

EFEKTIVITAS METODE NONDESTRUKTIF NIR-JARINGAN SARAF TIRUAN DALAM MENENTUKAN KOMPOSISI KIMIA JAGUNG

Harmi Andrianyta* dan I Wayan Budiastira**

*Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian,
Jln. Tentara Pelajar No. 10 Bogor

**Departemen Teknik Pertanian, Kampus Darmaga IPB
e-mail: aan_inzaghi@yahoo.com

ABSTRACT

High maize production should be followed by good handling and preservation up to consumer. Near Infrared Reflectance (NIR) was nondestructive testing method, as well as high accuracy, free from pollution, and rapid method, therefore suggested as a testing method. The objective of this study was asses of NIR technology efectivity in determining four major compositions of maize. Fifty samples of maize (intact seeds) were scanned from 900-2000 nm NIR wavelength, interval 5 nm. Calibration model for NIR measurement using Artificial Neural Network (ANN) technique three layers. As input layer ANN are 5, 10, and 15 nodes principal component (PC), hidden layer 4, 6, 8, 10, and 12 nodes and output layer are single chemical composition and simultaneously. Prediction of an external validation set showed low the SEP (standard error of prediction) and CV (coeficient of variability). As result, NIR technology is able to predict maize chemical composition accurately SEP ranged from 0.004-0.496, CV ranged from 0.047-0.518. ANN with 5 nodes input layer and single output layer were very strong recommended to generate NIR calibration model.

Keyword: Maize, Near Infrared Reflectance, Artificial Neural Network

PENDAHULUAN

Jagung merupakan tanaman pangan yang banyak dibudidayakan di Indonesia selain padi, dimana produksi jagung tahun 2006 adalah sebesar 11,61 juta ton pipilan kering.¹ Kegunaan jagung di Indonesia sebagian besar adalah untuk pakan ternak dan industri (\pm 70%), sedangkan sisanya adalah untuk konsumsi manusia dalam bentuk olahan. Permintaan jagung untuk bahan baku pakan ini terus meningkat seiring dengan berkembangnya sektor peternakan.

Keberhasilan pengembangan jagung tidak hanya ditentukan oleh tingginya produktivitas, tetapi juga oleh mutu produk tersebut supaya komoditas tersebut mampu bersaing dan memiliki keunggulan kompetitif. Penanganan pascapanen untuk pengendalian mutu memegang peranan yang penting dalam menjamin mutu jagung. Karena produksi jagung cukup besar maka diperlukan teknik/metode yang dapat menentukan mutu jagung dengan cepat dan akurat.

Teknologi *Near infrared* dikembangkan sebagai salah satu metode pengujian yang nondestruktif, yang dapat menganalisis dengan kecepatan tinggi, tidak menimbulkan polusi, penggunaan preparat contoh yang sederhana dan tidak memerlukan bahan kimia. Kays *et al*^{2,3} memprediksi kandungan serat makanan yang dapat larut dan tidak dapat larut pada biji-bijian dengan near infrared reflectance spectroscopy, pengukuran kekerasan biji gandum.⁴ Cravener and Roush⁵ memprediksi kandungan asam amino pada pakan ternak dengan metode kalibrasi genetika algoritma-jaringan saraf tiruan. Teknologi NIR dapat memprediksi secara akurat asam amino esensial pada gandum, barley, sorgum, jagung dan beras pada panjang gelombang 1100–2500 nm menggunakan data absorban.⁶

Principal Component Regression (PCR), dan *Partial Least Square Regression* (PLS) dapat dianggap sebagai teknis kalibrasi standar untuk NIR Spektrofotometer. Kelebihan metode ini

dapat menghindari permasalahan kolinearitas apabila bekerja dengan sejumlah besar data dari jumlah sampel yang banyak.⁷ Sementara *Artificial Neural Network*/Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah metode kalibrasi alternatif yang direkomendasikan dengan kelebihan dapat digunakan untuk data yang tidak linier dan tidak terakomodasi dengan PCR dan PLS.

Penelitian ini menduga bahwa metode pengujian mutu secara nondestruktif menggunakan NIR dengan metode kalibrasi JST dapat memprediksi komposisi kimia utama jagung secara lebih akurat, lebih cepat, dan lebih efektif. Kinerja kalibrasi JST ini ditentukan berdasarkan parameter-parameter yang dihitung dengan koefisien keragaman (*coefficient variability*) dan *standar error of validasi*. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji efektivitas penerapan teknologi NIR dengan metode kalibrasi JST dalam menentukan empat komposisi utama jagung (protein, lemak, kadar air, dan karbohidrat) berdasarkan kriteria koefisien keragaman dan standar eror validasi.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah jagung varietas CPI2, C7 dan Arjuna. Dari ketiga varietas diambil secara acak 50 sampel untuk analisis kimiawi (proksimat) menurut metode standar AOAC. Sementara itu, untuk pengujian nondestruktif digunakan perangkat Near Infrared Spektrofotometer dengan panjang gelombang 900 nm–2000 nm interval, 5 nm. Perangkat NIRS diaplikasikan pada sampel butiran jagung utuh dengan cara di-*scan*. Hasil *scanning* adalah grafik nilai reflektan pada tiap panjang gelombang (220 nilai reflektan).

Data hasil pengukuran berupa data reflektan selanjutnya ditransformasi menjadi nilai absorban menurut persamaan:

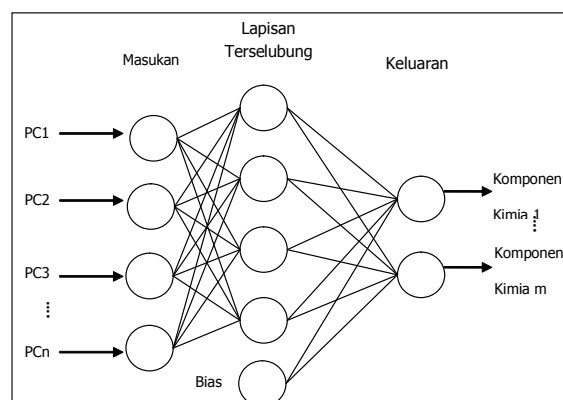
$$\text{Absorban} = \text{Log}(1/\text{Reflektan}) \quad (1)$$

Semua data absorban dianalisis dengan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk memperoleh beberapa komponen utama (PC). Selanjutnya PC diperlukan sebagai nilai input (masukan) pada JST. JST belajar melalui pelatihan menggunakan algoritma penalaran balik (*backpropagation*)⁸, fungsi transfer yang dipilih

adalah fungsi sigmoid. Sebanyak 35 sampel digunakan pada pelatihan JST dan 15 sampel sisanya digunakan sebagai validasi. Analisis JST menggunakan program *Backpropagation Neural Network Learning* dengan program Visual Basic.

Pada proses pembelajaran dibangun model JST yang terdiri dari (3) tiga layer (lapisan) yaitu *input layer* (lapisan masukan), *hidden layer* (lapisan terselubung) dan *output layer* (lapisan keluaran). Lapisan masukan terdiri dari 5, 10, dan 15 PC. Lapisan terselubung 4, 6, 8, 10, dan 12 node. Lapisan keluaran JST adalah 1) prediksi nilai kandungan karbohidrat, protein, kadar air, dan lemak secara terpisah (satu per satu) 2) prediksi nilai kandungan karbohidrat, protein, kadar air dan lemak secara simultan. Jumlah iterasi disesuaikan dengan jumlah total pembobot dengan cara *trial by error* (antara 5000-10000). Laju pelatihan dan momentum yang digunakan adalah 0.4 dan 0.8. Skema arsitektur JST dapat dilihat pada Gambar 1.

Model kalibrasi JST selanjutnya divalidasi dengan memasukkan set data yang tidak diikuti dalam pelatihan untuk mengetahui sejauh mana JST dapat memprediksi nilai komponen kimia mendekati nilai aktual. Hubungan antara nilai aktual dengan nilai prediksi dihitung dengan beberapa parameter yang dapat menjelaskan kinerja JST tersebut. Parameter yang digunakan adalah *Standard Error of Prediction* (SEP) dan *Coefficient of Variability* (CV).



Gambar 1. Model Jaringan Saraf Tiruan Tiga Lapisan.

$$A. SEP = \sqrt{\frac{\sum (Y_p - Y_a)^2}{n}} \quad (\text{Williams, 1987})^9 \quad (2)$$

$$B. CV = \frac{SEP}{y} \times 100\% \quad (\text{Williams, 1987})^9 \quad (3)$$

Dimana :

SEP = *Standard Error of Prediction* (%)

Y_p = Nilai hasil dugaan JST

Y_a = Nilai komposisi kimia dengan uji kimia

y = Nilai rata-rata komposisi kimia sampel

CV = *Coefficient of Variability* (koefisien keragaman) (%)

n = Jumlah sampel yang digunakan dalam validasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

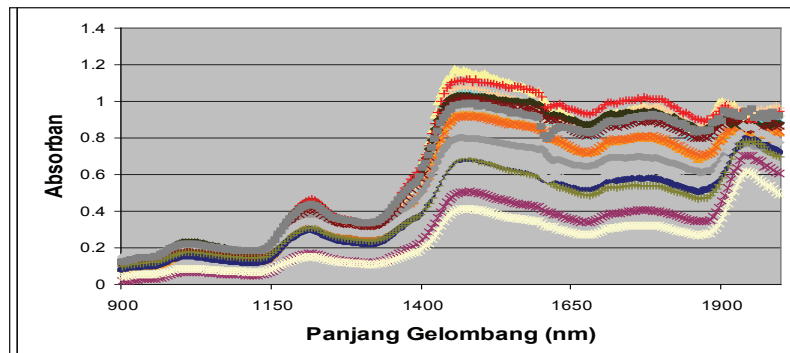
Spektrum Absorban NIR Jagung

Karakteristik spektrum absorban pada Gambar 2 menunjukkan bahwa tidak terdapat goncangan (*noise*) sehingga tidak perlu dilakukan penghalusan

(*smoothing*) data absorban. Perbedaan nilai absorban pada tiap panjang gelombang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan komposisi kimia jagung. Pada spektrum absorban puncak gelombang (*peak*) menunjukkan bahwa terdapat serapan komponen tertentu, misalnya protein pada panjang gelombang 1200 nm, kadar air 1480 nm dan 1940 nm, lemak 1725 nm dan karbohidrat pada 1930 nm.¹⁰

Data Proksimat Jagung

Berdasarkan analisis kimiawi terhadap sampel jagung ditemukan bahwa nilai komposisi kimia dari tiga varietas jagung cukup beragam. Tingkat keragaman nilai hasil analisis kimia merupakan manifestasi dari keragaman varietas yang diuji. Keakuratan hasil analisis proksimat jagung sangat ditentukan oleh faktor persiapan pengambilan sampel, persiapan pengujian, ketelitian alat, dan ketepatan prosedur analisis dan kecakapan analis. Tabel 1 menampilkan komposisi kimia utama jagung, yaitu protein, lemak, kadar air, dan karbohidrat hasil pengukuran secara kimia dalam bentuk persentase, simpangan baku, kisaran nilai maksimum dan minimum dalam satuan persentase (bobot/100 gram).



Gambar 2. Karakteristik Spektrum Absorban NIR pada 15 sampel jagung.

Tabel 1. Hasil Analisis Empat Komposisi Utama Jagung

(*Result of analysis four maize chemical compositions*)

Komposisi	Rataan (%)	Stdev (%)	Maksimum (%)	Minimum (%)
Protein	9.040	0.792	10.330	7.265
Lemak	4.619	1.342	8.230	2.785
Kadar Air	8.158	2.131	12.655	3.955
Karbohidrat	76.949	2.511	82.445	72.655

Sumber : Data Primer dari 50 Sampel Jagung (2004).

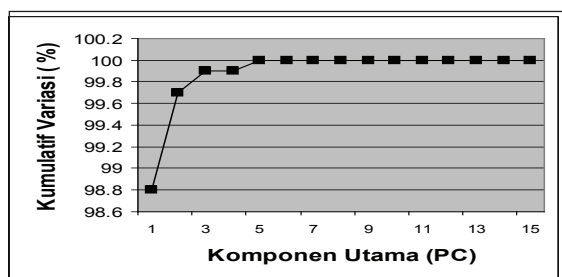
Tabel 1 menunjukkan kandungan jagung yang paling dominan adalah karbohidrat dengan rata-rata 76,94%, protein 9,04%, kadar air dan lemak masing-masing 8.16% dan 4.62%. Simpangan baku data proksimat cukup besar, terutama karbohidrat yaitu 2,51% sedangkan protein mempunyai keragaman data yang kecil yaitu 0,79%. Keragaman data ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan varietas yang digunakan dimana ada kemungkinan proporsi karbohidrat dalam jagung yang sangat bervariasi berkaitan dengan kondisi lingkungan dan faktor genetik jagung tersebut. Demikian juga dengan keragaman protein yang tidak terlalu beragam yang kemungkinan disebabkan persamaan kandungan protein dari ketiga varietas yang digunakan pada sampel.

Gambar 3 menunjukkan keragaman kumulatif dari beberapa PC hasil perhitungan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA). PC ini adalah variabel baru dan memuat semua keragaman data awal (data spektrum absorban NIR jagung). Tetapi tidak lagi dalam bentuk data absorban pada panjang gelombang NIR tertentu. Hal ini memungkinkan beberapa kombinasi panjang gelombang berkontribusi dalam menentukan kandungan suatu komponen.

Keragaman data asal (*original data*) dari absorban dapat dimampatkan menjadi maksimal 5 PC saja. Artinya, dengan menggunakan lima komponen tersebut tidak ada keragaman data asal yang hilang sehingga lebih efisien dalam hal pengolahan data.

Keluaran JST Secara Simultan

Salah satu keluaran dari metode kalibrasi (JST) yang digunakan adalah keluaran secara simultan.

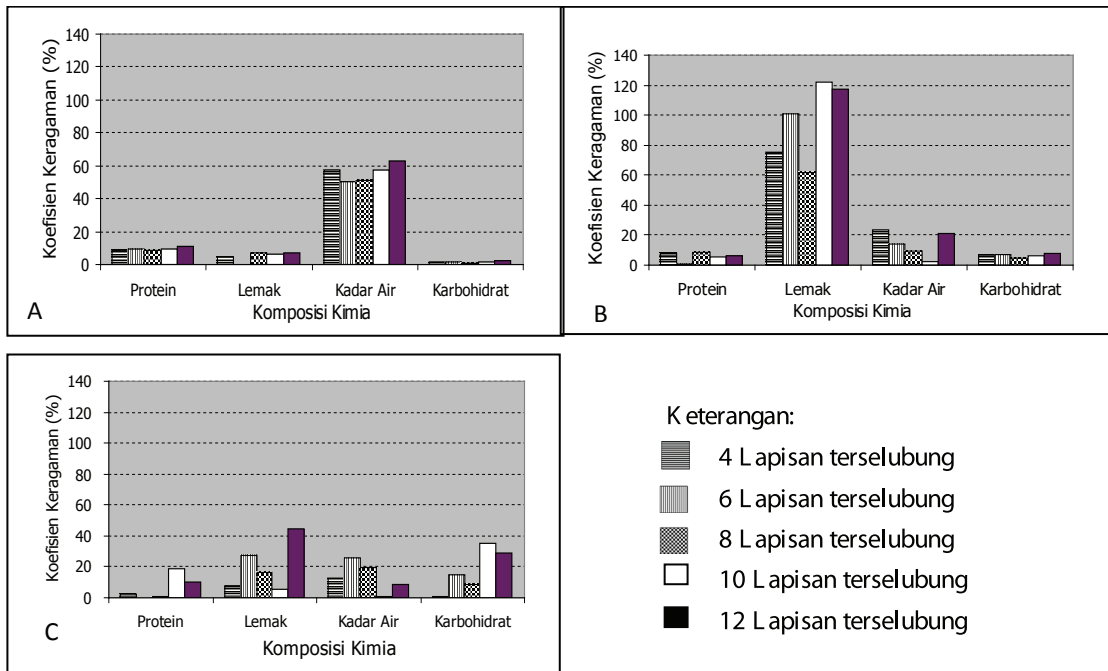


Gambar 3. Kumulatif Variasi dari 15 PC Data Absorban NIR Jagung.

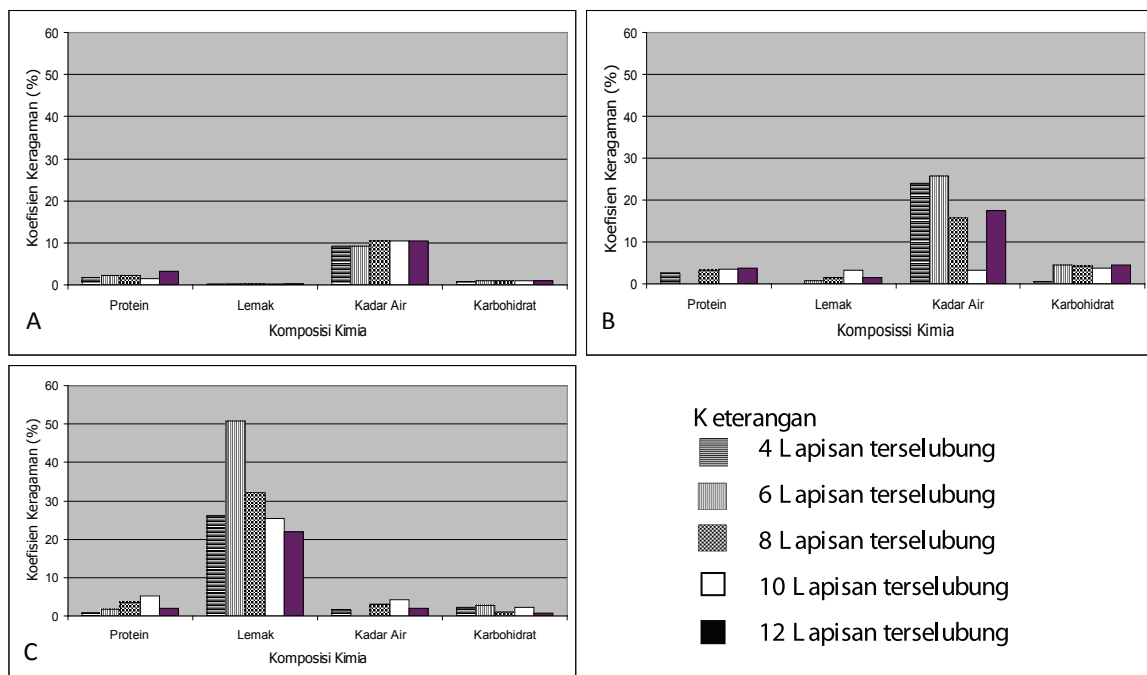
Setelah JST dilatih dengan empat set data sekaligus (protein, lemak, kadar air, dan karbohidrat) dan berhasil membangun suatu persamaan kalibrasi, kemudian di masukkan set data yang lain ke persamaan sehingga diperoleh nilai hasil prediksi keempat komponen seka-ligus. Rancangan JST dengan keluaran secara simultan ini bertujuan untuk menghemat waktu pelaksanaan pengujian. Hasil yang diinginkan adalah nilai prediksi semua komponen yang diuji mendekati nilai aktual (SEP dan CV mendekati nol). Validasi dengan menggunakan masukan 5 PC diperoleh hasil 3 PC, yaitu protein, lemak, dan karbohidrat yang mempunyai nilai SEP dan CV yang kecil, tetapi kadar air tidak demikian (Gambar 4), JST dengan masukan 5 PC tidak dapat memprediksi nilai kadar air dengan baik. Hal ini dikarenakan penggunaan 5 PC variasi data yang diperlukan untuk menduga kadar air masih belum cukup. Demikian juga dengan menggunakan 10 PC, komponen lemak tidak dapat diprediksi mendekati nilai aktual di mana CV mencapai nilai 50%. Hal ini berbeda dengan menggunakan 15 PC di mana protein, lemak, kadar air, dan karbohidrat dapat diprediksi dengan lebih baik. Dengan demikian, supaya rancangan JST keluaran secara simultan mempunyai nilai SEP dan CV kecil diperlukan 15 komponen utama.

Keluaran JST Secara Terpisah (*single output*)

Keluaran JST secara terpisah artinya JST dilatih dengan satu komponen kimia dan keluaran JST adalah satu komponen kimia. Dari tiga macam masukan yang digunakan pada saat pelatihan, diperoleh koefisien keragaman yang berbeda-beda (Gambar 5). Prediksi kadar air dan lemak selalu terjadi penyimpangan yang cukup besar dibandingkan dengan protein dan karbohidrat. Hal ini diduga ada faktor yang berpengaruh pada saat *scanning* sampel yang berupa butiran biji jagung. Menurut Givens *et al.*,¹¹ keragaman ukuran partikel sampel dan perbedaan suhu berpengaruh pada penyebaran radiasi yang melewati celah-celah sampel. Partikel berukuran besar tidak dapat menyebarkan radiasi sebaik partikel berukuran kecil.¹² Pada penelitian ini, sampel adalah butiran jagung utuh sehingga pada saat *scanning* dengan NIR banyak celah



Gambar 4. Nilai CV Proksimat Secara Simultan A) 5 PC, B) 10 PC dan C) 15 PC.



Gambar 5. Nilai CV Proksimat Secara Terpisah A) 5 PC, B) 10 PC dan C) 15 PC.

kosong yang berpengaruh terhadap penyerapan radiasi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh radiasi panjang gelombang yang tidak terserap sempurna sehingga nilai serapan panjang gelombang tertentu tidak kuat.

Keakuratan hasil prediksi keempat komponen utama jagung, protein, dan karbohidrat

cenderung stabil ($CV < 5\%$). Penggunaan metode kalibrasi JST dengan masukan 5 dan 10 PC keluaran terpisah, cukup baik dalam memprediksi karbohidrat, protein, dan lemak. Kadar air dapat diprediksi dengan baik ($CV = 0.047$) menggunakan masukan 15 PC.

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai CV Validasi JST Keluaran Komposisi Kimia Jagung Secara Terpisah

Komposisi Kimia (Chemical composition)	Masukan ^a (Input Layer)	Lapisan Terselubung (Hidden Layer)	Keluaran ^b (Output Layer)	SEP ^c	CV(%) ^d
Protein (<i>Protein</i>)	10	6	1	0.011	0.118
Lemak (<i>Fat</i>)	5	6	1	0.009	0.187
Kadar air (<i>moisture</i>)	15	6	1	0.004	0.047
Karbohidrat (<i>carbohydrate</i>)	10	4	1	0.399	0.518

Keterangan: ^a Masukan =Komponen Utama (PC) dari data absorbansi.

(*Input*) = *principal component from absorbant data*

^b Keluaran =Masing-masing komposisi kimia (protein, lemak, kadar air, karbohidrat)

(*Output*) = *Each chemical composition (protein, fat, moisture,carbohydrate)*

^c SEP = *Standar Error Prediction*

^d CV = *Coefficient correlation*

Dari beberapa kombinasi jumlah masukan dan jumlah lapisan terselubung yang dilatihkan pada JST, diperoleh hasil terbaik untuk masing-masing komponen seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa sumber data masukan absorbansi dapat menduga komposisi kimia dengan baik. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian¹³ bahwa perbedaan komposisi bahan dapat dilihat dari perbedaan puncak-puncak gelombang pada spektrum absorbansi. Dengan menggunakan NIR spektrofotometer dan metode kalibrasi JST keluaran tunggal, dapat diperoleh nilai prediksi 4 komponen kimia utama jagung dengan reliabilitas dan validitas yang cukup tinggi (CV = 0.04–0.51%).

KESIMPULAN

- 1) Teknologi NIR dengan sumber data absorbansi menggunakan teknik kalibrasi JST dapat memprediksi kandungan protein, lemak, kadar air, dan karbohidrat jagung butiran.
- 2) Prediksi terbaik diperoleh dengan menggunakan teknik kalibrasi JST model keluaran komposisi kimia secara terpisah (singel) yang terbukti dari nilai SEP dan CV yang rendah. Teknik kalibrasi JST dengan model keluaran simultan tidak dapat memprediksi keempat komposisi kimia secara sekaligus dengan akurat, terutama lemak dan kadar air.
- 3) Penentuan mutu secara nondestruktif teknik NIR dengan model kalibrasi jaringan saraf

tiruan efektif, akurat, dan dapat diaplikasikan dengan biaya lebih murah.

SARAN

Untuk meningkatkan reliabilitas penelitian ini sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan lebih banyak sampel dan kisaran panjang gelombang yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹BPS. 2006. <http://www/bps.go.id>. diakses tanggal 3 Juli 2007.
- ²Kays, S.E., F.E.Barton, II, W.R. Windham, and D.S. Himmelsbach. 1997. Prediction of Total Dietary Fiber by Near-Infrared Reflectance in Cereal Products Containing High Sugar and Crystalline Sugar. *J.Agric.Food.Chem.* 45 (10): 3944–3951.
- ³Kays, S.E. and F.E. Barton, II. 2002. Near Infrared Analysis of Soluble and Insoluble Dietary Fiber Fractions of Cereal Food Products. *Agric.Food.Chem.* 50 (10): 3024–3029.
- ⁴Delwiche, SR. 1993. Measurement of Single-Kernel Wheat Hardness Using Near-Infrared Transmittance. *Trans. ASAE* 36 (5): 1431–1437.
- ⁵Cravener, T.L., W.B. Roush. 2001. Prediction of Amino Acid In Feed Ingredients: Genetic Algorithm Calibration of Artificial Neural Networks. *Animal Feed Science and Technology.* 90: 131–141.

- ⁶Fontaine, J., B.Schirmer, and J. Horr. 2002. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) Enables the Fast and Accurate Prediction of Essential Amino acid Contents.2. Result for Wheat, Barley, Corn, Triticale, Wheat Bran/Middlings, Rice Bran and Sorghum. *J. Agric. Food Chem.*, 50(14): 3902–3911.
- ⁷Pasquini, C. 2003. Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications. *J. Braz. Chem. Soc.* 14 (2): 198–219.
- ⁸Paterson, D.W. 1995. *Artificial Neural Network, Theory and Application*. Simon & Schuster (Asia), Pte Ltd. Singapore.
- ⁹Williams, P.C. 1987 Variables Affecting Near-Infrared Reflectance Spectroscopic Analysis. In Williams, P.C and K. Norris. (Eds). *Near-Infrared Technology in the agricultural and food industries*. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota, USA. 143–167.
- ¹⁰Osborne, B.G., Fearn, T., and Hindle, P.H. 1993. *Practical NIR Spectroscopy With Applications in Food and Beverage Analysis*. 2nd ed. New York: Longman Group UK Limited.
- ¹¹Givens, D.I., De Boever, J.L., and Deaville, E.R. (1997). The Principles, Practices and Some Future Applications of Near Infrared Spectroscopy for Predicting the Nutritive Value of Foods for Animals and Humans. *Nutrition Research Reviews*, 10: 83–114.
- ¹²Hruschka, W.R. 1987. Data Analysis: Wavelength Selection Methods. In P. Williams and K. Norris (Eds.) *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists Inc.,:35–55.
- ¹³Ruiz, N. 2001. Near Infrared Spectroscopy. Present and Future Application. *ASA Technical Bull.* FT 52. Rev.: 1–13.