

Pencirian Kopi Robusta Bengkulu dari Kemungkinan Bahan Pencampur Menggunakan Kombinasi Spektroskopi FTIR dan Kemometrik

Characterization of Robusta Bengkulu Coffee from Possible Mixings Using Combination of FTIR Spectroscopy and Chemometric

Deni Agus Triawan^{1,2,3*}, Ghufira Ghufira², Morina Adfa^{2,3}, Mohamad Rafi^{4,5}

¹Program Studi D3 Lab Sains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu,

²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu,

³Research Center of Sumatera Natural Product and Functional Materials, Universitas Bengkulu,
Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Muara Bangkahulu, 38121, Bengkulu, Indonesia

⁴Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor,
Gedung Kimia Wing 1 Lantai 3, Jl. Tanjung Kampus IPB Dramaga Bogor 16680, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

⁵Pusat Studi Biofarmaka Tropika, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat,
Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Taman Kencana, Jl. Taman Kencana No. 3, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

*Penulis korepondensi: Deni Agus Triawan, Email: deni.agustriawan@unib.ac.id

Submisi: 2 Maret 2021; Revisi: 30 Agustus 2021, 8 September 2021; Diterima: 29 September 2021;
Dipublikasi: 28 November 2022

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kemurnian kopi bubuk yang beredar di pasaran Kota Bengkulu menggunakan kombinasi spektroskopi FTIR dan teknik kemometrik guna autentifikasi dan kontrol mutu kopi bubuk. Desain penelitian dibuat dengan variabel berupa kopi murni, jagung *roasted* dan beras *roasted*, kopi campur jagung *roasted* (50% b/b), jenis kopi campur beras *roasted* (50%b/b) dan 18 sampel kopi komersial. Masing-masing variabel tersebut dibuat 3 kali pengulangan. Berdasarkan hasil spektrum FTIR dari kopi murni, jagung *roasted* dan beras *roasted* diketahui bahwa terdapat pola spektrum yang hampir mirip dan sulit dibedakan. Analisis PCA dengan bantuan program *Unscrambler X* menunjukkan nilai PC-1 dan PC-2 yang dapat mendeskripsikan 97% dari total varians (PC-1 = 91%; PC-2 = 6%). Berdasarkan PC-1, kopi murni berada pada sisi positif sedangkan bahan pencampur berupa jagung dan beras berada pada sisi negatif. *Plotting* sampel kopi komersial pada kopi murni dan kopi dengan campuran beras *roasted* maupun jagung *roasted* diperoleh nilai PC-2 dan PC-1 sebesar 95% (PC-1 = 87%; PC-2 = 8%). Dari *plotting* tersebut, ada indikasi 1 dari 18 sampel mengalami pencampuran dengan jagung atau beras namun konsentrasi pencampurannya tidak dapat diketahui.

Kata kunci: Kemometrik; kopi; spektroskopi FTIR

ABSTRACT

This study aimed to identify the purity of coffee in the market of Bengkulu City using a combination of FTIR spectroscopy and chemometric techniques for authentication and quality control. The experimental design included variables such as pure coffee, roasted corn, and roasted rice, roasted corn mixed coffee (50% w/w), coffee mixed with roasted rice (50% w/w), and 18 samples of commercial coffee. In addition, each variable was made with three replications. The FTIR spectrum results of coffee, roasted corn, and roasted rice powder showed an almost similar pattern. PCA analysis with the Unscrambler X program indicated that the values of PC-1 and PC-2 could describe 97% of the total variance, with PC-1 = 91%; and PC-2 = 6%. Based on PC-1, pure coffee is on the positive side, while mixed ingredients such as corn and rice are on the negative. Plotted samples of commercial coffee on pure coffee and mixed samples obtained PC-2 and PC-1 values of 95% with PC-1 = 87%, and PC-2 = 8%. From the plotting, it can be concluded that 1 out of the 18 samples was mixed with corn or rice but the concentration of the mixture is unknown.

Keywords: Chemometric; coffee; FTIR spectroscopy

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditi terbesar di Provinsi Bengkulu khususnya dari Kabupaten Kepahiang, Kabupaten Rejang Lebong dan Kabupaten Lebong. Berdasarkan data Radar Bengkulu (2020) produksi kopi di Provinsi Bengkulu mencapai 80.000 ton/tahun. Komoditi kopi yang diusahakan masyarakat maupun swasta adalah jenis arabika. Kopi arabika memiliki keunggulan diantaranya adalah harga jual yang lebih tinggi daripada jenis robusta (El-Abassy dkk., 2011). Dalam upaya peningkatan pendapatan masyarakat, pemerintah dan pihak swasta mendorong adanya hilirisasi produk kopi baik skala rumah tangga, UMKM maupun industri besar menjadi produk kopi bubuk dalam kemasan. Pemasaran kopi bubuk dalam kemasan hasil produksi tersebut secara umum dipasarkan lingkup Provinsi Bengkulu. Dengan bervariasinya produsen di Provinsi Bengkulu dan perbedaan tingkat pemahaman mutu kopi, maka dapat memunculkan usaha untuk menambah keuntungan dengan menambah bahan pencampur seperti beras dan jagung pada proses pengolahan kopi. Hal ini tentunya dapat menurunkan kemurnian kopi. Adanya pencampuran bahan-bahan lain dalam kopi dapat menurunkan tingkat kemurnian kopi yang dapat menurunkan harga jual dan penurunan *brand image* masyarakat terhadap produk kopi bubuk asal Bengkulu. Bahan-bahan yang umum ditambahkan pada kopi adalah beras, jagung, atau pinang. Hal ini bertujuan untuk menambah bobot kopi bubuk yang dihasilkan (Syah dkk., 2013). Secara kasat mata, penambahan bahan campuran pada pengolahan kopi sulit diamati jika dilihat dari tekstur dan warna sehingga tingkat kecurangan dalam produksi kopi bubuk menjadi sangat mungkin dilakukan. Oleh karena itu, identifikasi dan diskriminasi tingkat kemurnian kopi bubuk menjadi

sangat penting dilakukan dalam hal menjamin kualitas dan kemurnian kopi bubuk.

Saat ini, metode yang sering digunakan dalam identifikasi, klasifikasi maupun diskriminasi dalam pengontrolan kualitas bahan baku ataupun ekstrak suatu bahan alam adalah dengan pendekatan senyawa penciri yaitu menunjukkan kadar satu atau lebih senyawa aktif (Purwakusumah dkk., 2014). Pemilihan teknik analisis untuk identifikasi, diskriminasi dan autentifikasi suatu bahan alam saat ini difokuskan pada komponen kimia yang ada pada bahan alam tersebut. Beberapa teknik analisa laboratorium yang dapat digunakan dalam identifikasi, diskriminasi dan autentifikasi bahan alam diantaranya kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) (Sabir dkk., 2017), kromatografi gas (KG) (Lopez-Vidal dkk., 2008), kromatografi lapis tipis (KLT) (Rafi dkk., 2011) maupun teknik spektroskopi (UV-Vis, FTIR, NMR) (Christou dkk., 2018; Matwijczuk dkk., 2019; Rachmawati dkk., 2017; Rafi dkk., 2015; Rohaeti dkk., 2019) dikombinasikan dengan teknik kemometrik.

Spektroskopi FTIR dapat menjadi pilihan yang sangat baik diantara teknik-teknik lainnya dimana teknik ini sangat efisien karena mudah digunakan, cepat dan murah (Purwakusumah dkk., 2014). Spektrum yang dihasilkan dari FTIR merupakan data yang sangat kompleks yang menggambarkan karakter dan identitas suatu bahan alam secara menyeluruh berdasarkan komposisi senyawa nya. Perbedaan yang ada pada pola spektrum, posisi puncak serapan dan intensitasnya dalam spektrum FTIR menggambarkan adanya perbedaan komposisi kimia dalam suatu bahan alam. Oleh karena itu, spektrum FTIR dapat digunakan untuk membedakan suatu bahan yang satu dengan yang lainnya. Apabila terdapat penambahan bahan lain dalam kopi bubuk, spektrum FTIR akan dapat membedakan kopi murni dan kopi yang sudah

ditambah dengan bahan lain walaupun komposisi kimianya belum diketahui secara pasti. Pola spektrum FTIR yang kompleks menyebabkan kesulitan dalam interpretasi dan visualisasi secara langsung menjadi tidak mudah. Untuk memudahkan interpretasi tersebut, bantuan teknik kemometrik seperti analisis multivariate sangat diperlukan.

Penggunaan metode kemometrik juga telah digunakan untuk membedakan kopi arabika dan kopi robusta green coffee dengan kombinasi Spektroskopi Raman dimana perbedaan keduanya terdapat pada kandungan chlorogenic acid (CGA) dan lipid (El-Abassy dkk., 2011). Selain itu, penentuan kemurnian kopi arabika dan robusta dari pencampuran keduanya ataupun dengan penambahan jelai (gandum) menggunakan kombinasi spektroskopi infra merah dan kemometrik telah dilaporkan sebelumnya. Robusta dan campurannya pada panas pemanggangan yang berbeda decampur dengan empat jenis jelai. Perbandingan pencampuran yang dilakukan antara 2 sampai 20% berat jelai. Untuk memilih 100 dan 30 eksperimen yang akan digunakan sebagai kalibrasi dan set pengujian dilakukan desain D-Optimal (Ebrahimi-Najafabadi dkk., 2012). Kombinasi spektroskopi FTIR dan analisis kemometrik menunjukkan kemampuan prediksi yang sangat baik dalam mendeteksi adanya penambahan jelai (gandum) pada sampel kopi robusta dan arabika sampai pada limit penambahan 2% jelai (gandum) guna menghindari kecurangan produsen kopi.

Penambahan bahan lain seperti jagung dan beras pada kopi murni banyak dilakukan di Indonesia dengan tujuan menambah bobot kopi bubuk yang dihasilkan sehingga dapat meningkatkan keuntungan penjual, namun penambahan bahan ini juga akan mempengaruhi cita rasa dari kopi yang dihasilkan (Syah dkk., 2013). Berdasarkan tinjauan tersebut, perlu dilakukan pencirian kopi robusta di pasaran Kota Bengkulu dari kemungkinan pencampur bahan lainnya seperti jagung dan beras dengan mengkombinasikan spektroskopi FTIR dan analisis kemometrik.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan berupa Spektrofotometer FTIR Tensor 37 (Bruker Optik GmbH, Karlsruhe, Jerman) dengan detektor DTGS (deuterated triglycine sulphate), serta peralatan gelas standar laboratorium. Bahan-bahan yang digunakan berupa kopi bubuk murni, bubuk kopi yang beredar di pasar Kota Bengkulu sebanyak 18 jenis (merek), jagung *roasted*, beras *roasted*.

Preparasi Sampel

Desain penelitian dibuat dengan variasi 3 sampel kopi murni, 3 sampel jagung *roasted*, 3 sampel beras *roasted*, 3 sampel kopi campur jagung *roasted* (50% b/b), 3 sampel kopi campur beras *roasted* (50% b/b) dan 18 sampel kopi komersial (Tabel 1). Kopi murni diperoleh dari tiga produsen kopi di Kabupaten Rejang Lebong Provinsi Bengkulu dengan sistem tradisional *roasting*. Pemilihan ketiga produsen ini diharapkan dapat mewakili produsen kopi murni. Jagung *roasted* dan beras *roasted* dibuat dengan tradisional *roasting* dengan waktu *roasting* ± 2 jam. Sampel kopi bubuk yang beredar dikumpulkan dari pedagang pasar dan minimarket di Kota Bengkulu dengan 18 merek yang berbeda. Sampel diberi label dan kode sehingga tidak menampilkan merek dari produk kopi tersebut. Sampel yang sudah dikumpulkan disimpan dalam desikator untuk menjaga kadar air sampel sebelum dilakukan pengukuran FTIR.

Pengukuran Spektrum FTIR

Spektrum FTIR diukur dengan alat Spektrofotometer FTIR Tensor 37 (Bruker Optik GmbH, Karlsruhe, Jerman) tipe *Attenuated Total Reflectance* (ATR) dengan detektor DTGS (*deuterated triglycine sulphate*) dan dikendalikan menggunakan *software* OPUS 4.2 (Bruker, Germany). Pengukuran dilakukan dengan cara meletakkan sebanyak ± 100 mg serbuk sampel (sampel kopi diperoleh dalam bentuk serbuk, sampel jagung *roasted* dan beras *roasted* sebelumnya dihaluskan dan diayak pada ayakan 100 *mesh*) pada kompartemen sampel (tempat sampel) kemudian dijalankan perintah analisa melalui *software* OPUS pada daerah bilangan gelombang 4000-600 cm^{-1} dengan kecepatan pemindaian 32 scan/menit dan resolusi 4 cm^{-1} . Rentang bilangan gelombang ini dipilih karena gugus fungsi yang menjadi ciri dari senyawa organik secara umum akan memberikan pita serapan pada bilangan gelombang tersebut. Pengukuran masing-masing sampel dilakukan tiga kali pengulangan.

Pra Perlakuan Spektrum dan Analisis Kemometrik

Analisis kemometrik yang digunakan berupa analisis multivariat yaitu *Principle Component Analysis* (PCA). Pemrograman analisis multivariat ini dibantu dengan menggunakan piranti lunak *Unscrambler 10.1*. Pra perlakuan data spektrum serapan FTIR dari sampel penting dilakukan sebelum dilakukan analisis kemometrik dengan pendekatan *multivariate analysis*. Hal ini dimaksudkan untuk mereduksi efek hamburan cahaya (*light scattering*), variasi *baseline*, *noise* pengukuran (pengganggu) dan sebagainya pada seluruh spektrum FTIR dari sampel. Pada penelitian ini,

Tabel 1. Desain penelitian dan pembagian variabel

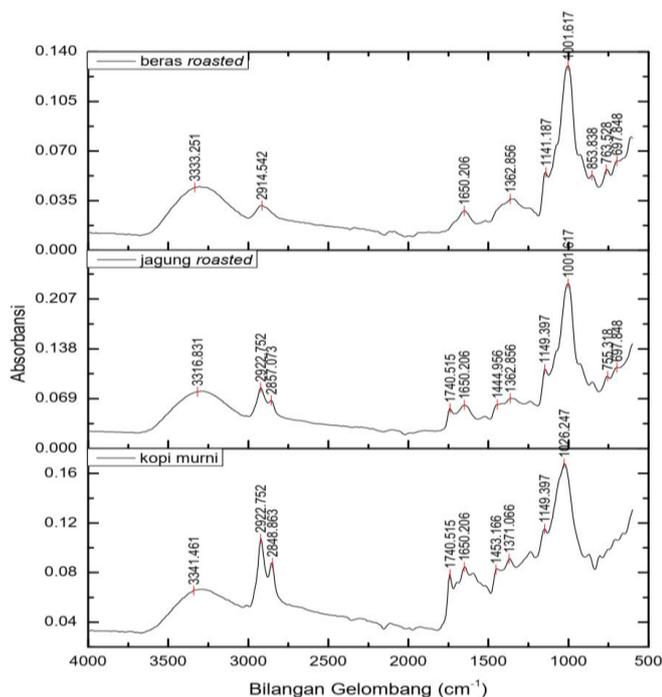
Variabel	Kode sampel	Keterangan
Kopi murni	KM1	Kopi murni 1 (pengulangan 3 kali)
	KM2	Kopi murni 2 (pengulangan 3 kali)
	KM3	Kopi murni 3 (pengulangan 3 kali)
Jagung <i>roasted</i>	JR1	Jagung <i>roasted</i> 1 (pengulangan 3 kali)
	JR2	Jagung <i>roasted</i> 2 (pengulangan 3 kali)
	JR3	Jagung <i>roasted</i> 3 (pengulangan 3 kali)
Beras <i>roasted</i>	BR1	Beras <i>roasted</i> 1 (pengulangan 3 kali)
	BR2	Beras <i>roasted</i> 2 (pengulangan 3 kali)
	BR3	Beras <i>roasted</i> 3 (pengulangan 3 kali)
Kopi murni : jagung <i>roasted</i> (50% b/b)	KMJ1-1	Kopi murni 1 + jagung pengulangan 1
	KMJ1-2	Kopi murni 1 + jagung pengulangan 2
	KMJ1-3	Kopi murni 1 + jagung pengulangan 3
	KMJ2-1	Kopi murni 2 + jagung pengulangan 1
	KMJ2-2	Kopi murni 2 + jagung pengulangan 2
	KMJ2-3	Kopi murni 2 + jagung pengulangan 3
	KMJ3-1	Kopi murni 3 + jagung pengulangan 1
	KMJ3-2	Kopi murni 3 + jagung pengulangan 2
	KMJ3-3	Kopi murni 3 + jagung pengulangan 3
Kopi murni : beras <i>roasted</i> (50% b/b)	KMB1-1	Kopi murni 1 + beras pengulangan 1
	KMB1-2	Kopi murni 1 + beras pengulangan 2
	KMB1-3	Kopi murni 1 + beras pengulangan 3
	KMB2-1	Kopi murni 2 + beras pengulangan 1
	KMB2-2	Kopi murni 2 + beras pengulangan 2
	KMB2-3	Kopi murni 2 + beras pengulangan 3
	KMB3-1	Kopi murni 3 + beras pengulangan 1
	KMB3-2	Kopi murni 3 + beras pengulangan 2
	KMB3-3	Kopi murni 3 + beras pengulangan 3
Sampel kopi bubuk komersial bermerek	S1-S18 (54 data)	Dikumpulkan dari pasar dan minimarket di Kota Bengkulu dengan merek yang berbeda-beda. Pengulangan dilakukan 3 kali untuk setiap sampel kopi

pra perlakuan dilakukan secara berurutan dimulai dari *smoothing* dengan *Savitzky-Golay* dilanjutkan dengan *baseline* dan terakhir dengan *standard normal variate* (SNV). Pra perlakuan ini dilakukan di dalam program Unscrambler 10.1 sebelum analisis kemometrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrum FTIR menggambarkan adanya gerakan ikatan pada molekul baik vibrasi maupun rotasi

sehingga akan diketahui secara kualitatif adanya gugus fungsi dalam suatu senyawa. Pada penelitian ini, FTIR yang digunakan adalah tipe ATR yang memiliki keunggulan berupa non destruktif analisis. Dalam analisis non destruktif tidak membutuhkan preparasi sampel yang rumit sehingga analisis berlangsung lebih cepat (Rafi dkk., 2016). Hasil spektrum FTIR dari kopi murni, jagung *roasted* dan beras *roasted* menunjukkan pola spektrum yang hampir mirip dan sulit dibedakan (Gambar 1).

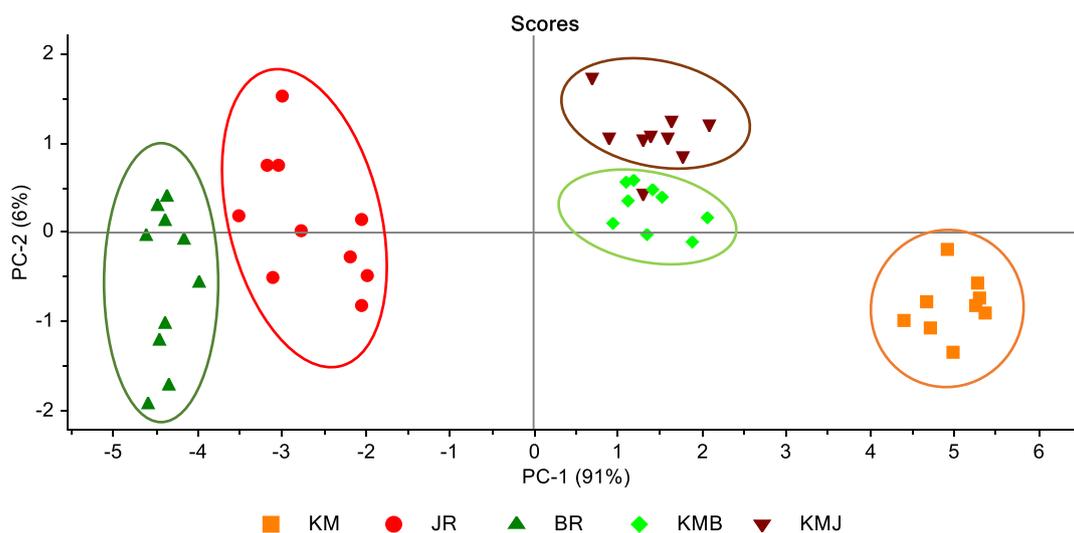


Gambar 1. Spektrum FTIR representatif dari kopi murni, jagung *roasted* dan beras *roasted*

Pita serapan utama terdapat pada bilangan gelombang sekitar 4000 – 3000 cm^{-1} yang berupa vibrasi O-H (*stretch*), pada daerah sekitar 3000 - 2850 cm^{-1} yang berupa vibrasi C-H (*stretch*), pada daerah sekitar 1100 - 1000 cm^{-1} yang berupa vibrasi dari C-C-O (*bend*), pada daerah 1660-1560 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C=C (*stretch*) dan 1710-1660 cm^{-1} menunjukkan

vibrasi C=O (*stretch*). Penggabungan spektrum sidik jari FTIR dan kemometrik menjadi pilihan yang tepat untuk membedakan kopi murni dari kemungkinan bahan pencampur seperti jagung dan beras yaitu melalui pencirian komponen yang ada dalam ketiga sampel tersebut. Pencirian dilakukan dengan *Principle Component Analysis* (PCA). Sebelum dilakukan pemodelan diskriminasi, terlebih dahulu dilakukan proses pendahuluan pada spektrum FTIR yang dihasilkan guna optimalisasi resolusi dan menghindari adanya masalah seperti pergeseran garis dasar sehingga faktor-faktor penciri semakin lebih jelas. Adapun proses praperlakuan yang dilakukan seperti penghalusan (*smoothing*) dari spektrum pengganggu (*noise*), koreksi garis dasar dan normalisasi.

Berdasarkan plot PCA yang ditunjukkan pada Gambar 2, dapat diketahui bahwa dua komponen utama PC-1 dan PC-2 dapat mendeskripsikan 97% dari total varians (PC-1 = 91%; PC-2 = 6%). Pola pengelompokan menggunakan PCA telah mampu membedakan jenis kopi murni, jagung murni, beras murni serta kemungkinan pencampur kopi seperti jagung dan beras. Pengelompokan sampel terjadi berdasarkan jarak yang berbeda. Semakin dekat jarak antar sampel, maka kesamaannya semakin tinggi. Berdasarkan PC-1, kopi murni berada pada sisi positif sedangkan bahan pencampur berupa jagung dan beras berada pada sisi negatif. Perbedaan posisi yang sangat signifikan inilah yang mampu membedakan kopi murni dengan bahan pencampur jagung dan beras dengan baik. *Loading plot* PCA menunjukkan hubungan komponen utama dari keseluruhan variabel yang dapat memberikan

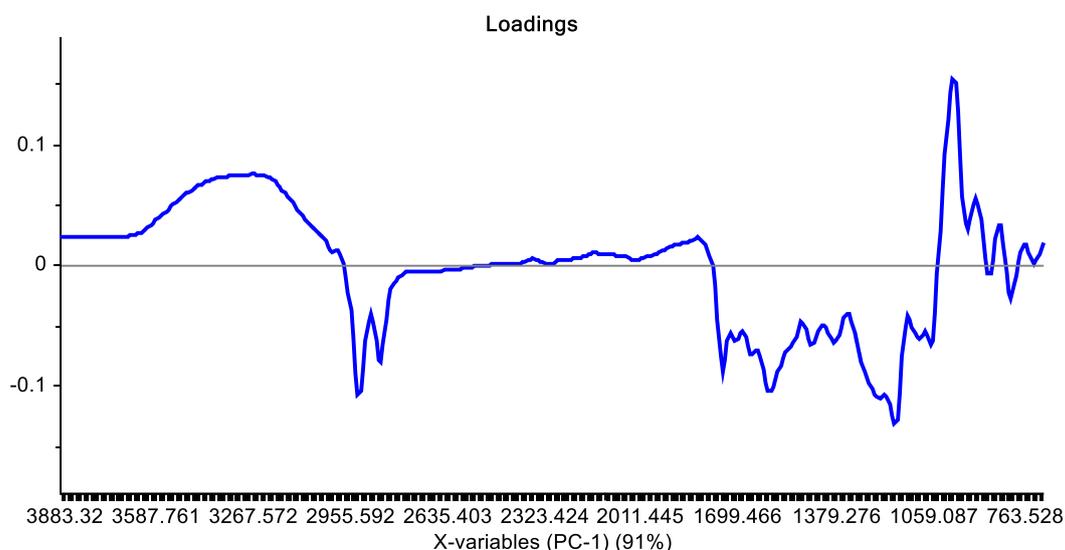


Gambar 2. Plot PCA kopi murni dan kopi dengan pencampur (KM = kopi murni, JR = jagung *roasted*, BR = beras *roasted*, KMJ = kopi murni + jagung 50% b/b, KMB = kopi murni + beras 50% b/b)

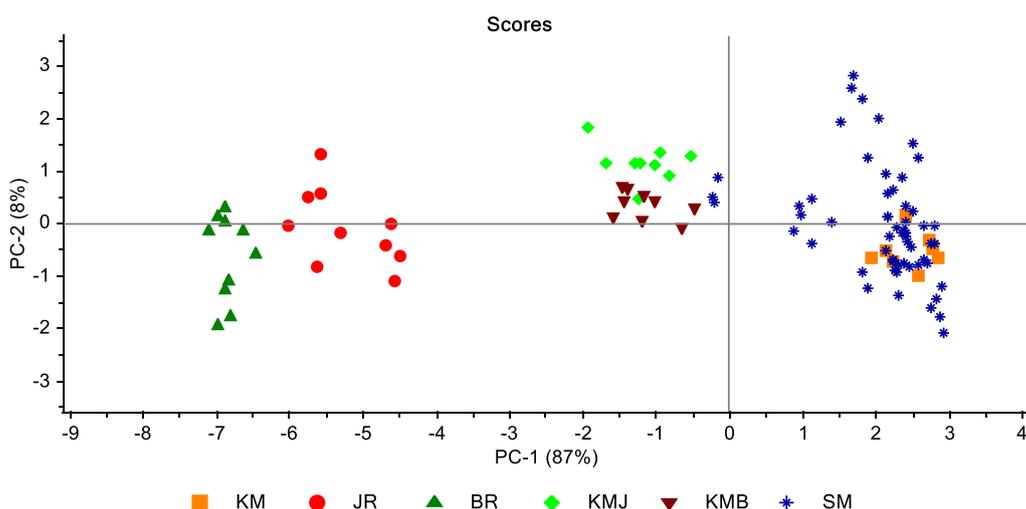
perbedaan (El-Abassy dkk., 2011). Berdasarkan *Loading plot* PC-1 (Gambar 3) diketahui bahwa perbedaan pada kopi murni, jagung *roasted*, beras *roasted* maupun campuran kopi dengan beras atau jagung ditunjukkan pada bilangan gelombang sekitar 3000 - 2850 cm^{-1} (vibrasi ulur C-H), 1100 - 1000 cm^{-1} (vibrasi tekuk dari C-C-O), 1660-1560 cm^{-1} (vibrasi ulur C=C) dan 1710-1660 cm^{-1} (vibrasi ulur C=O). Serapan ini diperkirakan berasal dari asam klorogenat yang menjadi ciri khas dari kopi Robusta yang tidak dimiliki oleh jagung dan beras (El-Abassy dkk., 2011). Namun, ini belum cukup untuk menentukan dengan pasti kemurnian kopi dari bahan

pencampurnya apalagi untuk menentukan konsentrasi bahan pencampurnya.

Plot sampel kopi komersial terhadap kopi murni, kopi dengan pencampur jagung *roasted* dan beras *roasted* diperoleh nilai PC-2 dan PC-1 sebesar 95% (PC-1 = 87%; PC-2 = 8%). Berdasarkan hasil *plotting* sampel kopi komersial pada kopi murni dan kopi dengan campuran beras *roasted* maupun jagung *roasted* (Gambar 4), diketahui sebagian besar sampel kopi berada pada daerah kopi murni. Namun ada 1 dari 18 sampel kopi (5,56%) yang berada pada daerah kopi yang dicampur dengan beras *roasted* ataupun



Gambar 3. *Loading plot* PC-1 kopi murni dan kopi dengan pencampur beras dan jagung



Gambar 4. Plot PCA kopi komersial terhadap kopi murni dan kopi dengan pencampur (KM = kopi murni, JR = jagung *roasted*, BR = beras *roasted*, SM = sampel kopi komersial, KMJ = kopi murni + jagung 50% b/b, KMB = kopi murni + beras 50% b/b)

dengan jagung *roasted*. Hal ini mengindikasikan bahwa ada kemungkinan sampel kopi yang beredar di Kota Bengkulu mengalami pencampuran dengan beras ataupun jagung namun konsentrasi pencampurannya tidak dapat diketahui.

KESIMPULAN

Pola pengelompokan menggunakan PCA telah mampu membedakan jenis kopi murni, jagung murni, beras murni serta kemungkinan pencampur kopi seperti jagung dan beras. Hal ini mampu dijelaskan dengan dua komponen utama PC-1 dan PC-2 dapat mendeskripsikan 97% dari total varians (PC-1 = 91%; PC-2 = 6%). Berdasarkan *Loading plot* PC-1 diketahui bahwa perbedaan pada kopi murni, jagung *roasted*, beras *roasted* maupun campuran kopi dengan beras atau jagung ditunjukkan dengan adanya vibrasi C-H, C-O, C=C, dan C=O yang berasal dari asam klorogenat yang menjadi ciri khas dari kopi Robusta. Sementara *plotting* sampel kopi komersial pada kopi murni dan kopi dengan campuran beras *roasted* maupun jagung *roasted* diperoleh nilai PC-2 dan PC-1 sebesar 95% (PC-1 = 87%; PC-2 = 8%). Dari *plotting* tersebut, ada indikasi 1 dari 18 sampel mengalami pencampuran dengan jagung atau beras namun konsentrasi pencampurannya tidak dapat diketahui.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Bengkulu yang mendukung dana penelitian ini melalui DIPA UNIB Tahun Anggaran 2020 dengan Nomor Kontrak: 2039/UN30.15/PG/2020.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan (*conflict of interest*) dari berbagai pihak terhadap keluarnya publikasi ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Christou, C., Agapiou, A., & Kokkinofa, R. (2018). Use of FTIR spectroscopy and chemometrics for the classification of carobs origin. *Journal of Advanced Research*, 10, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2017.12.001>

Ebrahimi-Najafabadi, H., Leardi, R., Oliveri, P., Chiara Casolino, M., Jalali-Heravi, M., & Lanteri, S. (2012). Detection of addition of barley to coffee using near infrared spectroscopy and chemometric techniques. *Talanta*, 99, 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.05.036>

El-Abassy, R. M., Donfack, P., & Materny, A. (2011). Discrimination between Arabica and Robusta green coffee using visible micro Raman spectroscopy and chemometric analysis. *Food Chemistry*, 126(3), 1443–1448. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.132>

Lopez-Vidal, S., Rodriguez-Estevéz, V., Lago, S., Arce, L., & Valcárcel, M. (2008). The application of GC – MS and chemometrics to categorize the feeding Regime of Iberian Pigs in Spain. *Chromatographia*, 68(October), 593–601. <https://doi.org/10.1365/s10337-008-0752-x>

Matwijczuk, A., Oniszczuk, T., Matwijczuk, A., Chruściel, E., Kocira, A., Niemczynowicz, A., Wójtowicz, A., Combrzyński, M., & Wiacek, D. (2019). Use of FTIR spectroscopy and chemometrics with respect to storage conditions of Moldavian dragonhead Oil. *Sustainability (Switzerland)*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/su11226414>

Purwakusumah, E. D., Rafi, M., Syafitri, U. D., Nurcholis, W., Agung, M., & Adzkiya, Z. (2014). Identification and authentication of jahe merah using combination of FTIR spectroscopy and chemometrics. *Agritech*, 34(1), 82–87. <https://doi.org/10.22146/agritech.9526>

Rachmawati, Rohaeti, E., & Rafi, M. (2017). Combination of near infrared spectroscopy and chemometrics for authentication of taro flour from wheat and sago flour. *Journal of Physics: Conference Series*, 835(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/835/1/012011>

Rafi, M., Anggundari, W. C., & Irawadil, T. T. (2016). Potensi spektroskopi FTIR-ATR dan kemometrik untuk membedakan rambut babi, kambing, dan sapi. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(3), 229–234. <https://doi.org/10.15294/ijcs.v5i3.10654>

Rafi, M., Purwakusumah, E., Ridwan, T., Barus, B., Sutandi, A., & Darusman, L. (2015). Geographical classification of java tea (*Orthosiphon stamineus*) from Java Island by FTIR spectroscopy combined with canonical variate analysis. *Jurnal Sains dan Matematika*, 23(1), 25–31.

Rafi, M., Rohaeti, E., Miftahudin, A., & Darusman, L. K. (2011). Differentiation of *Curcuma longa*, *Curcuma xanthorrhiza* and *Zingiber cassumunar* by thin layer chromatography fingerprint analysis. *Indonesian Journal of Chemistry*, 11(1), 71–74. <https://doi.org/10.22146/ijc.21423>

Rohaeti, E., Muzayanah, K., Septaningsih, D. A., & Rafi, M. (2019). Fast analytical method for authentication of chili powder from synthetic dyes using UV-Vis spectroscopy in combination with chemometrics. *Indonesian Journal of Chemistry*, 19(3), 668–674. <https://doi.org/10.22146/ijc.36297>

Sabir, A., Rafi, M., & Darusman, L. K. (2017). Discrimination of red and white rice bran from Indonesia using HPLC

fingerprint analysis combined with chemometrics. *Food Chemistry*, 221, 1717–1722. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.114>

penambahan jagung dan beras ketan. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 5(1), 32–37. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v5i1.1000>

Syah, H., Yusmanizar, & Maulana, O. (2013). Karakteristik fisik bubuk kopi Arabika hasil penggilingan mekanis dengan