Analisis Spektrum *Near Infrared Reflectance* Minyak Nilam yang Dicampur dengan Minyak Kelapa

(*Spectrum Analysis Near Infrared Reflectance Patchouli Oil Mixed with Coconut Oil*)

Elvida Hajria Putri¹, Sri Hartuti¹, Zulfahrizal^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: zulfahrizal@unsyiah.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik spektrum minyak nilam dan perubahan karakteristiknya disaat dicampurkan dengan minyak kelapa. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan minyak nilam dan minyak kelapa, dengan 5 perlakuan yaitu: perlakuan sampel pertama adalah minyak nilam 100%, perlakuan sampel kedua minyak kelapa 100%, perlakuan sampel ketiga adalah minyak nilam campur minyak kelapa 75%:25%, perlakuan sampel keempat minyak nilam campur minyak kelapa 80%:20%, perlakuan sampel kelima minyak nilam campur minyak kelapa 90%:10%. Penelitian ini menggunakan alat *Self developed FT-IR IPTEK T-1516* yang digunakan untuk mengakuisisi spektrum serta *Unscrambler software ® X version 10.1* digunakan untuk mengolah data. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah minyak nilam dan minyak kelapa memiliki karakteristik yang relatif sama. Semakin banyak kandungan minyak kelapa yang dicampurkan kedalam minyak nilam maka spektrum yang dihasilkan pun cenderung sama dengan minyak kelapa, sedangkan jika semakin sedikit kandungan minyak kelapa yang dicampurkan maka spektrum yang dihasilkan pun cenderung sama dengan minyak nilam. Spektrum minyak memiliki 7 vibrasi yang menandakan keberadaan molekul CH, CH₂, CH₃, ROH dan H₂O.

Kata kunci: NIRS, Spektrum, Minyak Nilam, Minyak Kelapa, Noise.

Abstract. This study aims to analyze the characteristics of the patchouli oil spectrum and changes in its characteristics when mixed with coconut oil. This study was conducted using patchouli oil and coconut oil, with 5 treatments namely: the first sample is 100% patchouli oil, the second sample treatment of coconut oil 100%, the third sample treatment is coconut oil mixed patchouli oil 75%:25%, fourth sample treatment of coconut oil mixed patchouli oil 80%:20%, fifth sample treatment of coconut oil mixed patchouli oil 90%:10%. This research uses the *Self developed FT-IR SCIENCE AND TECHNOLOGY T-1516* tool used to acquire spectrum and *Unscrambler software ® X version 10.1* used to process data. The results obtained in this study are that patchouli oil and coconut oil have relatively similar characteristics. The more coconut oil content is mixed into patchouli oil then the spectrum produced tends to be the same as coconut oil, while if less coconut oil content is mixed then the spectrum produced also tends to be the same as patchouli oil. The oil spectrum has 7 vibrations that signify the presence of molecules CH, CH₂, CH₃, ROH and H₂O.

Keywords: NIRS, Spectrum, Patchouli Oil, Coconut Oil, Noise.

PENDAHULUAN

Minyak atsiri adalah salah satu produk yang sangat bagus untuk dikembangkan dalam hal agroindustri. Saat ini setidaknya ada beberapa minyak atsiri yang diperjualbelikan di pasar dunia dan di Indonesia sendiri terdapat beberapa tanaman menghasilkan minyak atsiri, namun hanya ada 14 jenis minyak atsiri yang sangat berpengaruh dalam komoditas ekspor (Idris *et al.*, 2014). Minyak atsiri atau minyak terbang sangat banyak digunakan oleh masyarakat. Manfaat dari minyak atsiri pun sangat banyak yaitu digunakan dalam bahan pembuatan sabun, pasta gigi, wangi-wangian dan obat-obatan. Minyak atsiri didapatkan dari berbagai tanaman yang menghasilkan minyak atsiri, salah satunya yaitu minyak nilam (*pogostemon cablin benth*) (Sariadi, 2012).

Di Indonesia sendiri penyebab rendahnya nilai tambah komoditas nilam bagi pendapatan masyarakat adalah karena minyak nilam yang dihasilkan oleh masyarakat tidak terjamin keasliannya, terutama di saat bahan bakunya langka. Penambahan bahan baku tertentu pun dilakukan oleh masyarakat baik dalam proses destilasi maupun pada proses yang akan dilakukan pada tahap selanjutnya (Waskitoaji, 2018).

Teknologi NIRS telah terbukti mampu dalam menganalisis berbagai macam produk pertanian seperti susu, minuman anggur, jus buah dan sebagainya (Cen and He, 2007). Oleh sebab itu pada penelitian ini akan dicoba menggunakan teknologi NIRS untuk mengatasi permasalahan pemalsuan minyak nilam dalam bentuk *crude oil*. Spektrum yang diperoleh dari bahan memiliki lembah dan puncak yang terjadi karena adanya *transreflectance* yang tumpang tindih. Semakin besar komposisi kimia yang ada pada suatu bahan maka penyerapan akan semakin besar dan juga puncak gelombang akan semakin tinggi (Masdar, 2016).

Pada proses penelitian sering terjadi gangguan baik secara eksternal maupun internal, dan dalam penelitian ini gangguan yang terjadi berupa noise. Menurut Ahmad (2013), sumber cahaya sekitar juga menghasilkan banyak noise yang ditangkap oleh sensor optik. Untuk menghilangkan noise beberapa sampel harus disimpan sebelum LED dinyalakan. Semua sampel disimpan dalam variabel integer 32-bit untuk memperhitungkan perkalian dan penambahan overflow. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik spektrum minyak nilam dan perubahan karakteristiknya disaat dicampurkan dengan minyak kelapa.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada Februari sampai Mei 2021. Bertempat di Pusat Unggulan Iptek-Perguruan Tinggi (PUI-PT) Nilam Atsiri Research Center (ARC) Unsyiah.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah Self developed FT-IR IPTEK T-1516, botol kaca 5 ml, pipet tetes, gelas ukur dan *Unscrambler software* ® X version 10.1. Bahan yang digunakan adalah minyak nilam (*crude oil*) yang diperoleh dari Atsiri Research Center (ARC) Universitas Syiah Kuala dan minyak kelapa murni yang diperoleh dari pasaran.

Prosedur Penelitian

Prosedur dari penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Dimulai dari persiapan bahan, perlakuan sampel, pengaturan alat NIRS, akuisisi spektrum NIR (1000-2500 nm), pemeriksaan Karakteristik spektrum, analisa spektrum minyak dan analisa noise.

Persiapan Bahan

Penelitian ini menggunakan minyak nilam dari PUI-PT Nilam ARC Universitas Syiah Kuala Banda Aceh dan minyak kelapa yang diperoleh di pasaran. Perlakuan sampel pertama yaitu minyak nilam 100% dibagi ke dalam 10 botol kecil sebanyak 5 ml per botol, perlakuan sampel kedua minyak kelapa 100% dibagi ke dalam 10 botol kecil sebanyak 5 ml per botol, perlakuan sampel ketiga adalah campuran minyak nilam dan minyak kelapa dengan perbandingan 75%:25% juga dimasukkan ke dalam 10 botol kecil sebanyak 5 ml per botol, perlakuan sampel keempat campuran minyak nilam dan minyak kelapa dengan perbandingan 80%:20% juga dimasukkan ke dalam 10 botol kecil sebanyak 5 ml per botol, perlakuan sampel kelima campuran minyak nilam dan minyak kelapa dengan perbandingan 90%:10% juga dimasukkan ke dalam 10 botol kecil sebanyak 5 ml per botol. Sehingga total sampel yang digunakan yaitu berjumlah 50 botol sampel dengan 5 perlakuan yang berbeda. Perlakuan pencampuran minyak nilam crude dan minyak kelapa dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 1. Perlakuan Pencampuran Minyak Nilam *Crude* dengan Minyak kelapa

Sampel	Perlakuan (%)				
	I	II	III	IV	V
Minyak nilam <i>crude</i>	100	0	75	80	90
Minyak kelapa	0	100	25	20	10

Berdasarkan Tabel 1 di atas, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Perlakuan I, minyak nilam *crude* murni dengan konsentrasi 100% (5 ml) yang disimbolkan dengan MN.
2. Perlakuan II, minyak kelapa dengan konsentrasi 100% (5 ml) yang disimbolkan dengan MK.
3. Perlakuan III, minyak nilam *crude* dengan konsentrasi 75% (3,75 ml) dicampur dengan minyak kelapa dengan konsentrasi 25% (1,25 ml) yang disimbolkan dengan MC1.
4. Perlakuan IV, minyak nilam *crude* dengan konsentrasi 80% (4 ml) dicampur dengan minyak kelapa dengan konsentrasi 20% (1 ml) yang disimbolkan dengan MC2.
5. Perlakuan V, minyak nilam *crude* dengan konsentrasi 90% (4,5 ml) dicampur dengan minyak kelapa dengan konsentrasi 10 % (0,5 ml) yang disimbolkan dengan MC3.

Pengaturan Alat NIRS

Alat yang digunakan untuk mendapatkan spektrum NIR minyak nilam yaitu *Self developed* FT-IR IPTEK T-1516. Menurut (Zulfahrizal *et al.*, 2017), alat NIRS tersebut menghasilkan spektrum NIR yang secara umum sudah sesuai dengan standar alat NIRS komersial. Namun alat ini perlu diatur frekuensi dan kebutuhan energi nya (*optical gain*, *number of scans* dan *resolution*) sehingga proses pengambilan spektrum bisa berjalan dengan baik. Alat *Self developed* FT-IR IPTEK T-1516 ini dapat digunakan pada gelombang cahaya pada kisaran antara 1000 nm sampai 2500 nm (4000 – 10.000 cm⁻¹) dan dikontrol oleh perangkat lunak *Thermo Operation*® (Software built ini dibuat oleh perusahaan *Thermo Nicolet Antaris*, USA yang menyatu dengan alat NIRS buatan *Thermo Inc*). Spektrum NIRS bisa diperoleh melalui konfigurasi alur kerja alat (*workflow*) yang dibangun menggunakan perangkat lunak terintegrasi *Thermo Operation*®. Pembuatan *Workflow* dilakukan dengan pengaturan untuk mengatur alat agar bekerja. Selanjutnya data spektrum diolah menggunakan *Unscrambler software*® X version 10.1 untuk di analisa lebih lanjut.

Pada penelitian ini alat NIRS diatur dengan 32 scans, resolution 2.0 cm⁻¹, dan gain 4x sehingga dapat mengakuisisi spektrum *diffuse reflectance* sampel, lalu merata-ratakan hasilnya, dan menyimpan hasil scan dalam dua bentuk file yakni *.SPA dan *.CSV. Hasil

yang didapatkan dari transformasi nilai reflektan dan absorban diubah ke dalam bentuk log (1/R).

Akuisisi Spektrum NIR (1000-2500 nm)

Akuisisi spektrum minyak nilam dilakukan dalam bentuk cairan yang telah diaduk rata yang kemudian dimasukkan ke dalam botol. Setiap sampel yang telah dimasukkan ke dalam botol selanjutnya dilakukan pengambilan spektrum yaitu dengan meletakkan satu per satu sampel pada sensor serta dengan bantuan cahaya LED. Kemudian data diperoleh dengan cara mentransformasikan nilai reflektan dan absorban ke dalam bentuk log (1/R).

Analisis Karakteristik Spektrum Minyak

Data dari Minyak Nilam, Minyak Kelapa, Minyak Campuran 75%, Minyak Campuran 80% dan Minyak Campuran 90% dalam bentuk excel dirata-ratakan berdasarkan jenis minyak masing-masing. Selanjutnya dibuat grafik spektrum minyak dari hasil rata-rata tersebut yang dibedakan dengan warna untuk setiap minyak, dan selanjutnya dilakukan pemeriksaan karakteristik dari spektrum minyak yang diperoleh. Analisa spektrum juga dilakukan pada grafik yang diperoleh dari excel. Analisa ini dilakukan dengan cara melihat *vibrasi* (puncak dan lembah), dimana *vibrasi* tersebut memberikan informasi panjang gelombang yang kemungkinan menandakan zat atau kandungan dari minyak nilam dan minyak kelapa.

Pemeriksaan Noise

Setelah dilakukannya akuisisi maka diperoleh spektrum dari Minyak Nilam, Minyak Kelapa, Minyak Campuran 75%, Minyak Campuran 80% dan Minyak Campuran 90%. Selanjutnya spektrum dari semua minyak tersebut akan dilihat apakah terdapat noise atau tidak, dimana noise merupakan gangguan yang diakibatkan baik dari proses internal maupun eksternal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Spektrum Minyak

Minyak diakuisisi untuk mendapatkan spektrum NIR pada selang panjang gelombang 4000-10.000 cm⁻¹ (1000 - 2500 nm). Spektrum NIR minyak menunjukkan nilai dari spektrum absorban, dimana terjadinya penyerapan (*absorpsi*) cahaya NIR oleh kandungan kimia minyak ditandai oleh beberapa puncak dan lembah spektrum. Gambar 1 menunjukkan spektrum minyak nilam, minyak kelapa dan minyak campuran (MC1, MC2 dan MC3).

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa karakteristik spektrum dari minyak nilam (MN) dan minyak kelapa (MK) memiliki bentuk yang tidak terlalu berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa, minyak nilam dan minyak kelapa memiliki komposisi kandungan kimia yang relatif sama. Hal ini terjadi karena adanya tingkat pantulan yang berbeda-beda sehingga memunculkan lembah dan puncak. Semakin besar getaran yang terbentuk akibat interaksi antara bahan dan sinar maka puncak gelombang semakin tinggi (Masdar *et al*, 2016).

Spektrum yang dihasilkan dari ketiga gambar tersebut memiliki perbedaan. Dimana pada Gambar 1.(a), spektrum minyak campuran 75% berhimpitan dengan minyak kelapa. Sedangkan pada Gambar 1.(b), sudah terlihat ada jarak antara spektrum minyak campuran 80% dengan spektrum minyak kelapa. Namun pada Gambar 1.(c) spektrum minyak campuran 90% berhimpitan dengan minyak nilam. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kandungan minyak kelapa yang dicampurkan maka spektrum yang dihasilkan pun cenderung

sama dengan minyak kelapa, sedangkan jika semakin sedikit kandungan minyak kelapa yang dicampurkan maka spektrum yang dihasilkan pun cenderung sama dengan minyak nilam.

Gambar 1.(a). Spektrum minyak MN, MK, MC1 (MC75%), (b) Spektrum minyak MN, MK, MC2 (MC80%) dan (c) Spektrum minyak MN, MK, MC3 (MC90%)

Gambar 1. Juga memperlihatkan ada satu puncak yang dimiliki oleh MN dan MC3 sementara spektrum MK, MC1 dan MC2 tidak terlihat puncak tersebut yaitu puncak ROH yang kemungkinan dapat diidentifikasi sebagai *patchouli alcohol*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Windawati *et al* (2020) bahwa minyak nilam mengandung *Patchouli Alcohol* dalam jumlah yang besar.

Analisa Puncak Spektrum Minyak

Puncak dan lembah ditentukan untuk mengetahui panjang gelombang sehingga mendapatkan zat dan kandungan dari spektrum minyak yang diperoleh, pada penentuan ini spektrum MN, MK, MC1, MC2 dan MC3 yang akan digunakan. Informasi kandungan kimia dapat diperoleh dari *vibrasi* (puncak dan lembah), karena *vibrasi* yang terbentuk dari sebuah spektrum menandakan kandungan yang ada dalam zat yang diakuisisi. Hasil penentuan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, terdapat tujuh *vibrasi* (puncak dan lembah) yang dapat dilihat. *Vibrasi* pertama yaitu puncak spektrum yang berada pada selang panjang gelombang 2270-2200 nm, pada selang panjang gelombang tersebut menunjukkan adanya keberadaan molekul *Patchouli Alcohol*. Sesuai dengan pernyataan Cen and He (2007) dimana pada selang panjang gelombang 2300-2200 nm diidentifikasi adanya kandungan CH, CH₂, CH₃.

Gambar 1. Penentuan Puncak dan Lembah Spektrum MN, MK, MC1, MC2 dan MC3

Vibrasi kedua yaitu puncak spektrum yang berada pada selang panjang gelombang 2050-1979 nm, pada selang panjang gelombang ini diidentifikasi sebagai kandungan *Patchouli Alcohol*. Hal ini sesuai pernyataan Cen and He (2007) pada selang panjang gelombang 2000-1950 nm diidentifikasi adanya keberadaan molekul ROH. *Vibrasi* ketiga yaitu puncak spektrum yang berada pada selang panjang gelombang 1890-1835 nm, pada selang panjang gelombang ini diidentifikasi sebagai kandungan air. Hal ini sesuai pernyataan Cen and He (2007) yang menunjukkan pada selang panjang gelombang 1900-1835 nm diidentifikasi adanya keberadaan molekul H₂O. *Vibrasi* keempat yaitu lembah spektrum yang berada pada selang panjang gelombang 1685-1640 nm, pada selang panjang gelombang ini diidentifikasi sebagai kandungan *patchouli alkohol* pada minyak nilam dan atau lemak pada minyak kelapa. Hal ini sesuai pernyataan Cen and He (2007) yang menunjukkan pada selang panjang gelombang 1700-1610 nm diidentifikasi adanya keberadaan molekul CH, CH₂, CH₃.

Vibrasi kelima yaitu puncak spektrum yang berada pada selang panjang gelombang 1345-1285 nm, pada selang panjang gelombang ini diidentifikasi sebagai kandungan *Patchouli Alcohol* pada minyak nilam dan atau lemak pada minyak kelapa. Hal ini sesuai pernyataan Cen and He (2007) yang menunjukkan pada selang panjang gelombang 1350-1260 nm diidentifikasi adanya keberadaan molekul CH, CH₂, CH₃. *Vibrasi* keenam yaitu lembah spektrum yang berada pada selang panjang gelombang 1218-1194 nm, pada selang panjang gelombang ini diidentifikasi sebagai kandungan *Patchouli Alcohol* pada minyak nilam dan atau lemak pada minyak kelapa. Hal ini sesuai pernyataan cen and he (2007) yang menunjukkan pada selang panjang gelombang 1220-1100 nm diidentifikasi adanya keberadaan molekul CH, CH₂, CH₃. *Vibrasi* ketujuh yaitu puncak spektrum yang berada pada selang panjang gelombang 1152-1108 nm, pada selang panjang gelombang ini diidentifikasi sebagai kandungan *Patchouli Alcohol* pada minyak nilam dan atau lemak pada minyak kelapa. Hal ini sesuai pernyataan Cen and He (2007) yang menunjukkan pada selang panjang gelombang 1160-1100 nm diidentifikasi adanya keberadaan molekul CH, CH₂, CH₃.

Pemeriksaan Noise

Spektrum NIR biasanya mengandung *noise* yang mengakibatkan kumpulan beberapa spektrum tumpang tindih sehingga membentuk pita spektrum. Keberadaan *noise* memberikan

pengaruh pada data spektrum yang diperoleh, dan model yang dihasilkan tidak stabil. *Noise* dapat dilihat dari getaran pada spektrum dan jarak antar spektrum yang terjadi diakibatkan oleh faktor eksternal dan internal. Adapun spektrum 10 sampel masing-masing dari minyak nilam murni, minyak sawit dan minyak campuran keduanya dapat dilihat pada gambar.

Gambar 3. Spektrum Minyak Nilam

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa spektrum minyak nilam murni yang dihasilkan membentuk pita yang lebih tipis disatu tempat dan tebal di tempat yang lain. Hal ini terjadi karena adanya *noise* yang terdapat pada spektrum yang dihasilkan. Berdasarkan 10 sampel spektrum yang dihasilkan terdapat jarak yang terlihat sangat jelas.

Gambar 4. Spektrum Minyak Kelapa

Berdasarkan Gambar 4, dimana spektrum minyak kelapa juga terdapat 10 spektrum dari 10 sampel. Pita spektrum yang dihasilkan tidak terlalu memiliki jarak sehingga spektrum yang dihasilkan tampak terlihat lebih rapat dan tipis, namun pada spektrum ini terlihat beberapa *noise* yang terjadi dalam bentuk getaran.

Gambar 5. Spektrum Minyak Campuran 75% (MC1)

Spektrum minyak campuran 75% (MC1) dapat dilihat pada Gambar 5. Pita spektrum yang dihasilkan tidak terlalu memiliki jarak sehingga spektrum yang dihasilkan tampak terlihat lebih rapat dan tipis, namun pada spektrum ini terlihat beberapa *noise* yang terjadi dalam bentuk getaran.

Gambar 6. Spektrum Minyak Campuran 80% (MC2)

Gambar 6 menunjukkan spektrum minyak campuran 80% (MC2). Pita spektrum yang dihasilkan terlihat tidak memiliki jarak karena lebih rapat, namun pita spektrum yang diperoleh ini juga memiliki *noise* dalam bentuk getaran.

Gambar 7. Spektrum Minyak Campuran 90% (MC3)

Spektrum terakhir (Gambar 7) yaitu spektrum minyak campuran 90% (MC3) dapat dilihat spektrum minyak nilam murni yang dihasilkan membentuk pita yang lebih tipis disatu tempat dan tebal di tempat yang lain. Hal ini terjadi adanya *noise* yang terdapat pada spektrum yang dihasilkan. Dari 10 sampel spektrum yang dihasilkan memiliki jarak yang terlihat sangat jelas. Berdasarkan gambar 3 sampai gambar 7 menunjukkan bahwa setiap spektrum perlakuan mengandung *noise* dalam bentuk jarak pita dan getaran. *Noise* merupakan gangguan yang diakibatkan oleh dua faktor yaitu, faktor internal dan eksternal. Faktor internal berasal dari alat NIRS yang dipakai semisal lama pemakaian yang mengakibatkan alat menjadi panas. Sedangkan faktor eksternal berasal dari lingkungan (semisal suhu ruangan dan pencahayaan ruangan) dan faktor manusia (Tarigan, 2021). Menurut Zulfahrizal (2014), untuk memperoleh data yang dapat dipercaya, akurat dan model kalibrasi yang stabil sangat disarankan untuk menghilangkan *noise* pada spektrum dengan melakukan pretreatment spektrum.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh pada penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

1. Minyak nilam dan minyak kelapa memiliki karakteristik yang relatif sama.
2. Semakin banyak kandungan minyak kelapa yang dicampurkan kedalam minyak nilam maka spektrum yang dihasilkan pun cenderung sama dengan minyak kelapa, sedangkan jika semakin sedikit kandungan minyak kelapa yang dicampurkan maka spektrum yang dihasilkan pun cenderung sama dengan minyak nilam.
3. Spektrum minyak memiliki 7 vibrasi yang dapat dilihat yaitu pada panjang gelombang 2270-2200 nm diidentifikasi sebagai CH, CH₂, CH₃, pada panjang gelombang 2050-1979 nm diidentifikasi sebagai ROH, 1890-1835 nm diidentifikasi sebagai H₂O, 1685-1640 nm diidentifikasi sebagai CH, CH₂, CH₃, 1345-1285 nm diidentifikasi sebagai CH, CH₂, CH₃, 1218-1194 nm diidentifikasi sebagai CH, CH₂, CH₃ dan 1152-1108 nm diidentifikasi sebagai CH, CH₂, CH₃.
4. Spektrum NIR yang diperoleh memiliki *noise* yaitu dalam bentuk jarak pita dan getaran pada pita.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan yaitu pada penelitian lanjutan dapat kiranya untuk melanjutkan dengan membuat model pendugaan minyak nilam yang dicampur dengan minyak kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M., A. Kamboh, A. Khan. 2013. Non-invasive Blood Glucose Monitoring Using Near-Infrared Spectroscopy. ResearchGate.
- Cen, H., and Y. He. 2007. Theory and Application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy in Determination of Food Quality. Trends in Food Science and Technology 18(2):72–83. doi: 10.1016/j.tifs.2006.09.003.
- Cozzolino, D., W. U. Cynkar, N. Shah, and P. Smith. 2011. Multivariate Data Analysis Applied to Spectroscopy: Potential Application to Juice and Fruit Quality. Food Research International 44(7):1888–96. doi: 10.1016/j.foodres.2011.01.041.
- Idris, A., M. Jura, and I. Said. 2014. Analisis Kualitas Minyak Nilam (*Pogostemon Cablin Benth*) Produksi Kabupaten Buol. Jurnal Akademika Kimia 3(2):79–85.
- Masdar, Zulfahrizal, A.A. Munawar. 2016. Komparasi Metode Koreksi Spektrum NIRS (De-Trending dan Derivative ke-2) untuk Penentuan Kadar Air Bubuk Biji Kakao. Jurnal Ilmiah Mahasiswa. Unsyiah.
- Tarigan, T.P. 2020. Pengembangan Teknologi NIRS dengan Membandingkan Metode Principal Component Analysis (PCA) dan Metode Linear Discriminant Analysis (LDA) Dalam Menduga Kemurnian Minyak Nilam yang Dicampur Minyak Sawit. Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Waskitoaji, W. 2018. Kebijakan Ristekdikti dalam Sistem Inovasi Daerah. Musyawarah Nasional Ristekdikti. Jatnangor, 21 November 2018.
- Windawati, V., Y. A. Puranto, I. W. Budiastara. 2020. Penentuan Kandungan Kimia Utama

- Minyak Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) Menggunakan Portable Near Infrared Spectroscopy. Scientific Repository. IPB University. Bogor.
- Zulfahrizal, H. Meilina, and A. A. Munawar. 2017. Rancang Bangun Dan Pengujian Alat Sensor Berbasis NIR Spectroscopy Untuk Prediksi Kualitas Biji Kakao Utuh. 32–37.