



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN
ISSN: 2085-2614; e ISSN: 2528-2654
Journal homepage: <https://jurnal.usk.ac.id/RTP>



Pendugaan Kadar Patchouli Alkohol pada Minyak Nilam Variasi menggunakan Teknologi Near Infrared Reflectance Spectroscopy dengan Metode Partial Least Square Regression

Risqa Mutha Dina^{1,2}, Farah Cikita Safliany^{1,2}, Al-Thahyat Nur^{1,2}, Hagi Al-Annari^{1,2}, Dwipa Aby Ananta^{1,2}, Zulfahrizal^{1,3*}

¹ Agricultural Engineering Department, Syiah Kuala University, Darussalam-Banda Aceh

² Student of MBKM Kedaireka at ARC PUI-PT Nilam Aceh, Syiah Kuala University, Darussalam-Banda Aceh

³ ARC PUI-PT Nilam Aceh, Syiah Kuala University, Darussalam-Banda Aceh

*E-mail: riskamutadina@gmail.com

Abstrak

Minyak nilam merupakan salah satu minyak atsiri yang menyumbangkan devisa bagi negara. Komponen utama dalam minyak adalah Patchouli Alkohol (PA). Salah satu parameter yang menentukan kualitas minyak nilam adalah kadar PA. Semakin tinggi kadar PA maka kualitasnya semakin baik dan harganya semakin tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah memprediksi kadar PA minyak nilam Aceh hasil fraksinasi dengan cepat dan tepat menggunakan teknologi NIRS dengan metode *partial least square regression* (PLSR) menggunakan pretreatment *Mean Normalization* (MN). Hasil penelitian menunjukkan bahwa PLSR mampu memprediksi kadar patchouli alkohol dengan menghasilkan model yang tergolong *good prediction accuracy*. Prediksi model akurasi terbaik dari perlakuan pretreatment MN dengan hasil dengan *latent variable* 5, nilai *residual predictive deviation* (RPD) sebesar 2,71, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,85, nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,92, nilai *root mean square error calibration* (RMSEC) sebesar 4,28.

Kata Kunci: NIRS, Patchouli Alkohol, PLSR

Estimation of Patchouli Alcohol Content in Variation of Patchouli Oil Using Near Infrared Reflectance Spectroscopy Technology with Partial Least Square Regression Method

Risqa Mutha Dina^{1,2}, Farah Cikita Safliany^{1,2}, Al-Thahyat Nur^{1,2}, Hagi Al-Annari^{1,2}, Dwipa Aby Ananta^{1,2}, Zulfahrizal^{1,3*}

¹ Agricultural Engineering Department, Syiah Kuala University, Darussalam-Banda Aceh

² Student of MBKM Kedaireka at ARC PUI-PT Nilam Aceh, Syiah Kuala University, Darussalam-Banda Aceh

³ ARC PUI-PT Nilam Aceh, Syiah Kuala University, Darussalam-Banda Aceh

*E-mail: riskamutadina@gmail.com

Abstract

Patchouli oil is one type of essential oils that protects foreign exchange for the country. The main component in the oil is Patchouli Alcohol (PA). One of the parameters that determine the quality of patchouli oil is the PA content. The higher the PA content, the better the quality and the higher the price. The purpose of this study was to predict the PA content of fractionated Aceh patchouli oil quickly and precisely using NIRS technology with the partial least square regression (PLSR) method using Mean Normalization (MN) pretreatment. The results showed that PLSR was able to predict patchouli alcohol levels by producing a model that was classified as having good predictive accuracy. The best accuracy prediction model of the MN pretreatment handling with results with a latent variable of 5, the residual predictive deviation (RPD) value about 2,71, the coefficient of determination (R^2) is 0,85, correlation coefficient (r) 0,92, and the value root mean square error calibration (RMSEC) of 4,28.

Keywords: NIRS, Patchouli Alcohol, PLSR

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan penghasil minyak nilam terbesar di dunia. Indonesia berada di posisi pertama dengan menghasilkan 90% minyak nilam di susul oleh Cina, Malaysia, dan Brazil (Sariadi, 2012). Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin benth*) merupakan salah satu tanaman penghasil minyak atsiri yang menghasilkan sumber devisa bagi negara. Minyak nilam dihasilkan melalui cara penyulingan uap, di mana minyak didapat dari tanaman nilam yang berada di daun, batang, akar dan ranting tanaman nilam. Komponen utama dalam minyak adalah *Patchouli Alcohol* (PA) suatu senyawa kelompok seskuiterpen dengan rumus molekul $C_{15}H_{26}O$ (Idris, 2014).

Nilam Aceh merupakan salah satu varietas nilam terbaik yang ada di Indonesia dan diakui dunia karena memiliki kadar *Patchouli* alkohol yang tinggi, yaitu >30% (Nuryani, 2004). Di Indonesia produktivitas nilam tertinggi kedua dihasilkan oleh provinsi Aceh. Dimana Aceh sendiri memproduksi minyak nilam berkisar 30-40% dengan luas lahan nilam pada urutan ketiga seluruh Indonesia. Pada umumnya minyak nilam Aceh di produksi dan disuling langsung oleh petani secara tradisional (menggunakan drum), sehingga menghasilkan minyak nilam yang terkontaminasi zat pengotor, berbau gosong, memiliki kadar asam tinggi dan kadar PA yang bervariasi (Muhammad, 2018). Rendahnya kualitas dari minyak nilam masyarakat ini menyebabkan minyak nilam harus dilakukan pengolahan lanjutan sebelum digunakan untuk produk turunan minyak nilam dan harga beli minyak nilam masyarakat relatif murah (Lubis, 2019).

Salah satu parameter yang menentukan kualitas minyak nilam adalah kadar PA. Semakin tinggi kadar PA maka kualitasnya semakin baik dan harganya semakin tinggi (Aisyah, 2012). Pengukuran kadar patchouli alkohol pada minyak nilam umumnya dilakukan dengan menggunakan uji laboratorium dengan menggunakan *Gas Chromatography – Mass spectroscopy* (GC-MS) sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama dan biaya yang mahal (Van Beek and Joulain, 2017). Seiring dengan berkembangnya teknologi, metode spektroskopi NIRS telah menjadi perhatian beberapa dekade terakhir (Burahman, 2020). Seiring perkembangan zaman, teknologi NIRS terbukti mampu dalam menganalisis berbagai

macam produk pertanian seperti susu, minuman anggur, jus dan sebagainya (cen and he, 2007).

Saat ini teknologi NIRS sudah mulai dikembangkan untuk menguji kualitas minyak nilam khususnya *patchouli* alkohol. Terdapat penelitian yang dilakukan oleh Abdurahman dan Sundarajan (2019) menggunakan *middle infrared reflectance spektroskopi* untuk menguji *patchouli* alkohol dan penelitian yang dilakukan oleh Zulfahrizal et al, (2019) melakukan penelitian untuk pengujian kadar *patchouli* alkohol (PA) pada minyak nilam Aceh yang menunjukkan bahwa teknologi NIRS mampu menduga kandungan kadar *patchouli* alkohol dengan menggunakan metode *partial least squares*. Kemudian ada juga penelitian yang dilakukan oleh Burahman (2020) yang menggunakan teknologi *near infrared reflectance spektroskopi* dengan metode *principal component regression* (PCR) untuk menguji *patchouli* alkohol. Oleh karena itu, Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengembangkan teknik akuisisi spektrum *Near Infrared Reflectance Spectroscopy* (NIRS) untuk mendeteksi kadar *patchouli* alkohol pada minyak nilam dengan metode *partial least square regression* (PLSR) menggunakan *pretreatment Mean Normalization* (MN).

METODE PENELITIAN

Perlakuan Sampel

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah minyak nilam Aceh hasil penyulingan yang kemudian difraksinasi di *Atsiri Research Center* (ARC) Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. Minyak nilam hasil distilasi yang digunakan adalah dua jenis minyak fraksi berat dan satu jenis fraksi ringan. Minyak itu kemudian diuji menggunakan alat GC-MS untuk mengetahui kandungan *patchouli* alkohol untuk ketiga minyak fraksinasi tersebut. Kemudian dari ketiga minyak itu akan dibuat kombinasi, sehingga didapat 20 sampel kombinasi yang memiliki rentang kadar PA antara 7% sampai dengan 45%.

Pengaturan Alat NIRS

Alat yang digunakan untuk mendapatkan spektrum NIRS minyak nilam yaitu *Self developed FT-IR IPTEK T-1516*. Menurut Zulfahrizal et al (2017), spektrum NIRS yang dihasilkan oleh alat ini secara umum sudah sesuai standar alat NIRS komersial. Akan tetapi perlu diperhatikan pengaturan frekuensi dan kebutuhan energi (*optical gain, number of scans dan resolution*) dalam proses pengambilan spektrumnya agar dihasilkan spektrum yang baik. Alat *Self developed FT-IR IPTEK T-1516* ini dapat meradiasikan gelombang cahaya pada kisaran panjang gelombang antara 1000 nm sampai 2500 nm ($4000 - 10.000 \text{ cm}^{-1}$) 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 dalam bekerja.

Pada penelitian ini alat NIRS diatur dengan 64 *scans*, *resolution* 2.0 cm^{-1} , dan *gain* 4x sehingga dapat mengakuisisi spektrum *diffuse reflectance* sampel, lalu merata-ratakan hasilnya, dan menyimpan hasil pemindaian dalam dua bentuk file yakni *.SPA dan *.CSV. Hasil yang didapatkan dari transformasi nilai reflektan ke *absorbance* yang diubah ke dalam bentuk log (1/R).

Uji Keabsahan Spektrum

Uji keabsahan spektrum yang dihasilkan menggunakan metode PLSR yang dikombinasikan dengan metode *Hottelling T² ellipse* yang merupakan cara untuk menganalisa data pencilan. Data yang diambil adalah data yang berada di dalam garis *ellipse*, apabila data berada di luar garis *ellipse*, maka data tersebut ditandai sebagai data pencilan (*outlier*) dan dihilangkan (*remove*) agar hasil prediksi lebih akurat (Cozolino et al., 2011).

Perlakuan *Pretreatment*

Data penelitian ini selanjutnya diberikan *pretreatment* spektrum. Menurut (Mouazen et al., 2010) koreksi spektrum terlebih dahulu dilakukan agar dapat membangun model prediksi spektrum NIRS dengan tujuan menghilangkan *noise* pada spektrum sampel sehingga hasil dari prediksi lebih akurat. Pada penelitian ini digunakan *pretreatment Mean Normalization* (MN). Model prediksi yang digunakan untuk memprediksi kadar patchouli alkohol minyak nilam adalah metode *partial least square Regression* (PLSR).

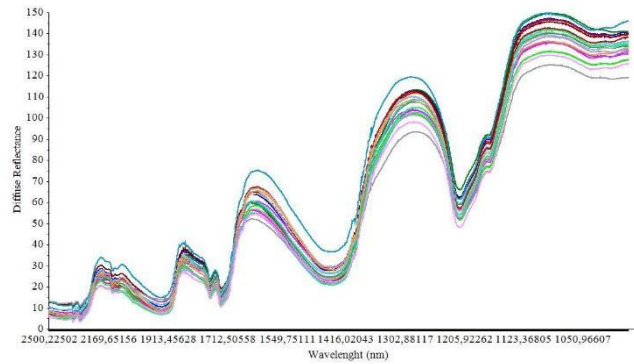
Pembuatan Model Kalibrasi dan Evaluasi Keakuratan Model

Kadar *patchouli* alcohol diprediksi dengan cara membangun model berdasarkan data dari akuisisi spektrum NIRS (variabel X) dan data PA hasil kombinasi minyak yang telah diukur dengan menggunakan metode Kromatografi gas (GC-MS) dari hasil pengukuran di laboratorium (variabel Y). Model prediksi dibangun dengan menggunakan metode *partial least square Regression* (PLSR). Keseluruhan data dipakai sebagai dataset kalibrasi yang digunakan untuk membangun model PA pada minyak nilam. Evaluasi keakuratan model dievaluasi dengan melihat parameter statistik yang meliputi; koefisien korelasi (r), koefisien determinasi (R^2), *root mean square error calibration* (RMSEC), *Residual Predictive Deviation Index* (RPD), dan jumlah *latent variable* (LV).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrum Mentah Minyak Nilam

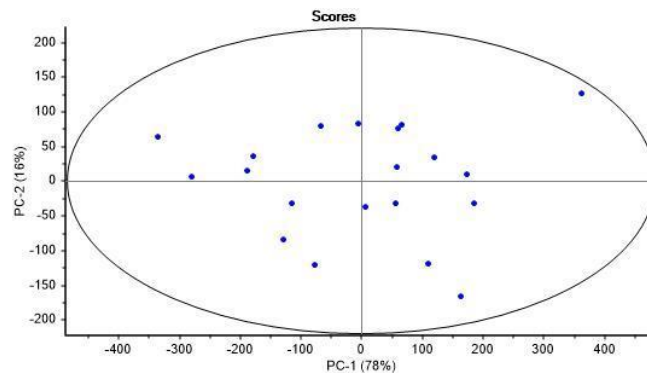
Spektrum mentah adalah hasil dari pengambilan spektrum *near infrared reflectance spectroscopy* (NIRS) pada selang panjang gelombang 1000-2500 nm. Pada penelitian ini tidak menggunakan panjang gelombang 780-999 nm dikarenakan pada panjang gelombang dibawah 1000 nm cenderung tidak memberikan informasi yang dibutuhkan untuk pengukuran spektra dengan alat NIRS dalam mendeteksi kandungan kimia dari bahan, karena bersinggungan dengan cahaya tampak. Pada panjang gelombang tersebut dapat dilihat spektrum dengan beberapa puncak dan lembah spektrum. beberapa puncak dan lembah yang terbentuk pada spektrum yang dihasilkan sebagai tanda keberadaan kandungan zat kimia pada bahan dengan panjang gelombang tertentu. Penyerapan panjang gelombang oleh kandungan kimia tertentu ditunjukkan dengan terjadinya puncak dan lembah gelombang pada kurva absorpsi *near infrared reflectance spectroscopy*, semakin banyak interaksi gelombang NIRS dengan kandungan kimia bahan, maka semakin banyak puncak dan lembah gelombangnya. Komponen kimia mempengaruhi puncak dan lembah pada spektrum *near infrared reflectance Spectroscopy* (NIRS) didalam bahan yang dianalisis. Spektrum mentah minyak nilam fraksinasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum Mentah Minyak Nilam

Penerapan PCA dan *Hotteling T² Ellipse* untuk Memeriksa Data *Outlier*

Data *outlier* atau data pencilan adalah suatu data yang berbeda dengan data-data lainnya yang dapat mengganggu data pendugaan pada saat kalibrasi spektrum. Data pencilan dideteksi menggunakan metode *principal component analysis* (PCA) dan *hotteling T² ellipse*. Data yang tergolong ke dalam pencilan merupakan data yang berada di luar garis *ellipse*. Adapun pemeriksaan data pencilan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemeriksaan Data *Outlier* dengan Metode PCA dan *Hotteling T² Ellipse*

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa tidak ada data yang berada di luar garis *ellipse*. Oleh karena itu analisa dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya dengan tetap menggunakan 20 sampel kadar PA minyak nilam.

Acuan Pengukuran Data Kalibrasi

Acuan Pengukuran data kalibrasi berfungsi untuk membantu mempermudah dalam proses analisa model kalibrasi yang akan dibuat nantinya. Model kalibrasi digunakan dengan tujuan membangun model persamaan matematik yang dapat digunakan untuk dapat memprediksi kandungan kimia bahan pangan tanpa harus melakukan pengukuran langsung secara destruktif yang dapat merusak bahan. Proses kalibrasi menggunakan 20 sampel minyak nilam. Acuan pengukuran data yang perlu dibuat adalah seperti selang antar sampel dan standar deviasi (SD) sampel yang dapat dilihat pada Tabel 1.

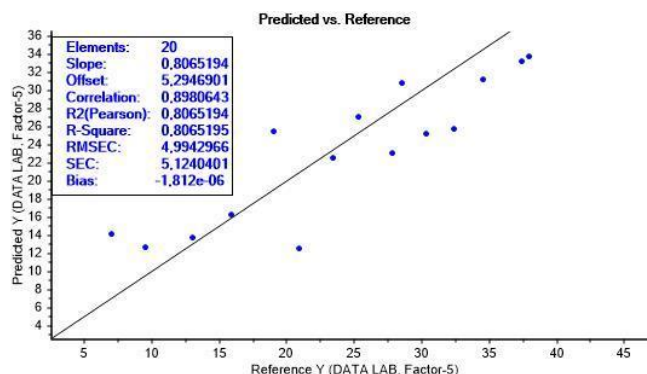
Tabel 1. Acuan Pengukuran Data Kalibrasi

Bagian	Jumlah Data	Parameter Statistik Deksriptif		
		Maksimum	Minimum	Standar Deviasi
Sampel	20	45,33	7,09	11,64

Tabel 1 dapat dilihat data memiliki keragaman yang cukup besar, bahwa dengan keragaman yang cukup besar ini menunjukkan bahwa persiapan sampel dengan 20 sampel ini sudah cukup bagus dengan nilai standar deviasi 11,64 serta nilai maksimum sebesar 45,33 dan nilai minimum sebesar 7,09 yang diperoleh dari hasil analisis laboratorium.

Pendugaan Kadar *Patchouli* Alkohol Minyak Nilam Menggunakan PLSR Tanpa Pretreatment

Data spektrum yang dihasilkan dari spektrum mentah yang belum diperbaiki menghasilkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,89. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,80. Nilai *root mean square error calibration* (RMSEC) yang didapatkan yaitu 4,99 lebih rendah dari nilai standar deviasi dan *latent variable* yang digunakan adalah 5. Menurut Zulfahrizal et al. (2020) apabila nilai *root mean square error calibration* (RMSEC) lebih kecil dari nilai standar deviasi berarti data tergolong bagus dan nilai *latent variable* yang baik yaitu dibawah 9 dengan ketentuan semakin kecil semakin bagus. Nilai *residual predictive deviation* (RPD) yang didapatkan adalah 2,33 maka digolongkan dalam prediksi kuantitatif (*quantitative prediction*). Pada penelitian ini nilai *root mean square error calibration* (RMSEC) masih bisa diturunkan dan nilai *residual predictive deviation* (RPD) masih bisa ditingkatkan sehingga selanjutnya dilakukan pretreatment terhadap spektrum mentah. Selengkapanya prediksi kadar *patchouli* alkohol berdasarkan spektrum mentah atau *Non Pretreatment* dapat dilihat pada Gambar 3.

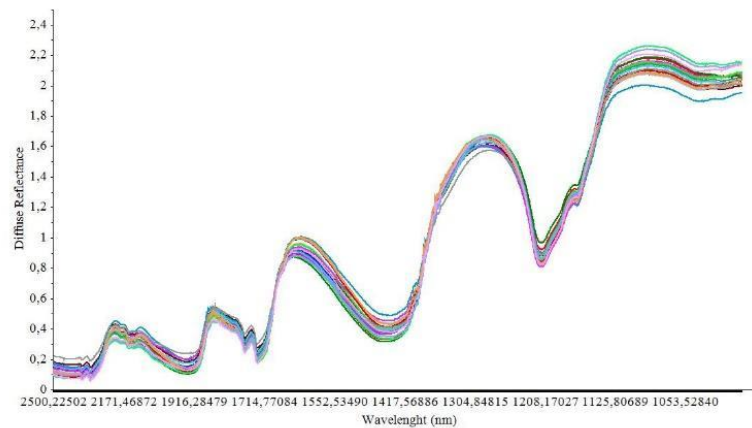


Gambar 3. Plot Data Kalibrasi Kadar PA pada *Non Pretreatment* Metode PLS

Pendugaan Kadar *Patchouli* Alkohol Minyak Nilam Menggunakan Metode PLSR dengan Pretreatment Mean Normalization (MN)

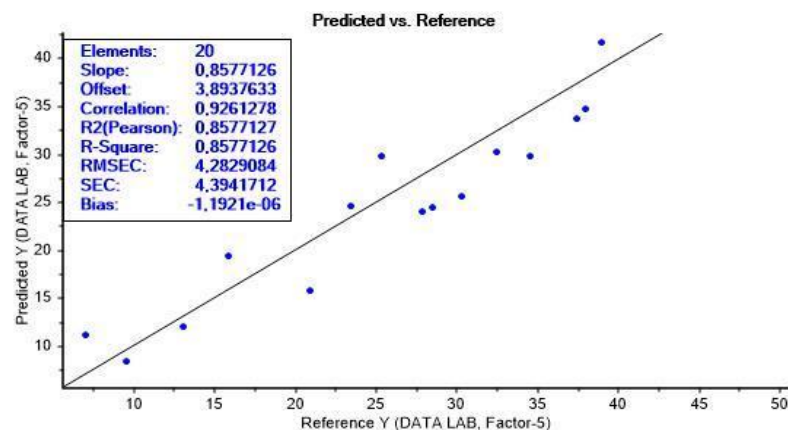
Secara umum tujuan dari *pretreatment* ini adalah untuk mengurangi noise yang terdapat pada spektrum baik dalam bentuk getaran yang banyak pada suatu tempat maupun noise dalam bentuk spektrum yang tidak dapat. Penggunaan *pretreatment Mean Normalization* yaitu untuk menskala sampel dalam rangka untuk mendapatkan semua data pada sekitar skala yang sama berdasarkan daerah, mean, selang, maksimum, puncak dan

vektor satuan. Dapat dilihat pada Gambar 4 menunjukkan spektrum minyak nilam yang diberikan *pretreatment Mean Normalization* terlihat lebih baik, dikarenakan data *noise* pada spektrum telah dihilangkan dan terlihat lebih rapat dibandingkan dengan spektrum awal.



Gambar 4. Spektrum Minyak Nilam dengan *Pretreatment Mean Normalization*

Pada *Pretreatment Mean Normalization* didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,92. Menurut Safitri (2016), apabila nilai koefisien korelasi (r) yang didapatkan 0,92 maka tergolong hubungan sangat kuat. Nilai koefisien korelasi meningkat setelah diberikan pretreatment dari 0,89 menjadi 0,92. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang didapatkan sebesar 0,85. Menurut Karoui et al. (2006) apabila nilai koefisien determinasi (R^2) yang didapatkan 0,85 menunjukkan prediksi yang baik. Nilai koefisien determinasi meningkat setelah diberikan pretreatment dari 0,80 menjadi 0,85. Nilai *root mean square error calibration* (RMSEC) yang didapatkan sebesar 4,28 lebih rendah dari nilai standar deviasi dan *latent variable* yang digunakan adalah 5. Menurut Zulfahrizal et al. (2020) apabila nilai RMSEC lebih kecil dari standar deviasi berarti data tergolong bagus dan nilai *latent variable* yang baik yaitu dibawah 9. Nilai RMSEC menurun setelah diberikan pretreatment dari 4,99 menjadi 4,28. Nilai *residual predictive deviation* (RPD) yang didapatkan adalah 2,71. Menurut Nicolai et al. (2007) apabila nilai RPD yang didapatkan 2,71 maka digolongkan dalam prediksi yang baik (*good prediction accuracy*). Nilai *residual predictive deviation* (RPD) meningkat setelah diberikan pretreatment dari 2,33 menjadi 2,71. Plot data kalibrasi pada *Pretreatment standart normal variate* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Plot Data Kalibrasi Kadar Patchouli Alkohol dengan *Mean Normalization*

Model Terbaik untuk Prediksi Patchouli Alkohol Minyak Nilam

Penentuan model terbaik pendugaan kadar patchouli alkohol minyak nilam dengan teknologi *near infrared reflectance spectroscopy* (NIRS) dengan melihat nilai *latent variable*, koefisien determinasi (R^2), koefisien korelasi (r), *root mean square error calibration* (RMSEC) dan menghitung nilai *residual predictive deviation* (RPD) sebagai interpretasi dari pengembangan model kalibrasi. Nilai *residual predictive deviation* (RPD) dapat dihitung dengan cara membagi nilai standar deviasi dengan nilai *root mean square error calibration* pada masing-masing prediksi kadar patchouli alkohol pada tahap pengembangan model kalibrasi. Interpretasi pengembangan model kalibrasi *partial least square* (PLS) pada pendugaan kadar patchouli alkohol minyak nilam menggunakan *near infrared reflectance spectroscopy* (NIRS) pada spektrum *non pretreatment* dan dengan *pretreatment* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Interpretasi Pengembangan Model Kalibrasi *Partial Least Square*

Pendugaan	Latent Variabel	r	R^2	RMSEC (%)	RPD
<i>Non Pretreatment</i>	5	0,89	0,80	4,99	2,33
<i>Mean Normalization</i>	5	0,92	0,85	4,28	2,71

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai koefisien korelasi (r) pada *pretreatment Mean Normlization* didapatkan lebih baik karena nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,92 lebih besar dibandingkan dengan sebelum di *pretreatment*. Selanjutnya nilai koefisien determinasi (R^2) yang didapatkan yaitu sebesar 0,85. Nilai *root mean square error calibration* (RMSEC) yang didapatkan oleh *pretreatment Mean Normlization* yaitu sebesar 4,28 lebih baik karena nilai yang didapatkan paling kecil dibandingkan dengan yang lain. Kemudian berdasarkan nilai *residual predictive deviation* (RPD) untuk *pretreatment Mean Normalization* didapatkan nilai sebesar 2,71 lebih baik karena nilai yang didapatkan lebih besar dibandingkan dengan sebelum di *pretreatment*. Berdasarkan semua pembahasan dapat disimpulkan bahwa perlakuan *pretreatment Mean Normalization* terbukti lebih baik dalam memprediksi kadar PA dibandingkan dengan Non *pretreatment* menggunakan *near infrared reflectance spectroscopy* (NIRS) dengan metode *partial least square regression* (PLSR).

KESIMPULAN

Aplikasi teknologi *near infrared reflectance spectroscopy* (NIRS) dengan metode *partial least square regression* (PLSR) dapat memberikan solusi untuk pendugaan kadar patchouli alkohol minyak nilam secara non-destruktif. Model pendugaan prediksi patchouli alkohol yang terbaik pada penelitian ini adalah PLSR yang dikombinasikan dengan *pretreatment Mean Normalization* (MN) dapat meningkatkan akurasi prediksi dengan *latent variable* 5, nilai *residual predictive deviation* (RPD) sebesar 2,71, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,85, nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,92, nilai *root mean square error calibration* (RMSEC) sebesar 4,28.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Syiah Kuala yang telah mendanai penelitian ini dengan pendanaan penelitian unggulan Universitas Syiah Kuala.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, N. H. and S. Sundarajan. (2019). Chemical Compound Characterizations of Patchouli Leaf Extract via GC-MS, LC-QTOF-MS, FTIR and ¹H NMR. *International Journal of Engineering Research and Technology*. 8 : 1054-1059
- Aisyah, Y. dan Husna. N.E. (2012). Esterifikasi Fraksi Minyak Nilam Hasil Isolasi Dari Tanaman Nilam (*Pogostemon Cablin*) Dengan Estafet Anhidrida. *Proseding Seminar dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI*. Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala
- Burahman, F. (2020). Pendugaan Kadar Patchouli Alkohol Pada Minyak Nilam Hasil Fraksinasi Menggunakan Metode Principal Component Regression. Skripsi. Program Studi Teknik Pertanian. Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh
- Cen, H dan Y. He. (2007). Theory and Application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy in Determination of Food Quality. *J. Trends in Food Sci and Technol*. 18 : 72-83
- Cozzolino, D., W. U. Cynkar, N. Shah,, & P. Smith. (2011). Multivariate data analysis applied to spectroscopy: Potential application to juice and fruit quality. *Food Research International*, 44, 1888-1896
- Idris, A., Ramajura, M., Said, I. (2014). Analisis Kualitas Minyak Nilam (*Pogostemon Cablin* Benth) Produksi Kabupaten Buol. *J. Akad. Kim*. 3(2): 79-85
- Karoui, R., A. M. Mouzena, E. Dufourb, L. Pilllonelc, E. Schallerd, J. De Baerdamaekera, J. O. Bossetc. (2006). Chemical Characterisation of Uropean Emmmental Cheese by Near Infrared Spectroscopy Using Chemometric Tools. *International Dairy Journal*. 16 : 1211-1217
- Lubis, Z. A. 2019. Kondisi Ekonomi Aceh dan Potensi Pengembangan Nilam. *Forum Bisnis Klaster Inovasi Nilam Conference*. Banda Aceh, 30 September 2019.
- Muhammad, S., E. Sufriadi, dan Ernawati. (2018). Penyusunan Masterplan Pengembangan Sentra Industri Kecil dan Menengah (SIKIM) Nilam Aceh Jaya. *Laporan Pengabdian kepada Masyarakat*. USK
- Nuryani, Yang. (2004). Karakteristik Minyak Nilam Hasil Fusi Protoplas Antara Nilam Aceh dengan Nilam Jawa. *Jurnal Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. Vol 15, No.2
- Safitri, W. R. (2016). Pearson Correlation Analysis to Determine The relationship Between City Population Density with Incident Dengue Fever of Surabaya in The Year 2012-2014. *Scientific Journal of Nursing*. 2 (2) : 21- 29
- Sariadi. (2012). Pemurnian Minyak Nilam dengan Proses Adsorpsi menggunakan Bentonit. *Jurnal Teknologi*. 12(2), 100
- Van Beek, TA and D. Joulain. (2017). The essential oil of patchouli, *Pogostemon cablin*: A review. *Flavor Fragrance J*. 33(1) : 6-51
- Zulfahrizal, A. A. Munawar, H. Meilina. (2019). Fast Quantitative Prediction of Patchouli Alcohol Content Using Near Infrared Reflektance Spectroscopy. *2nd International Conference of Essential Oils*. Banda Aceh

- 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
- Zulfahrizal, A. A. Munawar, Mahlinda. 2020. Desain Alat Sensor Near Infrared Reflectance Spectroscopy untuk Peningkatan Nilai Jual Minyak Nilam Aceh. *Laporan Penelitian*. Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.