**Prediksi Kadar Air Beras Menggunakan Nirs Dengan Metode Pls Dan
*Pretreatment Standard Normal Variate, Derivative I, Savitzky Golay Smoothing***
(*Prediction of Rice Moisture Content Using NIRS with PLS Method and Pre-Treatment
Standard Normal Variate, Derivative I, Savitzky Golay Smoothing*)

Nurhasanah¹, Kiman Siregar¹, Zulfahrizal^{1*}

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: zulfahrizal@unsyiah.ac.id

Abstrak. Kadar air merupakan suatu komponen penting dalam beras. Pengukuran kadar air dapat dilakukan menggunakan oven, alat elektronik seperti moisture tester, serta dengan penggunaan gelombang elektromagnetik seperti NIRS. Penelitian ini bertujuan menguji dan mengevaluasi teknologi NIRS sebagai metode cepat dan tepat dalam memprediksi kadar air beras dengan metode *Partial Least Squares* (PLS) serta menentukan metode koreksi spektrum yang terbaik dan akurat untuk memprediksi kadar air beras dengan menggunakan *pretreatment Standard Normal Variate* (SNV), *Derivative- I* (D-1) dan *Savitzky Golay Smoothing* (SGS). Penelitian ini menggunakan Beras merk MB yang berasal dari pasar Rukoh Banda Aceh, yang berjumlah 20 sampel atau 300 gram. Perlakuan yang diberikan pada beras yaitu tanpa perendaman dan perendaman selama 5, 10, dan 15 menit. Prediksi kadar air beras dengan NIRS menggunakan alat *self developed* FT-IR IPTEK T-1516 dan metode referensi yang digunakan adalah metode gravimetri yang berdasarkan pada Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Pengolahan data menggunakan *Unscramble software*® X version 10.5. Hasil penelitian menunjukkan prediksi kadar air beras dengan metode *Partial Least Squares* (PLS) menghasilkan *good model performance* dengan nilai RPD yang didapat yaitu 2,24 dan metode koreksi terbaik pada penelitian ini adalah Derivative-I dengan nilai RPD 2,57, r sebesar 0,9169, R² sebesar 0,8407 dan RMSEC sebesar 1,6620.

Kata kunci: NIRS, PLS, Beras, Kadar Air.

Abstract. Moisture content is an important component in rice. Measurement of moisture content can be analyzed using an oven, electronic devices such as moisture tester, and by using the use of electromagnetic waves such as NIRS. This study aims to examine and evaluate NIRS technology as a faster and proper method in predicting rice moisture content by *Partial Least Squares* (PLS) method and determining the best and accurate spectrum correction method to predict rice water content using *Standard Normal Variate* (SNV) pretreatment, *Derivative-I* (D-1) and *Savitzky Golay Smoothing* (SGS). This study uses MB brand rice from the Rukoh market in Banda Aceh, with total 20 samples or 300 grams. The treatment given to rice are without soaking and soaking for 5, 10, and 15 minutes. Prediction of rice water content with NIRS using a self-developed FT-IR IPTEK T-1516 and the reference method used is a gravimetric method based on the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Data processing using *Unscramble software*® X version 10.5. The results showed the prediction of rice water content by the Partial Least Squares (PLS) method showed a good performance model with the RPD value obtained was 2.24 and the best correction method in this study was Derivative-I with an RPD value of 2.57, r of 0, 9169, R² of 0.8407 and RMSEC of 1.6620.

Keywords: NIRS, PLS, Rice, Moisture Content.

PENDAHULUAN

Beras merupakan salah satu tanaman pangan utama hampir dari setengah populasi dunia. Setiap tahun permintaan beras terus meningkat seiring dengan peningkatan pertumbuhan penduduk. Salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan atau beras adalah kadar air, karena air dapat mempengaruhi mutu serta daya simpan bahan pangan tersebut. Pengukuran kadar air beras biasanya dilakukan dengan menggunakan metode oven atau gravimetri, dan alat elektronik seperti moisture tester. Seiring dengan berkembangnya teknologi, pengukuran kadar air dapat dilakukan menggunakan metode NIRS. Menurut Cen *et al.*, (2007) Metode NIRS dapat mendeteksi kandungan zat sampai 0,1 %.

Penelitian yang menggunakan NIRS sudah banyak dilakukan termasuk pada biji-bijian. Misalnya penelitian NIRS terkait beras hitam (Chen *et al.*, 2018), benih padi (Firdaus *et al.*, 2014), biji kakao (Zulfahrizal *et al.*, 2013), bubuk biji kakao (Ulva *et al.*, 2016; Masdar *et al.*, 2016) dan jagung (Budiastira *et al.*, 2016). Pada penelitian-penelitian tersebut didapat bahwa NIRS mampu mendeteksi keberadaan air dan memprediksi kadar air dalam biji-bijian.

Tujuan dari penelitian ini adalah menguji dan mengevaluasi teknologi NIRS sebagai metode cepat dan tepat dalam memprediksi kadar air beras dengan metode *Partial Least Squares (PLS)* dan menentukan metode koreksi spektrum yang terbaik dan akurat untuk memprediksi kadar air beras dengan menggunakan pretreatment *Standard Normal Variate (SNV)*, *Derivative-I (D-1)* dan *Savitzky Golay Smoothing (SGS)*.

I. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai April 2018 di laboratorium Analisis Pangan, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Laboratorium Teknik Pasca panen dan Laboratorium Instrumentasi dan Energi, Prodi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Self developed FT-IR IPTEK T-1516*, oven merk eyela wfo-450pd, cawan petri, botol plastik, timbangan digital, tirisan, tisu, penjepit cawan, desikator dan unscrambler software® X version 10.5. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah beras merk MB sebanyak 300 gram.

2.3. Persiapan Beras

Penelitian ini menggunakan Beras merk MB yang berasal dari pasar Rukoh Banda Aceh. Beras terlebih dahulu disortasi untuk mendapatkan beras utuh dan beras kepala. Perlakuan yang diberikan pada beras yaitu tanpa perendaman dan perendaman selama 5, 10, dan 15 menit. Beras dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk pengujian kadar air metode gravimetri dan akuisisi spektrum NIR. Masing-masing metode berjumlah 20 sampel.

2.4. Uji Kadar Air Laboratorium

Pengujian kadar air menggunakan metode gravimetri yang berdasarkan pada *Association of Official Analytical Chemists (AOAC)* (2005). Perhitungan kadar air menggunakan rumus:

$$KA \text{ (\% Basis Basah)} = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

KA = Kadar air (% Basis Basah)

M₁ = Bobot cawan dengan sampel sebelum di oven (gram)

M₂ = Bobot cawan dengan sampel setelah di oven (gram)

M₀ = Bobot cawan kosong (gram)

2.5. Pengaturan Alat NIRS

Adapun instrument utama yang digunakan untuk memprediksi kadar air pada penelitian ini adalah *self developed* FT-IR IPTEK T-1516. Menurut Zulfahrizal et al., (2017) menyatakan instrument ini meradiasikan gelombang cahaya pada kisaran Panjang gelombang antara 1000 sampai 2500 nm dan dikontrol oleh perangkat lunak *Thermo Integration* ®. Spektrum NIRS didapatkan menggunakan *self developed* FT-IR IPTEK T-1516, dengan konfigurasi alur kerja alat (*workflow*) dibangun dengan menggunakan perangkat lunak terintegrasi *Thermo Integration* ®. *Workflow* dibuat untuk mengatur alat agar berkerja untuk mengakuisisi spektrum *diffuse reflectance* sampel, lalu merata-ratakan hasilnya dan menyimpan hasil pemindaianya dalam tiga bentuk file yaitu *.SPA *.JDX dan *.CSV.

2.6. Akuisisi Spektrum NIRS

Akuisisi Spektrum dilakukan dalam bentuk tumpukan. Masing-Masing sampel yang telah dimasukkan ke dalam botol plastik akan dilakukan pengambilan spektrum dengan cara diletakkan masing-masing sampel tersebut pada lubang sinar. Data absorbansi diperoleh dengan cara mentransformasikan nilai reflektansi ke dalam bentuk Log (1/R).

2.7. Pemeriksaan Data Outlier PCA + Hotelling T² Ellipse

Data outlier di *remove* dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *hotelling T² ellipse* yang merupakan cara untuk menganalisa data penciran. Data yang diambil adalah data yang berada didalam garis elips, jika berada diluar garis elips, maka data tersebut ditandai sebagai data penciran (outlier) dan di hilangkan (*remove*) (Cozolino et al., 2011).

Sebelum digunakan untuk Analisa data (membangun model prediksi), spektrum NIR untuk semua sampel terlebih dahulu dilakukan koreksi spektrum. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan berbagai macam *noise* pada spektrum sampel agar hasil prediksi lebih akurat (Mouazen et al., 2010). Adapun pretreatment yang digunakan pada penelitian ini adalah *Standard Normal Variate* (SNV), *Savitzky Golay Smoothing* (SGS) dan *Derivative I* (D1). Model prediksi dibangun dengan metode *Partial Least Squares* (PLS) untuk memprediksi kadar air beras.

2.8. Pembuatan Model Kalibrasi

Kadar air beras diprediksi dengan cara membangun model berdasarkan data dari akuisisi spektrum NIRS (variabel X) dan data kadar air yang menggunakan metode gravimetri dari hasil pengukuran di laboratorium (variabel Y). Model prediksi dibangun dengan menggunakan metode *partial least square* (PLS). Keseluruhan data dipakai sebagai dataset kalibrasi yang digunakan untuk membangun model prediksi kadar air.

Evaluasi keakuratan model dievaluasi dengan melihat parameter statistik yang meliputi; koefisien korelasi (r), koefisien determinasi (R²), *root mean square error* (RMSE), *Residual Predictive Deviation Index* (RPD), dan jumlah *latent variable* (LV). Model yang bagus memiliki nilai r dan R² yang tinggi, RMSEC yang rendah, RPD > 1,5; (Flores, 2009 ; Jha, 2006 ; Nicolai, 2007 ; Zulfahrizal, 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data Outlier

Data Outlier atau data pencilan merupakan suatu data yang berbeda dengan data-data lainnya. Data outlier dideteksi menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan Hotelling T^2 ellipse. Pemeriksaan data Outlier dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Analisa Data Outlier dengan Metode PCA dan Hotelling T^2 Ellipse

Setelah analisa data pencilan dilakukan, data yang berada di luar garis ellipse pada Gambar 1, bukan termasuk kedalam data pencilan melainkan data pengungkit hal tersebut dikarenakan saat data diluar garis ellipse di hapus (*remove*) maka data yang lain ikut keluar dari garis ellipse, sehingga data yang digunakan yaitu 20 sampel.

Analisa Spektrum NIRS

Raw Spektrum Beras

Raw spektrum atau spektrum awal merupakan hasil pengambilan spektrum NIRS pada selang panjang gelombang 1000 nm sampai 2500 nm tanpa menggunakan metode koreksi spektrum. Spektrum awal pada penelitian ini telah memberikan informasi akan adanya kandungan air dalam beras, yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Spektrum Awal Kadar Air Beras

Pada Gambar 2. terdapat dua puncak kandungan air yang terbentuk yaitu 1881-1970 nm ($5314-5075 \text{ cm}^{-1}$) dan 1406-1455 nm ($7108-6869 \text{ cm}^{-1}$). Pada penelitian ini panjang gelombang kandungan air serupa penelitian Chen *et al.*, (2018) yaitu penyerapan air pada beras hitam di panjang gelombang 1932 nm (5175 cm^{-1}) dan 1443 nm (6930 cm^{-1}). Pada penelitian Firdaus (2014) kandungan air benih padi terdapat pada panjang gelombang 1940 nm (5154 cm^{-1}) dan 1450 nm (6896 cm^{-1}). Pada penelitian biji-bijian seperti Zulfahrizal *et al.*, (2013) panjang gelombang kandungan air biji kakao yaitu 1935-1955 nm ($6920-6825 \text{ cm}^{-1}$) dan 1445-1465 nm ($6920-6825 \text{ cm}^{-1}$). Pada penelitian Budiastira *et al.*, (2016) kandungan air jagung dideteksi pada 1940 nm (5154 cm^{-1}) dan 1450 nm (6896 cm^{-1}). Hal tersebut juga serupa pada Cen *et al.*, (2007) yaitu pada produk makanan (sayur, buah dan

biji-bijian) kandungan air terdapat pada panjang gelombang 1820-1944 nm ($5494-5144 \text{ cm}^{-1}$) dan 1380-1450 nm ($7246-6896 \text{ cm}^{-1}$).

Pretreatment Standard Normal Variate (SNV)

Penggunaan *pretreatment* SNV bertujuan untuk mengurangi pengaruh interferensi gelombang *noise* yang menyebabkan spektrum kadar air beras lebih halus dan lebih rapat seperti yang terlihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Spektrum Kadar Air Beras *Standard Normal Variate* (SNV)

Pretreatment Standard Normal Variate (SNV) berhasil menghilangkan *scatter effects* dari spektrum, sehingga spektrum kadar air beras yang dihasilkan lebih bagus dan lebih jelas dibandingkan spektrum awal kadar air beras yang tidak menggunakan *pretreatment*. Pada Gambar 3, terlihat bahwa terdapat dua puncak yang memiliki kandungan air yaitu puncak pertama pada 1881-1970 nm ($5314-5075 \text{ cm}^{-1}$) dan pada puncak kedua kandungan air pada panjang gelombang 1406-1455 nm ($7108-6869 \text{ cm}^{-1}$).

Panjang gelombang optimum pengujian kadar air dapat dilihat pada loading plot, seperti Gambar 4. Pada penelitian ini panjang gelombang optimum kadar air beras pada puncak pertama yaitu dengan rentang 1866-1993 nm ($5357-5017 \text{ cm}^{-1}$) dan kadar air pada puncak kedua yaitu dengan rentang 1417-1489 nm ($7054-6714 \text{ cm}^{-1}$). Pada panjang gelombang tersebut terjadi *stretching*.

Gambar 4. Loading Plot pada *Pretreatment Standard Normal Variate* (SNV)

Pretreatment Derivative-I

Pretreatment Derivative-I telah meningkatkan resolusi spektrum, memperjelas puncak dan lembah spektrum, dan spektrum tidak saling tumpang tindih seperti pada Gambar 2. Pada Gambar 5, puncak pertama kandungan air yaitu 1876-1923 nm ($5330-5200 \text{ cm}^{-1}$) dan puncak kedua kandungan air terdapat di panjang gelombang 1379-1408 nm ($7250-7100 \text{ cm}^{-1}$).

Gambar 5. Spektrum Kadar Air Beras *Derivative-1*

Puncak kandungan air terlihat begitu jelas di Gambar 6. Pada panjang gelombang dengan rentang 1778-1937 nm ($5623-5160\text{ cm}^{-1}$) merupakan puncak paling tinggi atau paling jelas dibandingkan puncak kedua dengan panjang gelombang pada rentang 1337-1426 nm ($7474-7011\text{ cm}^{-1}$).

Gambar 6. Loading Plot pada *Pretreatment Derivative-1*

Pretreatment Savitzky-Golay Smoothing

Prediksi kadar air beras menggunakan NIRS dengan *pretreatment Savitzky Golay Smoothing* menghasilkan spektrum yang kurang bagus hal tersebut terlihat pada Gambar 7. Spektrum pada Gambar 7, terlihat seperti spektrum kadar air beras non *pretreatment* yang saling tumpang tindih sehingga spektrum pita yang dihasilkan lebih tebal. Pada spektrum kadar air beras menggunakan *pretreatment Savitzky Golay Smoothing* puncak pertama yaitu 1881-1970 nm ($5314-5075\text{ cm}^{-1}$) dan puncak kedua dengan rentang 1406-1455 nm ($7108-6869\text{ cm}^{-1}$).

Gambar 7. Spektrum Kadar Air Beras Savitzky Golay *Smoothing*

Loading Plot Savitzky Golay *Smoothing* memiliki beberapa puncak yang menandakan adanya kandungan air pada beras tersebut. Puncak dengan panjang gelombang dengan rentang 1868-2039 nm ($5353-4902\text{ cm}^{-1}$) merupakan puncak yang paling tertinggi, dan pada panjang gelombang 1406-1490 nm ($7108-6707\text{ cm}^{-1}$) juga memiliki kandungan air, yang ditandai dengan adanya puncak yang terbentuk pada loading plot tersebut (Gambar 8).

Gambar 8. *Loading Plot* pada *Pretreatment* Savitzky Golay *Smoothing*

Pengembangan Model Kalibrasi *Partial Least Squares* (PLS)

Pengembangan model menggunakan *Partial Least Squares* (PLS) akan ditampilkan dalam bentuk nilai regresi. *Partial Least Squares* (PLS) akan memberikan informasi spektrum yang relevan dengan suatu kandungan kimia tertentu yang dibutuhkan. Sebagai salah satu metode, model regresi *Partial Least Squares* (PLS) mencari korelasi antara variable x dan variable y. Variable x pada prediksi kadar air beras dengan metode *Partial Least Squares* (PLS) merupakan nilai *diffuse reflectance* yang didapat dari akuisisi spektrum NIRS sedangkan variabel y diperoleh dari hasil pengukuran laboratorium. Acuan pengukuran untuk sampel kalibrasi seperti selang antar sampel, rata-rata dan standar deviasi sampel untuk pengukuran kadar air yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Acuan Pengukuran Data Kalibrasi

Bagian	Jumlah Data	Kadar Air		
		Selang (%)	Rataan	Standar Deviasi
Kalibrasi	20	13,28-24,59	20,6520	4,2734

Hasil analisis kalibrasi *Partial Least Squares* (PLS) pada uji kadar air beras menggunakan NIRS dengan beberapa *pretreatment* seperti *Standard Normal Variate* (SNV), *Derivative-I* dan Savitzky Golay *Smoothing* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Kadar Air Hasil Uji Laboratorium dan Pendugaan dengan NIRS

No	Nomor Sampel	Uji Laboratorium	Hasil Prediksi PLS			
			Non-pretreatment	SNV	D-1	SGS
1	B0MB1	13,28	13,32	13,44	13,26	13,32
2	B0MB2	13,80	13,63	13,65	13,86	13,63
3	B0MB3	13,87	19,59	19,46	19,15	19,57
4	B0MB4	13,66	13,51	14,31	13,61	13,50
5	B0MB5	13,52	14,73	15,03	13,46	14,79
6	B5MB1	22,15	24,24	20,95	22,38	24,25
7	B5MB2	21,81	21,00	22,19	21,79	21,01
8	B5MB3	22,25	22,39	19,42	22,29	22,39
9	B5MB4	22,16	22,46	22,89	22,22	22,46
10	B5MB5	21,49	21,76	21,96	21,56	21,77
11	B10MB1	22,53	21,61	21,43	22,49	21,60
12	B10MB2	22,59	21,03	21,59	22,59	21,02
13	B10MB3	22,53	21,63	22,90	22,43	21,62
14	B10MB4	22,57	23,66	22,85	22,51	23,69
15	B10MB5	22,46	23,45	24,56	22,48	23,45
16	B15MB1	24,46	24,67	24,78	24,51	24,67
17	B15MB2	24,44	22,57	23,48	24,44	22,54
18	B15MB3	24,59	24,31	23,21	24,43	24,29
19	B15MB4	24,37	19,59	19,46	19,15	19,57
20	B15MB5	24,51	23,90	25,46	24,43	23,89

Keterangan: B0= Beras perendaman 0 menit, B5= beras perendaman 5 menit, B10= beras perendaman 10 menit, B15= beras perendaman 15 menit.

Pada Tabel 2. Hasil pengukuran kadar air beras menggunakan NIRS memperlihatkan angka prediksi ada yang sangat mendekati dan ada yang sedikit berbeda dari hasil uji laboratorium. Pada nomor sampel B0MB1 perbedaan hasil uji laboratorium dan prediksi menggunakan NIRS dengan *pretreatment* Derivative-I yaitu 0,02%, pada nomor sampel B5MB1 perbedaan sebesar 0,23 %, pada nomor sampel B10MB1 perbedaan sebesar 0,04 %. Tingkat keakuratan prediksi kadar air beras dapat dievaluasi dengan melihat parameter statistik seperti, koefisien korelasi (r), koefisien determinasi (R^2), *root mean square error* (RMSE), *Residual Predictive Deviation Index* (RPD).

Prediksi kadar air beras menggunakan NIRS metode *Partial Least Squares* (PLS) menghasilkan *good model performance* dikarenakan nilai RPD yang didapat pada *Non pretreatment*, *Standard Normal Variate* (SNV), *Derivative-I* dan *Savitzky Golay Smoothing* keseluruhannya bernilai lebih besar dari 2. Hal ini sesuai dengan pernyataan Zulfahrizal *et al.*, (2016) bahwa PLS merupakan metode analisa kuantitatif yang paling banyak direferensikan. Hal ini dikarenakan PLS berfokus pada kovarians diantara respond dan predictor-predictor yang mereduksi dampak dari banyaknya predictor yang tidak relevan dengan keragaman data, sehingga PLS mampu bekerja lebih optimal untuk menghasilkan model prediksi yang baik. Secara lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Statistik Hasil Kalibrasi Kadar Air Beras

Perlakuan	Latent variable	R^2	r	RMSEC (%)	RPD
<i>Non pretreatment</i>	8	0,7909	0,8893	1,9046	2,24
<i>Standard Normal Variate</i>	8	0,7719	0,8785	1,9892	2,15
<i>Derivative I</i>	8	0,8407	0,9169	1,6620	2,57
<i>Savitzky Golay Smoothing</i>	8	0,7896	0,8886	1,9104	2,24

Berdasarkan nilai parameter statistik kalibrasi kadar air beras pada Tabel 3. *pretreatment* yang terbaik pada penelitian ini adalah *pretreatment Derivative-1*, dikarenakan nilai koefisien determinasi (R^2) yang dihasilkan *pretreatment Derivative-1* lebih mendekati angka 1 dibandingkan dengan *pretreatment* yang lainnya yaitu 0,8407, nilai *root mean square error calibration* (RMSEC) yaitu 1,6620 dan nilai RPD yang didapat yaitu 2,57 yang merupakan nilai RPD paling tertinggi jika dibandingkan dengan *non pretreatment*, *pretreatment Standard Normal Variate* (SNV) dan *pretreatment Savitzky-Golay Smoothing*.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

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

1. Spektrum NIRS Beras menunjukkan keberadaan kandungan air dapat dideteksi pada panjang gelombang 1881 – 1970 nm dan 1406 – 1455 nm.
2. Aplikasi teknologi NIRS dengan metode PLS menghasilkan model prediksi kandungan kadar air yang tergolong *good model performance* dalam mendeteksi kandungan kadar air.
3. Metode koreksi yang paling baik pada penelitian ini adalah *Derivative-1* dengan nilai RPD yaitu 2,57, r sebesar 0,9169, R^2 sebesar 0,8407 dan RMSEC sebesar 1,6620.

Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebaiknya pada penelitian lanjutan dilakukan sampai ketahap validasi serta menggunakan metode koreksi spektrum selain *pretreatment Standard Normal Variate* (SNV), *Derivative-1* dan *Savitzky Golay Smoothing* (SGS).

Daftar Pustaka

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists Benjamin Franklin Station, Washington DC.
- Budiastara, I. W., H. Andriantya, H. K. Purwadaria. 2016. Non Destructive Nutrient Determination of Maize Using NIR Method. Jurnal Department of Mechanical and Biosystem Engineering. Bogor Agricultur University. Bogor. Indonesia.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh. Produktivitas Tanaman Padi dan Palawija Aceh. 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 & Technol.18:72-83.
- Chen, H., C. Tan, Z. Lin. 2018. Authenticy Detection of Black Rice by Near Infrared Spectroscopy and Support Vector Data Description. International Journal of Analytical Chemistry. 1-8.
- 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.
- Firdaus, J. Rokhani, H. Usman, A. dan M. Rahmad, S. 2014. Deteksi Cepat Viabilitas Benih Padi Menggunakan Gelombang Near Infrared dan Model Jaringan Saraf Tiruan. Jurnal Departemen Teknik Mesin dan Biositem IPB. Vol. 1. Hal 77.
- Florez, K., M.T. Sanchez, D. Perez-Marin, J.E.Guerrero, A.G . Varo. 2009. Feasibility in NIRS Instrument for Predicting Internal Quality in Intact Tomato. Jurnal Food Engineering. 91:311-318.
- Jha, S. N., A. R. P. Kinsly, S. Chopra. 2006. Non-Destruktif Determination of Firmness and Yellowness of Mango During Growth and Storage Using Visual Spectroscopy. Jurnal Biosystem Engineering. 94:397-402.
- Mouazen A. M., W. Saeys, J. Xing, J. D. Baerdemaeker, H. Ramon. 2010. Near infrared spectroscopy for agricultural materials: an instrument comparison. *J Near InfraredSpectrosc.* 13: 87-97.
- Nicolai, B. M., K. Beullens, E. Bobelyn, A. Peirs, W. Saeys, K. I. Theron, J. Lamertyn. 2007. Nondestructive Measurement of Fruit and Vegetable Quality by Means of NIR Spectroscopy : A Review. Postharvest Biology and Technology. 46: 99-118.
- Ulva, C. M., Zulfahrizal, A.A. Munawar. 2016. Prediksi Kadar Air Biji Kakao Menggunakan NIRS Dengan Metode PLS (Dengan Pretreatment Derivative ke-1 dan Mean Centering. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah. 1(1):1037-1045.
- Zulfahrizal., A.A. Munawar dan H. Meilina. 2016. Estimasi Kandungan Lemak Pada Biji Kakao Utuh Secara Cepat dan Non-Destruktif dengan Menggunakan Teknologi NIRS. Jurnal Otomasi, Kontrol dan Instrumentasi. Vol. 8(1). Hal 17.
- 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. Prosiding Seminar Nasional Pasca Sarjana (SNP) Universitas Syiah Kuala di Banda Aceh 13 April 2017. 32-37.
- Zulfahrizal., Sutrisno, I. W. Budiastara, K. B. Seminar, A. A. Munawar. 2013. Akuisis Spektrum Near Infrared Reflectance Pada Biji Kakao. Buletin Riset Tanaman Rempah dan AnekaTanaman Industri. 4(1):1-9.