

KONTRAK PENELITIAN Dasar
Tahun Anggaran 2021
Nomor: 3972/UN26.21/PN/2021

Pada hari ini Rabu tanggal Empat Belas bulan Juli tahun Dua Ribu Dua Puluh Satu, kami yang bertandatangan di bawah ini :

1. **Dr. Lusmeilia Afriani, D.E.A.** : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Lampung dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Lembaga Penelitian Universitas Lampung, yang berkedudukan di Jalan Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No 1 Bandar Lampung, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
2. **Dr. Diding Suhandy, M.Si.** : Dosen FAKULTAS Pertanian Universitas Lampung dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2021 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2021 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

Pasal 1
Ruang Lingkup Kontrak

PIHAK PERTAMA memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Dasar Tahun Anggaran 2021 dengan judul "Investigasi Perbaikan Model Kalibrasi Untuk Penentuan Kandungan Asam Klorogenat Kopi Bubuk Sialiti Indonesia Menggunakan Portable Near Infrared Spectroscopy Dan Integrating Sphere"

Pasal 2
Dana Penelitian

Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 125.175.000 (Seratus Dua Puluh Lima Juta Seratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah.20)** sudah termasuk pajak.

Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan Riset dan Teknologi Nomor SP DIPA-023.17.1.690439/2021 revisi ke-04 tanggal 4 Juni 2021

Pasal 3
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

PIHAK PERTAMA akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Pembayaran pada skema Penelitian Disertasi Doktor dan Penelitian Dasar Tahun Jamak dilaksanakan secara sekaligus (100%)
- b. Pembayaran sekaligus 100% dari total dana penelitian yaitu $100\% \times \text{Rp. } 125.175.000$ (Seratus Dua Puluh Lima Juta Seratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah) = **Rp. 125.175.000 (Seratus Dua Puluh Lima Juta Seratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah.20)** yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** merevisi proposal penelitian, Surat pernyataan kesanggupan pelaksanaan penelitian yang telah di unggah ke laman SIMLITABMAS dan

- menyerahkan/menyampaikan hardcopy sebanyak 2 eksemplar dan softcopy sebanyak 2 keping kepada PIHAK PERTAMA. Pembayaran Dana Luaran Tambahan sebesar : Rp. - ,
c. Dana Luaran Tambahan dibayarkan kepada PIHAK KEDUA pada bulan Desember 2021.
d. Apabila luaran tambahan dinyatakan tidak valid oleh PIHAK PERTAMA, maka dana luaran tambahan tidak bisa dibayarkan ke PIHAK KEDUA, dan dana luaran tambahan tersebut akan disetorkan kembali ke kas negara oleh PIHAK PERTAMA.

(2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada pasal 3 huruf b akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut:

Nama : Diding Suhandy
Nomor Rekening : 0070937529
Nama Bank : BNI

(3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

Pasal 4 **Jangka Waktu**

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **Tanggal 14 Juli 2021 dan berakhir pada Tanggal 16 November 2021**

Pasal 5 **Target Luaran**

PIHAK KEDUA berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa :

1. Artikel pada **Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi Terbit dalam Prosiding : Conference on Science Technology Infrastructure and Regional Development (ICoSITeR) hosted by the Institute of Technology of Sumatra (ITERA).**

2. Artikel

PIHAK KEDUA diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian berupa : -
PIHAK KEDUA berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 6 **Hak dan Kewajiban Para Pihak**

Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:

- PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** *hardcopy* Revisi Proposal Penelitian, Surat Pernyataan Kesanggupan Pelaksanaan Penelitian, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB), Laporan Kemajuan, Laporan Akhir, Luaran Wajib Penelitian dan Luaran Tambahan yang valid disertai *Softcopy*
- PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3

Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:

- PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3;
- PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** *hardcopy* Revisi Proposal Penelitian, Surat Pernyataan Kesanggupan Pelaksanaan Penelitian, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB), Laporan Kemajuan, Laporan Akhir, Luaran Wajib Penelitian dan Luaran Tambahan yang valid disertai *Softcopy*.
- PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
- PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan laporan penggunaan dana kepada **PIHAK PERTAMA**

Pasal 7
Laporan Pelaksanaan Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penelitian dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan ke SIMLITABMAS paling lambat **14 September 2021**.
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* sebagaimana tercantum pasal 7 ayat 1 kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **16 September 2021**.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah dokumen sebagai berikut :
 - a. Revisi proposal penelitian
 - b. Surat pernyataan kesanggupan pelaksanaan penelitian
 - c. Catatan harian pelaksanaan penelitian
 - d. Laporan kemajuan pelaksanaan penelitian
 - e. Surat pernyataan Tanggungjawab belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan pada laman SIMLITABMAS paling lambat **16 November 2021**
 - f. Luaran penelitian
- (4) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tercantum pada ayat 3 harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - a. Bentuk/ukuran kertas A4;
 - b. Di bawah bagian cover ditulis:

Dibiayai oleh:
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, dan Teknologi/Badan Riset Dan Inovasi Nasional
Sesuai dengan Kontrak Penelitian
Nomor : 120/SP2H/LT/DRPM/2021

Pasal 8
Monitoring dan Evaluasi

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2021, sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Sumber Daya Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan Riset dan Teknologi.

Pasal 9
Penilaian Luaran

Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/Reviewer Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke kas negara.

Pasal 10
Penggantian Keanggotaan

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan.
Apabila Ketua tim pelaksana penelitian tidak dapat menyelesaikan penelitian atau mengundurkan diri, maka **PIHAK KEDUA** wajib menunjuk pengganti Ketua Tim Pelaksana penelitian yang merupakan salah satu anggota tim setelah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan.
Dalam hal tidak adanya pengganti ketua tim pelaksana penelitian sesuai dengan syarat ketentuan yang ada, maka penelitian dibatalkan.

Pasal 11
Penggantian Ketua Pelaksana

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat(1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 12
Sanksi

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Kontrak Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA** tidak melaksanakan kewajiban sebagaimana dimaksud dalam pasal 7 ayat 3, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif
- (2) Sanksi administratif sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dapat berupa penghentian pembayaran dan Ketua Tim Pelaksana Penelitian tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut

Pasal 13
Pembatalan Perjanjian

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian **Investigasi Perbaikan Model Kalibrasi Untuk Penentuan Kandungan Asam Klorogenat Kopi Bubuk Spesialti Indonesia Menggunakan Portable Near Infrared Spectroscopy Dan Integrating Sphere** sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**

Pasal 14
Pajak-Pajak

PIHAK KEDUA berkewajiban memungut dan meyetor pajak ke kantor pelayanan pajak setempat yang berkenaan dengan kewajiban berupa :

1. Pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPH 22 sebesar 1,5%
2. Pajak-pajak lain sesuai ketentuan

Pasal 15
Peralatan dan/alat Hasil Penelitian

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Lampung sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Pasal 16
Penyelesaian Sengketa

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

Pasal 17
Amandemen Kontrak

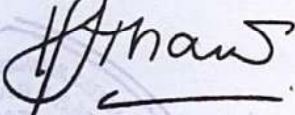
Apabila terdapat hal lain yang belum diatur atau terjadi perubahan dalam Kontrak penelitian ini, maka akan dilakukan amandemen Kontrak Penelitian

Pasal 18
Lain-lain

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh **PARA PIHAK** pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkai 2 (dua) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA



Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.

NIDN: 0010056505



PIHAK KEDUA

Dr. Diding Suhandy, M.Si.

NIDN: 0003037803

Mengetahui
DEKAN FAKULTAS Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIDN: 0020106104



SURAT PERNYATAAN TANGGUNG JAWAB MUTLAK

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dr. Diding Suhandy, M.Si.
 NIDN : 0003037803
 Fakultas : Pertanian
 Alamat : Jl.Prof.Sumantri Brojonegoro No.1 Gedung Meneng
 Bandar Lampung 35145

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Dana Penelitian yang saya terima sudah dihitung dengan benar dan akan digunakan sepenuhnya untuk mendanai penelitian yang saya laksanakan yaitu penelitian yang didanai oleh DIKTI TA 2021 Jenis Hibah **Penelitian Skema Dasar Judul Investigasi Perbaikan Model Kalibrasi Untuk Penentuan Kandungan Asam Klorogenat Kopi Bubuk Spesialti Indonesia Menggunakan Portable Near Infrared Spectroscopy Dan Integrating Sphere** dengan jumlah dana sebesar 100% dari nilai pekerjaan yaitu Rp. 125.175.000,- (Seratus Dua Puluh Lima Juta Seratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah).
2. Semua penggunaan, pengeluaran keuangan dan pertanggungjawabannya yang terkait dengan *output* kegiatan pelaksanaan penelitian menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya-benarnya.

Bandar Lampung, 14 Juli 2021

Peneliti,



Dr. Diding Suhandy, M.Si.
 NIDN 0003037803

BERITA ACARA PEMBAYARAN

Pada hari ini **Rabu** tanggal **Empat Belas** bulan **Juli** tahun **Dua Ribu Dua Puluh Satu**, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

- I. Nama : Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.
Jabatan : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung
Alamat : Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Gedung Meneng Bandar Lampung
Disebut Sebagai **PIHAK PERTAMA**.
- II. Nama : Dr. Diding Suhandy, M.Si.
Jabatan : Peneliti Utama (penanggung jawab penelitian)
Fakultas : Pertanian
Alamat : Jl. Prof.Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung,
Disebut Sebagai **PIHAK KEDUA**.

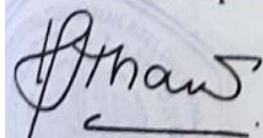
Sehubungan dengan pelaksanaan kegiatan Penelitian Skema Dasar di Lingkungan Universitas Lampung, sesuai dengan Surat Penugasan Dasar Nomor 3972/UN26.21/PN/2021, tanggal 14 Juli 2021 dengan judul "**Investigasi Perbaikan Model Kalibrasi Untuk Penentuan Kandungan Asam Klorogenat Kopi Bubuk Spesialti Indonesia Menggunakan Portable Near Infrared Spectroscopy Dan Integrating Sphere**", maka **PIHAK KEDUA** berhak menerima pembayaran 100% dari **PIHAK PERTAMA** sebesar Rp. 125.175.000,- (Seratus Dua Puluh Lima Juta Seratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah) dan disalurkan langsung ke Rekening **PIHAK KEDUA** sebagai Penanggung Jawab Kegiatan Penelitian.

Demikian Berita Acara Pembayaran ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 14 Juli 2021

I. PIHAK PERTAMA.

Ketua LPPM
Universitas Lampung,



Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.
NIDN 0010056505

II. PIHAK KEDUA.

Ketua Peneliti/
Penanggung Jawab Kegiatan



Diding Suhandy, M.Si.
NIDN 0003037803

Banyaknya uang
Untuk pencairan

Seratus Dua Puluh Lima Juta Seratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah
Dana Penelitian Skema Dasar yang didanai oleh Dana DIKTI T. A. 2021
yaitu Rp. 125.175.000,- Berdasarkan Surat Penugasan Dasar Nomor. 3972/UN26.21/PN/2021 Tanggal 14
Juli 2021

Bandar Lampung, 14 Juli 2021

Yang Menerima,



ai 6000

Rp. 125.175.000,00

Dr. Diding Suhandy, M.Si.
NIDN 0003037803

KWITANSI

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung

Na
Sudah terima dari
Banyaknya uang
Untuk pencairan

Seratus Dua Puluh Lima Juta Seratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah
Dana Penelitian Skema Dasar yang didanai oleh Dana DIKTI T. A. 2021 Sebesar 100% Dari Nilai Penugasan
yaitu Rp. 125.175.000,- Berdasarkan Surat Penugasan Dasar Nomor. 3972/UN26.21/PN/2021 Tanggal 14
Juli 2021

Bandar Lampung, 14 Juli 2021
Yang Menerima,

Dr. Diding Suhandy, M.Si.
NIDN 0003037803

Rp. 125.175.000,00

Seratus Tiga Sembilan Juta Dua Ratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah

Seratus Tiga Sembilan Juta Dua Ratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah
Dana Penelitian Skema Terapan yang didanai oleh Dana DIKTI T.A. 2021 Sebesar 100% Dari Nilai
Penugasan yaitu Rp. 139275000,- Berdasarkan Surat Penugasan Terapan Nomor
3973/UN26.21/PN/2021 Tanggal 14 Juli 2021

Bandar Lampung, 14 Juli 2021

Yang Menerima,



6000

Rp. 139275000,00

Dr. Diding Suhandy, M.Si
NIDN 0003037803

KWITANSI

Na : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung

Baayakanya uang : Seratus Tiga Puluh Sembilan Juta Dua Ratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah

Untuk pembayaran : Dana Penelitian Skema Terapan yang didanai oleh Dana DIKTI T.A. 2021 Sebesar 100% Dari Nilai
Penugasan yaitu Rp. 139275000,- Berdasarkan Surat Penugasan Terapan Nomor
3973/UN26.21/PN/2021 Tanggal 14 Juli 2021

Bandar Lampung, 14 Juli 2021
Yang Menerima,

Dr. Diding Suhandy, M.Si
NIDN 0003037803

Rp. 139275000,00

PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 969389ea-bfae-46d3-ae78-bdee2f1298d3
Laporan Akhir Penelitian: tahun ke-1 dari 3 tahun

1. IDENTITAS PENELITIAN

A. JUDUL PENELITIAN

INVESTIGASI PERBAIKAN MODEL KALIBRASI UNTUK PENENTUAN KANDUNGAN ASAM KLOROGENAT KOPI BUBUK SPESIALTI INDONESIA MENGGUNAKAN PORTABLE NEAR INFRARED SPECTROSCOPY DAN INTEGRATING SPHERE

B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Pangan	Teknologi pascapanen dan rekayasa teknologi pengolahan pangan	Rekayasa mesin-mesin pertanian dan pengolahan	Teknologi Pasca Panen

C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Kompetitif Nasional	Penelitian Dasar	SBK Riset Dasar	SBK Riset Dasar	3	3

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
DIDING SUHANDY Ketua Pengusul	Universitas Lampung	Teknik Pertanian		40630	7
KUSUMIYATI S.P, M.Agr, Ph.D Anggota Pengusul 1	Universitas Padjadjaran	Agroteknologi	Membantu rancangan eksperimen, analisis spektra NIR dan interpretasi data, pre-processing spektra serta penyiapan laporan. Membantu proses drafting buku dan artikel ilmiah nasional.	5985939	3
MEINILWITA YULIA S.TP, M.Agr.Sc Anggota Pengusul 2	Politeknik Negeri Lampung	Mekanisasi Pertanian	Membantu rancangan eksperimen, pengambilan spektra, analisis spektra, analisis regresi linear dan nonlinear.	6000450	7

			Membantu drafting artikel ilmiah internasional.		
--	--	--	---	--	--

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
-------	------------

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
1	Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Terbit dalam Prosiding	The Annual International Conference on Theoretical and Applied Physics
1	Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Terbit dalam Prosiding	The Annual Applied Science and Engineering Conference (AASEC) hosted by UPI Bandung
1	Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Terbit dalam Prosiding	The Annual International Conference on Science Technology Infrastructure and Regional Development (ICoSITeR) hosted by the Institute of Technology of Sumatra (ITERA).

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
1	Artikel di Jurnal Nasional terakreditasi peringkat 1-3	Accepted	AIJST Universitas Syiah Kuala Aceh
1	Artikel di Jurnal Nasional terakreditasi peringkat 1-3	Accepted	Agritech

5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi 12.

Total RAB 3 Tahun Rp. 340,125,000

Tahun 1 Total Rp. 125,175,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	OH	1	200,000	200,000
Analisis Data	Transport Lokal	OK (kali)	5	200,000	1,000,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	P (penelitian)	40	20,000	800,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Unit	500	20,000	10,000,000
Bahan	ATK	Paket	2	2,000,000	4,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Unit	8	7,500,000	60,000,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	10	3,277,500	32,775,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	Paket	2	1,000,000	2,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Paket	3	4,000,000	12,000,000
Pengumpulan Data	Tiket	OK (kali)	1	1,000,000	1,000,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	1	1,000,000	1,000,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	OK (kali)	2	200,000	400,000

Tahun 2 Total Rp. 107,900,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	OH	4	250,000	1,000,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	P (penelitian)	10	110,000	1,100,000
Bahan	ATK	Paket	1	500,000	500,000
Bahan	Barang Persediaan	Unit	9	5,500,000	49,500,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	12	3,000,000	36,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Paket	1	5,000,000	5,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Paket	1	8,000,000	8,000,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	OJ	13	100,000	1,300,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	OH	50	25,000	1,250,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	1	3,000,000	3,000,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	OK (kali)	5	250,000	1,250,000

Tahun 3 Total Rp. 107,050,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	OH	5	100,000	500,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	P (penelitian)	10	100,000	1,000,000
Analisis Data	Transport Lokal	OK (kali)	10	250,000	2,500,000
Bahan	ATK	Paket	1	3,000,000	3,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	5	4,000,000	20,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Unit	10	5,500,000	55,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Paket	1	4,000,000	4,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	Paket	1	2,000,000	2,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	Paket	1	10,000,000	10,000,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	OH	10	100,000	1,000,000
Pengumpulan Data	Tiket	OK (kali)	1	1,000,000	1,000,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	OJ	12	150,000	1,800,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	OH	50	25,000	1,250,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	1	3,000,000	3,000,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	OK (kali)	5	200,000	1,000,000

6. HASIL PENELITIAN

A. RINGKASAN: Tuliskan secara ringkas latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian.

Selain informasi keaslian kopi bubuk spesialti, informasi yang juga sangat penting dan harus dicantumkan pada kemasan untuk mendukung kopi sebagai pangan fungsional adalah kandungan antioksidan dan senyawa polifenol lainnya, salah satunya adalah informasi kandungan asam klorogenat atau chlorogenic acid (CGA). Referensi menunjukkan CGA berkurang secara progresif seiring dengan level penyangraian. Sebagian besar senyawa CGA terurai menjadi senyawa lactones, caffeic acid dan turunan fenol lainnya melalui reaksi Maillard dan Strecker selama proses penyangraian berlangsung. Semakin tinggi suhu sangrai dan semakin lama waktu sangrai maka kandungan CGA semakin berkurang. Upaya mengkuantifikasi CGA kopi bubuk menggunakan NIR spectroscopy sudah dilakukan namun hasilnya belum memuaskan. Koefisien determinasi masih rendah ($R = 0.45-0.76$), RPD yang diperoleh rendah di bawah 3 ($RPD = 2.01$). Selain itu juga melibatkan NIR spektrometer yang mahal dan sulit untuk proses pengukuran CGA on-line. Untuk mendukung proses kuantifikasi kandungan CGA kopi bubuk spesialti asal Indonesia menggunakan NIR spectroscopy maka diperlukan proses perbaikan pengambilan spektra (menggunakan spektrometer NIR portabel yang dilengkapi fiber optik dan integrating sphere) dan penggunaan metode kemometrika yang sesuai. Tahun pertama penelitian dasar ini (2021) telah berhasil membangun sistem akuisisi data spektra NIR spectroscopy berbasis spektrometer NIR portabel (dengan satu dan dua buah spektrometer NIR portabel) yang dilengkapi dengan fiber optik dan integrating sphere. Sistem akuisisi data pertama menggunakan satu buah spektrometer NIR portabel terdiri atas sebuah spektrometer portabel (NIR-Quest512 InGaAs spectrometer, Ocean Optics, USA), sebuah integrating sphere yang dilengkapi dengan lampu Tungsten halogen (ISP-REF, Ocean Optics, USA), sebuah holder sampel dan sebuah fiber optik yang menghubungkan spektrometer dan lampu (sumber cahaya). Spektrometer NIR portabel ini memiliki rentang pengukuran panjang gelombang di 900-1650 nm atau long-wavelength-NIR (LW-NIR). Sistem akuisisi data spektra kedua yang berhasil dibangun di tahun pertama (2021) terdiri atas dua buah spektrometer NIR portabel, sebuah integrating sphere yang dilengkapi dengan lampu Tungsten halogen (ISP-REF, Ocean Optics, USA), sebuah holder sampel dan sebuah fiber optik yang menghubungkan spektrometer dan lampu (sumber cahaya). Dua buah spektrometer NIR portabel yang digunakan adalah spektrometer NIR Flame-S (Ocean Optics, USA) yang beroperasi di panjang gelombang 650-900 nm (short-wavelength NIR) dan spektrometer NIR-Quest512 (Ocean Optics, USA) yang beroperasi di panjang gelombang 900-1650 nm (long-wavelength NIR). Sehingga sistem akuisisi data spektra NIR yang kedua ini memiliki kelebihan dibandingkan sistem akuisisi data yang pertama yaitu mampu mengukur data spektra NIR secara menyeluruh dari gelombang NIR pendek dan NIR panjang (dari 650-1650 nm). Kedua sistem akuisisi data spektra telah berhasil diujicobakan untuk diskriminasi beberapa kopi spesialti Indonesia berdasarkan beda varietas (arabika versus robusta) dan beda origin (Wamena, Gayo, Kintamani, Codot, Lampung, Mandailing). Studi diskriminasi kopi spesialti dapat diterima dengan nilai akurasi klasifikasi sebesar 100%.

B. KATA KUNCI: Tuliskan maksimal 5 kata kunci.

Asam klorogenat, fiber optik, integrating sphere, kopi spesialti, NIR spectroscopy, spektrometer NIR

portabel

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

1. Pendahuluan

Selain informasi keaslian kopi bubuk spesialti, informasi yang juga sangat penting dan harus dicantumkan pada kemasan untuk mendukung kopi sebagai pangan fungsional adalah kandungan antioksidan dan senyawa polifenol lainnya, salah satunya adalah informasi kandungan asam klorogenat atau *chlorogenic acid* (CGA). Mengapa CGA penting untuk dikuantifikasi pada kopi bubuk spesialti yang diperdagangkan? CGA merupakan salah satu antioksidan dalam kopi dengan jumlah yang sangat tinggi [1]. CGA menjadi salah satu sumber polifenol dalam menu diet dan memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan [2–3] dan merupakan salah satu senyawa polifenol pembentuk citarasa kopi [4].

Kuantifikasi CGA kopi bubuk menjadi cukup sulit dilakukan. Mengapa? Referensi menunjukkan CGA berkurang secara progresif seiring dengan level penyangraian [5]. Sebagian besar senyawa CGA terurai menjadi senyawa *lactones*, *caffeic acid* dan turunan fenol lainnya melalui reaksi *Maillard* dan *Strecker* selama proses penyangraian berlangsung [6]. Semakin tinggi suhu sangrai dan semakin lama waktu sangrai maka kandungan CGA semakin berkurang seperti ditunjukkan di Gambar 1.



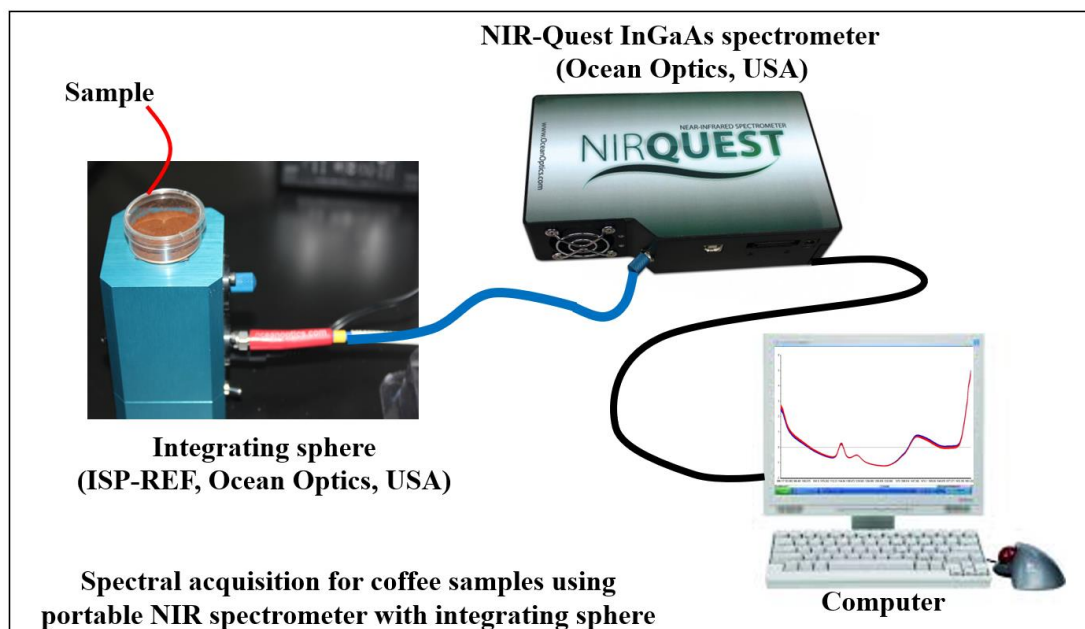
Gambar 1. Perumusan masalah penelitian dan solusi yang diusulkan untuk mengatasinya.

Upaya mengkuantifikasi CGA kopi bubuk menggunakan *NIR spectroscopy* sudah dilakukan namun hasilnya belum memuaskan [7]. Koefisien determinasi masih rendah ($R=0.45-0.76$), RPD yang diperoleh rendah di bawah 3 ($RPD=2.01$). Selain itu juga melibatkan NIR spektrometer yang mahal dan sulit untuk proses pengukuran CGA *on-line*. Untuk mendukung proses kuantifikasi kandungan CGA kopi bubuk spesialti asal Indonesia menggunakan *NIR spectroscopy* maka diperlukan proses perbaikan pengambilan spektra (menggunakan spektrometer NIR portabel yang dilengkapi fiber optik dan *integrating sphere*) dan penggunaan metode kemometrika yang sesuai.

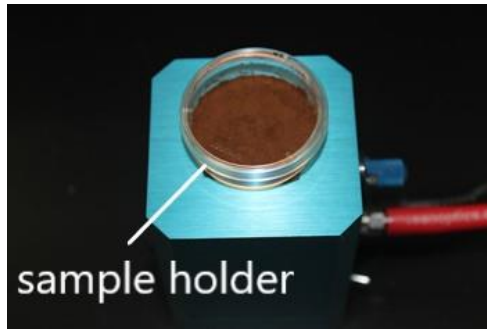
2. Pengembangan sistem akuisisi data *NIR spectroscopy* menggunakan satu buah spektrometer NIR portabel yang dilengkapi dengan fiber optik dan *integrating sphere*.

Mahalnya harga sebagian besar spektrometer NIR tipe *bench top* (tipe meja yaitu alat yang tidak portabel) telah menjadi masalah besar bagi perkembangan teknologi *NIR spectroscopy* di sebagian besar negara berkembang, tidak terkecuali Indonesia. Untuk mengatasi mahalnya harga spektrometer *bench top* ini, banyak perusahaan instrumen telah mengembangkan miniaturisasi dan pengurangan biaya spektrometer melalui pengembangan spektrometer NIR portabel berdasarkan teknologi array detektor serat optik dan semikonduktor [8]. Secara umum, spektrometer NIR portabel memiliki karakteristik bobot yang lebih ringan, ukuran lebih kecil, biasanya lebih murah, dan lebih mudah ditangani daripada spektrometer tipe *bench top* [9]. Keterjangkauan spektrometer portabel dapat dilihat dari beberapa hasil publikasi penggunaan *NIR spectroscopy* dengan spektrometer portabel selama periode 2000-2016 dari negara-negara berkembang termasuk Indonesia [10-15].

Sampai akhir tahun 2021, beberapa penelitian telah berhasil dilakukan melalui hibah riset dasar ini dan sebagian hasil penelitian di tahun pertama ini telah presentasikan dan bahkan sebagian telah dipublikasikan di prosiding internasional terindeks SCOPUS. Penelitian di tahun pertama (2021) fokus pada pengembangan sistem akuisisi data spektra NIR *spectroscopy* menggunakan spektrometer NIR yang portabel dan dilengkapi fiber optik dan *integrating sphere*. Gambar 2 memperlihatkan sistem akuisisi data menggunakan satu buah spektrometer NIR portabel yang berhasil dibangun di tahun pertama ini. Sistem akuisisi data ini terdiri atas sebuah spektrometer portabel (NIR-Quest512 InGaAs spectrometer, Ocean Optics, USA), sebuah *integrating sphere* yang dilengkapi dengan lampu Tungsten halogen (ISP-REF, Ocean Optics, USA), sebuah holder sampel dan sebuah fiber optik yang menghubungkan spektrometer dan lampu (sumber cahaya) [16]. Spektrometer NIR ini memiliki rentang pengukuran panjang gelombang di 900-1650 nm atau *long-wavelength NIR* (LW-NIR). Proses akuisisi data spektra dilakukan dengan mode *diffuse reflectance* dengan interval 1.645 nm dan dilakukan di suhu ruang dan dalam kondisi *dark room* atau tanpa cahaya eksternal. Spektrometer kemudian dihubungkan ke komputer.



Gambar 2. Sistem akuisisi data yang berhasil dibangun dengan satu buah spektrometer NIR portabel dengan fiber optik dan *integrating sphere* [16].



Gambar 3. Holder sampel yang digunakan untuk akuisisi data spektra [16].

Protokol proses persiapan sampel sebelum dilakukan akuisisi data spektra adalah sebagai berikut: sampel kopi disangrai dengan tingkat sangrai medium (suhu 200°C selama 10 menit menggunakan mesin sangrai portabel), digiling dengan kecepatan 234 rpm dan diayak menggunakan mesh 50 untuk mendapatkan sampel kopi dengan ukuran partikel seragam yaitu 297 mikrometer. Kemudian sampel kopi sebanyak 1.33 gram (tanpa ditekan) dimasukkan ke dalam holder sampel seperti yang terlihat di Gambar 3 [16].

Spektra original hasil pengukuran diperoleh dengan rumus sebagai berikut [17]:

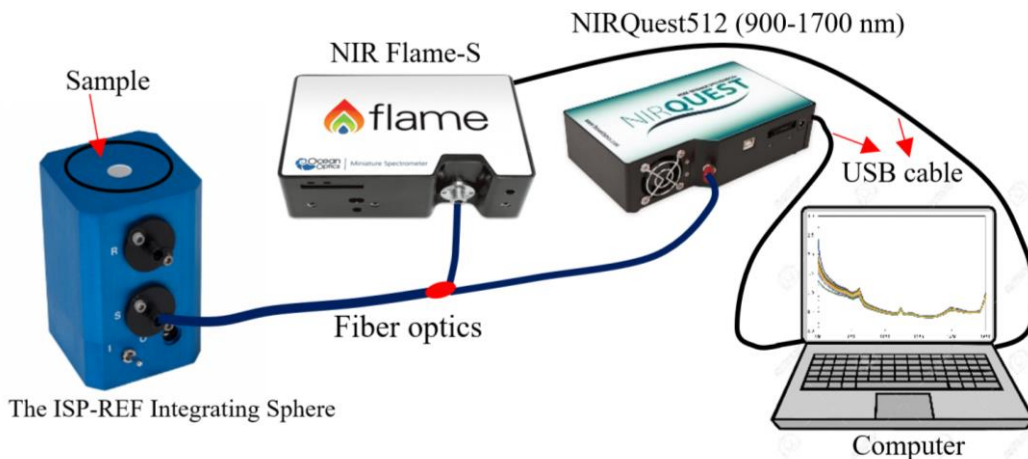
$$S(\lambda) = \frac{S_{meas1}(\lambda) - S_{meas2}(\lambda) - D(\lambda)}{S_{ref}(\lambda) - D(\lambda)} \dots \dots \dots (1)$$

Di mana:

$S_{meas1}(\lambda)$ adalah intensitas refleksi dari holder sampel berisi sampel kopi bubuk, $S_{meas2}(\lambda)$ adalah intensitas refleksi holder sampel kosong (tanpa sampel), $D(\lambda)$ adalah intensitas refleksi kondisi gelap tanpa cahaya (*dark*) dan $S_{ref}(\lambda)$ adalah intensitas refleksi dari referensi. Yang dijadikan sebagai referensi adalah *white reflectance standard* yang terbuat dari Spectralon™ (WS-1-SL, Labsphere, Nort Sutton, NH, USA) [17]. Data hasil pengukuran spektra disimpan dalam file berformat .txt yang kemudian diubah ke format file .xls untuk analisis kemometrika dengan bantuan program *the Unscrambler X version 10.4* (64-bit) (Camo Software AS, Oslo, Norway).

3. Pengembangan sistem akuisisi data NIR spectroscopy menggunakan dua buah spektrometer NIR portabel yang dilengkapi dengan fiber optik dan *integrating sphere*.

Selain menggunakan satu buah spektrometer NIR portabel, sistem akuisisi data spektra NIR juga dibangun dengan menggunakan dua buah spektrometer NIR portabel seperti yang ditunjukkan di Gambar 4. Sistem akuisisi data spektra ini terdiri atas dua buah detektor yaitu 2 buah spektrometer NIR portabel, sebuah *integrating sphere* yang dilengkapi dengan lampu Tungsten halogen (ISP-REF, Ocean Optics, USA), sebuah holder sampel dan sebuah fiber optik yang menghubungkan spektrometer dan lampu (sumber cahaya) [18]. Dua buah spektrometer NIR portabel yang digunakan adalah spektrometer NIR Flame-S (Ocean Optics, USA) yang beroperasi di panjang gelombang 650-900 nm (*short-wavelength* NIR) dan spektrometer NIR-Quest512 (Ocean Optics, USA) yang beroperasi di panjang gelombang 900-1650 nm (*long-wavelength* NIR). Sehingga sistem akuisisi data spektra NIR yang kedua ini memiliki kelebihan dibandingkan sistem akuisisi data yang pertama yaitu mampu mengukur data spektra NIR secara menyeluruh dari gelombang NIR pendek dan NIR panjang (dari 650-1650 nm).



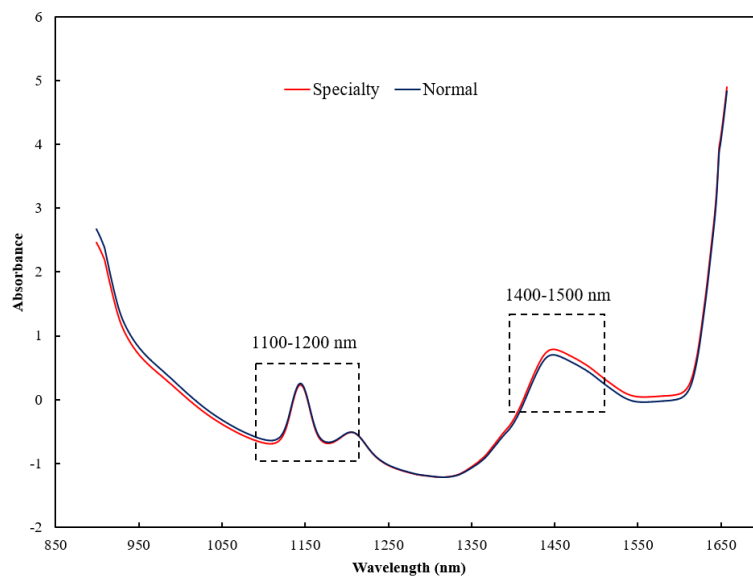
Gambar 4. Sistem akuisisi data yang berhasil dibangun dengan dua buah spektrometer NIR portabel dengan fiber optik dan *integrating sphere* [18].

4. Pengujian sistem akuisisi data NIR spectroscopy dengan satu buah spektrometer NIR portabel

Berikut ini kami menyampaikan hasil pengujian penggunaan sistem akuisisi data spektra NIR dengan menggunakan satu buah spektrometer NIR portabel yang dilengkapi dengan fiber optik dan *integrating sphere*.

a. Diskriminasi kopi robusta spesialti dan kopi robusta biasa

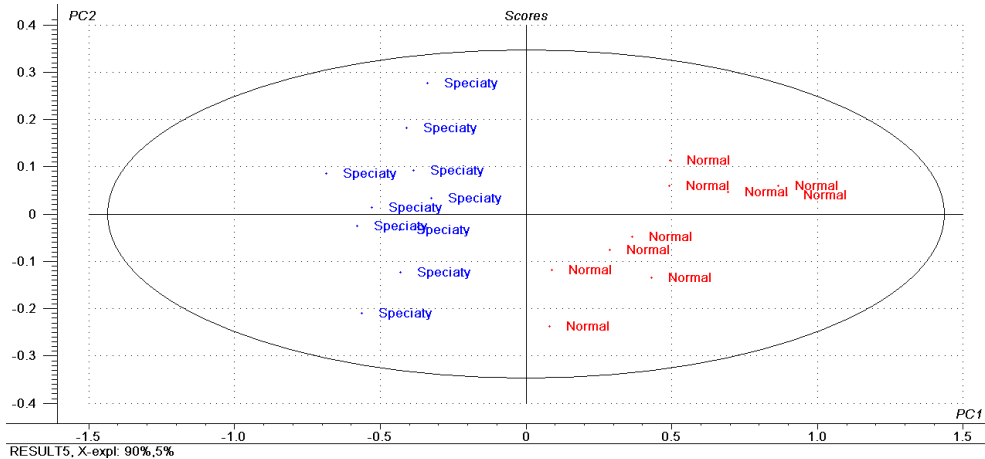
Potensi sistem akuisisi data menggunakan satu buah spektrometer NIR portabel yang telah dibangun kemudian dievaluasi untuk melakukan diskriminasi kopi spesialti dan kopi biasa untuk kopi robusta Lampung. Gambar 5 menunjukkan data spektra rata-rata sampel kopi spesialti (garis merah) dan kopi biasa atau kopi non-spesialti (garis biru) yang diproses sebelumnya menggunakan 2 buah algoritma pengolahan data spektra yaitu *smoothing* dan *standardization (moving average (MA 13s) dan standard normal variate (SNV))*. Ada beberapa puncak yang dapat diidentifikasi di dua daerah panjang gelombang yang berbeda yaitu di 1100-1200 nm dan 1400-1500 nm. Daerah panjang gelombang 1100-1200 nm berkorelasi dengan *overtone ke-2* dari gugus fungsi C-H [19]. Dalam interval ini, panjang gelombang dengan intensitas absorbans tertinggi teridentifikasi di panjang gelombang 1150 nm. Panjang gelombang ini juga berkontribusi pada *overtone ke-2* dari vibrasi gugus fungsi C-H [19]. Lembah spektra sekitar 1180 nm juga dapat diidentifikasi di interval 1100-1200 nm. Panjang gelombang ini terkait dengan *overtone ke-2* dari gugus fungsi C-H dalam kelompok CH₂ [19].



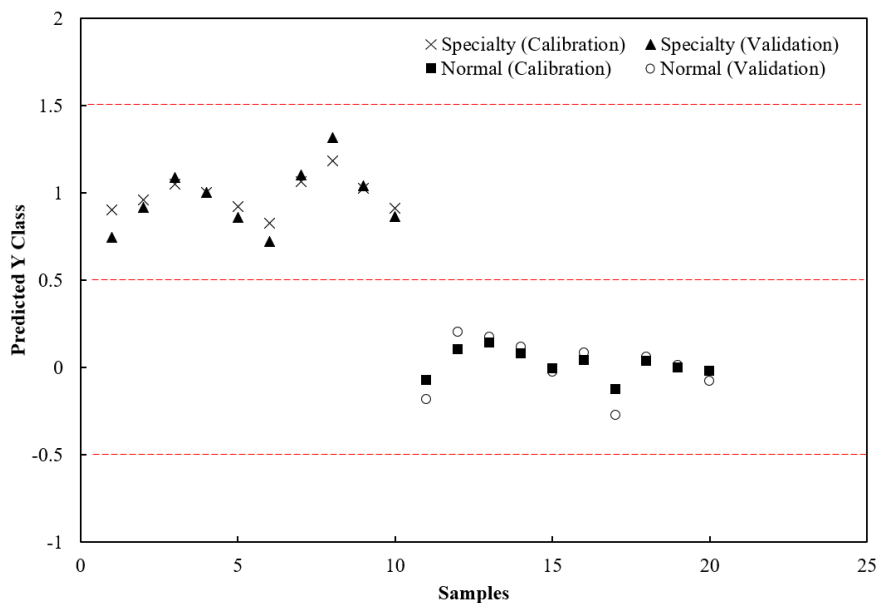
Gambar 5. Spektra rata-rata absorbans NIR yang telah diproses menggunakan *smoothing* dan *standardization* untuk kopi spesialti dan kopi biasa robusta Lampung di panjang gelombang 899-1657 nm [16].

Pada interval panjang gelombang 1400-1500 nm, puncak dan lembah dapat diidentifikasi di panjang gelombang 1350 nm dan 1450 nm. Puncak spektra di sekitar panjang gelombang 1350 nm berkorelasi dengan *overtone* pertama dari ikatan C-H [20]; lembah spektra di sekitar panjang gelombang 1450 nm berkorelasi dengan *overtone* pertama dari peregangan ikatan O-H [21]. Data spektra di interval 1400-1500 nm bersesuaian dengan absorbans senyawa asam klorogenat, air, alkohol, dan terutama karbohidrat dalam kopi bubuk [22]. Hasil ini menunjukkan kepada kita pentingnya data spektra di dua interval yaitu di 1100-1200 nm dan 1400-1500 nm untuk autentikasi kopi. Atas dasar ini, analisis PCA dan PLS-DA selanjutnya dilakukan hanya menggunakan spektra yang telah diproses sebelumnya (spektra olahan) yang melibatkan dua interval data spektra di panjang gelombang 1100-1200 dan 1400-1500 nm (950-1450 nm).

Hasil analisis PCA (*principal component analysis*) dan PLS-DA (*partial least squares-discriminant analysis*) ditunjukkan di Gambar 6 dan 7. Seperti yang terlihat pada Gambar 6, menggunakan nilai skor PC1 dan PC2 (secara kumulatif menjelaskan 95% varians data) diperoleh pemisahan yang jelas antara kopi spesialti dan kopi biasa. Semua sampel kopi biasa (non-spesialti) dikelompokkan dalam satu kluster yang terletak di PC1 positif (PC1>0) sementara semua kopi spesialti berada di PC1 negatif (PC1<0) [16]. Di Gambar 7, hasil PLS-DA menunjukkan bahwa seluruh sampel dapat diklasifikasikan secara benar sesuai kelasnya. Kelas kopi spesialti dengan nilai Y=1 dan kopi biasa dengan nilai Y=0. Sehingga nilai akurasi klasifikasi yang diperoleh adalah sebesar 100% [16]. Hasil ini menunjukkan potensi dari sistem akuisisi data dengan satu buah spektrometer NIR portabel untuk proses autentikasi kopi spesialti Indonesia.



Gambar 6. Plot skor PC1 dan PC2 hasil analisis PCA untuk kopi spesialti dan kopi biasa menggunakan data spektra olahan di panjang gelombang 950-1450 nm [16].

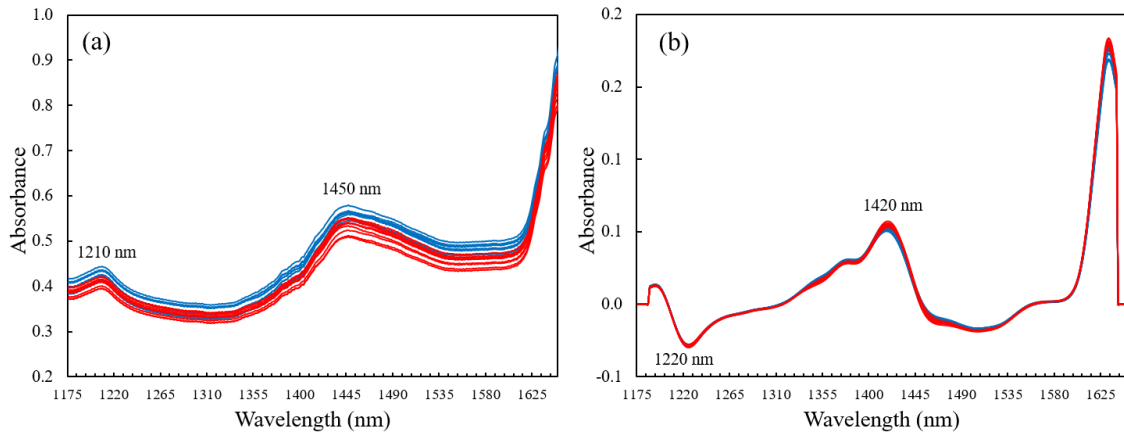


Gambar 7. Plot sampel versus nilai Y prediksi hasil analisis PLS-DA untuk kopi spesialti dan kopi biasa menggunakan data spektra olahan di panjang gelombang 950-1450 nm [16].

b. Diskriminasi kopi spesialti robusta dan arabika di Indonesia

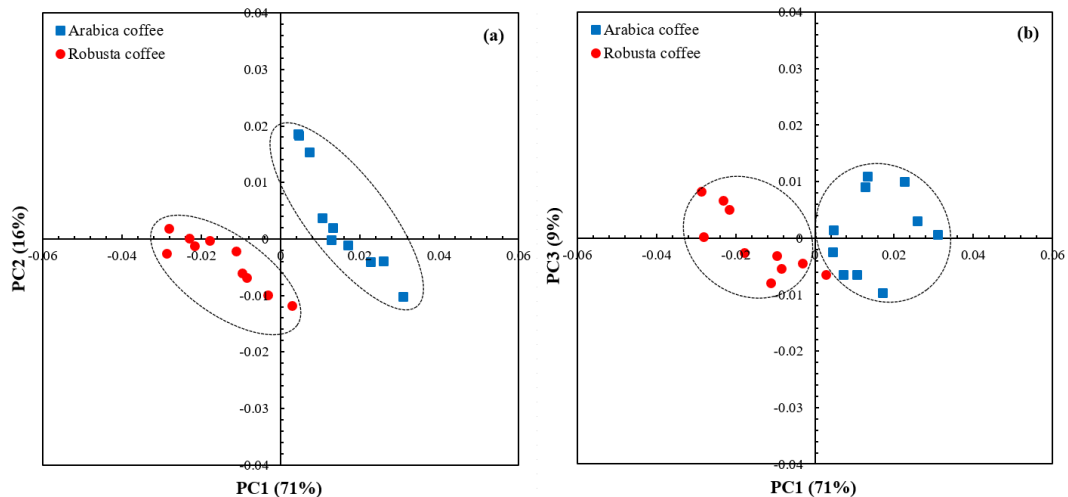
Setelah berhasil membedakan kopi spesialti dan kopi biasa dari varietas yang sama yaitu robusta [16], maka penelitian berikutnya adalah investigasi potensi sistem akuisisi data spektra NIR *spectroscopy* dengan satu buah spektrometer NIR portabel untuk diskriminasi kopi spesialti dari dua varietas yang berbeda yaitu kopi spesialti arabika dan kopi spesialti robusta. Kedua varietas tersebut merupakan dua varietas yang populer dan secara komersial tersedia di pasar Indonesia.

Gambar 8(a) merupakan hasil pengambilan data spektra untuk kopi spesialti robusta dan arabika sebelum dilakukan proses transformasi (masih data original). Kopi spesialti arabika dengan label garis berwarna biru memiliki nilai intensitas absorbans lebih tinggi dibandingkan dengan kopi spesialti robusta (label garis berwarna merah). Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya [23-24]. Puncak gelombang teridentifikasi di panjang gelombang 1540 nm. Spektra hasil transformasi menggunakan *smoothing*, *standardization* dan *derivation* ditunjukkan di Gambar 8(b). Puncak gelombang teridentifikasi di panjang gelombang 1420 nm. Berdasarkan hasil riset sebelumnya, panjang gelombang 1420 dan 1450 nm berhubungan dengan dengan absorbans air [25].



Gambar 8. Data spektra original (a) dan hasil transformasi (b) untuk kopi spesialti arabika dan robusta di panjang gelombang 1175-1650 nm.

Hasil analisis PCA untuk spektra original dan hasil transformasi diperlihatkan di Gambar 9. Nilai kumulatif PC1 dan PC2 untuk PCA spektra original adalah sebesar 87% dan 80% untuk PCA spektra hasil transformasi. Separasi sampel lebih jelas terlihat untuk PCA menggunakan data spektra hasil transformasi seperti dapat dilihat di Gambar 9(b). Kluster kopi spesialti arabika berada di sebelah kanan PC1 atau PC1 positif sedangkan kluster kopi spesialti robusta berada di sebelah kiri PC1 atau PC1 negatif.

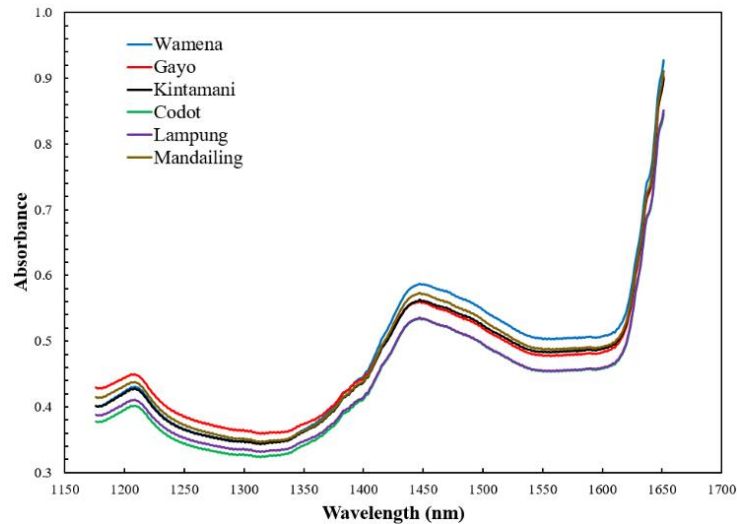


Gambar 9. Hasil analisis PCA menggunakan data spektra original (a) dan hasil transformasi (b) untuk kopi spesialti arabika dan robusta di panjang gelombang 1175-1650 nm.

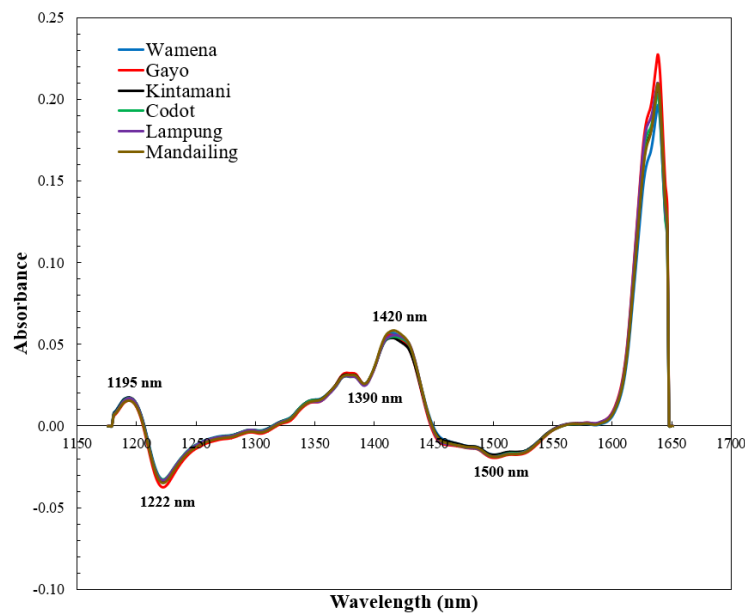
Hasil penelitian proses diskriminasi kopi spesialti arabika dan robusta menggunakan sistem akuisisi data satu buah spektrometer NIR portabel yang dilengkapi dengan fiber optik dan *integrating sphere* telah dipresentasikan di seminar internasional *4th International Conference on Agricultural Engineering for Sustainable Agriculture Production (AESAP) 2021* tanggal 11-13 Oktober 2021. Saat ini artikel sedang proses review untuk diterbitkan di IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.

c. Diskriminasi enam kopi spesialti dengan beda varietas dan origin di Indonesia

Kompleksitas sampel penelitian ditingkatkan lagi untuk menguji sistem akuisisi data NIR *spectroscopy* yang berhasil dibangun. Potensi sistem akuisisi data menggunakan satu buah spektrometer NIR portabel yang telah dibangun kemudian dievaluasi juga untuk melakukan diskriminasi enam kopi spesialti asal Indonesia dengan varietas dan origin yang berbeda yang terdiri atas 2 kopi spesialti robusta yaitu kopi Codot dan kopi Lampung serta 4 kopi spesialti arabika yaitu kopi Wamena, kopi Gayo, kopi Kintamani dan kopi Mandailing [26]. Hasilnya dapat dilihat di Gambar 10 untuk spektra original (belum diproses menggunakan *spectral preprocessing*) dan Gambar 11 untuk spektra hasil transformasi. Spektra hasil transformasi diperoleh dari spektra original yang diolah menggunakan 3 algoritma *spectral preprocessing* secara sekaligus yaitu: *moving average smoothing* (MAS 11), *standard normal variate* (SNV), dan *Savitzky-Golay first derivative* (SG 1d) [23].



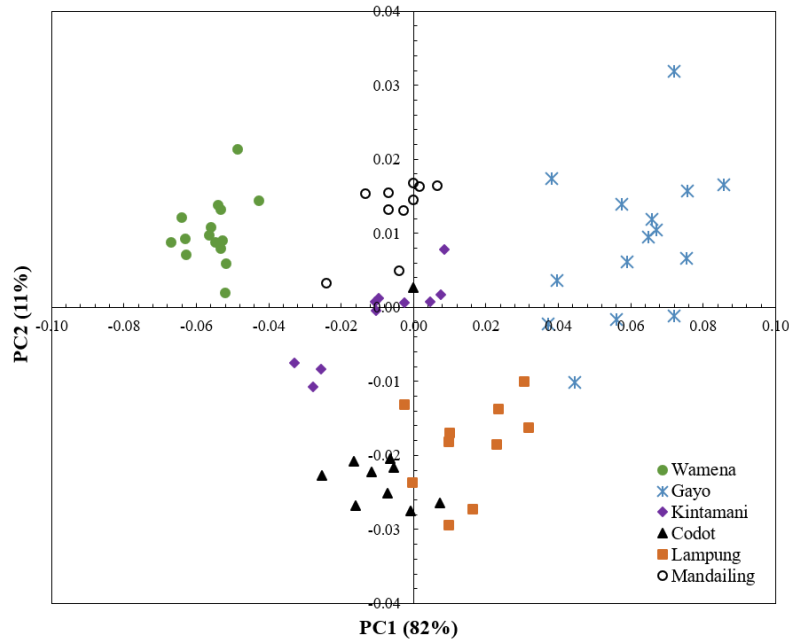
Gambar 10. Spektra original rata-rata untuk enam kopi spesialti Indonesia di panjang gelombang 1175.79-1651.222 nm [26].



Gambar 11. Spektra hasil transformasi rata-rata untuk enam kopi spesialti Indonesia di panjang gelombang 1175.79-1651.222 nm [26].

Secara umum, sampel kopi spesialti arabika (Gayo, Mandailing, Kintamani, dan Wamena) memiliki intensitas absorbans yang lebih tinggi dibandingkan sampel kopi spesialti robusta (Codot dan Lampung). Puncak panjang gelombang dengan intensitas absorbans tinggi dapat terlihat di panjang gelombang 1450 nm yang mungkin berkorelasi dengan informasi ikatan O-H pada molekul air dalam kopi (*overtone* pertama vibrasi ikatan O-H) [27]. Gambar 11 menunjukkan rata-rata spektra hasil transformasi yang menunjukkan beberapa puncak dan lembah gelombang. Puncak gelombang yang dipilih terkait erat dengan *overtone* ke-2 senyawa alifatik C-H (1195-1225 nm) dan *overtone* pertama ikatan O-H dari senyawa alifatik (1410 nm) dan alkohol aromatik (1420 nm) [28].

Spektra hasil transformasi di panjang gelombang 1175.79-1651.222 nm kemudian digunakan sebagai variabel input untuk membangun analisis kualitatif menggunakan PCA (*principal component analysis*). Hasilnya ditunjukkan di Gambar 12. Terlihat, seluruh sampel kopi dapat dikelompokkan ke dalam enam kluster kopi yang berbeda. Sebagai contoh kluster kopi Wamena terletak di PC1 negatif dan PC2 positif. Dua kopi spesialti dengan varietas dan origin yang sama yaitu kopi Codot dan kopi Lampung terletak berdekatan menunjukkan kesamaan karakteristik antar kedua kopi tersebut [26].



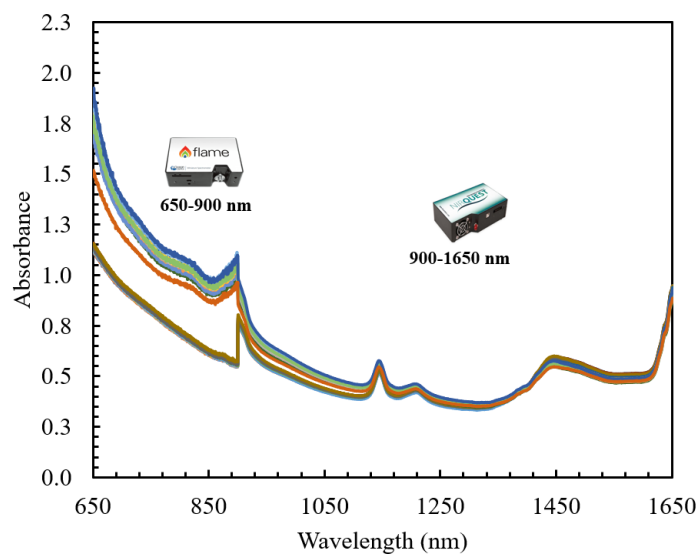
Gambar 12. Hasil analisis PCA menggunakan data spektra hasil transformasi untuk enam kopi spesialti Indonesia di panjang gelombang 1175.79-1651.222 nm [26].

5. Pengujian sistem akuisisi data NIR *spectroscopy* dengan dua buah spektrometer NIR portabel

Berikut ini kami menyampaikan hasil pengujian penggunaan sistem akuisisi data spektra NIR dengan menggunakan dua buah spektrometer NIR portabel yang dilengkapi dengan fiber optik dan *integrating sphere*.

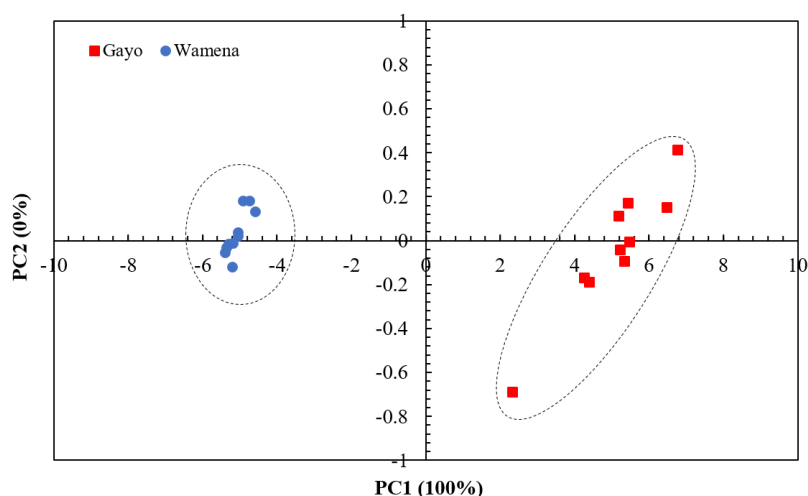
a. Diskriminasi kopi spesialti arabika dengan dua origin yang berbeda

Sampel yang digunakan adalah kopi spesialti arabika dari dua origin yang berbeda yaitu Gayo dan Wamena. Sampel ini mewakili sampel kopi dari wilayah barat dan timur Indonesia. Spektra original hasil pengukuran menggunakan dua buah spektrometer NIR portabel dapat dilihat di Gambar 13 [18]. Spektra meliputi seluruh daerah spektrum NIR dari *short* dan *long-wavelength* NIR dengan panjang gelombang 650-1650 nm. Secara umum kita dapat melihat data spektra hasil pengukuran menggunakan spektrometer NIR-Flame memiliki variabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan data spektra hasil pengukuran spektrometer NIR-Quest512. Beberapa puncak gelombang dapat teridentifikasi di panjang gelombang 1150, 1200 dan 1450 nm. Secara umum panjang gelombang 1150 dan 1200 nm berhubungan dengan *overtone* kedua dari ikatan C-H dalam kopi bubuk [19]. Sedangkan panjang gelombang 1450 nm berkorelasi dengan *overtone* pertama untuk ikatan O-H di dalam kopi bubuk yang dipengaruhi oleh kadar air sampel kopi bubuk [19].



Gambar 13. Data spektra original kopi spesialti arabika Gayo dan Wamena di panjang gelombang 650-1650 nm [18].

Hasil analisis PCA ditampilkan di Gambar 14. Perhitungan PCA dilakukan menggunakan data spektra original di panjang gelombang 650-1650 nm. Dapat dilihat bahwa kedua sampel kopi yaitu kopi spesialti arabika Gayo dan kopi spesialti arabika Wamena terletak di dua kluster yang berbeda. Kopi spesialti arabika Gayo terletak di PC1 positif (PC1>0) sedangkan kopi spesialti arabika Wamena terletak di PC1 negatif (PC1<0).



Gambar 14. Plot skor PC1 dan PC2 hasil analisis PCA menggunakan data spektra original kopi spesialti arabika Gayo dan Wamena di panjang gelombang 650-1650 nm [18].

Hasil analisis SIMCA juga menunjukkan nilai akurasi sebesar klasifikasi sebesar 100% [18]. Ini menunjukkan sistem akuisisi data spektra NIR menggunakan dua buah spektrometer NIR portabel dapat diandalkan untuk memperoleh data spektra dari gelombang pendek dan panjang NIR dari 650-1650 nm. Sistem akuisisi data ini sangat potensial untuk diajukan sebagai sebuah protokol standar untuk pengambilan data spektra kopi bubuk untuk pengukuran atribut mutu kopi bubuk termasuk monitoring kandungan asam klorogenat atau CGA (*chlorogenic acids*).

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan pada tahun pelaksanaan penelitian. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian luaran

A. Luaran Wajib

Untuk mendukung luaran wajib yang dijanjikan yaitu 3 buah artikel prosiding yang terbit di prosiding terindeks SCOPUS maka sampai akhir tahun 2021 telah dihasilkan 3 buah artikel terbit di prosiding terindeks SCOPUS dan 2 artikel prosiding sedang proses review untuk diterbitkan di prosiding terindeks SCOPUS. Berikut daftar luaran wajib yang berhasil kami peroleh sampai akhir tahun 2021:

1. Satu artikel telah terbit di prosiding terindeks SCOPUS
 - Nama Prosiding : Journal of Physics: Conference Series
 - Volume : 1751
 - Tahun terbit : 27 Januari 2021
 - Judul artikel : The Use of SIMCA Method and NIR Spectroscopy with Hand-Held Spectrometers Equipped with Integrating Sphere for Classification of Two Different Indonesian Specialty Coffees
 - DOI : <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1751/1/012080>
 - Link URL artikel : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1751/1/012080/pdf>
 - Link Repository artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/27540>
 - Link Similarity artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/30083>

2. Satu artikel telah terbit di prosiding terindeks SCOPUS
 - Nama Prosiding : AIP Conference Proceedings
 - Volume : 2342

- Tahun terbit : 22 April 2021
Judul artikel : The Potential Application of Portable Spectrometer Equipped with Integrating Sphere and PLS-DA Method to Authenticate Indonesian Specialty Coffee
DOI : <https://doi.org/10.1063/5.0045326>
Link URL artikel : <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0045326>
Link Repository artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/29634>
Link Similarity artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/30087>
3. Satu artikel telah terbit di prosiding terindeks SCOPUS
Nama Prosiding : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
Volume : 830
Tahun terbit : 4 Oktober 2021
Judul artikel : Authentication of Six Indonesian Ground Roasted Specialty Coffees According to Variety and Geographical Origin using NIR Spectroscopy with Integrating Sphere
DOI : <https://doi.org/10.1088/1755-1315/830/1/012065>
Link URL artikel : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/830/1/012065/pdf>
Link Repository artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/34311>
Link Similarity artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/34314>
4. Satu artikel telah dipresentasikan di seminar internasional *IPB-FFTC International Online Workshop & Seminar* tanggal 22-23 September 2021 dan direncanakan untuk diterbitkan di prosiding terindeks SCOPUS IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Judul artikel : NIR spectroscopy with integrating sphere for authentication of several single-origin fine robusta coffees from Indonesia
Nama Seminar : IPB-FFTC International Online Workshop & Seminar 2021
Nama Prosiding : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
Status Artikel : Accepted
Link sertifikat presenter : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/37023>
Link LoA artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/37075>
5. Satu artikel telah dipresentasikan di seminar internasional *4th International Conference on Agricultural Engineering for Sustainable Agriculture Production (AESAP) 2021* tanggal 11-13 Oktober 2021 dan direncanakan untuk diterbitkan di prosiding terindeks SCOPUS IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Judul artikel : Discrimination between arabica and robusta coffees using NIR-integrating sphere spectroscopy coupled with hierarchical clustering analysis
Nama Seminar : The 4th International Conference on Agricultural Engineering for Sustainable Agriculture Production (AESAP) 2021
Nama Prosiding : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
Status Artikel : Accepted
Link sertifikat presenter : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/37022>
Link LoA artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/37076>

B. Luaran Tambahan

Luaran tambahan yang dijanjikan di tahun ke-1 adalah 2 buah artikel yang diterbitkan di jurnal nasional terakreditasi Sinta 1-3. Hanya saja, di tahun pertama ini kami masih fokus pada pengembangan sistem akuisisi data spektra NIR menggunakan satu dan dua buah spektrometer NIR portabel. Luaran tambahan akan diupayakan dikejar di sisa tahun pertama ini dalam bentuk draft artikel dan ditargetkan di awal tahun ke-2 dapat diterbitkan.

E. **PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (jika ada). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian mitra

Tidak ada mitra yang terlibat dalam penelitian dasar ini.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

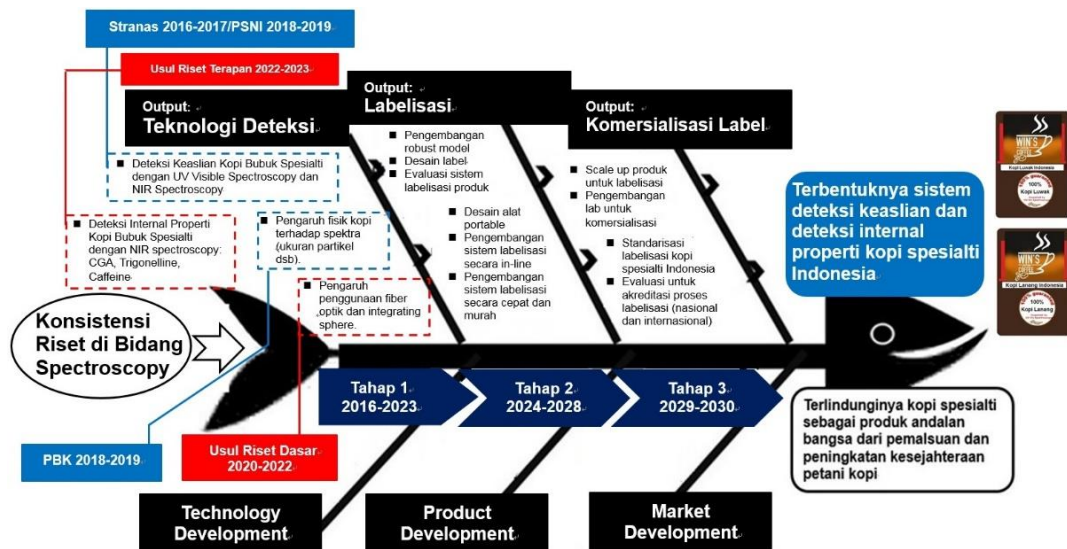
Beberapa kendala yang dihadapi dalam pelaksanaan penelitian:

1. Secara umum pelaksanaan penelitian di tahun pertama telah berhasil dengan terbentuknya sistem akuisisi data spektra NIR *spectroscopy* dengan spektrometer NIR portabel baik menggunakan satu maupun dua buah spektrometer NIR portabel yang dilengkapi dengan fiber optik dan *integrating sphere*.
2. Luaran wajib yang dijanjikan di tahun pertama juga dapat dicapai.
3. Luaran tambahan di tahun pertama belum sepenuhnya bisa tercapai. Salah satu kendalanya adalah aktivitas di laboratorium yang sempat dibatasi (tidak optimal) akibat diberlakukannya kebijakan bekerja dari rumah (BDR) 100% selama penerapan PPKM level 4 di Kota Bandar Lampung. Universitas Lampung menerapkan BDR 100% sejak tanggal 9 Juli 2021 dan terus diperpanjang hingga 6 September 2021. Meskipun demikian selama penerapan PPKM level 4 dan 3, kami tetap melakukan penelitian di laboratorium dengan ijin pimpinan dan menerapkan protokol ketat untuk pencegahan COVID-19. Keterlibatan mahasiswa juga tidak optimal karena adanya pembatasan kegiatan di kampus termasuk penelitian.

G. RENCANA TINDAK LANJUT PENELITIAN: Tuliskan dan uraikan rencana tindak lanjut penelitian selanjutnya dengan melihat hasil penelitian yang telah diperoleh. Jika ada target yang belum diselesaikan pada akhir tahun pelaksanaan penelitian, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai tersebut.

Tahun pertama (2021) penelitian dasar ini telah berhasil membangun sistem akuisisi data spektra NIR *spectroscopy* berbasis spektrometer NIR portabel (dengan satu dan dua buah spektrometer NIR portabel) dan dilengkapi dengan fiber optik dan *integrating sphere*. Sesuai dengan peta jalan penelitian seperti ditunjukkan di Gambar 15, untuk program riset dasar 2020-2022 (yang berwarna merah di bagian bawah) maka tahapan penelitian berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Fokus tahun kedua (2022) adalah monitoring profil asam klorogenat menggunakan sistem akuisisi data spektra NIR *spectroscopy* dengan menggunakan satu dan dua buah spektrometer NIR portabel yang telah berhasil dibangun di tahun pertama. Sampel untuk tahun kedua adalah kopi spesialti arabika dan robusta dari beberapa origin di Indonesia meliputi kopi Gayo, kopi Mandailing, kopi Simalungun, kopi Semendo, kopi Lampung, kopi Wamena, kopi Kintamani dan kopi Kalosi. Pengukuran kandungan asam klorogenat dilakukan untuk 3 level profil sangrai yang berbeda. Profil sangrai yang dimonitor dari mulai *light roasting* (200°C selama 7 menit), *medium roasting* (200°C selama 10 menit) hingga *dark roasting* (200°C selama 12 menit). Hasil penelitian ini kemudian menjadi dasar untuk memenuhi luaran wajib tahun ke-2 yaitu penyusunan artikel untuk dipublikasikan di jurnal internasional terindeks SCOPUS yaitu International Journal of Food Science (Q2). Sebagian hasil penelitian juga direncanakan untuk dikomunikasikan di seminar internasional dan hasilnya diterbitkan di prosiding terindeks SCOPUS untuk memenuhi luaran tambahan di tahun ke-2.
2. Fokus tahun ketiga (2023) adalah optimasi model untuk monitoring kandungan asam klorogenat atau CGA kopi bubuk spesialti Indonesia dengan beda profil sangrai. Untuk dapat digunakan secara praktikal maka proses optimasi model regresi penentuan CGA kopi bubuk harus dilakukan. Optimasi dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan yaitu linear (*multiple linear regression* [29] dan *principal component regression* [29]) dan nonlinear (*back-propagation artificial neural networks* [30] dan *support vector machine regression* [31-32]). Hasil penelitian tahun pertama, kedua dan optimasi di tahun ketiga menjadi dasar untuk memenuhi luaran wajib di tahun ke-3 yaitu penyusunan buku referensi berjudul: NIR *spectroscopy* portabel untuk monitoring profil sangrai kopi spesialti Indonesia. Buku terdiri atas 6 bab. Bab 1-2 terkait pengembangan sistem akuisisi data NIR *spectroscopy* menggunakan satu dan dua buah spektrometer NIR portabel yang dilengkapi fiber optik dan *integrating sphere*. Bab 3-4 adalah aplikasi NIR *spectroscopy* portabel untuk monitoring profil sangrai yaitu monitoring kandungan CGA di kopi bubuk spesialti Indonesia dengan beda varietas dan beda origin. Bab 5 adalah proses optimasi model. Bab 6 merupakan peluang dan tantangan, memberikan informasi apa saja yang sudah dilakukan dan apa saja yang belum diselesaikan sebagai peluang pengembangan penelitian ke depan. Selain buku, di tahun ke-3 juga ditargetkan penyusunan 2 artikel ilmiah untuk diterbitkan di prosiding terindeks SCOPUS dan di jurnal nasional Jurnal Teknik Pertanian (JTEP IPB, terakreditasi SINTA 2).



Gambar 15. Peta jalan penelitian sistem deteksi keaslian dan internal properti kopi spesialti Indonesia.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Clifford, M. and Knight, S. 2004. The cinnamoyl-amino acid conjugates of green robusta coffee beans. *Food Chemistry*, 87(3): 457–463. doi:10.1016/j.foodchem.2003.12.020.
2. Baeza, G., Amigo-Benavent, M., Sarriá, B., Goya, L., Mateos, R. and Bravo, L. 2014. Green coffee hydroxycinnamic acids but not caffeine protect human HepG2 cells against oxidative stress. *Food Research International*, 62: 1038–1046. doi:10.1016/j.foodres.2014.05.035.
3. Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Pecio, Ł., Różyło, R., Świeca, M., Krzykowski, A. and Rudy, S. 2015. Ground green coffee beans as a functional food supplement – Preliminary study. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1): 691–699. doi:10.1016/j.lwt.2015.03.076.
4. Tfouni, S. A. V., Carreiro, L. B., Teles, C. R. A., Furlani, R. P. Z., Cipolli, K. M. V. A. B. and Camargo, M. C. R. 2013. Caffeine and chlorogenic acids intake from coffee brew: influence of roasting degree and brewing procedure. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(3): 747–752. doi:10.1111/ijfs.12361.
5. Hečimović, I., Belščak-Cvitanović, A., Horžič, D. and Komes, D. 2011. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chemistry*, 129(3): 991–1000. doi:10.1016/j.foodchem.2011.05.059.
6. Upadhyay, R. and Mohan Rao, L. J. 2013. An outlook on chlorogenic acids—occurrence, chemistry, technology, and biological activities. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(9): 968–984. doi:10.1080/10408398.2011.576319.
7. 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. doi:10.1016/j.eaef.2014.08.003.
8. Smith, J.P. 2000. Spectrometers get small-Miniature spectrometers rival benchtop instruments. *Analytical Chemistry*, 72: 19, 653 A–658 A.
9. Capitán-Vallvey, L.F. and Palma, A.J. 2011. Recent developments in handheld and portable optosensing—A review. *Analytica Chimica Acta*, 696: 27–46. doi:10.1016/j.aca.2011.04.005.
10. Chia, K.S., Abdul Rahim, H. and Abdul Rahim, R. 2012. Evaluation of common pre-processing approaches for visible (VIS) and shortwave near infrared (SWNIR) spectroscopy in soluble solids content (SSC) assessment. *Biosystem Engineering*, 113, 158–165. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2013.02.008.
11. 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: 107–114.
12. Jamshidi, B., Minaei, S., Mohajerani, E. and Ghassemian, H. 2012. Reflectance Vis/NIR spectroscopy for nondestructive taste characterization of Valencia oranges. *Computer Electronics in Agriculture*, 85: 64–69. doi:10.1016/j.compag.2012.03.008.
13. Jamshidi, B., Minaei, S., Mohajerani, E. and Ghassemian, H. 2014. Prediction of soluble solids in Oranges using visible/near-infrared spectroscopy: Effect of peel. *International Journal of Food Properties*, 17(7): 1460–1468. doi:10.1080/10942912.2012.717332.

14. Suhandy, D., Yulia, M., Kuncoro, S., Rhinaldo, W., Kondo, N. and Ogawa, Y. 2010. The measurement of soluble solids content in snake fruit (*Salacca edulis reinw*) cv. Pondoh using a portable spectrometer. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(26): 235–240. doi:10.3182/20101206-3-JP-3009.00041.
15. Saranwong, I., Somsrivichai, J. and Kawano, S. 2003. Performance of a portable near infrared instrument for brix value determination of intact mango fruit. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 11: 175–181. doi:10.1255/jnirs.364.
16. Suhandy, D., Yulia, M., Kuroki, S. and Nakano, K. 2021. The potential application of portable spectrometer equipped with integrating sphere and PLS-DA method to authenticate Indonesian specialty coffee. *AIP Conference Proceedings*, 2342: 100005. doi:10.1063/5.0045326.
17. González, F.J., Martínez-Escanamé, M., Muñoz, R.I., Torres-Álvarez, B. and Moncada, B. 2010. Diffuse reflectance spectrophotometry for skin phototype determination. *Skin Research & Technology*, 16(4): 397–400. doi:10.1111/j.1600-0846.2010.00450.x.
18. Suhandy, D., Yulia, M., Kuroki, S. and Nakano, K. 2021. The use of SIMCA method and NIR spectroscopy with hand-held spectrometers equipped with integrating sphere for classification of two different Indonesian specialty coffees. *Journal of Physics: Conference Series*, 1751: 012080. doi:10.1088/1742-6596/1751/1/012080.
19. Zhang, C., Jiang, H., Liu, F. and Y. He, Y. 2017. Application of near-infrared hyperspectral imaging with variable selection methods to determine and visualize caffeine content of coffee beans. *Food and Bioprocess Technology*, 10: 213–221. doi:10.1007/s11947-016-1809-8.
20. Ribeiro, J.S., Ferreira, M.M.C. and Salva, T.J.G. 2011. Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabica coffee beverages using near infrared spectroscopy. *Talanta*, 83: 1352–1358. doi:10.1016/j.talanta.2010.11.001.
21. 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(1): 95–102. doi:10.1016/j.aca.2008.07.013.
22. Correia, R.M., Tosato, F., Domingos, E., Rodrigues, R.R.T., Aquino, L.F.M., Filgueiras, P.R., Lacerda Jr, V. and Romão, W. 2018. Portable near infrared spectroscopy applied to quality control of Brazilian coffee. *Talanta*, 176: 59–68. doi:10.1016/j.talanta.2017.08.009.
23. De Araújo, T. K. L., Nóbrega, R. O., Fernandes, D. D. de S., de Araújo, M. C. U., Diniz, P. H. G. D. and da Silva, E. C. 2021. Non-destructive authentication of Gourmet ground roasted coffees using NIR spectroscopy and digital images. *Food Chemistry*, 364: 130452. doi:10.1016/j.foodchem.2021.130452.
24. Baqueta, M. R., Coqueiro, A., Março, P. H., Mandrone, M., Poli, F. and Valderrama, P. 2021. Integrated ¹H NMR fingerprint with NIR spectroscopy, sensory properties, and quality parameters in a multi-block data analysis using ComDim to evaluate coffee blends. *Food Chemistry*, 355: 129618. doi:10.1016/j.foodchem.2021.129618.
25. Barbin, D. F., Felício, A. L. de S. M., Sun, D. W., Nixdorf, S. L. and Hirooka, E. Y. 2014. Application of infrared spectral techniques on quality and compositional attributes of coffee: An overview. *Food Research International*, 61: 23–32. doi:10.1016/j.foodres.2014.01.005.
26. Suhandy, D. and Yulia, M. 2021. Authentication of six Indonesian ground roasted specialty coffees according to variety and geographical origin using NIR spectroscopy with integrating sphere. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 830: 012065. doi:10.1088/1755-1315/830/1/012065.
27. 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. doi:10.1016/j.eaef.2014.08.003.
28. Calvini, R., Amigo, J.M. and Ulrici, A. 2017. Transferring results from NIR-hyperspectral to NIR-multispectral imaging systems: A filter-based simulation applied to the classification of Arabica and Robusta green coffee. *Analytica Chimica Acta*, 967: 33–41. doi:10.1016/j.aca.2017.03.011.
29. Guillén-Casla, V., Rosales-Conrado, N., León-González, M.E., Pérez-Arribas, L.V., and Polo-Díez, L.M. 2011. Principal component analysis (PCA) and multiple linear regression (MLR) statistical tools to evaluate the E-beam irradiation on ready-to-eat food. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 456–464. doi:10.1016/j.jfca.2010.11.010.
30. Lai, K.C., Lim, S.K., Teh, P.C., and Yeap, K.H. 2017. An artificial neural network approach to predicting electrostatic separation performance for food waste recovery. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26: 1921–1926. doi:10.15244/pjoes/68963.
31. Wang, S., Yang, X., Zhang, Y., Phillips, P., Yang, J., and Yuan, T.F. 2015. Identification of green, oolong and black teas in China via wavelet packet entropy and fuzzy support vector machine. *Entropy*, 17: 6663–6682. doi: 10.3390/e17106663.
32. Suhandy, D., and Yulia, M. 2019. The measurement of luwak content in coffee blends using uv-visible spectroscopy combined with support vector machine regression (SVMR). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 258: 012029. doi:10.1088/17551315/258/1/012029.

Dokumen pendukung luaran Wajib #1

Luaran dijanjikan: Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi

Target: Terbit dalam Prosiding

Dicapai: Published

Dokumen wajib diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen sudah diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen belum diunggah:

- Sudah lengkap

Peran penulis: first author

Nama Konferensi/Seminar: International Conference on Science, Infrastructure Technology and Regional Development (Icositer)

Lembaga penyelenggara: Institut Teknologi Sumatra (ITERA)

Tempat penyelenggara: ITERA (online)

Tgl penyelenggaraan mulai: 23 Oktober 2020 | Tgl selesai: 25 Oktober 2020

ISBN/ISSN: 1755-1315

URL website: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/830/1/012065/pdf>

Judul artikel: Authentication of Six Indonesian Ground Roasted Specialty Coffees According to Variety and Geographical Origin using NIR Spectroscopy with Integrating Sphere

PAPER • OPEN ACCESS

Authentication of Six Indonesian Ground Roasted Specialty Coffees According to Variety and Geographical Origin using NIR Spectroscopy with Integrating Sphere

To cite this article: D Suhandy and M Yulia 2021 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **830** 012065

View the [article online](#) for updates and enhancements.

You may also like

- [The Use of SIMCA Method and NIR Spectroscopy with Hand-Held Spectrometers Equipped with Integrating Sphere for Classification of Two Different Indonesian Specialty Coffees](#)
D Suhandy, M Yulia, S Kuroki et al.
- [The feasibility of using explicit method for linear correction of the particle size variation using NIR Spectroscopy combined with PLS₂ regression method](#)
M Yulia and D Suhandy
- [Chemical profiling of western Indonesian single origin robusta coffee](#)
O N Marsilani, Wagiman and A C Sukartiko



The Electrochemical Society
Advancing solid state & electrochemical science & technology

241st ECS Meeting

May 29 – June 2, 2022 Vancouver • BC • Canada

Abstract submission deadline: Dec 3, 2021

Connect. Engage. Champion. Empower. Accelerate.
We move science forward



Submit your abstract



Authentication of Six Indonesian Ground Roasted Specialty Coffees According to Variety and Geographical Origin using NIR Spectroscopy with Integrating Sphere

D Suhandy^{1,3,*} and M Yulia^{2,3}

¹ Department of Agricultural Engineering, The University of Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

² Department of Agricultural Technology, Lampung State Polytechnic, Jl. Soekarno Hatta No. 10, Rajabasa Bandar Lampung, 35141, Indonesia

³ Spectroscopy Research Group (SRG), Laboratory of Bioprocess and Postharvest Engineering, Faculty of Agriculture, The University of Lampung, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

* Corresponding author: diding.sugandy@fp.unila.ac.id

Abstract. Several factors such as type of bean (Arabica or Robusta), geographical origin (elevation, soil type, temperature, and solar radiation), and agronomic/postharvest practices (fertilization, bean processing, fermentation, and type of roasting) have a great influence on the quality of final taste of the coffee. In this research, an authentication of six Indonesian ground roasted specialty coffees according to different in variety and geographical origin using NIR spectroscopy with integrating sphere was evaluated. A total of 70 coffee samples of Arabica and Robusta coffee from different geographical origins were used as samples. NIR spectral data in the range of 1175.79 nm to 1651.222 nm were obtained using a portable NIR spectrometer equipped with an integrating sphere. The unsupervised classification was performed using PCA and supervised classification was conducted using the SIMCA method. The result of PCA shows that the samples were well clustered according to variety and geographical origin along the PC1 and PC2 axis both using original and preprocessed spectra. The SIMCA performed good results both for original and preprocessed spectral data, most of the testing sample set were properly classified to their corresponding classes.

Keywords: authentication, nir spectroscopy, pca, simca, specialty coffee

1. Introduction

In 2018, Indonesia can produce about 577 thousand tons of green bean coffee or about 5.5% of total production [1]. In Indonesia, two coffee species are commonly planted: *Coffea arabica* (Arabica) and *Coffea canephora* (Robusta). Coffee beans harvested in Indonesia coming from a wide range of geographical areas from Aceh in the west region to Papua in the east area resulted in different chemical and organoleptic properties [2]. To protect the origin of each coffee origin, the Indonesian government issued an official label of geographical indications (GIs) as recognition of some specific food quality attributes, which have a specific geographical origin and characteristics or a reputation that are due to factors that are indigenous to that origin, such as nature and people [3]. The growing market of specialty coffee with GIs label and its high price has attracted farmers to provide a single-origin coffee. However, due to economic motivation to get as high as profit, it happens that intentionally mixing coffee from two



or more different origins was the wrong label as a single one. For this reason, it is important to develop an analytical method to evaluate the authenticity of coffee from different geographical origins.

Several criteria have been proposed for differentiating coffee from different geographical origins, including physical and chemical properties. In terms of chemical properties, several properties can be used to assess the quality of coffee from a different variety and geographical origin: the content of sucrose, lipids, amino acids, and trigonelline contents, chlorogenic acids, and caffeine content [3]. Different analytical methods have been used to perform coffee analysis to differentiate coffee from a different variety and geographical origin, including UV–Vis spectroscopy [4-7], chromatographic analysis [8-9], nuclear magnetic resonance (NMR) [10], and fluorescence spectroscopy [11]. Those methods are accurate in measurement but having several drawbacks such as time-consuming and generating chemical waste for sample preparation and expensive in a device.

NIR spectroscopy has been proposed for coffee quality evaluation with several advantages: minimum sample preparation, nondestructive analysis and allows to perform simultaneous analysis with the fast-spectral acquisition. Using benchtop NIR spectrometer, several types of research have been reported well for coffee geographical origins determination [12-13]. However, benchtop NIR spectrometer is an expensive device and it is a little bit difficult to be developed in developing countries, no exception Indonesia. For this reason, in this research, a low-cost analytical method for coffee differentiation of Arabica and Robusta coffee from several geographical origins in Indonesia was proposed using a handheld NIR spectrometer. Unsupervised and supervised classification was developed using principal component analysis (PCA) and soft independent modelling of class analogy (SIMCA).

2. Materials and methods

2.1 Coffee samples from five different geographical origins

A total of 70 coffee samples of Arabica and Robusta coffee from five different geographical origins were used as samples. The samples were including two Robusta coffee from Lampung (Codot and Lampung coffee) and four Arabica coffee from Gayo, Mandailing, Kintamani, and Wamena. All samples were collected from a trusted local coffee trader in Indonesia. Detailed information of samples was shown in Table 1. All samples were subjected to medium roasting at a temperature of 200°C for 10 minutes then ground and sieved using 50 mesh (297 micrometers of coffee particle size) [14].

Table 1. Detailed information of coffee samples used in this study.

Sample Name	Variety	Number of samples		Origin	Geographical Indication Certificate
		Training set	Testing set		
Wamena	Arabica	9	6	Wamena, Papua	ID G 000 000 0083
Gayo	Arabica	9	6	Gayo, Aceh	ID G 000 000 005
Kintamani	Arabica	6	4	Kintamani, Bali	ID G 000 000 001
Codot	Robusta	6	4	Lampung	ID G 000 000 026
Lampung	Robusta	6	4	Lampung	ID G 000 000 026
Mandailing	Arabica	6	4	Mandailing, North Sumatera	ID G 000 000 048

2.2 NIR spectral data acquisition

NIR spectral acquisition of each sample was performed in interactance mode by directly placing the sample holder about 1.33 grams in weight of ground roasted coffee samples on a flat surface. A NIR handheld spectrometer from Ocean Optics (USA), NIRQuest512 operated in the range of 900–1650 nm, was used for spectral acquisition. This spectrometer was equipped with a fiber optic and an integrating sphere with a built-in tungsten-halogen light source was located at the bottom of the integrating sphere.

2.3 PCA and SIMCA

Multivariate analysis of PCA and SIMCA was applied for both original and preprocessed spectral data. Preprocessed spectral data were obtained by applying three algorithms simultaneously: moving average smoothing with 11 segments (MAS 11), standard normal variate (SNV), and Savitzky-Golay first derivative with 7 segments and second polynomial order (SG 1d). In PCA, the result of PC scores of PC1 and PC2 was plotted. In SIMCA, each class's classification model was developed on a training sample set using NIPALS (nonlinear iterative partial least squares) algorithm with full cross-validation. The result of testing was visualized using a confusion matrix based on Cheah and Fang [15]. The calculation of PCA and SIMCA was done using the multivariate software of the Unscrambler 9.7 (CAMO Software AS, Oslo, Norway).

3. Results and discussion

3.1 NIR spectral data of coffee samples with different variety and geographical origin

Averaged original NIR spectral data of Arabica and Robusta coffee samples from five different geographical origins is shown in Figure 1. In general, Arabica samples (Gayo, Mandailing, Kintamani, and Wamena) had higher absorbance intensity than Robusta samples (Codot and Lampung). A critical peak was observed in a wavelength of 1450 nm related to the O-H bonding of water molecules (first overtone of O-H stretching) in coffee [16]. Figure 2 shows the averaged preprocessed spectra showing several peaks and shoulders. The selected peaks were closely related to the C-H aliphatic second overtone (1195-1225 nm) and the O-H first overtone of aliphatic (1410 nm) and aromatic alcohol (1420 nm) [17].

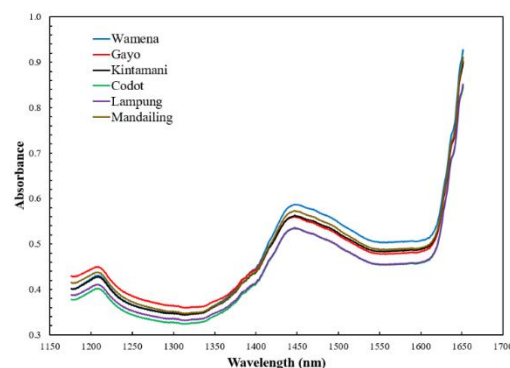


Figure 1. The averaged original spectra of 70 samples of Indonesian specialty coffee from different in variety and geographical origins in the range of 1175.79 -1651.222 nm.

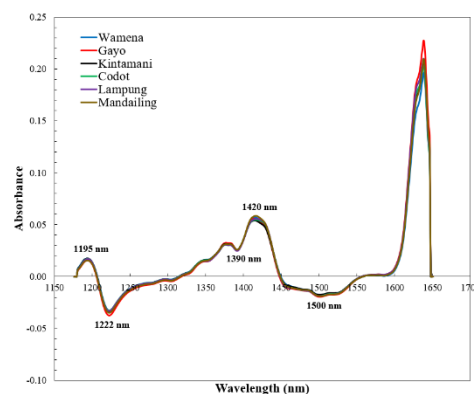


Figure 2. The averaged preprocessed spectra of 70 samples of Indonesian specialty coffee from different in variety and geographical origins in the range of 1175.79 -1651.222 nm.

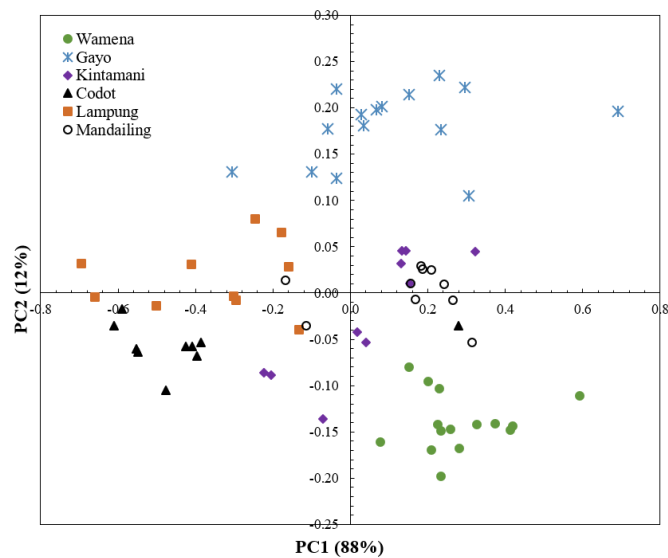


Figure 3. The plot of PCA (PC1xPC2) for original spectral data in the spectral window of 1175.79 nm to 1651.222 nm.

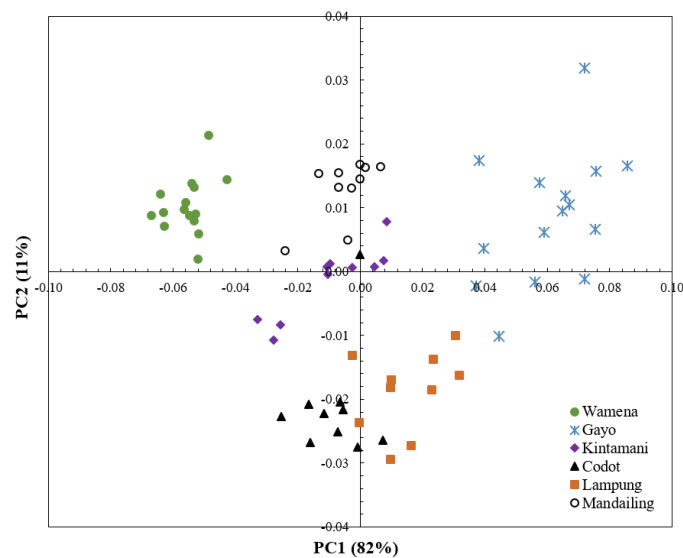


Figure 4. The plot of PCA (PC1xPC2) for preprocessed spectral data in the spectral window of 1175.79 nm to 1651.222 nm.

3.2 Result PCA analysis for original and preprocessed spectra

Figures 3 and 4 show the result of the PCA analysis of all samples (70 samples) using original and preprocessed spectral data in the range of 1175.79 nm - 1651.222 nm. Using two PCs (PC1 and PC2), a cumulative percentage of variance (CPV) of 100% and 93% was obtained for original and preprocessed spectral data, respectively. In general, separation of coffee samples according to variety and geographical origins was achieved. However, a clearer clusterization was obtained using preprocessed spectral data. Lampung clusters are laid very close to Codot one. Lampung and Codot coffee samples are the same in variety (Robusta) and from the same geographical origin (Lampung).

3.3 SIMCA results

Using a training set, the SIMCA model was developed for each class. A testing sample set was used to evaluate the performance of the SIMCA model in classification coffee samples. Figure 5 shows the result of testing sample set classification in the form of a confusion matrix for original (left) and preprocessed spectra (right). Using original spectra, of 4 Kintamani samples (true class 3), 1 sample was misclassified as Lampung coffee. Of 4 Codot samples (true class 4), none samples correctly classified as Codot, and 3 samples were misclassified as Lampung coffee. For true class 5 and 6 (Lampung and Mandailing coffee), 1 sample was misclassified as Kintamani coffee. A better confusion matrix was obtained using preprocessed spectral data. Only 1 sample of Codot coffee was misclassified as Lampung coffee. The reason for this misclassification may be coming from the similar characteristic of Codot and Lampung coffee. The two coffee of Codot and Lampung coffee coming from the same variety (Robusta) and same geographical origin (Lampung).

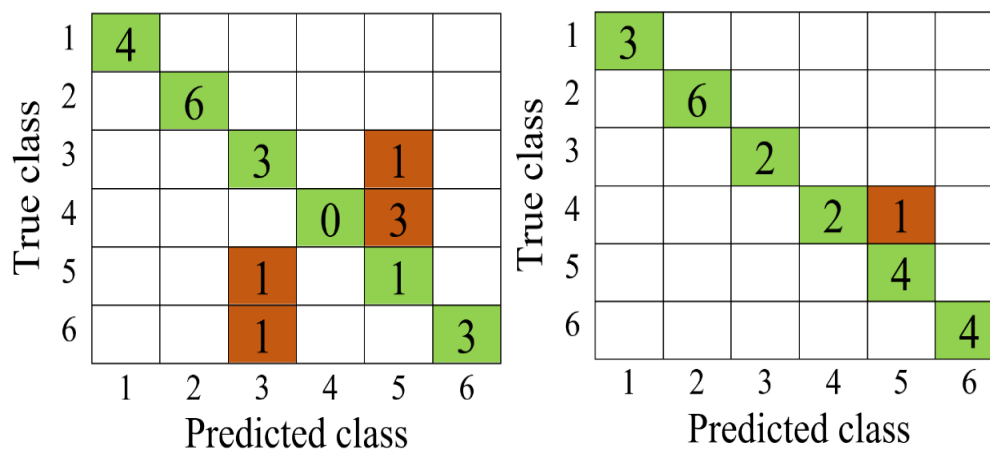


Figure 5. Confusion matrix for testing result for original (left) and preprocessed spectra (right) (class 1= Wamena coffee; class 2= Gayo coffee; class 3= Kintamani coffee; class 4= Codot coffee; class 5= Lampung coffee; class 6= Mandailing coffee).

4. Conclusion

This paper demonstrated a classification of Arabica and Robusta coffee from five different geographical origins in Indonesia using a low-cost NIR spectrometer. A clear separation was obtained using original and preprocessed spectra in the wavelength range of 1175.79 nm to 1651.222 nm. Using SIMCA, a classification of testing sample set was performed using original and preprocessed spectra. The preprocessed model was better than that of the original one in the low number of misclassified samples. It can be concluded that the developed low-cost NIR spectrometer equipped with an integrating sphere was highly applicable for the differentiation of Indonesian specialty coffee according to different in variety and geographical origins.

5. Acknowledgements

The authors would like to thank you for the financial support provided by the Ministry of Research and Technology/National Agency for Research and Innovation, Republic of Indonesia (Basic Research Grant 2020-2022). The authors acknowledge Prof. Shinichiro Kuroki of Laboratory for Information Engineering of Bioproduction, Graduate School of Agricultural Science, Kobe University for giving us permission to use the NIR spectrometer and its supporting devices.

References

- [1] International Coffee Organization (ICO) 2018 <http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>
- [2] Costa Freitas AM and Mosca AI 1999 *Food Res. Int.* **32** 565–573
- [3] Director-General of Intellectual Property (DGIP) 2020 <http://e-book.dgip.go.id/indikasi-geografis/>
- [4] Yulia M and Suhandy D 2019 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **258** 012044
- [5] Suhandy D and Yulia M 2018 *MATEC Web of Conf.* **197** 09002
- [6] Suhandy D and Yulia M 2018 *AIP Conf. Proc.* **2021** 040001
- [7] Suhandy D, Yulia M and Kusumiyati 2018 *AIP Conf. Proc.* **2021** 060010
- [8] Putri SP, Irifune T, Yusianto and Fukusaki E 2019 *Metabolomics* **15** 126
- [9] Ongo EA, Montevecchi G, Antonelli A, Sberveglieri V and Sevilla F 2020 *Food Res. Int.* **134** 109227
- [10] Ciaramelli C, Palmioli A and Airoidi C 2019 *Food Chem.* **278** 47–55
- [11] Suhandy D and Yulia M 2018 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **334** 012059
- [12] Giraudo A, Grassi S, Savorani F, Gavoci G, Casiraghi E, Geobdo F 2019 *Food Control* **99** 137–145
- [13] Suhandy D, Yulia M, Ogawa Y and Kondo N 2018 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **147** 012011
- [14] Yulia M and Suhandy D 2018 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **334** 012062
- [15] Cheah WL and Fang M 2020 *Foods* **9** 880
- [16] Shan J, Suzuki T, Suhandy D, Ogawa Y and Kondo N 2014 *Eng. Agric. Environ. Food* **7** 139–142
- [17] Calvini R, Amigo JM and Ulrici A 2017 *Anal. Chim. Acta* **967** 33–41

Dokumen pendukung luaran Wajib #2

Luaran dijanjikan: Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi

Target: Terbit dalam Prosiding

Dicapai: Accepted

Dokumen wajib diunggah:

1.

Dokumen sudah diunggah:

1. Naskah artikel

Dokumen belum diunggah:

- Sudah lengkap

Peran penulis: first author

Nama Konferensi/Seminar: IPB-FFTC International Online Workshop & Seminar

Lembaga penyelenggara: IPB University

Tempat penyelenggara: Bogor (online)

Tgl penyelenggaraan mulai: 22 September 2021 | Tgl selesai: 23 September 2021

Lembaga pengindeks: SCOPUS

URL website: <https://ipbfftcs-seminar2021.id/>

Judul artikel: NIR spectroscopy with integrating sphere for authentication of several single-origin fine robusta coffees from Indonesia

NIR spectroscopy with integrating sphere for authentication of several single-origin fine robusta coffees from Indonesia

D Suhandy^{1,5}, S Widodo², M Yulia^{3,5}, T Suzuki⁴, Y Ogawa⁴ and N Kondo⁴

¹ Department of Agricultural Engineering, The University of Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

² Department of Mechanical and Biosystem Engineering, IPB University, Gedung Fateta, Lingkar Kampus IPB Darmaga, Bogor, Indonesia

³ Department of Agricultural Technology, Lampung State Polytechnic, Jl. Soekarno Hatta No. 10, Rajabasa Bandar Lampung, 35141, Indonesia

⁴ Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kitashirakawa-Oiwakecho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8502, Japan

⁵ Spectroscopy Research Group (SRG), Laboratory of Bioprocess and Postharvest Engineering, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, The University of Lampung, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

Corresponding Author: diding.sughandy@fp.unila.ac.id

Abstract. Single-origin fine robusta coffee from Indonesia is becoming popular with high acceptability as a premium coffee product both in Indonesia and the global market. To ensure the originality of fine robusta coffee, the development of a simple and fast analytical method for authentication of single-origin fine robusta coffee is highly desired. In this research, we attempted to apply NIR spectroscopy with minimum sample preparation for the discrimination of several single-origin fine robusta coffees from Indonesia. Total two hundred samples of four single-origin fine robusta coffees from Indonesia were used including Java Mocha coffee (Temanggung, Central Java), peaberry coffee (Lampung), civet coffee (Lampung), and Pagar Alam coffee (South Sumatera). The short wavelength of NIR spectral data of 1300 to 2000 nm (with 1 nm of an interval) was acquired by using a benchtop of a NIR spectrometer equipped with an integrating sphere. The principal components analysis (PCA) result shows all fine robusta coffee samples were well grouped in different clusters. The preprocessed data were used to establish the classifications model using principal component analysis-linear discriminant analysis (PCA-LDA) and partial least squares-discrimination analysis (PLS-DA). The classification results show that both PLS-DA and PCA-LDA were acceptable with 100% accuracy could be obtained.

1. Introduction

There are three commercial coffee varieties in Indonesia: arabica, robusta, and liberica coffee. Regarding production and area of the plantation, robusta coffee is the most popular one with a total production of 85% of national coffee production in the period 2014–2017 and widely planted in Indonesia from the west in Sumatra to the east region in Papua [1]. Regarding price and taste, arabica coffee is superior to robusta and liberica coffee [2]. However, the development and improvement in cultivation and postharvest treatment such as coffee bean processing has raised the acceptance of robust coffee in the premium coffee market. Recently, single-origin fine robusta coffee from Indonesia is becoming popular

with high acceptability as a premium coffee product both in Indonesia and the global market. Most of the single-origin fine robusta coffees in Indonesia have been protected by the Indonesian law in the term of Geographic Indications (GIs) such as Lampung robusta coffee, Semendo robusta coffee, Temanggung robusta coffee, and Empat Lawang robusta coffee.

The conventional method to evaluate the quality of coffee is by cupping test. It is based on sensory evaluation conducted by a qualified professional coffee tester. Each coffee collected from each region is indeed different from coffee harvested in other regions. For this reason, this evaluation should be applied for each coffee especially when we want to put a single-origin label in the traded commercial coffees. The cupping test was internationally adopted involving many coffee industries and associations in many countries, with no exception in Indonesia [3]. In general, in the cupping test both for arabica and robusta coffee, several parameters were carefully examined and scored such as flavor, acidity, body, etc [3]. It is a laborious test with several demerits such as the limitation of qualified graders, low reproducibility of the sensory results, expensive, and high variation in sensory perception among graders [4].

To overcome the limitation of the cupping test, several modern techniques for coffee quality evaluation are now available from HPLC to spectroscopy methods [5-9]. NIR spectroscopy is the most frequent analytical method for coffee quality evaluation research in the past ten years with high acceptability [10-14]. The popularity of NIR spectroscopy for quality evaluation of coffee is driven by several merits of NIR spectroscopy: fast spectral acquisition, little or no sample preparation, and relatively affordable spectrometers [15]. In the literature, no reported studies on the authentication of single-origin fine robusta coffee from Indonesia using NIR spectroscopy. To ensure the originality of single-origin fine robusta coffee, the presence of a simple and fast authentication method is highly desired. In this research, we attempted to apply NIR spectroscopy with minimum sample preparation for the discrimination of several single-origin fine robusta coffees from Indonesia.

2. Materials and methods

2.1. Single-origin fine robusta coffee samples

Total two hundred samples of four single-origin fine robusta coffees from Indonesia were used including Java Mocha coffee (Temanggung, Central Java), peaberry coffee (Lampung), civet coffee (Lampung), and Pagar Alam coffee (South Sumatera). The sample preparation was performed according to a previously reported study including roasting, grinding, and sieving with a mesh number of 40 [10-11, 14]. All sample preparation was performed at room temperature.

2.2. NIR spectra data acquisition

Sieved coffee powder (with the size of particle: 420 micrometers) was placed on the sample holder with 4x4 cm dimension. Each sample (about 0.2 g on average) was carefully put on the sample holder and their spectral data were obtained by using a benchtop NIR spectrometer (V-670 UV-Visible-NIR Spectrophotometer, JASCO Co., Japan). The spectrometer was equipped with an integrating sphere beside the detector (ISN-723, JASCO Co.). The default of this spectrometer measurement is from 190-2500 nm from UV to long-wavelength of NIR. However, in this research, the range for the spectral acquisition was done from 1300 to 2000 nm or in the long-wavelength of the NIR spectrum.

2.3. Chemometrics

Three chemometrics calculations were performed. First is PCA or principal component analysis. The second one is PLS-DA or partial least squares discriminant analysis and the last one is PCA-LDA or principal component analysis-linear discriminant analysis. PCA is an unsupervised method used to investigate the maps of samples and variables in the form of the scores and x-loadings plots. Both PLS-DA and PCA-LDA are supervised classification methods. For this, samples in each type of coffee were separated into two sets: 30 samples for calibration and 20 samples for prediction. For PLS-DA, a classification model was developed using a calibration set and validated using a full-cross validation

method. The matrix X is absorbance spectral data in the window of 1300-2000 nm with 701 variables (columns) and 30 samples (rows). The Y matrix is the type of coffee with Y=1 for civet coffee and Y=0 for non-civet coffee (Pagar Alam, peaberry, and Java Mocha). For PCA-LDA, firstly the matrix of absorbance spectral data was converted into a scores matrix by using the PCA with 5 PCs. The first five PCs were used as input variables (matrix X) for PCA-LDA. The matrix Y is a categorical variable of the type of coffees: civet, Pagar Alam, peaberry, and Java Mocha. Based on Sun et al. [16], the accuracy was calculated using the following equation:

$$Accuracy = \left(\frac{\text{Number of correctly classified samples}}{\text{Number of total samples}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

2.4. Multivariate analysis software

The chemometrics calculation was done by using the Unscrambler® X 10.4 (CAMO AS, Oslo, Norway) for windows 10.

3. Results and discussion

3.1 Raw spectra of single-origin fine robusta coffees from different origin

The raw spectral data of four single-origin fine robusta coffees from different origins (Lampung, South Sumatra, and Central Java) is depicted in Figure 1. The shape of spectra in the interval of 1300-2000 nm is similar for all single-origin fine robusta samples. Our spectral data is also similar to previously reported works on coffee authentication using NIR spectroscopy [17-18]. In general, civet fine robusta coffee from Lampung is the highest in absorbance intensity followed by Java Mocha, Pagar Alam, and peaberry. However, we guess that the spectral difference in raw spectral data is highly noisy due to the influence of sample condition resulted in differences in the baseline of the spectral data. For this reason, we performed spectra pre-processing.

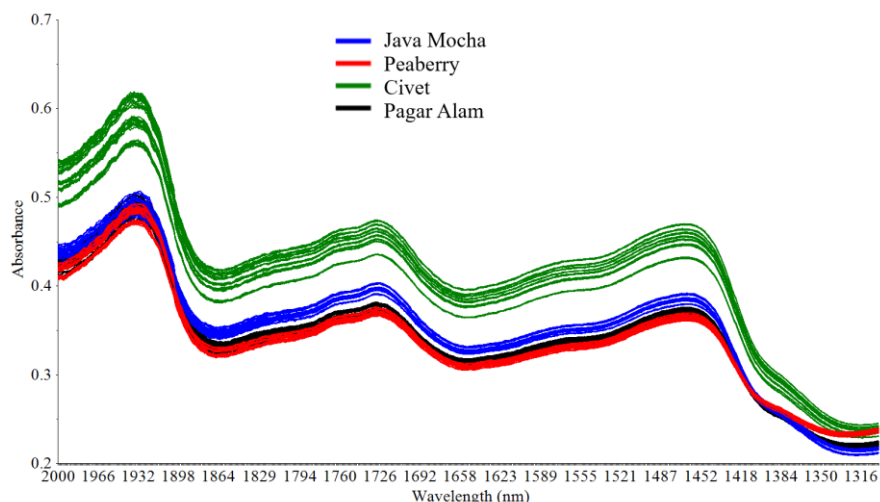


Figure 1. The raw spectral data of single-origin fine robusta coffee with different origins in the window of 1300-2000 nm.

3.2 Pre-processed spectra of single-origin fine robusta coffees from different origin

To improve the quality of the raw NIR spectral data, we applied three different spectral preprocessing, including moving averaging smoothing with 7 segments, mean normalization, and first derivation of Savitzky-Golay (SG) with 11 points of smoothing and second polynomial order. Figure 2 is the result of spectral preprocessing. Here we can observe several important peaks. Broad absorption

peaks were identified at 1450-1940 nm and it was related to water [19]. The very high peak at around 1920 nm was corresponding to the second overtone of C=O vibration in functional groups of CONH. According to Esteban-Diez et al. [19], it could be related to the higher caffeine content in single-origin fine robusta coffees. Robusta coffee has higher caffeine content compared to other coffee varieties as well reported by previous works [20-21].

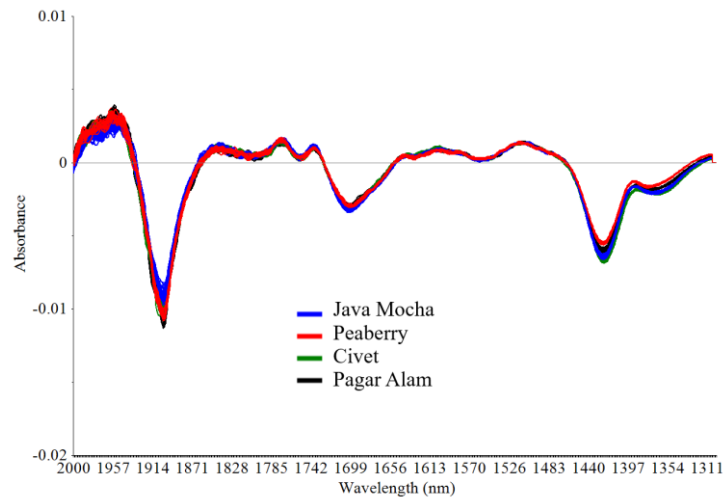


Figure 2. The pre-processed spectral data of single-origin fine robusta coffee with different origins in the window of 1300-2000 nm.

3.3 Results of PCA

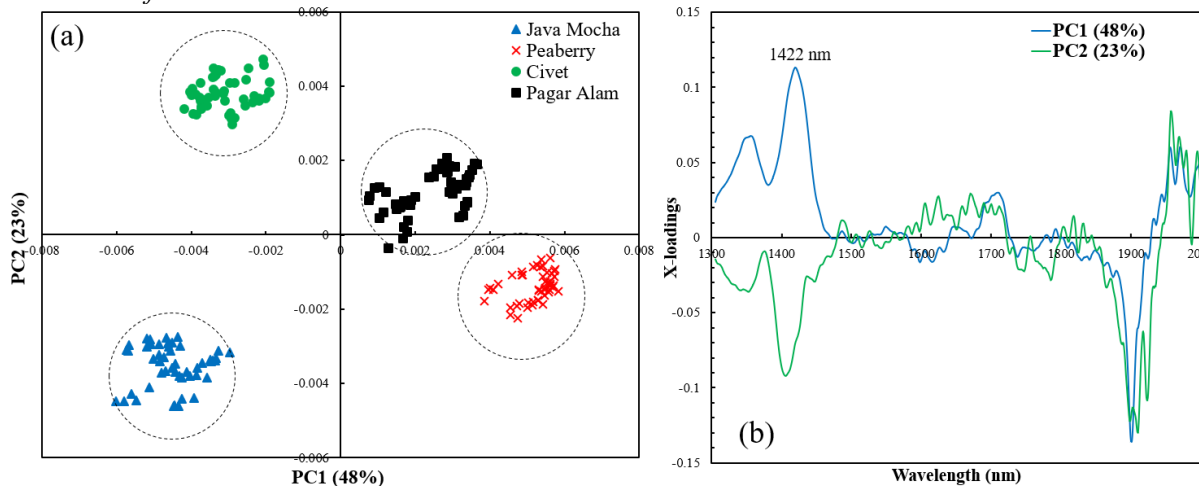


Figure 3. The result of PCA calculation: (a) scores plot and (b) x-loadings plot.

The result of PCA calculation on all samples was presented in Figure 3. It was calculated based on pre-processed spectra in the window of 1300-2000 nm. In Figure 3 (a), it is seen that the majority of the variation of original data (more than 70%) could be explained by using the first two principal components (PC1 and PC2). A clear differentiation could be observed with civet coffee was lied on the PC1 negative and PC2 positive while Java Mocha coffee was scattered on PC1 and PC2 negative. The cluster of peaberry coffee was close to the cluster of Pagar Alam coffee. However, both samples could be well differentiated by using the PC2 score. According to the PC2 score, Pagar Alam has positive PC2 scores while Peaberry coffee has negative PC2 scores.

In Figure 3 (b), a plot of x-loadings versus wavelength was demonstrated. Comparing to other regions, an extremely high x-loadings value could be observed in the region between 1400-1500 nm with the peak at a wavelength of 1422 nm. According to a previous study, this region was corresponding with the first overtone of the OH functional group of chlorogenic acid isomers in coffee [18]. The chlorogenic acid isomers are the main phenolic compounds in coffee [18]. It can be suggested that the content of chlorogenic acid (CGA) could be a key feature to authenticate single-origin fine robusta coffees from different origins in Indonesia.

3.4 Results of PLS-DA and PCA-LDA calculation

The result of the PLS-DA calibration model development using pre-processed spectra in the window of 1300-2000 nm for civet coffee is depicted in Figure 4 (a). So here, civet coffee is labeled as 1 and other fine robusta coffees (peaberry, Pagar Alam, and Java Mocha) are labeled as 0. We can see here that the PLS-DA model has R^2 very close to 1. For PCA-LDA, we developed the model by using pre-processed spectra in the range of 1300-2000 nm with 5 PCs. The result was depicted in Figure 4 (b). The civet coffee and Pagar Alam coffee samples were scattered very close to the x and y-axis equal to 0 indicating all samples were properly classified. All other samples of peaberry and Java Mocha can be classified properly into each class resulted in a 100% of accuracy.

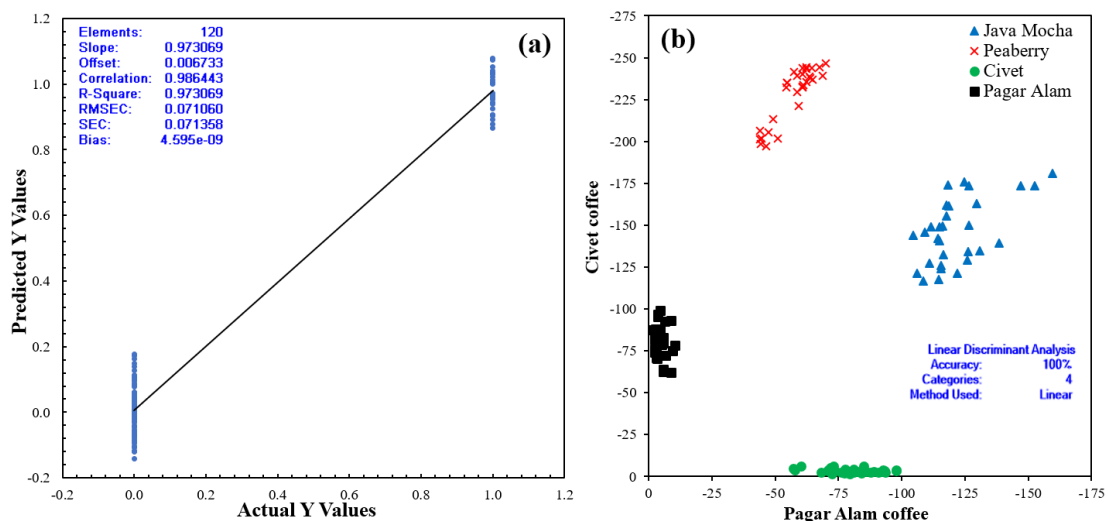


Figure 4. The developed model of PLS-DA and PCA-LDA for classification single-origin fine robusta coffee with different origins.

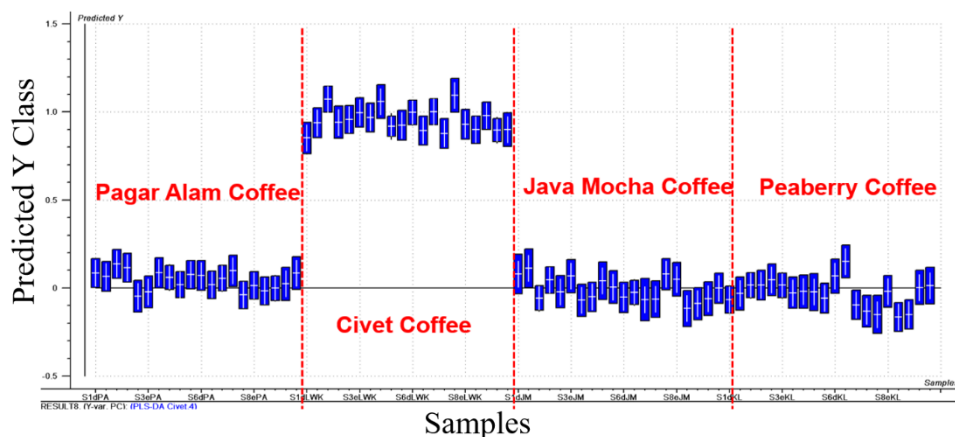


Figure 5. The result of predicted Y class for the prediction samples using the PLS-DA model.

3.5 Classification results

The classification performance was evaluated using a prediction samples set (n=20 for each type of coffee). Figure 5 is the result for classification using the PLS-DA model. In this prediction, the label for civet coffee is 1 and other coffee is 0. We can see here that using the ± 0.5 threshold, all samples can be well classified resulted in a 100% of accuracy. The performance of the PCA-LDA model was tested using 80 prediction samples (n=20 for each type of coffee) and the result was presented in Table 1. Based on the confusion matrix we obtained that all samples were could be classified properly resulted in a 100% accuracy. The classification results show that PLS-DA was similar in accuracy compared to that of the PCA-LDA.

Table 1. Confusion matrix for classification results using the developed model of PCA-LDA.

		Predicted			
		Pagar Alam	Civet	Java Mocha	Peaberry
Actual	Pagar Alam	20	0	0	0
	Civet	0	20	0	0
	Java Mocha	0	0	20	0
	Peaberry	0	0	0	20

4. Conclusion

In this research, the feasibility of single-origin fine robusta coffee authentication using a benchtop NIR spectrometer equipped with an integrating sphere was presented. Based on PCA scores, four single-origin fine robusta coffee samples could be well grouped in different distinct four clusters. Based on the PCA x-loadings, it was suggested that the content of chlorogenic acid (CGA) could be a key feature to authenticate single-origin fine robusta coffees from different origins in Indonesia. Both supervised methods of PLS-DA and PCA-LDA resulted in a 100% accuracy. These results showed that our proposed NIR spectrometer equipped with an integrating sphere provides a reliable analytical method for authentication of fine robusta coffee.

Acknowledgements

The Ministry of Education, Culture, Research, and Technology (KEMENDIKBUDRISTEK), the Republic of Indonesia supported this research by Fundamental Competitive Research Grant 2020-2022 (3972/UN26.21/PN/2021).

References

- [1] Byrareddy V, Kouadio L, Mushtaq S and Stone R 2019 *Agronomy* **9**(9): 499
- [2] Calvini R, Ulrici A and Amigo J M 2015 *Chemom. Intell. Lab. Syst.* **146**: 503–511
- [3] Craig A P, Botelho B G, Oliveira L S and Adriana S F 2018 *Food Chem.* **245**:1052–61
- [4] Baqueta M R, Coqueiro A and Valderrama P 2019 *J. Food Sci.* **84**(6): 1247–1255
- [5] Cheah W L and Fang M 2020 *Foods* **9**(7): 880
- [6] Silva T V, Pérez-Rodríguez M, de Oliveira N R, de Santana H and de Almeida L C 2021 *Vib. Spectrosc.* **116**: 103295
- [7] Figueiredo L P, Borém F M, Almeida M R, de Oliveira L F C, de Carvalho Alves A P and dos Santos C M 2019 *Food Chem.* **288**: 262–267
- [8] Craig A P, Botelho B G, Oliveira L S and Franca A S 2018 *Food Chem.* **245**: 1052–1061
- [9] Yang S, Li C, Mei Y, Liu W, Liu R, Chen W, Han D and Xu K 2021 *Front. Nutr.* **8**:680627
- [10] Suhandy D, Yulia M, Kuroki S and Nakano N 2021 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1751**: 012080
- [11] Suhandy D, Yulia M, Ogawa Y and Kondo N 2018 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **147**:

012011

- [12] Baqueta M R, Coqueiro A, Marco P H and Valderrama P 2021 *Talanta* **222**: 121526
- [13] Obeidat S M, Hammoudeh A Y and Alomary A A 2018 *J. Appl. Spectrosc.* **84**: 1051-1055
- [14] Suhandy D, Yulia M, Kuroki S and Nakano K 2021 *AIP Conf. Proc.* **2342**: 100005
- [15] Ebrahimi-Najafabadi H, Leardi R, Oliveri P, Casolino M C, Jalali-Heravi M and Lanteri S 2012 *Talanta* **99**: 175–179
- [16] Sun F, Chen Y, Wang K Y, Wang S M and Liang S W 2020 *Anal. Lett.* **53**(6): 937–959
- [17] Bertone E, Venturello A, Giraud A, Pellegrino G and Geobaldo F 2016 *Food Control* **59**: 683–689
- [18] Monteiro P I, Santos J S, Brizola V R A, Deolindo C T P, Koot A, Boerrigter-Eenling R, van Ruth S, Georgouli K, Koidis A and Granato D 2018 *Food Control* **91**: 276–283
- [19] Esteban-Díez I, González-Sáiz J M and Pizarro C 2004 *Anal. Chim. Acta* **525**(2): 171–182
- [20] Jeszka-Skowron M, Sentkowska A, Pyrzyńska K and De Peña M P 2016 *Eur. Food Res. Technol.* **242**: 1403–1409
- [21] Perrois C, Strickler S R, Mathieu G, Lepelley M, Bedon L, Michaux S, Husson J, Mueller L and Privat I 2015 *Planta* **241**: 179–191

2021 IPB-FFTC International Online Workshop and Seminar

Adaptation and Adoption of Agricultural Sensors, Information Communication Technologies, and Smart Supply Chains to Support Smallholder Farmers

22-23 September 2021

Secretariat:

Department of Mechanical and Biosystem Engineering, IPB University, PO BOX 220 Bogor 16680, Indonesia
Phone/Fax: +62-251-8623026, Website: <https://ipbfftcs-seminar2021.id/>

Bogor, 15 November 2021

LETTER OF ACCEPTANCE

Dear **Dr. Diding Suhandy**

Department of Agricultural and Biological Engineering, Lampung University.

We are pleased to inform you that your paper entitled:

NIR spectroscopy with integrating sphere for authentication of several single-origin fine robusta coffees from Indonesia

based on review conducted by Technical Paper Committee, **has been accepted** to be published in the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021 IPB-FFTC International Online Workshop and Seminar, Adaptation and Adoption of Agricultural Sensors, Information Communication Technologies, and Smart Supply Chains to Support Smallholder Farmers.

Please refer to the conference website (<https://ipbfftcs-seminar2021.id/>) for all necessary information.

Thank you very much for your kind attention and contribution.

Best Regards,



Dr. Slamet Widodo, STP, M.Sc.
Chairman



IPB University
— Bogor Indonesia —



**Food and Fertilizer
Technology Center**
for the Asian and Pacific
Region

Dokumen pendukung luaran Wajib #3

Luaran dijanjikan: Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi

Target: Terbit dalam Prosiding

Dicapai: Accepted

Dokumen wajib diunggah:

1.

Dokumen sudah diunggah:

1. Surat keterangan accepted dari editor

Dokumen belum diunggah:

- Sudah lengkap

Peran penulis: first author

Nama Konferensi/Seminar: 4th International Conference on Agricultural Engineering for Sustainable Agriculture Production (AESAP) 2021

Lembaga penyelenggara: IPB University

Tempat penyelenggara: Bogor (online)

Tgl penyelenggaraan mulai: 11 Oktober 2021 | Tgl selesai: 13 Oktober 2021

Lembaga pengindeks: SCOPUS

URL website: <https://aesapconference.com/>

Judul artikel: Discrimination between arabica and robusta coffees using NIR-integrating sphere spectroscopy coupled with hierarchical clustering analysis

Discrimination between arabica and robusta coffees using NIR-integrating sphere spectroscopy coupled with hierarchical clustering analysis

D Suhandy^{1,4}, Kusumiyati² and M Yulia^{3,4}

¹ Department of Agricultural Engineering, The University of Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

² Laboratorium of Plant Production Technology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Padjadjaran University, Jalan Raya Jatinangor KM 21, Bandung, Indonesia

³ Department of Agricultural Technology, Lampung State Polytechnic, Jl. Soekarno Hatta No. 10, Rajabasa Bandar Lampung, 35141, Indonesia

⁴ Spectroscopy Research Group (SRG), Laboratory of Bioprocess and Postharvest Engineering, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, The University of Lampung, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

Corresponding Author: diding.sughandy@fp.unila.ac.id

Abstract. In Indonesia, coffee farmers preferred to produce arabica and robusta coffee. Regarding its superior quality and commercial values, now the demand for specialty arabica and fine robusta coffee is increasing. In this research, discrimination between the two coffees was evaluated using NIR-integrating sphere spectroscopy coupled with the hierarchical clustering analysis (HCA) method. NIR spectral data in the region of 1175-1650 nm was measured using a portable fiber optic NIR spectrometer equipped with an integrating sphere from Ocean Optics (NIR-Quest, Ocean Optics, USA). Arabica (n=10) and robusta (n=10) ground roasted coffee (with mesh 50) was prepared as samples. The principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) were utilized in data analysis to discriminate between the specialty arabica and fine robusta coffee samples. The PCA and HCA results confirmed the good separation between the two coffees with arabica and robusta coffee samples were grouped in two distinct clusters. This result reveals that NIR-integrating sphere spectroscopy seems to be a potential analytical method dedicated to the discrimination of arabica and robusta coffee with minimum sample preparation.

1. Introduction

In Indonesia, among the available coffee varieties, arabica coffee (*Coffea arabica* L.) was first introduced and became popular commercial coffee and regarded as high-quality coffee with superior taste [1]. However, the production of arabica coffee is decreasing year to year due to global warming and climate change. It was reported that in many tropical countries such as Indonesia and Vietnam, the arabica coffee production was severely affected by climate change [2]. A similar trend was observed in the Latin American region [3-4]. On the other hand, climate change has little effect on robusta coffee (*Coffea canephora* var *Robusta*) production. For this reason, now robusta coffee is the major coffee

variety cultivated in many regions in Indonesia, not only in the lower region but also in the high elevated land such as in Lampung, Bengkulu, Aceh, North Sumatera, and South Sumatera [5].

Regarding taste and consumer acceptance, arabica coffee is more preferable to robusta coffee [1]. However, the improvement of robusta coffee in genotype selection, production, and postharvest treatments has elevated the quality of robusta coffee. Now, several high-quality robusta coffees from different origins in Indonesia are available in the premium coffee market and labeled as fine robusta coffee. For this reason, there is a need both from industry and coffee associations in Indonesia for arabica and robusta coffee authentication. Of course, the discrimination of the two premium coffees is easier for green bean arabica and robusta coffee. However, after roasting and grinding, the most important discriminator of the two coffee cultivars became disappeared [6]. Direct inspection using sensory analysis is becoming more difficult to be performed.

Successful discrimination between arabica and robusta coffee using chemical analytical methods is highly dependent on the selection of the key features for separating the two varieties. For example, kahweol and cafestol are the two important chemical compounds in ground roasted coffee and are reported as a good marker for differentiating between arabica and robusta coffee [7]. Previous works also reported the use of several chemical compounds to characterize the arabica and robusta coffee including tocopherols [8], caffeine [9], and chlorogenic acids [10]. However, most of the reported studies are laborious, time-consuming, and expensive. On the other hand, discrimination between the arabica and robusta coffee using spectral data as discriminator have been well documented by using UV-visible to NIR spectroscopy [1, 11-13]. UV-visible spectroscopy is cheaper in instrumentation but laborious in sample preparation [11]. NMR [1], mid-infrared [12], and NIR spectroscopy [13] are available, however, with expensive spectrometers. In previous research, Suhandy et al. [14-15] utilized a NIR portable spectrometer for authentication of several specialty coffees in Indonesia including peaberry, civet, and codot coffees. In this present research, we applied NIR spectroscopy with a less-expensive portable spectrometer to discriminate the specialty arabica and fine robusta coffee in Indonesia.

2. Materials and methods

2.1. Arabica and robusta coffee samples

Arabica and robusta green bean coffee were bought in a trusted coffee shop in Bandar Lampung, Lampung province, Indonesia. The arabica and robusta coffee were harvested in the highland in Bali and Lampung, respectively. About 1 kg of arabica and robusta coffee with the highest grade was prepared for roasting and grinding. The roasting was done using a portable coffee roaster with the following condition: 200°C for 20 minutes. After grinding, samples were sieved using mesh No. 50 (particle size of 297 micrometers).

2.2. NIR spectral data measurement and their preprocessing

NIR spectra were recorded using 1.33 gram of sample in the window of 1175-1650 nm using a portable NIR spectrometer from Ocean Optics (NIR-Quest, USA). This spectrometer used fiber-optic with InGaAs as the detector. An integrating sphere (ISPREF, Ocean Optics, USA) was utilized to enhance spectral data acquisition. The spectral data of reference was obtained by using a white reference standard (WS-1-SL, Labsphere, North Sutton, NH, USA). A total of 20 samples of arabica and robusta coffee samples were measured. The pre-processed spectral algorithm used in this research was moving averaging smoothing followed by standardization (standard normal variate) and derivation (Savitzky-Golay first derivation with 15 point smoothing points).

2.3. Chemometrics

Exploratory analysis was performed by using the software of the Unscrambler X from Camo, Norway. Two methods are available and tested: principal component analysis (PCA) and hierarchical clustering analysis (HCA) methods. PCA was calculated on all samples (n=20) with a full cross-validation method

using the NIPALS algorithm. The first of three principal components were used for analysis. For more information on the theory of PCA and HCA may refer to Johnson [14].

3. Results and discussion

3.1 NIR spectra of arabica and robusta coffee

Original and pre-processed spectral data of specialty arabica and fine robusta coffee in the window of 1175-1650 nm was presented in Figure 1. Our spectral data was similar to several documented works [17-18]. It is seen in Figure 1 (a) that arabica coffee has higher original absorbance intensity compared to robusta coffee indicating a possible differentiation between the two coffee varieties. Both in original and pre-processed spectral data, we can identify two peaks. A smaller peak was identified at around 1210 and 1220 nm while a bigger peak was observed at 1420 and 1450 nm.

According to a previous study, the NIR region in the window between 1200 and 1400 nm is related to several types of molecular vibrations including the first overtone of OH bonding from CH₂ and CH₃, the second overtone of CH bonding, and the second overtone of CH bonding from CH₂ [18]. In this region, several important chemical compounds related to coffee were identified such as lipids, caffeine, and proteins [18]. The smaller peaks around 1210 and 1220 nm could be related to the second stretching overtone of CH bonding. This type of molecular vibration is linked with the absorption of lipids and quinic acid in ground roasted coffee [19]. The bigger peak at around 1420 and 1450 nm was related to water absorbance as reported by Barbin et al. [20].

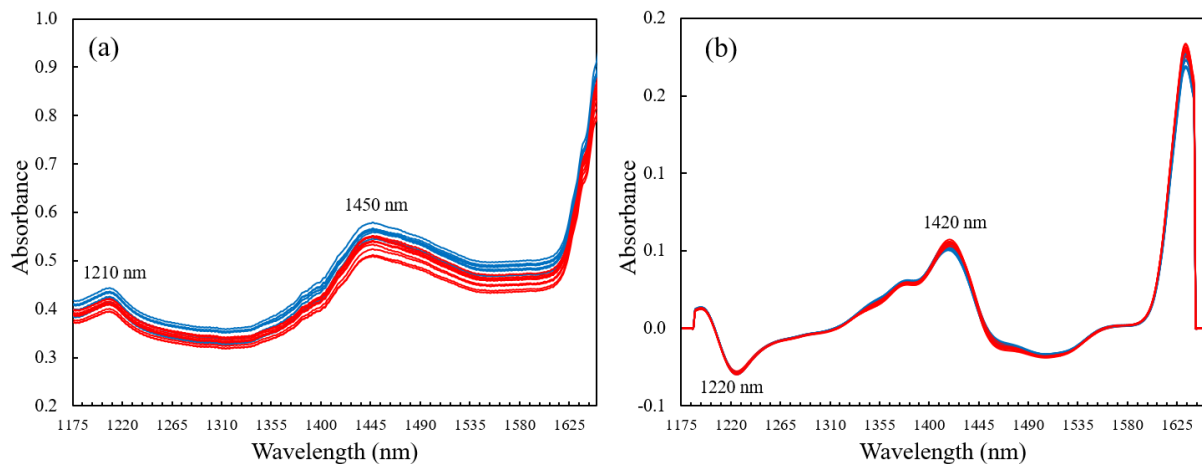


Figure 1. Original (a) and pre-processed spectral data (b) of specialty arabica and fine robusta coffee in the region of 1175-1650 nm.

3.2 The PCA calculation

The PCA calculation was presented in Figures 2 and 3. Scores plots with 96% total variance could be explained in PC1, PC2, and PC3 were depicted in Figure 2. It shows a clear separation between the specialty arabica and fine robusta coffee samples. Arabica coffee with a positive score of PC1 is different from robusta coffee with a negative score of PC1 both in PC1xPC2 and PC1xPC3 score plots. Figure 3 (a) was the influence plot calculated at a 95% confidence level. It confirmed that no outlier samples were observed in our spectral measurement. Most samples scattered below the limit values of Hotelling's $T^2= 15$ and F-residuals= 0.0003. We noticed one sample with F-residuals more than 0.0003, however, at the same time the Hotelling's T^2 is lower than the limit of 15. Five important variables could be reported as the most sensitive wavelength for the separation of arabica and robusta coffee samples as

seen in Figure 3 (b): 1355, 1415, 1430, 1456, and 1462 nm mostly related to the first overtone of OH bonding.

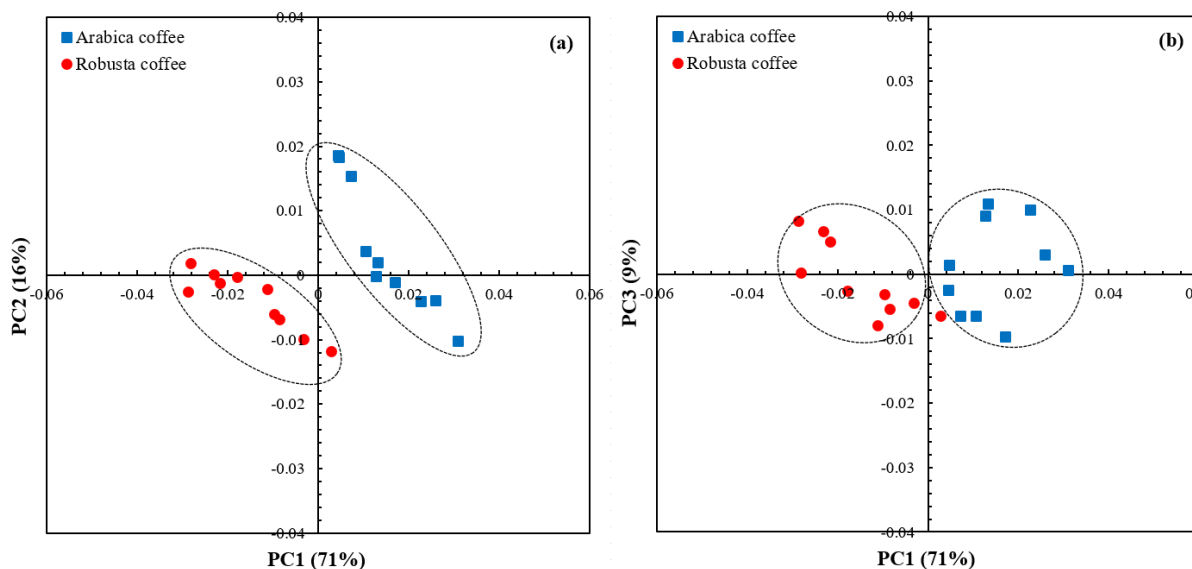


Figure 2. The scores plot for (a) PC1xPC2 and (b) PC1xPC3.

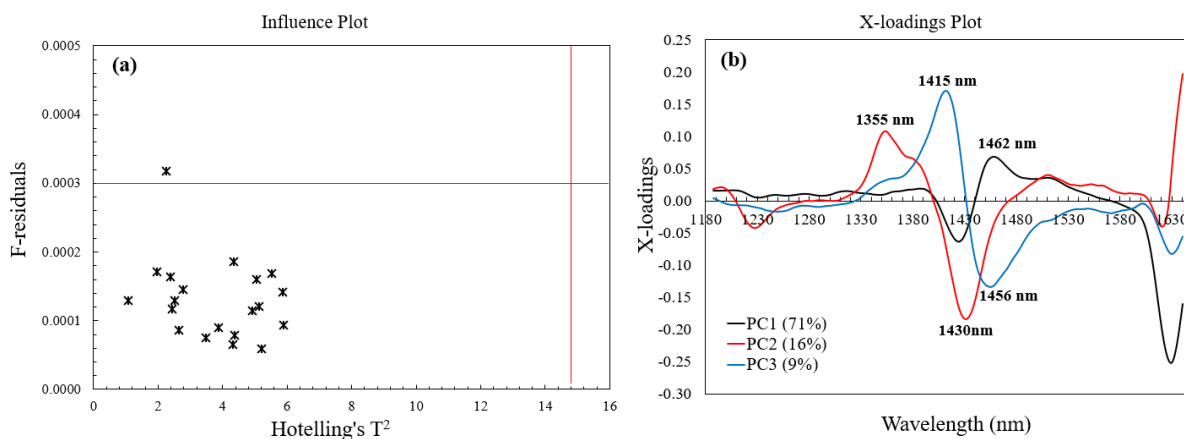


Figure 3. The influence and x-loadings plots calculated from pre-processed spectra in the region of 1175-1650 nm.

3.3 The HCA calculation

The HCA was calculated using Ward's method as a clustering algorithm. In this method, the similarity of samples was calculated by on the squared Euclidean distance. The dendrogram was created to visualize the result of HCA. Figure 4 shows the dendrogram result of clustering analysis using the HCA method. It is seen that two distinct clusters of arabica and robusta coffees appear at a relative distance of 5.25. The obtained dendrogram along with the result of PCA clearly showed that specialty arabica and fine robusta coffee samples could be separated without any false prediction.

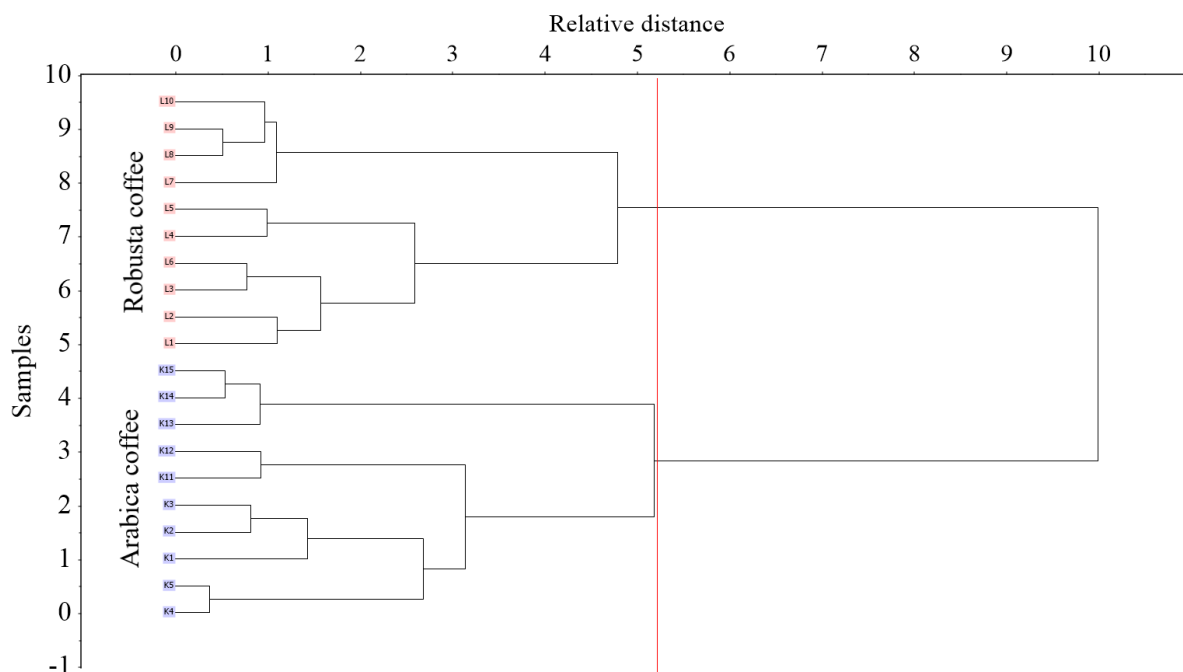


Figure 4. The dendrogram of specialty arabica and fine robusta coffee samples.

4. Conclusion

This research demonstrated an application of NIR spectroscopy with a less-expensive spectrometer coupled with chemometrics for suitable discrimination between two coffee cultivars of arabica and robusta coffees with the highest grade (specialty and fine grade). The obtained result of PCA and HCA showed good discrimination of specialty arabica and fine robusta coffee at a 95% confidence level. Using the scores of PC1, PC2, and PC3 with 96% total variance could be explained, a clear separation between the arabica and robusta coffee samples could be established. Two well-clustered samples of the two coffee cultivars were obtained using HCA at a 5.25 relative distance. This method is fast with simple sample preparation and easier to be implemented in Indonesia with an affordable spectrometer.

Acknowledgements

Fundamental Competitive Research Grant 2020-2022 (No. 3972/UN26.21/PN/2021) (KEMENDIKBUDRISTEK, Indonesia).

References

- [1] Monakhova Y B, Ruge W, Kuballa T, Ilse M, Winkelmann O, Diehl B, Thomas F and Lachenmeier D W 2015 *Food Chem.* **182**: 178–184
- [2] Schroth G, Läderach P, Cuero D S B, Neilson, J and Bunn C 2015 *Reg. Environ. Change* **15**(7): 1473–1482
- [3] Gay C, Estrada F, Conde, C Eakin H and Villers L 2006 *Clim. Change* **79**(3-4): 259–288
- [4] Zullo J, Pinto H S, Assad E D and de Ávila A M H 2011 *Clim. Change* **109**(3-4): 535–548
- [5] Syafaruddin, Dani, Randriani E and Supriadi H 2020 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 418: 012020
- [6] Briandet, R, Kemsley, E K and Wilson R H 1996 *J. Agric. Food Chem.* **44**(1): 170–174
- [7] Rubayiza A B and Meurens M 2005 *J. Agric. Food Chem.* **53**(12): 4654–4659
- [8] Gonzalez A G, Pablos F, Martin M J, Leo-Camacho M and Valdenebro M S 2001 *Food Chem.* **73**: 93–101

- [9] Casals S, Oliveira M B P P, Alves M R and Ferreira M A. 2000 *J. Agric. Food Chem.* **48**: 3420–3424.
- [10] Ky C-L, Louarn J, Dussert S, Guyot B, Hamon S and Noirot M 2001 *Food Chem.* **75**(2): 223–230
- [11] Yulia M, Asnaning A R, Waluyo S and Suhandy D 2018 *AIP Conf. Proc.* **2021**: 060021
- [12] Craig A P, Botelho B G, Oliveira L S and Franca A S 2018 *Food Chem.* **245**: 1052–1061
- [13] Buratti S, Sinelli N, Bertone E, Venturello A, Casiraghi E and Geobaldo F 2015 *J. Sci. Food Agric.* **95**(11): 2192–2200
- [14] Johnson S C 1967 *Psychometrika* **32**(3): 241–254
- [15] Suhandy D, Yulia M, Kuroki S and Nakano K 2021 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1751**: 012080
- [16] Suhandy D, Yulia M, Kuroki S and Nakano K 2021 *AIP Conf. Proc.* **2342**: 100005
- [17] De Araújo T K L, Nóbrega R O, Fernandes D D de S, de Araújo M C U, Diniz P H G D and da Silva E C 2021 *Food Chem.* **364**: 130452
- [18] Baqueta M R, Coqueiro A, Março P H, Mandrone M, Poli F and Valderrama P 2021 *Food Chem.* **355**: 129618
- [19] Tugnolo A, Giovenzana V, Malegori C, Oliveri P, Casson A, Curatitoli M, Guidetti R and Beghi R 2021 *Food Control* **130**: 108312
- [20] Barbin D F, Felicio A L de S M, Sun D W, Nixdorf S L and Hirooka E Y 2014 *Food Res. Int.* **61**: 23–32



The 4th International Conference on Agricultural Engineering for Sustainable Agriculture Production

Secretariat: Department of Mechanical and Biosystem Engineering IPB
University Darmaga Bogor PO BOX 220.phone/fax: +62-251-8623026
Bogor Indonesia email: aesap@apps.ipb.ac.id,
<https://aesapconference.com/>

Bogor, 01 November 2021

LETTER OF ACCEPTANCE

Dear, **Dr. Diding Suhandy**

Department of Agricultural Engineering, The University of Lampung.

We are pleased to inform you that your paper entitled:

Discrimination Between Arabica and Robusta Coffees Using NIR-Integrating Sphere Spectroscopy Coupled with Hierarchical Clustering Analysis

has been accepted based on review conducted by Technical Paper Committee **to be published** at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 4th International Conference on Agricultural Engineering for Sustainable Agricultural Production (AESAP 2021).

To confirm your paper, please proceed this announcement with the transfer payment of your publication not later than 30 November 2021 in amount of IDR 2,000,000 per paper for IOP Publication to:

Account Name : Rektor IPB C/Q KS Fateta PTN
Account Number : 3889948
Bank : Bank Negara Indonesia (BNI)

Please ignore this message if you have already done so. Please refer to the conference website (<https://aesapconference.com/>) for the all necessary information.

Thank you very much for your kind attention and contribution.

Best Regards



Dr. Ir. Supriyanto, STP, M.Kom, IPM
Chairman

Daftar capaian Luaran Tambahan belum diisi:

1. Artikel di Jurnal Nasional terakreditasi peringkat 1-3, target: Accepted
2. Artikel di Jurnal Nasional terakreditasi peringkat 1-3, target: Accepted