

Pengembangan Metode Klasifikasi Biji Kopi Sangrai Arabika Gayo dan Robusta Gayo dengan Metode PCA (*Principal Component Analysis*) Berdasarkan Pengolahannya

(*Development of Classification Methods for Gayo Roasted Arabica Coffee and Gayo Robusta by PCA Method (Principal Component Analysis)*).

Cut Faradilla Zha Zha Maura, Rahmat Fadhil¹, Zulfahrizal^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: zulfahrizal@unsyiah.ac.id

Abstrak. Tanaman kopi merupakan suatu tanaman yang dapat meningkatkan sumber devisa negara lewat ekspor biji mentah maupun olahan dari biji kopi. Pengolahan kopi yang berbeda maka akan menghasilkan mutu kopi yang berbeda juga, semakin bagus prosesnya maka akan semakin tinggi mutu dan harga dari kopi. Pendeteksian perbedaan proses pengolahannya yang cepat dan efisien dapat diwujudkan dengan teknologi *Near Infrared Reflectance Spectroscopy* (NIRS). Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk membangun metode klasifikasi kopi arabika dan robusta Gayo menggunakan pengolahan *full wash* dan *semi wash* dalam bentuk biji kopi yang telah disangrai. Kopi disangrai pada tingkat medium (200-205°C) dalam waktu 16 menit. Akuisisi spektrum kopi menggunakan *Self developed FT-IR IPTEK T-1516*. Selanjutnya data spektrum diolah menggunakan *unscrambler software® X version 10.1* dengan metode PCA (*Principal Component Analysis*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa NIRS dengan metode PCA mampu mengklasifikasikan biji kopi sangrai berdasarkan pengolahannya yaitu *Semi wash* dan *Full wash*. Melalui studi ini ditemukan juga selang panjang gelombang yang dapat mengidentifikasi kualitas kopi sehingga dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya dalam pengembangan model identifikasi kualitas kopi.

Kata Kunci : *Near Infrared Reflectance Spectroscopy*(NIRS), Biji Kopi Sangrai, *Semi Wash* dan *Full Wash*.

Abstract. Coffee crop is a plant that can increase the country's foreign exchange source through the export of raw beans and processed coffee beans. Different coffee processing will produce different coffee quality as well, the better the process then the quality and price of the coffee is more higher. Therefore, alternative rapid and efficiently method is needed to detect differences in the processing of coffee. Near Infrared Spectroscopy (NIRS) can be considered to be used due to its advantages. The main objective of this study is to build classification method of Gayo Arabica and Robusta coffee using fullwash and semiwash processing in form of roasted. Coffee is roasted at a medium level (200-205°C) within 16 minutes. Acquisition of the coffee spectrum using Self-developed FT-IR IPTEK T-1516. Furthermore, the spectrum data is processed using unscrambler software ® X version 10.1 with the PCA (Principal Component Analysis) method. The results showed that NIRS with the PCA method was able to classify roasted coffee beans based on its processing, namely Semi wash and Full wash. Through this study, it was also found that wavelength intervals can identify coffee quality so that it can be used for further research in developing coffee quality identification models.

Keywords : *Near Infrared Reflectance Spectroscopy* (NIRS), *Roasted Coffee Beans*, *Semi Wash* and *Full Wash*.

PENDAHULUAN

Kopi merupakan tanaman perkebunan yang sudah lama menjadi tanaman yang dibudidayakan. Tanaman kopi telah menjadi sumber penghasilan rakyat dan juga meningkatkan sumber devisa negara lewat ekspor biji mentah maupun olahan dari biji kopi. Kopi dengan pengolahan yang berbeda maka akan menghasilkan mutu kopi yang berbeda juga, semakin bagus prosesnya maka akan semakin tinggi mutu dan harga dari kopi. Seperti

halnya pengolahan *full wash* dan *semi wash* dimana rangkaian pengolahannya hampir sama, hanya saja pengolahan *full wash* lebih intensif dan membutuhkan jangka waktu yang lebih lama adalah hal yang sulit untuk membedakan kopi *semi wash* dengan *full wash* terlebih lagi jika sudah disangrai. Oleh karena itu, perlu adanya metode untuk mendeteksi perbedaan kopi yang lebih cepat, ekonomis, mudah serta memiliki hasil yang akurat.

NIR-spectroscopys dapat menjadi alternatif untuk mendeteksi bahan pangan. Adapun keunggulan dari NIRS ini yaitu persiapan sampel yang sederhana, cepat, dan ramah lingkungan karena tidak ada bahan kimia yang digunakan. Lebih penting lagi, ia memiliki kemampuan potensial untuk menentukan beberapa parameter kualitas secara bersamaan. Melihat potensi penggunaan metode NIRS, terdapat kemungkinan untuk menggunakannya dalam penentuan pengolahan biji kopi.

Sebagaimana penelitian NIRS terkait kopi telah dilakukan oleh Eny Supriyanti (2018) yang menghasilkan informasi PC1 sebesar 97% dan PC2 sebesar 2% dalam membedakan bubuk kopi arabika Gayo wine dan arabika Gayo biasa serta hasil klasifikasinya belum mencapai 100%. Hairatun (2017) juga menyatakan PCA mampu mengklasifikasikan bubuk kopi arabika dan robusta dengan tingkat keberhasilan 100%. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk membangun metode klasifikasi kopi arabika dan robusta Gayo menggunakan pengolahan *full wash* dan *semi wash* dalam bentuk biji kopi yang telah disangrai.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Self developed* FT-IR IPTEK T-1516, botol plastik, sendok dan *Unscrambler* software ® X version 10.1. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini dua jenis biji kopi yang telah disangrai pada tingkat medium (200- 205°C) dalam jangka waktu 16 menit yaitu biji kopi arabika dan biji kopi robusta yang menggunakan pengolahan *full wash* dan pengolahan *semi wash*.

Metode Pelaksanaan

Pada penelitian ini masing-masing kopi diolah dengan pengolahan *full wash* dan *semi wash*. Kemudian dilakukan sortasi yang berfungsi untuk memisahkan biji kopi dengan kotoran. Bahan tersebut di dapatkan dalam keadaan sudah jadi di *PT Ihtiyeri Keti Ara, Takengon*. Selanjutnya masing-masing kopi tersebut dilakukan penyangraian. Lalu dimasukkan ke dalam botol plastik yaitu kopi sangrai arabika dengan pengolahan *semi wash* dan *full wash* serta kopi sangrai robusta dengan pengolahan *semi wash* dan *full wash*. Masing-masing kopi dibuat 10 sampel, sehingga jumlah sampel seluruhnya ada 40 sampel.

Spektrum NIRS untuk kopi didapatkan menggunakan *Self developed* FT-IR IPTEK T-1516. Menurut Zulfahrizal (2017), instrument ini meradiasikan gelombang cahaya pada kisaran panjang gelombang antara 1000 - 2500 nm. dan dikontrol oleh perangkat lunak *ThermoIntegration* ®. Spektrum NIRS untuk sampel akan didapatkan menggunakan *self developed* FT-IRIPTEK T-1516, dengan konfigurasi alur kerja alat (*workflow*) yang dibangun dengan menggunakan perangkat lunak terintegrasi *Thermo Integration* ®. *Workflow* dibuat untuk mengatur alat agar bekerja untuk mengakuisisi spektrum *diffuse*

reflectance sampel, lalu baru dirata-ratakan hasilnya dan disimpan hasil pemindaianya dalam bentuk dua file yaitu *.SPA. dan *.CSV.

HASIL DAN PEMBAHASAN

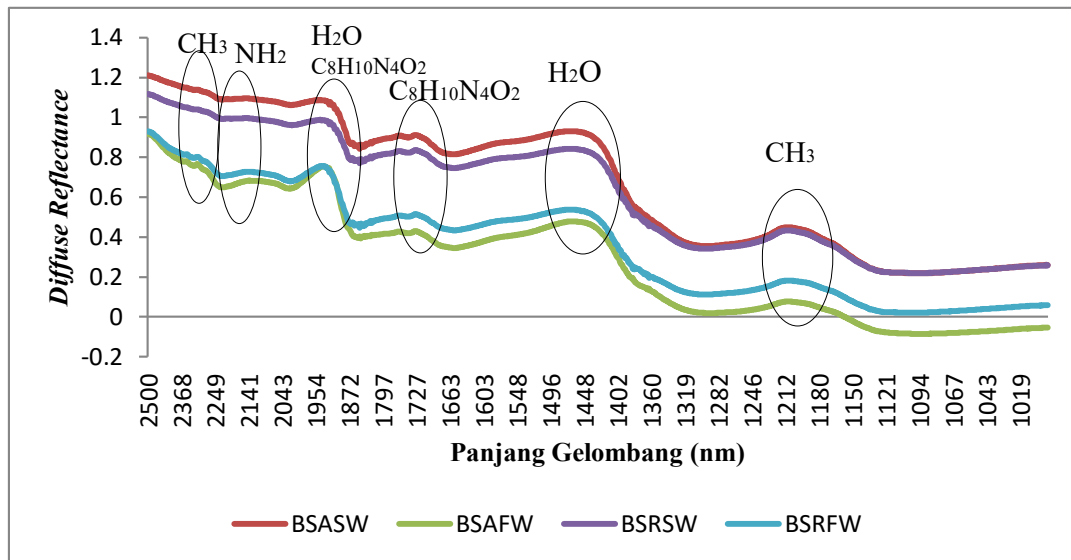
Spektrum NIRS

Akuisisi spektrum dilakukan dengan menggunakan alat NIRS dengan panjang gelombang 4000-10000 cm^{-1} atau 1000-2500 nm. Dimana pada spektrum awal (*raw*) kopi sangrai memperlihatkan spektrum yang lebar dengan beberapa puncak dan lembah spektrum. Puncak dan lembah spektrum NIR sangat dipengaruhi oleh komponen-komponen kimia yang ada di dalam bahan yang dianalisis. Spektrum awal rata-rata biji kopi sangrai dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1 puncak gelombang penyerapan terlihat sebanyak enam buah. Puncak gelombang pertama terjadi pada panjang gelombang 2309-2363 nm menunjukkan keberadaan senyawa kimia CH_3 dimana senyawa tersebut diduga merupakan senyawa kandungan lemak. Panjang gelombang yang menunjukkan keberadaan kandungan lemak pada penelitian ini serupa dengan keterangan Cen dan He (2007) bahwa pada kisaran panjang gelombang antara 2300-2400 nm disinyalir memberikan informasi adanya ikatan CH_3 . Puncak gelombang kedua terjadi pada panjang gelombang 2139-2241 nm yang menunjukkan adanya ikatan kimia NH_2 yang mana senyawa tersebut diduga adalah kandungan asam amino. Seperti hasil penelitian Hairatun (2017) bahwa kandungan asam amino berada pada panjang gelombang 2044-2223 nm.

Puncak gelombang ketiga terjadi pada panjang gelombang 1910-1939 nm. Panjang gelombang tersebut menunjukkan keberadaan kandungan kadar air dan kafein. Hal ini persis seperti yang dikemukakan oleh Ramadhan (2016) bahwa kadar air pada biji kopi terlihat pada puncak dengan panjang gelombang 1420 – 1470 nm dan 1910 – 1970 nm. Sementara menurut Ribeiro et al. (2011) bahwa kadar air dan kafein berada pada panjang gelombang 1934. Puncak gelombang keempat terjadi pada panjang gelombang 1709-1780 nm yang diduga menunjukkan keberadaan kandungan kafein. Seperti pernyataan Ribeiro et al. (2011) bahwa kafein berada pada panjang gelombang 1128 nm, 1298 nm, 1672 nm, 1726 nm dan 1934 nm.

Puncak gelombang kelima terjadi pada panjang gelombang dengan kisaran 1427-1476 nm dimana pada panjang gelombang tersebut menunjukkan keberadaan kandungan kadar air sama seperti puncak ketiga. Selanjutnya puncak keenam terdapat pada panjang gelombang 1191- 1225 nm yang diduga menunjukkan kandungan lemak juga, sama halnya seperti puncak gelombang pertama. Hasil serupa juga dibuktikan pada penelitian Hairatun (2017) pada panjang gelombang 1185-1230 nm merupakan kandungan lemak.

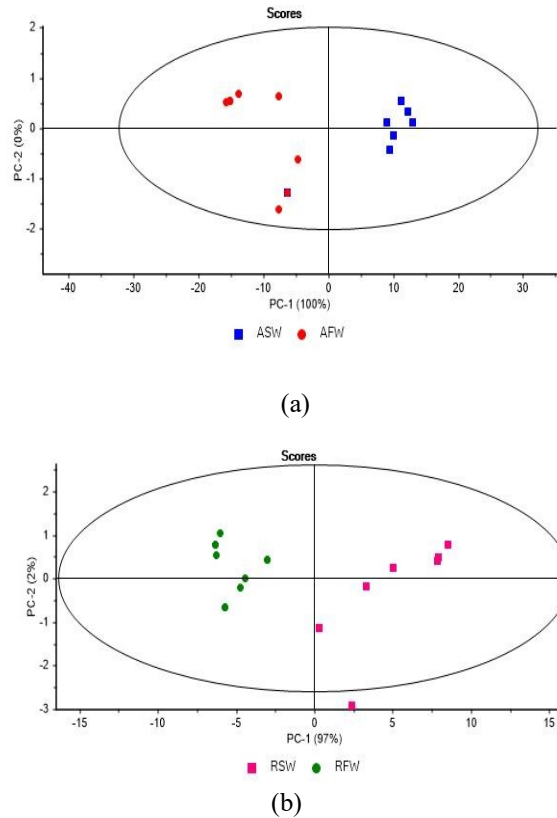


Gambar 1. Spektrum Awal Rata-Rata Biji Kopi Sangrai (*Raw spectrum*)

Secara umum spektrum pada masing-masing biji kopi sangrai tidak terlalu berbeda meskipun berbeda jenis kopi atau berbeda proses pengolahannya. Namun jika ditinjau lebih lanjut spektrum dengan jenis kopi arabika dan robusta hampir berhimpitan, ini artinya perbedaan komposisi kandungan kimia antara keduanya tidak terlalu signifikan. Hal tersebut dapat dilihat dari bentuk karakteristik spektrum yang sama dan hampir serupa. Hanya saja spektrum biji kopi sangrai pada pengolahan *semi wash* dengan pengolahan *full wash* itu terlihat berjarak, yang menandakan adanya perubahan komposisi kimia akibat proses pengolahan yang berbeda. Hal demikian ternyata sama dengan pernyataan Cortez and Menezes (2000), Mulato dan Yusianto (2006), Najiyati dan Danarti (2006) bahwa penerapan teknologi dengan berbagai macam pengolahan seperti pengolahan basah yang dilakukan pada pasca panen kopi adalah salah satu upaya untuk meningkatkan mutu kopi. Buah kopi akan melalui proses fermentasi yang akan merubah kandungan kimia pada kopi dan dipercaya dapat meningkatkan cita rasa.

Analisa Data *Outlier*

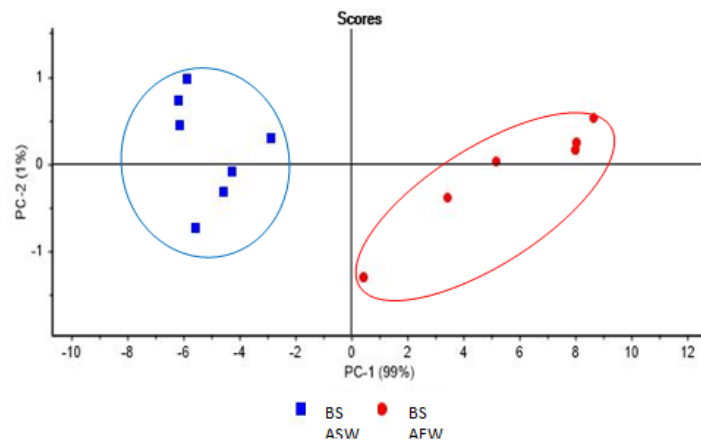
Analisa data *outlier* adalah mendeteksi keberadaan data *outliers* dengan menggunakan metode PCA (*Principal Component Analysis*) yang dikombinasikan dengan *Hotelling T² ellipse* yang akan membuat data lebih sempurna. Data yang berada diluar garis *ellipse* seperti yang terlihat pada Gambar 2, pada data biji kopi arabika *semi wash* dan *full wash* (Gambar 2a) tidak terdapat data yang diluar garis *ellipse*. Sementara data biji kopi robusta *semi wash* dan *full wash* (Gambar 2b) adalah data pencilan, dimana data tersebut merupakan data pengganggu data yang lain sehingga saat data diluar garis *ellipse* tersebut dihapus (*remove*) maka data yang lain tidak ikut keluar dari garis *ellipse*, maka jumlah sampel yang digunakan menjadi 19 sampel..



Gambar 2. (a) Analisa Data *Outlier* pada Biji Kopi Sangrai Arabika *Semi* dan *Full Wash*
 (b) Analisa Data *Outlier* pada Kopi Sangrai Robusta *Semi* dan *Full Wash*

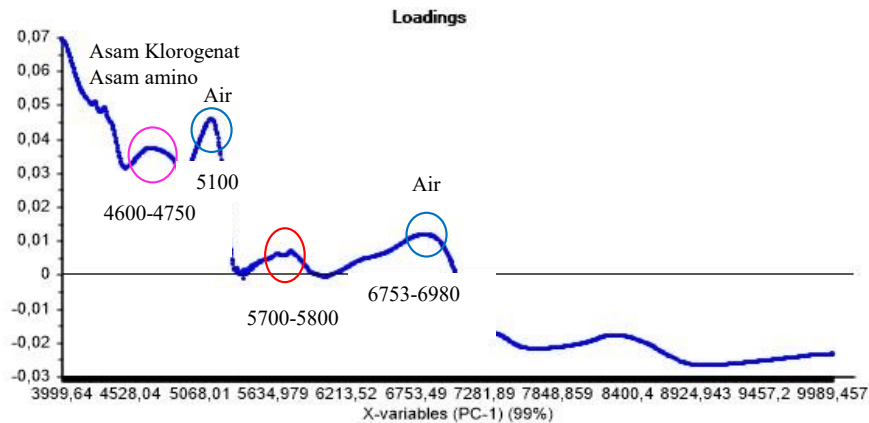
Klasifikasi Biji Kopi Arabika *Semi Wash* dengan *Full Wash* Metode PCA (*Principal Component Analysis*)

Metode klasifikasi ini dilakukan dengan cara menggolongkan data seperti pada Gambar 3. Pengklasifikasian menghasilkan total data (PC1 dan PC2) adalah sebesar 100%. Data ini terpisah dalam dua kluster besar dengan baik.



Gambar 3. Klasifikasi BSASW dengan BSAFW

Selanjutnya untuk melihat puncak-puncak yang relevan sebagai zat pembeda pada biji kopi sangrai keduanya maka dilakukan analisa *loading plot*. Dari analisa loading plot didapat kandungan zat pembeda biji kopi sangrai arabika berdasarkan pengolahannya dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. *Loading Plot* Kopi Sangrai Arabika (BSASW) dan Biji Kopi Sangrai Arabika (BSAFW)

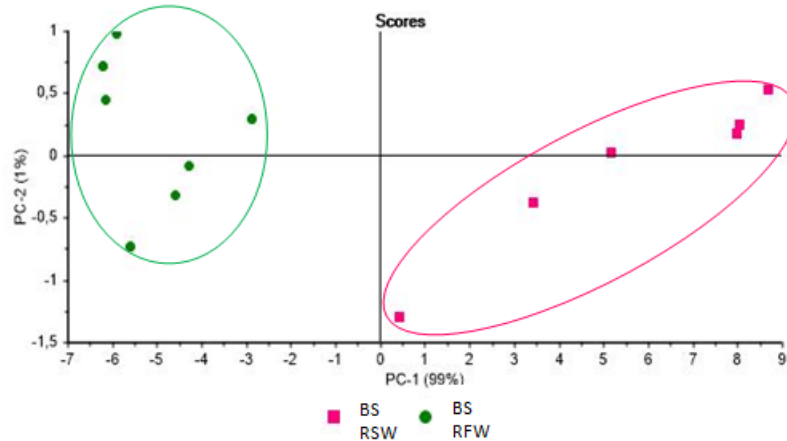
Analisa *loading plot* terlihat ada beberapa puncak dominan diantaranya yaitu puncak pertama pada panjang gelombang kisaran 4600 cm^{-1} - 4780 cm^{-1} (2092 nm - 2173 nm) dimana pada puncak tersebut menunjukkan keberadaan senyawa kimia $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{O}_9$ dan NH_2 yang diduga sebagai kandungan asam klorogenat dan asam amino. Puncak kedua pada panjang gelombang 5698 cm^{-1} - 5800 cm^{-1} (1724 nm - 1756 nm) dimana pada puncak tersebut menunjukkan keberadaan senyawa kimia $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$ yang diduga sebagai kandungan kafein. Puncak ketiga pada panjang gelombang 6753 cm^{-1} - 6980 cm^{-1} (1432 nm - 1480 nm) dimana pada puncak tersebut menunjukkan keberadaan senyawa kimia H_2O yang diduga sebagai kadar air.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa asam klorogenat, asam amino dan kafein menjadi kandungan zat pembeda antara biji sangrai arabika *semi wash* dengan *full wash*. Hal demikian sesuai dengan pendapat Farah *et al.* (2006); Bytof *et al.* (2007); Taba (2012) bahwa biji kopi yang dilakukan dengan pengolahan secara basah mengandung asam, lemak, dan abu yang lebih tinggi, serta mengandung protein dan kafein yang lebih sedikit dibanding yang diolah secara semi basah. Kandungan asam amino terdapat lebih tinggi pada biji kopi yang dilakukan dengan pengolahan secara basah. Menurut Martins *et al.* (2001), Pimenta *et al.* (2009) dan Wang (2012) pada saat proses penyangraian jika semakin banyak senyawa asam amino yang bereaksi dengan gula reduksi pada reaksi Maillard, maka akan semakin banyak pula citarasa maupun aroma yang terbentuk. Puncak dominan juga terjadi pada panjang gelombang yang menunjukkan kandungan kadar air. Tetapi kadar air tidak bisa dijadikan sebagai zat pembeda pada kedua jenis kopi tersebut dikarenakan kadar air sifatnya tidak melekat pada bahan, sehingga mudah berubah.

Klasifikasi Biji Kopi Robusta *Semi Wash* dengan *Full Wash* Metode PCA (*Principal Component Analysis*)

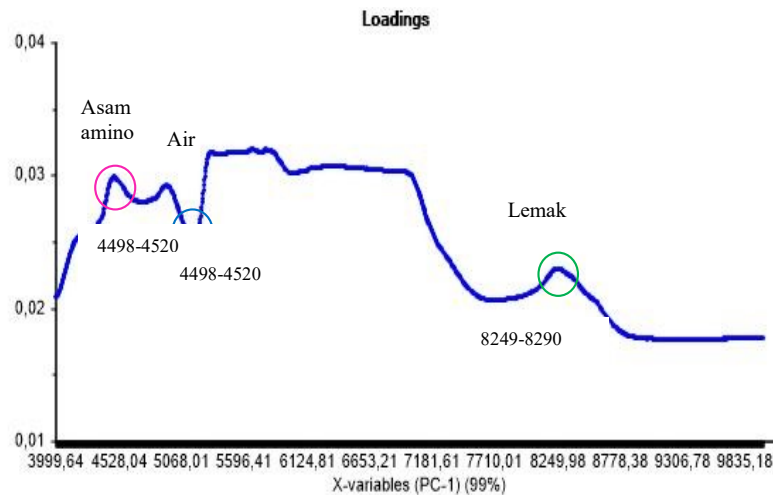
Hasil analisis PCA tanpa *pretreatment* pada varietas Arabika menghasilkan total data *principal component 1* dan *principal component 2* (PC-1 dan PC-2) sebesar 100%. Data ini

terklasifikasi secara baik dimana tidak ada data yang menyebar atau tercampur dengan data yang lainnya. Dari hasil analisa klasifikasi ini PCA telah mampu mengelompokkan dengan baik (Gambar 5).



Gambar 5. (a) Klasifikasi BSRWSW dengan BSRFW

Tahap berikutnya melakukan analisa *loading plot* untuk melihat puncak-puncak dominan sebagai kandungan zat pembeda pada kopi robusta berdasarkan pengolahannya. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6. *Loading Plot* Kopi Sangrai Robusta (BSRSW) dengan Biji Kopi Sangrai Robusta (BSRFW)

Analisa *loading plot* terdapat tiga puncak, yaitu puncak pertama pada panjang gelombang kisaran 4498 - 4520 cm^{-1} (2212 nm - 2223 nm) dimana pada puncak tersebut menunjukkan keberadaan senyawa kimia NH_2 , senyawa tersebut diduga sebagai kandungan asam amino. . Puncak kedua pada panjang gelombang kisaran 5100 cm^{-1} - 5210 cm^{-1} (1919 nm - 1960 nm) dimana pada puncak tersebut menunjukkan keberadaan senyawa kimia H_2O , senyawa tersebut diduga sebagai kadar air. Puncak ketiga pada panjang gelombang kisaran 8249 cm^{-1} - 8290 cm^{-1} (1206 nm - 1212 nm) dimana pada puncak tersebut menunjukkan

keberadaan senyawa kimia CH_3 , senyawa tersebut diduga sebagai kandungan lemak. oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa letak pembeda antara keduanya yaitu kandungan asam amino dan lemak. Sementara kadar air tidak bisa dijadikan acuan zat pembeda.

Proses pengolahan secara *full wash* sangat mempengaruhi perubahan kandungan kimia pada kopi, dimana pengolahan *full wash* proses fermentasinya diatas 12 jam. Proses fermentasi dapat mengurangi kadar kafein dan meningkatkan kadar asam pada kopi. Seperti pendapat Todar (2010), semakin lama waktu fermentasi maka semakin sedikit konsentrasi kafein dalam kopi. Hal ini dikarenakan pada proses fermentasi terjadi degradasi kafein menjadi uric acid, 7-methylxanthine, dan xanthine. Lebih lanjut, penelitian Yamaoka dan Mazzafera (1999) mengemukakan bahwa pada proses degradasi kafein menjadi uric acid mulai terbentuk pada waktu 12 jam fermentasi. Demikian juga menurut Gokulakrishnan *et al.* (2005) proses degradasi kafein menjadi uric acid mulai terbentuk pada waktu fermentasi 12 - 36 jam. Sementara Avallone *et al.* (2002), mengatakan bahwa fermentasi merupakan peristiwa kimiawi yang sangat berguna dalam pembentukan citarasa biji kopi, yaitu asam organik, asam amino, dan gula.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Spektrum NIRS biji kopi sangrai menunjukkan keberadaan kandungan lemak pada panjang gelombang 2309-2363 nm dan 1191- 1225 nm. Kandungan asam amino pada panjang gelombang 2139-2241 nm. Kandungan kadar air pada panjang gelombang 1427-1476 nm dan 1910-1939 nm. Kandungan kafein pada panjang gelombang 1709-1780 nm dan 1934 nm.
2. NIRS dengan metode PCA mampu mengklasifikasikan biji kopi sangrai berdasarkan proses pengolahannya.
3. NIRS dengan metode PCA mampu mendeteksi kafein, asam amino dan asam klorogenat sebagai zat dominan pembeda pada kopi sangrai arabika. Sementara pada kopi robusta, asam amino dan lemak yang menjadi zat dominan pembeda berdasarkan pengolahannya.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat dikemukakan untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan *projection* pada kopi-kopi yang ada dipasaran dengan model klasifikasi yang sudah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Avallone, Guyot, Brillouet, Olguin, & Guiraud. 2002. Microbiological and Biochemical Study of Coffea Fermentation. *Journal of Current Microbiology*. 42 (4): 252-6.
- Bytof, G., S.E. Knopp, D. Kramer, B. Breitenstein, J.H.W Bergervoet, S.P.C Groot, and D. Selmar. 2007. Transient occurrence of seed germination process during coffee postharvest treatment. *Annals of Botany*, 100, 61-66.
- Cen H and Y. He. 2007. *Theory and Application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy in Determination of Food Quality*. *Jurnal Trends in Food Science & Technology*. 18: 72-83.
- Cortez, J.G. and H.C. Menezes. 2000. Recent Developments in Brazilian Coffee Quality: New Processing Systems. Beverage Characteristics and Consumer Preferences. Dalam T.Sera, C.R. Soccol, A. Pandey and S. Roussos. (ED). *Coffee Biotechnology and Quality*. Proceedings of The 3rd International Seminar on Biotechnology in The Coffee AgroIndustry. Londrina, Brazil.
- Farah, A., M.C. Monteiro, F. Calado, A.S. Franca and L.C. Trugo. 2006. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*, 98, 373-380.
- Gokulakrishnan, Chandraraj, Gummadi, & Sathyanarayana. 2005. Microbial and Enzymatic Methods for the Removal of Caffeine. *Journal of Enzyme and Microbial Technology*. 37(2): 225-232.
- Hairatun., A.A. Munawar dan Zulfahrizal. 2017. Akuisisi Spektrum Near Infrared Reflectance Pada Bubuk Kopi Arabika (Kenary Coffee) dan Bubuk Kopi Robusta (Kopi Ulee Kareng). *Jurnal Ilmiah*. 2(1): 331-337.
- Martins, S.I.F.S., Jongen, W.M.F., & Van Boekel, M.A.J.S. (2001). A review of maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 364-373.
- Mulato dan Yusianto. 2006. Pengolahan dan Komposisi Kimia Biji Kopi: Pengaruhnya terhadap Cita Rasa Seduhan. Materi Pelatihan Uji Cita Rasa Kopi. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember.
- Najiyati, S dan Danarti. 2006. Kopi Budidaya dan Penanganan Lepas Panen. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Pimenta, T.V., Pereira, R.G.F. Correa, J.L.G., & Silva, J.R. 2009. Roasting processing of dry coffee cherry: Influence of grain shape and temperature on physical chemical and sensorial grain properties. *B.CEPPA Curitiba*, 27(1), 97-106.
- Ramadhan S., A.A. Munawar. Dan D. Nurba. 2016. Aplikasi NIRS dan *Principal Component Analysis* (PCA) Untuk Mendeteksi Daerah Asal Biji Kopi Arabika (*Coffea Arabica*). *Jurnal Ilmiah*. 1(1) :954-960.
- Ribeiro, JS., MMC. Ferreira, TJG. Salva. 2011. Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabika coffee beverage using near infrared spectroscopy. *Talanta*. 83: 1352-1358.
- Supriyanti, E. 2018. Penggunaan Teknologi UV-Vis Spectroscopy Untuk Membedakan Jenis Kopi Bubuk Arabika Gayo Wine dan Kopi Bubuk Arabika Gayo Biasa. Skripsi. Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Lampung.



- Taba, J. 2012. Coffee taste analysis of an espresso coffee using nuclear magnetic spectroscopy (Bachelor Thesis Central Ostrobothnia University of Applied Sciences, Eindhoven, Holland).
- Todar, K. 2010. Nutrition and Growth of Bacteria. Departement of Bacteriology. University of Wisconsin. http://textbookofbacteriology.net/nutgro_2.html. [15 Agustus 2019].
- Wang, N. 2012. Physicochemical changes of coffee beans during roasting (Master of Science Thesis, University of Guelph, Ontario, Canada).
- Yamaoka Y. D. M. & Mazzafera, P. 1999. Catabolism of Caffeine and Purification of a Xanthine Oxidase Responsible for Methyluric Acids Productions in *Pseudomonas Putida* L. *Revista de Microbiologia*. 30(1): 62-70.
- Zulfahrizal, A.A. Munawar, dan H. Meilina. 2017. Rancang Bangun Alat Sensor Portable Berbasis Pengembangan Aplikasi Teknologi Near Infrared Sebagai Metode Baru yang Rapid dan Non-Destructive untuk prediksi Kualitas Kakao. Dalam Suhendrayatna, H. Meilina, Zulfahrizal, Sugianto, T. Rikhayat, Jamil, M. Makky dan A. G. Haji (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Pasca Sarjana Universitas Syiah Kuala*. A32-A37.