

IDENTIFIKASI DAN AUTENTIKASI JAHE MERAH MENGGUNAKAN KOMBINASI SPEKTROSKOPI FTIR DAN KEMOMETRIK

Identification and Authentication of Jahe Merah Using Combination of FTIR Spectroscopy and Chemometrics

Edy Djauhari Purwakusumah^{1,2}, Mohamad Rafi^{1,3}, Utami Dyah Syafitri⁴, Waras Nurcholis^{1,2},
Muhammad Agung Zaim Adzkiya¹

¹Pusat Studi Biofarmaka, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor,
Jl. Taman Kencana No 3, Bogor 16128

²Departemen Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor,
Jl. Agatis, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

³Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor,
Jl. Agatis, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

⁴Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor,
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

Email: mra@ipb.ac.id

ABSTRAK

Spektroskopi FTIR dan kombinasinya dengan analisis komponen utama dan analisis diskriminan telah digunakan untuk identifikasi dan autentikasi jahe merah dari dua spesies yang berkerabat dengannya yaitu jahe emprit dan jahe gajah. Seluruh contoh dibuat spektrum FTIR pada kisaran bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} dan diberi perlakuan pendahuluan seperti normalisasi dan koreksi garis dasar. Kombinasi spektrum FTIR dengan beberapa metode kemometrik seperti analisis komponen utama dan analisis diskriminan digunakan untuk membedakan ketiga varietas jahe. Analisis diskriminan dapat mengelompokkan ketiga varietas jahe sesuai dengan jenis varietasnya. Metode yang dikembangkan ini dapat digunakan untuk tujuan identifikasi dan autentikasi jahe merah.

Kata kunci: Jahe, *Zingiber officinale*, spektroskopi FTIR, kemometrik

ABSTRACT

FTIR spectroscopy combined with principal component analysis and discriminant analysis were used for identification and authentication of *jahe merah* from its related species namely *jahe emprit* and *jahe gajah*. FTIR spectra of all samples were recorded in the wavenumber range 4000-400 cm^{-1} and then subjected for preprocessing signal such as normalization and baseline correction. Combination of FTIR spectra with some chemometrics method such as principal component analysis and discriminant analysis were used to distinguish the three varieties of ginger. By using discriminant analysis, the three varieties of ginger were classified according to its variety. The developed method could be used for identification and authentication of *jahe merah*.

Keywords: Ginger, *Zingiber officinale*, FTIR spectroscopy, chemometrics

PENDAHULUAN

Jahe merah (*Zingiber officinale* var *rubrum*) merupakan salah satu jenis jahe yang banyak digunakan sebagai bahan baku obat tradisional maupun pelengkap diet di Indonesia. Terdapat dua jenis jahe lainnya di Indonesia yaitu jahe emprit

(*Z. officinale* var *amarum*) dan jahe gajah (*Z. officinale* var *officinatum*). Ketiga jenis jahe ini mempunyai nama spesies yang sama hanya berbeda pada nama varietasnya sehingga jenis senyawa yang dikandungnya relatif sama satu sama lainnya. Secara tradisional, membedakan ketiga jenis jahe ini dapat melalui rasa pedas pada jahe merah dan emprit lebih tinggi

daripada jahe gajah dan bentuk fisik rimpang masing-masing jahe tersebut. Jahe merah memiliki rimpang berwarna merah dan ruas yang kecil, jahe emprit memiliki rimpang berwarna putih atau kuning dengan ruas yang kecil, sedangkan untuk jahe gajah rimpangnya berwarna putih atau kuning dengan ruas yang lebih besar (Santoso, 1992). Adanya perbedaan tersebut menandakan kadar senyawa tertentu yang ada pada ketiga jenis jahe tersebut memiliki perbedaan yang akan berkorelasi terhadap aktivitas biologis yang ditimbulkan.

Substitusi bahan baku penyusun suatu produk obat herbal atau pelengkap diet dengan tumbuhan yang berkerabat dekat dapat menjadi masalah serius karena akan menghasilkan inkonsistensi khasiat yang ditimbulkan. Harga jahe merah umumnya lebih tinggi daripada jahe emprit dan jahe gajah di pasar tradisional Indonesia. Keadaan tersebut dapat menjadi alasan jahe emprit atau jahe gajah akan menjadi bahan pemalsu yang potensial terhadap jahe merah. Hal lainnya adalah akan sulit membedakan ketiga jenis jahe tersebut jika diperjualbelikan dalam bentuk simplisia atau bubuk yang hampir mirip satu sama lainnya. Oleh karena itu, identifikasi dan diskriminasi jahe merah dari jenis jahe lainnya yang diperjualbelikan dalam bentuk simplisia dan bubuk menjadi sangat penting dalam menjamin autentisitas, kualitas, keamanan, dan efikasi sebelum dikonversi menjadi produk akhirnya.

Metode yang umum digunakan saat ini dalam identifikasi dan autentikasi dalam rangka kontrol kualitas bahan baku ataupun ekstrak tumbuhan adalah dengan menunjukkan kadar satu atau beberapa senyawa aktif yang dikenal dengan pendekatan senyawa penciri (Li dkk., 2008). Senyawa aktif utama yang digunakan dalam kontrol kualitas jahe seperti yang tertera dalam Monografi Ekstrak Tumbuhan Obat Indonesia Volume 1 (BPOM, 2005) yaitu gingerol, shogaol, dan zingiberena. Pendekatan ini memiliki beberapa kendala seperti jumlah senyawa penciri, atau senyawa aktif yang terbatas dan sering tidak unik. Selain itu efek khasiat belum tentu hanya dipengaruhi oleh senyawa tunggal karena dimungkinkan adanya pengaruh sinergik. Pendekatan yang kedua yaitu menggunakan pendekatan multikomponen seperti pola spektrum sidikjari yang saat ini umum dilakukan untuk kontrol kualitas bahan baku obat herbal (Mok dan Chau, 2006). Pendekatan tersebut mulai banyak digunakan karena obat herbal secara kimia adalah suatu sistem multikomponen. Untuk tujuan kontrol kualitas tersebut maka dengan pola spektrum sidik jari dapat memberikan informasi yang lebih akurat dan realistis.

Memilih metode analitik untuk identifikasi, diskriminasi, dan autentikasi suatu tumbuhan dalam rangka penjaminan kualitas bahan baku saat ini difokuskan pada komponen kimia yang menyebabkan adanya aktivitas tertentu dari tumbuhan obat. Beberapa teknik analitik seperti

kromatografi (KLT, KCKT, dan KG) maupun spektroskopi (UV-Vis, FTIR, NMR, dan massa) telah digunakan untuk tujuan ini. Diantara teknik-teknik tersebut, spektroskopi FTIR dapat menjadi pilihan yang menarik karena dapat memenuhi kriteria analisis yang efisien seperti mudah digunakan, cepat, dan murah (Bunaciu dkk., 2011). Spektrum sidik jari FTIR yang dihasilkan merupakan informasi data yang sangat kompleks sehingga akan menggambarkan secara menyeluruh karakteristik kimia suatu bahan. Perubahan yang terjadi pada posisi pita dan intensitasnya dalam spektrum FTIR akan berhubungan dengan perubahan komposisi kimia dalam suatu bahan. Oleh karena itu spektrum FTIR dapat digunakan untuk membedakan tumbuhan yang satu dengan yang lainnya walaupun komposisi senyawa kimianya belum diketahui secara pasti (Sun dkk., 2010)

Pola spektrum IR yang kompleks menyebabkan interpretasi secara langsung dan visual menjadi tidak mudah. Untuk lebih memudahkannya diperlukan bantuan teknik kemometrik seperti analisis multivariat (Gad dkk., 2012). Keuntungan dari penggunaan teknik kemometrik untuk interpretasi spektrum IR adalah kemampuannya dalam mengkaitkan profil spektrum dengan informasi tersembunyi yang dikandung oleh contoh (Zou dkk., 2005). Telah banyak penelitian yang menggabungkan penggunaan spektrum sidikjari FTIR dengan kemometrik dengan tujuan identifikasi, autentikasi maupun diskriminasi tumbuhan yang berkerabat dekat (Kokalj dkk., 2011; Rohman dkk., 2011; De Luca dkk., 2012; Wu dkk., 2012; Li dkk., 2013).

Dalam tulisan ini kami berinisiatif untuk mengembangkan metode analisis untuk kontrol kualitas (identifikasi dan autentikasi) jahe merah yang telah diperjualbelikan dalam bentuk simplisia maupun bubuk yang cepat menggunakan spektrum FTIR dan kombinasinya dengan kemometrik tanpa menghilangkan kebutuhan akan presisi dan akurasi. Ekstrak etanol digunakan dalam pembuatan spektrum FTIR karena pelarut ini dapat mengekstrak hampir seluruh senyawa yang terdapat dalam suatu tumbuhan. Metode gabungan ini akan menghemat waktu dan biaya analisis karena sampel dianalisis dalam bentuk ekstrak kasar sehingga tidak memerlukan tahapan analisis yang panjang.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

KBr untuk spektroskopi FTIR (Sigma-Aldrich, St Louis, Amerika Serikat) dan etanol absolut (Merck, Darmstadt, Jerman).

Preparasi Contoh

Lokasi pengambilan contoh jahe merah, jahe emprit, dan jahe gajah seperti yang tertera pada Tabel 1 dengan bagian tanaman yang diambil yaitu rimpang utamanya. Contoh yang representatif kemudian dipotong kecil lalu dikeringkan dan kemudian dibuat menjadi serbuk dengan ukuran partikel 100 mesh. Ekstraksi serbuk contoh dilakukan secara maserasi menggunakan etanol seperti metode yang tertera pada Monografi Ekstrak Tumbuhan Obat Indonesia Vol 1 untuk spesies jahe merah (BPOM, 2005).

Tabel 1. Lokasi pengambilan contoh

No	Jenis jahe	Kode sampel	Sumber
1	Jahe merah	JM-1	Bogor, Jawa Barat
2		JM-2	Purworejo, Jawa Tengah
3		JM-3	Purworejo, Jawa Tengah
4		JM-4	Wonogiri, Jawa Tengah
5		JM-5	Wonogiri, Jawa Tengah
6		JM-6	Wonogiri, Jawa Tengah
7		JM-7	Semarang, Jawa Tengah
8		JM-8	Semarang, Jawa Tengah
9		JM-9	Kulonprogo, DI Yogyakarta
10		JM-10	Kulonprogo, DI Yogyakarta
11		JM-11	Pacitan, Jawa Timur
12		JM-12	Pacitan, Jawa Timur
13		JM-13	Pacitan, Jawa Timur
14		JM-14	Ponorogo, Jawa Timur
15		JM-15	Ponorogo, Jawa Timur
16		JM-16	Ponorogo, Jawa Timur
17	Jahe emprit	JE-1	Purworejo, Jawa Tengah
18		JE-2	Kulonprogo, DI Yogyakarta
19		JE-3	Pacitan, Jawa Timur
20		JE-4	Ponorogo, Jawa Timur
21		JE-5	Ponorogo, Jawa Timur
22	Jahe gajah	JG-1	Kulonprogo, DI Yogyakarta
23		JG-2	Pacitan, Jawa Timur
24		JG-3	Pacitan, Jawa Timur
25		JG-4	Ponorogo, Jawa Timur
26		JG-5	Ponorogo, Jawa Timur

Pembuatan Spektrum FTIR

Sejumlah tertentu ekstrak yang telah dikeringkan kemudian dicampurkan secara seragam dengan KBr membentuk pelet menggunakan peralatan kempa manual (Shimadzu, Tokyo, Jepang). Spektrum FTIR dibuat menggunakan spektrofotometer FTIR Tensor 37 (Bruker Optik GmbH, Karlsruhe, Jerman) dengan detektor DTGS

(*deuterated triglycine sulphate*) di daerah inframerah tengah ($4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$) pada resolusi 4 cm^{-1} dengan jumlah payar 32 yang dioperasikan dengan peranti lunak OPUS versi 4.2 (Bruker Optik GmbH, Karlsruhe, Jerman). Spektrum FTIR dalam format OPUS disimpan dalam format *Data Point Table* (DPT).

Analisis Data dan Pembuatan Model Identifikasi dan Autentikasi Jahe Merah

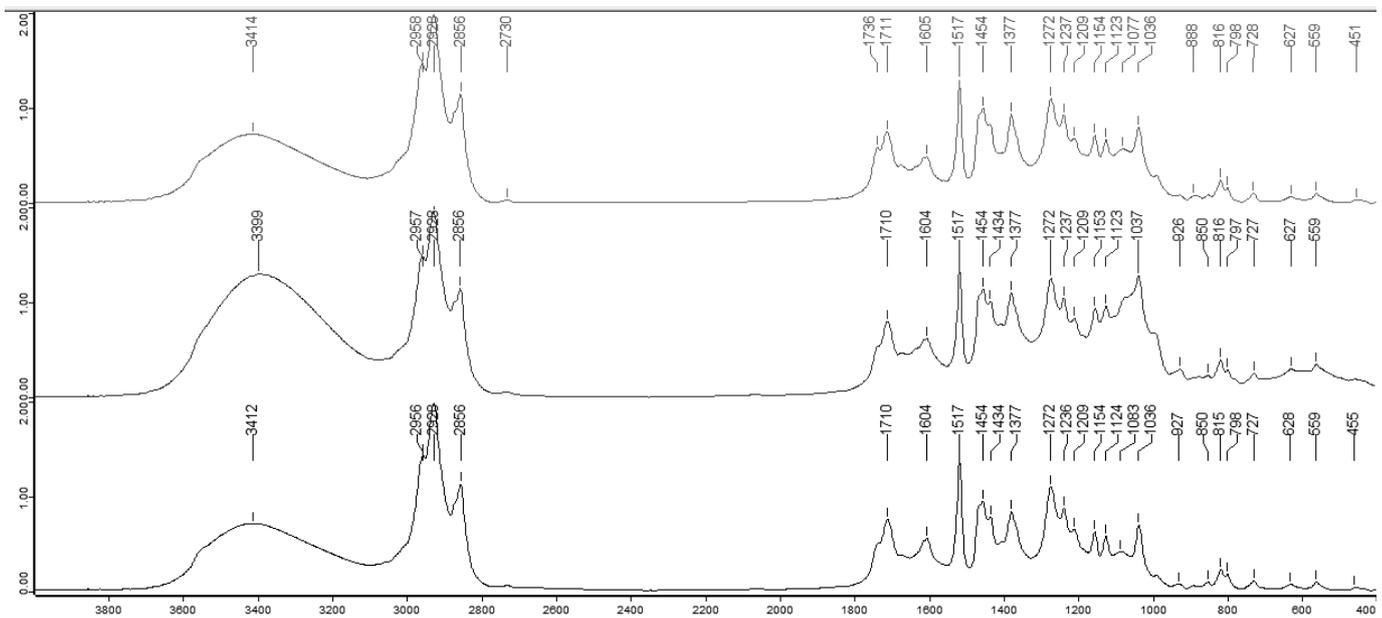
Perlakuan pendahuluan berupa pemrosesan sinyal dilakukan pada setiap spektrum FTIR yang dihasilkan yaitu koreksi garis dasar dan normalisasi. Pembuatan model identifikasi dan autentikasi jahe merah dilakukan dengan menggunakan data absorbans pada bilangan gelombang $4000-400 \text{ cm}^{-1}$. Analisis multivariat yang digunakan yaitu analisis komponen utama (AKU) dan analisis diskriminan (AD). Peranti lunak yang digunakan dalam pembuatan model tersebut yaitu XLSTAT versi 2012 (Addinsoft, New York, Amerika Serikat).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrum FTIR Ekstrak Jahe Merah, Jahe Emprit, dan Jahe Gajah

Spektroskopi FTIR merupakan suatu teknik analisis yang cepat, sederhana, dan non-destruktif dengan seluruh sifat kimia dalam contoh dapat diungkapkan dan dimunculkan pada spektrum FTIR. Profil spektrum FTIR ekstrak etanol tiga jenis jahe yang digunakan memberikan pola yang sangat identik satu sama lainnya terkecuali nilai absorbans tiap spektrum yang menandakan bahwa senyawa kimia yang dikandung hampir sama hanya berbeda pada kadarnya (Gambar 1).

Pada spektrum FTIR tersebut pita serapan yang dimunculkan oleh tiga jenis ekstrak jahe dihasilkan: pita 1 ($3379-3422 \text{ cm}^{-1}$) yang cukup lebar mengindikasikan vibrasi ulur O-H; pita 2,3, dan 4 dengan puncak yang tajam dan berdekatan disekitar 2950 dan 2850 cm^{-1} menandakan vibrasi ulur C-H pada metil dan metilena; dan pita 5 dan 6 ($1708-1738 \text{ cm}^{-1}$) ditetapkan sebagai vibrasi ulur C=O, pita 7 ($1604-1613 \text{ cm}^{-1}$) menandakan vibrasi ulur C=C; pita 12 ($1271-1272 \text{ cm}^{-1}$) sebagai vibrasi tekuk C-O dari minyak atsiri dan sakarida; pita 14 ($1152-1154$), 16 ($1077-1082$), dan 17 ($1035-1039$) ditetapkan sebagai vibrasi tekuk C-C-O atau C-C-OH dari pati. Tabel 2 menunjukkan pita khas dari jahe merah, jahe emprit, dan gajah. Pola spektrum yang identik ini menyebabkan sulit untuk membedakan ketiga jenis jahe dengan hanya menggunakan spektrum FTIR. Oleh karena itu diperlukan bantuan metode kemometrik untuk dapat membedakan ketiganya.



Gambar 1. Spektrum FTIR representatif ekstrak etanol jahe merah (a), jahe emprit (b), dan jahe gajah (c)

Tabel 2. Pita khas dari tiap contoh jahe pada kisaran bilangan gelombang (cm⁻¹) tertentu

Pita	Jahe merah	Jahe emprit	Jahe gajah
1	3401-3422	3379-3420	3405-3415
2	2957-2959	2956-2958	2956
3	2927-2929	2928-2930	2927-2928
4	2856-2857	2856-2857	2855-2856
5	1734-1738	1735	1735
6	1711-1713	1709-1711	1708-1711
7	1604-1607	1604	1603-1613
8	1517	1516-1517	1516-1517
9	1454-1455	1453-1454	1454-1455
11	1377	1377-1378	1377
12	1271-1272	1271-1272	1272
13	1237	1236-1237	1236-1237
14	1153-1154	1152-1154	1154
15	1123-1124	1123-1124	1123-1125
16	1077-1082	1077-1081	1079-1088
17	1036	1036-1039	1035-1036
18	926	924-926	924-925
19	849-850	850-852	849-850
20	816	816	815-816
21	797-798	797-798	797-798
22	726-728	727-728	726-728
23	627-629	626-628	627-630
24	559	558-559	559

Identifikasi dan Autentikasi Jahe Merah

Membedakan ketiga jenis jahe menjadi penting untuk dilakukan dalam rangka identifikasi dan autentikasi bahan baku jahe merah sebelum digunakan dalam produk komersialnya. Selama ini proses identifikasi dan autentikasi umumnya menggunakan analisis mikroskopik dan makroskopik yang terkadang tidak terlalu akurat. Saat ini, kombinasi spektrum sidik jari FTIR dan kemometrik menjadi pilihan yang atraktif untuk tujuan di atas. Kombinasi ini telah banyak digunakan dalam identifikasi dan autentikasi tumbuhan obat untuk tujuan klasifikasi asal geografis, deteksi bahan pemalsu dan membedakan tumbuhan yang berkerabat dekat. Dalam penelitian ini digunakan analisis komponen utama dan analisis diskriminan untuk identifikasi dan autentikasi jahe merah dari jahe emprit dan jahe gajah.

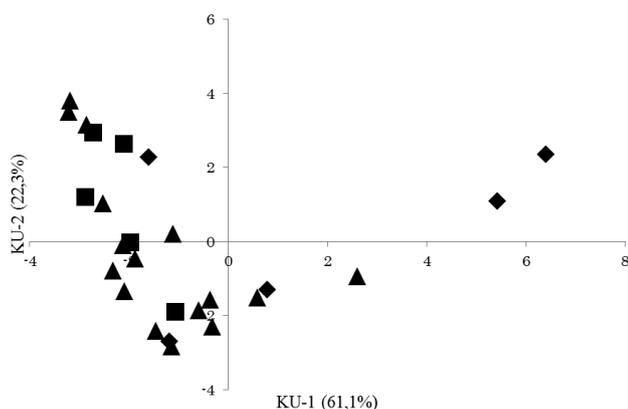
Sebelum digunakan dalam pembuatan model diskriminasi dengan tujuan dapat melakukan identifikasi dan autentikasi jahe merah, seluruh spektrum ekstrak jahe diberi proses pendahuluan seperti normalisasi dan koreksi garis dasar yang dimaksudkan untuk menghindari masalah akibat geseran garis dasar dan untuk meningkatkan resolusi spektrum yang berimpitan (perbaikan informasi data). Adanya proses pendahuluan akan menyebabkan karakter khas dari spektrum menjadi lebih terkuantisasi sehingga faktor-faktor penciri menjadi semakin spesifik.

Analisis Komponen Utama

AKU merupakan suatu metode yang sering digunakan dalam pembuatan model diskriminasi tumbuhan yang

berkerabat dekat yang termasuk ke dalam teknik pengenalan pola tak terawasi. AKU dipakai dalam rangka mereduksi data dan mengekstrak informasi untuk menemukan kombinasi variabel atau faktor yang dapat menjelaskan kecenderungan mayor dalam suatu set data (Gad dkk., 2012). Pengelompokan jahe menggunakan AKU ditunjukkan dengan plot nilai komponen utama (KU) dua dimensinya. Plot ini memberikan informasi mengenai pola yang terdapat pada contoh. Plot untuk dua nilai KU awal biasanya paling berguna dalam analisis karena kedua KU ini mengandung paling banyak variasi dalam data. Semakin dekat sampel dengan sampel lain maka akan semakin besar kemiripan di antara sampel-sampel tersebut.

Gambar 2 menunjukkan bahwa plot KU dua KU awal mampu menjelaskan 83,4% dari total varians (KU-1 = 61,1%, KU-2 = 22,3%). Pola pengelompokan contoh menggunakan AKU belum dapat membedakan ketiga jenis jahe. Berdasarkan hasil ini juga menandakan bahwa ketiga jenis contoh memiliki karakteristik kimia yang sangat mirip satu sama lainnya.



Gambar 2. Plot PCA (▲ jahe merah, (◆) jahe emprit, (■) jahe gajah

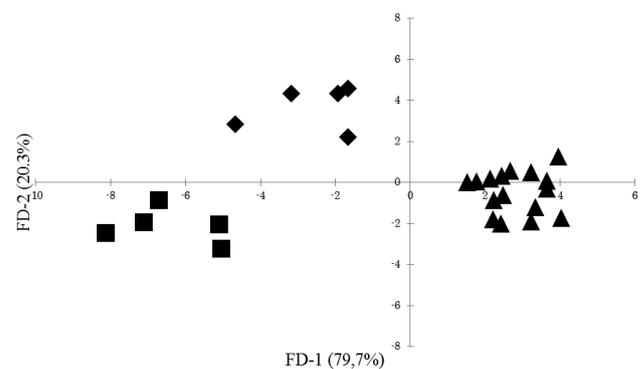
Analisis Diskriminan

AD merupakan salah satu metode kemometrik yang juga banyak digunakan dalam membedakan tumbuhan yang berkerabat dekat. Metode ini akan membuat suatu fungsi diskriminan (FD) untuk tiap grup dengan mencari kombinasi linear dari data yang akan memberikan pemisahan dari dua atau lebih grup observasi (Gad dkk., 2012).

Dalam penelitian ini digunakan nilai KU yang diperoleh dari AKU untuk membangun model prediksi dalam melakukan identifikasi dan autentikasi jahe merah. Hal ini dilakukan karena karakteristik spektrum FTIR setiap sampel memiliki korelasi yang sangat tinggi. Penentuan banyaknya komponen utama yang akan digunakan dalam analisis selanjutnya berdasarkan pada persentase kumulatif proporsi keragaman total yang mampu dijelaskan. Saat menggunakan dua nilai KU awal dalam analisis diskriminan, ketiga jenis

jahe masih belum dapat terbedakan juga. Oleh karena itu untuk menghasilkan model prediksi dengan keakuratan yang baik maka dilakukan pemilihan jumlah KU yang akan dipakai pada analisis diskriminan yang dilakukan.

AD terhadap 11 KU awal yang menerangkan keragaman data sebesar 99,9% menghasilkan dua nilai FD awal dengan keragaman untuk FD-1 79,7% dan FD-2 20,3%. Berdasarkan hasil AD, semua contoh terpisah ke dalam grupnya masing-masing (Gambar 3) yang menandakan fungsi diskriminan yang diperoleh mampu membedakan ketiga jenis jahe tersebut. Evaluasi kemampuan prediksi dari model yang dihasilkan dilakukan dengan validasi silang. Dari hasil validasi silang, 100% sampel teridentifikasi sesuai dengan jenisnya.



Gambar 3. Plot FD (▲) jahe merah, (◆) jahe emprit, (■) jahe gajah

KESIMPULAN

Kombinasi spektrum FTIR dengan analisis diskriminan telah dikembangkan untuk identifikasi dan autentikasi jahe merah dari dua jenis jahe lainnya yaitu jahe emprit dan jahe gajah. Metode yang dikembangkan terbukti efisien dan dapat digunakan untuk proses identifikasi dan autentikasi jahe merah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Sesuai Prioritas Nasional Batch II Tahun 2009.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM). (2005) Monografi Ekstrak Tumbuhan Obat Indonesia Vol 1. BPOM-RI, Jakarta.

- Bunaciu, A.A., Aboul-Enein, H.Y. dan Fleschin, S. (2011). Recent applications of fourier transform infrared spectrophotometry in herbal medicines analysis. *Applied Spectroscopy Reviews* **46**: 251-260.
- De Luca, M., Terouzi, W., Kzaiber, F., Ioele, G., Oussama, A. dan Ragno, G. (2012). Classification of moroccan olive cultivars by linear discriminant analysis applied to ATR–FTIR spectra of endocarps. *International Journal of Food Science and Technology* **47**: 1286-1292.
- Gad, H.A., El-Ahmady, S.H., Abou-Shoer, M.I. dan Al-Azizi, M.M. (2012). Application of chemometrics in authentication of herbal medicines: A review. *Phytochemical Analysis* **24**: 1-24.
- Kokalj, M., Kolar, J., Trafela, T. dan Kreft, S. (2011). Differences among *Epilobium* and *Hypericum* species revealed by four IR spectroscopy modes: transmission, KBr tablet, diffuse reflectance and ATR. *Phytochemical Analysis* **22**: 541-546.
- Li, S., Han, Q., Qiao, C., Song, J., Cheng, C.L. dan Xu, H. (2008). Chemical markers for the quality control of herbal medicines: an overview. *Chinese Medicine* **3**: 7-22.
- Li, Y.Q., Kong, D.X. dan Wu, H. (2013). Analysis and evaluation of essential oil components of cinnamon barks using GC-MS and FTIR spectroscopy. *Industrial Crops and Products* **41**: 269-278.
- Mok, D.K.W. dan Chau, F.T. (2006). Chemical information of Chinese medicine: a challenge to chemist. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* **82**: 210-217.
- Rohman, A., Che Man, Y.B. dan Riyanto, S. (2011). Authentication analysis of red fruit (*Pandanus Conoideus* Lam) oil using FTIR spectroscopy in combination with chemometrics. *Phytochemical Analysis* **22**: 462-467.
- Santoso, H.B. (1992). *Jahe*. Kanisius, Yogyakarta.
- Sun, S., Chen, J., Zhou, Q., Lu, G. dan Chan, K. (2010). Application of mid-infrared spectroscopy in the quality control of traditional Chinese medicines. *Planta Medica* **76**: 1987-1996.
- Wu, S., Shou, J., Yu, P. dan Cheng, C. (2012). Application of FT-IR spectroscopy coupled with chemometrics for authentication of *Taxus chinensis* (Pilger) Rehd. *Journal of Chinese Medicine Research and Development* **1**: 61-69.
- Zou, H.B., Yang, G.S., Qin, Z.R., Jiang, W.Q., Du, A.Q. dan Aboul-Enein, H.Y. (2005). Progress in quality control of herbal medicine with IR fingerprint spectra. *Analytical Letters* **38**: 1457-1475.