogies (SIMCA) for Classification of Indonesian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak)*

**THE FEASIBILITY OF USING ULTRAVIOLET-VISIBLE
SPECTROSCOPY AND SOFT INDEPENDENT MODELLING OF
CLASS ANALOGIES (SIMCA) FOR CLASSIFICATION OF
INDONESIAN PALM CIVET COFFEE (KOPI LUWAK)**

**Diding SUHANDY^{1*}, Meinilwita YULIA², Sri WALUYO¹, Cicih SUGIANTI¹, Riri
IRIANI¹, Fipit Novi HANDAYANI¹, Novi APRATIWI¹**

¹⁾ Department of Agricultural Engineering, The University of Lampung, Jl. Soemantri
Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng Bandar Lampung, Lampung, Indonesia 35145

²⁾ Department of Agricultural Technology, Lampung State Polytechnic, Jl. Soekarno Hatta
No. 10, Rajabasa Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

*corresponding author: diding.sughandy@fp.unila.ac.id

ABSTRACT

In this study, the feasibility of using ultraviolet-visible (UV-Vis) spectroscopy and soft independent modelling of class analogies (SIMCA) for classification of Indonesian palm civet coffee (kopi luwak) was investigated. A number of 20 samples were used. The samples consist of 10 samples of pure civet coffee without any adulteration (non-adulteration) and another 10 samples of mixture civet coffee adulterated with arabica coffee (adulteration). All samples were extracted with distilled water and filtered. The spectral acquisition was performed with 10 mm of kuvet cell using a UV-Vis spectrometer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA) in the range of 200-450 nm. The result showed that using principal component analysis (PCA) of moving average smoothing spectra, a clear separation of non-adulteration and adulteration samples could be obtained. The SIMCA classification method showed that it is possible to classify and separate the samples into two different classes (non-adulteration and adulteration samples) with accuracy, sensitivity and specificity was more than 90%. This result will open a development of a quick and reliable method based on UV-Vis spectra for civet coffee authentication in near future.

Keywords: UV-Vis spectroscopy, chemometrics, SIMCA, PCA, classification

1. INTRODUCTION

Coffee is one of the most important food commodities worldwide. Among all commodity traded in the world, coffee is number two after crude oil (Esquivel and Jiménez, 2012). There are two important species of coffee which has economic significance in the global coffee trade, species Arabica (*Coffea arabica*) and Robusta (*Coffea canephora*). Another important type of coffee is Luwak coffee or Asian palm civet coffee or Kopi Luwak (Indonesian words for coffee and palm civet) which is well known as the world's priciest and rarest coffee (Marcone, 2004). Luwak coffee is any coffee bean (Arabica or Robusta) which has been eaten and passed through the digestive tract of Asian palm civet (*Paradoxurus hermaphroditus*), which uses its keen senses to select only the best and ripest berries. As a result, its rarity as well as the coffee's exotic and unique production process ultimately accounts for its high selling price, approximately a hundred times higher than regular coffee (International Coffee Organization, <http://www.ico.org/prices/pr-prices.pdf>).

As one of the most profitable trading products, Luwak coffee has been a target for fraud trading by mixing Luwak coffee with other cheaper coffee. In order to protect the authenticity of Luwak coffee and protect consumer from Luwak coffee adulteration, it is very important to develop a robust and easy method for adulteration detection and quantification in Luwak coffee. Recently, food authentication is a major challenge that has become increasingly important due to the drive to guarantee the actual origin of a product and for determining whether it has been adulterated with contaminants or filled out with cheaper ingredients (Ashurst and Dennis, 1996; Singhal *et al.*, 1997).

At present, there is no internationally accepted method of verifying whether a bean is civet coffee or Luwak coffee. Traditionally, coffee aroma has been used to characterize coffee quality. Sensory panel evaluation is commonly used to assess the aroma profile of coffee. However, this technique has some limitations. For example, it is quite difficult to train the panel effectively in order to limit subjectivity of human response to odors and the variability between individuals (Shilbayeh and Iskandarani, 2004). Indonesia as one of important player in civet coffees production is now just starting to develop an advanced technology for coffee processing. It is including a search for nondestructive inspection system for civet coffees characterization. This technology is very important for our coffee industry to protect our high expensive civet coffees from any adulteration. In this research, we attempt to use UV-Visible spectra combined with chemometrics methods (SIMCA/soft

independent modelling of class analogy) to establish a rapid and simple method for discrimination of Luwak coffee and its adulteration.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Sample preparation

A number of 1 kg ground roasted Luwak coffee (Indonesian palm civet coffee) samples were collected directly from coffee farmers at Liwa, Lampung, Indonesia (Hasti coffee Lampung). Another 1 kg ground roasted Arabica coffee samples were also provided for making Luwak coffee adulteration. All coffee samples were grinded using home-coffee-grinder (Sayota). Since that particle sizes in coffee powder has significant influence to spectral analysis, it is important to use same particle size in coffee powder samples (Suhandy *et al.*, 2016). In this research we use particle size of 420 μm by sieving through a nest of U. S. standard sieves (Mesh number of 40) on a Meinzer II sieve shaker (CSC Scientific Company, Inc. USA) for 10 minutes. The experiments were performed at room temperature (around 27-29°C). In this research we prepare 20 samples of coffee samples which consist of two classes, class A and B. Class A has 10 samples of Luwak coffee without adulteration. Class B has 10 samples of Luwak coffee with adulteration (adulterated with Arabica coffee in the range of adulteration 10-50%).

An aqueous extraction procedure of the coffee samples was performed as described by Souto *et al.* (2015). First, 1.0 g of each sample was weighed and placed in a glass beaker. Then, adding 10 mL of distilled water at 90-98°C then mixed with magnetic stirring (Cimarec™ Stirrers, model S130810-33, Barnstead International, USA) at 350 rpm for 5 min. Then the samples were filtered using a 25 mm pore-sized quantitative filter paper coupled with an erlenmeyer. After cooling process to room temperature (for 20 min), all extracts were then diluted in the proportion of 1:20 (mL: mL) with distilled water. UV-Vis-NIR spectra from the aqueous extracts were acquired using a UV-Vis spectrometer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA).

2.2. Instrumentation and spectra data acquisition

UV-Vis-NIR spectra in the range of 200-450 nm were acquired by using a UV-Vis spectrometer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA) equipped with a quartz cell with optical path of 10 mm, and spectral resolution of 1 nm at a room temperature. Before the measurements step, blank (the same distilled water used in extraction process) was placed inside of the sample cell to adjust the 100% transmittance signal.

2.3. Data analysis

All recorded spectra data were transferred to computer via USB flash disk and then convert the spectra data from .csv extension into an excel data (.xls). All spectrum then smoothed using moving average algorithm with number of averaging is 3 segments. For classification, a SIMCA model was developed using PCA (principal component analysis) for each class. The calculation of smoothing spectra and developing SIMCA model were done using a multivariate analysis program The Unscrambler® version 9.8 (CAMO AS, Norway). The performance of classification result was evaluated using three parameters: accuracy, sensitivity and specificity (Lavine, 2009).

3. RESULTS AND DISCUSSION

Fig. 1 shows the result of spectral acquisition of 20 samples of Luwak coffee with and without adulteration in the range of 200-450 nm. It is clear that all spectral data (20 samples) are almost identical. It is very difficult to see any differences between samples Luwak coffee with and without adulteration. Here, we identify several peaks at 220 nm, 255 nm, 280 nm, 310 nm and 325 nm. The peak at 220 nm and 280 nm however is little bit noisy. The peak at 280 nm is close to absorbance of caffeine which is also reported by several previous investigators (Belay *et al.*, 2008; Clarke and Macrae, 1985).

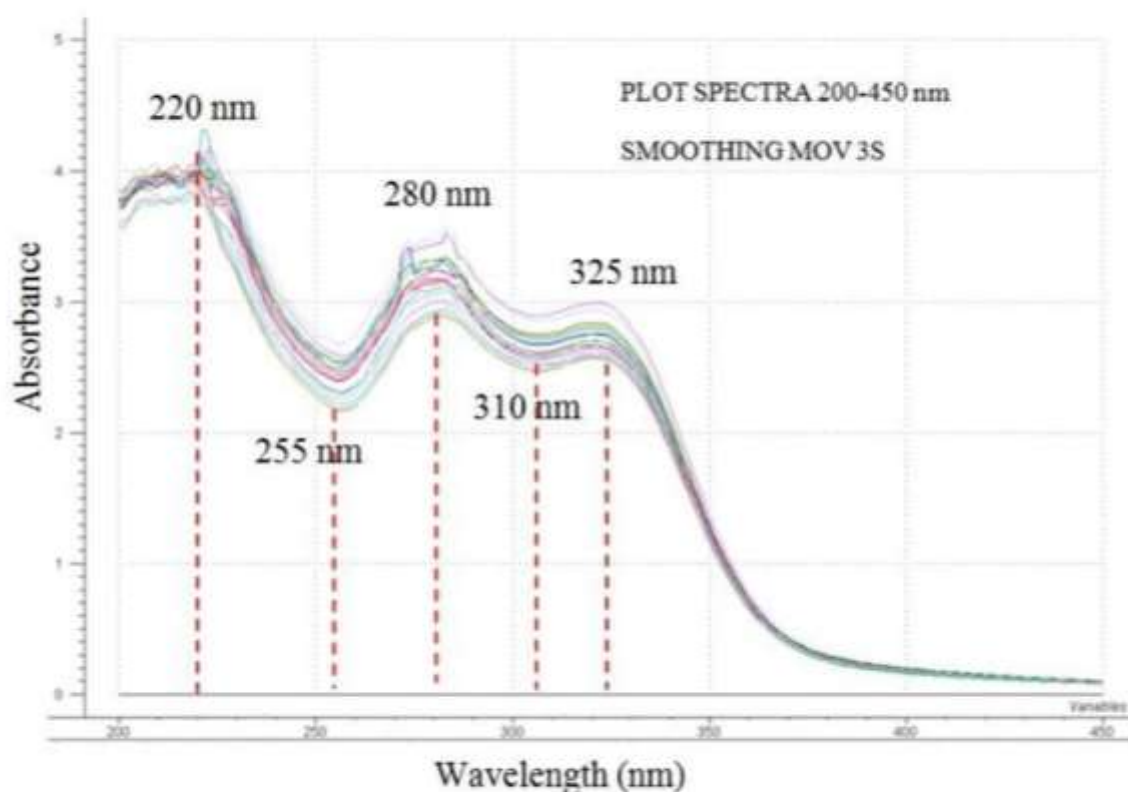


Figure 1. The spectral data of 20 coffee samples acquired using UV-Visible spectrometer in the range of 200-450 nm.

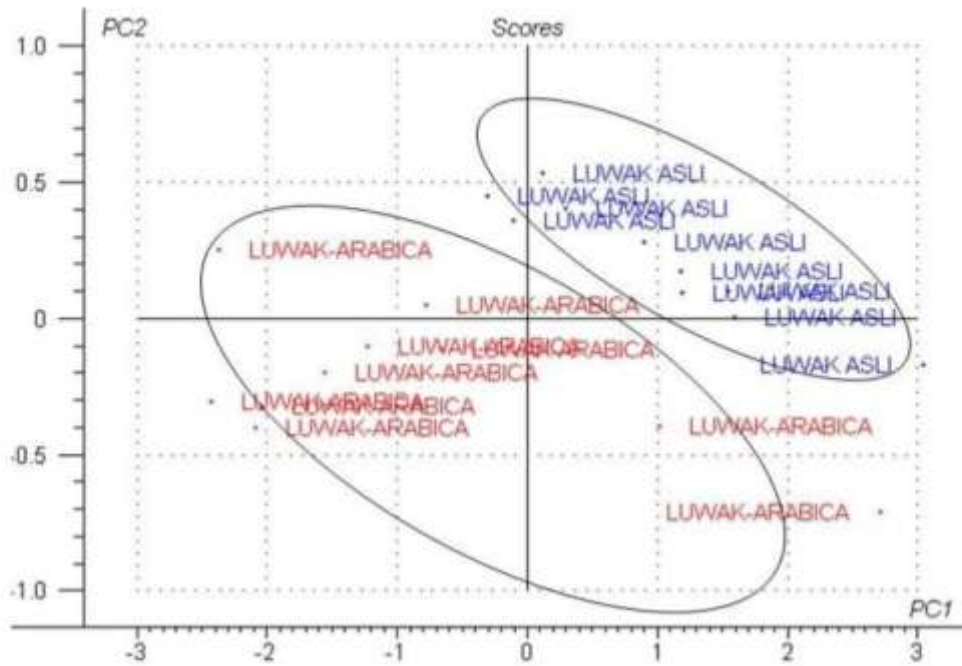


Figure 2. The scores of PC1 and PC2 of PCA using 20 samples.

Fig. 2 shows the result of global principal component analysis (PCA) of 20 samples (all samples). The figure shows the scores of PC1 and PC2 (in total explain 96% of sample variance). It can be seen that using PC1 and PC2, the samples can be divided roughly into two groups or two classes (luwak coffee without adulteration and luwak coffee with adulteration). This figure suggests us that the 20 samples can be separated into two different classes.

For this reason, in SIMCA analysis we perform PCA for two different classes, class A (luwak coffee without adulteration) and class B (luwak coffee with adulteration) with 10 samples for each class, respectively. Fig. 3 and 4 show the result of PCA for each class. In class A the total sample explained variance for PC1 and PC2 is 96% and in class B is 99%, respectively. It can be said both developed SIMCA model for class A and B are capable to explain and handle most variation contained in original coffee samples.

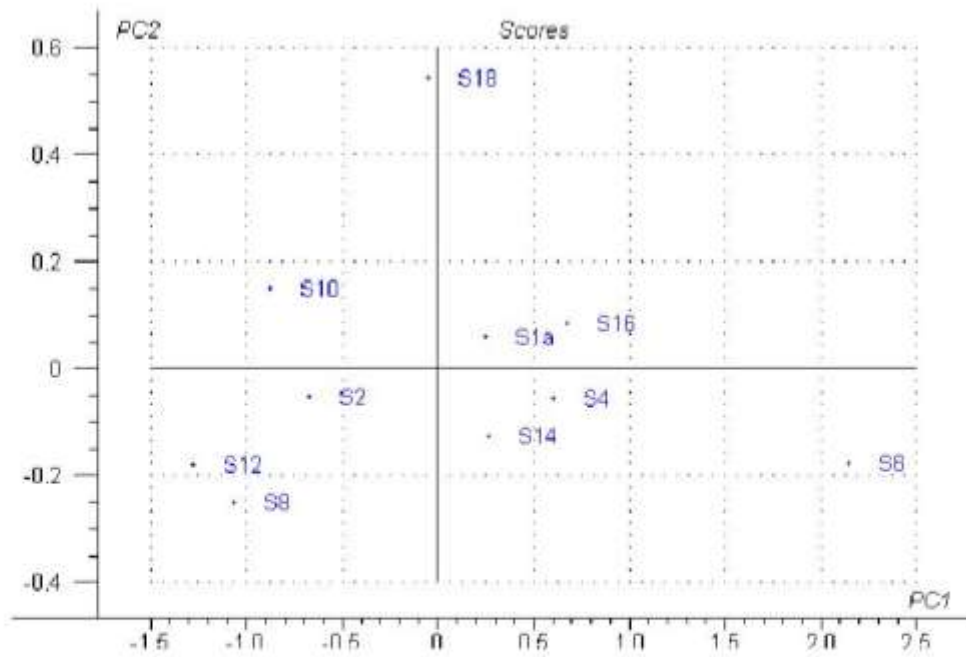


Figure 3. The result of PCA for samples in class A (luwak coffee without adulteration).

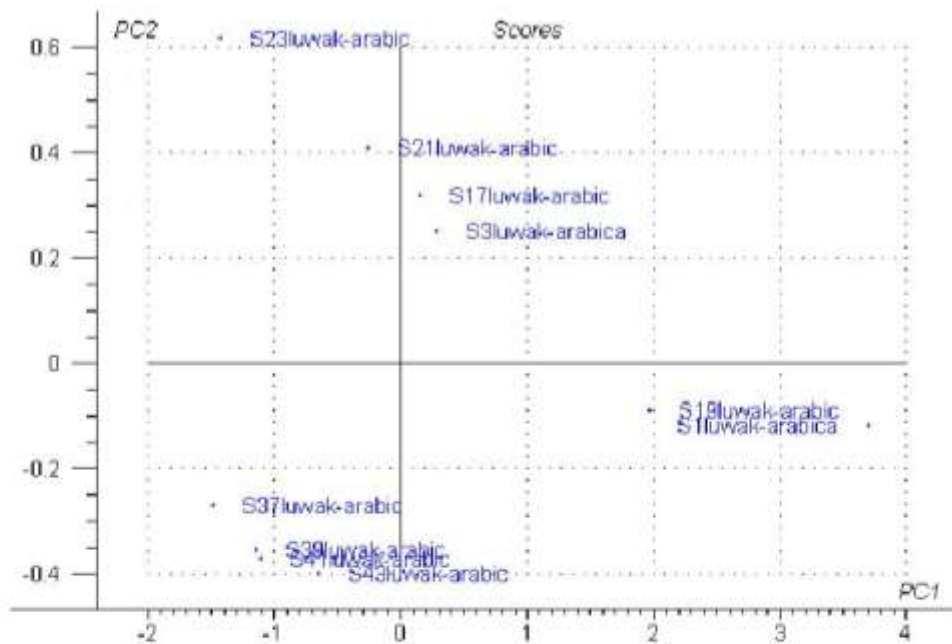


Figure 4. The result of PCA for samples in class B (luwak coffee with adulteration).

Sample	simcaas110samples	simcaCAMPUPAN10samples
S1a	+	
S2	+	
S4	+	
S6	+	
S8	+	
S10	+	
S12	+	
S14	+	
S16	+	+
S18	+	
S1luwak-arabica		+
S31luwak-arabica		+
S17luwak-arabica		+
S19luwak-arabica		+
S21luwak-arabica		+
S23luwak-arabica		+
S37luwak-arabica		+
S39luwak-arabica		+
S41luwak-arabica		+
S43luwak-arabica		+

Figure 5. The result of classification using model SIMCA class A and B for 20 samples.

Fig. 5 shows the result of classification using developed SIMCA model for both class A and B at 10% significance level. It can be seen that sample number S16 is actually belong to class A (Luwak coffee without adulteration). However, the model classifies the sample S16 is belong to both class A and B. For other samples, the classification result is very satisfied where all samples successfully classify into proper class. For example, all samples from S1luwak-arabica until S43luwak-arabica are actually belong to class B (luwak coffee with adulteration) and the developed SIMCA model successfully classify all those samples into class B.

In order to calculate the performance of classification, a confusion matrix was created, with the accuracy, sensitivity and specificity of the coffee samples classifications using developed SIMCA models. It can be seen that SIMCA results were satisfactory (superior to 90%) for the accuracy, sensitivity and specificity rates.

Table 1. Confusion matrix with accuracy, sensitivity and specificity of the classification of coffee samples by SIMCA.

	Class A (assigned by model A)	Class B (assigned by model B)
Class A (actual)*	9	1
Class B (actual)	0	10
Accuracy (%)	95%	
Sensitivity (%)	91%	
Specificity (%)	100%	

CONCLUSION

This research demonstrates a feasibility of using UV-Visible spectroscopy along with chemometrics method to identify adulteration in Luwak coffees. The classification result was satisfactory with accuracy rate, sensitivity and specificity were 95%, 91% and 100%, respectively. This promising result has opened a possible application of using UV-Visible spectroscopy and chemometrics method to establish a rapid and acceptable method for classification of Indonesian Luwak coffee. This method may be applied to protect our Indonesian Luwak coffee from any adulteration using other cheaper coffees.

ACKNOWLEDGEMENTS

We express our deepest appreciation to Hasti coffee Lampung, for providing coffee samples. We also gratefully acknowledge support of the Indonesian Ministry of Research, Technology and Higher Education (KEMENRISTEKDIKTI) via Penelitian Strategis Nasional (STRANAS) 2016 (Nomor: 419/UN26/8/LPPM/2016) and The University of Lampung, Indonesia. We thank to the Department of Agricultural Engineering, The University of Lampung for their permission to use their facilities for spectral data acquisition.

REFERENCES

- Ashurst, P.R., and Dennis, M.J. (Eds.),. 1996. Food Authentication, Blackie Academic & Professional, London, UK.
- Belay, A., Ture, K., Redi, M., and Asfaw, A. 2008. Measurement of caffeine in coffee beans with UV/vis spectrometer. *Food Chemistry* **108**: 310–315.
- Clarke, R. J., and Macrae, R. 1985. Coffee chemistry (Vol. 1). Amsterdam: Elsevier Applied Science, pp. 124–125.
- Esquivel, P., and Jiménez, V. M. 2012. Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, **46**: 488–495.
- Lavine, B. K. 2009. Validation of classifiers. In B. Walczak, R. Tauler, and S. Brown (Eds.), *Comprehensive chemometrics* (Vol. 3, pp. 587–599). Oxford: Elsevier.
- Lavine, B. K. 2009. Validation of classifiers. In B. Walczak, R. Tauler, and S. Brown (Eds.), *Comprehensive chemometrics* (Vol. 3, pp. 587–599). Oxford: Elsevier.
- Marcone, M. F. 2004. Composition and properties of Indonesian palm civet coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee, *Food Res. Int.*, **37**: 901–912.

- Nebesny, E. and Budryn, G. 2006. Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions, *Eur. Food Res. Technol.*, **224**: 159–165.
- Shilbayeh, N.F. and Iskandarani, M.Z. 2004. Quality control of coffee using an electronic nose system. *American Journal of Applied Sciences* **1**(2): 129–135.
- Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., and Rege, D.V. 1997. *Handbook of Indices of Food Quality and Authenticity*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK.
- Suhandy, D., Waluyo, S., Sugianti, C., Yulia, M., Iriani, R., Handayani, F.N., and Apratiwi, N. 2016. The Use of UV-Vis-NIR Spectroscopy and Chemometrics for Identification of Adulteration in Ground Roasted Arabica Coffees -Investigation on the Influence of Particle Size on Spectral Analysis-. *Proceeding of Seminar Nasional Tempe*. Bandar Lampung, 28 Mei 2016.

Lampiran 7.

Surat penerimaan (*acceptance letter*) seminar internasional The USR International Seminar on Food Security (UISFS) di Bandar Lampung yang diadakan pada tanggal 23-25 AUGUST 2016 dengan tema “*Improving Food Security : The Challenges for Enhancing Resilience to Climate Change*”. Judul artikel yang akan dipresentasikan adalah: *Detection and Quantification of Adulteration in Luwak Coffee through Ultraviolet-Visible Spectroscopy Combined with Chemometrics*



INTERNATIONAL SEMINAR
"Improving Food Security: The Challenges for Enhancing Resilience to Climate Change"

Gedung Rektorat Universitas Lampung Lantai 2. Jalan Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1
Bandar Lampung 35145 Telp/Fax. (+62-721) 702767
Web: <http://uisfs.unila.ac.id> & email: uisfs2016@gmail.com

Bandar Lampung, 13 July 2016

Ref. No : 81/UISFS-Unila/AUG/2016

Meinilwita Yulia, Diding Suhandy, Sri Waluyo, and Cicih Sugianti
Department of Agricultural Engineering
The University of Lampung-INDONESIA

Subject: Paper accepted for UISFS International Seminar

Dear Meinilwita Yulia and others,

We are very pleased to inform you that your paper entitle "**Detection and Quantification of Adulteration in Luwak Coffee through Ultraviolet-Visible Spectroscopy Combined with Chemometrics**" is accepted to be presenting at International Seminar "Improving Food Security: the Challenges for Enhancing Resilience to Climate Change" which will take place from August 23-25, 2016, at Emersia Hotel, Bandar Lampung. The International Seminar is to be held jointly by the Indonesian SEARCA Fellow Association (USFA) and University of Lampung, which is serving as the host organization.

The purpose of the seminar is to stimulate productive exchange of information and ideas among researchers from throughout Indonesia, Southeast Asian Region and other countries and across disciplines. Additional information about the seminar program can be found at the seminar website, <http://uisfs.unila.ac.id> If you have questions, please contact us at rinihariaviva@gmail.com or maria.vivarini@fp.unila.ac.id.

We look forward to seeing you in August 2016!

Sincerely,

Dr. Maria Viva Rini
UISFS Seminar Secretary

Lampiran 8.

Full artikel yang telah dipresentasikan di seminar internasional The USR International Seminar on Food Security (UISFS) di Bandar Lampung berjudul: *Detection and Quantification of Adulteration in Luwak Coffee through Ultraviolet-Visible Spectroscopy Combined with Chemometrics*

Detection and Quantification of Adulteration in Luwak Coffee through Ultraviolet-Visible Spectroscopy Combined with Chemometrics

**MEINILWITA YULIA¹, DIDING SUHANDY^{2*}, SRI WALUYO³, CICIH
SUGIANTI²**

¹) Department of Agricultural Technology, Lampung State Polytechnic, Jl. Soekarno Hatta
No. 10, Rajabasa Bandar Lampung, Lampung, Indonesia.

²) Department of Agricultural Engineering, The University of Lampung, Jl. Soemantri
Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng Bandar Lampung, Lampung, Indonesia 35145.

*corresponding author: diding.sughandy@fp.unila.ac.id

ABSTRACT

Luwak coffee is the most expensive coffee in the world and currently, the authentication of Luwak coffee has become very important due to the possible adulteration of Luwak coffee with non-Luwak coffee. In this research, we investigate the potential application of using ultraviolet-visible (UV-Vis) spectroscopy combined with chemometric techniques (partial least square/PLS1) for quantification of adulteration in Luwak coffee. The adulterant was Arabica coffee which is added into Luwak coffee with degree of adulteration in the range of 10-50%. A number of 30 samples were used. All samples were extracted with distilled water and filtered. The spectral acquisition was performed with 10 mm of kuvet cell using a UV-Vis spectrometer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA) in the range of 200-500 nm. PLS1 model correlates the actual and UV-Vis estimated values of adulterants (concentration of Arabica coffee in Luwak coffee) with coefficients of correlation (r) of 0.99 and 0.97 for calibration and validation, respectively. The low RMSECV values of 0.044 gram could be obtained. The method, therefore, has potential as a rapid method for quantification of adulterant in Luwak coffee.

Keywords: Luwak coffee, chemometrics, PLS1 regression, calibration, UV-Vis spectroscopy

1. INTRODUCTION

Coffee is one of the most popular beverages in the world (Duarte *et al.*, 2005) with high consumption in develop countries; 4 kg per capita in the US and 5 kg per capita in Europe (http://www.worldmapper.org/posters/worldmapper_1038_coffee_consumption_ver2.pdf). In other hand, coffee is mostly produced in several developing countries. Four countries account for more than half of the world's production: Brazil, Vietnam, Colombia and Indonesia. (http://www.worldmapper.org/posters/worldmapper_1037_coffee_production_ver5.pdf).

Luwak coffee is a name for Arabica or Robusta coffee which has been eaten by Asian palm civet (*Paradoxurus hermaphroditus*). The coffee bean which is eaten by Asian palm civet (*Paradoxurus hermaphroditus*) is the best and ripest berries. After several hours inside the civet animal, the best coffee berries passed through the digestive tract of civet animal resulted in a unique flavour of Luwak coffee. This kind of unique production is a reason why the production of Luwak coffee is very limited and worldwide it is approximately only 250-500 kg per year.

Luwak coffee is one of the most expensive and the rarest coffee in the world. Due to its commercial importance, detection of adulterated matters has been a constant concern in fraud verification, especially when it is difficult to percept adulterations with the naked eye in samples of Luwak roasted coffee ground. The inspection of adulteration materials becomes more difficult in samples of Luwak powder coffee. In Indonesia, Luwak coffee is adulterated with other cheaper non-Luwak coffee. Around 70% of Luwak coffee or civet coffee available at coffee stores and the internet (online store) is not 100% pure Luwak coffee and sometimes it does not contain anything of the genuine coffee.

In order to protect the authenticity of Luwak coffee, it is important to develop a simple method which can be used to detect and quantify the degree of adulteration. Recently, there is no internationally accepted method of verifying whether a bean is civet coffee or Luwak coffee. Traditionally, coffee aroma has been used to characterize coffee quality. Sensory panel evaluation is commonly used to assess the aroma profile of coffee. However, this technique has some limitations. For example, it is quite difficult to train the panel effectively in order to limit subjectivity of human response to odors and the variability between individuals (Shilbayeh and Iskandarani, 2004). Human sensory method is also difficult to verify the authenticity of Luwak coffee when a small amount of adulterated materials such as cheaper non-Luwak coffee is added. Indonesia as one of important player in Luwak coffees production is now just starting to develop an advanced technology for coffee processing. It is including a search for nondestructive inspection system for Luwak coffees characterization.

This technology is very important for our coffee industry to protect our high expensive Luwak coffees from any adulteration. In this research, we attempt to use UV-Visible spectra combined with PLS regression method to detect and quantify content of adulterant in Luwak-Arabica blend coffee samples.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Sample preparation

A number of 1 kg ground roasted Luwak coffee (Indonesian palm civet coffee) samples were collected directly from coffee farmers at Liwa, Lampung, Indonesia (Hasti coffee Lampung). Another 1 kg ground roasted Arabica coffee samples were also provided for making Luwak coffee adulteration. All coffee samples were grinded using a home-coffee-grinder (Sayota). Since that particle sizes in coffee powder has significant influence to spectral analysis, it is important to use same particle size in coffee powder samples (Suhandy *et al.*, 2016). In this research we use particle size of 420 μm by sieving through a nest of U. S. standard sieves (mesh number of 40) on a Meinzer II sieve shaker (CSC Scientific Company, Inc. USA) for 10 minutes. The experiments were performed at room temperature (around 27-29°C). In this research we prepare 30 samples of Luwak-Arabica blend coffee samples which different content of adulteration. The adulteration content range is 0-50% by adding Arabica coffee into Luwak coffee samples.

The spectral acquisition of Luwak-Arabica blends coffee samples were done in solution samples. For this purpose, an aqueous extraction procedure of the coffee samples was performed as described by Souto *et al.* (2010). First, 1.0 g of each sample was weighed and placed in a glass beaker. Then, adding 10 mL of distilled water at 90-98°C then mixed with magnetic stirring (Cimarec™ Stirrers, model S130810-33, Barnstead International, USA) at 350 rpm for 5 min. Then the samples were filtered using a 25 mm pore-sized quantitative filter paper coupled with an erlenmeyer. After cooling process to room temperature (for 20 min), all extracts were then diluted in the proportion of 1:20 (mL: mL) with distilled water. UV-Vis-NIR spectra from the aqueous extracts were acquired using a UV-Vis spectrometer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA).

2.2. Spectral acquisition

The spectral data of coffee blend (Luwak-Arabica) were acquired using UV-Vis spectrometer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA) in the range of 200-450 nm. This spectrometer is a dual-beam spectrometer equipped with 5 cell sample holder and 1 cell for blank or reference holder. The wavelength accuracy is 1 nm with dual silicon photodiodes as detector and Xenon flash as illumination source.

The absorbance data of Luwak-Arabica coffee blend in solution samples were acquired in the range of 200-450 nm at room temperature. For this, we put 2 mL of solution samples into cuvettes. Before the sample measurements step, blank (the same distilled water used in extraction process) was placed inside reference cell holder to adjust the 100% transmittance signal.

2.3. PLS regression

The correlation between spectral data and content of adulteration (content of Arabica) was investigated using partial least squares (PLS) regression. The spectral data has many overlapped information. Some information is important and it has strong relation to the target response (content of adulteration). However, some information is not related to the target response. So, the general idea of PLS is to try to extract those information. PLS find several latent factors which account for most of the variation in the response. For this reason, the acronym PLS has also been taken to mean “projection to latent structure.” It should be noted, however, that the term “latent” does not have the same technical meaning in the context of PLS as it does for other multivariate techniques. In particular, PLS does not yield consistent estimates of what are called “latent variables” in formal structural equation modelling (Dykstra, 1983). PLS regression model has been used widely for multivariate data analysis including spectral data for qualitative and quantitative analysis from UV to terahertz region (Suhandy *et al.*, 2012; Shan *et al.*, 2014)

In this study, PLS regression model was developed using The Unscrambler® version 9.7 (CAMO, Oslo, Norway), statistical software for multivariate calibration. A student's t-test was performed using Statistical Package for the Social Science (SPSS) version 11.0 for Windows in order to evaluate the significance level of the model.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Spectral data of Luwak-Arabica coffee blend

In Fig. 1 we can see the original spectra of coffee blend (Luwak-Arabica) in the range of 200-450 nm. We notice the difference of absorbance intensity due to difference of content of adulterant (content of Arabica). However, the spectral difference is not consistent and it may be due to baseline differences. In order to remove the influence of baseline effect, we processed the spectra using smoothing and derivation algorithm (Savitzky-Golay 1st derivative with polynomial order 2 and number of segments 11) as shown in Fig. 2. Here we can see that it is not easy to see the spectral differences among the samples having different content of adulterant. So it is really necessary to use multivariate analysis to extract such kind of spectral information. From Fig. 1 and 2 we can see that there are several peaks which may

be related to the information of content of adulteration. The peak at 280 nm can be found both in original and processed spectra. This wavelength is related to caffeine absorbance (Belay *et al.*, 2008).

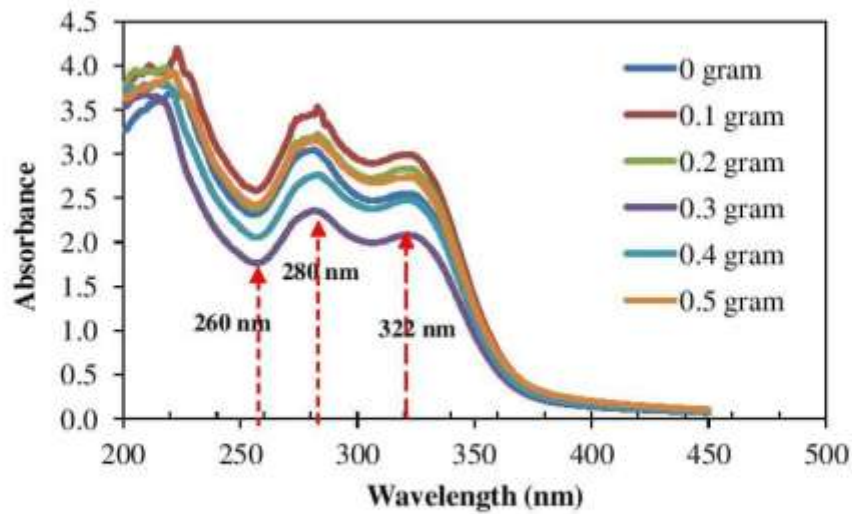


Figure 1. Original spectra of coffee blend (Luwak-Arabica) with different content of adulterant (Arabica) in the range of 200-450 nm.

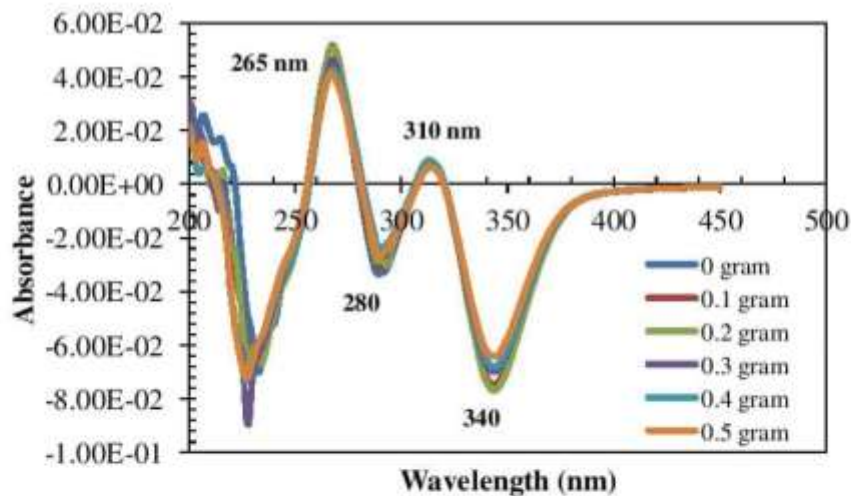


Figure 2. Processed spectra (smoothing +Savitzky-Golay derivation) of coffee blend (Luwak-Arabica) with different content of adulterant (Arabica) in the range of 200-450 nm.

3.2. Developing a PLS regression model for prediction content of adulteration

Here we perform a quantitative study for prediction content of adulteration in Luwak-Arabica coffee blend. For this purpose, we develop a PLS regression model using all wavelength in the range of 200-450 nm as predictor (x variables) and content of adulteration

or content of Arabica coffee added into Luwak-Arabica coffee blend as target response (y variable). Fig. 3 shows the result of PLS regression model in calibration step. It can be seen that there is a strong correlation between actual content of adulteration and predicted one using UV-Vis spectra with high coefficient of determination (R^2) = 0.99 and low RMSEC = 0.013884 gram. The developed PLS model was well validated as shown in Fig. 4. The cross-validation resulted in low RMSECV = 0.044242 gram and low bias = 0.003850 gram.

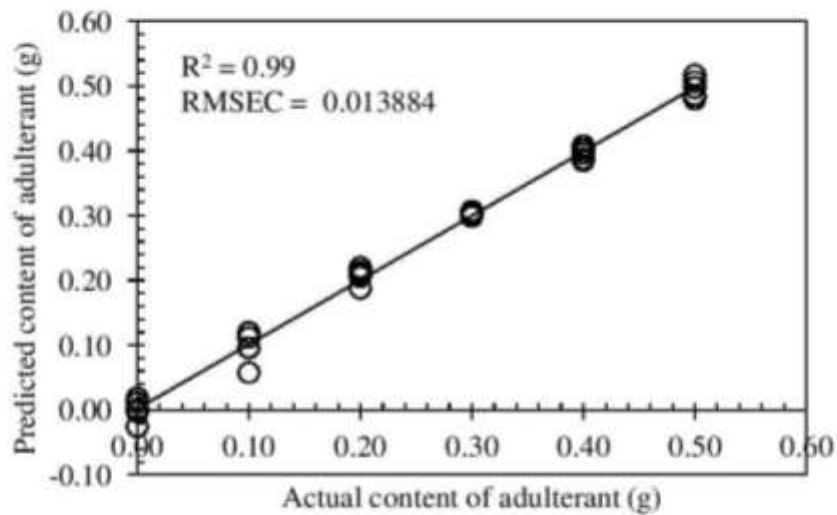


Figure 3. Scatter plot between actual and predicted content of adulteration in calibration step in the range 200-450 nm.

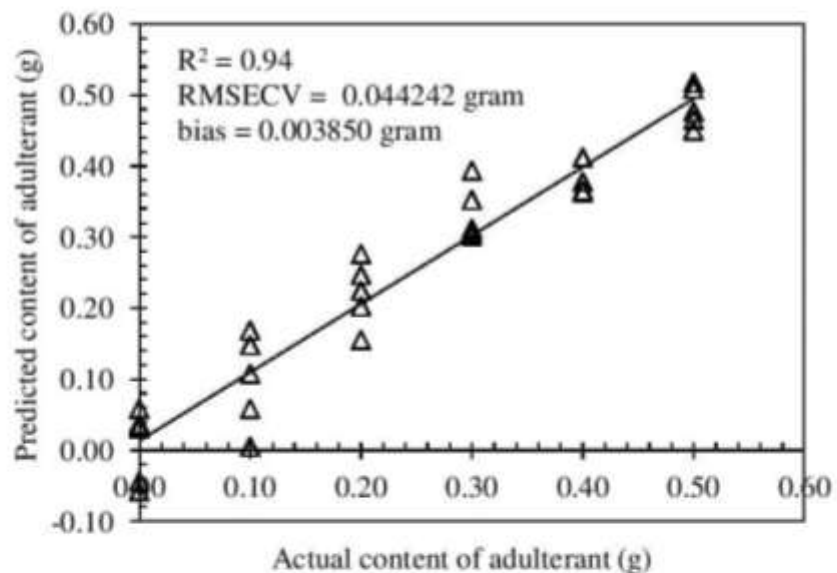


Figure 4. Scatter plot between actual and predicted content of adulteration in cross-validation step in the range 200-450 nm.

By a 95% confidence pair t-test, there were no significant differences between the actual content of adulteration and that predicted by UV-Visible spectroscopy. This result showed that a calibration model for determination content of adulteration in Luwak-Arabica blend using UV-Visible spectroscopy could be well developed.

In order to understand the structure of the developed PLS model, we plot a relationship between the wavelength and regression coefficient as shown in Fig. 5. It can be noticed several wavelengths have significant value of regression coefficient. Those wavelengths are 275 nm, 300 nm, 342 nm and 378 nm. The wavelength at 275 nm is related to absorption of caffeine. The wavelength at 300 nm may be related to absorption of caffeic acid (Souto *et al.*, 2010).

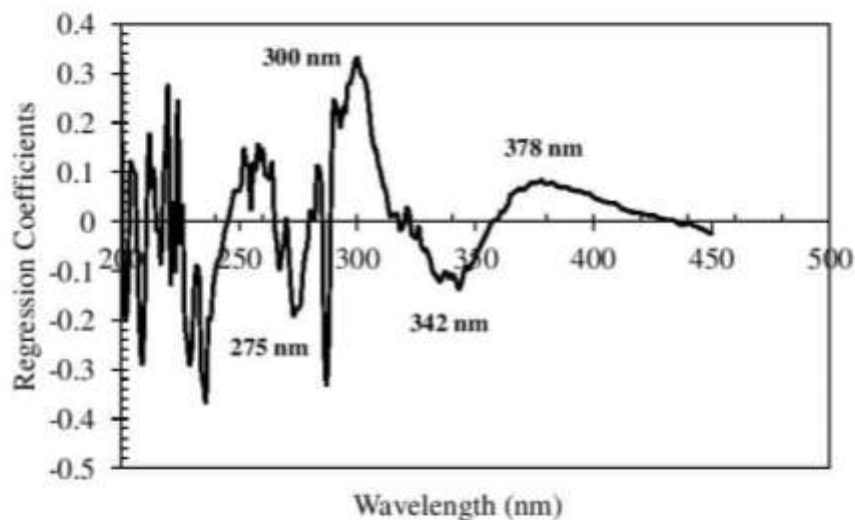


Figure 5. The regression coefficient versus wavelength plot of PLS model determination for prediction content of adulteration in Luwak-Arabica coffee blend.

CONCLUSION

This study has demonstrated the promising application of using PLS regression model for prediction the content of adulteration in Luwak-Arabica blend coffee samples. The developed PLS model resulted in a strong correlation between actual and predicted content of adulteration with $R^2 = 0.99$. The cross-validation resulted in low bias. By a 95% confidence pair t-test, there were no significant differences between the actual content of adulteration and that predicted by UV-Visible spectroscopy. This result may open a development of simple and fast method to detect and quantify the content of adulteration in Luwak-Arabica blend coffee samples.

ACKNOWLEDGEMENT

This research is part of Penelitian Strategis Nasional (STRANAS) 2016 which is funded by Ministry of Research, Technology and Higher Education (KEMENRISTEKDIKTI) Indonesia (Nomor: 419/UN26/8/LPPM/2016). We acknowledge this support. We thank also Hasti coffee Lampung for providing us the samples.

REFERENCES

- Belay, A., Ture, K., Redi, M., and Asfaw, A. 2008. Measurement of caffeine in coffee beans with UV/vis spectrometer. *Food Chemistry* **108**: 310–315.
- Dijkstra, T. 1983. Some comments on maximum likelihood and partial least squares methods. *Journal of Econometrics*, **22**: 67–90.
- Duarte, S.M.d.S., Abreu, C.M.P.d., Menezes, H.C.d., Santos, M.H.d., Gouvea, C.M.C.P. 2005. Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Food Sci. Technol. (Campinas)* **25**:387–393.
- Shan, J., Suzuki, T., Suhandy, D., Ogawa, Y., and Kondo, N. 2014. Chlorogenic acid (CGA) determination in roasted coffee beans by Near Infrared (NIR) spectroscopy. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, **7**(4): 139–142.
- Shilbayeh, N.F. and Iskandarani, M.Z. 2004. Quality control of coffee using an electronic nose system. *American Journal of Applied Sciences* **1**(2): 129–135.
- Souto, U.T.C.P., Pontes, M.J.C., Silva, E.C., Galvão, R.K.H., Araújo, M.C.U., Sanches, F.A.C., Cunha, F.A.S., and Oliveira, M.S.R. 2010. UV–Vis spectrometric classification of coffees by SPA–LDA. *Food Chemistry* **119**: 368–371.
- Suhandy, D., Suzuki, T., Ogawa, Y., Kondo, N., Naito, H., Ishihara, T., and Liu, W. 2012. A Quantitative study for determination of glucose concentration using attenuated total reflectance terahertz (ATR-THz) spectroscopy. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, **5**(3): 90–95.
- Suhandy, D., Waluyo, S., Sugianti, C., Yulia, M., Iriani, R., Handayani, F.N., and Apratiwi, N. 2016. The Use of UV-Vis-NIR Spectroscopy and Chemometrics for Identification of Adulteration in Ground Roasted Arabica Coffees -Investigation on the Influence of Particle Size on Spectral Analysis-. *Proceeding of Seminar Nasional Tempe. Bandar Lampung, 28 Mei 2016.*

Lampiran 9.

Sertifikat sebagai pemakalah pada seminar UISFS2016



UISFS
2016

S E A M E O
50
1966-2016
SEARCA

CERTIFICATE OF APPRECIATION

This is to certify that

Diding Suhandy

has contributed as

PRESENTER

to the

USR International Seminar on Food Security (UISFS) titled:

"Improving Food Security: The Challenges for Enhancing Resilience to Climate Change"

held on 23-24 August 2016 at Hotel Emersia, Bandar Lampung, Indonesia.



Alimang

Prof. Dr. Hasriadi Mat Akin
Rector, University of Lampung

Gil C. Saguiguit, Jr.

Dr. Gil C. Saguiguit, Jr.
Director, SEARCA

Lampiran 10.

Full artikel yang telah dikirimkan ke jurnal terakreditasi nasional JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN PERTETA IPB berjudul: *Penggunaan Metode Discriminant Partial Least Squares (DPLS) dan Data Spektra di Daerah Ultraviolet-Cahaya Tampak Untuk Penggolongan Kopi Luwak*

LAMPIRAN OUTPUT STRANAS 2016

JURNAL NASIONAL TERAKREDITASI

-IN REVIEW-

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN PERTETA IPB

Journal Abbreviation: JTEP

Journal ISSN: 2338-8439 (ONLINE), 2407-0475 (PRINT)

Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) Terakreditasi B
berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015
Tanggal 21 September 2015

The screenshot shows the website for JTEP (Jurnal Ketechnikan Pertanian) at the URL journal.upb.ac.id/index.php/jtepp/author/submission/review/13070. The page features a dark red header with the journal's logo, ISSN numbers (E-ISSN: 2338-8439, P-ISSN: 2407-0475), and a navigation menu. The main content area is divided into three columns:

- Left Column:** Includes a user profile section for 'EYER' (logged in as [idlog@upb.ac.id](#)), a 'Publication ethics' logo, a 'GUIDELINES FOR AUTHORS' logo, and an 'ARTICLE TEMPLATE' logo.
- Middle Column:** Contains a navigation menu (HOME, ABOUT, USER HOME, SEARCH, CREDIT, ARCHIVES, ABOUT DOCUMENTS, BEST CITATION, EDITORIAL BOARD, ADD A SCOPE, COPYRIGHT, ARTICLE SUBMISSION) and a breadcrumb trail: [Home](#) > [User Home](#) > [Submission](#) > [#13070](#) > [Review](#). The main heading is '#13070 REVIEW'. Below this, there are sections for 'SUBMISSION' (listing author, title, subject, and editor) and 'PEER REVIEW' (listing 'ROUND 1' with dates for review, internal, and upload).
- Right Column:** Displays 'Member of' logos for Crossref, DOAJ (Directory of Open Access Journals), ISJO, and IPI, along with a 'Google citation' logo.

1

1 **Penggunaan Metode *Discriminant Partial Least Squares* (DPLS) dan Data Spektra**
2 **di Daerah Ultraviolet-Cahaya Tampak Untuk Penggolongan Kopi Luwak**

3 *The Use of Discriminant Partial Least Squares (DPLS) Method and Spectral Data in*
4 *Ultraviolet-Visible Region for Classification of Indonesian Palm Civet Coffee*

6 **Abstract**

7 *The potential use of UV-Visible spectroscopy along with DPLS (discriminant partial*
8 *least squares) method has been evaluated to discriminate authenticity of luwak coffee.*
9 *In this study, UV-Visible spectral data of adulterated and unadulterated luwak coffee*
10 *samples were obtained within 190-700 nm spectral region. DPLS model were then*
11 *developed using original spectra to distinguish between adulterated luwak coffee and*
12 *unadulterated luwak coffee samples. The predictions using developed DPLS model*
13 *resulted in 100% of correct classification rate for adulterated and unadulterated luwak*
14 *coffee, respectively. Our results showed that UV-Visible spectroscopy data with DPLS*
15 *method can be applied to rapid detecting luwak coffee adulteration with other cheaper*
16 *non-luwak coffees. This technology may be applied to protect and promote luwak coffee*
17 *as one of Indonesian coffee specialty.*

18
19 **Keywords:** *DPLS method, luwak coffee, discrimination, chemometrics, UV-Visible*
20 *spectroscopy*

22 **Abstrak**

23 Potensi penggunaan spektroskopi ultraviolet-cahaya tampak dan metode DPLS
24 (*discriminant partial least squares*) dievaluasi untuk digunakan dalam proses
25 diskriminasi kopi luwak. Pada penelitian ini data spektra kopi luwak asli dan kopi luwak
26 yang dicampur kopi arabika (kopi luwak campuran) diambil pada panjang gelombang
27 190-700 nm. Model DPLS dibangun menggunakan spektra asli untuk membedakan
28 antara kopi luwak asli dan kopi luwak campuran. Hasil prediksi menggunakan model
29 DPLS menghasilkan ketepatan klasifikasi sebesar 100% untuk kopi luwak asli dan kopi
30 luwak campuran. Hasil riset ini menunjukkan spektroskopi ultraviolet-cahaya tampak
31 dan metode DPLS dapat digunakan sebagai salah satu metode cepat untuk mendeteksi
32 adanya pemalsuan kopi luwak yang harganya mahal menggunakan kopi bukan luwak
33 yang harganya lebih murah. Teknologi ini dapat diterapkan untuk melindungi sekaligus
34 mengenalkan kopi luwak sebagai salah satu kopi *specialty* Indonesia.

35
36 **Kata Kunci:** Metode DPLS, kopi luwak, diskriminasi, kemometrika, spektroskopi
37 ultraviolet-cahaya tampak

39 **Pendahuluan**

40 Kopi luwak (*Indonesian palm civet coffee*) merupakan salah satu kopi terbaik dan
41 termahal saat ini (Howell, 2013). Proses produksinya unik. Biji kopi yang terbaik dan
42 tepat masak saja yang dimakan hewan luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*). Biji kopi

1 yang ikut termakan hewan luwak mengalami proses fermentasi khas di dalam
2 pencernaan hewan luwak dan kemudian keluar bersama feses luwak. Setelah
3 dibersihkan dan dikeringkan kopi luwak siap diproses lebih lanjut untuk menjadi kopi
4 terbaik dari sisi rasa dan tersulit dicari karena produksinya yang sangat terbatas
5 (Marcone, 2004).

6
7 Meskipun masih diperdebatkan, kopi luwak bisa kita kelompokkan ke dalam kopi
8 *specialty* merujuk kepada dua alasan. Pertama, kopi luwak bisa memberikan pendapatan
9 lebih kepada petani kopi karena harga kopi luwak yang sangat tinggi. Kedua dari sisi
10 konsumen maka penikmat kopi luwak bisa mendapatkan kepuasan tersendiri saat
11 mengonsumsi kopi luwak (Steiman, 2013). Namun pada kenyataannya, pengembangan
12 kopi luwak sebagai kopi *specialty* bisa terancam dengan kehadiran kopi luwak yang
13 dicampur kopi bukan luwak. Seorang ahli kopi terlatih bisa secara mudah membedakan
14 biji kopi luwak dan bukan luwak dari parameter ukuran dan warna biji kopi. Namun
15 demikian setelah proses penyangraian dan penggilingan (kopi bubuk), tampilan fisik
16 bentuk dan warna sebagai parameter pembeda biji kopi luwak dan bukan luwak menjadi
17 hilang. Sehingga proses identifikasi kopi sangrai dan kopi bubuk membutuhkan metode
18 alternatif (Kemsley *et al.*, 1995). Situasinya menjadi semakin sulit karena saat ini belum
19 tersedia metode yang bisa diterima secara internasional untuk uji keaslian kopi luwak
20 (Jumhawan *et al.*, 2013).

21
22 Untuk kopi luwak, investigasi uji keaslian masih sangat sedikit dilaporkan. Jumhawan
23 *et al.* (2013) menggunakan *gas chromatography* dan *quadruple mass-spectrometry*
24 (GC-Q/MS) untuk membedakan kopi luwak dan kopi biasa dengan koefisien
25 determinasi (R^2) diperoleh sebesar 0.965. Selain mahal, metode GC-Q/MS juga
26 melibatkan proses ekstraksi sampel kopi dengan bahan kimia (tidak bebas bahan kimia).
27 Metode spektroskopi di daerah ultraviolet-cahaya tampak (UV-Visible) sangat potensial
28 untuk dikembangkan di Indonesia sebagai metode analisis untuk uji keaslian kopi
29 luwak. Selain sudah terbukti secara ilmiah bahwa spektra di daerah ultraviolet-cahaya
30 tampak berkorelasi dengan kopi (Souto *et al.*, 2015), hilirisasi teknologi uji keaslian
31 kopi luwak berbasis metode ini juga sangat memungkinkan karena melibatkan alat yang
32 terjangkau harganya dan proses ekstraksi yang murah dan bebas bahan kimia (hanya

1 melibatkan air distilasi). Sehingga pada penelitian ini dilakukan investigasi penggunaan
2 metode analisis berbasis data spektra di daerah ultraviolet-cahaya tampak dan metode
3 DPLS untuk membedakan kopi luwak asli dan kopi luwak yang dicampur kopi bukan
4 luwak.

5 **Bahan dan Metode**

6 **Sampel kopi**

7 Pada penelitian ini digunakan dua jenis kopi yaitu kopi luwak yang digunakan untuk
8 membuat sampel kopi luwak asli dan kopi arabika yang digunakan untuk membuat
9 sampel kopi campuran luwak-arabika. Sampel kopi diperoleh melalui petani kopi mitra
10 penelitian di daerah Liwa Provinsi Lampung. Sampel kopi disangrai pada kondisi yang
11 sama untuk semua sampel dan digiling untuk mendapatkan kopi bubuk. Riset
12 sebelumnya menunjukkan ukuran partikel kopi bubuk berpengaruh terhadap kualitas
13 spektra (Suhandy *et al.*, 2016). Pada penelitian ini digunakan ukuran partikel yang sama
14 yaitu 420 μm dengan cara mengayak kopi bubuk menggunakan ayakan No. 40 dan
15 diayak selama 10 menit menggunakan mesin pengayak (CSC Scientific Company, Inc.
16 USA). Sampel kopi yang disiapkan sebanyak 60 sampel yang terdiri atas 27 sampel
17 kopi luwak asli (tanpa campuran kopi arabika) dan 33 sampel kopi luwak yang
18 dicampur kopi arabika (persentase campuran arabika 10-50%). Untuk proses
19 membangun model DPLS dan pengujiannya maka sampel dibagi menjadi dua grup.
20 Grup pertama adalah sampel untuk membangun model DPLS sebanyak 38 sampel
21 (terdiri atas 15 sampel kopi luwak asli dan 23 sampel kopi luwak yang dicampur kopi
22 arabika). Grup kedua adalah sampel kopi untuk menguji model DPLS yang dikenal juga
23 sebagai sampel prediksi sebanyak 22 sampel (terdiri atas 12 sampel kopi luwak asli dan
24 10 sampel kopi luwak yang dicampur kopi arabika). Pengambilan spektra sampel kopi
25 dilakukan pada bentuk larutan atau seduhan kopi dengan menggunakan proses ekstraksi
26 pada setiap sampel kopi. Prosedur ekstraksi sampel kopi dilakukan dengan mengacu
27 kepada Souto *et al.* (2015) dan Suhandy *et al.* (2016).

29 **Pengambilan spektra sampel kopi pada panjang gelombang 190-700 nm**

30 Spektra di daerah ultraviolet-cahaya tampak (*UV-Visible*) dengan rentang panjang
31 gelombang 190-700 nm diambil menggunakan alat spektrometer UV-Vis
32 (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA). Spektrometer ini menggunakan

1 lampu Xenon sebagai sumber cahaya dan silikon (Si) sebagai detektor. Pengukuran
2 spektra dilakukan dengan mengambil larutan sampel kopi hasil ekstraksi dan sudah
3 diencerkan sebanyak 3 mL ke dalam sel kuvet dengan tebal 10 mm. Pengambilan
4 spektra untuk sampel dan referensi dilakukan dengan mode transmittan dengan resolusi
5 spektra sebesar 1 nm. Untuk data spektra referensi diperoleh dengan cara mengukur
6 spektra air distilasi. Nilai absorban spektra sampel dihitung dengan menggunakan
7 persamaan (1) sebagai berikut (Suhandy *et al.*, 2012):

$$8 \quad A(\lambda) = -\log_{10} \frac{S(\lambda)}{R(\lambda)} \dots \dots \dots (1)$$

9 Di mana: $A(\lambda)$ adalah nilai absorban sampel pada panjang gelombang λ , $S(\lambda)$
10 merupakan nilai intensitas cahaya sampel pada panjang gelombang λ , dan $R(\lambda)$
11 merupakan nilai intensitas cahaya referensi pada panjang gelombang λ .

12

13 **Metode DPLS (*discriminant partial least squares*)**

14 Perhitungan metode DPLS dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolah data
15 berpeubah banyak The Unscrambler versi 9.8 (CAMO AS, Norwegia). Secara umum
16 DPLS merupakan salah satu metode kemometrika yang digunakan untuk proses
17 diskriminasi sampel. Data hasil pengambilan spektra merupakan data berpeubah banyak
18 (melibatkan ratusan hingga ribuan data panjang gelombang sebagai peubah x atau
19 prediktor). Data spektra tersebut biasanya digunakan untuk memprediksi satu atau
20 beberapa respon atau target (peubah y). Pada penelitian ini, data spektra dari panjang
21 gelombang 190-700 nm melibatkan 511 peubah panjang gelombang (peubah x). Data
22 ini kemudian digunakan untuk memprediksi jenis kopi (kopi luwak asli atau kopi luwak
23 campuran) sebagai peubah target atau respon (peubah y).

24

25 Secara ringkas metode DPLS merupakan modifikasi dari metode regresi PLS yang
26 diawali dengan dekomposisi data matriks pada peubah x dan y menjadi dua matriks
27 baru bernama matriks skor dan matriks loading (Berrueta *et al.*, 2007). Proses
28 dekomposisi ini mentransformasi peubah x (yang jumlahnya ratusan tersebut) menjadi
29 hanya beberapa peubah baru yang bernama peubah laten (*latent variables*) atau dikenal
30 juga sebagai faktor PLS. Hal yang krusial saat proses dekomposisi ini adalah penentuan
31 jumlah peubah laten yang optimal sehingga mampu menghadirkan matriks yang mampu

1 menjelaskan sebesar mungkin variasi pada sampel. Pada penelitian ini jumlah optimal
2 peubah laten dievaluasi menggunakan metode *full-cross-validation* (Roggo *et al.*, 2003)
3 atau dikenal juga sebagai metode *leave-one-out cross-validation*. Untuk model
4 diskriminasi berbasis DPLS, maka peubah y (jenis kopi apakah kopi luwak asli atau
5 kopi luwak yang telah dicampur kopi arabika) diberi nilai sebagai berikut: nilai 1 untuk
6 kopi luwak asli (tanpa campuran) dan nilai 2 untuk kopi luwak yang telah dicampur
7 kopi arabika.

8

9

HASIL DAN PEMBAHASAN

10 Analisis data spektra kopi luwak asli dan kopi luwak campuran

11 Gambar 1 menunjukkan spektra dari sampel luwak asli (0% arabika) dan kopi luwak
12 yang sudah dicampur kopi arabika (10-50% arabika). Tampak bahwa kedua jenis kopi
13 memiliki bentuk spektra yang sangat identik. Dapat dilihat bahwa pada panjang daerah
14 cahaya tampak (*visible*) intensitas absorban sangat kecil bila dibandingkan dengan
15 intensitas absorban di daerah ultraviolet. Di daerah ultraviolet terdapat perbedaan
16 spektra antara kopi luwak asli dan kopi luwak yang dicampur kopi arabika khususnya
17 pada panjang gelombang 275-335 nm. Meskipun perbedaan tersebut tidak terlalu besar
18 namun kita bisa melihat sampel kopi luwak yang dicampur kopi arabika memiliki nilai
19 intensitas absorban lebih tinggi dibandingkan dengan spektra kopi luwak asli.

20

21 [Gambar 1. Spektra asli (*original spectra*) sampel kopi luwak asli dan kopi luwak yang
22 dicampur kopi arabika pada panjang gelombang 190-700 nm.]

23

24 Pengembangan model kalibrasi dan validasi dengan metode DPLS

25 Jumlah peubah laten yang terlibat dalam model kalibrasi DPLS sangat penting untuk
26 diperhatikan. Jika peubah laten jumlahnya sangat banyak atau sangat sedikit akan
27 berpengaruh terhadap kemampuan model DPLS dalam memprediksi sampel baru
28 (*unknown samples*). Kasus *over-fitting* adalah salah satu akibat dari ketidaktepatan
29 dalam menentukan jumlah peubah laten dalam model DPLS. Pada penelitian ini, untuk
30 menentukan jumlah peubah laten yang terlibat dalam model DPLS, maka nilai *root*
31 *mean square error of cross validation* (RMSECV) digunakan sebagai kriteria (Chen *et*
32 *al.*, 2012; Mantanus *et al.*, 2010). Jumlah peubah laten yang terlibat ditentukan pada

1 saat nilai RMSECV mencapai nilai yang paling kecil. Seperti tampak pada Gambar 2,
2 awalnya nilai RMSECV sangat tinggi sebesar 0.45 dan terus berkurang seiring
3 bertambahnya peubah laten yang terlibat pada model DPLS. Pada saat peubah laten
4 berjumlah 7, nilai RMSECV mencapai nilai terendah sebesar 0.13. Setelah itu seiring
5 dengan meningkatnya jumlah peubah laten maka nilai RMSECV cenderung naik
6 meskipun sangat kecil. Sehingga pada penelitian ini model DPLS yang dipakai adalah
7 model DPLS dengan jumlah peubah laten sebanyak 7 buah.

8
9 [Gambar 2. Plot peubah laten (1-20) dengan nilai RMSECV untuk penentuan jumlah
10 optimal peubah laten.]

11
12 Gambar 3 menunjukkan model kalibrasi dan validasi untuk model DPLS dengan 7
13 peubah laten. Dapat terlihat, model DPLS dengan 7 peubah laten memiliki nilai $R^2 =$
14 0.99 dengan nilai *root mean square error of calibration* (RMSEC) sebesar 0.051. Model
15 DPLS kemudian divalidasi menggunakan metode *full-cross validation* di mana sampel
16 yang digunakan untuk membangun model DPLS (38 sampel) juga digunakan untuk
17 melakukan validasi model. Dari Gambar 3 terlihat bahwa validasi model menghasilkan
18 nilai *root mean square error of cross validation* (RMSECV) sebesar 0.132 dengan bias
19 yang kecil sebesar 0.005. Untuk evaluasi model dan hasil prediksi juga digunakan
20 parameter RPD (*ratio to prediction*) di mana diperoleh dengan cara membagi nilai
21 standar deviasi sampel kalibrasi atau prediksi dengan nilai RMSECV atau RMSEP yang
22 diperoleh. Model yang baik dan tangguh memiliki nilai RPD lebih dari 3 (Williams and
23 Sobering, 1996; Malley *et al.*, 2002; Lorenzo *et al.*, 2009). Untuk kalibrasi model kita
24 peroleh nilai RPD yang tinggi (RPD = 3.75). Merujuk nilai RPD maka model DPLS
25 yang dibangun memenuhi syarat untuk dikatakan sebagai model yang tangguh (*robust*
26 *model*).

27 [Gambar 3. Plot model kalibrasi dan validasi DPLS menggunakan 7 peubah laten pada
28 panjang gelombang 190-700 nm.]

30 **Prediksi jenis kopi luwak menggunakan model DPLS**

31 Gambar 4 menunjukkan hasil prediksi kopi luwak asli dan campuran menggunakan
32 model DPLS pada sampel prediksi (22 sampel baru) yang berbeda dengan sampel yang

1 digunakan pada saat membangun model DPLS. Terlihat sampel prediksi terkelompokan
2 ke dalam 2 grup berbeda yaitu kopi luwak asli sebanyak 12 sampel (dengan tanda +)
3 dan kopi luwak yang dicampur kopi arabika sebanyak 10 sampel (dengan tanda o).
4 Untuk mengevaluasi apakah sampel prediksi terklasifikasi dengan benar sesuai grupnya
5 maka digunakan nilai ± 0.5 sebagai batasan. Untuk sampel kopi luwak asli maka jika
6 nilainya prediksinya antara 0.5 dan 1.5 akan dikelompokkan sebagai kopi luwak asli
7 (*correctly classified*). Untuk sampel kopi luwak yang dicampur kopi arabika maka jika
8 nilai prediksinya antara 1.5 dan 2.5 akan dikelompokkan sebagai kopi luwak yang
9 dicampur kopi arabika (*correctly classified*). Dari Gambar 3 tampak bahwa model
10 DPLS yang dibangun mampu memprediksi dengan akurat (ketepatan klasifikasi 100%)
11 seluruh sampel prediksi di mana seluruh sampel berada pada batas kelasnya masing-
12 masing. Model DPLS yang dibangun dengan 7 peubah laten mampu membedakan
13 antara kopi luwak asli (tanpa campuran) dengan kopi luwak yang dicampur kopi
14 arabika. Ini menunjukkan potensi penggunaan data spektra di daerah ultraviolet-cahaya
15 tampak dan metode DPLS dalam uji keaslian produk kopi luwak (*civet coffee*
16 *authenticity*).

17

18 [Gambar 4. Plot nilai prediksi untuk kopi luwak asli dan kopi luwak yang dicampur
19 kopi arabika yang diprediksi menggunakan model DPLS.]

20

21

Simpulan

22 Pada penelitian ini, model diskriminasi menggunakan data spektra di daerah ultraviolet-
23 cahaya tampak bersama dengan metode DPLS telah berhasil membedakan kopi luwak
24 asli dan kopi luwak campuran. Model DPLS dengan spektra asli dibangun dengan
25 algoritma regresi PLS dan model dengan peubah laten sebesar 7 dipilih sebagai model
26 DPLS untuk memprediksi sampel kopi dan membedakannya ke dalam dua kelas
27 berbeda yaitu kelas kopi luwak asli dan kopi luwak campuran. Model DPLS yang
28 dibangun mampu memprediksi dengan akurat seluruh sampel prediksi dan membedakan
29 antara kopi luwak asli (tanpa campuran) dengan kopi luwak yang dicampur kopi arabika
30 dengan ketepatan klasifikasi mencapai 100%. Hasil riset ini menunjukkan spektroskopi
31 ultraviolet-cahaya tampak dan metode DPLS dapat digunakan sebagai salah satu metode
32 cepat untuk mendeteksi adanya pemalsuan kopi luwak yang harganya mahal

1 menggunakan kopi bukan luwak yang harganya lebih murah. Teknologi ini dapat
2 diterapkan untuk melindungi sekaligus mengenalkan kopi luwak sebagai salah satu kopi
3 *specialty* Indonesia.

4 5 **Ucapan Terima Kasih**

6 Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian yang dibiayai oleh Kementerian Riset,
7 Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti) melalui hibah penelitian strategis
8 nasional (STRANAS) 2016 (Nomor: 419/UN26/8/LPPM/2016). Penulis mengucapkan
9 terima kasih atas pendanaan tersebut. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada
10 Hasti Coffee Lampung sebagai mitra pada penelitian STRANAS 2016 dan
11 kerjasamanya dalam menyediakan sampel penelitian.

12 13 **Daftar Pustaka**

14 Berrueta, L. A., R.M.A. Salces, dan K. Héberger. 2007. Supervised pattern recognition
15 in food analysis. *Journal of Chromatography A*, Vol. 1158: 196–214.

16
17 Chen, Q., Z. Guo, J. Zhao dan Q. Ouyang. 2012. Comparisons of different regressions
18 tools in measurement of antioxidant activity in green tea using near infrared
19 spectroscopy. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* Vol. 60:92–97.

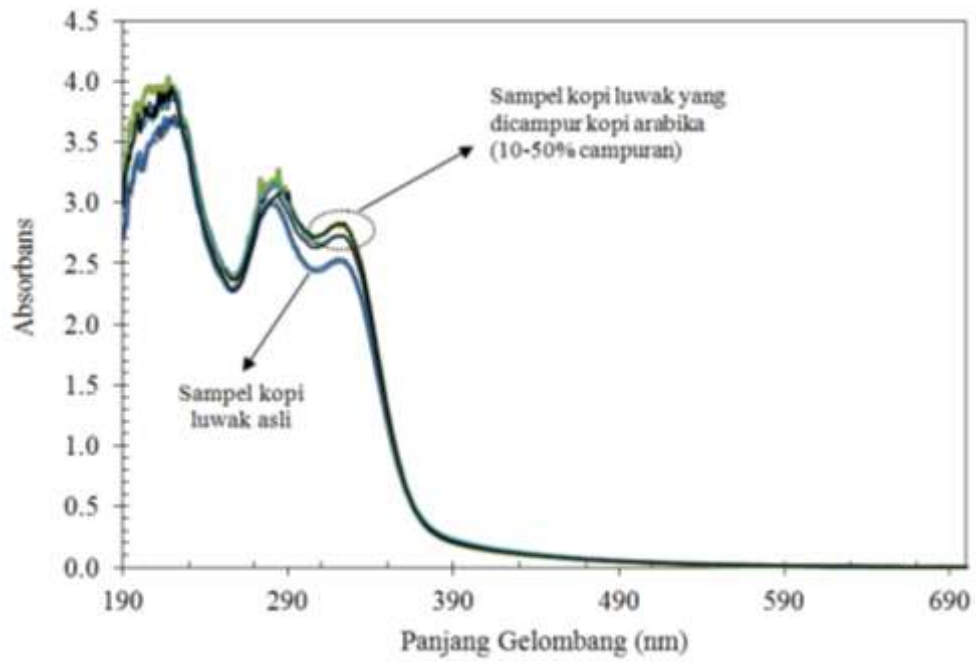
20
21 Howell, G. 2013. Appreciating quality: The Route to upward mobility of coffee farmers,
22 in Thurston, R.W., J. Morris dan S. Steiman (Ed.). *Coffee a Comprehensive Guide to
23 the Bean, the Beverage, and the Industry*. Rowman & Littlefield. Maryland. p 99-101.

24
25 Jumhawan, U., S.P. Putri, Yusianto, E. Marwani, T. Bamba, dan E. Fukusaki. 2013.
26 Selection of discriminant markers for authentication of Asian palm, *J. Agric. Food
27 Chem.* Vol. 61: 7944–8001.

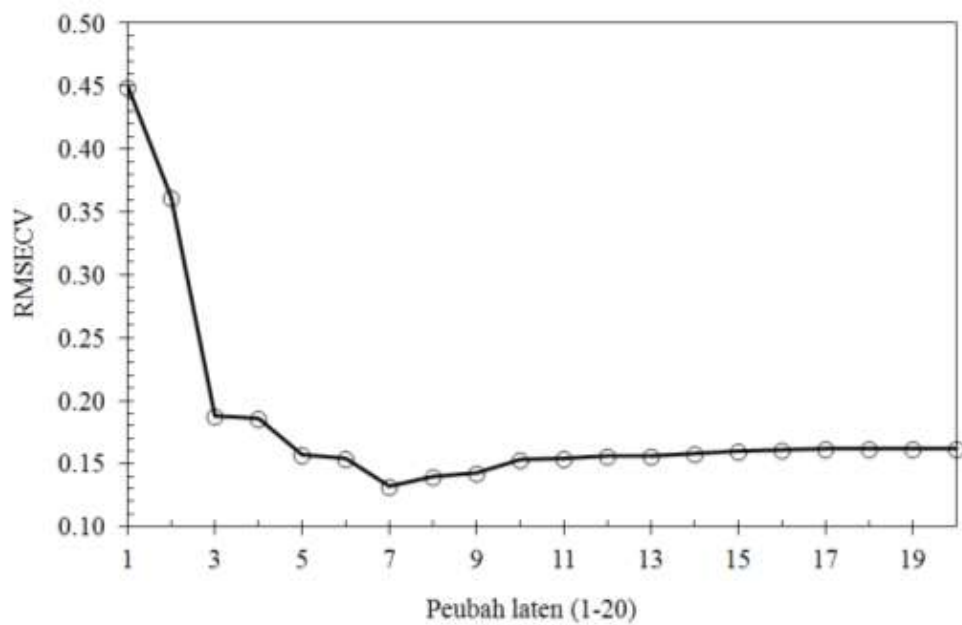
28
29 Kemsley, E. K., S. Ruault dan R.H. Wilson. 1995. Discrimination between *coffea*
30 *arabica* and *coffea canephora* variant *robusta* beans using infrared spectroscopy. *Food
31 Chemistry*, Vol. 54: 321–326.

1 Lorenzo, C., T. Garde-Cerdán, M. A. Pedroza, G. L. Alonso dan M. R. Salinas. 2009.
2 Determination of fermentative volatile compounds in aged red wines by near infrared
3 spectroscopy. *Food Research International*, Vol. 42:1281–1286.
4
5 Malley, D. F., L. Yesmin and R. G. Eilers. 2002. Rapid analysis of hog manure and
6 manure-amended soils using near infrared spectroscopy. *Soil Science Society of
7 America Journal*, Vol. 66:1677–1686.
8
9 Mantanus, J., E. Ziémons, P. Lebrun, E. Rozet, R. Klinkenberg, B. Streel, B. Evrard dan
10 Ph. Hubert. 2010. Active content determination of non-coated pharmaceutical pellets by
11 near infrared spectroscopy: Method development, validation and reliability evaluation.
12 *Talanta* Vol. 80: 1750–1757.
13
14 Marcone, M. F. 2004. Composition and properties of Indonesian palm civet coffee
15 (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee. *Food Research International* Vol. 37:
16 901–912.
17
18 Roggo, Y., L. Duponchel, dan J.P. Huvenne. 2003. Comparison of supervised pattern
19 recognition methods with McNemar’s statistical test application to qualitative analysis
20 of sugar beet by near-infrared spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, Vol. 477: 187–
21 200.
22
23 Souto, U.T.C.P., M. F. Barbosa, H.V. Dantas, A.S. Pontes, W.S. Lyra, P.H.G.D. Diniz,
24 M.C.U. Araújo, dan E.C. Silva. 2015. Identification of adulteration in ground roasted
25 coffees using UV–Vis spectroscopy and SPA-LDA. *LWT - Food Science and
26 Technology*, Vol. 63(2): 1037–1041.
27
28 Steiman, S. 2013. What is specialty coffee? in Thurston, R.W., J. Morris dan S. Steiman
29 (Ed.). *Coffee a Comprehensive Guide to the Bean, the Beverage, and the Industry*.
30 Rowman & Littlefield. Maryland. p 102-105.
31

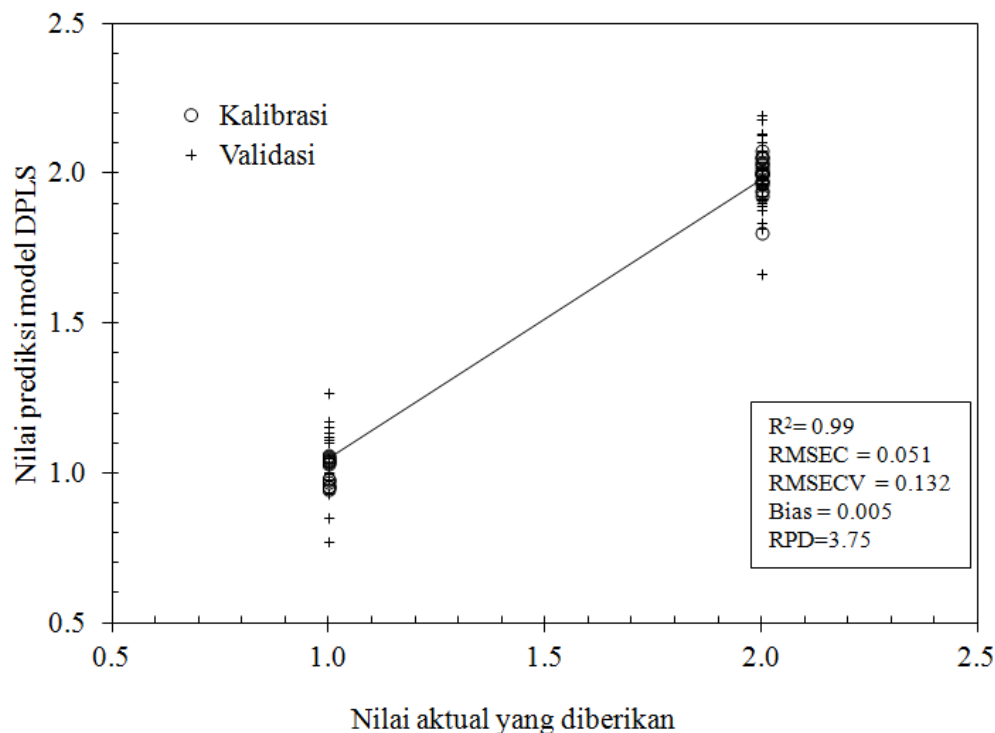
- 1 Suhandy, D., M. Yulia, Y. Ogawa dan N. Kondo. 2012. L-ascorbic acid prediction in
2 aqueous solution based on FTIR-ATR terahertz spectroscopy. *Engineering in*
3 *Agriculture, Environment and Food*, Vol. 5(4): 152–158.
- 4
- 5 Suhandy, D., S. Waluyo, C. Sugianti, M. Yulia, R. Iriani, F.N. Handayani, dan N.
6 Apratiwi. 2016. The use of UV-Vis-NIR spectroscopy and chemometrics for
7 identification of adulteration in ground roasted arabica coffees -investigation on the
8 influence of particle size on spectral analysis-. *Prosiding Seminar Nasional Tempe,*
9 *Bandar Lampung, Mei 28, 2016.*
- 10
- 11 Williams, P. dan D. Sobering. 1996. How do we do it: a brief summary of the methods
12 we use in developing near infrared calibrations, in Davies, A. M. C. dan P. Williams
13 (Ed.). *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves*. NIR Publications, Chichester. p
14 185–188.



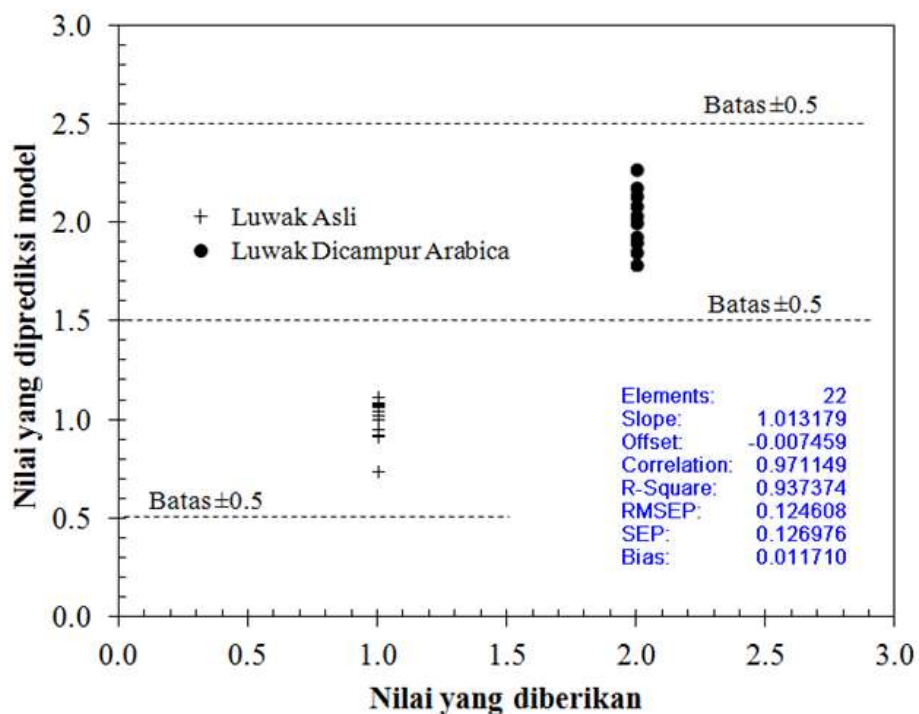
Gambar 1. Spektra asli (*original spectra*) sampel kopi luwak asli dan kopi luwak yang dicampur kopi arabika pada panjang gelombang 190-700 nm.



Gambar 2. Plot peubah laten (1-20) dengan nilai RMSECV untuk penentuan jumlah optimal peubah laten.



Gambar 3. Plot model kalibrasi dan validasi DPLS menggunakan 7 peubah laten pada panjang gelombang 190-700 nm.



Gambar 4. Plot nilai prediksi untuk kopi luwak asli dan kopi luwak yang dicampur kopi arabika yang diprediksi menggunakan model DPLS.

Lampiran 11.

Full artikel yang telah dikirimkan ke Jurnal Internasional Food Chemistry (Elsevier) berjudul: *The Use of Partial Least Square (PLS) Regression and Spectral Data in UV-Visible Region for Quantification of Adulteration in Indonesian Palm Civet Coffee*

LAMPIRAN OUTPUT STRANAS 2016

JURNAL INTERNASIONAL

-UNDER REVIEW-
FOOD CHEMISTRY

Journal Abbreviation: FOOD CHEM

Journal ISSN: 1873-7072, 0308-8146

Impact Factor (IF) 2015/2016: 4.052

← [Home](#) | [main menu](#) | [submit paper](#) | [guide for authors](#) | [register](#) | [change details](#) | [logout](#)

FOOD CHEMISTRY Contact us Help Alert to Editors: CrossCheck maintenance on Saturday 3 November 2016 ...

Username: j68ng2004@yahoo.com Switch To: Go to: [JCS 2016](#) Version: JCS 2016.7

Submissions Being Processed for Author Diding Suardy

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display: 10 results per page.

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
Action	FOODCHEM-D-16-04813	The Use of Partial Least Square (PLS) Regression and Spectral Data in UV-Visible Region for Quantification of Adulterants in Indonesian Palm Civet Coffee	Sep 29, 2016	Nov 01, 2016	Under Review

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display: 10 results per page.

[View Author Page Here](#)

1 **The Use of Partial Least Square (PLS) Regression and Spectral Data in UV-Visible**
2 **Region for Quantification of Adulteration in Indonesian Palm Civet Coffee**

3

4

5

6

Diding Suhandy^{a*}, Meinilwita Yulia^b, Sri Waluyo^a, Cicih Sugianti^a

7

8

9

10 ^{a)} Laboratory of Bioprocess and Postharvest Engineering, Department of Agricultural
11 Engineering, The University of Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedong
12 Meneng Bandar Lampung, Lampung, Indonesia, 35145.

13 ^{b)} Department of Agricultural Technology, Lampung State Polytechnic, Jl. Soekarno
14 Hatta No. 10, Rajabasa Bandar Lampung, Lampung, Indonesia.

15

16

17

18

19

20 *Corresponding author: Tel.: +62 81373347128

21 *Email address:* diding.sugandy@fp.unila.ac.id (Diding Suhandy)

22 **The Use of Partial Least Square (PLS) Regression and Spectral Data in UV-Visible**
23 **Region for Quantification of Adulteration in Indonesian Palm Civet Coffee**

24

25

26 **Abstract**

27 Asian palm civet coffee or kopi luwak (Indonesian words for coffee and palm civet) is
28 well known as the world's priciest and rarest coffee. To protect the authenticity of
29 luwak coffee and protect consumer from luwak coffee adulteration, it is very
30 important to develop a robust and simple method for adulteration detection and
31 quantification in luwak coffee. In this research, the use of UV-Visible spectra
32 combined with PLSR was evaluated to establish rapid and simple methods for
33 quantification of adulteration in luwak-arabica coffee blend. The result shows that all
34 pre-processing spectra was effective in improving the quality of calibration models with
35 the best PLS calibration model was selected for Savitzky-Golay smoothing spectra
36 which had the lowest RMSECV (0.039) and highest RPD_{cal} value (4.64). Using this
37 PLS model, a prediction for quantification of luwak content was calculated and resulted
38 in satisfactory prediction performance with high both RPD_p and RER values.

39

40 **Keywords:** UV-Visible spectroscopy; PLS regression; Luwak coffee; Adulteration;
41 Authentication

42

43 1. Introduction

44 Coffee is one of the most important food commodities worldwide. Among all
45 commodity traded in the world, coffee is number two after crude oil (Esquivel and
46 Jiménez, 2012). There are two important species of coffee which has economic
47 significance in the global coffee trade, species arabica (*Coffea arabica*) and robusta
48 (*Coffea canephora*). Another important type of coffee is luwak coffee or Asian palm
49 civet coffee or kopi luwak (Indonesian words for coffee and palm civet) which is well
50 known as the world's priciest and rarest coffee (Marcone, 2004).

51 Luwak coffee is any coffee bean (arabica or robusta) which has been eaten and
52 passed through the digestive tract of Asian palm civet (*Paradoxurus*
53 *hermaphroditus*), which uses its keen senses to select only the best and ripest berries.
54 As a result, its rarity as well as the coffee's exotic and unique production process
55 ultimately accounts for its high selling price, approximately a hundred times higher
56 than regular coffee (International Coffee Organization, [http://www.ico.org/prices/pr-](http://www.ico.org/prices/prices.pdf)
57 [prices.pdf](http://www.ico.org/prices/prices.pdf)).

58 As one of the most profitable trading products, luwak coffee has been a target for
59 fraud trading by mixing luwak coffee with other cheaper coffee. In order to protect the
60 authenticity of luwak coffee and protect consumer from luwak coffee adulteration, it
61 is very important to develop a robust and easy method for adulteration detection and
62 quantification in luwak coffee. Recently, food authentication is a major challenge that
63 has become increasingly important due to the drive to guarantee the actual origin of a
64 product and for determining whether it has been adulterated with contaminants or filled
65 out with cheaper ingredients (Ashurst and Dennis, 1996; Singhal et al., 1997).

66 At present, there is no internationally accepted method of verifying whether a

67 bean is luwak coffee or non-luwak coffee. Traditionally, coffee aroma has been
68 used to characterize coffee quality. Sensory panel evaluation is commonly used to
69 assess the aroma profile of coffee. However, this technique has some limitations. For
70 example, it is quite difficult to train the panel effectively in order to limit
71 subjectivity of human response to odors and the variability between individuals
72 (Shilbayeh and Iskandarani, 2004). Jumhawan et al. (2013) used gas
73 chromatography coupled with quadruple mass-spectrometry (GC-Q/MS) to
74 discriminate luwak and regular coffee with resulted in high coefficient of
75 determination (R^2) = 0.965. However, this method is quite expensive analysis with
76 chemical waste included. Indonesia as one of important player in luwak coffees
77 production is now just starting to develop an advanced technology for coffee
78 processing. It is including a search for a novel inspection system for luwak coffees
79 characterization. This technology is very important for coffee industry to protect high
80 expensive luwak coffees from any adulteration.

81 In the previous study, Souto et al. (2015) reported the use of UV-Visible
82 spectroscopy as a simple analytical method for the identification of adulterations in ground
83 roasted coffees (due to the presence of husks and sticks). This UV-Vis based analytical
84 method is one of the most common and inexpensive techniques used in routine analysis
85 and it will be compatible with situation in Indonesia for further technology development.
86 Therefore, in this research, we attempt to use UV-Visible spectra combined with
87 chemometrics methods (PLSR/partial least squares regression) to establish a rapid and
88 simple method for quantification of adulteration in luwak-arabica coffee blend.

89 **2. Materials and Methods**

90 **2.1. Sample preparation**

91 A number of 1 kg ground roasted luwak robusta coffee (Indonesian palm civet
92 coffee) samples were collected directly from coffee farmers at Liwa, Lampung,
93 Indonesia (Hasti coffee Lampung). Another 1 kg ground roasted arabica coffee
94 samples were also provided for making luwak coffee adulteration. All coffee samples
95 were grinded using home-coffee- grinder. Since that particle sizes in coffee powder has
96 significant influence to spectral analysis, it is important to use same particle size in
97 coffee powder samples (Suhandy et al., 2016). In this research we use particle size of
98 420 μm by sieving through a nest of U. S. standard sieves (Mesh number of 40) on a
99 Meinzer II sieve shaker (CSC Scientific Company, Inc. USA) for 10 minutes. The
100 experiments were performed at room temperature (around 27-29°C). In this research,
101 we prepared 98 samples of coffee samples which consist of two types of samples,
102 unadulterated (40 samples) and adulterated samples (58 samples). Unadulterated
103 samples consist of 100% luwak coffee only and adulterated samples consist of luwak
104 coffee with adulteration (adulterated with arabica coffee in the range of adulteration 10-
105 50%).

106 For developing and evaluating calibration model, the samples were divided into
107 groups, calibration and prediction sample set, respectively. Calibration sample set has
108 58 samples (20 unadulterated and 38 adulterated samples) and it is going to be used for
109 developing calibration model with full cross-validation method. Prediction sample set
110 has 40 samples (20 samples for unadulterated and adulterated samples, respectively) and
111 this sample is going to be used for evaluating the performance of developed calibration
112 model. Table 1 shows the detail information on the samples used in this study.

113 An aqueous extraction procedure of the coffee samples was performed as
114 described by Souto et al. (2015). First, 1.0 g of each sample was weighed and placed in

115 a glass beaker. Then, adding 10 mL of distilled water at 90-98°C then mixed with
116 magnetic stirring (Cimarec™ Stirrers, model S130810-33, Barnstead International,
117 USA) at 350 rpm for 5 min. Then the samples were filtered using a 25 mm pore-
118 sized quantitative filter paper coupled with an Erlenmeyer. After cooling process to
119 room temperature (for 20 min), all extracts were then diluted in the proportion of 1:20
120 (mL: mL) with distilled water. UV-Vis-NIR spectra from the aqueous extracts were
121 acquired using a UV-Vis spectrometer (Genesys™ 10S UV- Vis, Thermo Scientific,
122 USA).

123 **2.2. Instrumentation and spectra data acquisition**

124 UV-Vis spectra in the range of 190-700 nm were acquired by using a UV-Visible
125 spectrometer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA) equipped with a
126 quartz cell with optical path of 10 mm, and spectral resolution of 1 nm at 27-29°C.
127 Before the measurement step, blank (the same distilled water used in extraction
128 process) was placed inside of the sample cell to adjust the 100% transmittance signal.

129 **2.3. Spectral data analysis**

130 All recorded spectra data were transferred to computer via USB flash disk and
131 then convert the spectra data from .csv extension into an excel data (.xls). Spectral
132 pre-processing is required to remove physical phenomena in the spectra and to remove
133 any irrelevant information such as noise and scattering effect. Recently many pre-
134 processing method are available in the commercial chemometric analysis tools. Some
135 pre-processing was applied, including smoothing (moving average, median filter and
136 Savitzky-Golay smoothing), multiplicative scatter correction (MSC), and standard
137 normal variate (SNV). The averaging technique is used to reduce the number of
138 wavelengths or to smooth the spectrum of coffee solutions. It is also used to optimize

139 the signal-to-noise ratio (Cen and He, 2007). The MSC and SNV are designed to reduce
140 the (physical) variability between samples due to scatter and adjust for baseline shifts
141 between samples (Rinnan et al., 2009). The MSC and SNV have the capability to
142 remove both additive and multiplicative effects in the spectra (Bi et al., 2016).

143 Principal component analysis (PCA) was performed before developing the
144 calibration model to determine any relevant and interpretable structure in the data and to
145 detect outliers through the analysis of the Hotelling's T^2 and squared residuals statistics
146 (Naes et al., 2002). PCA searches for directions of maximum variability in sample
147 grouping and uses them as new axes called principal components (PC) that can be used
148 as new variables, instead of the original data, in further calculations (Blanco &
149 Villarroya, 2002). PCA results showed that there were no outliers detected in calibration
150 and prediction data sets.

151 Partial least squares (PLS) regression was used to develop the calibration model
152 for original and pre-processing spectra. PLS finds the directions of greatest variability
153 by considering not only spectral data but also luwak content data, with new axes, called
154 PLS factors (F) or latent variables (Blanco & Villarroya, 2002). The best number of
155 latent variables is then chosen according to a commitment between the lowest root mean
156 square error of cross-validation (RMSECV) and the lowest number of latent variables
157 (Suhandy et al., 2013; Yulia et al., 2014). The quality of the calibration model was
158 evaluated using the following statistical parameters: coefficient of determination
159 between predicted and measured luwak content in luwak-arabica blend (R^2), root mean
160 square error of calibration (RMSEC), RMSECV, bias between actual and predicted
161 luwak content and ratio prediction to deviation (RPD) value ($RPD_{cal} = SD_{validation}$
162 $_{set}/RMSECV$) (Brereton, 2000). A value of R^2 indicates the percentage of the variance in

163 the Y variable (luwak content in luwak-arabica blend) that is accounted for by the X
164 variable (spectral data). As mentioned by Saeys et al. (2005), a calibration model with
165 R^2 value greater than 0.91 is considered to be an excellent calibration, while an R^2 value
166 between 0.82 and 0.90 results in good prediction (Williams, 2003). A small difference
167 between RMSEC and RMSECV value was also important to avoid 'over-fitting' in the
168 calibration model (Gomez et al., 2006). The calibration model should have as high as
169 possible RPD value. The RPD value is desired to be larger than 3 for an acceptable
170 calibration (Williams, 2007). Calibrations with RPD between 1.4 and 2 indicated a
171 satisfactory performance of the model which can be useful for rapid screening of
172 samples and may be improved using different sampling strategies or modelling methods
173 and <1.4 indicated an unacceptable model (Chang et al., 2001).

174 Spectra pre-processing, PCA and PLS regression were performed using The
175 Unscrambler® version 9.8 (CAMO, Oslo, Norway), a statistical software for
176 multivariate analysis. A student's t-test was performed using Statistical Package for the
177 Social Science (SPSS) version 11.0 for Windows in order to evaluate the significance
178 level of the developed model.

179 **3. Results and Discussions**

180 **3.1. UV-visible spectra of coffee solution samples in range 190-700 nm**

181 Fig.1 shows the Savitzky-Golay smoothing spectra of 98 coffee solution samples
182 in range 190-700 nm. Several peaks can be observed at 213, 277 and 320 nm. It can be
183 seen that all the spectra have similarity in spectral shape and absorbance. Thus, it is
184 necessary to apply appropriate multivariate analysis methods to extract useful
185 information from the spectra and to build calibration models for quantification of luwak
186 content in luwak-arabica coffee blend.

187 **3.2. Developing PLS calibration model for quantification luwak content**

188 Using the PLS regression method the calibration and validation was performed for
189 original and pre-processing spectra (Table 2). The calibration model with the original
190 spectra resulted in a high coefficient of determination ($R_{cal}^2=0.97$). In term of
191 RMSECV, the all pre-processing of spectra was effective in improving the quality of
192 calibration model. For smoothing spectra, the calibration model was improved by
193 moving average, media filter and Savitzky-Golay (SG). Using MSC and SNV spectra,
194 the PLS calibration model were significantly improved as the RMSECVs were
195 decreased. The best PLS calibration model was selected for SG smoothing spectra
196 which had the lowest RMSECV (0.039) and highest RPD_{cal} value (4.64).

197 This PLS calibration model was comparable to that reported by Wang et al.
198 (2009) for Kona coffee content determination in several brand of komersial Kona coffee
199 blend with $R^2 = 0.996$ for ground Kona coffee blends and R^2 value of 0.999 for brewed
200 Kona coffee. Using metabolomics approach and orthogonal projection to latent
201 structures (OPLS) prediction technique, Jumhawan et al. (2016) developed two
202 prediction OPL models to quantify the degree of coffee adulteration for certified and
203 commercial luwak coffee with $R^2 = 0.975$ and $R^2 = 0.987$, respectively. The scatter plot
204 between actual and predicted luwak content in the best PLS calibration model using SG
205 smoothing spectra is presented in Figure 2.

206 **3.3. Prediction result using the best PLS calibration model**

207 To evaluate the performance of the best PLS calibration model, the independent
208 prediction sample set is projected onto the best PLS calibration model yielding the
209 prediction set results. From this projection, the root mean square error of prediction
210 (RMSEP), the coefficient of prediction (R_p^2), the range error ratio (RER) ($RER=$

211 (maximum-minimum)_{reference value}/RMSEP) (Magalhães et al., 2016) and the RPD for
212 prediction ($RPD_p = SD_{\text{prediction set}}/RMSEP$) were obtained. Both RPD_p and RER are good
213 indicators of evaluating model performance (Girolamo et al., 2009; Esbensen et al.,
214 2004). As for guidance, when RPD_p is greater than 3 and RER greater than 10 the
215 calibration model is considered a successful (Williams and Sobering, 1996; Malley et
216 al., 2002; Lorenzo et al., 2009).

217 Fig.3 shows the results for luwak content determination based on the best PLS
218 calibration model with SG smoothing spectra. It has high $R^2_p = 0.97$ with low RMSEP =
219 0.028. From the RPD_p value, it can be seen that the RMSEP was much lower than the
220 standard deviation ($SD=0.171$) of reference data resulted in high RPD_p value. The
221 obtained RER is also quite good (it is more than 10). By a 95% confidence paired t-test
222 there were no significant differences between actual and predicted luwak content. This
223 indicates that an accurate calibration model for UV-Vis spectroscopy-based
224 determination of luwak content in luwak-arabica coffee blends using PLS regression
225 can be developed.

226 **3.4. Selection of important wavelengths**

227 In order to understand the complexity of developed PLS model, regression
228 coefficients and x-loading weights of the best PLS model were presented in Fig. 4 and
229 5, respectively. The x-loadings show how well the x-variable (wavelengths) is taken
230 into account by the model components. It can be used to understand how much each x-
231 variable (wavelengths) contributes to the meaningful variety variation in the data, and to
232 interpret variable relationships. It is also useful to interpret the meaning of each model
233 component. The loading weights show how much each wavelength (x-variables)
234 contributes to explaining the response variation (degree of adulteration) along each

235 model component. The loading weights are normalized, so that their lengths could be
236 interpreted as well as their directions. Wavelengths (x-variables) with large loading
237 weight values are important for the determination of luwak content in luwak-arabica
238 blend. With a similar function, regression coefficients are primarily used to check the
239 effects of different wavelengths (x-variables) in determination of arabica content in
240 luwak-arabica blend. Large absolute values indicate the importance and significance of
241 the effects of the wavelengths. According to Fig. 4 we can see several peaks and valleys
242 at certain wavelengths which were considered to be more important for determination of
243 luwak content in luwak-arabica blend, such as 228, 256, 274, 299, 332, and 376 nm. In
244 Fig. 5 we can notice several wavelengths with high contribution to the developed PLS
245 model at 228, 246, 274, and 320 nm. We can see that all important wavelengths are in
246 the ultraviolet spectral region. In the visible region we could not find any important
247 wavelengths indicated with low x-loading and regression coefficients in the visible
248 region. It is shown that the determination of luwak content in luwak-arabica blend is
249 mainly characterized in the ultraviolet region. The several observed important
250 wavelengths in this study are close related to the absorbance of several important
251 chemical compositions in roasting coffee. For example, the wavelength at 276 nm can
252 be found both in x-loading and regression coefficient plot and this wavelength is related
253 to the absorbance of caffeine while wavelength at 320 nm is related to absorbance of
254 caffeic acid (Souto et al., 2015). The wavelengths at 246, 299 and 320 nm are close
255 related to the absorbance of chlorogenic acids (CGA) (Belay and Gholap, 2009). The
256 wavelength at 256 nm is close related to the absorbance of vanillic acid.

257 **4. Conclusion**

258 In this research, an investigation of using spectral data in UV-Visible region
259 combined with PLS regression for luwak content determination in luwak-arabica blend
260 was demonstrated. The best PLS calibration model with Savitzky-Golay smoothing
261 spectra resulted in satisfactory prediction with excellent value both for RPD and RER.
262 Several sensitive wavelengths which high contribution to the luwak content
263 determination were confirmed including 276 nm which is related to the absorbance of
264 caffeine while wavelength at 320 nm is related to absorbance of caffeic acid. This
265 research shows a possibility to develop a simple and robust method for luwak content
266 determination in luwak-arabica coffee blends using UV-Visible spectroscopy.

267

268 **Acknowledgements**

269 We gratefully acknowledge support of the Indonesian Ministry of Research,
270 Technology and Higher Education (KEMENRISTEKDIKTI) via Penelitian
271 Strategis Nasional (STRANAS) 2016 (Nomor: 419/UN26/8/LPPM/2016). The authors
272 also would like to thank The University of Lampung, Indonesia for providing the
273 laboratory facilities and thank to Hasti Coffee Lampung for providing us the coffee
274 samples. We also acknowledge Professor Garry John Piller (Graduate School of
275 Agriculture, Kyoto University, Japan) for his help and useful discussions.

276

277 **References**

278 Ashurst, P.R., Dennis, M.J. (Eds.),. 1996. Food Authentication, Blackie Academic
279 & Professional, London, UK.

280 Belay, A., Gholap, A.V., 2009. Characterization and determination of chlorogenic acids
281 (CGA) in coffee beans by UV-Vis spectroscopy. *African Journal of Pure and*
282 *Applied Chemistry*, 3, 234–240.

283 Bi, Y., Yuan, K., Xiao, W., Wu, J., Shi, C., Xia, J., Chu, G., Zhang, G., Zhou, G., 2016.
284 A local pre-processing method for near-infrared spectra, combined with spectral
285 segmentation and standard normal variate transformation. *Analytica Chimica Acta*,
286 909, 30–40.

287 Blanco, M., Villarroya, I., 2002. NIR spectroscopy: a rapid response analytical tool.
288 *Trends in Analytical Chemistry*, 21, 240–250.

289 Brereton, R.G., 2000. Introduction to multivariate calibration in analytical chemistry.
290 *Analyst*, 125, 2125–2154.

291 Cen, H., He, Y., 2007. Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy
292 in determination of food quality. *Trends in Food Science & Technology*, 18, 72–83.

293 Chang, C. W., Laird, D. A., Mausbach, M. J., Hurburgh, C. R., 2001. Near-infrared
294 reflectance spectroscopy-principal components regression analyses of soil properties.
295 *Soil Science Society of America Journal*, 65, 480–490.

296 Esbensen, K.H., Guyot, D., Westad, F., Houmoller, L.P., 2004. *Multivariate Data*
297 *Analysis – in Practice: An Introduction to Multivariate Data Analysis and*
298 *Experimental Design*, CAMO, Oslo, Norway.

299 Esquivel, P., Jiménez, V. M., 2012. Functional properties of coffee and coffee by-
300 products. *Food Research International*, 46, 488–495.

301 Girolamo, A.D., Lippolis, V., Nordkvist, E., Visconti, A., 2009. Rapid and non-invasive
302 analysis of deoxynivalenol in durum and common wheat by Fourier-Transform Near
303 Infrared (FT-NIR) spectroscopy, *Food Addit. Contam. Part. A-Chem.* 26, 907–917.

304 Gomez, A.H., He, Y., Pereira, A.G., 2006. Non-destructive measurement of acidity,
305 soluble solids and firmness of Satsuma mandarin using Vis/NIR-spectroscopy
306 techniques. *Journal of Food Engineering*, 77, 313–319.

307 Jumhawan, U., Putri, S.P., Yusianto, Bamba, T., Fukusaki, E., 2016. Quantification of
308 coffee blends for authentication of Asian palm civet coffee (Kopi Luwak) via
309 metabolomics: A proof of concept. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 122,
310 79–84.

311 Jumhawan, U., Putri, S.P., Yusianto, Marwani, E., Bamba, T., Fukusaki, E., 2013.
312 Selection of discriminant markers for authentication of Asian palm, *J. Agric. Food*
313 *Chem.* 61, 7944–8001.

314 Lorenzo, C., Garde-Cerdán, T., Pedroza, M.A., Alonso, G.L., Salinas, M.R., 2009.
315 Determination of fermentative volatile compounds in aged red wines by near infrared
316 spectroscopy. *Food Research International*, 42, 1281–1286.

317 Magalhães, L.M., Machado, S., Segundo, M.A., Lopes, J.A., Páscoa, R.N.M.J., 2016.
318 Rapid assessment of bioactive phenolics and methylxanthines in spent coffee
319 grounds by FT-NIR spectroscopy. *Talanta*, 147, 460–467.

320 Malley, D.F., Yesmin, L., Eilers, R.G., 2002. Rapid analysis of hog manure and
321 manure-amended soils using near infrared spectroscopy. *Soil Science Society of*
322 *America Journal* 66, 1677–1686.

323 Marcone, M. F., 2004. Composition and properties of Indonesian palm civet coffee
324 (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee, *Food Res. Int.*, 37, 901–912.

325 Naes, T., Isaksson, T., Fearn, T., Davies, T., 2002. A user-friendly guide to multivariate
326 calibration and classification. NIR Publications, Chichester, UK.

327 Rinnan, A., van den Berg, F., Engelsens, S.B., 2009. Review of the most common pre-
328 processing techniques for near-infrared spectra. *Trends in Analytical Chemistry*, 28,
329 1201–1222.

330 Saeys, W., Mouazen, A.M., Ramon, H., 2005. Potential for onsite and online analysis of
331 pig manure using visible and near infrared reflectance spectroscopy. *Biosystems*
332 *Engineering*, 91, 393–402.

333 Shilbayeh, N.F., Iskandarani, M.Z., 2004. Quality control of coffee using an
334 electronic nose system. *American Journal of Applied Sciences*, 1, 129–135.

335 Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., Rege, D.V., 1997. *Handbook of Indices of Food*
336 *Quality and Authenticity*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK.

337 Souto, U.T.C.P., Barbosa, M.F., Dantas, H.V., Pontes, A.S., Lyra, W.S., Diniz,
338 P.H.G.D., Araújo, M.C.U., Silva, E.C., 2015. Identification of adulteration in ground
339 roasted coffees using UV–Vis spectroscopy and SPA-LDA. *LWT - Food Science*
340 *and Technology*, 63, 1037–1041.

341 Suhandy, D., Waluyo, S., Sugianti, C., Yulia, M., Iriani, R., Handayani, F.N.,
342 Apratiwi, N., 2016. The use of UV-Vis-NIR spectroscopy and chemometrics for
343 identification of adulteration in ground roasted arabica coffees -Investigation on the
344 influence of particle size on spectral analysis-. *Proceeding of Seminar Nasional*
345 *Tempe*. Bandar Lampung, 28 May 2016.

346 Suhandy, D., Yulia, M., Ogawa, Y., Kondo, N., 2013. Prediction of L-ascorbic acid
347 using FTIR-ATR terahertz spectroscopy combined with interval partial least squares
348 (iPLS) regression. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 6, 111–117.

349 Wang, J., Jun, S., Bittenbender, H.C., Gautz, L., Li, Q.X., 2009. Fourier transform
350 infrared spectroscopy for Kona coffee authentication. *Journal of Food Science*, 76,
351 C385–C391.

352 Williams, P., 2003. Near-infrared Technology-Getting the Best Out of Light. PDK
353 Grain. Nanaimo, Canada.

354 Williams, P., 2007. Grains and seeds. In *Near-Infrared Spectroscopy in Food Science*
355 *and Technology*, ed. Y. Ozaki, W.F. McClure and A.A. Christy, ch. 7, 165-217.
356 Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, Inc.

357 Williams, P., Sobering, D., 1996. How do we do it: a brief summary of the methods we
358 use in developing near infrared calibrations. In *Near Infrared Spectroscopy: The*
359 *Future Waves*, ed.A.M.C. Davies and P. Williams, 185–188.Chichester: NIR
360 Publications.

361 Yulia, M., Suhandy, D., Ogawa, Y., Kondo, N., 2014. Investigation on the influence of
362 temperature in L-ascorbic acid determination using FTIR-ATR terahertz
363 spectroscopy-Calibration model with temperature compensation. *Engineering in*
364 *Agriculture, Environment and Food*, 7, 148–154.

365

366

367

Table Captions

368

369 **Table 1.** Descriptive statistic of luwak content in coffee samples used for developing
 370 calibration and prediction in luwak-arabica coffee blend.

Item	Calibration and validation sample set	Prediction sample set
Number of samples	58	40
Range	1.0 ~ 0.5	1.0 ~ 0.5
Mean	0.828	0.888
Standard deviation	0.181	0.171
Unit	gram	gram

371

372

373 **Table 2.** Calibration and validation results for determination of luwak content in luwak-
 374 arabica blend using original and pre-processing spectra in the range 200-450 nm.

Type of spectra	F	R_{cal}^2	RMSEC	RMSECV	Bias	RPD _{cal}
Original	7	0.97	0.029	0.062	-0.003	2.92
Moving average smoothing with 5 segments	7	0.97	0.029	0.042	-0.002	4.31
Savitzky-Golay smoothing with 13 segments	7	0.98	0.028	0.039	-0.002	4.64
Median Filter smoothing with 3 segments	7	0.98	0.027	0.050	-0.003	3.62
MSC	7	0.98	0.026	0.055	-0.001	3.29
SNV	7	0.98	0.025	0.054	-0.001	3.35
Baseline offset	7	0.98	0.027	0.060	-0.002	3.02
Mean centering	7	0.97	0.029	0.062	-0.003	2.92

Figure Captions

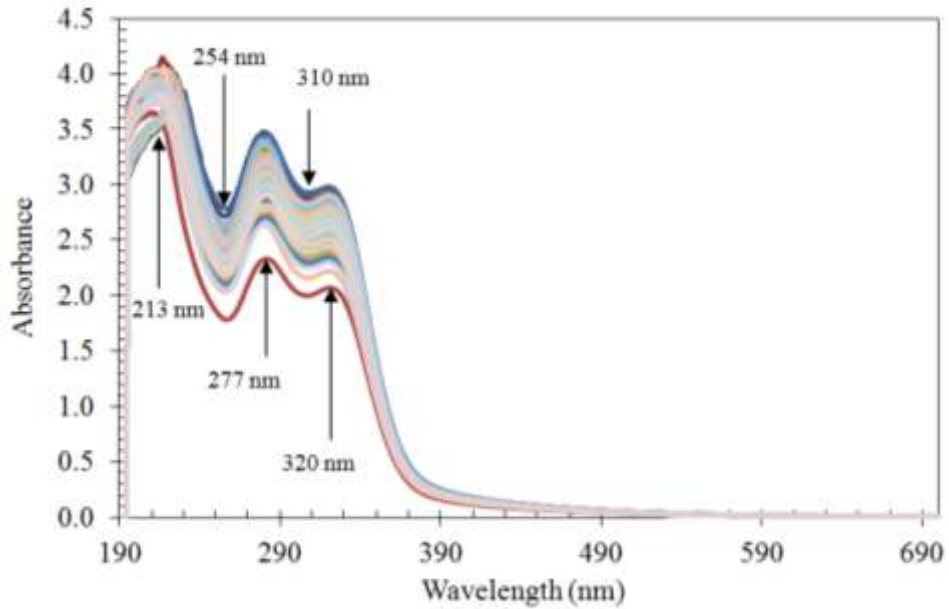


Figure 1. Savitzky-Golay smoothing spectra of unadulterated and adulterated coffee samples in the UV-Vis region.

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

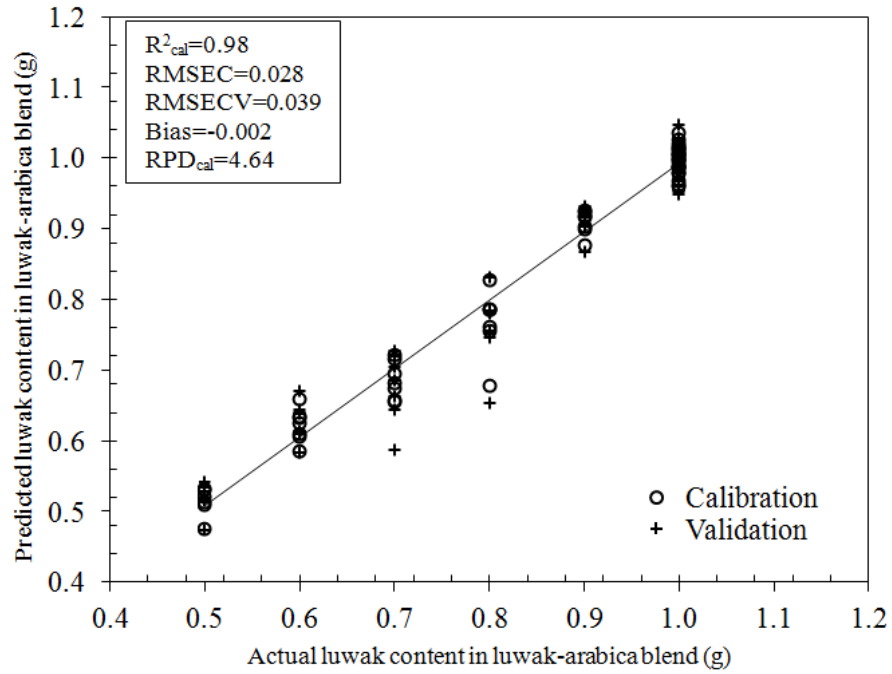


Figure 2. PLS calibration and validation model for luwak content determination using SG smoothing spectra in the range 190-700 nm.

405

406

407

408

409

410

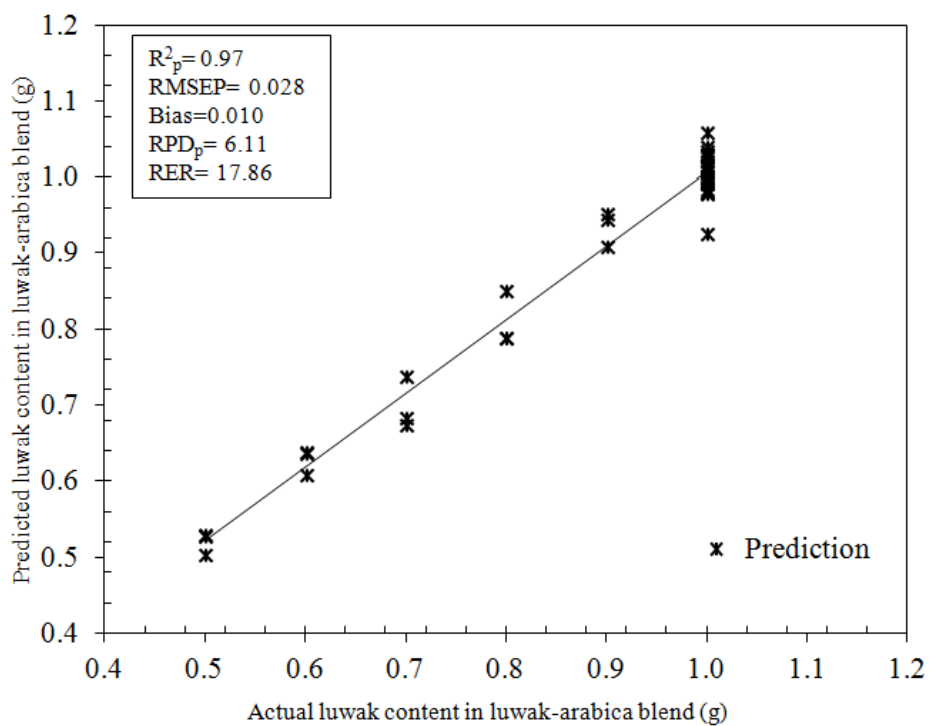
411

412

413

414

415



416 Figure 3. Scatter plot of actual vs. predicted luwak content calculated using the best PLS

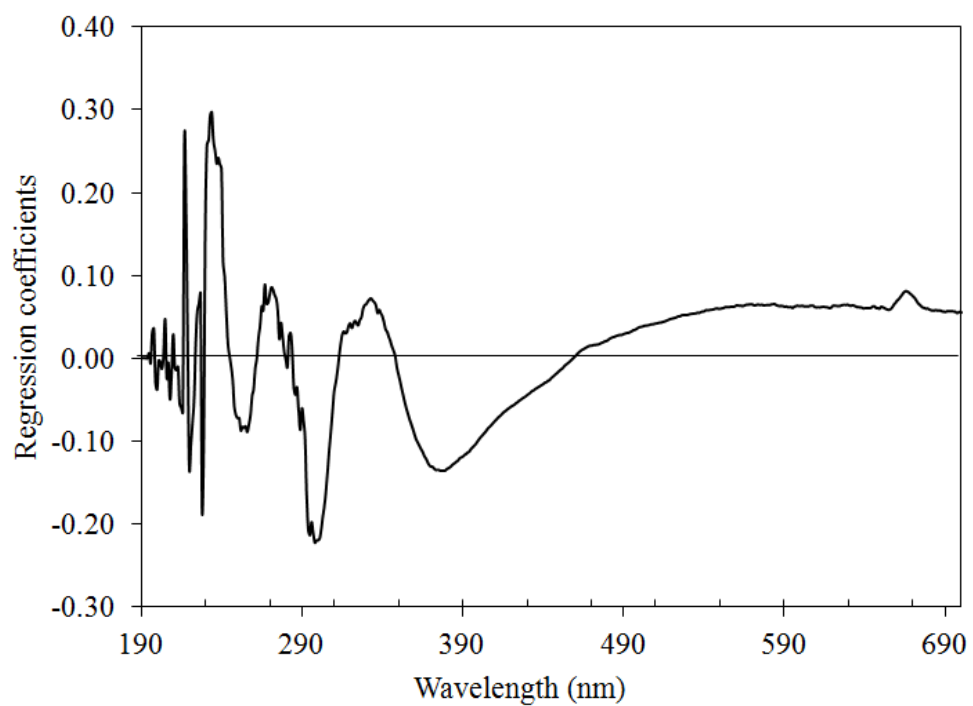
417

calibration model.

418

419

420



431

Figure 4. Regression coefficients versus wavelength of coffee samples.

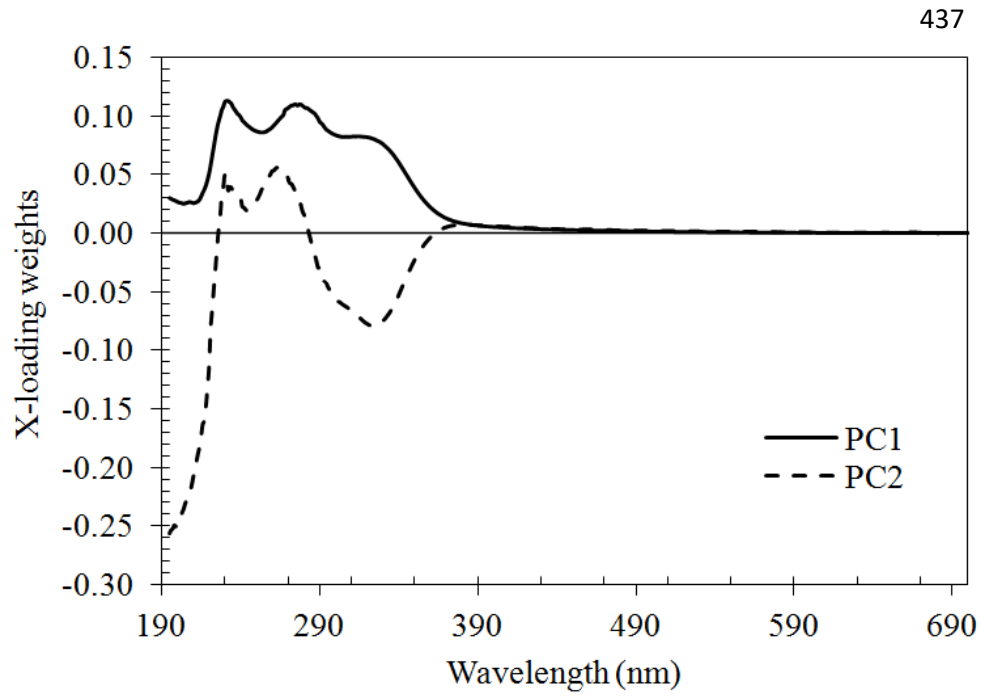
432

433

434

435

436



447 Figure 5. X-Loading weights versus wavelength of the top two PCs (PC1 and PC2) of
448 coffee samples.

449

450

451

452

453

454

455

456

457