

36

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Gedung Rektorat Lantai 5, Jalan Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35
Telepon (0721) 705173, Fax. (0721) 773798, e-mail : lppm@kpa.unila.ac.id
www.lppm.unila.ac.id

KONTRAK PENELITIAN
Penelitian Strategis Nasional Institusi Tahun Anggaran 2018
Nomor: 393 /UN26.21/PN/2018

Pada hari ini Senin tanggal Dua Belas bulan Februari tahun Dua Ribu Delapan Belas, kami yang bertandatangan di bawah ini :

- 1. **Warsono, Ph.D** : 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 2018 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian Strategis Nasional Institusi Tahun Anggaran 2018 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 Penelitian Strategis Nasional Institusi Tahun Anggaran 2018 dengan judul "Sertifikasi Keaslian Kopi Spesialti Indonesia Menggunakan Uv-Vis Spectroscopy Dan Kemometrika"

Pasal 2
Dana Penelitian

- 1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 120000000 (Seratus Dua Puluh Juta Rupiah)** sudah termasuk pajak.
- 2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2018, tanggal 05 Desember 2017.

Pasal 3
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total dana penelitian yaitu 70% x Rp. 120000000 (**Seratus Dua Puluh Juta Rupiah**) = Rp. 84000000 (**Delapan Puluh Empat Juta Rupiah**) yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PARA PIHAK** membuat dan melengkapi rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai.

- b. Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu 30% x Rp. 120000000 (*Seratus Dua Puluh Juta Rupiah*)= Rp. 36000000 (*Tiga Puluh Enam Juta Rupiah*) dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah ke SIMLITABMAS yaitu Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penelitian dan Catatan Harian.
 - c. Biaya tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** bersamaan dengan pembayaran Tahap Kedua dengan melampirkan Daftar luaran penelitian yang sudah di validasi oleh **PIHAK PERTAMA**
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) 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 1 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **Tanggal 12 Februari 2018 dan berakhir pada Tanggal 16 November 2018**

Pasal 5 Target Luaran

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa :
1. Publikasi Ilmiah Jurnal Internasional : draft
 2. Publikasi Ilmiah Jurnal Nasional Terakreditasi : accepted/published
 3. Publikasi Ilmiah Jurnal Nasional Tidak Terakreditasi : accepted/published
 4. Pemakalah dalam pertemuan ilmiah Nasional : sudah dilaksanakan
 5. Pemakalah dalam pertemuan ilmiah Internasional : sudah dilaksanakan
 6. Pemakalah dalam pertemuan ilmiah Lokal : sudah dilaksanakan
 7. Paten Sederhana : draft
 8. Teknologi Tepat Guna : draft
 9. Bahan Ajar : draft
 10. Model : draft
 11. Metode : draft
 12. Keikutsertaan dalam Seminar Internasional : sudah dilaksanakan
 13. Keikutsertaan dalam seminar Nasional : sudah dilaksanakan
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian berupa Tidak Ada
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 6 Hak dan Kewajiban Para Pihak

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
- a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7;
 - b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
- a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);

- b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran Penelitian Strategis Nasional Institusi dengan judul Sertifikasi Keaslian Kopi Spesialti Indonesia Menggunakan Uv-Vis Spectroscopy Dan Kemometrika dan catatan harian pelaksanaan penelitian;
- c. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
- d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7.

Pasal 7
Laporan Pelaksanaan Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan dan laporan akhir mengenai luaran penelitian dan rekapitulasi penggunaan anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA** yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Kemajuan dan Catatan harian penelitian yang telah dilaksanakan ke SIMLITABMAS paling lambat 7 September 2018.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Kemajuan dan Rekapitulasi Penggunaan Anggaran 70% kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat 14 September 2018
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Akhir, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah dan profil pada SIMLITABMAS paling lambat 16 November 2018 (bagi penelitian tahun terakhir).
- (5) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - a. Bentuk/ukuran kertas A4;
 - b. Di bawah bagian cover ditulis:

Dibiayai oleh:
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Sesuai dengan Kontrak Penelitian
Nomor : 062/SP2H/LT/DRPM/2018

Pasal 8
Monitoring dan Evaluasi

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2018 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

Pasal 9
Penilaian Luaran

- 1. Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/Reviewer Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- 2. 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
Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

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 Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya, terlambat mengirim laporan Kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** yang apabila tidak dapat dilunasi oleh **PIHAK KEDUA**, akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 13 Pembatalan Perjanjian

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian Sertifikasi Keaslian Kopi Spesialti Indonesia Menggunakan Uv-Vis Spectroscopy Dan Kemometrika 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

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan oleh **PIHAK KEDUA** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

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
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 rangkap 2 (dua) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.



PIHAK PERTAMA

Warsono, Ph.D.

NIDN: 0016026303



PIHAK KEDUA

Dr Diding Suhandy M.Si

NIDN: 0003037803

Mengetahui
DEKAN FAKULTAS Pertanian

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

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 166/Teknologi Pasca Panen
Bidang Fokus : Kemandirian Pangan

LAPORAN AKHIR TAHUN

PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL
INSTITUSI



SERTIFIKASI KEASLIAN KOPI SPESIALTI INDONESIA MENGGUNAKAN UV-VIS SPECTROSCOPY DAN KEMOMETRIKA

(Authentication Certification of Indonesian Specialty Coffees Using UV-Vis Spectroscopy and Chemometrics)

Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun

TIM PENELITI

Ketua:

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

NIDN: 0003037803

Anggota:

Sri Waluyo, S.TP, M.Si, Ph.D

NIDN: 0011027205

Meinilwita Yulia, S.TP, M.Agr.Sc

NIDN: 0014057905

Cicah Sugianti, S.TP, M.Si

NIDN: 0022058801

UNIVERSITAS LAMPUNG

NOVEMBER 2018

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 166/Teknologi Pasca Panen
Bidang Fokus : Kemandirian Pangan

LAPORAN AKHIR TAHUN

PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL INSTITUSI



SERTIFIKASI KEASLIAN KOPI SPESIALTI INDONESIA MENGGUNAKAN UV-VIS SPECTROSCOPY DAN KEMOMETRIKA

(Authentication Certification of Indonesian Specialty Coffees Using UV-Vis Spectroscopy and Chemometrics)

Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun

TIM PENELITI

Ketua:

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

NIDN: 0003037803

Anggota:

Sri Waluyo, S.TP, M.Si, Ph.D

NIDN: 0011027205

Meinilwita Yulla, S.TP, M.Agr.Sc

NIDN: 0014057905

Cicli Sugianti, S.TP, M.Si

NIDN: 0022058801

UNIVERSITAS LAMPUNG

NOVEMBER 2018

RINGKASAN

Permasalahan yang harus segera diselesaikan pada penelitian ini adalah pertama adanya masalah pencampuran (pengoplosan) antar kopi spesialti (Arabika) yang mengakibatkan hilangnya keunikan rasa kopi spesialti. Kedua, pencampuran kopi spesialti menggunakan kopi asalan dari jenis kopi Robusta. Proses pencampuran yang terakhir ini bisa terjadi pada tiga bentuk produk. Pertama pencampuran bisa terjadi pada bentuk biji kopi sebelum disangrai (*green bean*), di mana biji kopi spesialti yang mahal dicampur dengan biji kopi asalan Robusta yang lebih murah. Pencampuran kedua adalah pencampuran pada biji kopi spesialti yang telah disangrai (*roasted bean*). Pencampuran ketiga adalah pencampuran pada biji kopi spesialti yang telah digiling (*ground roasted bean*). Pada pencampuran jenis 1, identifikasi untuk membedakan biji kopi spesialti dan Robusta (sebagai *filler*) masih memungkinkan dilakukan secara visual di mana kedua jenis kopi berbeda: biji kopi spesialti yang merupakan jenis kopi Arabika berwarna hijau muda dan bentuk bijinya lebih oval sedangkan biji kopi Robusta berwarna kecoklatan dan bentuk bijinya lebih bulat. Pada pencampuran jenis 2, informasi warna memang hilang namun kedua biji kopi masih mungkin dibedakan secara visual berdasarkan bentuk bijinya. Namun demikian, setelah disangrai dan digiling maka pada pencampuran jenis 3, proses identifikasi untuk membedakan kopi spesialti dan Robusta menjadi sangat sulit dilakukan secara visual bahkan oleh seorang ahli sekalipun. Padahal sebagian besar produk kopi spesialti yang diperdagangkan adalah dalam bentuk kopi bubuk.

Untuk mengatasi keterbatasan teknik visual, maka untuk menguji apakah kopi bubuk tersebut asli kopi spesialti tanpa campuran kopi Robusta atau sudah dioplos maka dapat dilakukan dengan menguji kualitas seduhan kopi bubuk tersebut. Kemudian dilakukan evaluasi terhadap beberapa parameter seperti aroma, rasa dan keasaman yang dilakukan oleh orang yang sangat terlatih (*skillful taster*) yang dikenal juga sebagai *human sensory assessment*. Hanya saja teknik penilaian seperti ini memiliki beberapa kelemahan seperti subyektivitas yang tinggi dan masalah inkonsistensi penilaian. Untuk mengatasi keterbatasan teknik ini maka beberapa teknik analisis telah diujicobakan untuk menilai kualitas keaslian kopi bubuk dan mendeteksi keberadaan kopi oplosan (kopi spesialti/Arabika yang dicampur dengan kopi asalan Robusta). Di antaranya adalah analisis berbasis GC dan MS (*gas chromatography* dan *mass spectrometry*), HPLC (*high performance of liquid chromatography*), FT-NIR (*Fourier transform infrared spectroscopy*), NIR (*near infrared spectroscopy*), MIR (*mid-infrared spectroscopy*), dan analisis berbasis citra digital.

Hanya saja sebagian besar teknik analisis yang sudah diterapkan memiliki keterbatasan seperti membutuhkan waktu analisis yang lama, membutuhkan keterampilan khusus untuk menjalankannya, menghasilkan limbah kimia yang berbahaya dan biaya yang mahal. Di satu sisi, penggunaan teknik analisis yang lebih mudah, cepat, bebas bahan kimia dan murah berbasis *ultraviolet-visible (UV-Vis) spectroscopy* untuk penilaian keberadaan kopi bubuk spesialti oplosan belum dilakukan. Pada titik inilah, pada penelitian ini tim pengusul menawarkan solusi penggunaan *UV-Vis spectroscopy* dan teknik kemometrika sebagai inovasi teknologi baru untuk mendeteksi adanya pencampuran pada kopi bubuk spesialti.

Klasifikasi tiga jenis kopi spesialti yaitu kopi Gayo, Kintamani dan Wamena dapat diperoleh dengan *UV-visible spectroscopy* dan metode PLS-DA. Akurasi klasifikasi diperoleh sebesar 100% untuk kelas kopi Gayo, Kintamani dan Wamena. Hasil penelitian klasifikasi kopi Toraja dan Kalosi menunjukkan model diskriminasi yang dibangun menggunakan metode PLS-DA memiliki kualitas sangat baik dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0.977 untuk kalibrasi dan 0.966 untuk validasi. Nilai RMSEC dan RMSECV juga sangat kecil menunjukkan model PLS-DA yang dibangun tidak mengalami *over-fitting*. Hasil prediksi juga menunjukkan model PLS-DA yang dibangun mampu mengklasifikasikan sampel prediksi dengan sangat baik dengan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas sebesar 100%. Penelitian ini juga menunjukkan pentingnya proses transformasi spektra dan pemilihan rentang panjang gelombang yang tepat pada proses pengembangan model PLS-DA untuk klasifikasi kopi bubuk Kalosi dan Toraja.

Kata kunci: *UV-visible spectroscopy*, PLS-DA, kopi spesialti, RMSEC, RMSECV.

PRAKATA

Alhamdulillah dengan semangat yang luar biasa dan dengan pertolongan Alloh SWT akhirnya kami bisa menyelesaikan laporan akhir tahun pertama (2018) penelitian PSNI ini. Untuk itulah tak hentinya kami memanjatkan rasa syukur ke hadirat Alloh SWT, sang Khalik yang menggenggam segala yang ada di alam semesta raya. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah atas Nabi Muhammad SAW, Nabi dan Rosul terakhir.

Penelitian ini merupakan penelitian skema hibah penelitian strategis nasional institusi (PSNI) dengan judul: SERTIFIKASI KEASLIAN KOPI SPESIALTI INDONESIA MENGGUNAKAN UV-VIS SPECTROSCOPY DAN KEMOMETRIKA dan didanai oleh KEMENRISTEKDIKTI T.A.2018 dengan surat kontrak No. 393/UN26.21/PN/2018.

Pada penelitian menggunakan dana 100% ini penelitian telah berjalan baik dan menghasilkan beberapa luaran. Luaran pertama adalah mengikuti seminar internasional BASIC di Malang dan menghasilkan prosiding terindeks Scopus (AIP) di mana saat ini sudah terbit publikasinya. Kemudian yang kedua, luaran yang diperoleh adalah seminar internasional AASEC2018 di Bandung dan menghasilkan prosiding terindeks Scopus (MATEC Web of Conferences) dan saat ini sudah terbit/publikasi. Luaran yang ketiga adalah seminar internasional ICOSITER2018 di ITERA Lampung dan rencananya prosiding diterbitkan oleh IOP yang terindeks Scopus. Presentasi sudah dilaksanakan dan full paper sudah dikirimkan ke panitia dan saat ini proses *review*. Luaran yang keempat adalah seminar nasional SEMNAS VII TekTan di Politeknik Negeri Lampung. Presentasi sudah dilaksanakan dan saat ini masih menyelesaikan full paper untuk diterbitkan di prosiding nasional ber-ISBN. Luaran kelima adalah presentasi di seminar internasional SUSTAIN2018 di Padang. Presentasi sudah dilaksanakan dan saat ini full paper saat ini masih disusun dan rencananya diterbitkan di jurnal terindeks Scopus IJASEIT dengan kualifikasi Q2. Penelitian ini juga berhasil menyusun sebuah artikel yang sudah dikirimkan ke jurnal nasional terakreditasi dikti Sinta 2 (Jurnal JIPI IPB Bogor). Saat ini masih proses *review*. Selain itu penelitian ini diharapkan dapat memperoleh paten yang draftnya saat ini sudah selesai disusun (dilampirkan).

Terakhir, kami dari tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan sehingga terlaksananya penelitian ini. Terima kasih kepada pihak KEMENRISTEKDIKTI yang telah memberikan 100% pendanaan atas penelitian ini. Terima kasih kepada seluruh anggota tim riset dan mahasiswa PS TEP yang telah membantu dalam pelaksanaan riset dan diskusi selama penelitian berlangsung. Terima kasih juga kepada seluruh staf LPPM Universitas Lampung yang telah membantu administrasi program penelitian ini. Semoga penelitian PSNI2018 ini bermanfaat. Amin.

Bandar Lampung, 12 November 2018

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

DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
BAB 1.PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Urgensi Penelitian.....	5
1.4. Luaran Riset.....	7
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Kopi Speisialti Indonesia.....	8
2.2. UV-Vis <i>Spectroscopy</i>	9
2.3. Penggunaan Kemometrika Untuk Uji Keaslian Pangan.....	10
2.4. Peta Jalan Penelitian (<i>Road Map of Research</i>).....	12
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	13
3.1. Tujuan Penelitian.....	13
3.2. Manfaat Penelitian.....	13
BAB 4. METODE PENELITIAN.....	15
4.1. Lokasi Penelitian.....	15
4.2. Bahan Penelitian.....	15
4.3. Prosedur Ekstraksi Sampel Larutan Kopi.....	16
4.4. Pengukuran Spektra UV-Vis.....	17
4.5. Analisis Data (<i>Data analysis</i>).....	17
4.6. Evaluasi Model Diskriminasi dan Kalibrasi.....	18
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI.....	19
5.1. Penggunaan PLS-DA dan Kemometrika Untuk Penentuan Asal Geografis Tiga Kopi Speisialti Indonesia.....	19
5.2. Klasifikasi Kopi Bubuk Speisialti Kalosi dan Toraja Menggunakan UV- Visible <i>Spectroscopy</i> dan Metode PLS-DA.....	21
5.3. Studi Diskriminasi Kopi Gayo Wine Menggunakan UV-Visible <i>Spectroscopy</i> dan Metode SIMCA.....	27
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
REFERENSI	40
Lampiran:	
Lampiran 1. Sertifikat BASIC2018	44
Lampiran 2. Sertifikat AASEC2018	45
Lampiran 3. Sertifikat SEMNAS VII Polinela.....	46
Lampiran 4. Sertifikat ICOSITER2018.....	47
Lampiran 5. Sertifikat SUSTAIN2018.....	48
Lampiran 6. Full paper dikirim ke IOP Conference Series (SCOPUS).....	49
Lampiran 7. Bukti pengiriman artikel ke jurnal JIPI.....	54
Lampiran 8. Foto-foto penelitian.....	55
Lampiran 9. Publikasi paper di prosiding AIP yang terindeks SCOPUS.....	56
Lampiran 10. Paper yang sudah dipublikasikan di prosiding MATEC Web of Conferences dan terindeks SCOPUS.....	63
Lampiran 11. Draft Paten.....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Perumusan masalah penelitian dan solusi inovasi teknologi yang diusulkan untuk mengatasinya.....	3
Gambar 1.2	Perbedaan visual biji kopi spesialti (Arabika) dan Robusta.....	3
Gambar 1.3	Ilustrasi contoh penempelan stiker sertifikasi keaslian kopi spesialti Gayo Arabika pada kemasan kopi spesialti hasil deteksi keaslian menggunakan UV-Vis spectroscopy.....	5
Gambar 2.1	Spektrum gelombang elektromagnetik (Davies, 2005).....	10
Gambar 4.1	Prosedur penyiapan sampel larutan kopi (Souto et al. 2010; Souto et al., 2015b; Suhandy et al., 2016) dan pengambilan spektra sampel kopi.....	16
Gambar 5.1	Spektra rata-rata original dan olahan untuk tiga jenis kopi spesialti yang berbeda di kisaran panjang gelombang 190-1100 nm. Spektra Original (a) Spektra Olahan (b).....	19
Gambar 5.2	Hasil analisis PCA untuk tiga jenis kopi spesialti menggunakan spektra olahan (a) dan nilai loading untuk PC1 dan PC2 hasil analisis PCA (b).....	20
Gambar 5.3	Hasil klasifikasi PLS-DA untuk sampel prediksi. (a) Kelas Gayo (*), (b) Kelas Kintamani (+), dan (c) Kelas Wamena (Δ).....	21
Gambar 5.4	Spektra rata-rata kopi Kalosi dan Toraja untuk panjang gelombang 190-1100 nm. (a) Spektra original (b) Spektra hasil transformasi.....	22
Gambar 5.5	Plot hasil analisis komponen utama (AKU) kopi Kalosi dan Toraja untuk panjang gelombang 190-1100 nm. (a) Spektra original (b) Spektra hasil transformasi.....	23
Gambar 5.6	Plot hasil analisis komponen utama (AKU) kopi Kalosi dan Toraja untuk panjang gelombang 250-450 nm. (a) Spektra original (b) Spektra hasil transformasi.....	24
Gambar 5.7	Plot model PLS-DA4 (terbaik) untuk klasifikasi kopi Kalosi dan Toraja (a) Kalibrasi (b) Validasi.....	25
Gambar 5.8	Hasil prediksi untuk klasifikasi kopi Kalosi (●) dan kopi Toraja (○) menggunakan model PLS-DA spektra original (a) panjang gelombang 190-1100 nm (b) panjang gelombang terpilih 250-450 nm.....	25
Gambar 5.9	Hasil prediksi untuk klasifikasi kopi Kalosi (●) dan kopi Toraja (○) menggunakan model PLS-DA spektra hasil transformasi (a) panjang gelombang 190-1100 nm (b) panjang gelombang terpilih 250-450 nm.....	26
Gambar 5.10	Grafik original pada panjang gelombang 190-1100 nm.....	28
Gambar 5.11	UV-Visible spektrum seluruh sampel.....	28
Gambar 5.12	Hasil plot diskriminasi PCA pada 400 sampel kopi prediksi.....	29
Gambar 5.13	Grafik X-Loadings PC1 hasil diskriminasi PCA pada 400 sampel.....	30
Gambar 5.14	Grafik X-Loadings PC2 hasil diskriminasi PCA pada 400 sampel.....	31
Gambar 5.15	Model SIMCA sampel kopi Gayo biasa.....	32
Gambar 5.16	Model SIMCA sampel kopi Gayo Wine.....	32
Gambar 5.17	Coomans Plot Original Hasil Klasifikasi pada Software The Unscrambler.....	37
Gambar 5.18	Coomans plot original hasil klasifikasi pada <i>Microsoft Excel</i>	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Sertifikat BASIC2018.....	44
Lampiran 2.	Sertifikat AASEC2018.....	45
Lampiran 3.	Sertifikat SEMNAS VII Polinela.....	46
Lampiran 4.	Sertifikat ICOSITER2018.....	47
Lampiran 5.	Sertifikat SUSTAIN2018.....	48
Lampiran 6.	Full paper dikirim ke IOP Conference Series (SCOPUS).....	49
Lampiran 7.	Bukti pengiriman artikel ke jurnal JIPI.....	54
Lampiran 8.	Foto-foto penelitian.....	55
Lampiran 9.	Publikasi paper di prosiding AIP yang terindeks SCOPUS.....	56
Lampiran 10.	Paper yang sudah dipublikasikan di prosiding MATEC Web of Conferences dan terindeks SCOPUS.....	63
Lampiran 11.	Draft paten.....	67

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kopi adalah salah satu minuman paling populer di dunia karena rasa dan aromanya yang unik dan efek stimulan dari kandungan kafein. Menurut data World Coffee Organization (ICO, 2014), tingkat konsumsi kopi dunia rata-rata meningkat sebesar 1.9% per tahun selama 50 tahun terakhir. Sebanyak 62% kopi yang diperdagangkan merupakan kopi jenis Arabika (*Coffea arabica*), sisanya sebanyak 38% merupakan kopi jenis Robusta (*Coffea canephora*) (ICO, 2014). Ini yang dikenal sebagai kopi komersial atau kopi regular dan biasanya diperdagangkan dalam bentuk biji hijau (*green bean*) yaitu biji kopi sebelum disangrai dengan kadar air sekitar 12%. Sejak akhir tahun 2000 an industri kopi mulai fokus pada pengembangan kopi yang mengutamakan kualitas dan punya nilai tambah yang dikenal sebagai kopi spesialti (*specialty coffees*).

Secara umum kualitas minuman kopi yang diseduh dipengaruhi oleh banyak parameter. Pertama tergantung kepada jenis spesies kopi yang digunakan (Arabika, Robusta, atau Liberika), kemudian metode yang digunakan untuk mengolah biji kopi (metode kering vs basah). Pada umumnya, kopi Arabika lebih disukai konsumen dengan profil rasa yang lebih halus dan dianggap memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan spesies kopi yang lain dan karenanya harga kopi Arabika lebih tinggi dari kopi Robusta dan Liberika (Davis, 2001). Costa Freitas and Mosca (1999) menunjukkan bahwa kualitas biji kopi juga ditentukan oleh daerah di mana kopi tersebut ditanam. Beberapa faktor seperti komposisi tanah dan pemupukan, ketinggian dan cuaca perkebunan sangat mempengaruhi kualitas biji kopi yang dihasilkan. Di Indonesia beberapa kopi Arabika yang ditanam di beberapa daerah tertentu dikenal memiliki rasa yang unik dan berbeda satu dengan yang lain. Meskipun masih diperdebatkan, istilah kopi spesialti ditujukan untuk produk kopi Arabika di daerah tertentu dengan iklim yang sangat spesifik yang mempunyai sifat-sifat khas menonjol dengan kualitas stabil, diolah secara khusus oleh para *roaster*, dan diperdagangkan secara khusus dalam bentuk kopi sangrai, kopi bubuk, atau kopi seduhan di pasar-pasar ritel tertentu (Steiman, 2013). Kopi-kopi spesialti umumnya ditanam di wilayah-wilayah dengan ketinggian dan iklim yang telah "diseleksi" dan dirawat selama bertahun-tahun sebelum panen pertama tiba. Bagi produsen kopi ini, kuantitas bukanlah pertimbangan utama, namun kualitas. Karenanya, hanya kopi yang benar-benar bebas dari cacat dan yang bijinya telah matang sajalah yang dipetik—secara manual. Mereka memastikan bahwa yang membeli kopi mereka adalah pembeli yang benar-benar mementingkan kualitas. Kopi spesialti benar-benar merupakan kopi kelas premium yang memiliki citarasa tinggi.

Proses pengolahan biji kopi dari mulai pemilihan biji kopi terbaik (tanpa cacat) dan proses penyangraian yang dipraktekkan bertahun-tahun oleh tangan terampil (*roasting profile* apa yang cocok untuk mengeluarkan karakter terbaik dari kopi yang mereka sangrai) ikut berkontribusi

terciptanya kopi khas asal daerah tertentu di Indonesia yang memiliki rasa dan aroma yang sangat unik dan disukai konsumen. Kopi pilihan ini biasanya disajikan dalam bentuk siap seduh (kopi sangrai yang sudah digiling) dan harganya lebih tinggi dibandingkan kopi komersial (Sepulveda *et al.*, 2016).

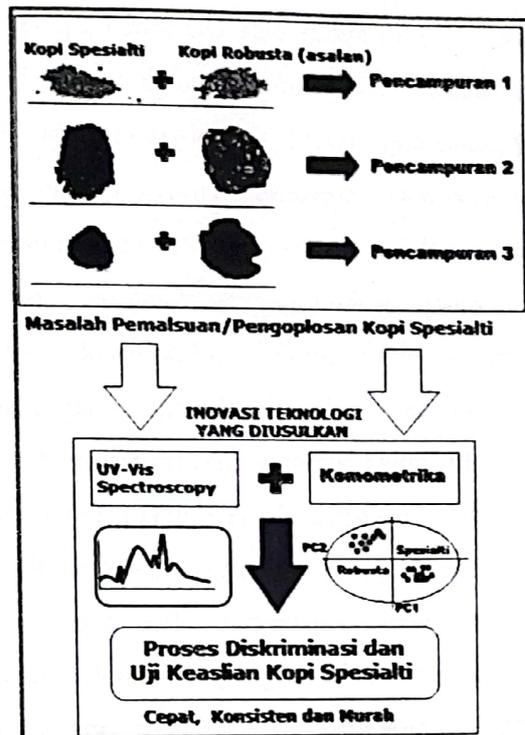
Seiring dengan meningkatnya popularitas dan apresiasi kopi spesialti Indonesia dan ketersediaan pasokan kopi spesialti yang sangat terbatas telah menjadikan kopi spesialti sebagai komoditas kopi yang mahal harganya saat ini dan lebih memberikan keuntungan kepada petani dibandingkan perdagangan kopi komersial atau kopi regular (Sepulveda *et al.*, 2016). Keterbatasan produksi kopi spesialti di satu sisi serta harga kopi spesialti yang cenderung terus naik menyebabkan pemalsuan atau pengoplosan kopi spesialti tidak bisa dihindarkan. Untuk mendapatkan keuntungan yang besar dalam tempo yang singkat tidak sedikit oknum yang kemudian mengoplos kopi spesialti dengan kopi regular (biasanya jenis kopi Robusta yang memang biasanya digunakan sebagai bahan pengisi atau *filler*). Jika pengoplosan ini tidak segera diatasi maka harga mahal kopi spesialti saat ini diperkirakan tak lama lagi akan berakhir. Pada titik inilah diperlukan suatu terobosan untuk menciptakan inovasi teknologi yang mampu memastikan keaslian kopi spesialti dan mampu membedakan kopi spesialti dari kopi biasa (kopi komersial atau kopi regular). Teknologi yang dikembangkan diharapkan dapat melindungi kualitas dan keaslian produk kopi spesialti yang akhirnya memberikan keuntungan baik bagi petani kopi spesialti maupun konsumen kopi spesialti.

Untuk memenuhi permintaan konsumen akan kepastian keaslian kopi spesialti yang dipasarkan maka sangat diperlukan sebuah proses sertifikasi keaslian kopi spesialti berdasarkan asal kopi tersebut ditanam (geografis) misalnya sertifikasi kopi Gayo untuk semua kopi yang berasal dari daerah Gayo (Aceh) dan diproses secara khusus (termasuk proses penyangraian) oleh petani di daerah Gayo. Sertifikasi keaslian kopi spesialti ini memberikan keuntungan baik bagi konsumen penikmat kopi maupun produsen kopi. Bagi konsumen, sertifikasi keaslian kopi spesialti dapat memberikan kepastian kepada konsumen bahwa kopi spesialti yang dikonsumsi benar-benar kopi asli dari daerah tertentu sesuai dengan yang tertulis pada kemasan sehingga memberikan kepuasan dan kepastian bagi konsumen. Bagi produsen, sertifikasi keaslian kopi spesialti bisa memberikan jaminan produknya aman dari upaya pemalsuan produk sehingga bisa melindungi usaha dan merek yang diperdagangkan.

1.2. Perumusan Masalah

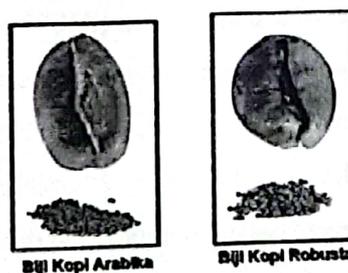
Sehingga pada penelitian ini, permasalahan yang harus segera diselesaikan adalah adanya pertama masalah pencampuran (pengoplosan) antar jenis kopi spesialti (Arabika) yang dapat menghilangkan keunikan rasa kopi spesialti dan kedua pencampuran kopi spesialti menggunakan kopi asalan dari jenis kopi Robusta. Seperti diilustrasikan di Gambar 1.1, proses pencampuran bisa terjadi pada tiga bentuk produk. Pertama pencampuran bisa terjadi pada bentuk biji kopi sebelum disangrai (*green bean*), di mana biji kopi spesialti yang mahal dicampur dengan biji kopi asalan Robusta yang lebih murah. Pencampuran kedua adalah pencampuran pada biji kopi spesialti yang

telah disangrai (*roasted bean*). Pencampuran ketiga adalah pencampuran pada biji kopi spesialti yang telah digiling (*ground roasted bean*).



Gambar 1.1. Perumusan masalah penelitian dan solusi inovasi teknologi yang diusulkan untuk mengatasinya.

Pada pencampuran jenis 1 (biji kopi sebelum disangrai), identifikasi untuk membedakan biji kopi spesialti dan Robusta (sebagai *filler*) masih memungkinkan dilakukan secara visual di mana kedua jenis kopi berbeda: biji kopi spesialti yang merupakan jenis kopi Arabika berwarna hijau muda dan bentuk bijinya lebih oval sedangkan biji kopi Robusta berwarna kecoklatan dan bentuk bijinya lebih bulat seperti tampak pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Perbedaan visual biji kopi spesialti (Arabika) dan Robusta.

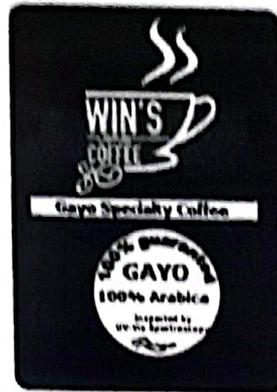
Pada pencampuran jenis 2 (setelah sangrai), informasi warna memang hilang namun kedua biji kopi masih mungkin dibedakan secara visual berdasarkan bentuk bijinya. Namun demikian, setelah disangrai dan digiling maka pada pencampuran jenis 3, proses identifikasi untuk membedakan kopi spesialti dan Robusta menjadi sangat sulit dilakukan secara visual bahkan oleh seorang ahli sekalipun (Dias *et al.*, 2013). Padahal sebagian besar produk kopi spesialti yang diperdagangkan adalah dalam

bentuk kopi bubuk.

Untuk mengatasi keterbatasan teknik visual, maka untuk menguji apakah kopi bubuk tersebut asli kopi spesialti tanpa campuran kopi Robusta atau sudah dioplos maka dapat dilakukan dengan menguji kualitas seduhan kopi bubuk tersebut. Kemudian dilakukan evaluasi terhadap beberapa parameter seperti aroma, rasa dan keasaman yang dilakukan oleh orang yang sangat terlatih (*skillful taster*) yang dikenal juga sebagai *human sensory assessment*. Hanya saja teknik penilaian seperti ini memiliki beberapa kelemahan seperti subyektivitas yang tinggi dan masalah inkonsistensi penilaian (Tavares *et al.*, 2012). Untuk mengatasi keterbatasan teknik ini maka beberapa teknik analisis telah diujicobakan untuk menilai kualitas keaslian kopi bubuk dan mendeteksi keberadaan kopi oplosan (kopi spesialti/Arabika yang dicampur dengan kopi asalan Robusta). Di antaranya adalah analisis berbasis GC dan MS (*gas chromatography* dan *mass spectrometry*) (Toledo *et al.*, 2014), HPLC (*high performance of liquid chromatography*) (Pauli *et al.*, 2014), FT-NIR (*Fourier transform infrared spectroscopy*) (Reis *et al.*, 2013), NIR (*near infrared*) *spectroscopy* (Ebrahimi-Najafabadi *et al.*, 2012), MIR (*mid-infrared spectroscopy*) (Tavares *et al.*, 2012), dan analisis berbasis citra digital (Souto *et al.*, 2015a).

Hanya saja sebagian besar teknik analisis yang sudah diterapkan memiliki keterbatasan seperti membutuhkan waktu analisis yang lama, membutuhkan keterampilan khusus untuk menjalankannya, menghasilkan limbah kimia yang berbahaya dan biaya yang mahal. Di satu sisi, penggunaan teknik analisis yang lebih mudah, cepat, bebas bahan kimia dan murah berbasis *ultraviolet-visible* (UV-Vis) *spectroscopy* untuk penilaian keberadaan kopi bubuk spesialti oplosan belum dilakukan. Pada titik inilah, pada penelitian ini tim pengusul menawarkan solusi penggunaan teknologi UV-Vis *spectroscopy* dan teknik kemometrika sebagai inovasi teknologi baru untuk mendeteksi adanya pencampuran pada kopi bubuk spesialti. Pada penelitian ini akan diujicobakan penggunaan beberapa teknik kemometrika yang tepat untuk membedakan antara kopi murni spesialti dengan kopi oplosan. Luaran penelitian di tahun pertama (2018) akan difokuskan pada studi kualitatif untuk membangun teknik analisis berbasis UV-Vis *spectroscopy* dan kemometrika (PCA/*principal component analysis*, PLS-DA/*partial least squares-discriminant analysis*, dan SIMCA/*soft independent modelling of class analogies*) yang mampu membedakan kopi bubuk spesialti dan kopi bubuk spesialti oplosan (diskriminasi dan klasifikasi). Luaran tahun kedua (2019) akan difokuskan pada studi kuantitatif yaitu membangun teknik analisis berbasis UV-Vis *spectroscopy* dan kemometrika (regresi PLS/*partial least squares* dan MLR/*multiple linear regression*) yang mampu menghitung kandungan kopi bubuk asalan Robusta yang dicampurkan ke dalam kopi spesialti. Sehingga di akhir program penelitian akan dihasilkan sebuah inovasi teknologi di bidang pasca panen yaitu sebuah metode untuk analisis rutin keaslian kopi spesialti yang dipasarkan sehingga memberikan jaminan kepada konsumen akan keaslian produk kopi yang dibeli serta memberikan perlindungan kepada konsumen dan produsen dari upaya pengoplosan kopi spesialti. Inovasi teknologi ini dapat diarahkan pada proses sertifikasi

keaslian kopi spesialti Indonesia yang diperdagangkan seperti diilustrasikan di Gambar 1.3.



Gambar 1.3. Ilustrasi contoh penempelan stiker sertifikasi keaslian kopi spesialti Gayo Arabika pada kemasan kopi spesialti hasil deteksi keaslian menggunakan *UV-Vis spectroscopy*.

1.3. Urgensi Penelitian

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

1. Saat ini kopi spesialti Indonesia merupakan salah satu produk pertanian andalan bagi Indonesia. Dengan potensi produksi kopi spesialti yang dimiliki Indonesia dan harga kopi spesialti asal Indonesia di dunia yang sangat tinggi, tentu saja usaha pengembangan agroindustri kopi spesialti menjadi sangat penting. Untuk mendukung pengembangan kopi spesialti Indonesia maka introduksi berbagai teknologi budidaya dan pascapanen untuk kopi menjadi salah satu prioritas yang harus dikedepankan. Sebab kalau tidak, bisa jadi kopi spesialti Indonesia akan tertinggal dan pasar kopi spesialti akan diambil alih oleh negara lain seperti Vietnam atau Filipina yang juga gencar mengembangkan industri kopi. Kedua, untuk menjaga kualitas dan kredibilitas kopi spesialti Indonesia maka isu pengoplosan kopi harus segera diatasi sebab jika dibiarkan maka pasar kopi spesialti asal Indonesia akan ikut tergerus. Konsumen yang kecewa karena telanjur membeli kopi oplosan akan beralih ke produk kopi dari negara lain yang lebih terjamin keasliannya. Secara khusus, pengembangan teknologi deteksi uji keaslian kopi spesialti Indonesia menjadi sangat penting untuk segera direalisasikan sehingga produk kopi spesialti Indonesia terjaga keasliannya sehingga ke depan pasar kopi spesialti Indonesia tetap akan terjaga.
2. Pengembangan teknologi untuk sertifikasi keaslian kopi spesialti memiliki prospek hilirisasi yang sangat baik mengingat spektrometer UV-Vis saat ini banyak tersedia di banyak laboratorium standar. Selain biaya murah, teknologi ini juga mudah dalam pengoperasian dan perawatan sehingga prospek diseminasi ke kalangan kelompok tani ataupun industri menjadi sangat memungkinkan.
3. Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung melalui hibah TPSDP (ADB Loan No. 1792) telah mendapatkan alat *UV-Vis spectroscopy* yang terdiri atas *spectrometer* (Genesys 10s, Thermo, USA), dan beberapa alat pendukung seperti sel kuvet (10 mm). Sehingga penelitian sertifikasi keaslian kopi spesialti Indonesia menggunakan *UV-Vis spectroscopy* sangatlah mungkin dilakukan.

4. Penelitian ini juga berpotensi menghasilkan publikasi nasional dan internasional bereputasi sehingga dapat meningkatkan reputasi lembaga dan memberikan peluang kerjasama dengan pihak industri di masa depan dalam membangun pertanian di Indonesia dengan lebih baik melalui terobosan inovasi teknologi di bidang pasca panen. Pengalaman mengikuti konferensi nasional dan internasional di bidang *UV-Vis spectroscopy* (Suhandy *et al.*, 2016a; Suhandy *et al.*, 2016b), pengalaman menggunakan peralatan *UV-Vis spectroscopy*, serta pengalaman menulis karya tulis bidang *UV-Vis spectroscopy* di jurnal nasional terakreditasi (Suhandy *et al.*, 2017) dan jurnal internasional bereputasi dengan Q1 (Suhandy and Yulia, 2017) merupakan modal berharga bagi terlaksananya penelitian ini dengan hasil baik.
5. Kemudian penelitian ini dibantu oleh 3 orang peneliti anggota. Pertama adalah Sri Waluyo, S.TP, M.Si, Ph.D, seorang alumnus Missouri University USA dan berpengalaman dalam teknologi pasca panen serta penggunaan teknologi tidak merusak untuk pasca panen misalnya teknologi akustik untuk penilaian mutu buah-buahan. Kedua adalah Meinilwita Yulia, S.TP, M.Agr.Sc seorang alumnus Kyoto University, Jepang yang menekuni bidang rekayasa pasca panen lebih khusus tertarik dengan riset berbasis *spectroscopy* (UV-Vis-NIR dan THz). Selain itu beliau juga sedang menekuni riset di bidang kemometrika dan aplikasinya untuk pemecahan masalah-masalah di bidang *spectroscopy* (Yulia *et al.*, 2014; Yulia and Suhandy, 2017). Ketiga adalah Cicih Sugianti, S.TP, M.Si seorang magister alumnus Institut Pertanian Bogor (IPB) yang juga mulai memiliki ketertarikan riset di bidang rekayasa pasca panen lebih khusus tertarik dengan riset berbasis *UV-Vis spectroscopy* (Sugianti *et al.*, 2016). Ini merupakan urgensi betapa dari sisi kemampuan tim peneliti, penelitian ini didukung dengan kemampuan riset yang memadai baik dari ketua peneliti maupun anggota peneliti sehingga sangat layak untuk dilaksanakan.
6. Fakta bahwa Provinsi Lampung sebagai salah satu sentra produksi kopi dapat memperoleh manfaat secara langsung dari penelitian ini. Monitoring kualitas dan keaslian produk kopi spesialti dan sertifikasi keasliannya menggunakan *UV-Vis spectroscopy* dapat menjadi solusi teknologi terapan yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan menjaga keaslian kopi spesialti asal Indonesia sehingga akhirnya bisa mendukung upaya perlindungan produk andalan bangsa.
7. Terakhir, penelitian ini juga melibatkan mitra calon pengguna teknologi yang akan dihasilkan. Saat ini mitra yang sudah bersedia salah satunya adalah kelompok tani kopi BIMA SUTRA yang berlokasi di Kabupaten Tanggamus yang merupakan salah satu sentra kopi di Provinsi Lampung selain di Kabupaten Lampung Barat. Penelitian ini juga melibatkan mitra dari industri rumah tangga yang memproduksi kopi bubuk dengan merek Win Coffee (Hasti Coffee Lampung) yang menyediakan beragam kopi spesialti dari seluruh Nusantara. Kesiediaan mitra untuk terlibat dalam penelitian ini tentu saja akan memberikan jaminan ketersediaan bahan baku penelitian dan aspek penerapan teknologi yang dihasilkan yakni untuk memastikan keaslian kopi spesialti.

1.4. Luaran Riset

Selama 2 tahun penelitian (2018 dan 2019), selain dihasilkan luaran berupa inovasi teknologi berbasis *UV-Vis spectroscopy* yang dapat digunakan untuk membangun sistem uji keaslian atau otentifikasi produk kopi spesialti Arabika, penelitian ini juga ditargetkan menghasilkan luaran artikel ilmiah dalam bentuk prosiding dan artikel di jurnal internasional bereputasi dan nasional terakreditasi. Secara ringkas luaran yang ditargetkan dapat dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut (Tabel 1.1).

Tabel 1.1. Target Luaran

No.	Jenis Luaran				Indikator Capaian	
	Kategori	Sub Kategori	Wajib	Tambahan	Tahun ke-1	Tahun ke-2
1.	Artikel ilmiah dimuat di jurnal	Internasional bereputasi	✓		<i>submitted</i>	<i>accepted</i>
		Nasional terakreditasi	✓		<i>published</i>	<i>published</i>
2.	Artikel ilmiah dimuat di prosiding	Internasional Terindeks	✓		Sudah dilaksanakan	Sudah dilaksanakan
		Nasional	✓		Sudah dilaksanakan	Sudah dilaksanakan
3.	<i>Invited speaker</i> dalam temu ilmiah	Internasional		✓	Tidak ada	Tidak ada
		Nasional		✓	Tidak ada	Terdaftar
4.	<i>Visiting Lecturer</i>	Internasional		✓	Tidak ada	Tidak ada
5.	Hak Kekayaan Intelektual (HKI) ²⁾	Paten				
		Paten sederhana	✓		Draf	Terdaftar
		Hak Cipta				
		Merek dagang				
		Rahasia dagang				
		Desain produk industri				
		Indikasi Geografis				
		Perlindungan Varietas Tanaman				
Perlindungan Topografi Sirkuit Terpadu						
6.	Teknologi Tepat Guna		✓		Draf	Penerapan
7.	Model/Purwarupa/Desain					
8.	Buku Ajar (ISBN)		✓		Tidak ada	Draft
9.	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)		✓		3	4

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kopi Spesialti Indonesia

Indonesia terkenal dengan berbagai jenis kopi dengan cita rasa yang berbeda-beda, bahkan namanya terkenal di pasar kopi internasional, seperti Toraja coffee, Gayo coffee, Mandheiling coffee, dan Flores coffee (Karo, 2009). Keseluruhan dari jenis kopi tersebut merupakan kopi Arabika spesialti. Kopi spesialti asal Indonesia makin populer mulai akhir tahun 1980-an terutama di kalangan masyarakat Amerika Serikat dan Eropa Barat. Istilah kopi spesial atau kopi spesialti pertama kali dikemukakan oleh Ema Knutsen pada tahun 1974 dalam *Tea and Coffee Trade Journal* untuk menyebut biji dengan rasa terbaik yang dihasilkan di daerah beriklim mikro istimewa. Kopi spesial adalah sebutan yang umum dipakai untuk menyebut kopi "gourmet" atau "premium". Menurut *Specialty Coffee Association of America* (SCAA), kopi bernilai 80 atau lebih pada skala 100 poin dianggap "spesial". Kopi spesialti tumbuh di iklim istimewa dan ideal, serta berbeda karena rasanya yang lengkap dan memiliki sedikit kecacatan atau bahkan tidak ada sama sekali. Rasa yang unik ini adalah hasil dari karakteristik dan komposisi tanah tempat kopi tersebut ditanam (Steiman, 2013).

Pada tahun 2007, Indonesia menjadi pemasok kopi spesialti terbesar ketiga setelah Kolombia dan Meksiko dengan pangsa 10% dari total impor kopi spesialti Amerika Serikat yang besarnya mencapai 75 ribu ton (Karo, 2009). Ekspor kopi Arabika dari Indonesia sebagian besar dipasarkan ke segmen pasar khusus (kopi spesialti) karena mutu citarasanya khas dan digemari oleh para penikmat kopi di negara-negara konsumen utama. Di segmen spesialti harga kopi lebih mahal dan fluktuasinya tidak terlalu tajam, yang tentunya berdampak pada pendapatan petani dan devisa negara. Di tingkat dunia, laju permintaan kopi spesialti jauh lebih tinggi dibanding laju konsumsi kopi secara keseluruhan (Steiman, 2013). Oleh sebab itu, harga kopi spesialti jauh lebih mahal dibandingkan kopi biasa (*reguler coffee*).

Beberapa kopi asal Indonesia telah mendapatkan pengakuan sebagai kopi spesialti dengan indikasi geografis yang teregistrasi seperti kopi Gayo (dataran tinggi Aceh), kopi Flores (NTT), kopi Preanger (Jawa Barat), kopi Gunung Ijen (Jawa Timur) dan kopi Toraja (Sulawesi Selatan) (data lengkap lihat Tabel 2.1). Kopi jenis spesialti tersebut telah dikenal sejajar dengan kopi spesialti dunia lainnya di manca negara khususnya di Eropa, Jepang, dan Amerika. Setiap produk kopi dengan indikasi geografis tertentu dapat diberi stiker tambahan unik dan khusus untuk menunjukkan asal kopi spesialti tersebut.

Ke depan salah satu isu yang tidak kalah penting untuk diselesaikan adalah masalah uji keaslian kopi spesialti yakni kopi spesialti yang bebas dari pencampuran kopi lain (bahan pencampur bisa kopi spesialti jenis lain atau kopi Robusta asalan). Penelitian ini merupakan salah satu inovasi sekaligus

terobosan teknologi untuk proses sertifikasi keaslian kopi spesialti menggunakan teknologi *UV-Vis spectroscopy* dan kemometrika secara cepat, murah dan konsisten.

Tabel 2.1. Beberapa kopi spesialti jenis Arabika di Indonesia yang telah teregistrasi.

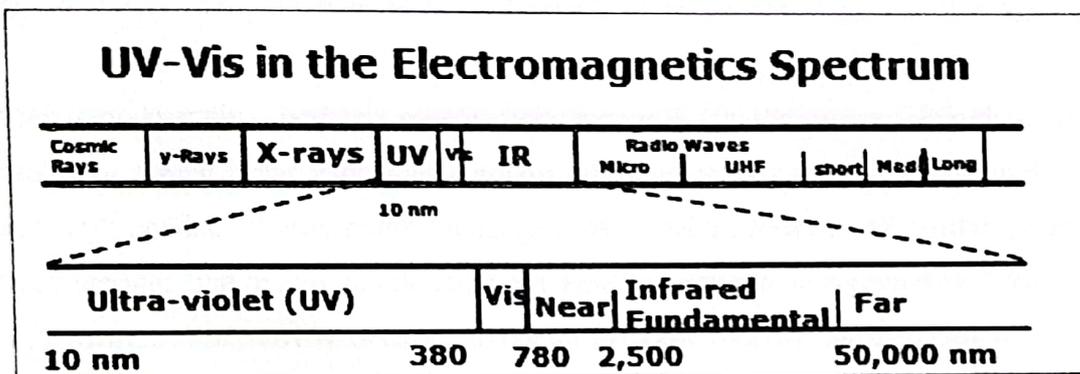
Kopi Spesialti	Asal geografis	No. Indikasi Geografis dan logo	Karakteristik
Kopi Arabika Gayo	Aceh	ID G 000000005 	Kopi Arabika yang ditanam di dataran tinggi Gayo, Aceh Tengah.
Kopi Arabika Sumatera Simalungun	Sumatera Utara	ID G 000000031 	Kopi Arabika yang dihasilkan di wilayah Kabupaten Simalungun Sumatera Utara.
Kopi Arabika Kintamani Bali	Bali	ID G 000000001 	Kopi Arabika yang berasal dari kawasan Kintamani, Bali dan diolah secara basah (<i>fully washed</i>).
Kopi Arabika Flores Bajawa	Nusa Tenggara Timur	ID G 000000014 	Kopi Arabika ditanam di dataran tinggi di Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur yang terletak di pertemuan dua lereng gunung api, yaitu Gunung Inerie dan Gunung Ebulobo.
Kopi Arabika Toraja	Sulawesi Selatan	ID G 000000025 	Kopi ini ditanam di sebuah daerah pegunungan Toraja yang cukup tinggi dan berada di Sulawesi Selatan.
Kopi Arabika Sumatera Mandailing	Simalungun, Karo, Mandailing Sumatera Utara	ID G 000000048 	Kopi Arabika yang berasal dari daerah Mandailing, Pegunungan Bukit Barisan, Sumatera Utara.
Kopi Arabika Java Preanger	Jawa Barat	ID G 000000022 	Kopi Arabika yang diproduksi di dataran tinggi Priangan pada ketinggian minimal 1.000 meter di atas permukaan laut (dpl).
Kopi Arabika Java Ijen Raung	Jawa Timur	ID G 000000023 	Kopi Arabika yang bersemi di kawasan pegunungan Ijen – Raung Bondowoso, Jawa Timur.

2.2. UV-Vis Spectroscopy

Sampai saat ini hampir sebagian besar dari gelombang elektromagnetik telah berguna dan dikaji dalam berbagai disiplin ilmu. Setiap daerah gelombang elektromagnetik tertentu membutuhkan alat tertentu pula untuk mengaktifkan energi gelombang tersebut. Detektor yang sesuai diperlukan untuk menangkap kembali tingkat absorpsi energi oleh sampel yang dibandingkan dengan standar/acuan.

seperti itu dikenal sebagai *spectrometer*. Dalam spektra UV-Vis biasanya skala absorpsi dinyatakan sebagai $\log 1/R$ di mana R merupakan refleksi sampel pada sumbu y dan panjang gelombang dalam nanometer (nm) pada sumbu x.

Informasi yang dihasilkan oleh UV-Vis *spectroscopy* bisa berupa informasi yang bersifat kuantitatif dan kualitatif atau salah satu dari keduanya. Informasi ini diperoleh melalui interaksi antara gelombang elektromagnetik UV-Vis dan konstituent penyusun bahan biologik (protein, karbohidrat, lemak dan sebagainya). Gelombang UV-Vis terletak pada kisaran panjang gelombang 10-750 nm (Davies, 2005). Spektra UV-Vis berada di antara gelombang elektromagnetik x-ray dan cahaya infrared seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Spektrum gelombang elektromagnetik (Davies, 2005).

Saat ini teknologi penilaian mutu biji-bijian (sereal) menggunakan teknologi *UV-Vis spectroscopy* khususnya riset terkait otentifikasi atau uji keaslian produk sereal termasuk biji kopi yang memiliki nilai ekonomi tinggi masih sangat terbatas. Namun dengan perkembangan spektrometer *UV-Vis* yang semakin kompak dan *portable* serta kemajuan di bidang kemometrika telah membuka lebar peluang riset di bidang *UV-Vis spectroscopy*. Penelitian yang diusulkan merupakan bagian dari pengembangan sistem otentifikasi produk biji-bijian berekonomi tinggi menggunakan teknik yang cepat dan mudah berbasis *UV-Vis spectroscopy*.

2.3. Penggunaan Kemometrika Untuk Uji Keaslian Pangan

Uji keaslian pangan atau *food authentication* merupakan proses untuk memeriksa apakah sebuah produk pangan sesuai atau tidak dengan deskripsi atau penjelasan yang tertulis pada label kemasan produk tersebut (Danezis *et al.*, 2016). Ini menjadi sangat penting, seiring dengan tuntutan konsumen yang semakin tinggi terhadap produk pangan yang berkualitas tinggi dan aman dikonsumsi. Untuk kopi, beberapa kopi diapresiasi dengan harga yang lebih tinggi oleh konsumen karena memiliki kelebihan terkait dengan jenis kopi (kopi Arabika), tempat asal kopi ditanam atau kopi spesialti (kopi Gayo, kopi Java Preanger, kopi Toraja, kopi Flores dan sebagainya), dan proses produksi kopi yang sulit (kopi luwak dan kopi lanang).

Untuk kopi spesialti Indonesia, karena perbedaan harga yang tinggi dan adanya potensi pemalsuan kopi spesialti dengan kopi regular atau komersial (kopi asalan Robusta), maka perlu dilakukan pemeriksaan uji keaslian untuk setiap kopi bubuk spesialti Indonesia yang kemasannya beri label murni (misalnya *pure Arabica Gayo*). Beberapa metode analisis telah diujicobakan untuk keperluan uji keaslian kopi spesialti Arabika. Perbedaan kandungan kafein pada kopi Arabika dan Robusta menjadi dasar penggunaan metode HPLC-GC untuk membedakan kopi spesialti Arabika dan Robusta (Dias *et al.*, 2013). Untuk metode analisis berbasis *spectroscopy* menggunakan NIR, MIR dan Raman *spectroscopy* juga telah banyak dilaporkan berhasil digunakan untuk membedakan jenis kopi Arabika dengan kopi Robusta (Bertone *et al.*, 2016). Namun demikian, untuk metode analisis berbasis *spectroscopy* menggunakan UV-Vis belum digunakan untuk uji keaslian kopi spesialti Arabika.

Seluruh metode analisis berbasis *spectroscopy* termasuk *UV-Vis spectroscopy* akan melibatkan data spektra yang sangat besar yang mengandung informasi yang saling tumpang tindih sehingga diperlukan teknik analisis khusus untuk menangani data spektra tersebut. Di sinilah peran penting kemometrika sebagai alat bantu untuk studi uji keaslian pangan menggunakan teknik berbasis *spectroscopy* (Borràs *et al.*, 2015). Secara garis besar kemometrika digunakan dalam dua jenis studi. Pertama, studi yang bersifat kualitatif yaitu membangun sistem untuk membedakan dan mengklasifikasikan produk. Kedua, studi yang bersifat kuantitatif yaitu membangun sistem yang mampu menghitung kandungan bahan yang ditambahkan atau rasio pencampuran pada produk pangan yang dioplos.

Untuk studi kualitatif, He *et al.* (2005) menggunakan spektra visible dan NIR bersama dengan PCA dan metode ANN (*artificial neural networks*) untuk membedakan beragam jenis varietas buah apel dengan tingkat pembedaan mencapai 100% berhasil. Kemudian Li & He (2008) menggunakan metode ANN dengan delapan skor *principal components* (PCs) sebagai input dan berhasil mengelompokkan varietas tanaman teh berdasarkan data spektra visible/NIR dengan akurasi sebesar 77.3%. Li *et al.* (2008) juga berhasil menggunakan ANN dan skor PC dari spektra visible/NIR sebagai input pada proses diskriminasi biji padi pada berbagai umur simpan. Suhandy *et al.* (2016b) berhasil membangun model kemometrika SIMCA menggunakan data spektra UV-Vis untuk membedakan kopi luwak dan kopi bukan luwak. Suhandy *et al.* (2017) menggunakan kemometrika DPLS dan *UV-Vis spectroscopy* untuk penggolongan kopi luwak. Suhandy dan Yulia (2017) berhasil membangun model diskriminasi kopi lanang (*peaberry*) menggunakan UV-Vis *spectroscopy* bersama dengan kemometrika SIMCA dan PLS-DA dan mampu membedakan kopi lanang dan kopi bukan lanang (kopi normal) secara akurat (tingkat keberhasilan sebesar 100%).

Untuk studi kuantitatif, Pizarro *et al.* (2007) menggunakan regresi PLS untuk data spektra NIR dan berhasil membangun model untuk menghitung kandungan kopi Robusta dalam campuran kopi

Arabika-Robusta. Yulia *et al.* (2016) juga berhasil membangun model untuk memprediksi persentase kandungan kopi bukan luwak yang ditambahkan ke dalam kopi luwak asli menggunakan regresi PLS pada data spektra UV-Vis.

2.4. Peta Jalan Penelitian (*Road Map of Research*)

Sejak tahun 2004-2013, peneliti utama (Diding Suhandy) telah terlibat dan konsisten pada penelitian menggunakan teknologi analisis berbasis *spectroscopy* meliputi NIR *spectroscopy* (Suhandy *et al.*, 2008; Suhandy, 2009), mid-infrared *spectroscopy* (Suhandy *et al.*, 2012a) dan terahertz *spectroscopy* (Suhandy *et al.*, 2012b; Suhandy *et al.*, 2012c; Suhandy *et al.*, 2013). Sejak tahun 2016-2020, penelitian aplikasi *spectroscopy* untuk mendukung perbaikan pasca panen kopi Indonesia yang bernilai tinggi mulai dicanangkan. Penelitian pasca panen kopi khususnya terkait uji keaslian beberapa kopi pilihan dengan harga tinggi dimulai dengan penelitian uji keaslian kopi luwak menggunakan NIR *spectroscopy* melalui Hibah STRANAS dan juga kopi lanang (Suhandy and Yulia, 2017). Fokus pengembangan teknologi *spectroscopy* yang relatif mudah dalam proses hilirisasinya, mendorong penggunaan teknologi UV-Vis *spectroscopy* pada uji keaslian kopi luwak (Suhandy *et al.*, 2016b; Yulia *et al.*, 2016; Suhandy *et al.*, 2017). Penelitian yang dilakukan tersebut telah memberikan fondasi yang kuat untuk mengusulkan penelitian penggunaan teknologi UV-Vis *spectroscopy* dan kemometrika untuk sertifikasi keaslian kopi spesialti Indonesia yang diajukan melalui Hibah Strategis Nasional (PSN) Institusi TA 2018-2019.

Penelitian yang diusulkan ini merupakan sebuah terobosan teknologi untuk menerapkan teknologi UV-Vis *spectroscopy* untuk uji keaslian kopi spesialti Indonesia. Penelitian ini menjadi sangat penting untuk dilaksanakan dengan beberapa alasan. Pertama, saat ini masalah uji keaslian pangan atau *food authentication* telah menjadi isu utama dalam perdagangan dunia. Indonesia memiliki banyak produk pangan dan pertanian yang berkualitas dan harus dilindungi dari upaya pemalsuan sekaligus memberikan kepercayaan atau *trust* kepada konsumen terhadap produk pangan Indonesia yang berkualitas tinggi dan aman dikonsumsi. Dengan adanya *trust* maka peluang keberlanjutan dan ekspansi pasar kopi spesialti Indonesia akan terbuka lebar dan akhirnya bisa meningkatkan ekspor. Kedua, pengembangan teknologi deteksi keaslian kopi spesialti juga memiliki prospek hilirisasi yang sangat baik mengingat spektrometer UV-Vis saat ini sudah banyak tersedia di banyak laboratorium standar. Selain biaya murah, teknologi ini juga mudah dalam pengoperasian dan perawatan sehingga prospek diseminasi ke kalangan kelompok tani ataupun industri menjadi sangat memungkinkan.

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah membangun sistem evaluasi keaslian kopi spesialti Indonesia secara kualitatif dan kuantitatif menggunakan analisis *UV-Vis spectroscopy*. Untuk studi kualitatif, tujuan penelitian bisa dicapai dengan mengambil spektra kopi spesialti murni (delapan jenis kopi spesialti Indonesia) menggunakan *UV-Vis spectrometer* dan dilanjutkan dengan membangun dan mengevaluasi model diskriminasi dan klasifikasi menggunakan metode kemometrika SIMCA dan PLS-DA.

Untuk tujuan penelitian kuantitatif, ini bisa dicapai dengan mengambil spektra kopi spesialti yang dicampur dengan kopi asalan Robusta sebagai *filler* (bahan pengisi) dengan sistem pencampuran 2, 3 dan 4 jenis kopi dengan berbagai level atau variasi konsentrasi pencampuran menggunakan *UV-Vis spectrometer* kemudian dengan data spektra tersebut dilanjutkan dengan membangun dan menguji model kalibrasi kopi spesialti menggunakan metode kemometrika regresi PLS dan MLR.

3.2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini sangat penting untuk dilaksanakan sebagai salah satu terobosan dalam upaya membangun kepercayaan konsumen terhadap kualitas produk pertanian Indonesia yang bebas pengoplosan dan aman dikonsumsi sehingga siap bersaing di perdagangan global. Hal ini sejalan dengan upaya pemerintah untuk memperkuat daya saing bangsa melalui penguatan sistem inovasi nasional di bidang teknologi pangan khususnya ketahanan pangan. Sehingga ke depan penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat bagi peningkatan taraf hidup petani dan terciptanya sistem ketahanan dan kemandirian pangan khususnya pada produk perkebunan yang berorientasi ekspor. Penelitian ini merupakan penelitian yang bernilai strategis, memecahkan permasalahan bangsa, melindungi produk bangsa, melahirkan inovasi teknologi dan tentu saja memberikan banyak manfaat bagi banyak pemangku kepentingan (*stake holders*). Berikut manfaat yang diharapkan dari penelitian ini:

1. **Bagi pemerintah**, penelitian ini dapat mendukung upaya pemerintah untuk melindungi produk andalan nasional dan daerah sehingga bisa bersaing di pasar internasional. Apalagi dengan penerapan masyarakat ekonomi ASEAN (MEA) per Desember 2015, persaingan kopi spesialti di pasar internasional akan semakin kompetitif sehingga harus dipastikan kualitas, keaslian dan keamanan konsumsi kopi spesialti yang diperdagangkan.
2. **Bagi masyarakat**, penelitian ini memberikan manfaat yang sangat besar bagi masyarakat baik itu penjual kopi atau konsumen kopi spesialti Indonesia. Adanya kepastian kualitas dan keaslian kopi spesialti yang ada di pasaran akan memberikan ketenangan kepada masyarakat sehingga mereka dipastikan hanya memperoleh kopi spesialti yang asli dan berkualitas sesuai dengan yang tertulis pada kemasan atau label. Adanya kepastian dan keaslian kopi spesialti ini juga akan memberikan kepastian

harga yang adil antara penjual dan pembeli. Akhirnya keberlanjutan dan kepercayaan konsumen terutama dari luar negeri terhadap kopi spesialti Indonesia akan terus terjaga dan bahkan semakin meningkat.

3. **Bagi institusi (Universitas Lampung)**, maka lahirnya penelitian ini juga sebagai bentuk mewujudkan salah satu visi dan misi Universitas Lampung dalam penyediaan inovasi teknologi terapan yang dapat memberikan manfaat besar bagi masyarakat. Indonesia adalah salah satu sentra penghasil kopi di dunia. Teknologi deteksi kualitas dan keaslian kopi spesialti asal Indonesia sangat membantu petani dan pemerintah dalam upaya memajukan agribisnis kopi di Indonesia.

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

BAB 4. METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pasca Panen (RBPP) Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

2. Bahan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan delapan jenis kopi spesialti Indonesia yaitu kopi Gayo, kopi Mamena dan lainnya seperti pada Tabel 2. Sampel kopi diperoleh melalui mitra penelitian yaitu Hasti Coffee Lampung yang salah satu usahanya adalah penjualan kopi spesialti Indonesia. Sampel kopi disangrai pada kondisi yang sama untuk semua sampel dan digiling untuk mendapatkan kopi bubuk menggunakan *home grinder* (Sayota). Riset sebelumnya menunjukkan ukuran partikel kopi bubuk berpengaruh terhadap kualitas spektra (Suhandy *et al.*, 2016a). Pada penelitian ini digunakan ukuran partikel yang sama yaitu 420 μm dengan cara mengayak kopi bubuk menggunakan ayakan No. 40 dan diayak selama 10 menit menggunakan mesin pengayak (CSC Scientific Company, Inc. USA).

4.2.1. Sampel Penelitian Kualitatif

Sebanyak 100 sampel kopi bubuk dengan berat 1 gram per sampel disiapkan untuk setiap jenis kopi spesialti yang diteliti. Sehingga untuk delapan jenis kopi spesialti yang digunakan pada penelitian ini akan terdapat 800 sampel kopi bubuk di mana setiap sampel hanya mengandung jenis kopi spesialti yang sama (tanpa campuran). Juga disiapkan 100 sampel kopi bubuk bukan spesialti dari jenis Robusta.

4.2.2 Sampel Penelitian Kuantitatif

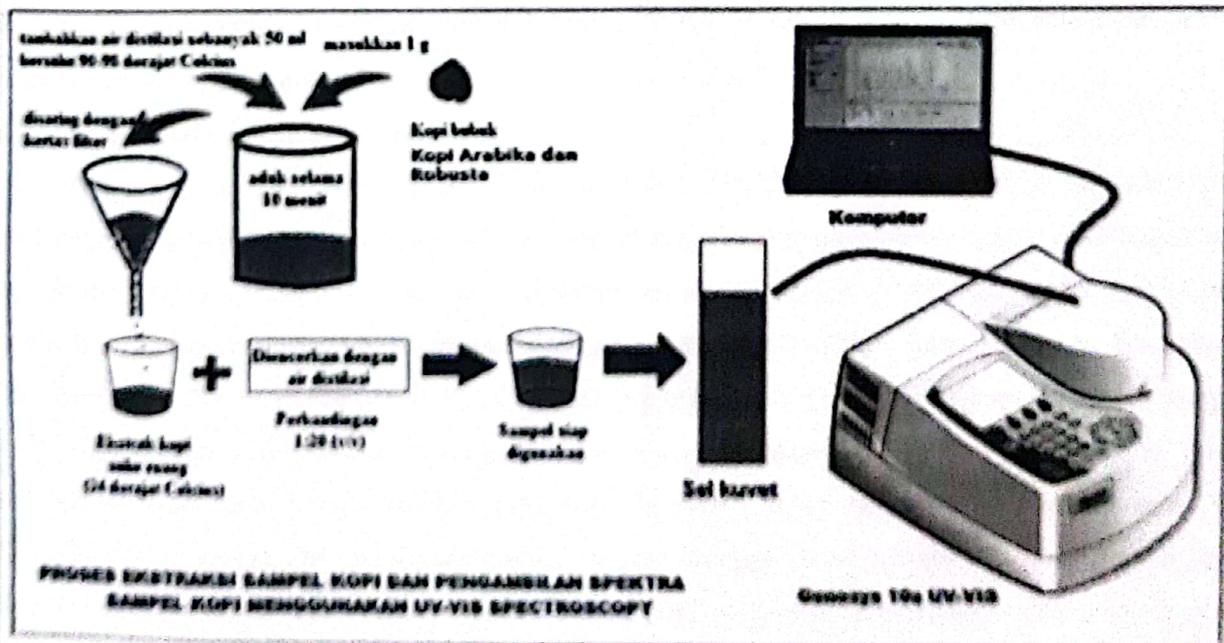
Di sini sebagian sampel merupakan campuran dari beberapa jenis kopi spesialti. Untuk kopi campuran ini disiapkan 4 tipe sistem pencampuran kopi yaitu sistem pencampuran 2 jenis kopi, 3 jenis kopi dan 4 jenis kopi. Sebagai ilustrasi untuk sistem pencampuran 2 jenis kopi maka sebanyak 200 sampel kopi bubuk dengan berat 1 gram per sampel disiapkan. Dari 200 sampel, sebanyak 20 sampel merupakan sampel kopi asli Gayo (tanpa campuran kopi jenis yang lain yakni 100% Gayo) dan sebanyak 180 sampel lainnya merupakan kopi campuran Gayo-kopi asalan Robusta sebagai bahan pengisi atau *filler* dengan konsentrasi kopi asalan Robusta yang bervariasi (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 dan 90% (berat/berat)) seperti pada Tabel 4.1. Untuk pencampuran jenis kopi lain juga akan diujicobakan seperti pencampuran kopi Takengon-Robusta atau Kintamani-Robusta dan seterusnya. Untuk sistem pencampuran 3 dan 4 jenis kopi juga akan diujicobakan dengan komposisi masing-masing campuran bervariasi seperti pada pencampuran 2 jenis kopi seperti diilustrasikan pada Tabel 4.2. Untuk mendapatkan sampel larutan kopi yang siap digunakan maka dilakukan proses ekstraksi larutan kopi dengan menggunakan prosedur standar seperti yang dilakukan oleh Souto *et al.* (2015b) dan Suhandy *et al.* (2016b).

Tabel 4.1. Contoh komposisi persentase kandungan kopi pada sampel campuran 2 jenis kopi.

Nomor sampel	Kandungan spesialti Gayo (berat/berat) (%)	Kandungan kopi asalan Robusta (berat/berat) (%)	Berat total sampel (g)
S1 - S20	100	0	1
S21 - S40	90	10	1
S41 - S60	80	20	1
S61 - S80	70	30	1
S81 - S100	60	40	1
S101 - S120	50	50	1
S121 - S140	40	60	1
S141 - S160	30	70	1
S161 - S180	20	80	1
S181 - S200	10	90	1

Tabel 4.2. Contoh komposisi persentase kandungan kopi pada sampel campuran 3 jenis kopi.

Nomor sampel	Kandungan spesialti Gayo (berat/berat) (%)	Kandungan spesialti Flores (berat/berat) (%)	Kandungan kopi asalan Robusta (berat/berat) (%)	Berat total sampel (g)
S1 - S20	100	0	0	1
S21 - S40	90	5	5	1
S41 - S60	80	10	10	1
S61 - S80	70	15	15	1
S81 - S100	60	20	20	1
S101 - S120	50	25	25	1
S121 - S140	40	30	30	1
S141 - S160	30	35	35	1
S161 - S180	20	40	40	1
S181 - S200	10	45	45	1



Gambar 4.1. Prosedur penyiapan sampel larutan kopi (Souto et al., 2015b; Suhandy et al., 2016b) dan pengambilan spektra sampel kopi.

4.3. Prosedur Ekstraksi Sampel Larutan Kopi

Proses ekstraksi sampel larutan kopi dilakukan sebagai berikut: pertama timbang setiap sampel

kopi bubuk sebanyak 1 gram dan masukkan ke dalam gelas ukur. Tambahkan ke dalam gelas ukur 50 ml air distilasi bersuhu 90-98°C kemudian diaduk selama 10 menit. Setelah itu larutan disaring menggunakan kertas filter. Ekstrak larutan kopi hasil penyaringan kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruang (sekitar 24-25°C). Setelah itu ekstrak larutan hasil penyaringan diencerkan dengan menggunakan air distilasi dengan perbandingan 1:20 (volume/volume). Secara lengkap prosedur ekstraksi sampel larutan kopi dapat dilihat pada Gambar 4.1.

4.4. Pengukuran Spektra UV-Vis

Ekstrak larutan kopi yang telah diencerkan kemudian siap untuk diambil spektranya. Pengukuran spektra dilakukan segera setelah sampel dibuat menggunakan spektrometer UV-Vis (Genesys 10s, Thermo, USA) yang dilengkapi dengan sel kuvet (seperti terlihat di Gambar 3). Spektra diambil pada rentang panjang gelombang 190-400 nm dengan interval 1 nm. Pengambilan spektra untuk sampel dan referensi dilakukan dengan mode transmitan dengan resolusi spektra sebesar 1 nm. Untuk data spektra referensi diperoleh dengan cara mengukur spektra air distilasi. Nilai absorban spektra sampel dihitung dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut (Suhandy *et al.*, 2012c):

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

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

4.5. Analisis Data (*Data analysis*)

Pertama-tama dari 200 sampel (baik kualitatif maupun kuantitatif) yang ada kemudian dikelompokkan dalam dua set sampel yaitu set sampel untuk membangun model diskriminasi (kualitatif) atau model kalibrasi (kuantitatif) dan satu set sampel lagi untuk proses uji validasi. Model diskriminasi dan kalibrasi akan dibangun untuk *original* dan spektra olahan (*Savitzky-Golay derivative*, *Smoothing*, *Standard Normal Variate*, dan *Multiplicative Scatter Correction*). Untuk uji validasi dilakukan dengan *t-test* menggunakan model kalibrasi yang dibangun dengan menggunakan sampel yang berbeda. *T-test* merupakan salah satu metode validasi yang tersedia dalam program **The Unscrambler** versi 9.7 (CAMO AS, Norway). Model diskriminasi dibangun menggunakan metode PLS-DA (*partial least squares-discriminant analysis*) dan metode SIMCA (*soft independent modelling of class analogies*). Sedangkan model kalibrasi dan validasi dibangun menggunakan metode *partial least squares (PLS) regression*. Semua proses tersebut dapat dilakukan oleh perangkat lunak khusus pengolah data *multivariate The Unscrambler* versi 9.7. Kemudian perangkat lunak SPSS (*Statistical Package for the Social Science*) versi 11.0 digunakan untuk melakukan evaluasi signifikansi level dari setiap model yang dibangun.

4.6. Evaluasi Model Diskriminasi dan Kalibrasi

Statistika terapan digunakan untuk mengevaluasi efisiensi dari model yang dibangun. Beberapa terminologi statistik dibutuhkan untuk mendapatkan interpretasi yang benar terhadap hasil analisis *UV-Vis spectroscopy* (Tabel 4.3). Kualitas model dikuantifikasi oleh *standard error of calibration (SEC)*, *standard error of prediction (SEP)*, *ratio prediction to deviation (RPD)* dan *multiple coefficient of determination (R²)* antara nilai kandungan Arabika atau Robusta aktual dan prediksi. Kriteria untuk model yang bagus memiliki SEC rendah, SEP rendah, RPD dan R² yang tinggi dengan perbedaan antara SEC dan SEP sekecil mungkin. Selisih SEC dan SEP yang terlalu besar menunjukkan bahwa dalam model tersebut terlalu banyak faktor yang terlibat sehingga *noise* pun ikut terlibat dalam model kalibrasi yang dibangun tersebut (Gomez *et al.*, 2006).

Tabel 4.3. Terminologi statistik terapan yang digunakan untuk mengevaluasi model diskriminasi dan kalibrasi.

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

x : Nilai *Reference*

y : Nilai prediksi oleh *UV-Vis Spectroscopy*

N : Jumlah sampel

R²: *The multiple coefficient of determination.*

SEC: *Standard error of calibration.*

SEP: *Standard error of prediction.*

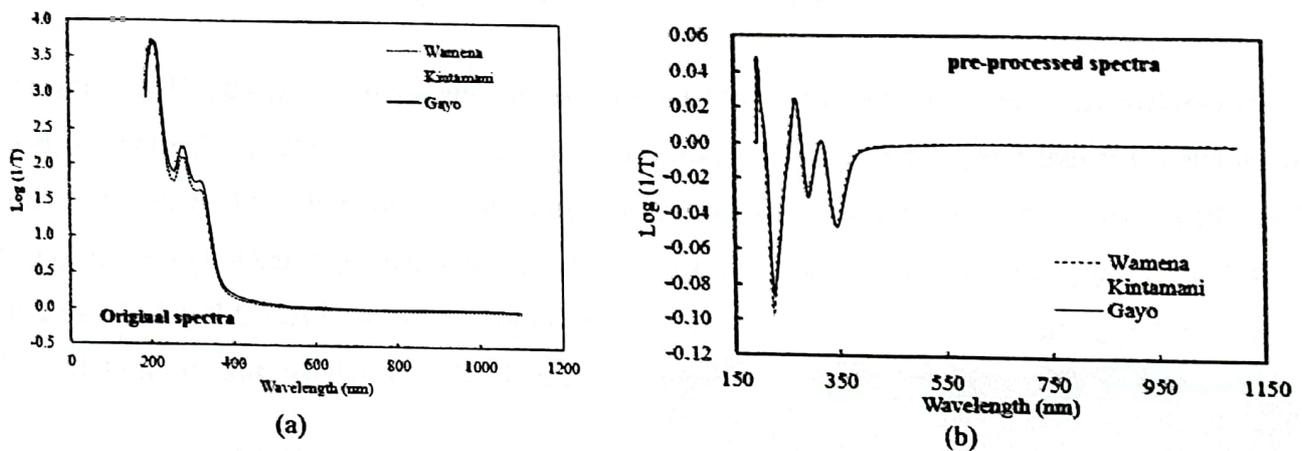
Bias: *Rataan selisih antara nilai reference dan nilai prediksi oleh UV-Vis Spectroscopy.*

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

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

1. Penggunaan PLS-DA dan Kemometrika Untuk Penentuan Asal Geografis Tiga Kopi Spesialti Indonesia

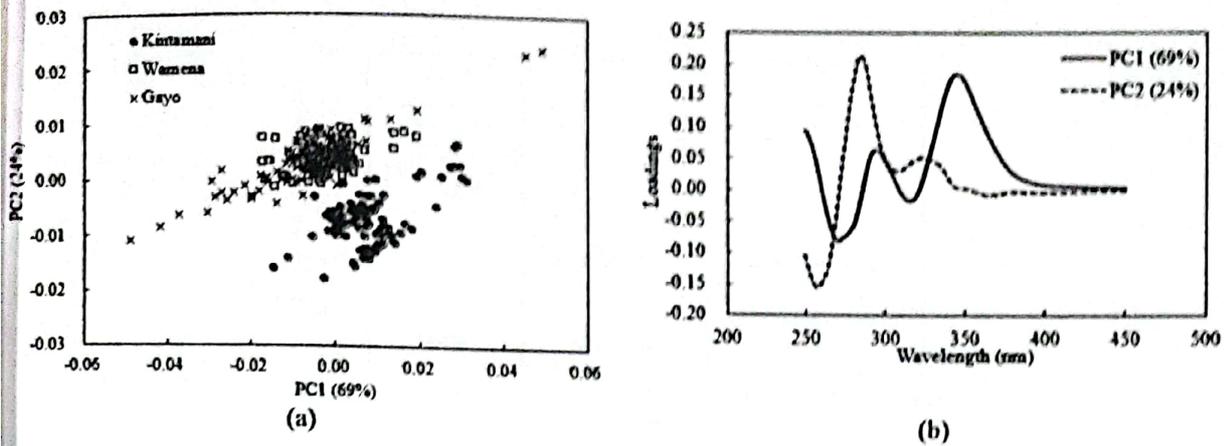
Gambar 5.1 menunjukkan spektra rata-rata original dan spektra olahan untuk tiga jenis kopi spesialti yang berbeda. Secara umum dapat dikatakan bahwa intensitas absorbansi dapat ditemukan di kisaran panjang gelombang 190-400 nm. Kisaran panjang gelombang ini berhubungan dengan elektronik transisi $n \rightarrow \pi^*$ untuk senyawa caffeine, chlorogenic acids, dan trigonelline. Untuk tahap selanjutnya maka kisaran panjang gelombang 250-450 nm dipakai untuk analisis PCA dan PLS-DA.



Gambar 5.1. Spektra rata-rata original dan olahan untuk tiga jenis kopi spesialti yang berbeda di kisaran panjang gelombang 190-1100 nm. Spektra Original (a) Spektra Olahan (b).

Hasil analisis PCA ditunjukkan di Gambar 2 (a). PCA menunjukkan bahwa PC1 menjelaskan keragaman data sebesar 69% sedangkan untuk PC2 sebesar 24%. Secara kumulatif maka PC1 dan PC2 mampu menjelaskan keragaman data sebesar 93% (CPV= 93%) dan ini memenuhi syarat bahwa untuk analisis PCA maka CPV yang dapat diterima minimal berkisar antara 70%-85%. Dari Gambar 2 juga dapat dilihat bahwa kopi Kintamani dapat dibedakan secara baik dengan kopi Wamena dan kopi Gayo.

Gambar 2 (b) menunjukkan nilai loading dari analisis PCA untuk sampel kopi spesialti. Dari nilai loading dapat diketahui panjang gelombang yang memiliki kontribusi signifikan dalam analisis PCA yaitu panjang gelombang dengan nilai loading tinggi (positif atau negatif loading). Panjang gelombang 275 nm berkorespondensi dengan absorbansi kafein. Kemudian panjang gelombang 325 nm berkorespondensi dengan absorbansi senyawa trigonelline dan asam kafeik. Berikutnya adalah panjang gelombang 350 nm yang berkorespondensi dengan absorbansi asam klorogenat.

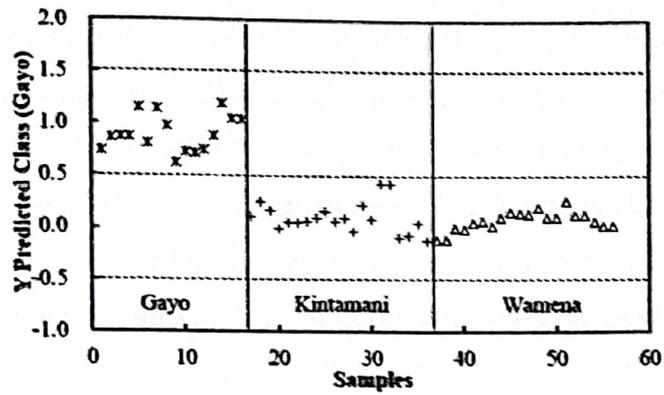


Gambar 5.2. Hasil analisis PCA untuk tiga jenis kopi spesialti menggunakan spektra olahan (a) dan nilai loading untuk PC1 dan PC2 hasil analisis PCA (b).

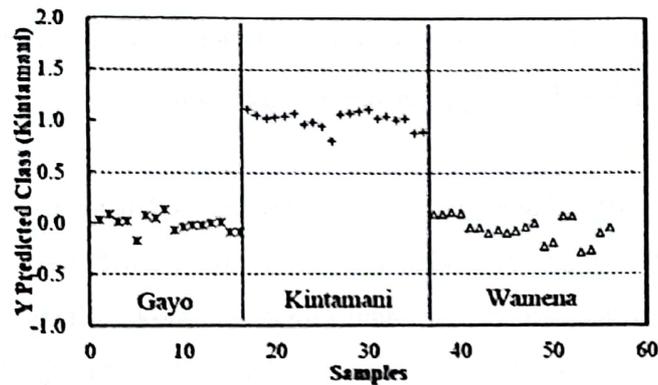
Model PLS-DA dibangun menggunakan dua tipe spektra yaitu spektra original dan spektra olahan di panjang gelombang 250-450 nm. Hasilnya ditampilkan di Tabel 5.1. Dari Tabel 5.1 maka dapat dilihat model PLS-DA terbaik diperoleh untuk tipe spektra olahan kombinasi MOV+SNV+MSC+SG dengan menggunakan 8 peubah laten untuk kopi Gayo, 6 untuk kopi Kintamani dan 7 untuk kopi Wamena. Model PLS-DA untuk kelas kopi Kintamani memiliki kualitas model tertinggi dengan nilai $R^2 = 0.984$ untuk kalibrasi dan $R^2 = 0.957$ untuk validasi.

Tabel 5.1. Hasil pengembangan model PLS-DA untuk penentuan origin kopi spesialti Indonesia menggunakan spektra original dan olahan di panjang gelombang 250-450 nm. Model PLS-DA terbaik ditandai dengan cetak tebal.

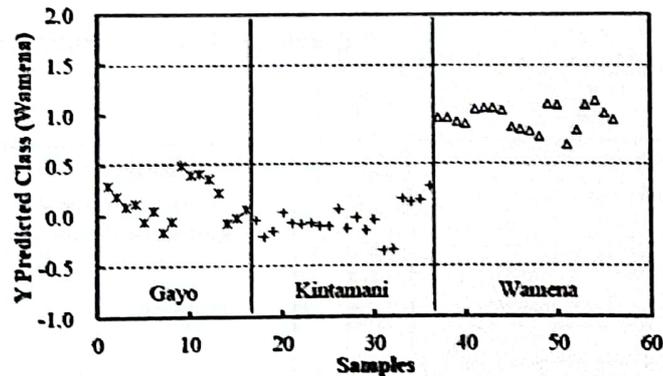
Tipe data spektra	LV	Kelas	$R^2_{\text{calibration}}$	$R^2_{\text{validation}}$	RMSEC	RMSECV
Original spectra	8	Gayo	0.833	0.802	0.192861	0.210729
	15	Kintamani	0.987	0.964	0.053340	0.089200
	8	Wamena	0.838	0.773	0.189526	0.225465
MOV 9s	6	Gayo	0.704	0.608	0.256264	0.296223
	11	Kintamani	0.972	0.962	0.078475	0.092007
	6	Wamena	0.711	0.652	0.253415	0.279151
SNV	7	Gayo	0.821	0.787	0.199214	0.218579
	4	Kintamani	0.957	0.953	0.097552	0.102213
	6	Wamena	0.773	0.748	0.224573	0.237526
MSC	7	Gayo	0.823	0.781	0.198196	0.221629
	4	Kintamani	0.957	0.954	0.097352	0.102020
	6	Wamena	0.777	0.751	0.222752	0.236018
MSC + SG 1d (ordo:2; windows:9)	7	Gayo	0.749	0.723	0.236250	0.249363
	4	Kintamani	0.957	0.954	0.097303	0.101822
	6	Wamena	0.715	0.684	0.251667	0.266261
MOV 9s+ SNV+MSC+SG 1d (ordo:2; windows:9)	8	Gayo	0.873	0.843	0.167853	0.184941
	6	Kintamani	0.984	0.957	0.060111	0.098242
	7	Wamena	0.889	0.876	0.156712	0.166681



(a) Kelas Gayo.



(b) Kelas Kintamani.



(c) Kelas Wamena.

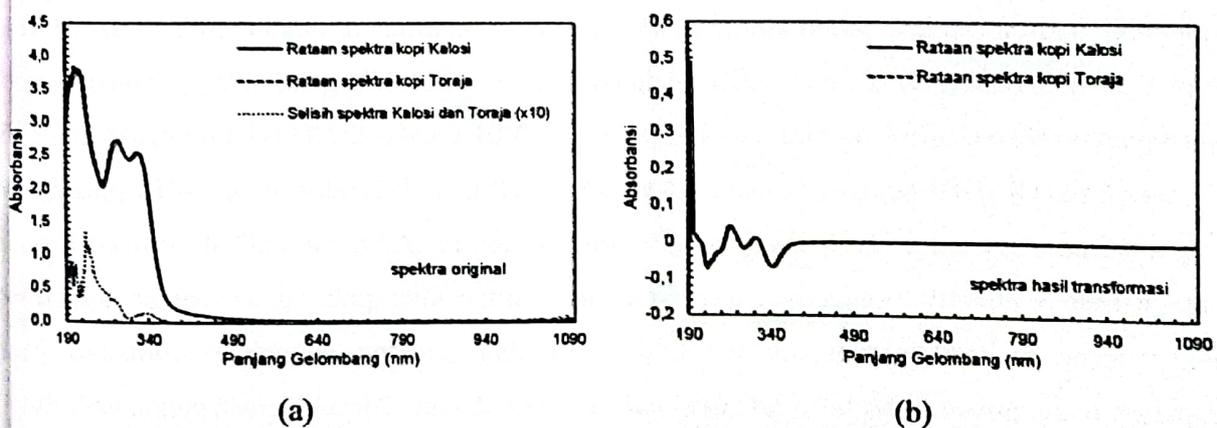
Gambar 5.3. Hasil klasifikasi PLS-DA untuk sampel prediksi. (a) Kelas Gayo (*), (b) Kelas Kintamani (+), dan (c) Kelas Wamena (Δ).

Gambar 5.3 menunjukkan hasil prediksi yang diperoleh dengan menggunakan model PLS-DA untuk kopi Gayo, Kintamani dan Wamena. Dengan menggunakan nilai threshold sebesar 0.5 maka hasil prediksi menggunakan model PLS-DA berhasil mengklasifikasikan sampel prediksi ke dalam kelas yang sesuai yaitu kelas Gayo, Kintamani dan Wamena dengan nilai akurasi sebesar 100% untuk seluruh kelas yang diuji.

5.2. Klasifikasi Kopi Bubuk Spesialti Kalosi dan Toraja Menggunakan UV-Visible Spectroscopy dan Metode PLS-DA.

Gambar 5.4 adalah spektra original rata-rata 100 sampel dari masing-masing kopi (Kalosi dan Toraja) pada rentang panjang gelombang 190-1100 nm (911 variabel panjang gelombang). Spektra original adalah data spektra hasil pengukuran spektrometer tanpa proses transformasi spektra. Secara umum bentuk spektra original yang diperoleh sangat identik dengan bentuk spektra kopi lainnya yang sudah dilaporkan seperti kopi luwak (Yulia dan Suhandy, 2017) dan kopi lanang (Suhandy dan Yulia, 2017). Dari Gambar 1 terlihat kedua rata-rata spektra nilainya sangat berdekatan dan sulit membedakan kedua jenis kopi (Kalosi dan Toraja) dari spektra original. Untuk melihat perbedaan kedua spektra rata-rata maka dihitung juga nilai selisih spektra Kalosi dan Toraja. Untuk memperjelas nilai selisih yang diperoleh kemudian dikalikan 10 dan hasilnya terlihat di Gambar 5.4. Sekarang tampak jelas kontribusi spektra di rentang 250 hingga 450 nm untuk membedakan kopi Kalosi dan Toraja. Rentang panjang gelombang 450-1100 nm sangat kecil kontribusinya terlihat dari nilai selisih kedua jenis spektra yang mendekati 0.

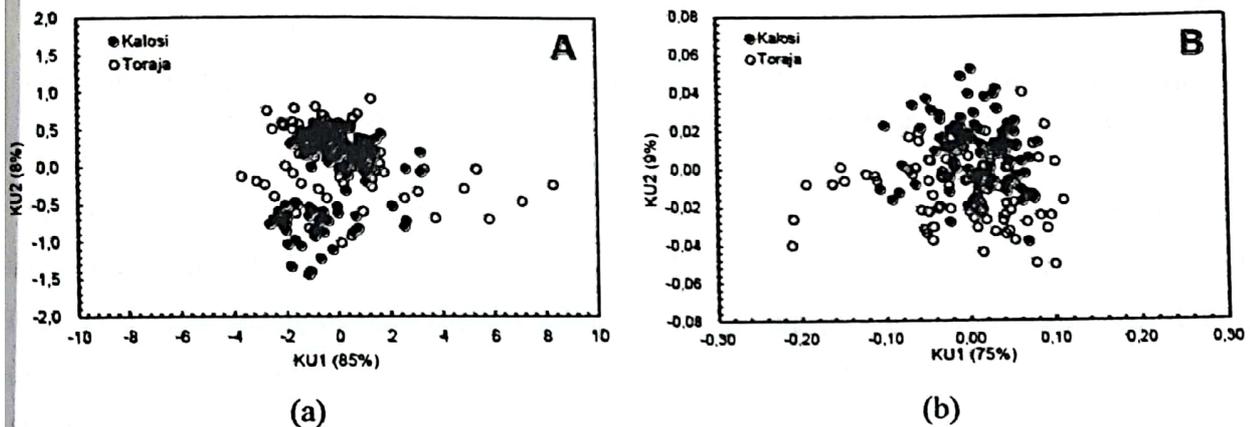
Spektra original biasanya masih banyak mengandung *noise* atau informasi yang tidak penting yang bila tidak dihilangkan maka dapat menurunkan kehandalan (*robustness*) model klasifikasi yang dihasilkan. Untuk meningkatkan kualitas spektra maka proses transformasi data spektra dilakukan dengan menggunakan 4 algoritma yaitu Savitzky-Golay *smoothing* (SGS), standard normal variate (SNV), *multiplicative scatter correction* (MSC) dan Savitzky-Golay 1st *derivative* (SGD1). Hasil transformasi data spektra ditunjukkan di Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Spektra rata-rata kopi Kalosi dan Toraja untuk panjang gelombang 190-1100 nm. (a) Spektra original (b) Spektra hasil transformasi.

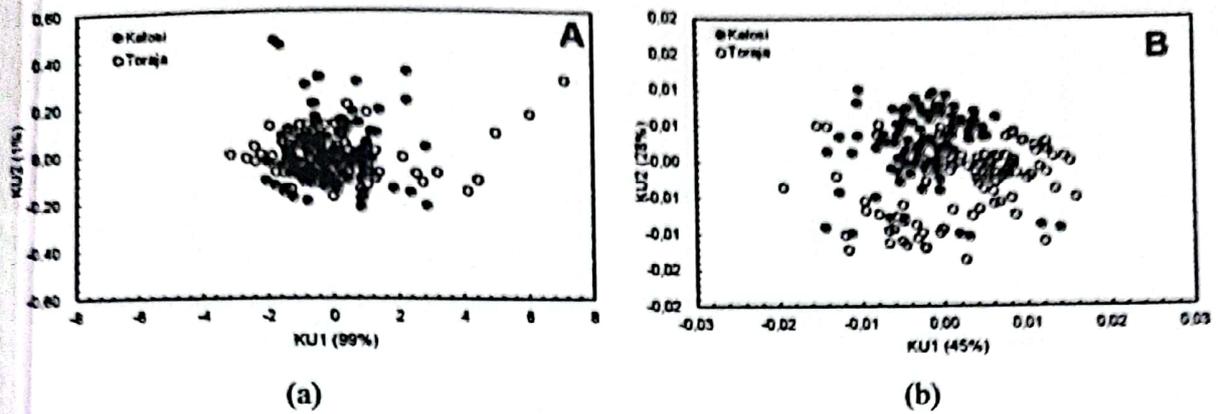
Gambar 5.5 menunjukkan hasil *principal component analysis* (PCA) atau analisis komponen utama (AKU) untuk spektra original (190-1100 nm) (Gambar 5.5A) dan spektra hasil transformasi (190-1100 nm) (Gambar 5.5B). Untuk spektra original (190-1100 nm) diperoleh komponen utama ke-1 (KU1) mampu menjelaskan varian data spektra sebesar 85% dan komponen utama ke-2 (KU2) sebesar 8% dengan total KU1+KU2 sebesar 93%. Dapat dilihat bahwa menggunakan data spektra

original dan melibatkan semua panjang gelombang 190-1100 nm, proses pemisahan sampel kopi Kalosi dan Toraja masih sangat sulit di mana sampel kedua jenis kopi saling bertumpuk. Untuk spektra hasil transformasi dan menggunakan panjang gelombang 190-1100 nm, hasil AKU dengan KU1 sebesar 75% dan KU2 sebesar 9% (total KUI dan KU2 sebesar 84%) ditunjukkan di Gambar 5.5B. Terlihat proses pemisahan kedua jenis kopi masih cukup sulit meskipun yang digunakan adalah spektra hasil transformasi.



Gambar 5.5. Plot hasil analisis komponen utama (AKU) kopi Kalosi dan Toraja untuk panjang gelombang 190-1100 nm. (a) Spektra original (b) Spektra hasil transformasi.

Untuk melihat pengaruh rentang panjang gelombang terhadap hasil analisis pemisahan sampel maka dibuat plot AKU untuk spektra original (250-450 nm) dan spektra hasil transformasi (250-450 nm). Hasilnya ditunjukkan di Gambar 5.6A dan 5.6B. Terlihat untuk spektra original, penggunaan rentang panjang gelombang 250-450 nm untuk analisis AKU memiliki nilai KU1 dan KU2 sebesar 99% dan 1% (total KUI+KU2 sebesar 100%). Untuk spektra hasil transformasi pada rentang panjang gelombang 250-450 nm nilai KU1 dan KU2 sebesar 45% dan 28% (total KUI+KU2 sebesar 73%). Seperti terlihat di Gambar 5.6A, untuk spektra original hasil AKU tetap menghasilkan proses pemisahan sampel yang cukup sulit untuk kopi Toraja dan kopi Kalosi. Namun demikian, spektra hasil transformasi dengan panjang gelombang 250-450 nm memperlihatkan adanya potensi pemisahan antara sampel kopi Toraja dan kopi Kalosi. Dari hasil ini dapat disimpulkan data spektra hasil transformasi pada panjang gelombang 250-450 nm memiliki informasi memadai untuk identifikasi sekaligus klasifikasi kopi Toraja dan kopi Kalosi. Hasil ini juga menunjukkan betapa pentingnya melakukan analisis spektra (proses transformasi dan pemilihan panjang gelombang tertentu) sebelum data spektra digunakan untuk analisis berikutnya baik untuk keperluan studi kualitatif maupun kuantitatif.

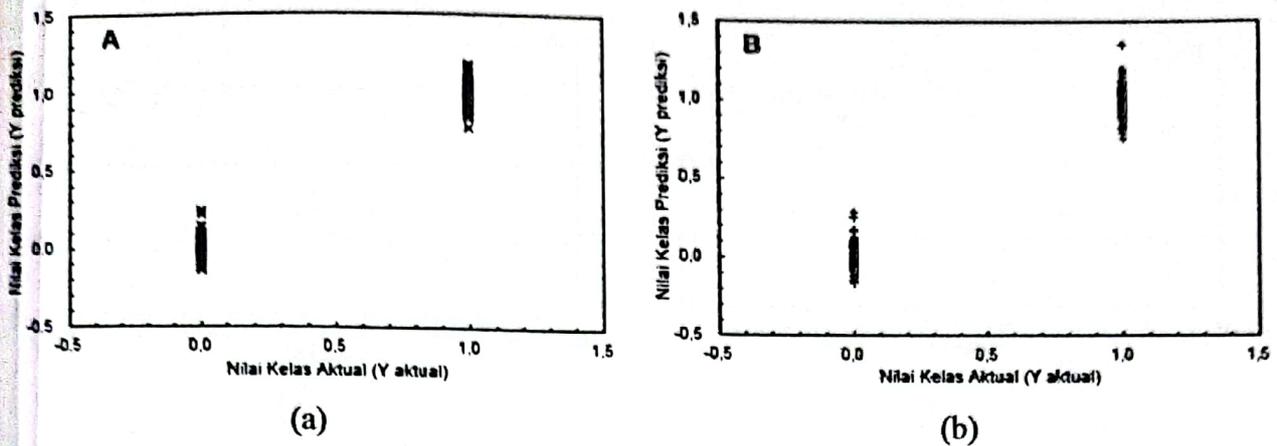


Gambar 5.6. Plot hasil analisis komponen utama (AKU) kopi Kalosi dan Toraja untuk panjang gelombang 250-450 nm. (a) Spektra original (b) Spektra hasil transformasi.

Untuk proses klasifikasi maka model klasifikasi kopi Kalosi dan kopi Toraja dibangun dengan menggunakan metode PLS-DA. Ada 4 tipe model PLS-DA yang dibangun yaitu model PLS-DA1 dibangun dengan menggunakan spektra original dan rentang panjang gelombang 190-1100 nm, model PLS-DA2 dibangun dengan menggunakan spektra original dan rentang panjang gelombang 250-450 nm, model PLS-DA3 dibangun dengan menggunakan spektra hasil transformasi dan rentang panjang gelombang 190-1100 nm serta model PLS-DA4 dibangun dengan menggunakan spektra hasil transformasi dan rentang panjang gelombang 250-450 nm. Seluruh model dibangun dengan sampel sebanyak 168 sampel dengan metode validasi *full cross-validation*. Hasilnya dapat dilihat di Tabel 5.2. Jumlah faktor PLS yang optimal dan dipilih ditentukan menggunakan nilai RMSECV (*root mean squared error of cross-validation*). Faktor PLS yang terpilih bersesuaian dengan nilai RMSECV yang terkecil. Dari Tabel 5.2 terlihat bahwa model PLS-DA4 dengan menggunakan spektra hasil transformasi dan panjang gelombang 250-450 nm menghasilkan kualitas model klasifikasi PLS-DA terbaik dengan nilai koefisien determinasi tertinggi baik untuk kalibrasi ($R^2_{kal}=0.977$) maupun validasi ($R^2_{val}=0.966$). Plot model PLS-DA4 untuk kalibrasi dan validasi ditunjukkan di Gambar 5.7.

Tabel 5.2. Hasil pengembangan model PLS-DA untuk klasifikasi kopi Kalosi dan Toraja.

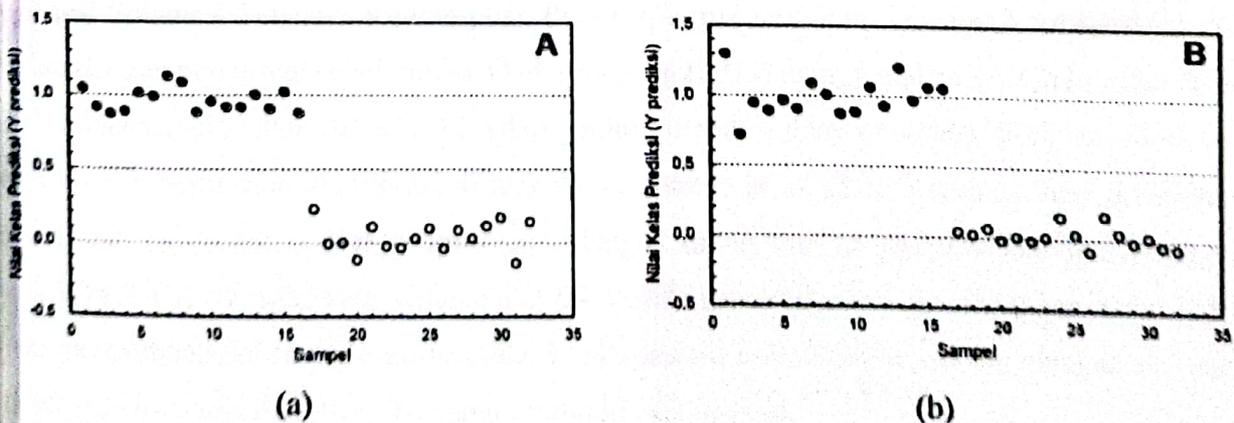
Tipe Model	Faktor PLS	R^2_{kal}	R^2_{val}	RMSEC	RMSECV
Model PLS-DA1	5	0.965	0.952	0.093573	0.109898
Model PLS-DA2	7	0.972	0.956	0.084285	0.105345
Model PLS-DA3	9	0.975	0.958	0.078283	0.102929
Model PLS-DA4	7	0.977	0.966	0.076508	0.092235



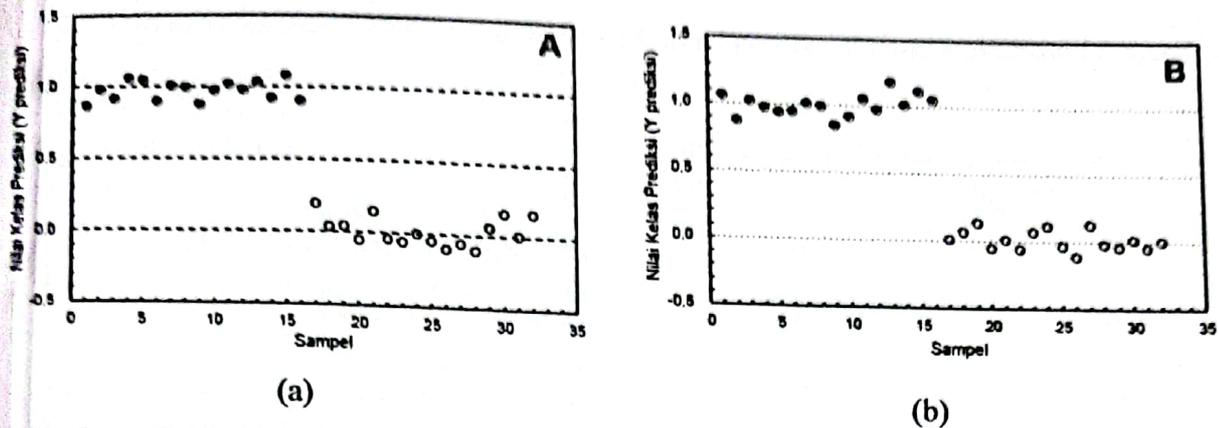
Gambar 5.7. Plot model PLS-DA4 (terbaik) untuk klasifikasi kopi Kalosi dan Toraja (a) Kalibrasi (b) Validasi.

Klasifikasi sampel prediksi menggunakan model PLS-DA

Model klasifikasi PLS-DA yang telah dibangun kemudian digunakan untuk proses klasifikasi sampel prediksi (16 sampel kopi Kalosi dan 16 sampel kopi Toraja). Hasil klasifikasi secara visual dapat dilihat di Gambar 5.8 untuk spektra original dan Gambar 5.9 untuk spektra hasil transformasi. Nilai *threshold* sebesar 0.5 digunakan sebagai acuan untuk menilai apakah sampel prediksi termasuk ke dalam kelas Kalosi ($Y = 1$) atau Toraja ($Y = 0$). Seperti terlihat di Gambar 5.8 dan 5.9, seluruh sampel prediksi dapat diklasifikasikan secara benar ke dalam kelas masing-masing untuk spektra original dan hasil transformasi dan untuk rentang panjang gelombang penuh 190-1100 nm dan panjang gelombang terpilih 250-450 nm.



Gambar 5.8 Hasil prediksi untuk klasifikasi kopi Kalosi (●) dan kopi Toraja (○) menggunakan model PLS-DA spektra original (a) panjang gelombang 190-1100 nm (b) panjang gelombang terpilih 250-450 nm.



Gambar 5.9. Hasil prediksi untuk klasifikasi kopi Kalosi (●) dan kopi Toraja (○) menggunakan model PLS-DA spektra hasil transformasi (a) panjang gelombang 190-1100 nm (b) panjang gelombang terpilih 250-450 nm.

Untuk menghitung nilai sensitivitas, spesifisitas dan akurasi dari hasil klasifikasi ini maka hasil klasifikasi secara kuantitatif dideskripsikan pada sebuah tabel matriks konfusi (*confusion matrix*) seperti terlihat di Tabel 5.3. Dengan menggunakan persamaan (1), (2), (3) dan (4) maka dari Tabel 5.3 diperoleh nilai sensitifitas, spesifisitas dan akurasi sebesar 100% untuk semua model PLS-DA. Nilai MCC yang diperoleh sebesar 1 untuk semua model PLS-DA. Hasil ini menunjukkan potensi penggunaan teknologi *UV-Visible spectroscopy* dan metode PLS-DA untuk proses diskriminasi kopi bubuk Kalosi dan Toraja. Teknologi ini dapat digunakan sebagai dasar pengembangan sistem uji keaslian atau otentifikasi kopi bubuk asal Sulawesi Selatan (Kalosi dan Toraja).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan potensi penggunaan *UV-visible spectroscopy* dan metode PLS-DA untuk uji keaslian (*authentication*) kopi spesialti secara umum di Indonesia (tidak terbatas kopi asal Sulawesi Selatan). Kemampuan PLS-DA untuk proses uji keaslian kopi spesialti ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya. Ozdestan *et al.* (2013) menggunakan *proton transfer reaction-mass spectrometry* dan metode PLS-DA untuk membedakan beberapa kopi spesialti dengan persentase keberhasilan klasifikasi di atas 90%. Botelho *et al.* (2017) berhasil mengklasifikasikan kopi Brasil berdasarkan asal geografisnya dengan menggunakan *fluorescence spectroscopy* dan metode PLS-DA. Dengan ketersediaan alat *UV-visible spectrometer* yang cukup banyak di Indonesia maka pengembangan metode uji keaslian kopi spesialti asal Indonesia menggunakan metode *UV-visible spectroscopy* dan PLS-DA sangat mungkin dihilirisasi.

5.3. Matriks konfusi untuk hasil klasifikasi sampel prediksi menggunakan model klasifikasi PLS-DA.

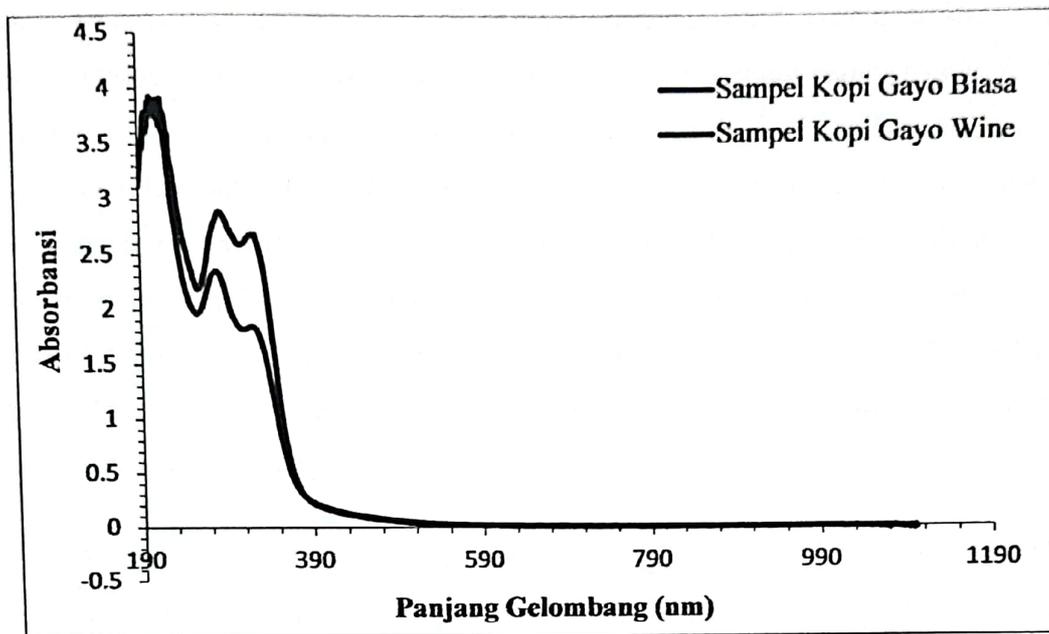
Model PLS-DA			Sampel kopi Kalosi (aktual)	Sampel kopi Toraja (aktual)
Model A1	PLS-	Sampel kopi Kalosi (prediksi oleh PLS-DA)	16	0
		Sampel kopi Toraja (prediksi oleh PLS-DA)	0	16
Model A2	PLS-	Sampel kopi Kalosi (prediksi oleh PLS-DA)	16	0
		Sampel kopi Toraja (prediksi oleh PLS-DA)	0	16
Model A3	PLS-	Sampel kopi Kalosi (prediksi oleh PLS-DA)	16	0
		Sampel kopi Toraja (prediksi oleh PLS-DA)	0	16
Model A4	PLS-	Sampel kopi Kalosi (prediksi oleh PLS-DA)	16	0
		Sampel kopi Toraja (prediksi oleh PLS-DA)	0	16

Studi Diskriminasi Kopi Gayo Wine Menggunakan UV-Visible Spectroscopy dan Metode SIMCA

Kopi arabika Gayo merupakan kopi yang diproduksi di Kabupaten Bener Meriah, Aceh Tengah, dan Lues. Ketiga daerah tersebut berada di wilayah Sumatera Indonesia. Kopi Gayo *wine* memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan kopi Gayo biasa. Hal tersebut disebabkan oleh proses produksinya yang berbeda, produksi pada kopi Gayo wine mengalami masa fermentasi beberapa kali dengan kurun waktu yang cukup lama sedangkan pada kopi Gayo biasa hanya mengalami masa fermentasi satu kali. Berdasarkan hal tersebut, terdapat perbedaan kandungan antara kopi Gayo *wine* dengan kopi Gayo biasa sehingga nilai absorban kedua kopi tersebut juga berbeda.

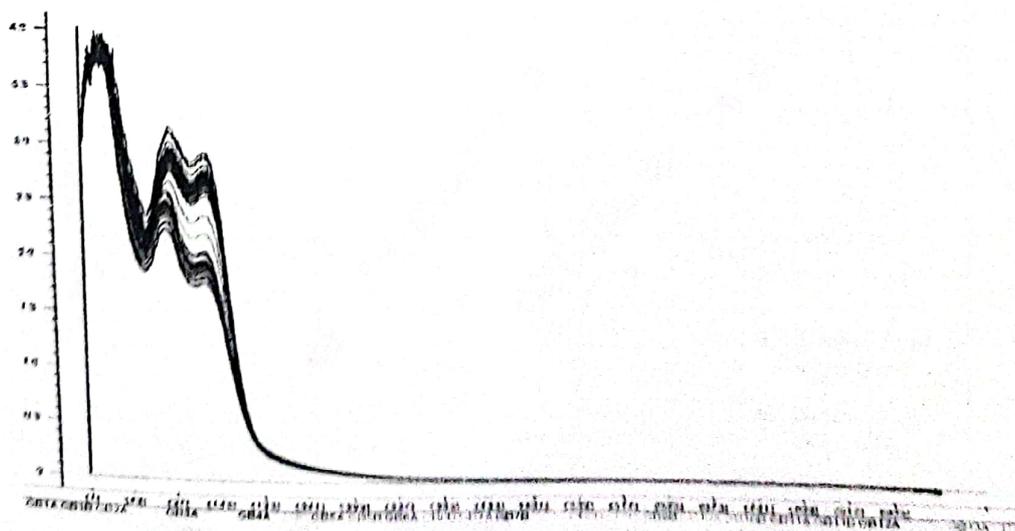
Pengambilan spektra kopi Gayo *wine* dan kopi Gayo biasa menggunakan alat *UV-Vis Spectroscopy* dengan panjang gelombang 190 - 1100 nm. Sampel disinari dengan cahaya yang berasal dari *light source* dengan *Xenon Flash Lamp* yang dipasangkan pada spektrometer. Pada bagian ujung *fiber optic* terdapat *detector* yang berfungsi sebagai perekam gambaran atau hasil berupa spektra dari sampel yang telah diambil spektranya dengan panjang gelombang tertentu. Jenis *detector* yang digunakan dalam spektrometer yaitu *Dual Silicon Photodiodes*. Data spektra dari detektor disimpan *flash disk* kemudian disusun ke dalam *Microsoft Excel*. Pada *Microsoft Excel* dibuat rata-rata data pada masing-masing jenis sampel kemudian dibuat grafik yang menunjukkan tampilan perbedaan

pektra pada kopi Gayo *wine* dan kopi Gayo biasa. Hasil rata-rata kandungan spektra pada tampilan *Microsoft Excel* dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10. Grafik original pada panjang gelombang 190-1100 nm.

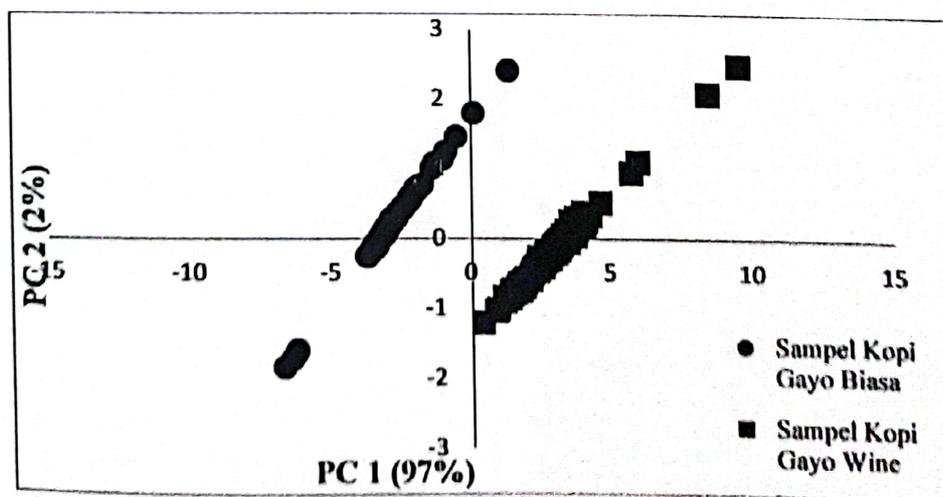
Data tersebut menunjukkan garis yang mengalami perbedaan pada hasil absorban yaitu pada panjang gelombang 200-350 nm. Pada grafik tersebut adalah perbedaan kandungan pada kedua sampel kopi. Pada kopi Gayo *wine* memiliki garis yang lebih tinggi dibandingkan garis pada kopi Gayo biasa, karena jika kandungan senyawa dalam kopi lebih tinggi maka nilai absorban juga lebih tinggi. Dengan adanya perbedaan nilai absorban tersebut maka kopi Gayo biasa dan kopi Gayo *wine* dapat dibedakan secara kualitatif.



Gambar 5.11. UV-Visible spektrum seluruh sampel.

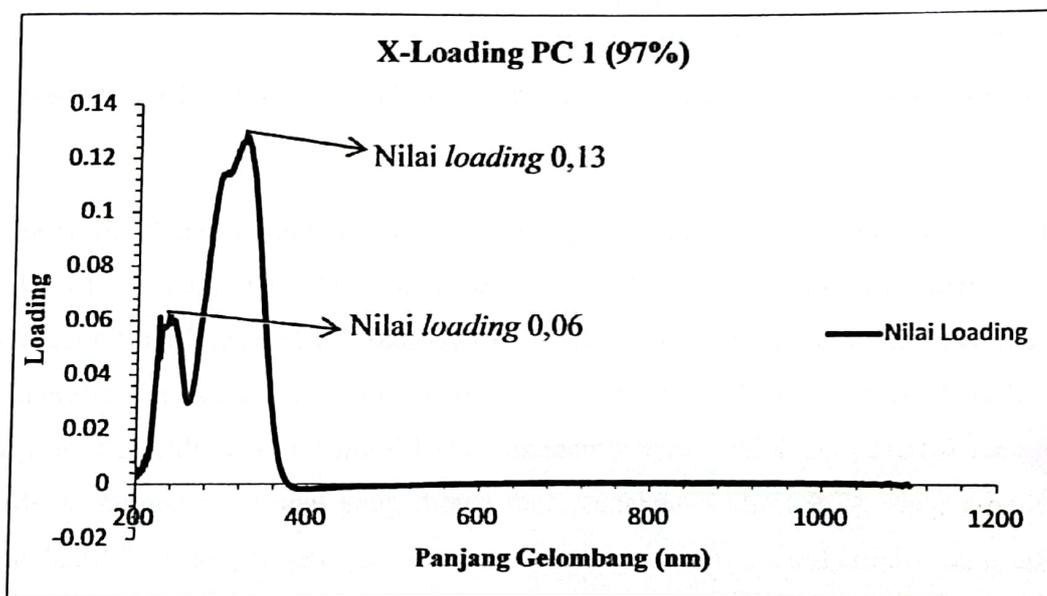
Gambar 5.11 menunjukkan spektra original untuk sampel kopi Gayo dan kopi biasa. Dari kedua jenis sampel yaitu kopi Gayo biasa dan kopi Gayo *wine* terlihat jelas perbedaannya meskipun kedua kopi tersebut berasal dari kopi arabika Gayo yang sama. Setelah melewati panjang gelombang kisaran 350 hingga 1.100 nm grafik spektra yang terlihat sama dan terlalu rendah untuk diidentifikasi. Grafik spektra yang didapat memiliki bentuk yang sama namun di beberapa panjang gelombang tertentu memiliki tinggi puncak yang jauh berbeda. Setelah diketahui grafik spektra pada aplikasi *The Unscrambler* versi 9.2, maka dilanjutkan pada tahap selanjutnya yaitu *transpose*. Perintah *transpose* dapat dilakukan dengan cara klik *task* pilih *transform* lalu pilih *transpose*. Kemudian data dianalisis menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dengan cara pilih *task* kemudian pilih *Principal Component Analysis* (PCA) untuk menyelesaikan proses analisis PCA tersebut. Setelah selesai dan hasil plot PCA muncul pada layar terlihat grafik diskriminasi sampel kopi Gayo biasa dan sampel kopi Gayo *wine* akan terpisah.

Pada Gambar 5.12 merupakan hasil plot dari 400 sampel kopi yang terdiri dari 200 sampel kopi Gayo biasa dan 200 sampel kopi Gayo *wine*. Dapat dilihat bahwa kedua jenis sampel kopi tersebut terpisah dan tidak saling bercampur. Meskipun ada beberapa sampel yang letaknya berjauhan dari kelompok sampel, tetapi sampel tersebut masih terikat dalam kumpulan kelompoknya dan tidak bergabung dengan kelas sampel yang berbeda jenis. Dari hasil diskriminasi PCA pada Gambar 5.12 sudah dapat dilihat bahwa sampel kopi Gayo biasa dapat dibedakan dengan sampel kopi Gayo *wine*. Hal tersebut berarti data absorbansi yang diperoleh dari *UV-Vis Spectroscopy* adalah data yang bagus dan konsisten. Hasil plot diskriminasi PCA pada PC1 (97%) dan PC2 (2%), jika dijumlahkan kedua PC tersebut didapatkan hasil total varians sebesar 99%. Hasil total varians tersebut dengan jumlah persentase 99% sudah dapat dikatakan baik untuk membangun sebuah model.

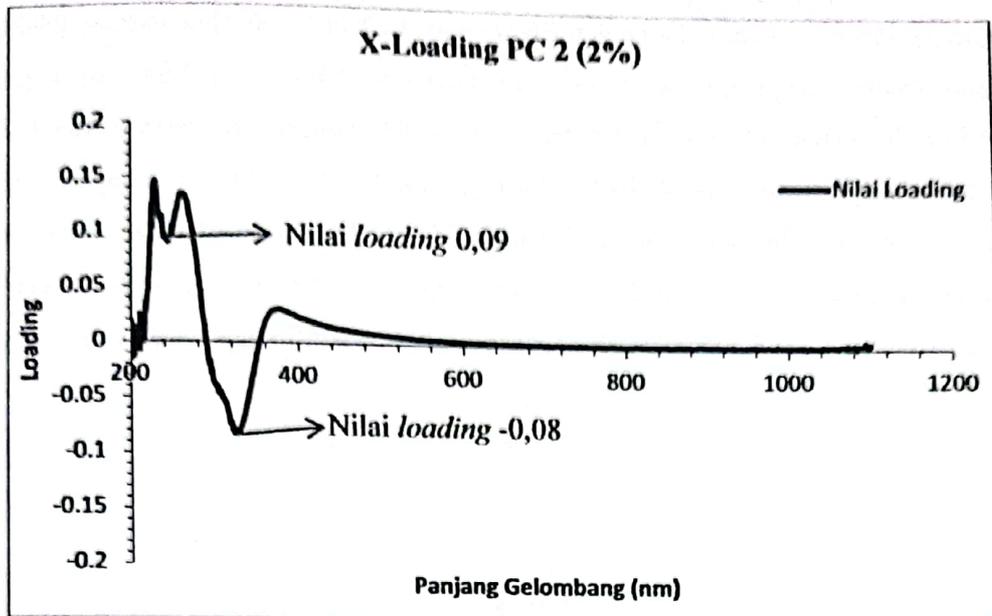


Gambar 5.12. Hasil plot diskriminasi PCA pada 400 sampel kopi prediksi.

Hasil PCA yang diperoleh tidak hanya plot diskriminasi saja, tetapi juga ada grafik *X-Loadings*. Hasil dari grafik *X-Loadings* dapat dilihat panjang gelombang berapa saja yang berkontribusi dalam mendiskriminasi sampel. Terlihat pada Gambar 5.13 pada PC1 menunjukkan bahwa panjang gelombang yang berkontribusi yaitu pada 200–400 nm dan nilainya antara 0 sampai 0.13 dengan dan mampu menjelaskan nilai varians sebesar 97%. Berdasarkan Gambar 5.14 terlihat bahwa nilai PC2 pada 400 sampel kopi, panjang gelombang yang berkontribusi yaitu 200 – 400 nm dan pada PC2 terdapat 2 puncak dengan nilai antara -0.08 sampai 0.09 dan menjelaskan nilai varian sebesar 2%. PC1 dari nilai *loading* memiliki nilai yang besar karena dapat menjelaskan varians dari semua sampel sebesar 97% yang berarti mampu menjelaskan lebih dari 50% varians yang terdapat pada variabel.



Gambar 5.13. Grafik *X-Loadings* PC1 hasil diskriminasi PCA pada 400 sampel.

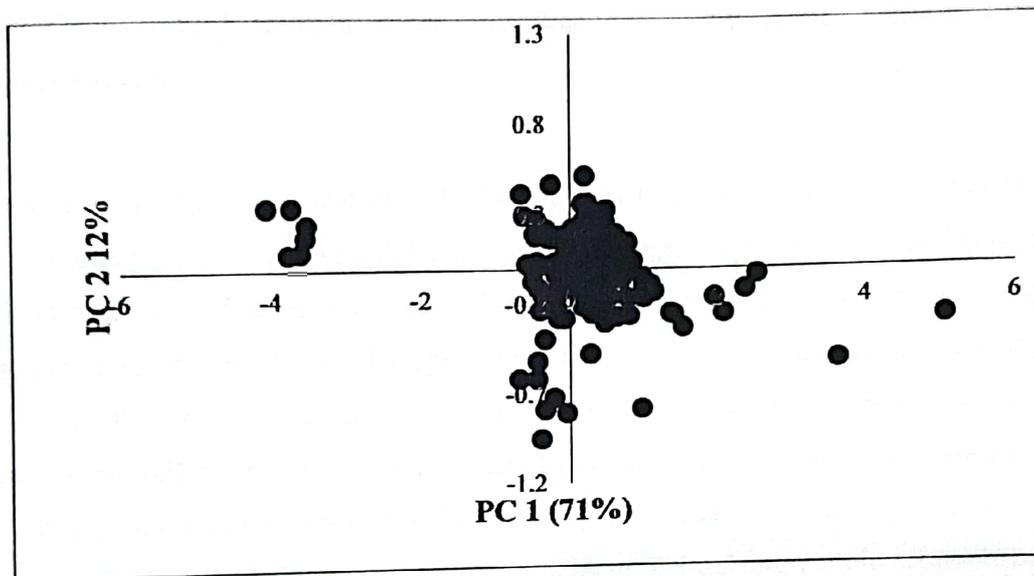


Gambar 5.14. Grafik X-Loading PC2 hasil diskriminasi PCA pada 400 sampel.

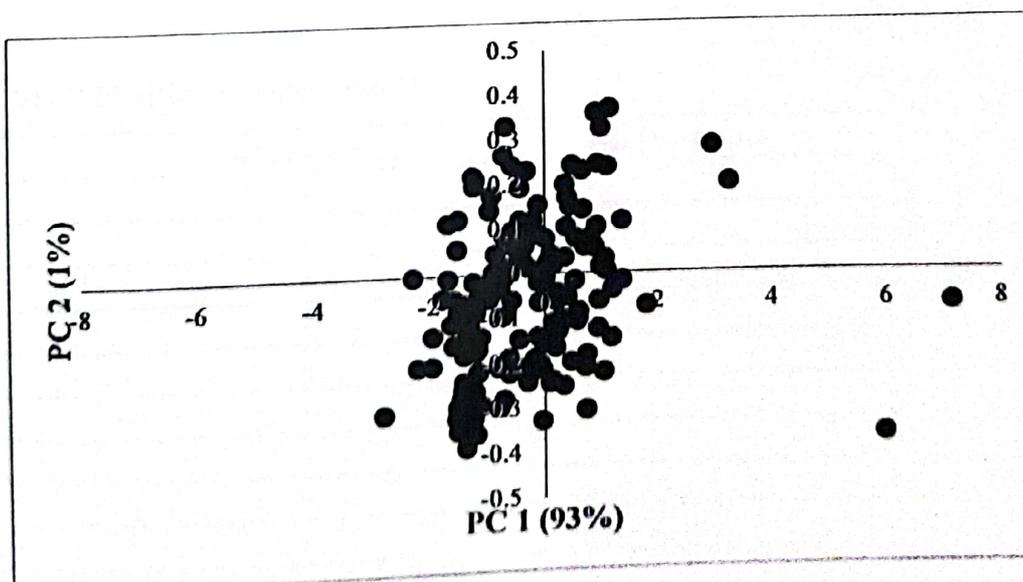
Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh bagus, antara sampel kopi Gayo biasa dan kopi Gayo *wine* dapat terpisah seluruhnya. Tahap selanjutnya yaitu membangun model *Soft Independent Modeling of Class Analogy* (SIMCA). Pada 200 sampel kopi Gayo biasa diambil 160 untuk membuat model dan 40 sampel untuk menguji model, hal tersebut sama berlaku pada kopi Gayo *wine* yaitu dari 200 sampel diambil 160 untuk membangun model dan 40 untuk menguji model. Model SIMCA merupakan model yang dibuat menggunakan analisis PCA yang memiliki tujuan untuk mengidentifikasi sampel baru apakah sampel tersebut memiliki karakteristik yang sama dengan model SIMCA yang telah dibuat. Jika sampel masuk ke dalam SIMCA maka sampel tersebut memiliki karakteristik yang sama dengan sampel model. Namun, apabila sampel tidak masuk ke dalam model SIMCA maka sampel tersebut tidak memiliki karakteristik yang sama dengan model. Sedangkan, jika sampel masuk ke dalam model lebih dari satu berarti sampel tersebut memiliki kesamaan karakteristik dengan lebih dari satu dari model yang dibuat.

Sampel yang digunakan untuk membuat model SIMCA dibagi menjadi 3 bagian yaitu kalibrasi, validasi, dan prediksi. Masing-masing jenis kopi memiliki 200 sampel, kopi Gayo biasa membuat model dari 200 sampel tersebut diambil 100 untuk kalibrasi kopi Gayo biasa, 60 untuk validasi kopi Gayo biasa, dan 40 untuk prediksi kopi Gayo biasa. Hal tersebut sama dengan kopi Gayo *wine*, yaitu dari 200 sampel yang diperoleh diambil 100 untuk kalibrasi kopi Gayo *wine*, 60 untuk validasi kopi Gayo *wine*, serta 40 untuk prediksi kopi Gayo *wine*.

Setelah dibuat sampel kalibrasi, validasi, dan prediksi kemudian dibuat model SIMCA dengan memilih menu *task* pilih *Principal Component Analysis*. Selanjutnya pada kolom *sampel* dipilih kalibrasi validasi set kopi Gayo biasa untuk model SIMCA kopi Gayo biasa dan kalibrasi validasi set kopi Gayo *wine* untuk model SIMCA kopi Gayo *wine*. Pada kolom *variabel* diisi dengan panjang gelombang penuh yaitu *All spektra* (190 – 1100 nm), kemudian klik *OK* dan setelah proses selesai lihat hasilnya lalu disimpan. Hasil dari pembuatan model SIMCA kopi Gayo biasa dan hasil model SIMCA kopi Gayo *wine* dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Gambar 5.16.



Gambar 5.15. Model SIMCA sampel kopi Gayo biasa.



Gambar 5.16. Model SIMCA sampel kopi Gayo *Wine*.

Berdasarkan Gambar 5.15 dan Gambar 5.16, hasil dari model SIMCA kopi Gayo biasa dan model SIMCA kopi Gayo *wine* pada panjang gelombang penuh (190-1.100 nm) sampelnya tersusun berkelompok, meskipun masih ada beberapa model yang sedikit terpencil. Susunan model tersebut merupakan hasil yang diperoleh pada pengolahan aplikasi *The Unscrambler versi 9.2*. Pada model SIMCA kopi Gayo biasa memiliki nilai PC1 sebesar 71% dan nilai PC2 sebesar 12%. Sedangkan pada model SIMCA kopi Gayo *wine* terlihat nilai PC1 sebesar 93% dan PC2 sebesar 1%. Berdasarkan data tersebut, jika dijumlahkan pada kopi Gayo biasa memiliki nilai model SIMCA sebesar 83% dan pada kopi Gayo *wine* sebesar 94%. Setelah dilihat dari hasil nilai PC1 dan PC2 kedua kopi Gayo arabika tersebut dapat dikatakan bagus dan sesuai harapan untuk proses pendiskriminasi kopi.

Model SIMCA kopi Gayo biasa dan model SIMCA kopi Gayo *wine* yang sudah dibuat kemudian dilakukan pengujian menggunakan model menggunakan sampel kopi arabika Gayo biasa dan sampel kopi arabika Gayo *wine*. Sampel yang akan diuji diberi nama prediksi set GB untuk kopi arabika Gayo biasa dan prediksi set GW untuk kopi arabika Gayo *wine*. Masing-masing sampel yang diuji yaitu berjumlah 40 sampel kopi arabika Gayo biasa dan 40 sampel kopi arabika Gayo *wine*. Identifikasi dalam aplikasi *The Unscrambler* dapat dilakukan dengan cara klik *Task* pilih *Classify* kemudian setelah muncul menu baru pada kolom *sampel* diisi dengan Prediksi set kopi Gayo biasa dan kopi Gayo *wine*. Pada kolom variabel dipilih panjang gelombang penuh *All spektra*, dan pada kolom model klik *Add Model* kemudian pilih model SIMCA kopi Gayo biasa dan model SIMCA kopi Gayo *wine*. Klasifikasi model kopi Gayo biasa dan kopi Gayo *wine* dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Hasil klasifikasi model SIMCA.

Sample	Hasil Model Biasa	Hasil Model <i>Wine</i>
GB81A	*	
GB81B	*	
GB82A	*	
GB82B	*	
GB83A	*	
GB83B	*	
GB84A	*	
GB84B	*	
GB85A	*	
GB85B	*	
GB86A	*	
GB86B	*	
GB87A	*	

GB87B	*
GB88A	*
GB88B	*
GB89A	
GB89B	*
GB90A	*
GB90B	*
GB91A	*
GB91B	*
GB92A	*
GB92B	*
GB93A	*
GB93B	*
GB94A	*
GB94B	*
GB95A	*
GB95B	*
GB96A	*
GB96B	*
GB97A	*
GB97B	*
GB98A	*
GB98B	*
GB99A	*
GB99B	*
GB100A	*
GB100B	*
GW81A	*
GW81B	*
GW82A	*
GW82B	*
GW83A	*
GW83B	*
GW84A	*
GW84B	*
GW85A	*
GW85B	*
GW86A	*
GW86B	*
GW87A	*
GW87B	*
GW88A	*
GW88B	*

GW89A	*
GW89B	*
GW90A	*
GW90B	*
GW91A	*
GW91B	*
GW92A	*
GW92B	*
GW93A	*
GW93B	*
GW94A	*
GW94B	*
GW95A	
GW95B	
GW96A	*
GW96B	*
GW97A	*
GW97B	*
GW98A	*
GW98B	*
GW99A	*
GW99B	*
GW100A	*
GW100B	*

Tabel 5.4 menunjukkan bahwa 39 dari 40 sampel prediksi kopi arabika Gayo biasa masuk ke dalam model SIMCA kopi arabika Gayo biasa. Sedangkan pada sampel prediksi kopi arabika Gayo *wine* terdapat 38 sampel dari 40 sampel prediksi kopi Gayo *wine* yang masuk ke dalam model SIMCA kopi Gayo *wine*, terdapat 1 sampel prediksi Gayo biasa yang tidak masuk ke dalam SIMCA Gayo biasa dan terdapat 2 sampel prediksi kopi Gayo *wine* yang tidak masuk ke dalam model SIMCA manapun yaitu sampel GW95A dan GW95B. Pada hasil klasifikasi ini tidak ada sampel yang masuk ke dalam 2 model sekaligus yaitu model SIMCA kopi Gayo biasa maupun model SIMCA kopi Gayo *wine*.

Setelah dilakukan klasifikasi terhadap 40 sampel prediksi Gayo biasa dan 40 sampel kopi Gayo *wine* selanjutnya dilakukan perhitungan *Confusion Matrix*. Perhitungan *Confusion Matrix* dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. *Confusion matrix* kopi original.

	Kelas A (Model SIMCA A)	Kelas B (Model SIMCA B)
Kelas A (aktual)	40	0
Kelas B (aktual)	0	38

$$a) \text{ Akurasi (AC)} = \frac{a+d}{a+b+c+d} \times 100\% = \frac{40+38}{40+0+0+38} \times 100\% = 100\%$$

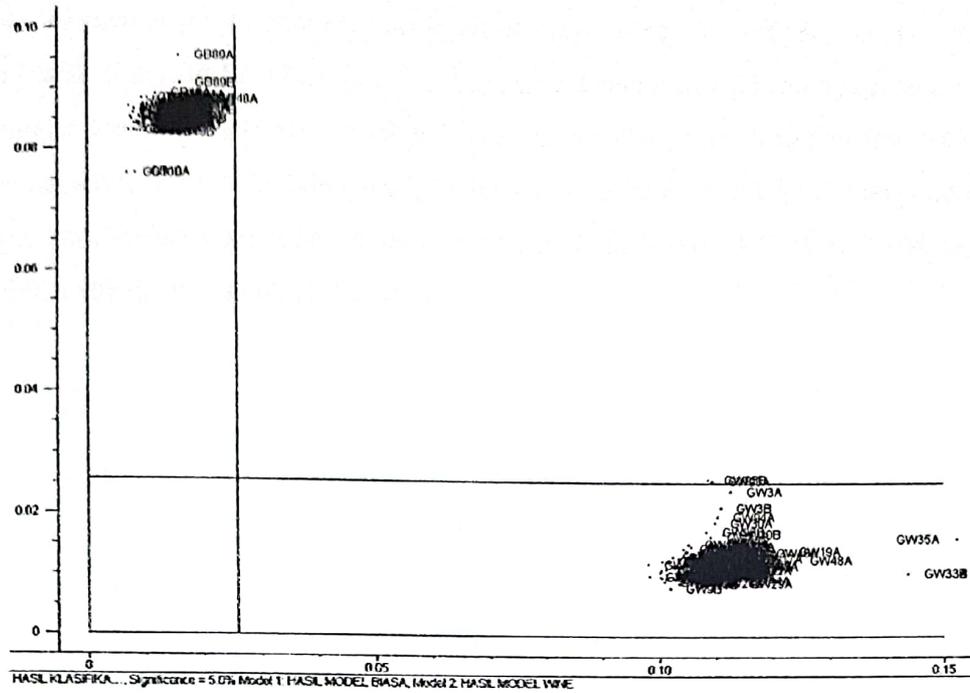
$$b) \text{ Sensitivitas (S)} = \frac{d}{b+d} \times 100\% = \frac{38}{0+38} \times 100\% = 100\%$$

$$c) \text{ Spesifisitas (SP)} = \frac{a}{a+c} \times 100\% = \frac{40}{40+0} \times 100\% = 100\%$$

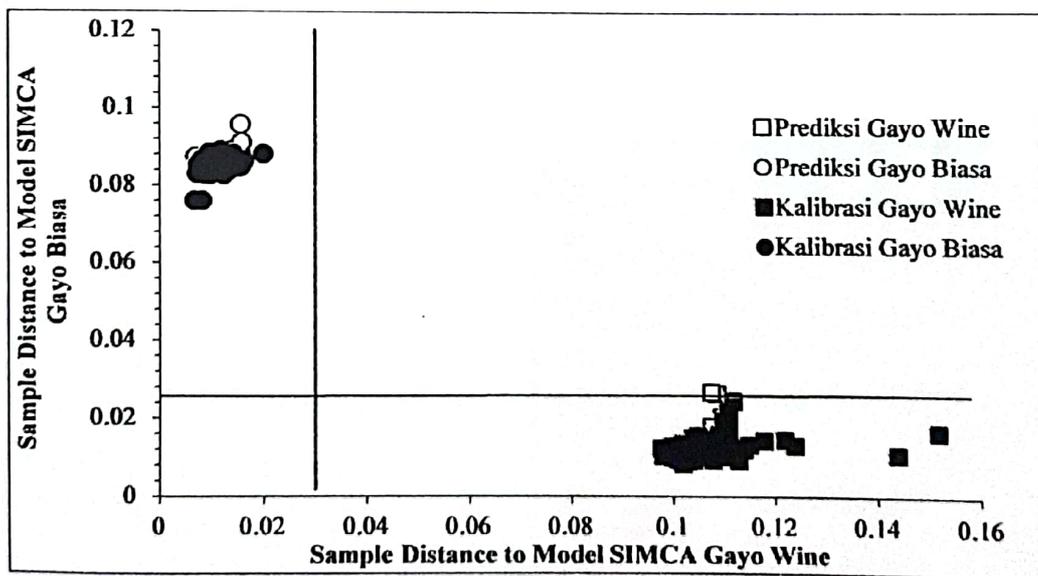
$$d) \text{ Error (FP)} = \frac{c}{a+c} \times 100\% = \frac{0}{40+0} \times 100\% = 0\%$$

Pada Tabel 5.5 menunjukkan bahwa terdapat 40 sampel aktual kopi Gayo biasa yang masuk pada model kopi Gayo biasa dan 38 sampel aktual kopi Gayo *wine* yang masuk ke dalam model kopi Gayo *wine*. Pada hasil perhitungan dari tabel *Confusion Matrix* berdasarkan hasil klasifikasi menunjukkan bahwa terdapat nilai Akurasi sebesar 100% yang berarti tingkat kemampuan model untuk mendeteksi sampel secara benar dan mampu mengklasifikasikan sampel sesuai kategori sampel dengan sangat baik. Selain nilai Akurasi (AC), diperoleh juga nilai Sensitivitas (S) sebesar 100% yang menunjukkan bahwa kemampuan model untuk membedakan kedua sampel tersebut sangat baik. Terdapat juga nilai Spesifisitas (SP) sebesar 100%, hal ini berarti kemampuan model untuk mengarahkan kedua sampel tersebut sangat baik. Sedangkan nilai Error (FP) sebesar 0% yang berarti model yang dibuat tersebut sangat baik dalam mengenali karakteristik sampel.

Selanjutnya untuk mengetahui bentuk dari pengelompokan tabel hasil klasifikasi, maka harus dibuat sebuah grafik yang menunjukkan tingkat pengelompokan dari model tersebut. Pembuatan grafik klasifikasi pada aplikasi *The Unscrambler* versi 9.2 dapat dilakukan dengan cara klik *plot* pilih *Classification* dan klik *Coomans*, dari perintah tersebut maka akan *software* akan menampilkan grafik hasil klasifikasi yang dapat dilihat pada Gambar 31 pada *software The Unscrambler* versi 9.2 dan Gambar 32 pada tampilan *Microsoft Excel*.



Gambar 5.17. *Coomans Plot* Original Hasil Klasifikasi pada *Software The Unscrambler*.



Gambar 5.18. *Coomans plot* original hasil klasifikasi pada *Microsoft Excel*.

Pada Gambar 32, hasil tabel klasifikasi dievaluasi menggunakan *Coomans plot* di *Microsoft Excel*, sampel yang baru diklasifikasikan atau sampel prediksi ditampilkan tidak berwarna, sedangkan sampel kalibrasi untuk model Gayo biasa berwarna merah dan sampel kalibrasi model Gayo wine berwarna biru. *Coomans plot* mendiskriminasikan sampel Gayo biasa dan Gayo wine menjadi dua kuadran yang terpisahkan oleh garis batas membership tiap kuadran. Dari hasil evaluasi

menggunakan *Coomans plot* sampel Gayo biasa terpisah jauh dengan sampel Gayo *wine*. Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa sampel prediksi Gayo biasa seluruhnya masuk model Gayo biasa, sedangkan prediksi Gayo *wine* terdapat dua sampel yang sedikit keluar dari kuadran model Gayo *wine* yang berarti sampel tersebut tidak terdeteksi atau tidak masuk ke dalam model yang telah dibuat, sampel yang keluar dari kuadran yaitu sampel GW 95A dan GW 95B. Meskipun demikian sampel tersebut terdiskriminasi secara sempurna.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan dapat diperoleh dari hasil penelitian dengan pendanaan 100%, di antaranya adalah:

1. Klasifikasi tiga jenis kopi spesialti yaitu kopi Gayo, Kintamani dan Wamena dapat diperoleh dengan Uv-visible spectroscopy dan metode PLS-DA. Akurasi klasifikasi diperoleh sebesar 100% untuk kelas kopi Gayo, Kintamani dan Wamena.
2. Hasil penelitian klasifikasi kopi Toraja dan Kalosi menunjukkan model diskriminasi yang dibangun menggunakan metode PLS-DA memiliki kualitas sangat baik dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0.977 untuk kalibrasi dan 0.966 untuk validasi. Nilai RMSEC dan RMSECV juga sangat kecil menunjukkan model PLS-DA yang dibangun tidak mengalami *over-fitting*. Hasil prediksi juga menunjukkan model PLS-DA yang dibangun mampu mengklasifikasikan sampel prediksi dengan sangat baik dengan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas sebesar 100%. Penelitian ini juga menunjukkan pentingnya proses transformasi spektra dan pemilihan rentang panjang gelombang yang tepat pada proses pengembangan model PLS-DA untuk klasifikasi kopi bubuk Kalosi dan Toraja.
3. Model PLS-DA4 dengan menggunakan spektra hasil transformasi dan panjang gelombang 250-450 nm menghasilkan kualitas model klasifikasi PLS-DA terbaik untuk klasifikasi kopi Kalosi dan Toraja. Hasil penelitian ini juga menunjukkan potensi penggunaan *UV-visible spectroscopy* dan metode PLS-DA untuk uji keaslian (*authentication*) kopi spesialti secara umum di Indonesia (tidak terbatas kopi asal Sulawesi Selatan).
4. Klasifikasi juga diujicobakan menggunakan lima jenis kopi spesialti Indonesia yaitu kopi Gayo (Sumatera), kopi Jawa Preanger (Jawa), kopi Kintamani (Bali), kopi Wamena (Papua) dan kopi Kalosi (Sulawesi). Kisaran nilai koefisien determinasi, RMSEC dan RMSECV yang diperoleh adalah 0.71~0.95, 0.0934~0.1757, dan 0.1120~0.2172. Hasil ini dapat menjadi pembuka jalan bagi proses sertifikasi kopi spesialti Indonesia menggunakan *UV-visible spectroscopy* dan kemometrika.

6.2. Saran

Ke depan proses klasifikasi dapat dibangun dengan metode kemometrika lain termasuk metode kemometrika yang mampu bersifat tidak linear. Selain itu metode pengembangan model klasifikasi yang robust juga bisa diinvestigasi sehingga dihasilkan model klasifikasi yang handal.

REFERENSI

- Bertone, E., Venturello, A., Giraud, A., Pellegrino, G., and Geobaldo, F. 2016. Simultaneous determination by NIR spectroscopy of the roasting degree and Arabica/Robusta ratio in roasted and ground coffee. *Food Control*, **59**: 683–689.
- Borràs, E., Ferré, J., Boqué, R., Mestres, M., Aceña, L., and Busto, O. 2015. Data fusion methodologies for food and beverage authentication and quality assessment - A review. *Analytica Chimica Acta*, **891**:1–4.
- Costa Freitas, A. M., and Mosca, A. I. 1999. Coffee geographic origin—An aid to coffee differentiation. *Food Research International*, **32**: 565–573.
- Danezis, G.P., Tsagkaris, A.S., Camin, F., Brusic, V., and Georgiou, C.A. 2016. Food authentication: Techniques, trends & emerging approaches. *Trends in Analytical Chemistry*, **85**:123–132.
- Davies, A.M.C. 2005. An introduction to near infrared spectroscopy. *NIR news* **16** (7) : 9–11.
- Davis, A.P. 2001. Two new species of *Coffea* L. (Rubiaceae) from northern Madagascar. *Adansonia*, **23**: 337–345.
- Dias, R.C.E., Alves, S.T., and de Toledo Benassi, M. 2013. Spectrophotometric method for quantification of kahweol in coffee. *Journal of Food Composition and Analysis*, **31**:137–143.
- Ebrahimi-Najafabadi, H., Leardi, R., Oliveri, P., Casolino, M.C., Jalali-Heravi, M., and Lanteri, S. 2012. Detection of addition of barley to coffee using near infrared spectroscopy and chemometric techniques. *Talanta*, **99**: 175–179.
- Gómez, A.H., He, Y., and Pereira, A.G. 2006. Nondestructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of satsuma mandarin using Vis/NIR-spectroscopy techniques. *Journal of Food Engineering*, **77**: 313–319.
- He, Y., Li, X.L., and Shao, Y.N. 2005. Quantitative analysis of the varieties of apple using near infrared spectroscopy by principal component analysis and BP model. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, **3809**: 1053–1056.
- ICO. 2014. International Coffee Organisation : World coffee trade (1963 – 2013): A review of the markets, challenges and opportunities facing the sector. International Coffee Council, 112th Session, 3 – 7 March 2014, London, United Kingdom. Available at : <http://www.ico.org/news/icc-111-5-r1e-world-coffee-outlook.pdf>
- Karo, H.S.A., 2009. Analisis Usahatani Kopi Di Kecamatan Simpang Empat Kabupaten Karo. Departemen Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Li, X., and He, Y. 2008. Discriminating varieties of tea plant based on Vis/NIR spectral characteristics and using artificial neural networks. *Biosystems Engineering*, **99**: 313–321.
- Li, X., He, Y., and Wu, C. 2008. Non-destructive discrimination of paddy seeds of different storage age based on Vis/NIR spectroscopy. *Journal of Stored Products Research*, **44**: 264–268.
- Pauli, E. D., Barbieri, F., Garcia, P.S., Madeira, T.B., Acquaro, V.R., and Scarminio, I.S. 2014. Detection of ground roasted coffee adulteration with roasted soybean and wheat. *Food Research International*, **61**: 112–119.
- Pizarro, C., Esteban-Díez, I., and González-Sáiz, J.M. 2007. Mixture resolution according to the percentage of robusta variety in order to detect adulteration in roasted coffee by near infrared spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, **585**: 266–276.
- Reis, N., Franca, A.S., and Oliveira, L.S. 2013. Performance of diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy and chemometrics for detection of multiple adulterants in roasted and ground coffee. *LWT-Food Science and Technology*, **53**: 395–401.
- Sepulveda, W.S., Chekmam, L., Maza, M.T., and Mancilla, N.O. 2016. Consumers' preference for the origin and quality attributes associated with production of specialty coffees: Results from a cross-cultural study. *Food Research International*, **89**: 997–1003.
- Souto, U. T. C. P., Barbosa, M.F., Dantas, H.V., Pontes, A.S., Lyra, W.S., and Diniz, P.H.G.D. 2015a. Screening for coffee adulteration using digital images and SPA-LDA. *Food Analytical Methods*, **8**(6): 1515–1521.
- Souto, U.T.C.P., Barbosa, M.F., Dantas, H.V., Pontes, A.S., Lyra, W.S., Diniz, P.H.G.D., Araújo, M.C.U., and Silva, E.C. 2015b. Identification of adulteration in ground roasted coffees using UV-Vis spectroscopy and SPA-LDA. *LWT - Food Science and Technology*, **63**(2): 1037–1041.

- Steiman, S. 2013. What is specialty coffee? In R.W. Thurston, J. Morris, & S. Steiman (Eds.) *Coffee: A Comprehensive Guide to the Bean, the Beverage, and the Industry* (pp. 102–105). Rowman & Littlefield Publishers.
- Sugianti, C., Apratiwi, N., Suhandy, D., Telaumbanua, M., Waluyo, S., and Yulia, M. 2016. Studi penggunaan UV-Vis spectroscopy untuk identifikasi campuran kopi luwak dengan kopi arabika. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 5(3): 167–176.
- Suhandy, D., Hartanto, R., Prabawati, S., Yulianingsih and Yatmin. 2008. Penggunaan near infrared spectroscopy pada penentuan kandungan padatan terlarut buah mangga Indramayu secara tidak merusak. *Jurnal Keteknikan Pertanian JTEP*, 22(2): 129–134.
- 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 (IJAER)*, 4(1): 107–114.
- Suhandy, D., Yulia, M., Ogawa, Y., and Kondo, N. 2012a. Vitamin C determination using FTIR ATR mid infrared spectroscopy using full spectrum PLS regression with different spectral pre-processing methods. *Proceedings of the 6th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB) 18-20 June 2012, Jeonju, Korea.*
- Suhandy, D., Suzuki, T., Ogawa, Y., Kondo, N., Naito, H., Ishihara, T., Takemoto, Y., and Liu, W. 2012b. A quantitative study for determination of glucose concentration using attenuated total reflectance terahertz (ATR-THz) spectroscopy. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 5(3): 90–95.
- Suhandy, D., Yulia, M., Ogawa, Y., and Kondo, N. 2012c. L-ascorbic acid prediction in aqueous solution based on FTIR-ATR terahertz spectroscopy. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 5(4): 152–158.
- Suhandy, D., Yulia, M., Ogawa, Y., and Kondo, N. 2013. Prediction of l-ascorbic acid using FTIR-ATR terahertz spectroscopy combined with interval partial least squares (iPLS) regression. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 6(3): 111–117.
- Suhandy, D., Yulia, M., Waluyo, S., Sugianti, C., Iriani, R., Handayani, F.N., and Apratiwi, N. 2016a. The use of UV-Vis-NIR spectroscopy and chemometrics for identification of adulteration in ground roasted arabica coffees-Investigation on the influence of particle size on spectral analysis. *Prosiding Seminar Nasional hari tempe Nasional 2016* (pp. 198–204). Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Suhandy, D., Yulia, M., Waluyo, S., Sugianti, C., Iriani, R., Handayani, F.N., and Apratiwi, N. 2016b. The potential use of ultraviolet-visible spectroscopy and soft independent modelling of class analogies (SIMCA) for classification of indonesian palm civet coffee (kopi luwak). *Proceeding of The USR International Seminar on Food Security (UISFS)* (pp.245–253). Bandar Lampung: The University of Lampung.
- Suhandy, D., Yulia, M., Waluyo, S., and Sugianti, C. 2017. Penggunaan metode discriminant partial least squares (DPLS) dan data spektra di daerah ultraviolet-cahaya tampak untuk penggolongan kopi luwak. *Jurnal Keteknikan Pertanian. (Accepted manuscript)*.
- Suhandy, D., and Yulia, M. 2017. Peaberry coffee discrimination using uv-visible spectroscopy combined with SIMCA and PLS-DA. *International Journal of Food Properties (Accepted manuscript)*.
- Tavares, K. M., Pereira, R.G.F.A., Nunes, C.A., Pinheiro, A.C.M., Rodarte, M.P., and Guerreiro, M.C. 2012. Mid-infrared spectroscopy and chemometrics were used to identify adulteration in roasted and ground coffee by addition of coffee husks. *Quimica Nova*, 35: 1164–1168.
- Toledo, B. R., Hantao, L. W., Ho, T.D., Augusto, F., and Anderson, J.L. 2014. A chemometric approach toward the detection and quantification of coffee adulteration by solid-phase microextraction using polymeric ionic liquid sorbent coatings. *Journal of Chromatography A*, 1346: 1–7.
- Yulia, M., Suhandy, D., Ogawa, Y., and Kondo, N. 2014. Investigation on the influence of temperature in l-ascorbic acid determination using FTIR-ATR terahertz spectroscopy: Calibration model with temperature compensation. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 7(4): 148–154.
- Yulia, M., and Suhandy, D. 2017. Indonesian palm civet coffee discrimination using UV-visible spectroscopy and several chemometrics methods. *IOP Journal of Physics: Conference Series*.
- Yulia, M., Suhandy, D., Waluyo, S., and Sugianti, C. 2016. Detection and quantification of adulteration in luwak coffee through ultraviolet-visible spectroscopy combined with chemometrics method.

Proceeding of The USR International Seminar on Food Security (UISFS) (pp.254–261). Bandar Lampung: The University of Lampung.