Pengembangan Metode Klasifikasi Biji Kopi Beras Arabika Gayo dan Robusta Gayo dengan Metode PCA (*Principal Component Analysis*) Berdsarkan Pengolahannya
Development of Gayo Arabica and Robusta Gayo Arabica Coffee Bean Classification Methods with PCA(Principal Component Analysis) Method Based on Processing

Ilka Agusti Febriyansyah¹, Rahmat Fadhil¹, Zulfahrizal^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: zulfahrizal@unsyiah.ac.id

Abstrak. Kopi merupakan salah satu tanaman yang telah banyak dibudidayakan karena memiliki manfaat dan memiliki nilai jual yang cukup tinggi. Pengolahan kopi secara basah dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara basah (*full wash*) dan semi basah (*semi wash*). Secara visual sulit mengidentifikasi perbedaan dari biji kopi beras robusta proses basah (*full wash*) dengan kopi semi basah (*semi wash*). Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk membangun metode klasifikasi kopi Arabika Gayo dan Robusta Gayo dalam bentuk biji kopi beras menggunakan pengolahan basah (*full wash*) dan pengolahan semi basah (*semi wash*). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini biji kopi beras Arabika dan Robusta dari tanah Gayo. Penelitian ini menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) sebagai metode pengolah data spektrum. Pengukuran spektrum kopi menggunakan *Self developed FT-IR IPTEK T-1516*. Panjang gelombang yang digunakan pada penelitian ini antara 1000-2500 nm dengan interval 0.4 nm. Data spektrum diolah menggunakan *unscrambler software® X version 10.1*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa NIRS dengan metode PCA juga mampu mengklasifikasikan biji kopi beras *full wash* dengan *semi wash* pada biji kopi Arabika dan Robusta dimana zat dominan pembeda adalah asam amino dan lemak.

Kata Kunci : *Near Infrared Reflectance Spectroscopy(NIRS)*, Biji Kopi Beras, pengolahan basah dan pengolahan semi basah

Abstract. Coffee is a plant that has been widely cultivated because it has benefits and has a high selling value. Wet coffee processing can be done in two ways, namely by means of wet (*full wash*) and semi-wet (*semi wash*). It is visually difficult to identify the difference between the wet process robusta coffee beans (*full wash*) and semi-wash coffee. The aim of this research is to develop a method of classifying Arabica Gayo and Robusta Gayo coffee in the form of rice coffee beans using wet wash (*full wash*) and semi wash. The material used in this study was Arabica and Robusta rice coffee beans from Gayo soil. This study uses Principal Component Analysis (PCA) as a method for processing spectrum data. The measurement of coffee spectrum uses Self-developed FT-IR IPTEK T-1516. Wavelengths used in this study are between 1000-2500 nm with 0.4 nm intervals. Spectrum data are processed using *unscrambler software® X version 10.1*. The results showed that NIRS with PCA method was also able to classify full wash coffee beans with semi wash in Arabica and Robusta coffee beans where the dominant differentiating substances were amino acids and fats.

Keywords : *Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS)*, green beans, full wash and semi wash.

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu tanaman yang telah banyak dibudidayakan karena memiliki manfaat dan memiliki nilai jual yang cukup tinggi. Tanaman kopi menjadi tanaman yang dapat menjadi sumber penghasilan bagi petani kopi dan juga menjadi komoditas ekspor unggulan yang dapat meningkatkan devisa negara. Kopi yang diperdagangkan secara luas adalah kopi jenis arabika dan robusta.

Pengolahan kopi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengolahan kopi dengan cara basah dan semi basah, pengolahan basah sering digunakan untuk mengolah jenis kopi walaupun biaya produksi proses basah lebih mahal dari proses semi basah. Alasannya, karena kopi ini dihargai cukup tinggi, sehingga biaya pengolahan yang dikeluarkan masih sebanding dengan harga yang akan diterima. Kemudian kualitas yang dihasilkan dari proses kopi robusta dengan

proses basah (*full wash*) lebih tinggi dibandingkan dengan kopi robusta semi basah (*semi wash*) yang memiliki kualitas lebih rendah. Begitu juga pada kopi jenis Arabika.

Secara visual sulit mengidentifikasi perbedaan dari biji kopi beras robusta proses basah (*full wash*) dengan kopi robusta semi basah (*semi wash*), begitu juga pada kopi jenis arabika, yang umumnya memiliki warna dan bentuk yang relatif sama. Saat ini menentukan kedua jenis kopi tersebut masih menggunakan metode organoleptik. Metode organoleptik memiliki kelemahan yaitu bersifat subyektif karena manusia dipengaruhi kondisi fisik yang berbeda dan keterbatasan akibat beberapa sifat indrawi yang tidak dapat dideskripsikan. Oleh karena itu, perlu adanya metode untuk mendeteksi keaslian kopi yang lebih cepat, ekonomis, mudah serta memiliki hasil yang akurat.

NIR- *spectroscopy* merupakan suatu teknik metode yang menggunakan radiasi sinar *near infrared* dengan tujuan untuk menganalisis komposisi kimia dari bahan organik (Schwanninger *et al.* , 2011). Strang (2014) menyatakan bahwa nirs dikembangkan sebagai salah satu metode *non destruktif* yang dapat menganalisa dengan kecepatan tinggi. Nirs menggunakan panjang gelombang elektromagnetik sebesar 780 nm - 2500 nm. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan NIRS untuk mendeteksi perbedaan kopi secara cepat, ekonomis, mudah serta memiliki hasil yang akurat.

Sebagaimana penelitian El-Abassy (2011), diskriminasi yang jelas dengan menggunakan PCA pada biji kopi hijau arabika dan robusta menunjukkan skor plot untuk dua PC pertama, PC1 dan PC2 yang menghasilkan total variasi spektral sebesar 93%. Hairatun (2017) juga menyatakan PCA mampu mengklasifikasikan bubuk kopi arabika dan bubuk kopi robusta dengan tingkat keberhasilan 100 %. Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun metode klasifikasi kopi Arabika Gayo dan Robusta Gayo dalam bentuk biji kopi beras menggunakan pengolahan basah (*full wash*) dan pengolahan semi basah (*semi wash*).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Self developed* FT-IR IPTEK T-1516, botol plastik, timbangan, sendok dan *Unscrambler* software ® X version 10.5. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah dua jenis biji kopi yaitu biji kopi Arabika dan biji kopi Robusta dengan pengolahan basah (*full wash*) dan pengolahan semi basah (*semi wash*).

Metode Pelaksanaan

Pada penelitian ini kopi beras Arabika Gayo dan Robusta Gayo dipesan dari PT. Ihtiyeri Ketu Ara, Takengon. Pengolahan yang dilakukan yaitu dengan pengolahan basah (*full wash*) dan pengolahan semi basah (*semi wash*). Pada penelitian ini masing-masing jenis kopi dilakukan sortasi yang berfungsi untuk memisahkan kopi beras dengan kotoran. Selanjutnya masing-masing kopi dimasukkan ke dalam botol plastik untuk dijadikan 10 sampel, sehingga jumlah sampel seluruhnya 40 sampel. Sampel yang diambil sebanyak 25 gr per sampel pada masing-masing jenis kopi. Botol plastik ini memiliki berat 15 gr, dengan tinggi 3,5 cm dan diameter 2,7 cm lalu terbuat dari bahan PP (*polypropylene*). Semua sampel kopi kemudian dibawa ke Laboratorium Instrumentasi dan Energi Program Studi Teknik Pertanian Unsyiah untuk dilakukan pengujian.

Alat yang digunakan untuk mendapatkan spektrum NIRS untuk kopi yaitu *Self developed* FT-IR IPTEK T-1516. Menurut Zulfahrizal *et al* (2017) menyatakan alat ini dapat meradiasikan gelombang cahaya pada kisaran panjang gelombang antara 1000 nm sampai 2500

nm dan dikontrol oleh perangkat lunak *thermo operation*®. Spektrum NIRS bisa didapatkan dengan konfigurasi alur kerja alat (*workflow*) yang dibangun dengan menggunakan perangkat lunak terintegrasi *Thermo Operation*®. Pembuatan *Workflow* dilakukan untuk mengatur alat agar bekerja sehingga dapat mengakuisisi spektrum *diffuse reflectance* sampel, lalu meratakan hasilnya, dan menyimpan hasil pemindaian dalam dua bentuk *file* yakni *.SPA dan *.CSV. Adapun selang gelombang yang digunakan pada penelitian ini antara 1000 -2500 nm dengan interval 0.4 nm.

Akuisisi spektrum kopi dilakukan dalam bentuk tumpukan. Data absorban diperoleh dengan cara mentransformasikan nilai reflektan/pantulan ke dalam bentuk Log (1/R). Kemudian dilakukan pemeriksaan data outlier untuk mendeteksi adanya keberadaan data pencilan dengan menggunakan metode PCA dengan kombinasi *Hotelling T² ellipse*. Keseluruhan data dipakai sebagai *dataset* yang digunakan untuk membangun model klasifikasi biji kopi beras Arabika Gayo dan biji kopi beras Robusta Gayo. Model klasifikasi yang baik dibangun menggunakan metode PCA

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrum NIRS

Akuisisi spektra biji kopi dilakukan pada rentang panjang gelombang 10.000–4000cm⁻¹ (1000 nm – 2500 nm). Spektrum awal (*raw*) menunjukkan rata-rata dari spektrum absorban biji kopi beras, dimana terjadinya penyerapan (absorpsi) cahaya NIR oleh kandungan kimia biji kopi ditandai oleh puncak-puncak pada spektra absorban. Puncak dan lembah spektrum NIR dipengaruhi oleh konsentrasi dari komponen kimia pada bahan yang dianalisis. Berdasarkan panjang gelombang yang menunjukkan adanya zat kimia yang terkandung di dalamnya dan juga memiliki nilai kimia yang berbeda. Spektrum biji kopi ini mewakili dari semua spektrum kopi yang bertujuan untuk mempermudah dalam interpretasi spektrum dan untuk melihat lebih jelas perbedaan masing-masing spektrum awal pada biji kopi dengan pengolahan *full wash* maupun *semi wash* dapat dilihat pada Gambar 1.

Spektrum awal ini memiliki tipikal yang sama namun jika dilihat secara detail memiliki perbedaan diantara spektrum tersebut. Spektrum biji kopi beras Arabika *full wash* memiliki nilai absorban yang berbeda dengan *semi wash*, begitu pula pada spektrum biji kopi beras Robusta *full wash* dengan *semi wash*. Hal ini menunjukkan proses pengolahan mengakibatkan berubahnya komposisi kimiawi dari kopi tersebut. Berdasarkan spektrum awal menunjukkan puncak gelombang. Puncak gelombang dengan kisaran panjang gelombang 2250-2370 nm menunjukkan adanya senyawa kimia NH₂ dimana senyawa tersebut diduga sebagai kandungan asam amino. Keberadaan kandungan asam amino pada penelitian ini mendekati dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hairatun (2017) bahwa kandungan asam amino berada pada panjang gelombang 2290-2390 nm.

Gambar 1. Spektrum Awal Biji Kopi (Raw Spectrum)

Pada panjang gelombang 1958-2034 nm dan 1423-1468 nm menunjukkan adanya senyawa H_2O dimana senyawa tersebut diduga sebagai kandungan kadar air. Sesuai dengan pernyataan Ramadhan (2016) dan Cen dan He (2007) bahwa terdapat ikatan kimia kandungan kadar air pada panjang gelombang 1420-1470 nm dan 1850-1900 nm. Puncak dan lembah pada panjang gelombang 1745-1813 nm menunjukkan adanya kandungan kafein. Sesuai dengan Ribeiro *et al.* (2011), penyerapan oleh kandungan kafein terjadi pada panjang gelombang 1128 nm, 1298 nm, 1673 nm, 1726 nm dan 1934 nm. Pada panjang gelombang 1201-1233 nm menunjukkan adanya senyawa CH_3 dimana senyawa tersebut diduga sebagai kandungan lemak. Keberadaan kandungan lemak pada penelitian ini mendekati dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hairatun (2017) bahwa kandungan lemak berada pada panjang gelombang 1185-1230 nm.

Secara umum spektrum pada masing-masing biji kopi beras tidak terlalu berbeda meskipun berbeda jenis kopi atau berbeda proses pengolahannya, tetapi memiliki komposisi kandungan kimia yang relatif sama. Hal tersebut dapat dilihat dari bentuk karakteristik spektrum yang samadan 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.

Analisa Data Outlier

Outlier removal dilakukan setelah mengakuisisi spektrum pada biji kopi arabika dan robusta dengan pengolahan *full wash* dan *semi wash*. Tujuannya untuk mendeteksi adanya keberadaan data pencilan dengan menggunakan metode PCA dengan kombinasi *Hotelling T² ellipse*. Data outlier atau data pencilan merupakan suatu data yang berbeda dengan data lainnya. Data tersebut ditandai dengan keberadaannya diluar garis *ellipse*. Pemeriksaan data outlier dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Gambar 2. Pemeriksaan Data Pencilan pada Biji Kopi Arabika *Full wash* dan *Semi Wash* Metode PCA

Gambar 2 menunjukkan data biji kopi arabika *semi wash* dan *full wash* seluruhnya berada didalam garis *ellipse*. Hal ini menunjukkan tidak adanya data pencilan pada biji kopi arabika *semi wash* dan *full wash*. Sehingga data tersebut sudah bisa dilakukan klasifikasi dengan metode PCA dengan jumlah data yang digunakan yaitu berjumlah 20 sampel.

Gambar 3. Pemeriksaan Data Pencilan pada Biji Kopi Robusta *Full Wash* dan *Semi Wash* Metode PCA

Gambar 3 menunjukkan adanya satu data yang berada diluar garis *ellipse* pada biji kopi Robusta *semi wash* dan *full wash*. Data tersebut merupakan data pencilan dikarenakan pada saat data dihapus (*remove*), data yang lainnya tidak ikut keluar dari garis *ellipse* dan tidak merusak keseluruhan data. Sehingga data yang digunakan yaitu berjumlah 19 sampel.

Klasifikasi Biji Kopi Arabika *Full wash* dan *Semi wash* Dengan Metode PCA (*Principal Component Analysis*)

Klasifikasi metode ini dengan cara mengelompokkan data biji kopi arabika *full wash* dan biji kopi arabika *semi wash* seperti pada Gambar 4. Hasil klasifikasi pada biji kopi beras arabika (*full wash* dan *semi wash*) menghasilkan total data yang dianalisa dengan *kumulatif explained variance* 2PC (PC-1 dan PC-2) sebesar 100%. Data ini terpisah dalam dua kluster besar dengan baik.

Gambar 4. Klasifikasi Biji Beras Arabika *Semi Wash* dengan Klasifikasi Biji Beras Arabika *Full Wash*

Klasifikasi yang didapat memiliki hasil yang baik, hal ini menunjukkan bahwa metode PCA mampu mengklasifikasikan sampel biji kopi. Sebagaimana penelitian El-Abassy (2011), diskriminasi yang jelas dengan menggunakan PCA pada biji kopi hijau arabika dan robusta menunjukkan skor plot untuk dua PC pertama, PC1 dan PC2 yang menghasilkan total variasi spektral sebesar 93%. Ramadhan (2016) juga menyebutkan metode PCA mampu memproyeksikan data spektrum biji kopi dari Provinsi Aceh dan Provinsi Bali dengan presentasi 100%.

Tahap selanjutnya dilakukan analisa *loading plot* untuk melihat panjang gelombang optimum zat yang berperan sebagai pembeda antara kedua sampel. Sebagaimana pernyataan Zulfahrizal (2014), puncak tertinggi pada *loading plot* menunjukkan zat (kandungan bahan) yang dominan mempengaruhi proses klasifikasi yang dilakukan. Hasil analisa dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. *Loading Plot* Biji Kopi Arabika *Semi Wash* (BBASW) dan Biji Kopi Arabika (BBAFW) *Full Wash*.

Berdasarkan hasil *loading plot* terdapat tiga puncak, yaitu pada puncak pertama dikisaran panjang gelombang 4443 cm^{-1} – 4500 cm^{-1} (2222 – 2250 nm) dimana pada puncak

tersebut menandakan adanya kandungan senyawa NH_2 dimana senyawa tersebut diduga sebagai kandungan asam amino. Puncak kedua dikisaran panjang gelombang 5210cm^{-1} – 5270cm^{-1} (1897nm – 1919nm) dimana pada puncak tersebut menandakan adanya kandungan senyawa H_2O dimana senyawa tersebut diduga sebagai kandungan kadar air.

Puncak ketiga dikisaran panjang gelombang 8207cm^{-1} – 8253cm^{-1} (1211 nm - 1218 nm) dimana pada puncak tersebut menandakan adanya senyawa CH_3 dimana senyawa tersebut diduga sebagai kandungan lemak. Sehingga bisa disimpulkan bahwa puncak yang terbentuk pada panjang gelombang tersebut adalah panjang gelombang yang dominan. Hal ini berarti kandungan asam amino dan lemak menjadi zat pembeda antara kedua jenis sampel dibandingkan kandungan lainnya. Meskipun terdapat puncak pada panjang gelombang yang menunjukkan keberadaan kandungan kadar air. Tetapi kadar airtidak bisa dijadikan sebagai zat pembeda antara kedua jenis pengolahan kopi dikarenakan sifatnya yang tidak melekat pada bahan atau inheren. Sehingga dapat disimpulkan proses pengolahan secara *full wash* mempengaruhi perubahan kandungan kimia pada kopi, dimana proses fermentasinya 12-36 jam. Proses fermentasi dapat mengurangi kadar kafein dan meningkatkann kadar asam pada kopi. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin sedikit konsentrasi kafein dalam kopi dan meningkatkan asam (Yano dan Mazzafera, 1999).

Klasifikasi Biji Kopi Robusta *Full wash* dan *Semi wash* Dengan Metode PCA (*Principal Component Analysis*)

Klasifikasi metode ini dengan cara mengelompokkan data biji kopi robusta *full wash* dan biji kopi arabika *semi wash* seperti pada Gambar 6. Hasil klasifikasi pada biji kopi beras arabika (*full wash* dan *semi wash*) menghasilkan total data yang dianalisa dengan *kumulatif explained variance* 2PC (PC-1 dan PC-2) sebesar 100%. Data ini terpisah dalam dua kluster besar dengan baik.

Gambar 6. Klasifikasi Biji Beras Robusta *Semi Wash* dengan Klasifikasi Biji Beras Robusta *Full Wash*

Tahap selanjutnya dilakukan analisa *loading plot* untuk melihat panjang gelombang optimum zat yang berperan sebagai pembeda antara kedua sampel. Hasil analisa dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7. Loading Plot Biji Kopi Robusta Semi Wash (BBRSW) dan Biji Kopi Robusta (BBRFW) Full Wash.

Berdasarkan hasil *loading plot* terdapat tiga puncak, yaitu pada puncak pertama dikisaran panjang gelombang 4340 cm⁻¹– 4409cm⁻¹ (2227 nm-2309 nm) dimana pada puncak tersebut menandakan adanya kandungan senyawa NH₂ dimana senyawa tersebut diduga sebagai kandungan asam amino. Puncak kedua dikisaran panjang gelombang 5200cm⁻¹–5250cm⁻¹ (1904nm-1923 nm) dimana pada puncak tersebut menandakan adanya kandungan senyawa H₂O dimana senyawa tersebut diduga sebagai kandungan kadar air. Puncak ketiga dikisaran panjang gelombang 8200 cm⁻¹–8320cm⁻¹ (1201-1219 nm) dimana pada puncak tersebut menandakan adanya kandungan senyawa CH₃ dimana senyawa tersebut diduga sebagai kandungan lemak. Sehingga bisa disimpulkan bahwa puncak yang terbentuk pada panjang gelombang tersebut adalah panjang gelombang yang dominan.

Hal ini berarti kandungan asam amino dan lemak menjadi zat pembeda antara kedua jenis sampel dibandingkan kandungan lainnya. Meskipun terdapat puncak pada panjang gelombang yang menunjukkan keberadaan kandungan kadar air. Tetapi kadar air tidak bisa dijadikan sebagai zat pembeda antara kedua jenis pengolahan kopi dikarenakan sifatnya yang tidak melekat pada bahan. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan basah mempengaruhi komposisi kopi dikarenakan adanya proses fermentasi. Sesuai dengan pernyataan Avallone et al., (2012) yang menyatakan bahwa proses fermentasi sangat berpengaruh dalam pembentukan citarasa biji kopi yaitu asam organik.

Hasil klasifikasi biji kopi beras menggunakan metode PCA sudah terpisah dalam dua kluster besar dan menghasilkan total data yang dianalisa dengan *kumulatif explained variance* 2PC (PC-1 dan PC-2) sebesar 100%. PC1 dan PC2 biasanya paling berguna dalam klasifikasi sampel menggunakan PCA karena kedua PC ini memiliki paling banyak keragaman data. Kedua komponen PC1 dan PC2 yang merepresentasikan 100%, yang artinya dua PC mewakili 100% dari seluruh data. Menurut Nurcahyo (2015), jika jumlah peubah dari komponen utama satu PC1 dan dua PC2 lebih besar dari 70%, maka hasil plot komponen utama memperlihatkan dua dimensi yang baik. Oleh karena itu, metode PCA mampu mengklasifikasikan biji kopi berdasarkan proses pengolahannya dan Nirs dengan metode PCA mampu menghasilkan model yang baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

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

1. Spektrum NIRS biji kopi beras Arabika Gayo (*full wash* dan *semi wash*) dan Robusta Gayo (*full wash* dan *semi wash*) menunjukkan kandungan asam amino pada panjang gelombang 2250-2370 nm, kadar air 1958-2034 nm dan 1423-1468 nm, kafein 1745-1813 nm serta lemak 1201-1233 nm.
2. Metode PCA mampu menghasilkan model yang baik untuk membedakan biji kopi beras berdasarkan pengolahannya pada varietas Arabika Gayo dan Robusta Gayo dengan zat dominan pembeda adalah asam amino dan lemak.
3. NIRS dengan metode PCA mampu mengklasifikasi biji kopi beras berdasarkan proses pengolahannya dengan hasil klasifikasinya 100%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat dikemukakan untuk penelitian selanjutnya adalah menduga jenis pengolahan kopi yang ada di pasaran dengan model klasifikasi yang sudah didapat.

DAFTAR PUSTAKA

- Avallone S, Brillouet JM, Guyot B, Olguin E, Guiraud JP. 2002. Involvement of pectolytic micro-organisms in coffee fermentation, *International Journal of Food Science and Technology*, 37(2), pp. 191–198. doi: 10.1046/j.1365-2621.2002.00556.x.
- Cen H and Y. He. 2007. *Theory and Application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy in Determination of Food Quality*. J. Trends in Food Science & Technology. 18: 72-83.
- El-Abassy, R. M., P, Donfack. A, Materny. Discrimination between Arabica and Robusta green coffee using visible micro Raman spectroscopy and chemometric analysis. Food Chemistry (2010). Journal Food Chemistry. Jacobs University Bremen, Germany.
- Hairatun, Agus A.M., Zulfahrizal. 2017. Akuisisi spektrum near infrared reflectance pada bubuk kopi arabika (kenary coffee) dan bubuk kopi robusta (kopi ulee kareng). Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah. 2(1): 331-337.
- Nurchahyo, B. 2015. Identifikasi dan Autentifikasi Meniran (*Phyllanthus niruri*) Menggunakan Spektrum Ultraviolet-Tampak dan Kemometrika. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- 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 Mahasiswa Pertanian Unsyiah. 1(1) : 954-960.
- Ribeiro J.S, M.M.C. Ferreira, T.J.G Salva. 2011. Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabica coffee beverage using near infrared spectroscopy. Talanta. 83: 1352-1358..
- Schawanninger M., J.C. Rogrigues., K. Fackler. 2011. A Review of Band Assignments in Near Infrared Spectra of Wood and Wood Components. J. Near Infrared Spectroscopy, 19: 287-308.
- Strang G. C. 2004. Near Infrared Reflectance Spectroscopy and its Specific Applications in Livestock Agriculture. School of Bioresources Engineering and Environmental Hydrology. University of Kwazulu Natal. Pietermaritzburg.

- Yamaoka-Yano, 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 *uhendrayatna, H. Meilina, Zulfahrizal, Sugianto, T. Rikhayat, Jamil, M. Makky dan A. G. Haji (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Pasca Sarjana Universitas Syiah Kuala*. A32-A37.
- Zulfahrizal. 2014. Pengembangan Metode Pengukuran Nondestruktif untuk Menentukan Mutu dan Fermentasi Biji Kakao Utuh Menggunakan NIR *Spectroscopy*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.