Penentuan Kadar Lemak Secara Non-Destruktif Pada Bubuk Biji Kakao (Berbasis Nirs-Partial Least Square) Dengan Menerapkan Metode Mean Normalization Dan De-Trending

Non-Destructive Determination of Cocoa Bean Fat Content by NIRS (Comparissions Between Mean Normalization and De-Trending)

Muaida Alfia*, Zulfahrizal, Agus Arip Munawar

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

Abstrak. Saat ini untuk menentukan kadar lemak pada biji kakao dilakukan dengan mengekstrak biji kakao menggunakan pelarut tertentu yang memakan waktu cukup lama, sehingga metode penentuan mutu secara cepat dan tepat diperlukan untuk menghasilkan komoditas kakao standar mutu tinggi yang dapat diwujudkan dengan metode *near infrared reflectance spectroscopy* (NIRS). Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini membandingkan data spektrum antar *pretreatment mean normalization* (MN) dan *de-trending* dan (DT) dalam mengkoreksi spektrum NIRS yang dihasilkan serta mengembangkan metode non-destruktif NIRS dalam menduga kandungan lemak pada bubuk biji kakao. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan Energi Program Studi Teknik Pertanian pada bulan Maret sampai Mei 2016. Hasil penelitian yang diperoleh bahwa metode NIRS menggunakan *pretreatment de-trending* dan *mean normalization* pada panjang gelombang 2300-2400 nm merupakan panjang gelombang yang paling relevan untuk menduga kadar lemak pada bubuk biji kakao. Pendugaan PLS yang didukung *pretreatment* telah menghasilkan pendugaan yang tergolong *good model performance*. Pada pendugaan kadar lemak PLS yang sangat baik dalam meningkatkan kinerja PLS pada *cross validation* adalah *de-trending*.

Kata kunci : Biji Kakao, NIRS, Kadar Lemak, Metode Non-Destruktif.

Abstract. Determining fat content in cocoa beans is generally performed by extracting cocoa beans using certain solvent extraction which takes a long time. Determining quality method quickly and exactly required to produce the commodity of high quality standard cocoa that is realized by of *near infrared reflectance spectroscopy* (NIRS) method. The aim of this research is to compare the spectral data *pretreatment mean normalization* (MN) and *de-trending* and (DT) in correcting the NIRS spectrum which is namely and to develop of non-destructive NIRS method in predicting the fat content in cocoa powder. This research was conducted in Instrumentation Laboratory and Energy of Agriculture department from March to May 2016. the results of the research obtained that the NIRS method used *de-trending* and *mean normalization* spectra correction methods at a wave-length range of 2300-2400 nm, found to be the most relevant to estimate the fat content in cocoa powder. The estimation of PLS been produced a of *good model performance*.

Keywords: Cocoa beans, NIRS, Fat Content, Non-Destructive Methods.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara pembudidaya tanaman kakao yang luas di dunia. Indonesia berdasarkan data ICCO (*International Cocoa Organization*) merupakan produsen biji kakao nomor tiga dunia setelah Pantai Gading dan Ghana. Tahun 2014 produksi biji kakao Pantai Gading diperkirakan sebesar 1.746.000 ton, Ghana 897.000 ton dan Indonesia sebesar 375.000 ton (ICCO, 2015). Aceh sendiri pada tahun 2013 menyumbang sebesar 34.795 ton. Namun kenyataannya industri pengolahan kakao dan industri cokelat justru berada di negara-negara Eropa (Belgia, Inggris, dan Swiss), Amerika Serikat, serta Singapura dan Malaysia sehingga nilai tambah tidak dinikmati Indonesia sebagai penghasil biji kakao (BPS, 2013).

Saat ini produksi dan produktivitas kakao di Indonesia mengalami penurunan. Selain tingkat produktivitas yang kecil dibandingkan dengan klon atau tanaman yang ada, aspek mutu juga mengalami masalah. Rendahnya mutu dan daya saing produk dipengaruhi oleh banyak faktor dan salah satunya adalah aspek pasca panen yang belum dilakukan dengan baik. Lemak merupakan komponen termahal dari biji kakao sehingga nilai ini dipakai oleh konsumen sebagai salah satu tolak ukur penentuan harga. Kisaran kadar lemak biji kakao Indonesia adalah antara 49% - 52% (Mulato *et al.* 2010). Menurut panduan yang dikeluarkan Badan Standarisasi Nasional (2008), untuk menentukan kadar lemak dilakukan dengan mengekstrak biji kakao menggunakan pelarut tertentu yang memakan waktu cukup lama.

Metode penentuan mutu secara cepat dan tepat diperlukan untuk menghasilkan komoditas kakao standar mutu tinggi yang disyaratkan negara konsumen. SNI menetapkan standar mutu biji kakao dilihat secara fisik seperti kadar air, kontaminasi terhadap serangga, benda asing dan berbagai aroma yang dapat merusak aroma khas kakao (BSN, 2008). Secara khusus Mulato *et al* (2009) mengatakan bahwa mutu kakao ditentukan oleh rendemen lemak, aroma dan citarasa, karena komponen-komponen inilah yang biasanya menentukan sensasi dalam menikmati coklat.

Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) merupakan salah satu metode pengukuran non-destruktif yang banyak digunakan dan dikembangkan. Teknologi NIRS dapat menganalisa dengan cepat, tidak menimbulkan polusi, penggunaan preparat contoh yang sederhana, dan tidak merusak sampel. Cen dan He (2007) menyatakan melalui pengembangan ilmu komputer dan kemometrika, kemampuan aplikasi teknik NIRS menjadi lebih populer dan menarik banyak perhatian para peneliti dalam bidang pangan. Komponen dengan presentase konsentrasi 0.1 % dapat dideteksi dan dievaluasi menggunakan NIRS. Sudah seharusnya dikembangkan metode untuk pengukuran mutu kakao yang memenuhi syarat cepat dan akurat.

METODE PENELITIAN

Penelitian telah dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi, dan Energi, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Petanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah FT-IR IPTEK T-1516, perlengkapan uji kadar lemak, perlengkapan pembubukan biji kakao dan *unscrambler software® X version 10.1*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biji kakao yang didapat dari Jember berupa yang non fermentasi dan difermentasi.

Pesiapan Bubuk Biji Kakao

Penelitian ini menggunakan buah kakao varietas lindak yang didapat dari Jember berupa yang non fermentasi dan difermentasi. Kemudian kakao tersebut disimpan selama 3 hari di ruangan dengan suhu 25°C yang bertujuan untuk menstabilkan suhu pada biji kakao. Selanjutnya dilakukan penghancuran pada biji kakao dengan menggunakan alat penghancur (blender) dan dihasilkan bubuk kasar. Selanjutnya diayak dengan ayakan berukuran 24 mesh untuk mendapatkan bubuk kakao yang halus dengan ukuran yang seragam. Jumlah sampel sebanyak 30 sampel yang terdiri dari 15 sampel yang non fermentasi dan 15 sampel yang difermentasi.

Pengambilan Spektrum Bubuk Biji Kakao

Selanjutnya dilakukan kalibrasi *background/reference* pada alat FT-IR IPTEK T-1516 tiap jam. Proses bekerjanya alat menggunakan *integrating sphere*. Digunakan *software termo integration*[®] untuk pengendalian kerja alat untuk pembuatan *workflow* dan menjalankan *workflow*, untuk *running* alat dilakukan oleh *termo operation*[®]. Selang gelombang yang dipilih adalah antara 1000-2500 nm dengan interval 0.4 nm. *Workflow* dibuat untuk mengatur alat agar bekerja untuk mengakuisisi spektrum absorban, memindai sampel sebanyak 64 kali perproses lalu dirata-ratakan hasilnya, kemudian disimpan hasil pemindaian dalam 3 bentuk file yakni *.SPA, *.JDX dan *.CSV. Akuisisi spektrum bubuk biji kakao dengan pengambilan spektrumnya yaitu memasukkan bubuk biji kakao ke dalam *petridish* (diameter 3 cm, tebal 1,9 cm) yang tersedia lalu diatur berputar 360 derajat selama proses pemindaian sampel. Data absorban diperoleh dengan cara menransformasikan nilai reflektan/pantulan kedalam bentuk Log (1/R). Pengolah data spektrum menggunakan *unscrambler software*[®] X version 10.1. *Pretreatment* yang digunakan adalah *de-trending* (DT) dan *mean normalization* (MN).

Kadar Lemak

Pengukuran kadar lemak menggunakan Metode *Soxhlet* (Zulfahrizal, 2014) Prosedur pengukuran dimulai dengan mengeringkan labu takar bersama beberapa batu api selama 1 jam pada suhu 105°C. Lalu didinginkan dalam *exicator*. Kemudian ditimbang, hasilnya dicatat sebagai nilai L. Sampel sebanyak 10 gram dimasukkan dalam *extration thimble* kemudian ditutup dengan kapas dan *extration thimble* ditempatkan dalam perangkat *soxhlet*. Selanjutnya menambahkan 100-150 ml *n-hexana* kedalam labu takar. Maka proses ekstraksi dapat dimulai. Ekstraksi dilakukan selama 6 jam pada suhu 95°C sampai *n-hexana* bersih. Selanjutnya *n-hexana* diuapkan dengan *rotary evaporator* sampai yang tertinggi adalah cairan lemak. Lalu labu takar yang mengandung lemak dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit. Terakhir, labu takar didinginkan di dalam *exicator*. Setelah dingin, labu takar ditimbang kembali dan dicatat sebagai LA. Perhitungan jumlah kadar lemak (KL) mengikuti persamaan :

$$KL (\%) = \frac{(LA - L) \times 10.00}{10 \times \text{material kering} (\%)}$$

Dimana : L = Berat awal labu takar (gr)

LA = Berat akhir labu takar (gr)

Pengembangan Model Kalibrasi Kadar Lemak dalam Bubuk Biji Kakao

Keseluruhan data dipakai sebagai dataset kalibrasi yang digunakan untuk membangun model prediksi kadar lemak. Kemudian dilakukan validasi silang (*K-fold cross validation*) dengan jumlah segment (*fold*) adalah 10. Model prediksi dibangun dengan menggunakan metode *Partial Least Squares* (PLS) yang dibandingkan dengan hasil uji laboratorium.

Evaluasi keakuratan dan kehandalan model dievaluasi dengan melihat parameter statistik yang meliputi: koefisien kolerasi (r), koefisien determinasi (R²), *residual predictive deviation* (RPD) *index*, *root mean square error cross validation* (RMSECV), *root mean square error calibration* (RMSEC), *latent variable* (LV), dan dRMSE. Model persamaan kalibrasi data serapan dibandingkan dengan data aktual dan dilihat nilai r, RMSEC, RMSECV, RPD, dan LV. Model yang bagus memiliki nilai r dan R² yang tinggi, RMSEC yang rendah, RPD >

1.5 jumlah latent variable <9 ; RMSEC, RPD, dan dRMSE dicari dengan persamaan (Florez, 2009 ; Jha, 2006 ; Nicolai, 2007 ; Zulfahrizal, 2015^b) :

$$dRMSE = \frac{|RMSECV - RMSEC|}{RMSECV}$$

$$RMSEC, RMSECV = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}$$

$$RPD = \frac{SD}{RMSECV}$$

Dimana : $\hat{y}_i$ = parameter nilai dari dugaan awal model sampel ke-i.
 y_i = parameter nilai hasil pengukuran laboratorium untuk sampel ke-i
 n = jumlah sampel dalam kalibrasi atau validasi.
 SD = standar deviasi untuk data aktual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrum NIRS

Pengukuran spektra yang digunakan pada rentang panjang gelombang 1000-2500 nm dengan interval 0.4 nm sebanyak 30 sampel. Selang panjang gelombang dibawah 1000 nm sengaja dipotong karena cenderung tidak memberikan informasi yang dibutuhkan. Pada panjang gelombang 1000-2500 nm memperlihatkan spektrum dengan beberapa puncak-puncak yang terbentuk. Puncak spektrum NIR ini dipengaruhi oleh komponen kimia di dalam bahan dan karakter fisik bahan. Masing-masing puncak dapat diinterpretasikan memiliki kandungan kimia yang berbeda. Spektrum bubuk biji kakao yang didapat dari pengukuran spektra dengan alat NIRS dapat dilihat berdasarkan Gambar 1 pada a. *Raw Spektrum*.

Selanjutnya terlihat jelas pada b. *Mean Normalization* (Gambar 1.) perbedaan antara adanya *pretreatment* dan *non pretreatment*. Hal ini dapat dilihat dari variasi yang muncul antar spektrum. Pemakaian *pretreatment mean normalization* dilakukan untuk menghilangkan pengaruh perbedaan ukuran partikel sampel uji dan memperbesar rentang nilai reflektan serta akan memperlebar nilai spektra serta memproposionalkan nilai spektra dari dua nilai spektra dengan kandungan yang sama. Sehingga spektrum yang didapat menjadi lebih berhimpit (sama) untuk bahan dengan kandungan kimia yang sama.

Berikutnya pada c. *De-Trending* (Gambar 1.) digunakan untuk menghapus *trend nonlinear* dalam data. Pemberian *pretreatment* bertujuan untuk mengurangi pengaruh interferensi gelombang *noise* yang menyebabkan kumpulan spektrum bubuk biji kakao lebih halus dan lebih rapat.

Gambar 1. Spektrum NIRS pada Bubuk Biji Kakao a. *Raw* Spektrum
b. *Mean Normalization* c. *De-Trending*

Loading Plot Spektrum

Berdasarkan Gambar 2. salah satu sampel bubuk biji kakao diambil spektrumnya untuk mempermudah dalam interpretasi spektrum. Letak kandungan kadar lemak bubuk biji kakao berada pada panjang gelombang 1200-1220 nm, 1700-1740 nm, dan 2300-2400 nm. Rentang panjang gelombang ini mirip seperti yang didapat pada penelitian Zulfahrizal (2014) untuk biji kakao utuh, letak kandungan kadar lemak berada pada panjang gelombang 1160-1220 nm, 1650-1760 nm, 2300-2400 nm. Namun pada penelitian ini puncak yang menandakan keberadaan kadar lemak tampak lebih jelas, hal ini terjadi karena pengurangan kadar air pada saat pembubukan. Ternyata dapat disimpulkan bahwa kandungan kadar lemak pada biji kakao maupun bubuk biji kakao mempunyai tipikal spektrum yang sama.

Berdasarkan Gambar 2. pada a. *Mean Normalization* dimana panjang gelombang yang menghasilkan getaran ikatan CH, dan CH_n adalah 1680 – 1760, dan 2300 – 2400. Panjang gelombang 2300-2400 nm merupakan panjang gelombang yang relevan yang ditandai dengan terjadinya *stretching* sehingga dapat disimpulkan bahwa pada panjang gelombang tersebut yang mencirikan secara khas kandungan kadar lemak pada bubuk biji kakao.

Selanjutnya pada b. *De-Trending* (Gambar 2). menunjukkan *loading plot de-trending* terlihat puncak-puncak yang menandakan kandungan kimia kadar lemak dari bubuk biji kakao. Getaran yang terjadi pada panjang gelombang 1100-1150 nm, 1200-1300 nm, 1650-1760 nm, dan 2300-2400 nm menunjukkan adanya ikatan C-H (penanda keberadaan kadar lemak). Sama halnya dengan *pretreatment mean normalization* pada panjang gelombang 2300-2400 nm merupakan panjang gelombang yang relevan yang ditandai dengan terjadinya *stretching* sehingga dapat disimpulkan bahwa pada panjang gelombang tersebut yang mencirikan secara khas kandungan kadar lemak pada bubuk biji kakao.

Gambar 2. Loading Plot untuk Pretreatment a. Mean Normalization b. De-Trending

Kalibrasi dan Validasi Silang (Cross Validation)

1. Kalibrasi

Biji kakao yang digunakan pada penelitian ini memiliki selang kadar lemak antara 37,8% – 45,7%. Tujuan dari kalibrasi adalah untuk membangun model persamaan matematik yang dapat digunakan untuk memprediksi kandungan kimia bahan tanpa harus melakukan pengukuran langsung yang merusak bahan.

Hasil pendugaan kalibrasi *non pretreatment* menghasilkan nilai koefisien korelasi (r) yang cukup tinggi yaitu 0,93. Menurut William dan Norris (1990) nilai r di atas 0,90 sudah baik. Koefisien determinasi (R^2) yang baik yaitu 0,87. Menurut Karoui *et al.* (2005) nilai R^2 antara 0,82-0,90 menyatakan dugaan baik. Sementara nilai *error* (RMSEC) yang cukup kecil yaitu 0,79. Menurut William dan Norris (1990) nilai *error* lebih kecil dari standar deviasi data aktual sudah baik. Nilai *latent variable* dalam penelitian ini juga rendah yaitu sebesar 4, semua nilai itu dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Plot Data Kalibrasi Non Pretreatment

Pemakaian *pretreatment mean normalization* telah meningkatkan kinerja PLS hasil pendugaan seperti yang terlihat pada Gambar 4. Hal ini bisa dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) yang meningkat menjadi 0,95. Menurut William dan Norris (1990) nilai r di atas 0,90 sudah baik. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang meningkat menjadi 0,90. Menurut Karoui *et al.* (2005) nilai R^2 antara 0,82-0,90 menyatakan dugaan baik, kemudian nilai *error* (RMSEC) yang semakin kecil yaitu 0,70. Menurut William dan Norris (1990) nilai *error* lebih kecil dari standar deviasi data aktual sudah baik. Nilai *latent variable* sebesar 5.

Gambar 4. Plot Data Kalibrasi MN + PLS

Pemakaian *pretreatment de-trending* juga dapat meningkatkan kinerja PLS hasil pendugaan seperti yang terlihat pada Gambar 5. Hal ini bisa dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) yang meningkat menjadi 0,96. Menurut William dan Norris (1990) nilai r di atas 0,90 sudah baik. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang meningkat menjadi 0,92. Menurut Karoui *et al.* (2005) nilai R^2 diatas 0,91 menyatakan dugaan sangat baik, sementara nilai *error* (RMSEC) yang semakin kecil yaitu 0,60. Menurut William dan Norris (1990) nilai *error* lebih kecil dari standar deviasi data aktual sudah baik. Nilai *latent variable* sebesar 6. Hasil kalibrasi untuk *non pretreatment*, *mean normalization*, dan *de-trending* dapat dilihat pada Tabel 1.

Gambar 5. Plot Data Kalibrasi DT + PLS

Tabel 1. Hasil Kalibrasi kadar Lemak Bubuk Biji kakao

Perlakuan	<i>Latent variable</i>	r	R^2	RMSEC (%)
<i>Non pretreatment</i>	4	0,93	0,87	0,79
<i>Mean Normalization</i>	5	0,95	0,90	0,70
<i>De - Trending</i>	6	0,96	0,92	0,60

2. Validasi Silang (*Cross Validation*)

Selanjutnya dilakukan *cross validation* untuk menilai/memvalidasi keakuratan model kalibrasi yang telah dibangun berdasarkan dataset penelitian. Pada penelitian ini dipakai *k-fold cross validation* untuk membagi dataset menjadi sejumlah *segment*. Sampel yang digunakan adalah 30 sampel yang dibagi menjadi 10 *segment* dan sampel per *segment* adalah 3.

Hasil pendugaan *cross validation non pretreatment* menghasilkan nilai koefisien korelasi (r) yang cukup tinggi yaitu 0,90. Menurut William dan Norris (1990) nilai r di atas

0,90 sudah baik. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang cukup bagus yaitu 0,82. Menurut Karoui *et al.* (2005) nilai R^2 antara 0,82-0,90 menyatakan dugaan baik, nilai error (RMSECV) yaitu 0.96. Menurut William dan Norris (1990) nilai error lebih kecil dari standar deviasi data aktual sudah baik. Nilai dRMSE yaitu 0,18. Selanjutnya jika dilihat dari nilai RPD, ternyata masih diatas dua yaitu 2,33. Menurut Nicolai *et al.* (2007) nilai RPD yang berada dalam selang 2 – 2,5 menandakan bahwa model itu termasuk *good model performance*, semua nilai itu dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Plot Data *Cross Validation Non Pretreatment*

Pemakaian *pretreatment mean normalization* dapat meningkatkan kinerja PLS hasil pendugaan seperti yang terlihat pada Gambar 7. Hal ini bisa dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) yang meningkat menjadi 0,91. Menurut William dan Norris (1990) nilai r di atas 0,90 sudah baik. Nilai R^2 yang meningkat menjadi 0,84. Menurut Karoui *et al.* (2005) nilai R^2 antara 0,82-0,90 menyatakan dugaan baik, kemudian nilai *error* (RMSECV) yang semakin kecil menjadi 0,92. Menurut William dan Norris (1990) nilai error lebih kecil dari standar deviasi data aktual sudah baik. Nilai dRMSE 0.20. Selanjutnya jika dilihat dari nilai RPD cenderung meningkat menjadi 2,43, nilai RPD yang berada dalam selang 2 – 2,5 menandakan bahwa model itu termasuk *good model performance*.

Gambar 7. Plot Data *Cross Validataion MN+ PLS*

Pemakaian *pretreatment de-trending* dapat meningkatkan kinerja PLS hasil pendugaan seperti yang terlihat pada Gambar 8. Hal ini bisa dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) yang meningkat menjadi 0,91. Menurut William dan Norris (1990) nilai r di atas 0,90 sudah baik. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang meningkat menjadi 0,84. Menurut Karoui *et al.* (2005) nilai R^2 antara 0,82-0,90 menyatakan dugaan baik, kemudian nilai *error* (RMSECV) yang semakin kecil menjadi 0,92. Menurut William dan Norris (1990) nilai error lebih kecil dari standar deviasi data aktual sudah baik. Nilai dRMSE 0,31. Selanjutnya jika dilihat dari nilai

RPD *pretreatment* ini menghasilkan nilai yang paling besar yaitu 2,46, nilai RPD yang berada dalam selang 2 – 2,5 menandakan bahwa model itu termasuk *good model performance*.

Gambar 8. Plot Data *Cross Validation* DT+ PLS

Tabel 2. Hasil Validasi Silang (*Cross Validation*) kadar Lemak Bubuk Biji Kakao

Perlakuan	r	R ²	RMSECV (%)	dRMSE	RPD
<i>Non pretreatment</i>	0,90	0,82	0,96	0,18	2,33
<i>Mean Normalization</i>	0,91	0,84	0,92	0,20	2,43
<i>De - Trending</i>	0,91	0,84	0,92	0,31	2,46

Tabel 2. menunjukkan kemampuan PLS menduga kadar lemak pada bubuk biji kakao dapat dikatakan bagus dilihat dari hasil *cross validation*. PLS tanpa *pretreatment* masih menghasilkan model yang tergolong kedalam *good model performance* walaupun nilai r *cross validation* berkurang 3,22% dari r kalibrasi, nilai dRMSE sebesar 0,18, dan nilai RPD 2,33. Selanjutnya pemberian PLS dengan penambahan *pretreatment mean normalization* juga menghasilkan model yang tergolong kedalam *good model performance* walaupun nilai r *cross validasi* berkurang 3,19% dari r kalibrasi, nilai dRMSE sebesar 0,20, dan nilai RPD yang meningkat menjadi 2,43. Kemudian pemberian PLS dengan penambahan *pretreatment de-trending* juga menghasilkan model yang tergolong kedalam *good model performance* walaupun nilai r *cross validasi* berkurang 5,20% dari r kalibrasi, nilai dRMSE sebesar 0,31, dan nilai RPD yang meningkat menjadi 2,46. Dapat disimpulkan bahwa yang paling baik dalam meningkatkan performa kinerja PLS adalah *de-trending* dilihat dari nilai RPD yang paling besar yaitu 2,46 yang tergolong kedalam *good model performance*, nilai koefisien korelasi (r) yang tinggi 0,91, nilai koefisien determinasi (R²) yang bagus 0,84, dan nilai *error* (RMSECV) yang paling kecil yaitu 0,92.

KESIMPULAN DAN SARAN

Panjang gelombang 2300-2400 nm merupakan panjang gelombang yang relevan untuk menduga kadar lemak pada bubuk biji kakao. Penambahan *pretreatment* (*mean normalization* dan *de-trending*) mampu meningkatkan kinerja model yang tergolong *good model performance*. *Pretreatment* terbaik yang dapat meningkatkan performa PLS hasil pendugaan adalah *de-trending* dilihat dari nilai RPD yang paling besar 2,46 yang tergolong *good model performance*, nilai r yang tinggi 0,91, R² yang bagus 0,84, dan nilai *error* (RMECV) yang paling kecil 0,92.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2013. Aceh dalam Angka.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2008. Parameter Mutu dan Pengukuran Standarisasi Kakao dan Kopi.
- 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.
- 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. J. Food Engineering. 91: 311-318
- International Cocoa Organization. 2015. ICCO Quarterly of Cocoa Statistic.
- Jha, S. N., A. R. P. Kingsly, S. Chopra. 2006. Non-Destructif Determination of Firmness and Yellowness of Mango During Growth and Storage Using Visual Spectroscopy. J. Biosystem Engineering. 94: 397-402.
- Mulato, S., S. Widyotomo, Miswani, E. Suharyanto. 2009. Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kakao. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember.
- 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 NIRSpectroscopy : A Review. Postharvest Biology and Technology. 46: 99-118.
- Zulfahrizal, A. A. Munawar, dan H. Meilina. 2015^b. Rancang Bangun Alat Sensor Portable Berbasis Pengembangan Aplikasi Teknologi Near Infrared sebagai Metode Baru yang Rapid dan Non-Destructif untuk Prediksi Kualitas Kakao. Laporan Penelitian Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Universitas Syiah Kuala.