

KONTRAK PENELITIAN Terapan

Tahun Anggaran 2021

Nomor: 3973/UN26.21/PN/2021

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

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

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

Pasal 1
Ruang Lingkup Kontrak

PIHAK PERTAMA memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Terapan Tahun Anggaran 2021 dengan judul "Pengembangan Metode Uji Keaslian Madu Menggunakan Metode Uv-Visible Spectroscopy Dan Analisis Kimia (The Development Of Authentication Method Of Honey Using Uv-Visible Spectroscopy And Chemical Analysis)"

Pasal 2
Dana Penelitian

Jumlah besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 139275000 (Seratus Tiga Puluh Sembilan Juta Dua Ratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah4)** sudah termasuk pajak.

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

Pasal 3
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

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

- Pembayaran pada skema Penelitian Terapan dan Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) Tahun Jamak dilaksanakan secara sekaligus (100%)
- Pembayaran sekaligus 100% dari total dana penelitian yaitu $100\% \times \text{Rp. } 139275000$ (Seratus Tiga Puluh Sembilan Juta Dua Ratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah4) yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** merevisi proposal penelitian, Surat

pernyataan kesanggupan pelaksanaan penelitian yang telah di unggah ke laman SIMLITABMAS dan menyerahkan/menyampaikan hardcopy sebanyak 2 eksemplar dan softcopy sebanyak 2 keping kepada PIHAK PERTAMA. Pembayaran Dana Luaran Tambahan sebesar : Rp.-,-

- c. Dana Luaran Tambahan dibayarkan kepada PIHAK KEDUA pada bulan Desember 2021.
- d. Apabila luaran tambahan dinyatakan tidak valid oleh PIHAK PERTAMA, maka dana luaran tambahan tidak bisa dibayarkan ke PIHAK KEDUA, dan dana luaran tambahan tersebut akan disetorkan kembali ke kas negara oleh PIHAK PERTAMA.

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

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

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

Pasal 4 Jangka Waktu

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

Pasal 5 Target Luaran

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

Pasal 6 Hak dan Kewajiban Para Pihak

1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:

- a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** *hardcopy* Revisi Proposal Penelitian, Surat Pernyataan Kesanggupan Pelaksanaan Penelitian, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB), Laporan Kemajuan, Laporan Akhir, Luaran Wajib Penelitian dan Luaran Tambahan yang valid disertai *Softcopy*
- b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah 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 3;
- b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** *hardcopy* Revisi Proposal Penelitian, Surat Pernyataan Kesanggupan Pelaksanaan Penelitian, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB), Laporan Kemajuan, Laporan Akhir, Luaran Wajib Penelitian dan Luaran Tambahan yang valid disertai *Softcopy*.
- 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 laporan penggunaan dana kepada **PIHAK PERTAMA**

Pasal 7
Laporan Pelaksanaan Penelitian

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

Dibiayai oleh:
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, dan Teknologi/Badan Riset Dan Inovasi Nasional
Sesuai dengan Kontrak Penelitian
Nomor : 276/SP2H/LT/DRPM/2021

Pasal 8
Monitoring dan Evaluasi

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

Pasal 9
Penilaian Luaran

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.
- 3.

Pasal 10
Penggantian Keanggotaan

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

Pasal 11
Penggantian Ketua Pelaksana

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

Pasal 12
Sanksi

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

Pasal 13
Pembatalan Perjanjian

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian **Pengembangan Metode Uji Keaslian Madu Menggunakan Metode Uv-Visible Spectroscopy Dan Kemometrika (The Development Of Authentication Method Of Honey Using Uv-Visible Spectroscopy And Chemometrics)** sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**

Pasal 14
Pajak-Pajak

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

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

Pasal 15
Peralatan dan/alat Hasil Penelitian

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

Pasal 16
Penyelesaian Sengketa

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

Pasal 17
Amandemen Kontrak

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

Pasal 18
Lain-lain

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

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

PIHAK PERTAMA

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



PIHAK KEDUA

Dr. Diding Suhandy, M.Si
NIDN: 0003037803

Mengetahui
DEKAN FAKULTAS Pertanian

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

SURAT PERNYATAAN TANGGUNG JAWAB MUTLAK

Yang bertanda tangan dibawah ini :

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

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Dana Penelitian yang saya terima sudah dihitung dengan benar dan akan digunakan sepenuhnya untuk mendanai penelitian yang saya laksanakan yaitu penelitian yang didanai oleh DIKTI TA 2021 Jenis Hibah **Penelitian Skema Terapan Judul Pengembangan Metode Uji Keaslian Madu Menggunakan Metode Uv-Visible Spectroscopy Dan Kemometrika (The Development Of Authentication Method Of Honey Using Uv-Visible Spectroscopy And Chemometrics)** dengan jumlah dana sebesar 100% dari nilai pekerjaan yaitu Rp. 139275000,- (Seratus Tiga Puluh Sembilan Juta Dua Ratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah).
2. Semua penggunaan, pengeluaran keuangan dan pertanggungjawabannya yang terkait dengan *output* kegiatan pelaksanaan penelitian menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya-benarnya.

Bandar Lampung, 14 Juli 2021

Peneliti,



Dr. Diding Suhandy, M.Si
NIDN 0003037803

BERITA ACARA PEMBAYARAN

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

I. Nama : Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.
Jabatan : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung
Alamat : Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Gedung Meneng Bandar Lampung
Disebut Sebagai **PIHAK PERTAMA**.

II. Nama : Dr. Diding Suhandy, M.Si
Jabatan : Peneliti Utama (penanggung jawab penelitian)
Fakultas : Pertanian
Alamat : Jl. Prof.Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung.
Disebut Sebagai **PIHAK KEDUA**.

Sehubungan dengan pelaksanaan kegiatan Penelitian Skema Terapan di Lingkungan Universitas Lampung, sesuai dengan Surat Penugasan Terapan Nomor 3973/UN26.21/PN/2021, tanggal 14 Juli 2021 dengan judul "**Pengembangan Metode Keaslian Madu Menggunakan Metode Uv-Visible Spectroscopy Dan Kemometrika (Development Of Authentication Method Of Honey Using Uv-Visible Spectroscopy And Chemometrics)**", maka **PIHAK KEDUA** berhak menerima pembayaran 100% dari **PIHAK PERTAMA** sebesar Rp. 139275000,- (Seratus Tiga Puluh Sembilan Juta Dua Ratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah) dan disalurkan langsung ke Rekening **PIHAK KEDUA** sebagai Penanggung Jawab Kegiatan Penelitian.

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

Bandar Lampung, 14 Juli 2021

I. PIHAK PERTAMA.

Ketua LPPM
Universitas Lampung,

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

II. PIHAK KEDUA.

Ketua Peneliti/
Penanggung Jawab Kegiatan

Dr. Diding Suhandy, M.Si
NIDN 0003037803



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

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

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

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

Pasal 1
Ruang Lingkup Kontrak

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

Pasal 2
Dana Penelitian

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

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

Pasal 3
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

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

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

PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

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

LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 83f6a42e-5d34-4bed-8776-53eeb719c952
Laporan Akhir Penelitian: tahun ke-1 dari 3 tahun

1. IDENTITAS PENELITIAN

A. JUDUL PENELITIAN

PENGEMBANGAN METODE UJI KEASLIAN MADU MENGGUNAKAN METODE UV-VISIBLE SPECTROSCOPY DAN KEMOMETRIKA (The Development of Authentication Method of Honey using UV-Visible Spectroscopy and Chemometrics)

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

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

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

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Kompetitif Nasional	Penelitian Terapan	SBK Riset Terapan	SBK Riset Terapan	5	3

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
DIDING SUHANDY Ketua Pengusul	Universitas Lampung	Teknik Pertanian		40630	7
MEINILWITA YULIA S.TP, M.Agr.Sc Anggota Pengusul 1	Politeknik Negeri Lampung	Mekanisasi Pertanian	Membantu rancangan eksperimen, persiapan sampel madu (ekstraksi), pengambilan spektra, analisis spektra, dan penggunaan kemometrika	6000450	7

			(kualitatif dan kuantitatif). Membantu drafting buku dan artikel ilmiah nasional dan internasional.		
KUSUMIYATI S.P, M.Agr, Ph.D Anggota Pengusul 2	Universitas Padjadjaran	Agroteknologi	Membantu rancangan penelitian (experimental design), pengambilan spektra, pembuatan model klasifikasi dan regresi serta interpretasi data (secara kualitatif dan kuantitatif). Membantu proses drafting buku dan hak ciptanya. Membantu drafting artikel internasional.	5985939	3

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

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

Mitra	Nama Mitra
Mitra Calon Pengguna	Wahyu Susanto, S.P

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
1	Dokumen pendaftaran hak cipta	Terbit Sertifikat	

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
1	Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Terbit dalam Prosiding	ICOSITER hosted by ITERA
1	Artikel di Jurnal Nasional terakreditasi peringkat 1-3	Accepted	JIPI IPB

5. ANGGARAN

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

Total RAB 3 Tahun Rp. 662,050,000

Tahun 1 Total Rp. 220,700,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	Paket ATK selama penelitian berlangsung	paket	1	10,000,000	10,000,000
Bahan	ATK	Biaya fotokopi bahan laporan dan laporan penelitian	paket	1	5,000,000	5,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Madu Uniflora Akasia (premium grade)	kg	15	800,000	12,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Madu Uniflora Durian (premium grade)	kg	15	800,000	12,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fruktosa (grade lab)	kg	5	500,000	2,500,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Glukosa (grade lab)	kg	5	500,000	2,500,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Sukrosa (grade lab)	kg	5	500,000	2,500,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Kertas saring Whatmann No 41 (20-25 mikrometer)	pak	10	500,000	5,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Air Distilasi	liter	50	50,000	2,500,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Botol sampel ukuran sedang	buah	400	5,000	2,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Tip atau ujung mikropipet ukuran 20 mikroliter	buah	500	10,000	5,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Tip atau ujung mikropipet ukuran 50 mikroliter	buah	500	10,000	5,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Alluminium foil (grade lab)	rol	20	100,000	2,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Kertas Tissue (grade lab)	rol	10	25,000	250,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Botol sampel ukuran kecil	buah	400	3,500	1,400,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Botol sampel ukuran besar	buah	300	6,000	1,800,000
Bahan	Barang Persediaan	Kuvet silika (190-1200 nm)	unit	15	500,000	7,500,000
Bahan	Barang Persediaan	Magnetic Stirrer (dilengkapi dengan pengaduk magnetik)	unit	3	3,000,000	9,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Water batch ukuran 50 liter dengan pengatur suhu	unit	2	12,500,000	25,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Micropipet lengkap 1 set isi 5 pipet	unit	5	450,000	2,250,000
Bahan	Barang Persediaan	Tabung reaksi ukuran sedang	unit	50	100,000	5,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Tabung reaksi ukuran kecil	unit	100	50,000	5,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Pengolah Data The Unscrambler (sampai 10 user)	buah	1	20,000,000	20,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Gelas beaker 250 mL	buah	50	100,000	5,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Timbangan analitik (sampai 200 gram)	unit	1	15,000,000	15,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Labu Ukur (Volumetric Flask) 25 mL	buah	10	200,000	2,000,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	Biaya laboran saat pengambilan spektra	OH	20	100,000	2,000,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	Biaya laboran saat persiapan sampel	OH	20	100,000	2,000,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	Biaya konsumsi rapat harian saat pengambilan spektra	OH	20	100,000	2,000,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	Biaya analisis data spektra	OH	10	100,000	1,000,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	Biaya pengolah data kemometrika	OH	10	100,000	1,000,000
Analisis Data	Transport Lokal	Biaya pengambilan sampel madu Uniflora Akasia	paket	1	2,500,000	2,500,000
Analisis Data	Transport Lokal	Biaya pengambilan sampel madu Uniflora Durian	paket	1	1,000,000	1,000,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	Biaya konsumsi rapat peer group selama pengambilan data dan analisis data	OH	10	400,000	4,000,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	Biaya konsumsi rapat penyusunan luaran wajib	OH	10	400,000	4,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Biaya seminar internasional ICOSITER di ITERA dan biaya publikasi prosiding terindeks SCOPUS	paket	1	10,000,000	10,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	Biaya publikasi di jurnal Sinta 2 JIPI IPB	paket	1	4,000,000	4,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Biaya drafting, pedampingan dan publikasi hak cipta berupa "Buku Referensi"	paket	1	20,000,000	20,000,000

Tahun 2 Total Rp. 221,150,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	Paket ATK selama penelitian berlangsung	paket	1	11,000,000	11,000,000
Bahan	ATK	Biaya fotokopi bahan laporan dan laporan penelitian	paket	1	5,000,000	5,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Madu Uniflora Akasia (premium grade)	kg	15	800,000	12,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Madu Uniflora Durian (premium grade)	kg	15	800,000	12,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Madu multiflora (premium grade) asal Lampung	kg	10	400,000	4,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Madu multiflora (premium grade) asal Jambi	kg	10	400,000	4,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Madu multiflora (premium grade) asal Riau	kg	10	400,000	4,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Kertas saring Whatmann No 41 (20-25 mikrometer)	pak	10	500,000	5,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Air Distilasi	liter	50	50,000	2,500,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Botol sampel ukuran sedang	buah	400	5,000	2,000,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Tip atau ujung mikropipet ukuran 20 mikroliter	buah	500	10,000	5,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Tip atau ujung mikropipet ukuran 50 mikroliter	buah	500	10,000	5,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Alluminium foil (grade lab)	rol	20	100,000	2,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Kertas Tissue (grade lab)	rol	20	25,000	500,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Botol sampel ukuran kecil	buah	400	4,000	1,600,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Botol sampel ukuran besar	buah	300	6,000	1,800,000
Bahan	Barang Persediaan	Kuvet silika (190-1200 nm)	unit	15	500,000	7,500,000
Bahan	Barang Persediaan	Magnetic Stirrer (dilengkapi dengan pengaduk magnetik)	unit	3	3,000,000	9,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Water bath ukuran 50 liter dengan pengatur suhu	unit	2	12,500,000	25,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Micropipet lengkap 1 set isi 5 pipet	unit	5	450,000	2,250,000
Bahan	Barang Persediaan	Tabung reaksi ukuran sedang	buah	50	100,000	5,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Tabung reaksi ukuran kecil	buah	100	50,000	5,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Gelas beaker 250 mL	buah	100	100,000	10,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Timbangan analitik (sampai 200 gram)	unit	2	15,000,000	30,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Labu Ukur (Volumetric Flask) 25 mL	buah	10	250,000	2,500,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	Biaya laboran saat pengambilan spektra	OH	10	150,000	1,500,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	Biaya laboran saat persiapan sampel	OH	10	150,000	1,500,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	Biaya konsumsi rapat harian saat pengambilan spektra	OH	10	150,000	1,500,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	Biaya pengolah data kemometrika	OH	10	100,000	1,000,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	HR Pengolah Data	Biaya analisis data spektra	OH	10	100,000	1,000,000
Analisis Data	Transport Lokal	Biaya pengambilan sampel madu	paket	1	3,000,000	3,000,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	Biaya konsumsi rapat peer group selama pengambilan data dan analisis data	OH	10	400,000	4,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	Biaya Publikasi di Agritech	paket	1	4,000,000	4,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Biaya publikasi di jurnal EAEF Q2/Q3	paket	1	10,000,000	10,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Biaya drafting, pedampingan dan publikasi hak cipta berupa "Buku Referensi" (lanjutan) fokus ke buku manual	paket	1	20,000,000	20,000,000

Tahun 3 Total Rp. 220,200,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	Paket ATK selama penelitian berlangsung	paket	1	10,000,000	10,000,000
Bahan	ATK	Biaya fotokopi bahan laporan dan laporan penelitian	paket	1	6,000,000	6,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Madu hutan Sumbawa dengan IG (premium grade)	kg	15	1,000,000	15,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Madu hutan Lampung (premium grade)	kg	15	500,000	7,500,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Madu hutan Jambi (premium grade)	kg	15	500,000	7,500,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Madu hutan Riau (premium grade)	kg	15	500,000	7,500,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Kertas saring Whatmann No 41 (20-25 mikrometer)	pak	10	600,000	6,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Air Distilasi	liter	50	75,000	3,750,000
Bahan	Bahan Penelitian	Botol sampel ukuran sedang	buah	400	6,000	2,400,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
	(Habis Pakai)					
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Tip atau ujung mikropipet ukuran 20 mikroliter	buah	500	10,000	5,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Tip atau ujung mikropipet ukuran 50 mikroliter	buah	500	10,000	5,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Alluminium foil (grade lab)	rol	20	100,000	2,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Kertas Tissue (grade lab)	rol	10	30,000	300,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Botol sampel ukuran kecil	buah	400	4,000	1,600,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Botol sampel ukuran besar	buah	300	8,000	2,400,000
Bahan	Barang Persediaan	Kuvet silika (190-1200 nm)	unit	15	600,000	9,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Magnetic Stirrer (dilengkapi dengan pengaduk magnetik)	unit	3	3,500,000	10,500,000
Bahan	Barang Persediaan	Water bath ukuran 50 liter dengan pengatur suhu	unit	2	13,000,000	26,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Tabung reaksi ukuran sedang	buah	50	100,000	5,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Tabung reaksi ukuran kecil	buah	100	50,000	5,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Gelas beaker 250 mL	buah	50	100,000	5,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Timbangan analitik (sampai 200 gram)	unit	1	15,000,000	15,000,000
Bahan	Barang Persediaan	Labu Ukur (Volumetric Flask) 25 mL	buah	15	250,000	3,750,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	Biaya laboran saat pengambilan spektra	OH	20	100,000	2,000,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	Biaya laboran saat persiapan sampel	OH	20	100,000	2,000,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	Biaya konsumsi rapat harian saat pengambilan spektra	OH	20	100,000	2,000,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	Biaya analisis data spektra	OH	10	100,000	1,000,000
Analisis Data	HR Pengolah	Biaya pengolah data	OH	20	100,000	2,000,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
	Data	kemometrika				
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	Biaya konsumsi rapat peer group selama pengambilan data dan analisis data	OH	10	500,000	5,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Biaya seminar internasional ICOS di Makassar dan biaya publikasinya di prosiding terindeks SCOPUS	paket	1	10,000,000	10,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Melanjutkan proses KI hak cipta buku referensi tentang madu menggunakan UV Vis	paket	1	15,000,000	15,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	Biaya drafting dan biaya publikasi buku di Graha Ilmu	paket	1	20,000,000	20,000,000

6. HASIL PENELITIAN

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

Uji keaslian pangan atau food authentication merupakan proses untuk mengecek pangan dari sisi keamanan, kualitas dan kesesuaian antara isi dan deskripsi label kemasan dan kesesuaian dengan aturan atau standar tertentu lainnya yang ditetapkan oleh otoritas yang mengatur peredaran pangan tersebut. Uji keaslian atau autentikasi madu yang telah berhasil dilakukan sampai akhir tahun pertama (akhir tahun 2021) menggunakan teknologi UV-visible spectroscopy meliputi beberapa madu spesialti atau madu dengan harga mahal di Indonesia. Di antaranya adalah madu dengan indikasi geografis yaitu madu hutan Sumbawa. Kemudian madu yang sangat populer di Indonesia yaitu madu Acacia mangium organik. Madu mahal lainnya yaitu madu tanpa sengat *Heterotrigona itama* yang mulai banyak ditanakkan oleh petani karena nilai jualnya yang sangat mahal. Secara umum riset di tahun pertama telah berhasil menunjukkan potensi teknologi UV-visible spectroscopy sebagai metode uji keaslian atau autentikasi madu terutama melalui studi kualitatif yaitu membedakan produk madu spesialti yang asli dan yang telah dioplos baik melalui pengoplosan tipe 1, 2 maupun pengoplosan tipe 3. Model kualitatif berhasil dibangun dengan pendekatan metode kemometrika PCA (principal component analysis), SIMCA (soft independent modelling of class analogy) dan HCA (hierarchical cluster analysis). Sedangkan di tahun ke-2, fokus penelitian adalah membangun model autentikasi madu menggunakan UV-visible spectroscopy secara kuantitatif yaitu menghitung atau mengkuantifikasi kadar bahan pengoplos di madu spesialti (madu mahal) untuk tiga tipe pengoplosan. Kuantifikasi ini juga sangat penting karena informasi kadar pengoplosan madu merupakan salah satu informasi berharga yang diperlukan oleh otoritas pangan di suatu negara untuk menjadi nilai ambang batas apakah produk madu tertentu diperkenankan masuk di suatu negara atau tidak. Berdasarkan hal tersebut, fokus rencana riset di tahun ke-2 adalah membangun model kuantifikasi 3 tipe pengoplosan madu dengan regresi PLS (partial least squares) untuk pendekatan linear dan regresi SVM (support vector machine) untuk pendekatan nonlinear. Dari hasil riset kuantitatif dengan 3 tipe pengoplosan maka ditargetkan dapat melengkapi

protokol uji keaslian atau autentikasi madu spesialti menggunakan teknologi UV-visible spectroscopy baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

B. KATA KUNCI: Tuliskan maksimal 5 kata kunci.

Analisis kualitatif; analisis kuantitatif; madu spesialti; Uji keaslian madu; UV-visible spectroscopy

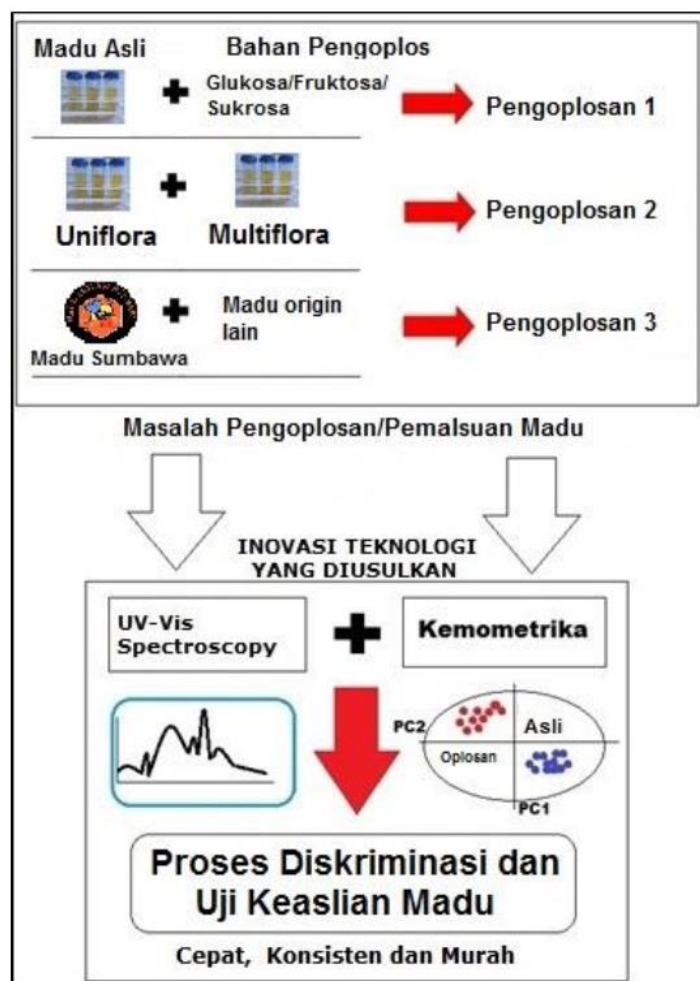
Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan seringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

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

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

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

Saat ini, terutama di masa pandemik COVID-19, madu merupakan salah satu produk pangan yang sangat rentan dipalsukan atau dioplos. Sekitar 90% pemalsuan madu dilakukan dengan menambahkan bahan pemanis buatan ke dalam madu asli yang dikenal sebagai pengoplosan langsung (*direct adulteration*) [1]. Kesadaran masyarakat terhadap pentingnya mengkonsumsi pangan alami (*natural products*) yang berkualitas dan aman dikonsumsi (bebas pemalsuan) telah menjadikan teknologi uji keaslian madu menjadi semakin penting untuk diwujudkan [1-2]. Pengoplosan madu secara langsung (*direct adulteration*) pertama melibatkan penambahan bahan pemanis buatan bukan madu yang harganya murah seperti gula dalam bentuk glukosa (madu glukosa/MG), fruktosa (madu fruktosa/MF) atau sukrosa (madu sukrosa/MS) [2]. Madu juga dioplos dengan mencampurkan madu uniflora dengan madu multiflora [3]. Dengan keterbatasan jumlah produksi dan ketersediaan di pasar untuk madu uniflora, harga madu uniflora lebih mahal dibandingkan dengan madu multiflora [4]. Seperti yang didefinisikan oleh Lenhardt *et al.* [5], madu monoflora adalah madu yang mengandung lebih dari 45% konsentrasi serbuk sari dari satu spesies tunggal sedangkan madu multiflora mengandung nektar atau embun madu dari beberapa spesies tanaman yang berbeda. Di pasar, madu monoflora memiliki nilai pasar yang lebih tinggi daripada madu multiflora, terutama dari sumber monoflora yang tidak biasa (misalnya pohon Akasia).



Gambar 1. Perumusan masalah pemalsuan madu dan solusi inovasi teknologi yang diusulkan untuk mengatasinya menggunakan *UV-visible spectroscopy*.

Di Indonesia terdapat beberapa jenis madu monoflora seperti madu Durian, madu Lengkeng, madu bunga Matahari dan lain-lain. Perbedaan besar dalam hal harga antara madu monoflora asli dengan madu multiflora telah mendorong terjadinya pemalsuan madu. Dua jenis pemalsuan yang umum dalam madu adalah label palsu madu monoflora asal Indonesia dan penambahan gula serta madu multiflora yang lebih murah [3]. Untuk alasan ini, penting untuk tepat mengidentifikasi jenis serbuk sari madu yang dipasarkan. Beberapa madu dengan tempat daerah atau wilayah produksi khusus memiliki keunggulan dan mendapatkan perlindungan dengan mendapatkan sertifikat indikasi geografis (IG) seperti madu Sumbawa yang memiliki harga jual yang lebih mahal dibandingkan madu asal daerah lain. Sehingga, salah satu permasalahan yang harus segera diselesaikan adalah masalah pencampuran (pengoplosan) madu asli. Seperti diilustrasikan di Gambar 1, proses pencampuran bisa terjadi pada tiga tipe pengoplosan. Pertama pencampuran terjadi pada madu asli yang dicampur dengan bahan pemanis buatan seperti gula (fruktosa, glukosa dan sukrosa). Pencampuran kedua adalah pencampuran madu asli uniflora dengan madu multiflora. Pencampuran ketiga adalah pencampuran madu asli dari satu origin dengan indikasi geografis dicampur dengan madu dari origin lain yang belum mendapatkan indikasi geografis.

Uji keaslian pangan atau *food authentication* merupakan proses untuk mengecek pangan dari sisi keamanan, kualitas dan kesesuaian antara isi dan deskripsi label kemasan dan kesesuaian dengan aturan atau standar tertentu lainnya yang ditetapkan oleh otoritas yang mengatur peredaran pangan tersebut [6]. Uji keaslian pangan dapat diartikan juga sebagai verifikasi bahwa isi pangan yang dijual sesuai dengan deskripsi labelnya meliputi antara lain, asal (spesies, geografis atau genetik), metode produksi (konvensional, organik, tradisional), atau teknologi pemrosesan (iradiasi, pembekuan, pemanasan *microwave*) [7].

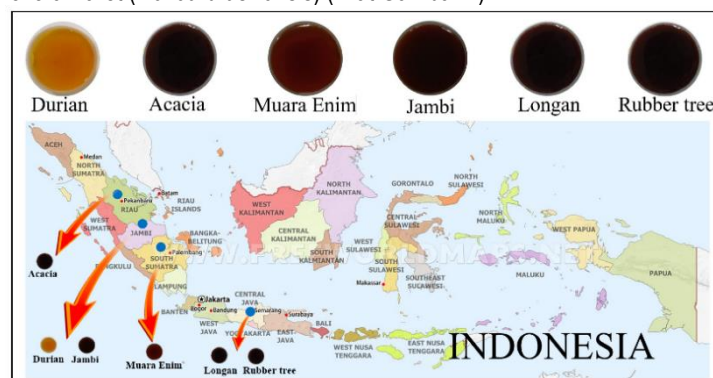
Uji keaslian atau autentikasi madu yang telah berhasil dilakukan sampai akhir tahun pertama (akhir tahun 2021) meliputi beberapa madu spesialti atau madu dengan harga mahal di Indonesia. Di antaranya adalah madu dengan indikasi geografis yaitu madu hutan Sumbawa. Kemudian madu yang sangat populer di Indonesia yaitu madu *Acacia mangium* organik. Madu mahal lainnya yaitu madu tanpa sengat *Heterotrigena itama* yang mulai banyak ditenakkan oleh petani karena nilai jualnya yang sangat mahal. Secara umum riset di tahun pertama (2021) telah berhasil menunjukkan potensi teknologi *UV-visible spectroscopy* sebagai metode uji keaslian atau autentikasi madu terutama melalui studi kualitatif yaitu membedakan produk madu spesialti yang asli dan yang telah dioplos baik melalui pengoplosan tipe 1, 2 maupun pengoplosan tipe 3.

A. Proses Akuisisi Data Spektra Sampel Madu

Sampel madu akan mengkristal selama penyimpanan di laboratorium. Untuk itu, sebelum pengukuran data spektra, sampel madu dipanaskan menggunakan *water bath* pada suhu 60°C selama 30 menit untuk mencairkan madu yang mengkristal dan mendapatkan sampel madu yang homogen, kemudian disimpan pada suhu kamar [8]. Untuk melakukan pengukuran data spektra di daerah UV maka setiap sampel madu diencerkan menggunakan air distilasi dengan rasio pengenceran sebesar 1:20 (mL:mL). Sebanyak 2 mL madu yang telah diencerkan dipipet ke dalam kuvet kuarsa dengan tebal 10 mm (atau 1 cm). Spektrum UV (190–400 nm) pada interval 1 nm dari sampel madu diperoleh dengan menggunakan spektrometer UV-Vis *benchtop* yang relatif murah harganya (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) dalam mode transmisi. Akuisisi data spektra dilakukan pada suhu kamar.

B. Autentikasi Madu Indonesia Menurut Asal Botani, Entomologi dan Geografis

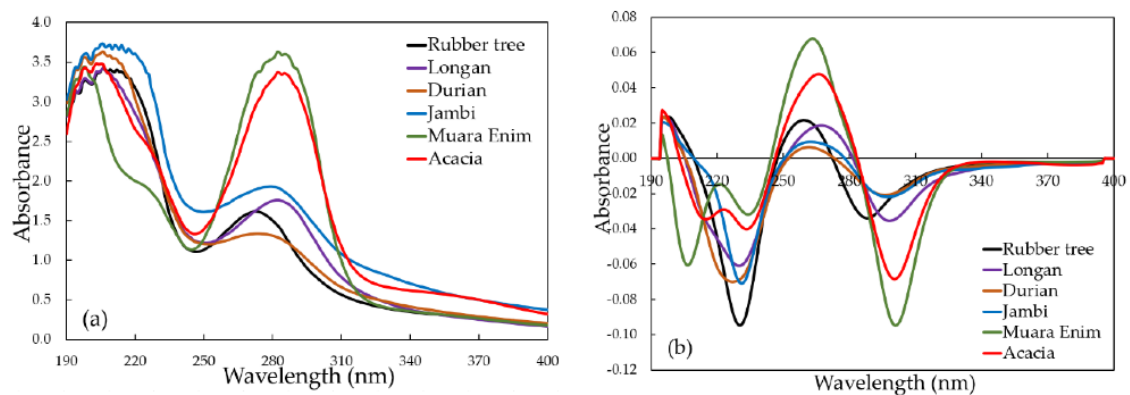
Empat jenis madu yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dari jenis lebah *Apis dorsata* yaitu: madu monoflora Akasia (*Acacia mangium*), madu monoflora Durian (*Durio zibethinus*), madu multiflora Muara Enim, dan madu multiflora Jambi. Dua jenis madu lainnya dari jenis lebah *Apis mellifera* juga digunakan yaitu madu monoflora Lengkeng (*Euphorbia longan*) dan madu monoflora Karet (*Hevea brasiliensis*) (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Sampel madu yang digunakan dalam penelitian autentikasi madu dengan beda origin, beda jenis lebah dan beda nektar bunga [9].

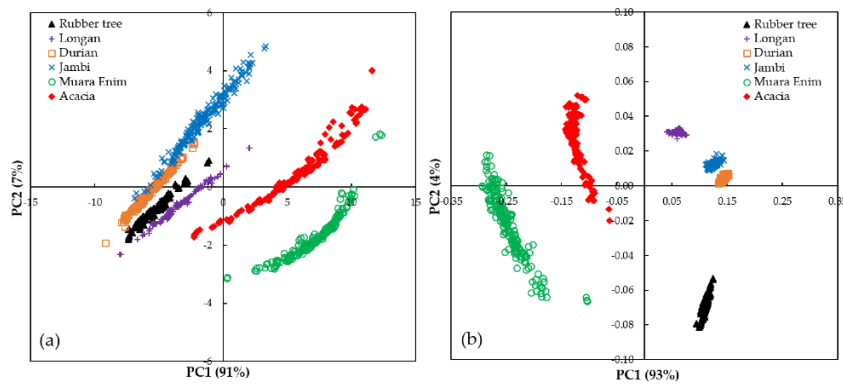
Gambar 3 menunjukkan rata-rata spektrum asli atau original (a) dan hasil transformasi atau spektra olahan (b) madu Indonesia dengan asal botani, entomologi, dan geografis yang berbeda. Seperti dapat dilihat pada Gambar 3, dalam spektrum UV original dari 6 jenis sampel madu, variasi besar dalam spektrum absorbans teridentifikasi untuk spektra

dengan beda jenis flora/botani (monoflora versus multiflora), beda asal geografis madu (Sumatera versus Jawa) serta beda jenis lebah madu (*Apis dorsata* versus *Apis mellifera*). Sulit untuk secara langsung mengekstrak informasi penting dari spektrum original ini. Untuk alasan ini, dilakukan proses perbaikan kualitas data spektra original dengan menerapkan pengolahan data spektra dengan melibatkan beberapa algoritma yang berbeda. *Mean-normalization* (MN) atau normalisasi rata-rata dilakukan sebagai salah satu metode pengolahan data spektra dalam penelitian ini. Seperti yang disebutkan oleh Xing *et al.* [10], normalisasi rata-rata adalah salah satu metode normalisasi yang paling klasik. Ini setara dengan mengganti nilai absorbans original dengan profil yang berpusat pada angka satu: hanya nilai absorbans relatif yang digunakan untuk menggambarkan sampel, dan informasi yang dibawa oleh nilai absolutnya dihilangkan. Turunan pertama *Savitzky-Golay* dengan polinomial orde kedua dan jumlah titik penghalusan (*smoothing point*) sebesar 11 poin (SG 1d) digunakan untuk menghilangkan perbedaan *baseline* spektra dan untuk meningkatkan perbedaan data spektra yang kecil [11]. Karena adanya faktor kesamaan jenis lebah madu (entomologi), asal geografis dan botani, terutama untuk madu *Apis dorsata* multiflora dari Jambi dan madu *Apis dorsata* monoflora dari Jambi, maka perbedaan spektra kedua sampel madu tersebut pastilah kecil. Ini adalah alasan utama untuk menggunakan algoritma SG 1d—yaitu untuk menguatkan nilai perbedaan spektra yang kecil tersebut sehingga lebih jelas terlihat perbedaannya. Namun, pada saat yang sama, sebagai konsekuensi dari proses derivasi ini, maka nilai *noise* dalam spektra ikut teramplifikasi atau *noisiness* malah jadi muncul. Untuk menghindari hal ini, maka seluruh data spektra terlebih dahulu dihaluskan menggunakan 11 titik *moving averaging smoothing* (MAS) seperti yang direkomendasikan oleh riset sebelumnya [11].



Gambar 3. Spektra asli atau original (a) dan spektra olahan (b) untuk enam jenis madu dengan beda origin, beda jenis lebah dan beda nektar bunga di panjang gelombang 190-400 nm [9].

Gambar 4 menunjukkan hasil analisis PCA dalam plot skor dua dimensi dari dua PC pertama ($PC1 \times PC2$) dalam spektrum UV asli atau original (a) dan spektrum UV hasil transformasi atau olahan dari sampel madu (b). PCA dihitung menggunakan 1040 sampel madu (termasuk semua spektrum) dari data spektra asli dan yang telah diproses sebelumnya (250-400 nm). Nilai *cumulative informative variance* (CIV) untuk kedua PC masing-masing adalah 98% dan 97% untuk spektra original atau asli dan spektra hasil olahan. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar varians dalam dataset asli terkandung dalam dua komponen utama ini. Sementara spektrum asli atau original dan spektra hasil olahan dapat digunakan untuk memisahkan sampel madu. Namun demikian saat menggunakan spektrum asli, beberapa sampel yang tumpang tindih teridentifikasi antar kluster, terutama di arah PC1 sepanjang sumbu x. Misalnya, kluster madu Durian memiliki PC1 yang sangat mirip dengan kluster madu Jambi. Pemisahan yang lebih jelas diperoleh dengan menggunakan spektrum yang telah diproses sebelumnya atau spektra olahan. Meski begitu, kluster madu Durian dan madu Jambi masih sangat dekat satu sama lain. Kedua madu ini dipanen dari asal geografis yang sama (Jambi). Dalam arah PC1, yang menyumbang 93% dari varians yang dijelaskan, semua kluster dapat dibedakan tanpa ada sampel yang tumpang tindih. Terbukti bahwa madu pohon karet, madu Lengking, madu Durian, madu Jambi, madu Muara Enim, dan madu Akasia dapat diklasifikasikan dengan benar. Oleh karena itu, analisis kemometrika lebih lanjut menggunakan metode SIMCA dilakukan dengan menggunakan spektrum hasil olahan (250-400 nm) untuk mengklasifikasikan sampel madu Indonesia menurut asal botani, entomologi, dan geografisnya. Hasil penelitian menunjukkan efektivitas penggunaan teknologi *UV-visible spectroscopy* untuk proses autentikasi madu asal Indonesia. SIMCA menghasilkan nilai akurasi klasifikasi sebesar 100% [9].



Gambar 4. Hasil analisis PCA menggunakan data spektra asli atau original (a) dan spektra hasil olahan (b) di panjang gelombang 190-400 nm [9].

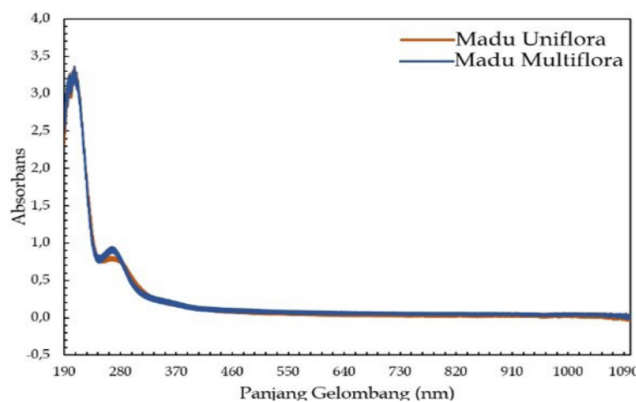
C. Diskriminasi Madu Akasia (*Acacia mangium*)

Madu Akasia (*Acacia mangium*) merupakan salah satu madu populer di Indonesia termasuk di Malaysia. Khususnya madu Akasia dari jenis lebah *Apis dorsata* (monoflora) dihargai mahal di pasar madu. Hanya saja pada prakteknya madu Akasia ini rentan dipalsukan. Salah satunya dengan madu biasa yang mirip warnanya dengan madu Akasia. Suhandy & Yulia [12] (2021b) berhasil membedakan madu Akasia hutan (*Apis dorsata*) dengan madu multiflora yang memiliki warna hampir sama. Perhatikan Gambar 5, kedua sampel madu terlihat sama dari sisi warna dan sulit dibedakan secara langsung menggunakan mata. Padahal selama ini salah satu parameter madu yang disukai oleh konsumen di Indonesia adalah warna madu yang cerah seperti halnya madu Akasia (*Acacia mangium*).

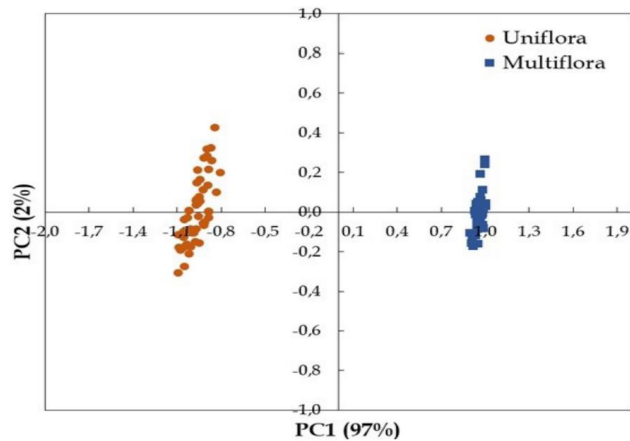


Gambar 5. Sampel madu Akasia monoflora (*Acacia mangium*) dan madu multiflora sebelum pengenceran [12].

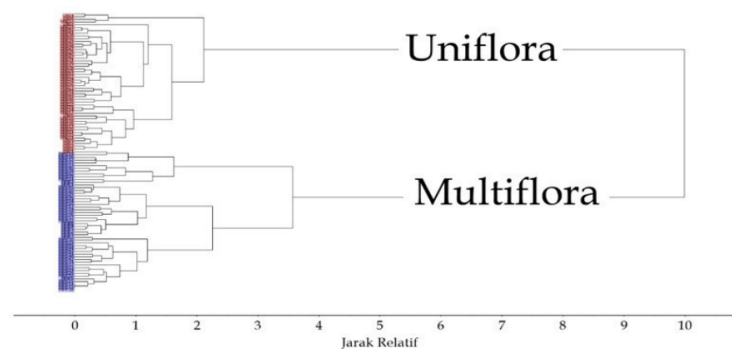
Data spektra asli untuk sampel madu Akasia (*Acacia mangium*) dan madu multiflora ditunjukkan di Gambar 6. Terlihat kedua spektra sangat mirip meskipun kita bisa mengidentifikasi sedikit perbedaan penting keduanya di panjang gelombang sekitar 280 nm. Suhandy & Yulia [12] kemudian menggunakan data spektra hasil olahan di panjang gelombang 220-400 nm untuk analisis PCA (*principal component analysis*) dan HCA (*hierarchical cluster analysis*) dan berhasil membedakan kedua jenis madu ke dalam klaster yang berbeda seperti diperlihatkan di Gambar 7 dan 8.



Gambar 6. Data spektra sampel madu Akasia monoflora (*Acacia mangium*) dan madu multiflora di panjang gelombang 190-1100 nm [12].



Gambar 7. Hasil analisis PCA sampel madu Akasia monoflora (*Acacia mangium*) dan madu multiflora di panjang gelombang 220-400 nm [12].



Gambar 8. Hasil analisis HCA sampel madu Akasia monoflora (*Acacia mangium*) dan madu multiflora di panjang gelombang 220-400 nm [12].

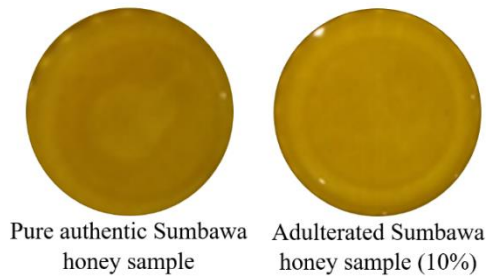
D. Autentikasi Madu Hutan Sumbawa

Madu hutan Sumbawa merupakan salah satu madu spesialti asal Indonesia. Ini merupakan satu-satunya madu Indonesia yang sudah mendapatkan sertifikat indikasi geografis (ID G 00000012). Madu Sumbawa adalah madu hutan alam yang berwarna kuning keemasan atau coklat, tergantung musim berbunga. Madu Sumbawa merupakan produk lebah hutan berupa larutan gula jenuh yang sebagian besar terdiri dari fruktosa (38.5%) dan glukosa (31%). Selain karbohidrat, madu juga mengandung protein, asam amino, enzim, vitamin, dan mineral. Madu kaya akan antioksidan seperti vitamin C, flavonoid dan alkaloid. Dapat disimpan hingga 6 bulan tanpa perubahan warna atau rasa.

Harganya yang lebih mahal dan produksi yang terbatas membuat madu hutan Sumbawa rentan pemalsuan. Jenis pemalsuan yang paling umum adalah penambahan gula ke madu hutan Sumbawa dengan sirup dari dua jenis tanaman: tanaman C4 (sirup jagung, sirup sukrosa, sirup fruktosa, sirup maltosa, dll.) dan tanaman C3 (sirup beras, sirup bit, dll.) [13]. Sirup jagung fruktosa tinggi (HFCS) adalah pemanis buatan yang murah dan sirup terkenal untuk pemalsuan madu. Saat ini, metode analisis standar untuk autentikasi madu yang dipalsukan sirup adalah analisis rasio isotop karbon yang stabil [13]. Namun, metode ini cukup mahal, melelahkan, dan tidak cocok untuk analisis rutin.

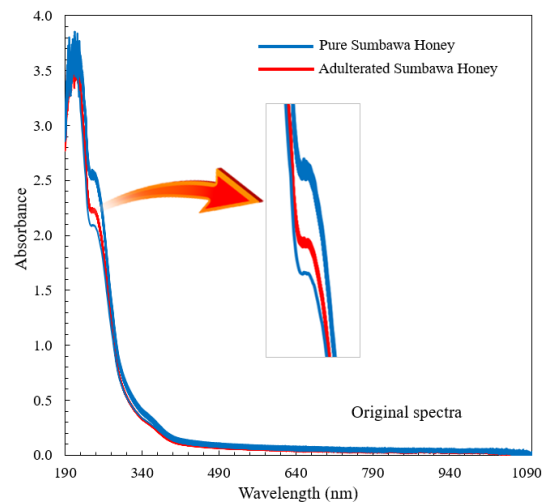
Beberapa riset sebelumnya telah dilakukan untuk uji keaslian madu menggunakan metode analisis berbasis data spektra seperti spektroskopi Raman hingga spektroskopi UV-vis [14-16]. Li *et al.* [14] menggunakan spektroskopi Raman dan metode *partial least squares-linear discriminant analysis* (PLS-LDA) untuk mendeteksi pemalsuan madu dengan akurasi total sebesar 75.6%-97.8% tergantung pada berbagai jenis bahan pencampur madu. Metode NIR dan *discriminant partial least squares* (DPLS) telah digunakan untuk penentuan madu Cina yang dipalsukan dengan HFCS dengan akurasi sebesar 90%-95% [15]. Pada penelitian terbaru diujicobakan aplikasi spektroskopi UV-vis dan PCA untuk autentikasi madu Sumbawa yang dicampur sirup jagung.

Gambar 9 merupakan madu hutan Sumbawa asli dan madu hutan Sumbawa yang telah dicampur sirup jagung (sebesar 10%). Terlihat kedua sampel madu yaitu madu murni dan madu campuran sulit dibedakan dengan mata dan hal ini membuktikan adanya potensi yang cukup besar untuk terjadinya pemalsuan madu hutan Sumbawa.

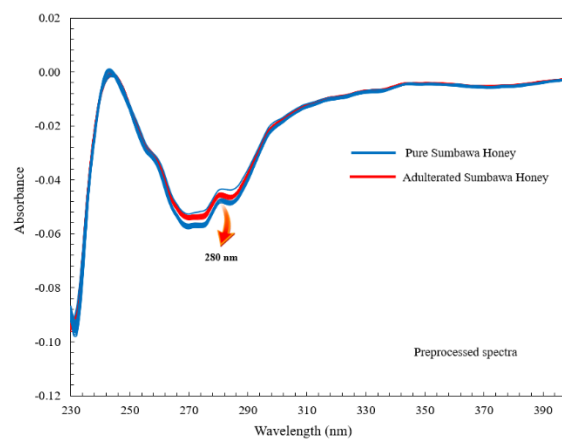


Gambar 9. Sampel madu hutan Sumbawa asli dan campuran sebelum pengenceran.

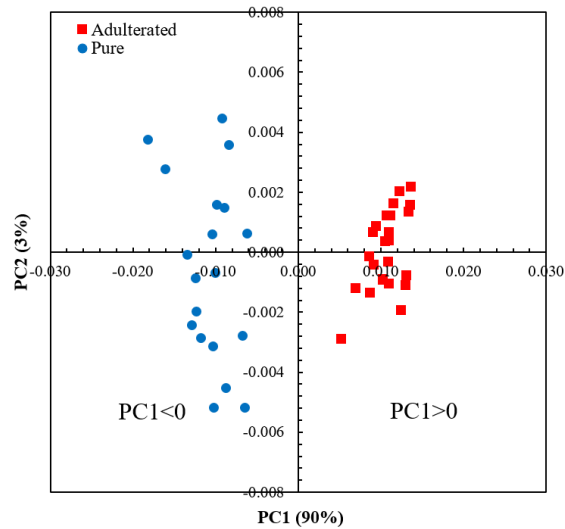
Gambar 10 merupakan spektra madu hutan Sumbawa murni dan yang telah dicampur. Terlihat keduanya bisa dibedakan terutama di sekitar panjang gelombang 230-400 nm. Perbedaan data spektra yang tajam dapat diamati pada panjang gelombang 280 nm seperti terlihat di Gambar 11 yang merupakan spektra hasil olahan. Panjang gelombang ini berhubungan dengan absorbans asam amino aromatik pada madu [9]. Riset yang dilakukan sebelumnya pada pengukuran data spektra di daerah *UV-visible* pada sirup jagung melaporkan puncak gelombang yang tinggi pada panjang gelombang 285 nm [17]. Hasil analisis PCA juga menunjukkan potensi *UV-visible spectroscopy* untuk diskriminasi sampel madu hutan Sumbawa murni dan campuran seperti terlihat di Gambar 12.



Gambar 10. Spektra original madu hutan Sumbawa murni dan campuran di panjang gelombang 190-1100 nm.



Gambar 11. Spektra hasil olahan madu hutan Sumbawa murni dan campuran di panjang gelombang 230-400 nm.



Gambar 12. Hasil analisis PCA menggunakan data spektra hasil olahan madu hutan Sumbawa murni dan campuran di panjang gelombang 230-400 nm.

E. Autentikasi Madu Tanpa Sengat *Heterotrigona itama*

Baru-baru ini, perhatian terhadap obat-obatan alami yang efektif semakin meningkat karena COVID-19. Lebih dari dua dekade, madu dan turunannya (propolis, royal jelly, dan bee pollen) telah dianggap sebagai salah satu bahan baku penting industri pangan, kosmetik, dan farmasi. Secara khusus, terkait dengan situasi pandemi COVID-19 saat ini, madu merupakan salah satu produk pangan yang dapat digunakan untuk meningkatkan respon imun. Telah dilaporkan sebelumnya bahwa madu efektif untuk melawan penyakit berbasis virus seperti virus influenza dan herpes simpleks sehingga berpotensi juga untuk COVID-19 [18]. Dibandingkan dengan lebah yang tidak bersengat, lebah yang tidak bersengat memiliki lebih banyak senyawa flavonoid dan polifenol dan menghasilkan sifat antioksidan yang sangat baik [19-20].

Di Lampung, lebah tanpa sengat lebih populer dan menguntungkan terutama untuk spesies lebah *Heterotrigona itama*. Harga madu lebah tanpa sengat (*Heterotrigona itama*) hampir dua kali lipat lebih mahal dibandingkan madu yang dihasilkan oleh lebah tidak bersengat (*Apis mellifera*) karena produksinya yang terbatas dan kandungan senyawa polifenol dan flavonoid yang tinggi. Untuk alasan ini, madu dari lebah yang tidak bersengat sering dipalsukan dengan pemanis buatan seperti HFCS (sirup jagung fruktosa tinggi). Namun demikian, komposisi gula madu lebah tanpa sengat dapat bervariasi terutama tergantung pada sumber nektarnya [19, 21]. Akibatnya, analisis fisikokimia individu madu lebah tanpa sengat berdasarkan komposisi gula misalnya untuk tujuan autentikasi madu lebah tanpa sengat bisa jadi kurang tepat.

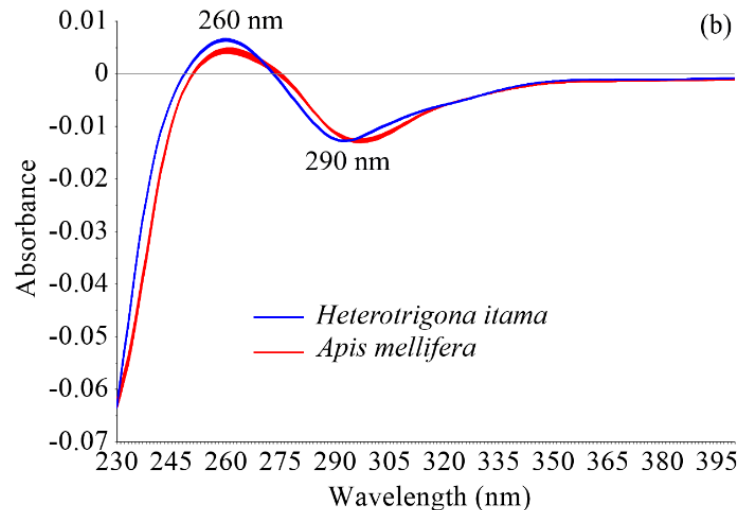
Gambar 13 menunjukkan dua jenis sampel madu yaitu madu bersengat *Apis mellifera* dan madu tanpa sengat *Heterotrigona itama*. Keduanya dari bunga nektar yang sama yaitu *Acacia mangium*. Warna kedua jenis madu tersebut terlihat berbeda di mana madu lebah bersengat terlihat lebih gelap.



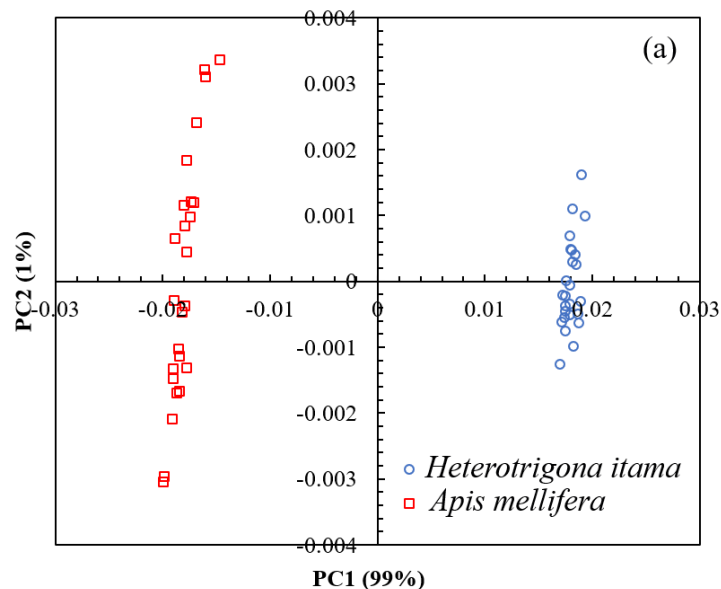
Gambar 13. Sampel madu bersengat (*Apis mellifera*) dan madu tidak bersengat (*Heterotrigona itama*).

Spektra madu lebah bersengat dan tidak bersengat untuk spektra olahan atau hasil transformasi ditunjukkan di Gambar 14. Ada dua puncak yang berhasil diidentifikasi dengan intensitas absorbans tinggi yaitu pada panjang gelombang 260 nm dan 290 nm. Pada panjang gelombang 260 nm, sampel madu lebah tanpa sengat memiliki intensitas absorbans yang lebih tinggi dibandingkan sampel madu lebah tanpa sengat. Pada panjang gelombang 290 nm, intensitas absorbans sampel madu lebah bersengat dan tidak bersengat hampir sama. Namun, puncak pada panjang gelombang 290 nm sedikit bergeser ke panjang gelombang yang lebih tinggi untuk sampel madu lebah tanpa sengat. Alasan adanya pergeseran ini masih dalam penyelidikan lebih lanjut.

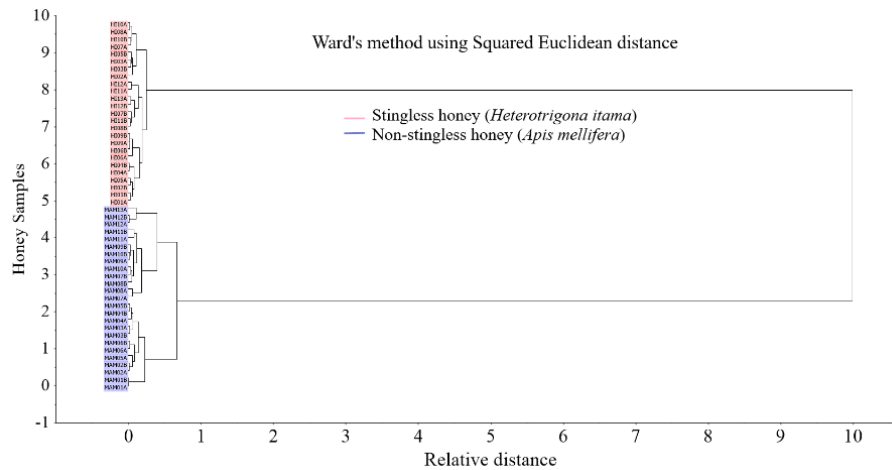
Hasil analisis PCA juga menunjukkan adanya pemisahan yang sangat jelas antara madu bersengat dan tidak bersengat. Dari Gambar 15, sampel madu lebah bersengat *Apis mellifera* terletak di kluster PC1 negatif sedangkan sampel madu lebah tidak bersengat *Heterotrigona itama* terletak di kluster PC1 positif. Selain PCA, hasil analisis menggunakan metode HCA atau *hierarchical cluster analysis* juga memperlihatkan potensi teknologi *UV-visible spectroscopy* untuk autentikasi sampel madu lebah tidak bersengat *Heterotrigona itama* seperti terlihat di Gambar 16.



Gambar 14. Spektra olahan sampel madu bersengat (*Apis mellifera*) dan madu tidak bersengat (*Heterotrigona itama*) di panjang gelombang 230-400 nm.



Gambar 15. Hasil analisis PCA menggunakan spektra olahan sampel madu bersengat (*Apis mellifera*) dan madu tidak bersengat (*Heterotrigona itama*) di panjang gelombang 230-400 nm.

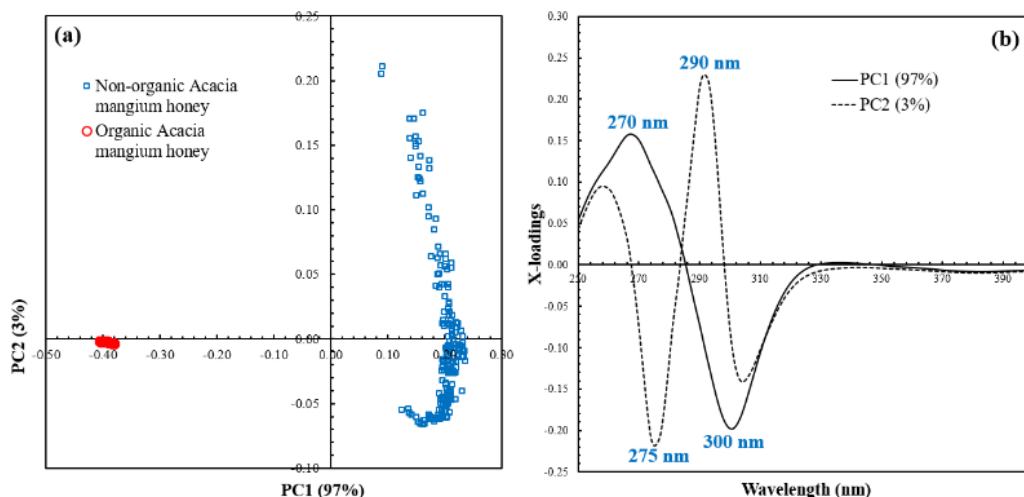


Gambar 16. Hasil analisis HCA menggunakan spektra olahan sampel madu bersengat (*Apis mellifera*) dan madu tidak bersengat (*Heterotrigona itama*) di panjang gelombang 230-400 nm.

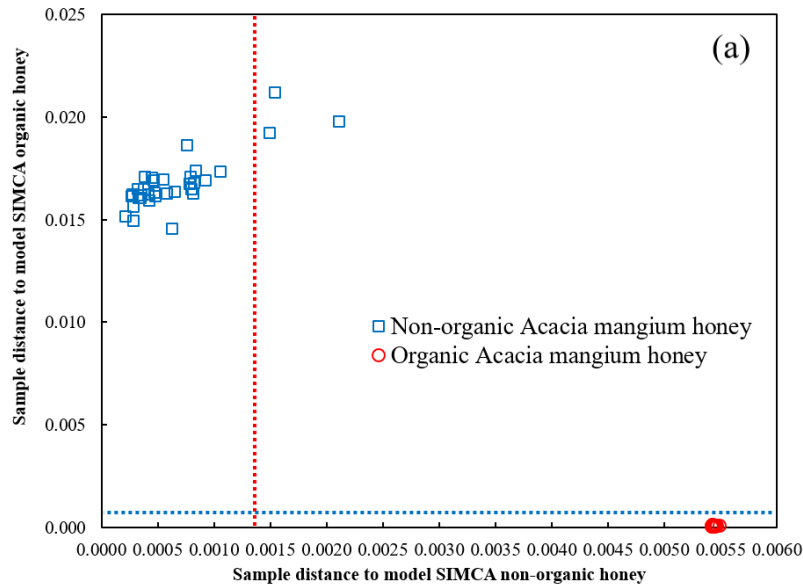
F. Autentikasi Madu Organik *Acacia mangium*

Madu monoflora Akasia (*Acacia mangium*) sangat populer di Indonesia dan Malaysia [22]. Area perkebunan *Acacia mangium* yang luas menyediakan hampir sepanjang tahun produksi madu monoflora *Acacia mangium*. Baru-baru ini, madu monoflora organik *Acacia mangium* tersedia di pasaran. Madu organik saat ini sedang populer karena kandungan nutrisinya yang tinggi dan dianggap lebih sehat daripada madu non-organik. Oleh karena itu, madu organik lebih mahal dibandingkan dengan madu non-organik dan menjadi target dalam penipuan perdagangan. Penipuan atau aksi pemalsuan madu organik ini salah satunya adalah kesalahan pelabelan madu organik komersial.

Hasil analisis PCA untuk madu organik dan non-organik *Acacia mangium* ditunjukkan di Gambar 17. Kedua sampel madu terletak di dua kluster yang berbeda yang menunjukkan perbedaan antara madu organik dan madu non-organik (lihat Gambar 17(a)). Dari investigasi *x-loadings* seperti terlihat di Gambar 17(b) diperoleh empat panjang gelombang yang berperan penting dalam proses diskriminasi kedua sampel madu tersebut yaitu panjang gelombang 270, 275, 290 dan 300 nm. Hasil ini juga sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya [9]. Selain PCA, analisis SIMCA juga berhasil memperlihatkan potensi *UV-visible spectroscopy* untuk autentikasi madu organik *Acacia mangium* di Indonesia seperti ditunjukkan di Gambar 18.



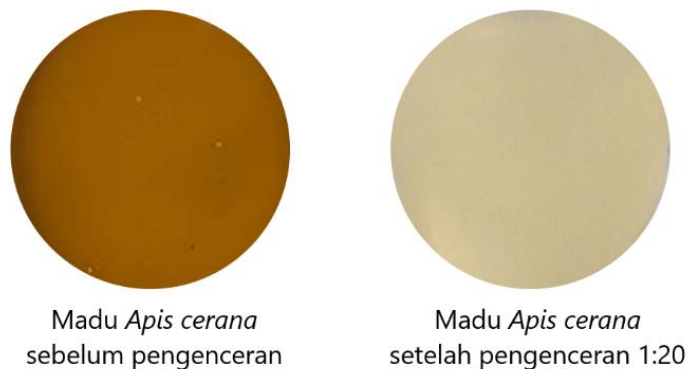
Gambar 17. Hasil analisis PCA menggunakan spektra olahan sampel madu organik dan madu non-organik *Acacia mangium* di panjang gelombang 250-400 nm.



Gambar 18. Hasil analisis SIMCA menggunakan spektra olahan sampel madu organik dan madu non-organik *Acacia mangium* di panjang gelombang 250-400 nm.

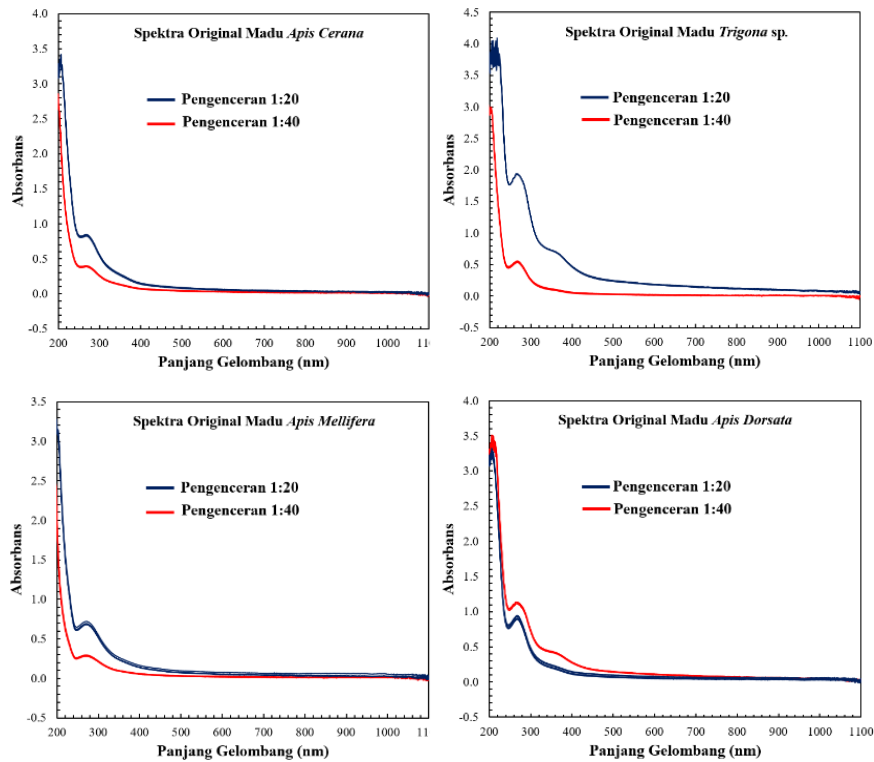
G. Investigasi Pengaruh Rasio Pengenceran Sampel Madu Terhadap Kualitas Spektra *UV-visible Spectroscopy*

Suhandy *et al.* [23] telah melakukan studi terkait pengaruh proses dilusi atau pengenceran terhadap autentikasi madu di Indonesia. Seperti terlihat di Gambar 19, sampel madu sebelum pengenceran sangat pekat dan membutuhkan proses pengenceran sebelum dilakukan pengambilan data spektra. Setelah pengenceran dengan rasio pengenceran 1:20 (v/v), terlihat sampel madu warnanya menjadi lebih cerah dan bening dan mendekati warna air distilasi sebagai pelarutnya. Jika rasio pengenceran terus ditambahkan maka sampel madu akan semakin mendekati warna pelarutnya yaitu air (semakin jernih).



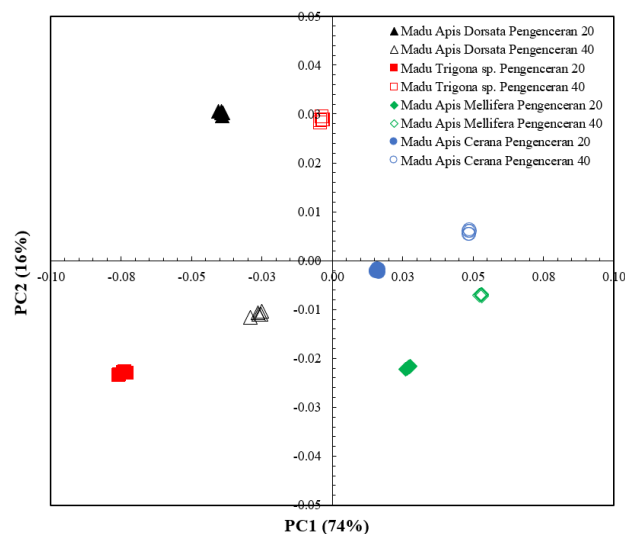
Gambar 19. Sampel madu *Apis cerana* sebelum dan sesudah pengenceran [23].

Pengaruh rasio pengenceran terhadap kualitas spektra yang dihasilkan dapat dilihat di Gambar 20. Rasio pengenceran yang diberikan adalah 1:20 (v/v) dan 1:40 (v/v). Sampel madu yang digunakan adalah madu multiflora dari 4 jenis lebah yang berbeda yaitu *Apis cerana*, *Apis mellifera*, *Apis dorsata* (ketiganya masuk kelompok lebah bersengat) dan *Trigona* sp. (lebah tidak bersengat). Dari Gambar 20 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai intensitas absorbans yang menunjukkan fakta bahwa pengaruh rasio pengenceran sangat signifikan untuk seluruh jenis sampel madu baik untuk lebah bersengat maupun lebah tidak bersengat.



Gambar 20. Spektra original madu dengan beda rasio pengenceran untuk madu *Apis cerana*, *Apis mellifera*, *Apis dorsata* dan *Trigona sp.* di panjang gelombang 190-1100 nm [23].

Selain perbedaan intensitas absorbans, pengaruh rasio pengenceran juga dapat dilihat dari hasil analisis PCA untuk seluruh sampel madu yang diuji. Dapat dilihat di Gambar 21, sampel madu yang sama dengan beda rasio pengenceran terletak di kluster yang berbeda. Hasil penelitian ini menunjukkan pengaruh pengenceran yang signifikan terhadap intensitas absorbans sampel madu. Fenomena ini secara umum terlihat di seluruh sampel madu dari empat jenis madu yang digunakan. Perbedaan intensitas absorbans dari dua macam pengenceran juga teridentifikasi baik untuk spektra original maupun spektra modifikasi di mana pengenceran 1:20 menghasilkan intensitas absorbans lebih tinggi. Hasil analisis juga mengkonfirmasi adanya pengaruh pengenceran terhadap kualitas spektra yang dihasilkan. Untuk sampel madu dengan pengenceran seragam, *UV-visible spectroscopy* berhasil mengklasifikasi sampel madu sesuai dengan jenis lebahnya baik untuk pengenceran 1:20 maupun pengenceran 1:40. Namun, *UV-visible spectroscopy* gagal mengelompokkan sampel madu sesuai dengan jenis lebahnya ketika sampel madu dengan dua pengenceran digabung. Hasil penelitian ini juga menunjukkan pengenceran 1:20 dapat direkomendasikan untuk pengukuran spektra sampel madu untuk empat jenis madu di Indonesia yaitu *Apis cerana*, *Apis mellifera*, *Apis dorsata* dan *Trigona sp.*



Gambar 21. Hasil analisis PCA madu dengan beda rasio pengenceran untuk madu *Apis cerana*, *Apis mellifera*, *Apis dorsata* dan *Trigona sp.* di panjang gelombang 250-350 nm [23].

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

1. Luaran Wajib

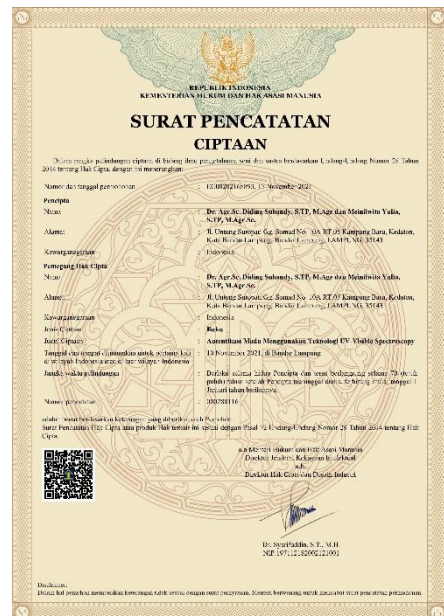
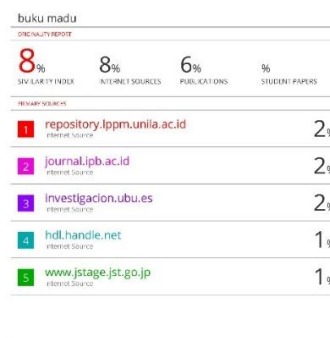
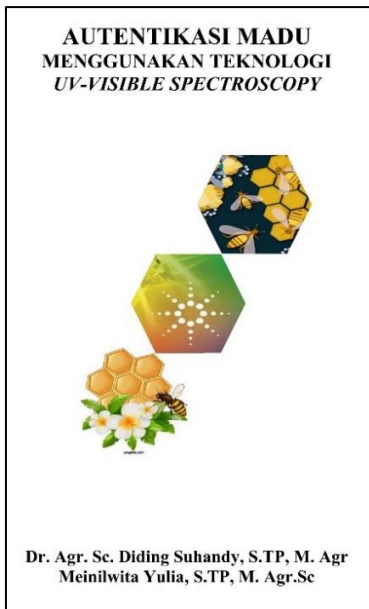
Penelitian tahun pertama (2021), luaran wajib yang dijanjikan adalah pendaftaran hak kekayaan intelektual (haki) berupa hak cipta. Luaran wajib berhasil dipenuhi dengan penerbitan hak cipta buku ajar sebagai berikut:

Judul Buku : AUTENTIKASI MADU MENGGUNAKAN TEKNOLOGI UV-VISIBLE SPECTROSCOPY
 Penulis : Diding Suhandy dan Meinilwita Yulia
 No. Sertifikat Hak Cipta : 000288116
 Link Sertifikat Hak Cipta : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/37001>

Buku terdiri atas 6 bab sebagai berikut:

- Bab 1. Pengantar
- Bab 2. Mutu Dan Komposisi Madu
- Bab 3. Teknologi *UV-visible Spectroscopy*
- Bab 4. Metode Kemometrika Untuk *UV-visible Spectroscopy*
- Bab 5. Autentikasi Madu Menggunakan Teknologi *UV-Visible Spectroscopy*
- Bab 6. Peluang Dan Tantangan

Saat ini buku tersebut telah dicek *similarity*-nya menggunakan aplikasi turnitin dengan indeks *similarity* diperoleh sebesar 8%. Saat ini buku ajar tersebut sedang tahap *lay out*, perwajahan atau kover dan *editing*. Buku ajar ini dijadwalkan bisa diterbitkan di akhir tahun 2021.



Gambar 22. Buku ajar autentikasi madu beserta sertifikat hak cipta yang diperoleh di tahun pertama (2021).

2. Luaran Tambahan

Luaran tambahan yang dijanjikan di tahun pertama (2021) adalah 1 buah artikel terbit di prosiding terindeks SCOPUS dan 1 buah artikel terbit di jurnal nasional terakreditasi SINTA 1-3. Sampai akhir tahun 2021 ini telah dihasilkan 1 artikel terbit di jurnal internasional bereputasi *Molecules* (Q1), 2 buah artikel terbit di jurnal nasional SINTA 2, satu buah artikel terbit di prosiding terindeks SCOPUS, dan 3 artikel telah dipresentasikan di seminar internasional dan direncanakan diterbitkan

di prosiding terindeks SCOPUS dengan rincian sebagai berikut:

A. Satu buah artikel terbit di jurnal internasional bereputasi dengan *impact factor* tinggi berkualifikasi Q1:

Judul artikel : The Use of UV Spectroscopy and SIMCA for the Authentication of Indonesian Honeys According to Botanical, Entomological and Geographical Origins
Nama Jurnal : Molecules
Penerbit : MDPI AG
ISSN : 1420-3049
Tahun/Volume/Nomor/Halaman : 2021/26/4/915
Tanggal Terbit : 9 Februari 2021
Impact factor (IF) jurnal : 4.411
SJR jurnal : 0.698
Kuartil jurnal : Q1
Indeksasi : SCOPUS
Link artikel : <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/4/915/htm>
DOI artikel : <https://doi.org/10.3390/molecules26040915>
Link repository artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/27859>
Link similarity index artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/30074>
Link URL SCOPUS resources : <https://www.scopus.com/sourceid/26370>

B. Dua buah artikel terbit di jurnal nasional SINTA 2:

a. Satu buah artikel terbit di Jurnal Teknologi Pertanian atau JTP Universitas Brawijaya, Malang (terakreditasi SINTA 2):

Judul artikel : Uji keaslian madu lebah hutan *Apis dorsata* dari nektar uniflora *Acacia mangium* menggunakan spektroskopi ultraviolet dan kemometrika
Nama Jurnal : Jurnal Teknologi Pertanian (JTP)
Penerbit : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya (UB) Malang
ISSN/e-ISSN : 1411-5131/2528-2794
Tahun/Volume/Nomor/Halaman : 2021/22/1/25-34
Tanggal Terbit : April 2021
Peringkat jurnal : SINTA 2
Link artikel : <https://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/936/1052>
DOI artikel : <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2021.022.01.3>
Link repository artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/29868>
Link similarity index artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/30098>
Link URL SINTA resources : <https://sinta.ristekbrin.go.id/journals/detail?id=17>

b. Satu buah artikel terbit di Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian (JTIHP) Universitas Lampung (terakreditasi SINTA 2):

Judul artikel : Investigasi pengaruh pengenceran sampel madu pada proses klasifikasi madu menggunakan *uv spectroscopy* dan kemometrika
Nama Jurnal : Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian (JTIHP)
Penerbit : Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
ISSN/e-ISSN : 1410-3044/2302-4399
Tahun/Volume/Nomor/Halaman : 2021/26/2/72-82
Tanggal Terbit : September 2021
Peringkat jurnal : SINTA 2
Link artikel : <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTIHP/article/view/4750/3619>
DOI artikel : <http://dx.doi.org/10.23960/jtihp.v26i2.72-82>
Link repository artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/33732>
Link similarity index artikel : <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/33753>
Link URL SINTA resources : <https://sinta.ristekbrin.go.id/journals/detail?id=120>

C. Satu buah artikel terbit di prosiding internasional terindeks SCOPUS dengan rincian sebagai berikut:

a. Satu artikel terbit di prosiding AIP Conference Proceedings:

Judul artikel	: Using uv-visible spectroscopy coupled with linear discrimination analysis to discriminate between monofloral and multifloral honey from Indonesia
Nama Prosiding	: AIP Conference Proceedings
Penerbit	: American Institute of Physics
ISSN	: 0094-243X, 1551-7616
Tahun/Volume	: 2021/2342
Tanggal Terbit	: 22 April 2021
Link artikel	: https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0045325
DOI artikel	: https://doi.org/10.1063/5.0045325
Link repository artikel	: http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/29633
Link similarity index artikel	: http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/30086

D. Tiga buah artikel telah dipresentasikan di seminar internasional dan direncanakan untuk diterbitkan di prosiding terindeks SCOPUS dengan rincian sebagai berikut:

a. Seminar internasional *the 4th International Conference of Transdisciplinary Research on Environmental Problems in Southeast Asia (TREPSEA)* yang diselenggarakan secara online (via zoom) tanggal 16-17 September 2021.

Judul artikel	: Authentication of pure and adulterated Sumbawa monofloral honey using ultraviolet-visible spectroscopy
Penulis	: Diding Suhandy, Kusumiyati, Spto Kuncoro, Winda Rahmawati and Meinilwita Yulia
Status artikel	: Under review
Link sertifikat presenter	: http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/37017

b. Seminar internasional *IPB-FFTC International Online Workshop and Seminar 2021* yang diselenggarakan secara online (via zoom) tanggal 22-23 September 2021.

Judul artikel	: Authentication of organic monofloral Acacia mangium honey by UV spectroscopy and multivariate analysis
Penulis	: Meinilwita Yulia, Kusumiyati and Diding Suhandy
Status artikel	: Under review
Link sertifikat presenter	: http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/37018

c. Seminar internasional *3rd International Conference on Agricultural Postharvest Handling and Processing 2021 (ICAPHP2021)* yang diselenggarakan secara hybrid (via zoom) tanggal 12-13 Oktober 2021. Penulis mendapatkan penghargaan (*award*) sebagai salah satu best presenter di seminar ICAPHP2021.

Judul artikel	: Rapid authentication of stingless bees (<i>Heterotrigona itama</i>) honey by UV spectroscopy and hierarchical cluster analysis
Penulis	: Diding Suhandy, Meinilwita Yulia, and Kusumiyati
Status artikel	: Accepted
Link sertifikat presenter	: http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/37003
Link best presenter	: http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/37014
Link LoA artikel	: http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/37013

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

Peran mitra yaitu Rumah Madu dalam penelitian madu di tahun pertama adalah sebagai berikut:

1. Rumah madu sangat berperan dalam penyediaan sampel madu untuk penelitian, baik sampel itu langsung diperoleh dari

Rumah Madu atau dari pihak lain melalui perantara Rumah Madu. Jejaring yang dimiliki oleh Rumah Madu sangat membantu tim peneliti untuk mendapatkan beberapa sampel madu yang cukup sulit diperoleh seperti beberapa sampel madu organik dan madu dari lebah tidak bersengat.

2. Rumah Madu juga sangat berperan dalam ikut memberikan masukan untuk perbaikan buku ajar autentikasi madu. Terutama memberi masukan untuk mengubah beberapa bagian di dalam buku sehingga buku ajar tersebut tidak hanya sesuai untuk kebutuhan proses belajar di kampus tapi juga menarik minat industri seperti Rumah Madu untuk kemudian tertarik menerapkan teknologi uji keaslian atau autentikasi madu di perusahaannya.
3. Selama PPKM, komunikasi dengan mitra juga dilakukan melalui sambungan telpon untuk memastikan rencana penelitian termasuk jadwal pengambilan sampel. Hanya saja di tahun pertama ini, tim peneliti belum sempat hadir langsung di kegiatan panen madu untuk sampel di beberapa lokasi di Lampung dan Riau karena saat itu seluruh tim peneliti belum memperoleh ijin berkegiatan di luar kampus dari pimpinan (akibat adanya penerapan PPKM level 4) dan belum divaksin COVID-19.
4. Di akhir tahun pertama ini juga Rumah Madu sebagai mitra bersedia menjadi salah satu perintis industri yang menerapkan teknologi autentikasi madu menggunakan teknologi *UV-visible spectroscopy*. Berikut beberapa dokumentasi selama penelitian di tahun pertama bersama mitra.



Gambar 23. Dokumentasi penjelasan proses autentikasi madu menggunakan teknologi *uv-visible spectroscopy* di tempat mitra (Rumah Madu).

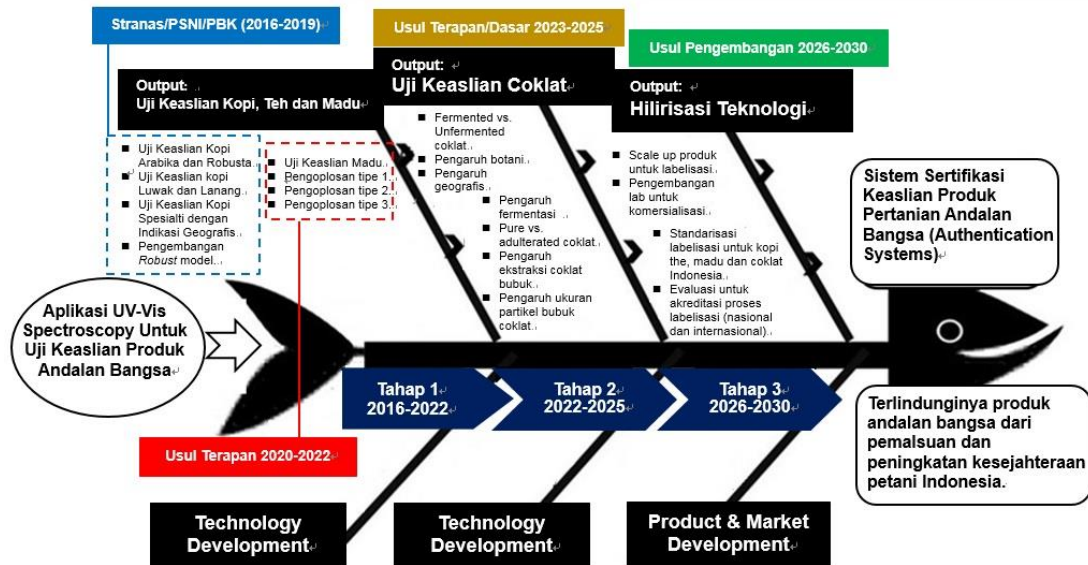
F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Berikut beberapa kendala yang dihadapi selama pelaksanaan penelitian riset terapan tahun pertama (2021):

1. Pembatasan kegiatan di kampus termasuk kegiatan penelitian dan bimbingan mahasiswa selama penerapan PPKM level 4 turut mempengaruhi kelancaran penelitian. PPKM level di kota Bandar Lampung diterapkan sejak tanggal 9 Juli sampai 6 September 2021. Namun dengan dukungan seluruh tim riset madu akhirnya kami bisa melaksanakan agenda riset di tahun pertama dan dapat memenuhi kewajiban luaran wajib dan tambahan di tahun pertama ini.
2. Pembatasan kegiatan selama PPKM level 4 juga menghambat tim peneliti untuk ikut langsung melaksanakan pengambilan sampel madu di lapangan. Sehingga sebagian besar sampel yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh secara tidak langsung melalui Rumah Madu atau jejaringnya.
3. Persoalan listrik masih menjadi masalah klasik. Kami masih mengalami beberapa kali kejadian mati listrik saat persiapan sampel (seperti saat pengadukan dengan *magnetic stirrer*) dan saat pengambilan data spektra. Pengulangan pengambilan data spektra harus dilakukan dan hal ini cukup menghambat pelaksanaan penelitian.

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

Gambar 24 merupakan peta jalan penelitian untuk sertifikasi uji keaslian produk pertanian andalan bangsa menggunakan metode *UV-visible spectroscopy* termasuk di dalamnya riset terapan pengembangan metode uji keaslian madu menggunakan metode *UV-visible spectroscopy* dan kemometrika. Sesuai dengan peta jalan riset terapan (yang berwarna merah), selama 3 tahun pelaksanaan riset terapan, penelitian fokus untuk pengembangan metode uji keaslian atau autentikasi madu menggunakan *UV-visible spectroscopy* untuk 3 tipe pengoplosan madu. Tahun pertama (2021) telah berhasil menunjukkan potensi teknologi *UV-visible spectroscopy* untuk autentikasi madu untuk 3 tipe pengoplosan secara kualitatif yaitu membedakan madu asli dan madu oplosan. Model kualitatif berhasil dibangun dengan pendekatan PCA, SIMCA dan HCA.



Gambar 24. Peta jalan penelitian untuk sertifikasi uji keaslian produk pertanian andalan bangsa menggunakan metode *uv-visible spectroscopy* (2016-2030).

Sedangkan di tahun ke-2, fokus penelitian adalah membangun model autentikasi madu menggunakan *UV-visible spectroscopy* secara kuantitatif yaitu menghitung atau mengkuantifikasi kadar bahan pengoplos di madu spesialti (madu mahal) untuk tiga tipe pengoplosan. Kuantifikasi ini juga sangat penting karena informasi kadar pengoplosan madu merupakan salah satu informasi berharga yang diperlukan oleh otoritas pangan di suatu negara untuk menjadi nilai ambang batas apakah produk madu tertentu diperkenankan masuk di suatu negara atau tidak. Berdasarkan hal tersebut, fokus rencana riset di tahun ke-2 adalah membangun model kuantifikasi 3 tipe pengoplosan madu dengan regresi PLS (*partial least squares*) untuk pendekatan linear dan regresi SVM (*support vector machine*) untuk pendekatan nonlinear. Pengoplosan dari 5-50% (v/v) dengan interval 5% (v/v) untuk sampel kalibrasi dan validasi. Seluruh sampel dilakukan dilusi dengan air distilasi dengan perbandingan 1:20 (v/v) (sesuai dengan hasil riset di tahun pertama). Berikut adalah rincian tahapan riset di tahun ke-2 (tahun 2022):

- Riset uji keaslian madu pengoplosan tipe 1 secara kuantitatif. Sampel yang digunakan adalah madu monoflora organik Akasia dari 2 jenis nektar berbeda yaitu nektar bunga (*Acacia mangium*) dan jenis nektar embun atau madu embun (*Acacia crasnicarpa*). Pemilihan madu Akasia karena selain populer, juga tersedia hampir sepanjang waktu dan salah satu madu spesialti. Salah satu madu premium dengan kadar senyawa fenolik tinggi. Pengoplosnya adalah sirup HFCS (*high fructose corn syrup*) atau sirup jagung, salah satu sirup paling populer dengan harga murah.
- Riset uji keaslian madu pengoplosan tipe 2 secara kuantitatif. Sampel yang digunakan adalah 3 jenis madu monoflora madu tidak bersengat (*stingless bee*) yang populer di Indonesia dan termasuk kelompok madu spesialti yaitu madu monoflora *Heterotrigona itama*, madu monoflora *Tetrigona apicalis* dan madu monoflora *Geniotrigona thoracica*. Pengoplosnya adalah madu multiflora.
- Riset pengoplosan tipe 3 secara kuantitatif dengan mencampurkan madu hutan Sumbawa (madu dengan indikasi geografis) dengan sirup jagung (HFCS). Sirup jagung HFCS yang digunakan sebagai bahan pengoplos terdiri atas dua jenis HFCS yaitu HFCS-55 (55% fruktosa) dan HFCS-90 (90% fruktosa).
- Dari riset kuantitatif dengan 3 tipe pengoplosan maka ditargetkan dapat melengkapi protokol uji keaslian atau autentikasi madu spesialti menggunakan teknologi *UV-visible spectroscopy* baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Protokol ini siap diujicobakan di Rumah Madu dan luaran wajib tahun kedua dan ketiga yaitu tersedianya protokol uji keaslian madu spesialti menggunakan teknologi *UV-visible spectroscopy* dapat tercapai. Selain itu beberapa hasil riset di tahun ke-2 juga ditargetkan untuk dituliskan dalam bentuk satu artikel ilmiah untuk publikasi di jurnal internasional bereputasi Q2 di *International Journal of Food Science* dan satu artikel untuk publikasi di jurnal nasional terakreditasi SINTA 2 yaitu Jurnal Teknologi Pertanian (JTP), Universitas Brawijaya.
- Tahun ke-3 (tahun 2023) merupakan optimasi protokol uji keaslian madu dengan perbaikan berdasarkan hasil uji di tahun ke-2. Protokol uji keaslian madu yang optimal dan sudah teruji ini menjadi luaran wajib di tahun ke-3. Sebagian hasil uji dipresentasikan di seminar internasional dan dibuat dokumentasi buku untuk memenuhi luaran tambahan di tahun ke-3 berupa artikel prosiding terbit di prosiding terindeks SCOPUS dan buku referensi terbit di Graha Ilmu.

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

1. Sobrino-Gregorio, L., Vilanova, S., Prohens, J. and Escriche, I. 2019. Detection of honey adulteration by conventional and real-time PCR. *Food Control*, 95: 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.037>.
2. Cai, J., Wu, X., Yuan, L., Han, E., Zhou, L., and Zhou, A. 2013. Determination of Chinese Angelica honey adulterated with rice syrup by an electrochemical sensor and chemometrics. *Analytical Methods*, 5: 2324–2328. <https://doi.org/10.1039/C3AY00041A>.
3. Bisutti, V., Merlanti, R., Serva, L., Lucatello, L., Mirisola, M., Balzan, S., and Capolongo, F. 2019. Multivariate and machine learning approaches for honey botanical origin authentication using near infrared spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 27(1): 65–74. doi: 10.1177/0967033518824765.
4. Pita-Calvo, C., Guerra-Rodríguez, M.E. and Vázquez, M. 2017. Analytical methods used in the quality control of honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65: 690–703. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04776>.
5. Lenhardt, L., Zeković, I., Dramićanin, T., Dramićanin, M. D., and Bro, R. 2014. Determination of the botanical origin of honey by front-face synchronous fluorescence spectroscopy. *Applied Spectroscopy*, 68: 557–563. <https://doi.org/10.1366/13-07325>.
6. Esteki, M., Shahsavari, Z., and Simal-Gandara, J. 2018. Use of spectroscopic methods in combination with linear discriminant analysis for authentication of food products. *Food Control*, 91: 100–112. doi:10.1016/j.foodcont.2018.03.031.
7. Danezis, G. P., Tsagkaris, A.S., Camin, F., Brusica, V., and Georgiou, C.A. 2016. Food authentication: Techniques, trends & emerging approaches. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 85: 123–132. doi:10.1016/j.trac.2016.02.026.
8. Frausto-Reyes, C., Casillas-Peñuelas, R., Quintanar-Stephano, J., Macías-López, E., BujdudPérez, J., Medina-Ramírez, I. 2017. Spectroscopic study of honey from *Apis mellifera* from different regions in Mexico. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 178: 212–217. doi:10.1016/j.saa.2017.02.009.
9. Suhandy, D. and Yulia, M. 2021. The Use of UV Spectroscopy and SIMCA for the Authentication of Indonesian Honeys According to Botanical, Entomological and Geographical Origins. *Molecules*, 26(4): 915. <https://doi.org/10.3390/molecules26040915>.
10. Xing, J., Guyer, D., Ariana, D. and Lu, R. 2008. Determining optimal wavebands using genetic algorithm for detection of internal insect infestation in tart cherry. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 2: 161–167. <https://doi.org/10.1007/s11694-008-9047-z>.
11. Zhang, Z.-Y., Wang, Y.-J., Yan, H., Chang, X.-W., Zhou, G.-S., Zhu, L., Liu, P., Guo, S., Dong, T.T.X. and Duan, J.-A. 2021. Rapid Geographical Origin Identification and Quality Assessment of *Angelicae Sinensis Radix* by FT-NIR Spectroscopy. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2021: 1–12. <https://doi.org/10.1155/2021/8875876>.
12. Suhandy, D. and Yulia, M. 2021b. Uji keaslian madu lebah hutan *Apis dorsata* dari nektar uniflora acacia mangium menggunakan spektroskopi ultraviolet dan kemometrika. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 22(1): 25–34. <http://dx.doi.org/10.21776/ub.jtp.2021.022.01.3>.
13. Huang, F., Song, H., Guo, L., Guang, P., Yang, X., Li, L., Zhao, H. and Yang, M. 2020. Detection of adulteration in Chinese honey using NIR and ATR-FTIR spectral data fusion. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 235:118297. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.118297>.
14. Li, S., Shan, Y., Zhu, X., Zhang, X. and Ling, G. 2012. Detection of honey adulteration by high fructose corn syrup and maltose syrup using Raman spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 28: 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.07.006>.
15. Chen, L., Xue, X., Ye, Z., Zhou, J., Chen, F. and Zhao, J. 2011. Determination of Chinese honey adulterated with high fructose corn syrup by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 128: 1110–1114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.027>.
16. Suhandy, D. and Yulia, M. 2021. Using UV-Visible spectroscopy coupled with linear discrimination analysis to discriminate between monofloral and multifloral honey from Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2342: 100004. <https://doi.org/10.1063/5.0045325>.
17. Zhao, Z., Chen, L., Liu, F., Zhou, F., Peng, J. and Sun, M. 2020. Fast Classification of Geographical Origins of Honey Based on Laser-Induced Breakdown Spectroscopy and Multivariate Analysis. *Sensors*, 20: 1878. <https://doi.org/10.3390/s20071878>.
18. Hossain, K.S., Hossain, Md.G., Moni, A., Rahman, Md.M., Rahman, U.H., Alam, M., Kundu, S., Rahman, Md.M., Hannan, Md. A. and Uddin, Md.J. 2020. Prospects of honey in fighting against COVID-19: pharmacological insights and therapeutic promises. *Heliyon*, 6(12): e05798. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05798>.

19. Biluca, F.C., Braghini, F., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O. and Fett, R. 2016. Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (Meliponinae). *Journal of Food Composition and Analysis*, 50: 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.05.007>.
20. Kek, S.P., Chin, N.L., Yusof, Y.A., Tan, S.W. and Chua, L.S. 2014. Total Phenolic Contents and Colour Intensity of Malaysian Honeys from the *Apis* spp. and *Trigona* spp. Bees. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2: 150–155. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.022>.
21. Chuttong, B., Chanbang, Y., Sringarm, K. and Burgett, M. 2016. Physicochemical profiles of stingless bee (Apidae: Meliponini) honey from South East Asia (Thailand). *Food Chemistry*, 192: 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.089>.
22. Moniruzzaman, M., Sulaiman, S.A., Azlan, S.A.M. and Gan, S.H. 2013. Two-Year Variations of Phenolics, Flavonoids and Antioxidant Contents in Acacia Honey. *Molecules*, 18: 14694–14710. <https://doi.org/10.3390/molecules181214694>.
23. Suhandy, D., Yulia, M., Kusumiyati, Suharyatun, S. and Waluyo, S. 2021. Investigasi pengaruh pengenceran sampel madu pada proses klasifikasi madu menggunakan uv spectroscopy dan kemometrika. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 26(2): 72–82. <http://dx.doi.org/10.23960/jtihp.v26i2.72-82>.

Dokumen pendukung luaran Wajib #1

Luaran dijanjikan: Buku (berupa buku ajar, monograf, atau buku referensi)

Target: Telah bersertifikat

Dicapai: Tersedia

Dokumen wajib diunggah:

1. Dokumentasi Luaran

Dokumen sudah diunggah:

1. Dokumentasi Luaran

Dokumen belum diunggah:

- Sudah lengkap

REPUBLIC INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202165893, 17 November 2021

Pencipta

Nama : **Dr. Agr.Sc. Diding Suhandy, S.TP, M.Agr dan Meinilwita Yulia, S.TP, M.Agr.Sc.**

Alamat : Jl. Untung Suropati Gg. Somad No. 10A RT.05 Kampung Baru, Kedaton, Kota Bandar Lampung, Bandar Lampung, LAMPUNG, 35143

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Dr. Agr.Sc. Diding Suhandy, S.TP, M.Agr dan Meinilwita Yulia, S.TP, M.Agr.Sc.**

Alamat : Jl. Untung Suropati Gg. Somad No. 10A RT.05 Kampung Baru, Kedaton, Kota Bandar Lampung, Bandar Lampung, LAMPUNG, 35143

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Buku**

Judul Ciptaan : **Autentikasi Madu Menggunakan Teknologi UV-Visible Spectroscopy**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 10 November 2021, di Bandar Lampung

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000288116

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia
Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual
u.b.
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Dr. Syarifuddin, S.T., M.H.
NIP.197112182002121001

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

Dokumen pendukung luaran Tambahan #1

Luaran dijanjikan: Artikel di Jurnal Nasional terakreditasi peringkat 1-3

Target: Accepted

Dicapai: Published

Dokumen wajib diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen sudah diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen belum diunggah:

-

Investigasi pengaruh pengenceran sampel madu pada proses klasifikasi madu menggunakan *uv spectroscopy* dan kemometrika

[Investigation on the influence of dilution of honey samples for honey classification using uv spectroscopy and chemometrics]

Diding Suhandy^{1*}, Meiniwita Yulia², Kusumiyati³, Siti Suharyatun¹ dan Sri Waluyo¹

¹ Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung, Lampung

² Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung, Jl. Soekarno Hatta No.10, Bandar Lampung, Lampung

³ Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Sumedang, Jawa Barat

* Email korespondensi : diding.sughandy@fp.unila.ac.id

Diterima: 11 Januari 2021, Disetujui: 5 Juli 2021, DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jthp.v26i2.72-82>

ABSTRACT

One form of honey adulteration is label adulteration for some premium honey such as uniflora honey from the honeybee species *Trigona* sp. One of the analytical methods that are currently developing and have the potential to perform the classification of premium honey in Indonesia is the UV spectroscopy method. In this study, an investigation was carried out on the effect of dilution on the performance of UV spectroscopy in the process of classifying Indonesian honey with different honeybees. A total of 4 types of honey samples with 10 samples each were used in this study. The honey sample was then diluted using distilled water. Each type of honey was given two dilution treatments, namely 1:20 (volume:volume) dilution of 5 samples and 1:40 (volume:volume) dilution of 5 samples. Spectral data were taken using a UV-visible spectrometer with a wavelength of 190-1100 nm (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA) using the transmittance mode. The results of spectra analysis generally show that the sample with a 1:20 dilution has a higher absorbance intensity for both the original and modified spectra. The PCA results for each dilution showed that the honey samples could be separated into four different clusters for both 1:20 and 1:40 dilutions. The results of PCA analysis using all samples showed that the honey samples were classified into eight different clusters showing a significant effect of differences in honey sample dilution on the classification process of honey samples based on differences in the types of honeybees.

Keywords: classification, dilution, PCA, stingless honeybee, uv spectroscopy

ABSTRAK

Salah satu bentuk pemalsuan madu adalah pemalsuan label untuk beberapa madu premium seperti madu uniflora dari jenis lebah *Trigona* sp. Di antara beberapa metode analisis yang saat ini berkembang dan potensial untuk klasifikasi madu premium di Indonesia adalah metode *UV spectroscopy*. Pada penelitian ini dilakukan investigasi pengaruh pengenceran terhadap kinerja *UV spectroscopy* dalam proses klasifikasi madu Indonesia dengan jenis lebah berbeda. Sebanyak 4 jenis sampel madu dengan jumlah masing-masing 10 sampel digunakan dalam penelitian ini. Sampel madu kemudian diencerkan menggunakan air distilasi. Setiap jenis madu diberikan dua perlakuan pengenceran yaitu pengenceran 1:20 (volume:volume) sebanyak 5 sampel dan pengenceran 1:40 (volume:volume) sebanyak 5 sampel. Spektrometer *UV-visible* (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA) digunakan untuk mengukur data spektra dengan menggunakan mode transmisi di panjang gelombang 190-1100 nm. Hasil analisis spektra secara umum menunjukkan sampel dengan pengenceran 1:20 memiliki intensitas absorbansi yang lebih tinggi baik untuk spektra original maupun spektra modifikasi. Hasil PCA (*principal component analysis*) untuk masing-masing pengenceran menunjukkan sampel madu dapat terpisah menjadi empat kluster berbeda baik untuk pengenceran 1:20 maupun pengenceran 1:40. Hasil analisis PCA menggunakan semua sampel menunjukkan sampel madu terklasifikasikan menjadi delapan kluster berbeda menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari perbedaan pengenceran sampel madu terhadap proses klasifikasi sampel madu berdasarkan perbedaan jenis lebahnya.

Kata kunci: klasifikasi, lebah tak bersengat, PCA, pengenceran, *uv-spectroscopy*

Pendahuluan

Madu merupakan zat manis alami yang diproduksi oleh lebah madu dan biasa digunakan sebagai bahan pemanis (Spiteri et al., 2017). Madu memiliki kandungan gizi dan manfaat medis yang tinggi dan merupakan satu-satunya bahan pemanis alami yang dapat digunakan manusia secara langsung tanpa proses pengolahan sehingga saat ini merupakan salah satu produk pertanian penting dengan nilai ekonomi tinggi (El Sohaimy et al., 2015). Komponen utama madu adalah karbohidrat (70-80% w/w). Karbohidrat ini umumnya terdiri atas glukosa (~31% w/w), fruktosa (~38% w/w) dan air (10-20% w/w) (He et al., 2020). Secara umum kualitas madu sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan lebah, iklim, intensitas interaksi peternak dengan lebah, metode panen madu dan penyimpanan madu (Wilczyńska & Zak, 2020). Secara khusus, komposisi kimia dan karakteristik sensorik madu seperti kandungan protein, karbohidrat, enzim, mineral dan kandungan asam organik lebih ditentukan oleh jenis nektar yang dikumpulkan oleh lebah (Da Silva et al., 2016; Gok et al., 2015). Saat ini berdasarkan asal nektar, madu dikelompokkan ke dalam madu uniflora (madu dengan dominasi satu jenis nektar bunga) dan multiflora (madu dengan banyak jenis nektar bunga) di mana secara umum madu uniflora memiliki harga lebih mahal dibandingkan madu multiflora (Sousa et al., 2014).

Secara umum berdasarkan jenis lebah, madu dihasilkan oleh dua jenis lebah yaitu kelompok lebah madu bersengat (*sting bee*) dan lebah madu tak bersengat (*stingless bee*). Contoh lebah madu bersengat yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah dari kelompok *Apis* spp. yaitu lebah *Apis dorsata*, *Apis mellifera* dan *Apis cerana*. Untuk lebah madu tidak bersengat yang umum dibudidayakan sebagai penghasil madu adalah lebah *Trigona* spp. atau madu klenceng. Setiap jenis lebah madu memiliki karakteristik sarang tersendiri yang menyebabkan keragaman mutu madu berdasarkan perbedaan jenis lebah (Zuccato et al., 2017). Saat ini beberapa madu uniflora dari lebah *Trigona* sp. dengan jumlah masih terbatas banyak digunakan di dalam proses pengobatan alami seperti untuk pengobatan penyakit tumor, radang, infeksi, batu ginjal dan mempercepat penyembuhan luka (Rao et al., 2016; Vit et al., 2012). Madu ini memiliki manfaat medis yang penting karena pada umumnya mengandung beberapa senyawa biologik aktif seperti senyawa polifenol, flavonoid, asam triterpenik (*triterpenic acids*), vitamin C dan beberapa senyawa polisakarida yang berperan sebagai senyawa anti-oksidan, anti-kanker, anti-diabetes dan anti-obesitas (Ali et al., 2020). Beberapa senyawa polifenol pada madu *Trigona* sp. dan diketahui memiliki efek anti-diabetes di antaranya adalah *quercetin*, *apigenin*, *luteolin*, *catechin*, *rutin*, dan *kaempferol* (Amin et al., 2018). *Trigona* sp. juga diketahui memiliki beberapa senyawa polifenol yang bermanfaat sebagai zat anti-kanker seperti *quercetin*, *apigenin*, *chrysin*, dan *luteolin* (Hossen et al., 2017). Madu uniflora *Trigona* sp ini juga diperdagangkan dengan harga yang sangat mahal dibandingkan madu dari lebah yang lain (Vit et al., 2012).

Secara umum pemalsuan madu dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pertama adalah pengoplosan madu (*honey adulteration*) (madu asli dicampur dengan bahan bukan madu seperti sirup) dan kedua adalah pemalsuan label madu (*mislabeling*) pada kemasan. Salah satu bentuk pemalsuan madu yang saat ini sering terjadi adalah pemalsuan label untuk beberapa madu premium seperti madu uniflora dari jenis lebah *Trigona* sp. Untuk mencegah hal tersebut ada dua jenis metode analisis yang telah dievaluasi untuk uji keaslian beberapa madu premium. Pertama menggunakan metode analisis berbasis pengukuran data spektra seperti menggunakan *NIR spectroscopy* (Yang et al., 2020), *mid infrared spectroscopy* (Kasprzyk et al., 2018), *Raman spectroscopy* (Nickless et al., 2014), *nuclear magnetic resonance spectroscopy* (Spiteri et al., 2017) dan *fluorescence spectroscopy* (Ali et al., 2020; Lin et al., 2017). Kedua menggunakan metode analisis berbasis pengukuran data kromatografi seperti HS-SPME-GC/MS dan UHPLC-PDA-MS/MS yang telah digunakan untuk uji keaslian madu premium Manuka dari Selandia Baru (Beitlich et al., 2014). Secara umum kedua jenis metode analisis tersebut baik yang berbasis pengukuran data spektra maupun data kromatografi bekerja dengan cara mendeteksi perbedaan komposisi kimia pada

madu asli dan madu yang telah dioplos. Sebagai contoh, madu asli memiliki komposisi senyawa fruktosa dan glukosa dengan rasio yang unik untuk setiap madu. Pengoplosan madu asli dengan cara menambahkan gula buatan seperti *high fructose corn syrup* (HFCS) atau sirup jagung fruktosa tinggi telah mengubah rasio fruktosa dan glukosa pada madu sehingga dapat dibedakan antara madu asli dan madu yang telah dioplos. Metode analisis yang telah diujicobakan tersebut memiliki akurasi yang memadai untuk membedakan madu premium dan madu biasa. Hanya saja proses aplikasinya di Indonesia terkendala dengan masih mahal instrumentasi yang diperlukan dan keterbatasan sumber daya manusia terlatih untuk menjalankan analisis tersebut.

Salah satu metode analisis yang saat ini berkembang dan potensial untuk uji keaslian madu premium di Indonesia adalah metode *UV spectroscopy*. Saat ini di Indonesia, *UV spectroscopy* sudah digunakan untuk uji keaslian kopi (Suhandy & Yulia, 2017; Yulia & Suhandy, 2017) dan teh (Suhandy & Yulia, 2019a). Instrumentasi (spektrometer) UV secara umum memiliki beberapa kelebihan seperti lebih murah, *UV spectroscopy* juga relatif mudah menjalankannya dan termasuk analisis yang ramah lingkungan (bisa menggunakan pelarut air untuk persiapan sampelnya). Namun demikian, sebagian besar instrumentasi *UV spectroscopy* saat ini dibuat dalam mode pengambilan spektra transmisi yang memiliki kelemahan terutama saat pengukuran spektra sampel yang memiliki konsentrasi tinggi (larutan pekat) (Suhandy & Yulia, 2019b). Salah satu cara mengatasi hal ini adalah dengan melakukan proses pengenceran (*dilution*). Sampel madu yang terlalu pekat menghasilkan spektra yang sangat *noisy* di mana sebagian besar cahaya diserap oleh sampel dan sangat sedikit sekali yang diteruskan ke detektor. Pengenceran yang terlalu besar menyebabkan sampel madu menyerupai referensi (*reference*) dan spektra yang dihasilkan mengandung sedikit sekali informasi sampel karena sebagian besar cahaya diteruskan ke detektor. Sebagian besar sampel madu asal Indonesia adalah sampel yang pekat dan membutuhkan proses pengenceran yang tepat untuk dapat diambil data spektranya di daerah UV. Pada penelitian ini dilakukan investigasi pengaruh pengenceran sampel madu terhadap kinerja *UV spectroscopy* dalam proses klasifikasi madu Indonesia dari empat jenis lebah berbeda.

Bahan dan metode

Bahan dan alat

Sampel madu yang digunakan terdiri atas empat jenis madu dari empat jenis lebah yang berbeda yaitu *Apis cerana*, *Apis mellifera*, *Apis dorsata* dan *Trigona* sp. Seluruh sampel merupakan madu multiflora yang dipanen di tahun yang sama (2020) dan berasal dari 3 peternak madu berbeda di provinsi Lampung dan Jawa Tengah. Sebanyak 10 sampel digunakan untuk setiap jenis madu. Secara lengkap deskripsi sampel madu yang digunakan dapat dilihat di Tabel 1. Alat utama yang digunakan adalah spektrometer *UV-visible* (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA).

Tabel 1. Deskripsi sampel yang digunakan pada penelitian

Nama Sampel	Asal Daerah	Waktu Panen	Jenis Lebah	Jenis Sengat	Jumlah sampel
Madu Cerana	Sukadana, Lampung Timur	25 September 2020	<i>Apis cerana</i>	Bersengat	10
Madu Trigona	Sukadana, Lampung Timur	10 Oktober 2020	<i>Trigona</i> sp	Tak Bersengat	10
Madu Mellifera	Batang, Jawa Tengah	15 September 2020	<i>Apis mellifera</i>	Bersengat	10
Madu Dorsata	Baradatu, Way Kanan, Lampung	3 September 2020	<i>Apis dorsata</i>	Bersengat	10

Metode penelitian

Evaluasi pengaruh pengenceran terhadap proses klasifikasi sampel madu berdasarkan jenis lebahnya dilakukan dengan dua level analisis. Level pertama adalah analisis data spektra baik untuk spektra original

maupun spektra modifikasi dengan melihat pengaruh pengenceran terhadap intensitas absorbans yang dihasilkan. Level analisis kedua yaitu menggunakan PCA (*principal component analysis*). Hasil analisis PCA ditampilkan dalam bentuk nilai skor dan nilai *x-loadings*. Nilai skor PCA dapat menunjukkan seberapa dekat satu sampel dengan sampel yang lainnya dan menghasilkan klusterisasi sampel. Sampel yang berada dalam kluster yang sama dapat diidentifikasi sebagai sampel dengan karakteristik yang identik. Nilai *x-loadings* dapat memberikan informasi kontribusi setiap panjang gelombang yang terlibat dalam proses klusterisasi sampel (Jolliffe & Morgan, 1992).

Persiapan sampel madu dengan beda pengenceran

Seluruh sampel madu dipanaskan menggunakan *water bath* selama 30 menit dengan suhu 60°C sebelum diencerkan (Frausto-Reyes et al., 2017). Hal ini dilakukan untuk meminimalkan kristalisasi yang terjadi pada sampel madu. Sampel madu kemudian dikeluarkan dari *water bath* dan dibiarkan di suhu ruang selama 30 menit kemudian diencerkan menggunakan air distilasi. Untuk pengukuran data UV-vis, salah satu kendala yang dihadapi saat persiapan sampel adalah sampel madu yang terlalu pekat karena menyebabkan sebagian besar cahaya akan diserap bahan dan hanya sedikit cahaya diteruskan ke detektor dan ini menyebabkan terjadinya banyak *noise* pada spektra. Beberapa rasio pengenceran telah diujicobakan saat pra penelitian yaitu dengan perbandingan sebagai berikut: 1:20, 1:25, 1:30, 1:35 dan 1:40. Pengenceran di bawah 1:20 menyebabkan *noise* pada spektra karena sampel madu masih terlalu pekat. Pengenceran di atas 1:40 berpotensi sampel madu tidak bisa dibedakan dengan sampel referensi yaitu air distilasi karena sampel yang sudah terlalu encer. Semakin besar rasio pengenceran menyebabkan warna sampel madu semakin cerah seperti dapat dilihat di Gambar 1. Warna sampel madu menjadi mirip warna air distilasi mulai terjadi saat pengenceran 1:25. Namun demikian, bentuk spektra untuk pengenceran 1:20 sampai 1:40 masih identik dengan *noise* minimal dan menunjukkan adanya informasi sampel madu yang masih mungkin terobservasi. Sehingga pada penelitian ini dilakukan evaluasi pengaruh 2 level pengenceran (pengenceran paling rendah dan pengenceran paling tinggi) yang masih mungkin diperoleh dengan *noise* yang minimal. Berdasarkan hal tersebut, setiap jenis madu diberikan dua perlakuan pengenceran yaitu pengenceran 1:20 (volume:volume) sebanyak 5 sampel dan pengenceran 1:40 (volume:volume) sebanyak 5 sampel. Setelah itu, hasil pengenceran diaduk selama 10 menit menggunakan pengaduk magnetik dengan kecepatan 1500 rpm (Ciblanc™, China).



Gambar 1. Perbandingan warna sampel madu sebelum dan setelah pengenceran.

Pengukuran spektra sampel madu

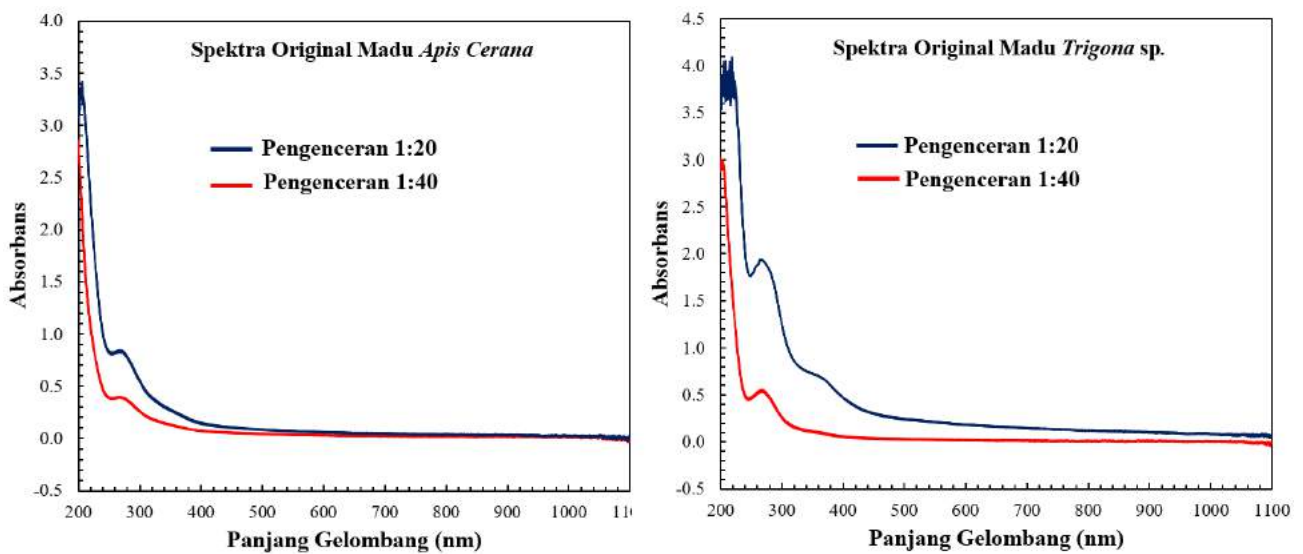
Pengukuran spektra dilakukan dengan meneteskan 3 mL sampel madu yang telah diencerkan dan diaduk ke dalam kuvet kuarsa berukuran 10 mm. Data spektra diukur atau dibaca menggunakan spektrometer *UV-visible* pada panjang gelombang 190-1100 nm (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA) dengan menggunakan mode transmisi yaitu mengukur intensitas cahaya yang diteruskan ke detektor dengan cara membandingkan kondisi saat melewati sampel dan referensi. Data spektra disimpan

dalam format file .csv dan diubah ke dalam format file .xls kemudian diimpor ke pengolah data the Unscrambler versi 9.8 (CAMO, Oslo, Norwegia) untuk analisis selanjutnya.

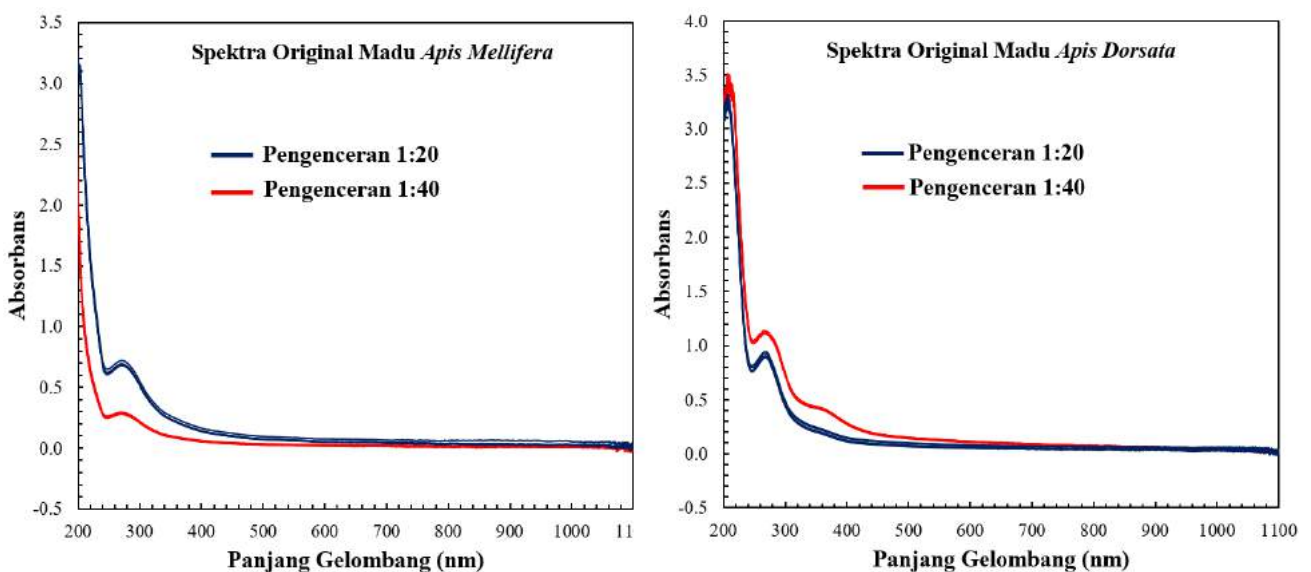
Hasil dan pembahasan

Analisis spektra original madu dengan beda pengenceran

Spektra original untuk madu *Apis cerana* dan *Trigona* sp. dengan beda pengenceran di interval 190-1100 nm dapat dilihat di Gambar 2. Secara umum spektra dengan *noise* tinggi dapat dilihat di panjang gelombang 190-250 nm (area panjang gelombang cahaya ultra violet) khususnya di spektra madu *Trigona* sp. yang dikenal juga sebagai *noise* frekuensi tinggi (*high frequency noise*). Spektra madu dengan pengenceran 1:20 memiliki informasi sampel yang lebih banyak dengan intensitas absorbans yang lebih tinggi baik untuk madu *Apis cerana* maupun madu *Trigona* sp. Hanya saja spektra kedua jenis madu tidak terlihat berbeda di panjang gelombang cahaya tampak dan infra merah dekat (*visible* dan *near infrared*) di interval 400-1100 nm.



Gambar 2. Spektra original sampel madu *Apis cerana* dan *Trigona* sp. dengan beda pengenceran di interval 190-1100 nm.

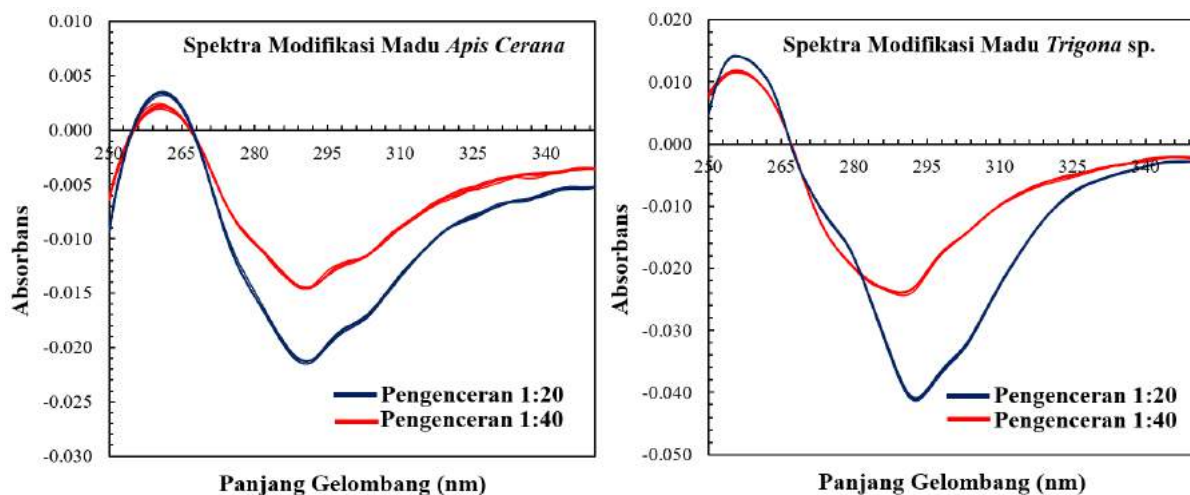


Gambar 3. Spektra original sampel madu *Apis mellifera* dan *Apis dorsata* dengan beda pengenceran di interval 190-1100 nm.

Hasil yang sama diperoleh untuk madu *Apis mellifera*. Spektra sampel madu *Apis mellifera* untuk pengenceran 1:20 memiliki intensitas absorbans yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel madu dengan pengenceran 1:40 (Gambar 3). Namun demikian, untuk spektra madu *Apis dorsata* hasil yang berbeda diperoleh di mana sampel madu dengan pengenceran 1:40 memiliki nilai intensitas absorbans yang lebih tinggi dibandingkan spektra sampel madu dengan pengenceran 1:20. Untuk saat ini belum dapat disimpulkan alasan utama mengapa pola intensitas absorbans untuk *Apis dorsata* berbeda dengan madu jenis lain dari *Apis mellifera*, *Apis cerana* dan *Trigona* sp. Salah satunya adalah keterbatasan data yang dimiliki saat ini. Penggunaan jumlah sampel yang terbatas yaitu 5 sampel setiap pengenceran, menghasilkan data yang tidak memadai untuk menyimpulkan penyebab pola yang berbeda tersebut. Oleh karena itu diperlukan pengambilan data yang lebih banyak khususnya untuk sampel *Apis dorsata* sehingga dapat diketahui lebih jauh penyebab terjadinya perbedaan pola intensitas absorbans. Secara umum hasil yang diperoleh menunjukkan secara spektroskopi, perbedaan pengenceran menyebabkan perbedaan dalam intensitas absorbans yang dihasilkan. Sehingga pengenceran pada proses persiapan madu untuk pengukuran *UV spectroscopy* dapat menjadi salah satu variabel yang harus diperhatikan dalam pengukuran spektra sampel madu. Namun demikian, analisis spektra original memiliki kelemahan di mana perbedaan intensitas absorbans yang terjadi bisa juga diakibatkan oleh faktor lain yang tidak berhubungan dengan kondisi pengenceran seperti perbedaan *baseline* spektra dan lainnya. Untuk itulah analisis spektra dilanjutkan dengan analisis spektra modifikasi untuk memberikan konfirmasi pengaruh faktor pengenceran terhadap kualitas spektra madu yang dihasilkan.

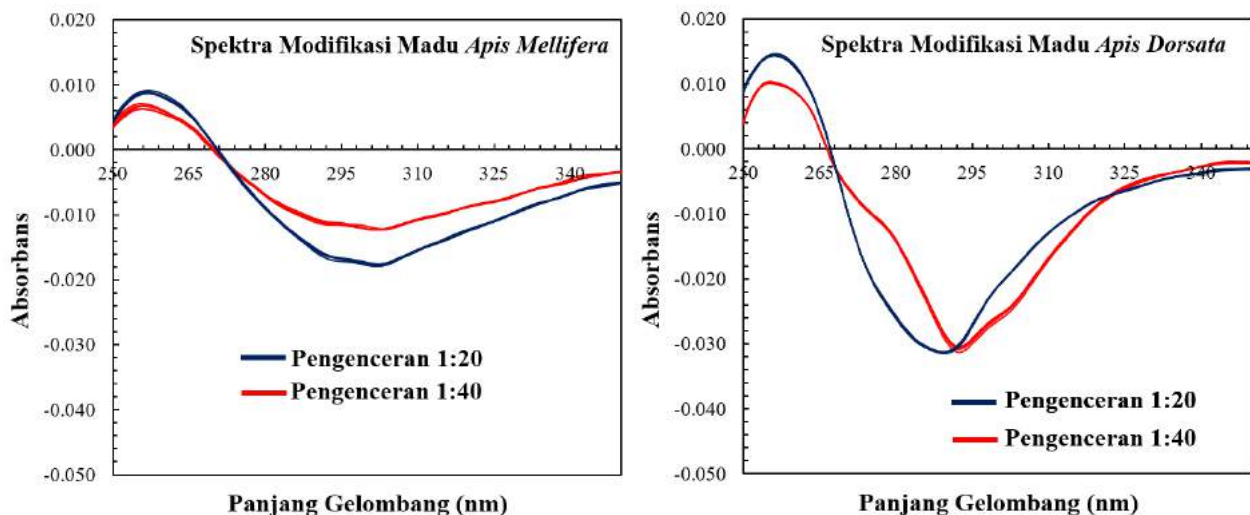
Analisis spektra modifikasi madu dengan beda pengenceran

Spektra modifikasi diperoleh dengan menggunakan tiga algoritma yaitu: *moving average smoothing* dengan 7 segmen (MAS), *standard normal variate* (SNV) dan *Savitzky-Golay first derivation* dengan jumlah segmen 7 dan ordo 2 (SG 1d). Tujuan dilakukan modifikasi data spektra original menggunakan ketiga algoritma tersebut adalah untuk meminimalkan adanya *noise* yang tidak berhubungan langsung dengan kondisi beda pengenceran sampel. Sebagai contoh, MAS biasa digunakan untuk menghilangkan adanya *high frequency noise* (Suhandy & Yulia, 2020). SNV dan SG 1d dapat digunakan untuk menghilangkan adanya perbedaan *baseline* pada data spektra (Suhandy & Yulia, 2020). Spektra modifikasi sampel madu *Apis cerana* dan *Trigona* sp. ditunjukkan di Gambar 4. Seperti yang terlihat di Gambar 4, spektra sampel madu dengan pengenceran 1:20 memiliki intensitas absorbans yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel pengenceran 1:40. Terdapat satu puncak positif di panjang gelombang sekitar 260 nm dan satu puncak negatif di panjang gelombang sekitar 290 nm untuk kedua sampel madu *Apis cerana* dan *Trigona* sp. yang menunjukkan perbedaan intensitas absorbans yang diakibatkan oleh perbedaan pengenceran.



Gambar 4. Spektra modifikasi sampel madu *Apis cerana* dan *Trigona* sp. dengan beda pengenceran di interval 250-350 nm.

Plot spektra modifikasi sampel madu *Apis mellifera* dan *Apis dorsata* ditunjukkan di Gambar 5. Hasil yang sama juga terlihat untuk kedua sampel madu tersebut. Secara umum spektra sampel madu dengan pengenceran 1:20 lebih tinggi dibandingkan pengenceran 1:40. Puncak gelombang positif dengan intensitas absorbans tinggi juga masih diidentifikasi di sekitar panjang gelombang 260 nm untuk *Apis mellifera* dan *Apis dorsata*. Untuk puncak negatif, spektra sampel madu *Apis mellifera* sedikit bergeser ke frekuensi yang lebih rendah yaitu sekitar panjang gelombang 300 nm. Dari hasil analisis spektra modifikasi ini maka dapat dipastikan adanya pengaruh yang sangat signifikan dari proses persiapan sampel yaitu tahap pengenceran sampel madu saat proses pengambilan data spektra *UV spectroscopy* untuk uji keaslian madu Indonesia.



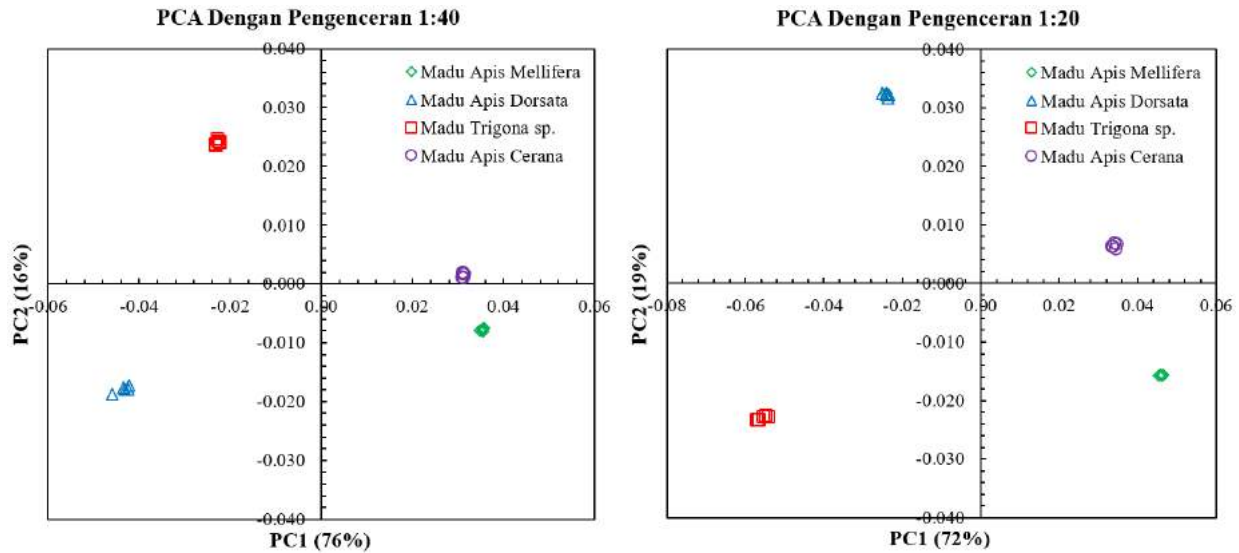
Gambar 5. Spektra modifikasi sampel madu *Apis mellifera* dan *Apis dorsata* dengan beda pengenceran di interval 250-350 nm.

Hasil PCA

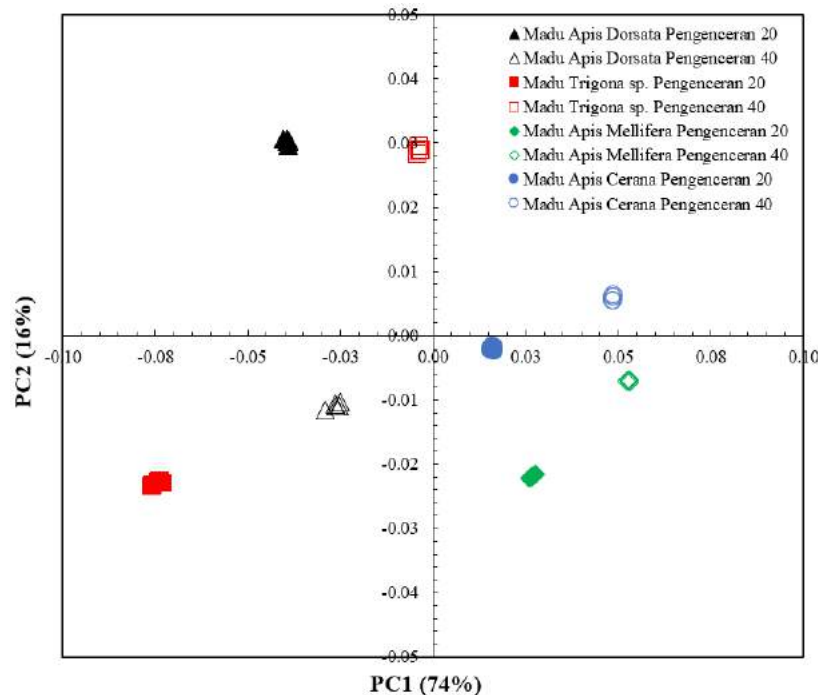
Identifikasi pengaruh beda pengenceran pada kualitas spektra sampel madu, selain dengan menggunakan visualisasi intensitas absorbans maka dapat juga dilakukan dengan cara uji klusterisasi menggunakan analisis PCA. Pada dasarnya sampel dengan pengukuran spektra tertentu yang terletak dalam satu kluster di dalam PCA bisa dianggap memiliki kesamaan (*similarity*) secara spektroskopi. Artinya jika sampel dengan beda pengenceran terletak dalam kluster yang sama menunjukkan secara spektroskopi, beda pengenceran tidak berpengaruh terhadap data spektra yang dihasilkan. Sebaliknya jika sampel dengan beda pengenceran terletak dalam kluster yang berbeda menunjukkan secara spektroskopi, beda pengenceran memiliki pengaruh terhadap data spektra yang dihasilkan.

Gambar 6 menunjukkan hasil analisis PCA (dalam bentuk plot nilai skor dua PC pertama) untuk sampel madu dengan pengenceran 1:20 dan 1:40 menggunakan spektra modifikasi di interval 250-350 nm. Dengan menggunakan data sampel dengan kondisi pengenceran yang sama maka sampel berhasil dikelompokkan berdasarkan jenis lebahnya. Penentuan jumlah minimal PC yang terlibat dalam analisis PCA ditentukan berdasarkan kriteria nilai *cumulative percent variance* (CPV) yaitu sebesar lebih dari 70-85% (CPV > 70-85%) (Hu et al., 2018; Hu et al., 2019). Untuk pengenceran 1:20 misalnya dengan PC1=72% dan PC2=19% dengan CPV sebesar 91%, empat jenis sampel madu dari empat jenis lebah dapat dikelompokkan ke dalam 4 kluster yang berbeda. Madu *Apis dorsata* dan *Trigona* sp. terletak di PC1 negatif sedangkan madu *Apis cerana* dan *Apis mellifera* terletak di PC1 positif. Untuk pengenceran 1:40, hasil yang sama juga berhasil diperoleh di mana 4 jenis sampel madu dapat dikelompokkan ke dalam 4 kluster berbeda sesuai dengan jenis lebahnya. Hanya saja apabila dibandingkan antara pengenceran 1:20 dan 1:40 maka klusterisasi sampel madu di pengenceran 1:20 terlihat lebih baik di mana jarak antar kluster terlihat lebih besar dibandingkan dengan klusterisasi pada pengenceran 1:40. Madu *Trigona* sp. sebagai madu dari

lebah tak bersengat juga terlihat lebih bisa dibedakan dengan tiga madu dari lebah bersengat yaitu *Apis dorsata*, *Apis mellifera* dan *Apis cerana*. Hal ini berkorelasi dengan intensitas absorbans pada spektra dengan pengenceran 1:20 yang lebih tinggi. Ini menunjukkan spektra dengan pengenceran 1:20 memiliki lebih banyak informasi sampel yang berhasil dikumpulkan sehingga lebih unggul dalam proses klusterisasi sampel.



Gambar 6. Plot nilai skor hasil analisis PCA untuk pengenceran 1:20 dan 1:40 menggunakan spektra modifikasi di interval 250-350 nm.

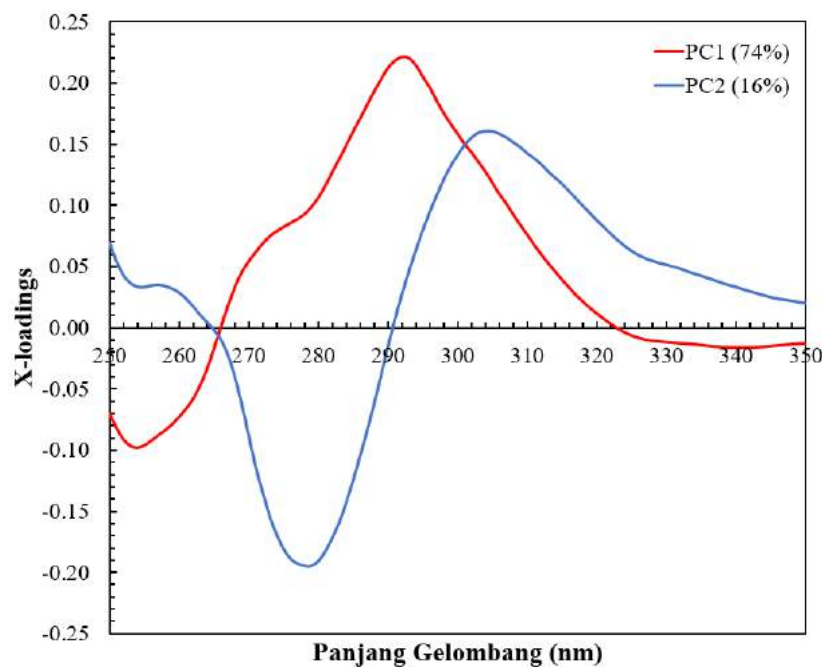


Gambar 7. Hasil analisis PCA dalam bentuk plot skor PC1xPC2 untuk seluruh sampel menggunakan spektra modifikasi di interval 250-350 nm.

PCA juga dihitung untuk seluruh sampel (gabungan pengenceran 1:20 dan 1:40) untuk mengevaluasi pengaruh pengenceran terhadap proses pemisahan sampel madu dari empat jenis lebah berbeda. Hasilnya ditunjukkan di Gambar 7 dengan nilai PC1=74% dan PC2=16% (CPV=90%). Dapat dilihat bahwa sampel madu kemudian terkelompokkan menjadi 8 kluster berdasarkan beda pengenceran dan beda jenis lebah. Sebagai contoh, sampel madu *Apis dorsata* untuk pengenceran 1:20 dan pengenceran 1:40 terpisah cukup sangat jauh. Meskipun keduanya memiliki nilai PC1 negatif tapi dari nilai skor PC2, kedua sampel berbeda di mana madu *Apis dorsata* dengan pengenceran 1:20 berada di PC2 positif ($PC2 > 0$) dan madu

Apis dorsata dengan pengenceran 1:40 berada di PC2 negatif ($PC2 < 0$). Hasil yang sama juga teridentifikasi untuk sampel madu *Apis cerana* dan madu *Apis mellifera*. Hasil ini menunjukkan pengaruh pengenceran sampel madu terhadap kualitas data spektra sangat signifikan. Perbedaan data spektra ini pada akhirnya sangat mempengaruhi keberhasilan proses uji keaslian sampel madu berdasarkan jenis lebahnya.

Plot nilai *x-loadings* hasil analisis PCA ditampilkan di Gambar 8 untuk mengidentifikasi variabel panjang gelombang yang paling kontributif terhadap proses pemisahan sampel madu berdasarkan beda pengenceran dan jenis lebah. Pada PC1 terdapat satu puncak positif dengan nilai *x-loading* tinggi yaitu di panjang gelombang 295 nm. Pada PC2 terdapat satu puncak positif dan satu puncak negatif dengan nilai *x-loading* tinggi yaitu di panjang gelombang 275 nm dan 305 nm. Panjang gelombang dengan *x-loadings* tinggi tersebut berkorelasi dengan absorbansi beberapa senyawa penting madu seperti senyawa *benzoic*, *salicylic* dan *aryl-alyphatic acids* (Dimitrova et al., 2007).



Gambar 8. Plot nilai *x-loadings* hasil analisis PCA untuk seluruh sampel menggunakan spektra modifikasi di interval 250-350 nm.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan pengaruh pengenceran yang signifikan terhadap intensitas absorbans sampel madu. Fenomena ini secara umum terlihat di seluruh sampel madu dari empat jenis madu yang digunakan. Perbedaan intensitas absorbans dari dua macam pengenceran juga teridentifikasi baik untuk spektra original maupun spektra modifikasi di mana pengenceran 1:20 menghasilkan intensitas absorbans lebih tinggi. Hasil analisis juga mengkonfirmasi adanya pengaruh pengenceran terhadap kualitas spektra yang dihasilkan. Untuk sampel madu dengan pengenceran seragam, *UV spectroscopy* berhasil mengklasifikasi sampel madu sesuai dengan jenis lebahnya baik untuk pengenceran 1:20 maupun pengenceran 1:40. Namun, *UV spectroscopy* gagal mengelompokkan sampel madu sesuai dengan jenis lebahnya ketika sampel madu dengan dua pengenceran digabung. Hasil penelitian ini juga menunjukkan pengenceran 1:20 dapat direkomendasikan untuk pengukuran spektra sampel madu untuk empat jenis madu di Indonesia yaitu *Apis cerana*, *Apis mellifera*, *Apis dorsata* dan *Trigona sp.*

Ucapan terima kasih

Riset ini sepenuhnya didanai oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Republik Indonesia melalui hibah penelitian terapan 2020-2022. Tim penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu pelaksanaan

penelitian terapan ini khususnya kepada seluruh mahasiswa tim riset madu Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung (Binti Khoiriyah, Nurul Uswatun Khasanah dan Sarah Desiana Br Ginting).

Daftar pustaka

- Ali, H., Khan, S., Ullah, R., & Khan, B. (2020). Fluorescence fingerprints of Sidr honey in comparison with uni/polyfloral honey samples. *European Food Research and Technology*, 246(9), 1829–1837. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03536-6>.
- Amin, F. A. Z., Sabri, S., Mohammad, S. M., Ismail, M., Chan, K. W., Ismail, N., Norhaizan, M. E., & Zawawi, N. (2018). Therapeutic properties of stingless bee honey in comparison with european bee honey. *Advances in Pharmacological Sciences*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/6179596>
- Beitlich, N., Koelling-Speer, I., Oelschlaegel, S., & Speer, K. (2014). Differentiation of manuka honey from kanuka honey and from jelly bush honey using HS-SPME-GC/MS and UHPLC-PDA-MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(27), 6435–6444. <https://doi.org/10.1021/jf501818f>
- Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- Dimitrova, B., Gevrenova, R., & Anklam, E. (2007). Analysis of phenolic acids in honeys of different floral origin by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography. *Phytochemical Analysis*, 18(1), 24–32. <https://doi.org/10.1002/pca.948>
- El Sohaimy, S. A., Masry, S. H. D., & Shehata, M. G. (2015). Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 279–287. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2015.10.015>
- Frausto-Reyes, C., Casillas-Peñuelas, R., Quintanar-Stephano, J. L., Macías-López, E., Bujdud-Pérez, J. M., & Medina-Ramírez, I. (2017). Spectroscopic study of honey from *Apis mellifera* from different regions in Mexico. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 178, 212–217. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2017.02.009>
- Gok, S., Severcan, M., Goormaghtigh, E., Kandemir, I., & Severcan, F. (2015). Differentiation of Anatolian honey samples from different botanical origins by ATR-FTIR spectroscopy using multivariate analysis. *Food Chemistry*, 170, 234–240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.040>
- He, C., Liu, Y., Liu, H., Zheng, X., Shen, G., & Feng, J. (2020). Compositional identification and authentication of Chinese honeys by ¹H NMR combined with multivariate analysis. *Food Research International*, 130, 108936. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108936>
- Hossen, M. S., Ali, M. Y., Jahurul, M. H. A., Abdel-Daim, M. M., Gan, S. H., & Khalil, M. I. (2017). Beneficial roles of honey polyphenols against some human degenerative diseases: A review. *Pharmacological Reports*, 69(6), 1194–1205. <https://doi.org/10.1016/j.pharep.2017.07.002>
- Hu, L., Ma, S., & Yin, C. (2018). Discrimination of geographical origin and detection of adulteration of kudzu root by fluorescence spectroscopy coupled with multi-way pattern recognition. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 193, 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2017.12.011>
- Hu, L., Yin, C., Ma, S., & Liu, Z. (2019). Vis-NIR spectroscopy Combined with Wavelengths Selection by PSO Optimization Algorithm for Simultaneous Determination of Four Quality Parameters and Classification of Soy Sauce. *Food Analytical Methods*, 12(3), 633–643. <https://doi.org/10.1007/s12161-018-01407-1>
- Joliffe, I. T., & Morgan, B. (1992). Principal component analysis and exploratory factor analysis. *Statistical Methods in Medical Research*, 1(1), 69–95. <https://doi.org/10.1177/096228029200100105>
- Kasprzyk, I., Depciuch, J., Grabek-Lejko, D., & Parlinska-Wojtan, M. (2018). FTIR-ATR spectroscopy of pollen and honey as a tool for unifloral honey authentication. The case study of rape honey. *Food Control*, 84, 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.07.015>

- Lin, B., Loomes, K. M., Prijic, G., Schlothauer, R., & Stephens, J. M. (2017). Lepteridine as a unique fluorescent marker for the authentication of manuka honey. *Food Chemistry*, 225, 175–180. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.099>
- Nickless, E. M., Holroyd, S. E., Stephens, J. M., Gordon, K. C., & Wargent, J. J. (2014). Analytical FT-Raman spectroscopy to chemotype *Leptospermum scoparium* and generate predictive models for screening for dihydroxyacetone levels in floral nectar. *Journal of Raman Spectroscopy*, 45(10), 890–894. <https://doi.org/10.1002/jrs.4576>
- Rao, P. V., Krishnan, K. T., Salleh, N., & Gan, S. H. (2016). Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and stingless bees: A comparative review. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(5), 657–664. <https://doi.org/10.1016/j.bjrp.2016.01.012>
- Sousa, M. E. B. C., Dias, L. G., Veloso, A. C. A., Estevinho, L., Peres, A. M., & Machado, A. A. S. C. (2014). Practical procedure for discriminating monofloral honey with a broad pollen profile variability using an electronic tongue. *Talanta*, 128, 284–292. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.05.004>
- Spiteri, M., Rogers, K. M., Jamin, E., Thomas, F., Guyader, S., Lees, M., & Rutledge, D. N. (2017). Combination of ¹H NMR and chemometrics to discriminate manuka honey from other floral honey types from Oceania. *Food Chemistry*, 217, 766–772. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.027>
- Suhandy, D., & Yulia, M. (2017). Peaberry coffee discrimination using UV-visible spectroscopy combined with SIMCA and PLS-DA. *International Journal of Food Properties*, 20(March), S331–S339. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1296861>
- Suhandy, D., & Yulia, M. (2019a). Potential application of UV-visible spectroscopy and PLS-DA method to discriminate Indonesian CTC black tea according to grade levels. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 258(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/258/1/012042>
- Suhandy, D., & Yulia, M. (2019b). *Pengantar Ilmu Spektroskopi untuk Pertanian* (1st ed.). Graha Ilmu.
- Suhandy, D., & Yulia, M. (2020). *Teknologi Near Infrared Spectroscopy Portabel Untuk Kuantifikasi Atribut Mutu Buah-Buahan* (1st ed.). Graha Ilmu.
- Vit, P., Roubik, D. W., & Pedro, S. R. M. (2012). Pot-Honey: A legacy of stingless bees. In *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees* (pp. 1–654). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7>
- Wilczyńska, A., & Żak, N. (2020). The use of fluorescence spectrometry to determine the botanical origin of filtered honeys. *Molecules*, 25(6). <https://doi.org/10.3390/molecules25061350>
- Yang, X., Guang, P., Xu, G., Zhu, S., Chen, Z., & Huang, F. (2020). Manuka honey adulteration detection based on near-infrared spectroscopy combined with aquaphotomics. *Lwt*, 132, 109837. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109837>
- Yulia, M., & Suhandy, D. (2017). Indonesian palm civet coffee discrimination using UV-visible spectroscopy and several chemometrics methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 835(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/835/1/012010>
- Zuccato, V., Finotello, C., Menegazzo, I., Peccolo, G., & Schievano, E. (2017). Entomological authentication of stingless bee honey by ¹H NMR-based metabolomics approach. *Food Control*, 82, 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.024>.

Dokumen pendukung luaran Tambahan #2

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

Target: Terbit dalam Prosiding

Dicapai: Accepted

Dokumen wajib diunggah:

1.

Dokumen sudah diunggah:

1. Naskah artikel

Dokumen belum diunggah:

-

Peran penulis: first author

Nama Konferensi/Seminar: 3rd International Conference on Agricultural Postharvest Handling and Processing 2021 (ICAPHP2021)

Lembaga penyelenggara: Indonesian Center for Agricultural Postharvest Research and Development

Tempat penyelenggara: Bogor (hybrid)

Tgl penyelenggaraan mulai: 12 Oktober 2021 | Tgl selesai: 13 Oktober 2021

Lembaga pengindeks: SCOPUS

URL website: <https://icaphp.org/>

Judul artikel: Rapid authentication of stingless bees (*Heterotrigona itama*) honey by UV spectroscopy and hierarchical cluster analysis

Rapid authentication of stingless bees (*Heterotrigona itama*) honey by UV spectroscopy and hierarchical cluster analysis

D Suhandy^{1,4}, M Yulia^{2,4} and Kusumiyati³

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

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

³ Laboratorium of Plant Production Technology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Padjadjaran University, Jalan Raya Jatinangor KM 21, Bandung, Indonesia

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

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

Abstract. The price of stingless bee (*Heterotrigona itama*) honey is almost twice higher than the one produced by a non-stingless bee (*Apis mellifera*) due to its limited production and high content of polyphenol and flavonoids compounds. However, in the market, the authentication of stingless bees and non-stingless bees honey becomes difficult due to the similarity in the color of honey and its sugar content. In this research, we propose a simple analytical approach by combining ultraviolet (UV) spectroscopy and hierarchical cluster analysis (HCA) for discrimination between stingless and non-stingless bee honey. Fifty samples of monofloral stingless bee (*Heterotrigona itama*) honey and non-stingless bee (*Apis mellifera*) honey from *Acacia mangium* was used. The samples were diluted with a distilled water at a proportion of 1:30 (volume/volume). The spectral data were acquired in the range of 190-1100 nm using a benchtop UV-Vis spectrometer with fast scanning mode. The HCA was applied for selected preprocessed spectral data in the range of 230-400 nm. The result shows that HCA could be effective to discriminate between stingless and non-stingless bee honey. Shortly, it is expected to realize the simple and quick analytical method to authenticate stingless bee honey based on UV spectroscopy and the HCA method.

1. Introduction

Recently, attention for effective natural medicines is increasing due to COVID-19. Over two decades, honey and its derivative (propolis, royal jelly, and bee pollen) have been regarded as the source of food, cosmetics, and pharmacy. In specific, related to the current situation of the COVID-19 pandemic, honey is one of the food products which can be used to promote an immune response. It has been reported previously that honey was effective to fight viruses-based diseases such as influenza virus and herpes simplex and thus potentially also for COVID-19 [1]. Comparing to non-stingless bees, stingless bees have more flavonoids and polyphenols and resulted in their excellent antioxidant properties [2-3]. The Malaysian *Trigona* spp. honey was higher in total phenolic content comparing to the *Apis* spp. honey [3]. It was reported that the physicochemical and antioxidant properties of several monofloral honey

samples of *Heterotrigona itama* collected from different origins in Malaysia were significantly different from *Apis mellifera* honey [4]. Therefore, it is noted that the development of stingless bee honey could be beneficial for both beekeepers and consumers, especially in this recent situation against the COVID-19 [1]. Recent research has demonstrated the potential effects of honey and its main ingredients to combat COVID-19 infection [5-7].

Recently, beekeepers in Lampung preferred rearing stingless bees (belonging to the tribe of *Meliponini*) due to several advantages. Stingless bees are more robust and adaptable to harsh environments and seasonal changes [8]. In Lampung, stingless bees have been more popular and more profitable especially for *Heterotrigona itama*. The price of stingless bee (*Heterotrigona itama*) honey is almost twice higher than the one produced by a non-stingless bee (*Apis mellifera*) due to its limited production and high content of polyphenol and flavonoids compounds [9]. For this reason, honey from the stingless bees is often to be adulterated with artificial sweeteners such as HFCS (high fructose corn syrup). However, according to sugar composition, the stingless bee honey may vary mainly depending on the source of nectar [2, 10]. As a result, individual physicochemical analysis of stingless bee honey for authentication purposes may not be appropriate.

The combination of physicochemical and spectroscopic analysis for honey authentication including stingless bee honey has been well reported [11-12]. In recent work, a handheld near-infrared spectrometer was used in combination with physicochemical analysis to detect adulteration in Malaysia stingless bee honey [11]. FTIR (Fourier transform infrared) spectra of different seven monofloral honey were obtained and then utilized to predict and authenticate their physicochemical parameters [12]. These aforementioned methods involving the use of a little bit expensive near-infrared spectrometer, which is less affordable especially for developing countries. A spectroscopic method in the UV and visible region is promising with the less expensive spectrometer. It also a green analytical method with water alone as a solvent in sample preparation could be applied. Some authentication works have been published using UV-visible spectroscopy, especially in Indonesia including coffee [13-14], tea [15], and honey [16-17]. In a recent publication, our spectroscopy research group (SRG) reported the application of UV spectroscopy in combination with SIMCA (soft independent modeling of class analogy) to classify several Indonesian honey samples according to differences in botanical, entomological, and geographical origins [16]. However, based on the literature review, there is a lack of information on the discrimination between stingless and non-stingless bee honey using UV spectroscopy. In this present work, we evaluate UV spectroscopy coupled with hierarchical cluster analysis (HCA) as a non-targeted authentication method for discrimination between stingless and non-stingless bee honey in Indonesia.

2. Materials and methods

2.1. Honey samples of *Heterotrigona itama* and *Apis mellifera*



Figure 1. Honey samples of *Heterotrigona itama* and *Apis mellifera* from Lampung, Sumatra, Indonesia.

Honey samples of *Heterotrigona itama* (stingless bee) and *Apis mellifera* (non-stingless bee) were collected directly from local trusted beekeepers in Bandar Lampung, Lampung, Sumatra, Indonesia (5°23'55.5"S 105°15'45.0"E) as seen in Figure 1. Both honey samples are pure monofloral honey from the same floral nectar of *Acacia mangium* harvested in the same year (2020). Honey samples were processed in a local honey processing company in Bandar Lampung, Lampung, Sumatra, Indonesia.

In this study, two types of pure honey samples (no adulteration) were prepared including pure *Heterotrigona itama* monofloral honey (n=25) and pure *Apis mellifera* monofloral honey (n=25). As seen in Figure 1, the color of *Apis mellifera* honey is a little bit darker comparing to *Heterotrigona itama* honey. Similar color differences between pure monofloral *Acacia mangium* of *Apis mellifera* and *Acacia mangium* of *Heterotrigona itama* were also reported by Shamsudin et al. [4]. All samples were stored at room temperature before the spectral acquisition [9]. Direct spectral measurement of honey samples without water dilution was difficult with high noise were observed due to high color intensities of honey samples. For this reason, all samples were diluted with distilled water (1:30 volume/volume) before spectral acquisition. Three mL of diluted samples were used for spectral acquisition.

2.2. Measurement of spectra and their preprocessing

Spectral data from UV to NIR region in the range of 190-1100 nm with 1 nm of the resolution were measured in transmittance mode using a benchtop UV-Vis spectrometer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA). The original absorbance data were preprocessed by using three different spectral preprocessing simultaneously: moving average 11 segments (MAS 11s), multiplicative scatter correction (MSC), and Savitzky–Golay first derivative with 11 segments and second polynomial order (SG 1d 11s).

2.3. Hierarchical cluster analysis (HCA)

According to spectral differences, hierarchical cluster analysis (HCA) was applied to distribute the stingless and non-stingless honey samples. The HCA was performed via the Unscrambler software (CAMO, Oslo) for all samples (n=50). For input data, preprocessed spectra in the range of 230–400 nm were used. In this study, the clusters were developed using Ward's algorithm with squared Euclidean distance was used to calculate the sample similarities and to indicate the complete linkage clustering [18]. A detailed explanation for Ward's algorithm can be found in Srivastava et al. [18]. A plot of the HCA dendrogram was presented to visualize the result of clustering analysis.

Principal component analysis (PCA) was used to map the samples and detect sample outliers. PCA was calculated for all samples (n=50) using selected preprocessed spectra (230-400 nm) with a full cross-validation method. The plot of Hotelling's T^2 and Q residuals limits parameters were calculated with 95% confidence levels aiming to detect the presence of outliers. A detailed explanation of the calculation for Hotelling's T^2 and Q residuals was shown in the previous study [19]. The PCA was performed via the Unscrambler software (CAMO, Oslo).

3. Results and discussion

3.1 Spectra of stingless and non-stingless bee honey

UV-visible spectra of monofloral *Heterotrigona itama* (stingless bee) and monofloral *Apis mellifera* (non-stingless bee) honey samples were presented in Figure 2(a) for original and Figure 2(b) for preprocessed spectra. Original spectra were rich in noise especially in the spectral region of 190-230 nm while no absorbance intensity could be observed after a wavelength of 400 nm. The most informative region was observed in the region of 230-400 nm. Our result was following previously reported work on authentication of monofloral and multifloral Indonesian honey using UV spectroscopy and SIMCA method [16]. There are two peaks observed with high absorbance intensities at wavelengths 260 and 290 nm. At 260 nm, stingless bee honey samples have higher absorbance intensity comparing to non-stingless bee honey samples. At 290 nm, the absorbance intensity of stingless and non-stingless bee

honey samples was similar. However, the peak at 290 nm was a little bit shifted to a higher wavelength for non-stingless bee honey samples. The reason for this shifting was still under investigation.

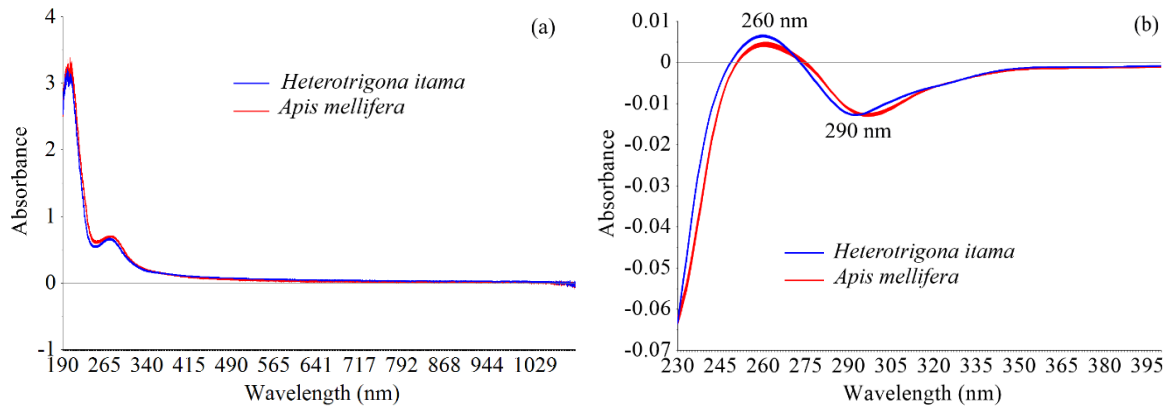


Figure 2. UV-visible spectra of *Heterotrigona itama* (stingless bee) and *Apis mellifera* (non-stingless bee) honey samples for (a) original and (b) preprocessed spectra.

3.2 Cluster analysis results

The result of the PCA calculation was presented in Figure 3. The score plot was demonstrated for the first two principal components (PCs) as seen in Figure 3(a). The cumulative explained variance (CEV) for PC1 and PC2 was 100% and a clear separation between the two types of honey samples could be obtained. Stingless bee honey samples of *Heterotrigona itama* lied on the positive of PC1 with a positive score of PC1. Non-stingless bee honey samples of *Apis mellifera* lied on the left of PC1 with a negative score of PC1.

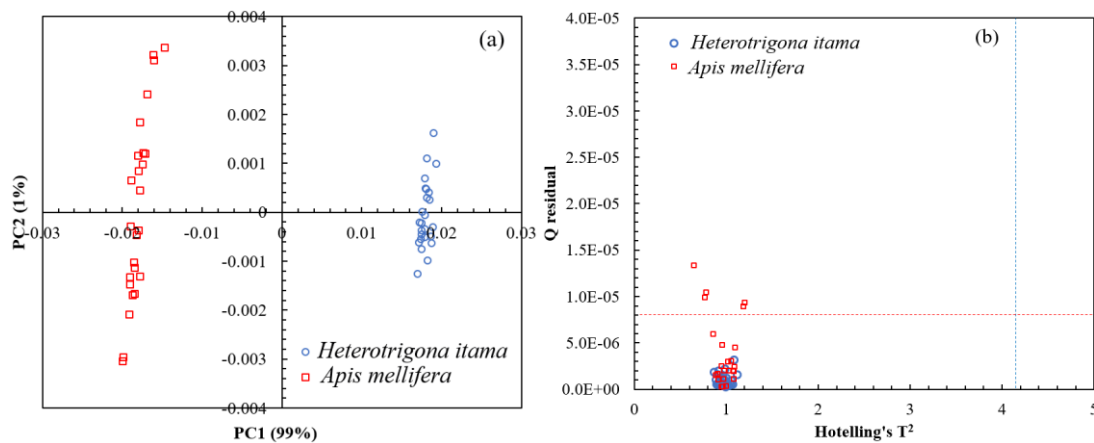


Figure 3. The PCA calculation result (a) plot of PCA scores and (b) plot of Hotelling's T^2 and Q residual statistics.

The plot of Hotelling's T^2 and Q residual statistics with a 95% confidence level was calculated for all samples ($n=50$) using preprocessed spectra and presented in Figure 3(b). This plot is useful to evaluate the potential occurrence of sample outliers (samples were statistically different from the whole data samples). The blue dashed line was corresponding to the threshold for Hotelling's T^2 parameter while the red dashed line was corresponding to the threshold for Q residual parameter. Any samples located on the right of the blue dashed line and at the same time located on the upper side of the red dashed line were considered as outliers. It was confirmed no outliers were detected and all data were

used for further analysis. It can be noticed that stingless bee honey samples were more clustered comparing to non-stingless ones.

The plot of the HCA result was demonstrated in a dendrogram as seen in Figure 4. The dendrogram was developed using Ward's algorithm based on the squared Euclidean distance for all samples (n=50) using preprocessed spectra in the range of 230-400 nm. HCA demonstrated excellent discrimination results for the stingless and non-stingless honey samples with a relative distance of 0.5. There are two big clusters as a difference between stingless (*Heterotrigona itama*) and non-stingless bee honey (*Apis mellifera*) samples could be established. However, as we can see that in the arm of non-stingless bee honey samples (*Apis mellifera*), two clusters could be observed. It confirmed that a relatively high variation within the samples of the non-stingless bee honey cluster was observed. Further investigation should be conducted to investigate this high variation. In previous work, HCA using Euclidean distance and the incremental linkage method with a similarity index of 0.218 could be used to separate Brazilian honey by H^1 nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy [20].

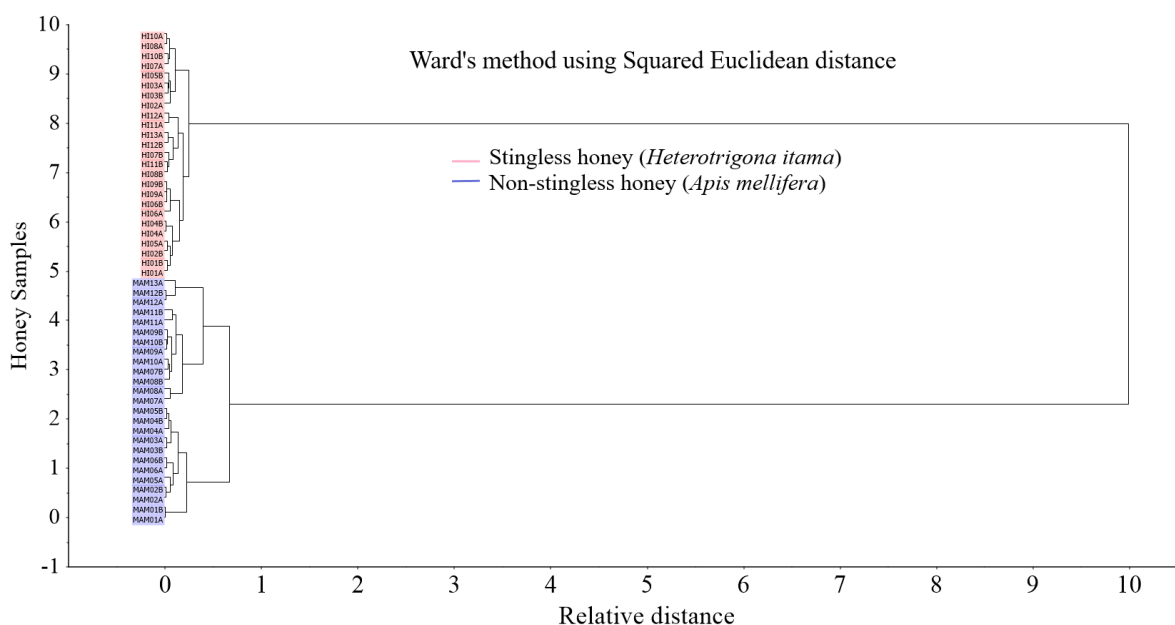


Figure 4. The HCA dendrogram of stingless and non-stingless bee honey samples using preprocessed spectra.

4. Conclusion

Our study has proved the suitable application of UV spectroscopy coupled with HCA for discrimination between stingless and non-stingless bee honey samples. Based on PCA, stingless bee honey samples of *Heterotrigona itama* lied on the positive of PC1 with a positive score of PC1. Non-stingless bee honey samples of *Apis mellifera* lied on the left of PC1 with a negative score of PC1. HCA demonstrated excellent discrimination results for the stingless and non-stingless honey samples. A successful classification between stingless and non-stingless bee honey using HCA was confirmed in this research. Therefore, it is expected that the development of authentication of stingless bee honey based on UV spectroscopy and the HCA method will be realized soon.

Acknowledgements

This work was financially supported by KEMENDIKBUDRISTEK, Indonesia (Applied Research Grant 2020-2022) (Grant No. 3973/UN26.21/PN/2021).

References

- [1] Hossain K S, Hossain Md G, Moni A, Rahman Md M, Rahman U H, Alam M, Kundu S, Rahman Md M, Hannan Md A and Uddin Md J 2020 *Heliyon* **6**(12): e05798
- [2] Biluca F C, Braghini F, Gonzaga L V, Costa A C O and Fett R 2016 *J. Food Compos. Anal.* **50**: 61–69
- [3] Kek S P, Chin N L, Yusof Y A, Tan S W and Chua L S 2014 *Agric. Agric. Sci. Procedia* **2**: 150–155
- [4] Shamsudin S, Selamat J, Sanny M, Bahari S A R, Jambari N N and Khatib A 2019 *Molecules* **24**(21): 3898
- [5] Abedi F, Ghasemi S, Farkhondeh T, Azimi-Nezhad M, Shakibaei M and Samarghandian S 2021 *Dose-Response* **19**(1): 1–13
- [6] Ali A M and Kunugi H 2021 *Molecules* **26**(5):1232
- [7] Al-Hatamleh M A I, Hatmal M M, Sattar K, Ahmad S, Mustafa M Z, Bittencourt M D C and Mohamud R 2020 *Molecules* **25**(21): 5017
- [8] Kelly N, Farisya M S N, Kumara T K and Marcela P 2014 *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* **37**(3): 293–298
- [9] Se K W, Ghoshal S K, Wahab R A, Ibrahim R K R and Lani M N 2018 *Food Res. Int.* **105**: 453–460
- [10] Chuttong B, Chanbang Y, Sringarm K and Burgett M 2016 *Food Chem.* **192**: 149–155
- [11] Tan S H, Pui L P, Solihin M I, Keat K S, Lim W H and Ang C K 2021 *J. Food Process. Preserv.* **45**(7): e15576
- [12] Pauliuc D, Ciursă P, Ropciuc S, Dranca F and Oroian M 2021 *J. Food Compos. Anal.* **102**: 104021
- [13] Yulia M, Asnaning A R and Suhandy D 2018 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **147**: 012010
- [14] Suhandy D and Yulia M 2021 *Agric.* **11**(2): 109
- [15] Suhandy D and Yulia M 2019 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **258**: 012042
- [16] Suhandy D and Yulia M 2021 *Molecules* **26**(4): 915
- [17] Suhandy D and Yulia M 2021 *AIP Conf. Proc.* **2342**: 100004
- [18] Srivastava S, Mishra G and Mishra H N 2018 *Food Chem.* **268**: 402–410
- [19] Yang I -C, Tsai C -Y, Hsieh K -W, Yang C -W, Ouyang F, Martin Lo Y and Chen S 2013 *J. Food Drug Anal.* **21**(3): 268–278
- [20] Boffo E F, Tavares L A, Tobias A C T, Ferreira M M C and Ferreira A G 2012 *LWT- Food Sci. Technol.* **49**(1): 55–63



**3rd International Conference on Agricultural
Postharvest Handling and Processing
Bogor - West Java – Indonesia
October 12-13th, 2021**

**Our Ref: B-2927/LB.300/H.10/10/2021
27th October 2021**

Mr. Diding Suhandy
The University of Lampung

Subject : Letter of Acceptance

Dear Mr. Diding Suhandy

We are pleased to inform you that your manuscript entitled " Rapid authentication of stingless bees (*Heterotrigona itama*) honey by UV spectroscopy and hierarchical cluster analysis" has been reviewed and **accepted** for further submission to IOP Conference Proceeding Series: Earth and Environmental Science.

We would appreciate if you could finish your publication fee soon before **1st November 2021** to the PATPINDO, Bank BRI Cabang Bogor, **A/C IDR/Rupiah: 0012 01 001883 56 3** and send the copy of the bank transfer to info@icaphp2021.org cc to **icaphp2021@gmail.com**. We will NOT proceed the publication if you haven't uploaded the proof of payment. If you have already paid for the presenter and publication fees, please ignore this letter. Should you have any inquiries, please feel free to contact us.

Thank you for your cooperation.

Sincerely yours,

Mulyana Hadipernata, S.TP, M.Sc, Ph.D
Chairperson of ICAPHP Committee

Dokumen Realisasi Mitra

Peran mitra yaitu Rumah Madu dalam penelitian madu di tahun pertama (2021) adalah sebagai berikut:

1. Rumah madu sangat berperan dalam penyediaan sampel madu untuk penelitian, baik sampel itu langsung diperoleh dari Rumah Madu atau dari pihak lain melalui perantara Rumah Madu. Jejaring yang dimiliki oleh Rumah Madu sangat membantu tim peneliti untuk mendapatkan beberapa sampel madu yang cukup sulit diperoleh seperti beberapa sampel madu organik dan madu dari lebah tidak bersengat.
2. Rumah Madu juga sangat berperan dalam ikut memberikan masukan untuk perbaikan buku ajar autentikasi madu. Terutama memberi masukan untuk mengubah beberapa bagian di dalam buku sehingga buku ajar tersebut tidak hanya sesuai untuk kebutuhan proses belajar di kampus tapi juga menarik minat industri seperti Rumah Madu untuk kemudian tertarik menerapkan teknologi uji keaslian atau autentikasi madu di perusahaannya.
3. Selama PPKM, komunikasi dengan mitra juga dilakukan melalui sambungan telpon untuk memastikan rencana penelitian termasuk jadwal pengambilan sampel. Hanya saja di tahun pertama ini, tim peneliti belum sempat hadir langsung di kegiatan panen madu untuk sampel di beberapa lokasi di Lampung dan Riau karena saat itu seluruh tim peneliti belum memperoleh ijin berkegiatan di luar kampus dari pimpinan (akibat adanya penerapan PPKM level 4) dan belum divaksin COVID-19.
4. Di akhir tahun pertama ini juga Rumah Madu sebagai mitra bersedia menjadi salah satu perintis industri yang menerapkan teknologi autentikasi madu menggunakan teknologi *UV-visible spectroscopy*. Berikut beberapa dokumentasi selama penelitian di tahun pertama bersama mitra.



Gambar 1. Dokumentasi penjelasan proses autentikasi madu menggunakan teknologi *uv-visible spectroscopy* di tempat mitra (Rumah Madu).