

ARTIKEL PENELITIAN
HIBAH BERSAING XIII/II/2006



SISTEM PENENTUAN KANDUNGAN GIZI BAHAN PAKAN
DENGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN
YANG TERINTEGRASI DENGAN FORMULASI RANSUM UNGGAS
MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY

Ir. Adrizal, M.Si
Dr. Ir. Suroso, M.Agr
Prof. Dr. Ir. Wiranda G. Piliang, M.Sc

UNIVERSITAS ANDALAS PADANG
SEPTEMBER, 2006

SISTEM PENENTUAN KANDUNGAN GIZI JAGUNG DENGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN BERDASARKAN ABSORBANSI *NEAR INFRARED*

Adrizal¹, Suroso² dan W.G. Piliang³

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun sistem penentuan kandungan gizi jagung, berdasarkan absorbansi *near infrared* (NIR) yang dikalibrasi menggunakan model jaringan syaraf tiruan (JST). Tahapan penelitian meliputi pengambilan data reflektan NIR dan mengkonversinya menjadi data absorbansi, selanjutnya dikalibrasi dengan kandungan kimia sebagai nilai acuan menggunakan JST. Hasil kalibrasi diuji keakuratannya melalui validasi model. Penentuan kandungan air menggunakan JST untuk jagung menghasilkan *standard error of prediction* (SEP) sebesar 0.64 % dengan *Coefficient Variation* (CV) berturut-turut sebesar 5.95%. Penerapan JST untuk penentuan kandungan lemak menyebabkan SEP sebesar 0.20% dengan CV sebesar 5.15%. Penerapan JST untuk penentuan kandungan protein menyebabkan SEP sebesar 0.42% dengan CV sebesar 5.28%. Hasil penentuan kandungan abu menggunakan JST menghasilkan SEP sebesar 0.11% dengan CV sebesar 9.55%. Secara umum hasil penentuan dengan JST lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan regresi linier berganda.

PENDAHULUAN

Dalam rangka menjamin konsistensi kandungan gizi ransum, bahan pakan harus dimonitor secara terus menerus. Idealnya setiap bahan pakan, dievaluasi pada setiap kedatangan. Namun karena mempertimbangkan waktu dan biaya dengan menggunakan metode evaluasi yang ada, praktis evaluasi dilakukan dengan frekuensi terbatas. Frekuensi evaluasi tergantung kepada jenis bahan, *track record* hasil analisis bahan yang sama dari suplayer yang sama dan variabilitas bahan baku yang digunakan. Menurut Leeson dan Summers (1997) kandungan air, protein kasar dan lemak bahan pakan harus dievaluasi pada setiap kedatangan bahan. Dengan tingginya frekuensi evaluasi kandungan gizi tersebut maka diperlukan metode penentuan gizi yang cepat, murah dan akurat.

Metode konvensional untuk menentukan kandungan gizi bahan pakan membutuhkan bahan kimia dan peralatan yang beragam, waktu yang lama dan prosedur yang rumit, biaya yang relatif mahal, waktu dan tenaga kerja yang intensif, serta perhatian

¹ Fakultas Peternakan Universitas Andalas Padang

² Fakultas Teknologi Pertanian IPB Bogor

³ Fakultas Peternakan IPB Bogor

husus terhadap penanganan limbah kimia. Pada saat ini sejumlah teknik instrumentasi yang didasarkan pada sifat fisik bahan telah dikembangkan. Salah satu teknik tersebut adalah pengukuran spectra *near infrared* (NIR) yang dipancarkan ke bahan. Prinsip kerja metode ini adalah vibrasi molekul yang berkorespondensi dengan panjang gelombang yang termasuk dalam region *near infrared* pada spectrum elektromagnetik. Vibrasi tersebut dimanfaatkan dan diterjemahkan untuk mengetahui karakteristik kandungan kimia dari bahan. Keuntungan metode ini adalah dalam pengukuran spectra NIR dapat dilakukan tanpa persiapan sampel yang rumit karena dapat dilakukan langsung pada material yang utuh (*non-destructive*) atau bisa juga pada sampel dalam bentuk tepung. Dengan demikian pengukuran dapat dilakukan dengan cepat, murah dan tanpa bahan kimia.

Namun data spectra NIR tersebut belum dapat dimanfaatkan tanpa mempelajari hubungannya dengan sifat kimia bahan yang diukur. Kegiatan mempelajari hubungan tersebut disebut dengan proses kalibrasi. Metode kalibrasi yang sering digunakan adalah regresi linear. Kelemahan metode tersebut adalah mengasumsikan hubungan antara spectra dan nilai kandungan gizi bahan bersifat linier. Linieritas tersebut dapat menyebabkan tingginya error.

Salah satu metode kalibrasi yang potensial untuk mengatasi kelemahan metode statistik adalah jaringan syaraf tiruan (JST). JST merupakan metode analisis yang mencontoh kemampuan otak mengolah sinyal yang disampaikan oleh syaraf-syaraf pada indra manusia. JST dapat mengolah input secara adaptif sehingga *error* yang disebabkan linieritas tidak terjadi pada metode ini. Efektifitas aplikasi JST ini telah diteliti oleh Horimoto et al. (1997) untuk mengklasifikasikan kerusakan susu yang disebabkan mikroba. Pada penelitian tersebut terbukti bahwa JST dapat memprediksi lebih akurat dan lebih cepat dibandingkan dengan statistik. Namun demikian informasi tentang penerapannya untuk memprediksi kandungan gizi bahan pakan berdasarkan absorbansi NIR belum ada.

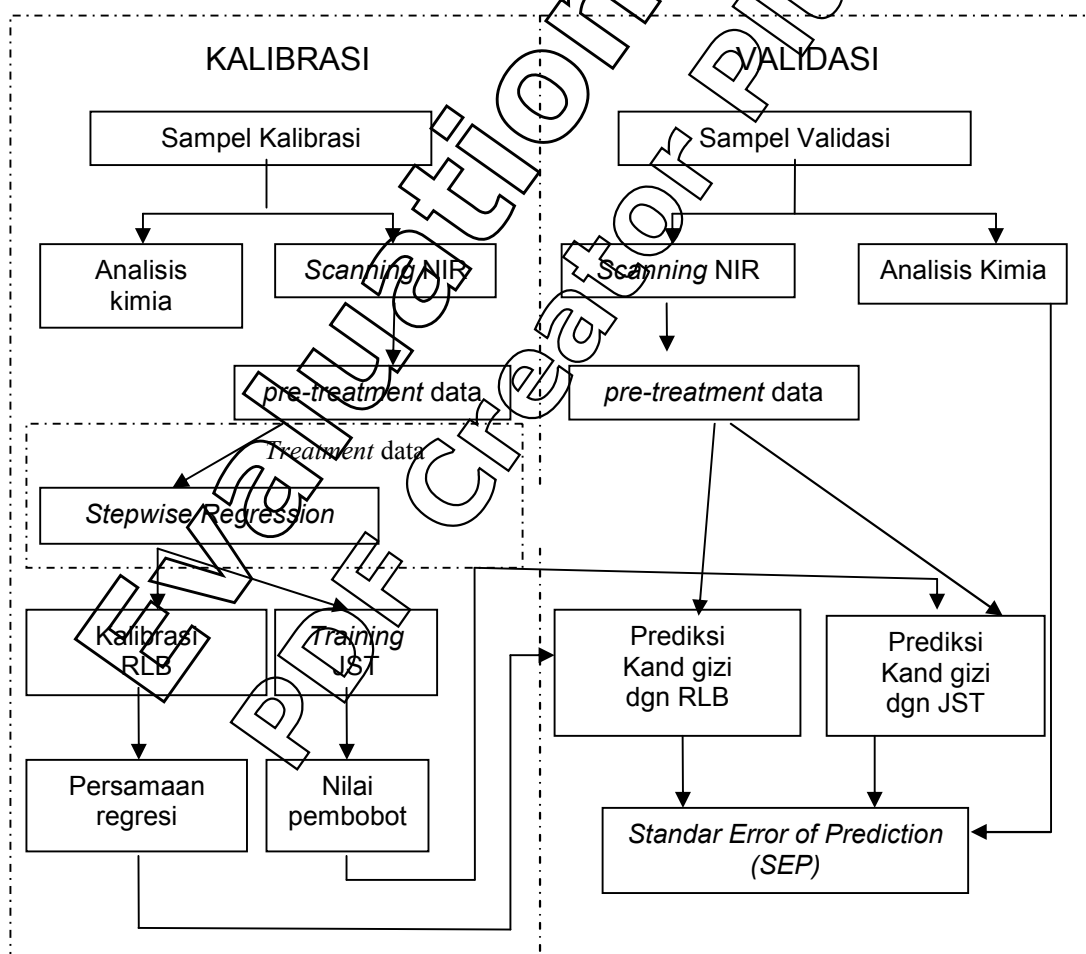
Penelitian ini bertujuan mempelajari aplikasi JST untuk mengevaluasi kandungan gizi jagung menggunakan data absorbansi NIR pada bahan tersebut. Secara khusus dalam penelitian ini dipelajari hubungan antara absorbansi NIR pada bahan dengan kandungan gizi bahan tersebut melalui proses *training* model JST yang telah disusun. Selanjutnya diuji keakuratan model JST dalam menentukan kandungan gizi bahan pakan melalui proses validasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu industri pakan dan

peternak dalam mengevaluasi bahan pakan dengan cepat, murah, mudah dan tidak membutuhkan bahan kimia. Hasil evaluasi tersebut dapat digunakan untuk pertimbangan penerimaan bahan baku, input data dalam formulasi ransum dengan menggunakan metode *fuzzy linier programming*.

METODE PENELITIAN

Kerangka Penelitian

Penelitian meliputi kegiatan kalibrasi dan validasi (Gambar 1). Kalibrasi mempelajari hubungan antara absorpsi *near infrared* dengan kandungan nutrisi jagung. Kegiatan kalibrasi meliputi *scanning near infrared reflectance* (NIR), *pre-treatment data*, analisis *stepwise*, kalibrasi menggunakan RLB dan *training* JST. Keluaran kalibrasi RLB adalah persamaan regresi, sedangkan keluaran dari *training* JST adalah nilai pembobot.



Gambar 1. Bagan kerangka penelitian.

Validasi berguna untuk menguji kemampuan RLB dan JST dalam memprediksi kandungan nutrisi jagung. Sampel yang digunakan untuk validasi juga melalui proses *scanning*, *pre-treatment* data, analisis *stepwise* dan PCA. Selanjutnya data tersebut dimasukkan ke dalam persamaan regresi untuk memprediksi kandungan gizi menggunakan metode regresi linier berganda. Untuk memprediksi kandungan gizi menggunakan JST, keluaran analisis *stepwise* atau PCA dimasukkan bersama-sama nilai pembobot yang diperoleh pada saat *training*. Hasil prediksi dibandingkan dengan hasil analisis kimia untuk mendapatkan *standar error of prediction* (SEP).

Bahan Penelitian

Sampel jagung diperoleh dari pedagang (*poultry shop*) di padang, Masing-masing bahan terdiri dari macam 50 sampel. Pengumpulan sampel dilakukan mulai April sampai Agustus 2006.

Prosedur Penelitian

Scanning NIR

Peralatan yang digunakan untuk mengukur *reflectance* sinar *near infrared* terdiri dari dua unit utama yakni unit optik dan unit elektronik. Unit optik terdiri dari lampu halogen, *chopper*, *grating monochromator*, *integrating sphere* 60 mm dan PbS sensor. Unit elektronik terdiri dari *lock in-amplifier*, 12 bit *A/D converter*, *D/O board*, *pulse motor controller* dan *personal computer*. Sensor dan *pre-amplifier circuit* diletakkan di samping *integrating sphere*. Lensa ($f=34$ mm, $d=20$ mm) diletakkan antara *integrating sphere* dan *monochromator* untuk memfokuskan sinar yang keluar dari *monochromator* ke arah sampel. Cahaya disebarkan oleh *monochromator* yang menjadi order pertama, order ke dua dan order ke tiga, dengan demikian untuk memotong cahaya pada order ke dua dan ke tiga digunakan *interference filter*. *Scanning* panjang gelombang digerakkan oleh *stepping motor* yang dihubungkan dengan *monochromator*. Resolusi *stepping motor* 500 pulsa per revolusi yang diberikan pada panjang gelombang dengan resolusi 0.1 nm/pulsa. *Stepping motor* digerakkan oleh pulsa dari output digital pengendalian komputer melalui *pulse motor controller*. Program komputer untuk menggerakkan peralatan ditulis dalam bahasa C.

Sebelum melakukan pengukuran, terlebih dahulu alat dinyalakan dan dibiarkan selama 30 menit. Pada alat diatur celah masuk pada monochromator sebesar 500 μm . Intensitas cahaya di set 13 Volt, penguatan 200 dan selanjutnya tombol Pbs diaktifkan. Sampel dalam bentuk tepung diletakkan dalam tempat sampel. *Scanning* dilakukan menggunakan panjang gelombang 900 sampai 2000 nm. Pembacaan dilakukan setiap 5 nm, dengan demikian setiap sampel mempunyai 220 data NIR.

Analisis kimia sampel sebagai nilai acuan

Sebagai nilai acuan dalam *training* JST, kandungan gizi jagung ditentukan dengan metode analisis kimia standar menurut AOAC (1999). Penentuan kadar air dilakukan dengan menggunakan oven menurut prosedur AOAC 934.01. Penentuan kadar protein dilakukan dengan metode Kjeldhal menurut prosedur AOAC 954.01. Penentuan lemak kasar dilakukan dengan ekstraksi menggunakan soxhlet menurut prosedur AOAC 954.02.

Pengolahan Data

Pre-treatment Data

Keluaran dari NIR *spectroscopy* adalah nilai *reflectance* (R). Nilai tersebut dikonversi menjadi absorpsi *near infrared* dengan $\log (1/R)$. Adanya *noise* menyebabkan kurva absorpsi memerlukan penulisan yang dilakukan dengan metode *running mean* (Williams dan Norris, 1990) dengan lima titik yang dirata-ratakan. Data yang terlalu ekstrim yakni diluar kisaran antara tiga kali standar deviasi di bawah dan di atas rata-rata dieliminasi.

Pada penentuan lisin dan metionin data yang digunakan adalah turunan ke tiga dari absorpsi *near infrared*. Turunan tersebut ditentukan dengan rumus berikut :

$$S_{\text{tur}} = S_{n+3g} - 3xS_{n+g} + 3xS_{n-g} - S_{n-3g} \dots\dots\dots 1$$

dimana S_{tur} adalah nilai turunan ke tiga pada titik n, dan g merupakan jarak atau ukuran turunan yang dalam kasus ini bernilai satu.

Reduksi Data

Keluaran *spectroscopy* berjumlah 220 titik nilai untuk setiap sampel, dengan demikian untuk menghindari terjadinya *overfitting* pada saat kalibrasi maka dilakukan reduksi data.

Reduksi data pada penelitian ini dilakukan dengan *stepwise regression*. Prinsip kerja analisis *stepwise regression* adalah menyeleksi panjang gelombang *near infrared* yang berkorelasi dengan kandungan gizi yang dievaluasi. Perangkat lunak yang digunakan adalah *SPSS 11.0 for windows*. Masukan data sebagai variabel *independent* adalah absorpsi *near infrared* pada semua panjang gelombang serta kandungan gizi sampel sebagai variabel *dependent*. Keluaran adalah persamaan regresi dari kombinasi panjang gelombang yang berkorelasi dengan kandungan gizi bahan yang akan dievaluasi.

Kalibrasi menggunakan Regresi Linier Berganda

Metode kalibrasi dengan regresi linier digunakan sebagai pembanding. Perangkat lunak yang digunakan adalah *Minitab 11 for windows*. Masukan data adalah absorpsi *near infrared* pada panjang gelombang yang terpilih pada analisis *stepwise* dan kandungan gizi sampel. Keluaran kalibrasi menggunakan RLB adalah nilai hasil pendugaan dan persamaan regresi dengan rumus umum berikut :

$$\hat{y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k \dots\dots\dots 2$$

dimana \hat{y} adalah nilai pendugaan kandungan gizi, sedangkan X_1, X_2, \dots, X_k adalah absorpsi *near infrared* pada k panjang gelombang; b_1, b_2, \dots, b_k adalah koefisien regresi; dan a adalah konstanta regresi. Persamaan regresi tersebut selanjutnya digunakan untuk menduga kandungan gizi pada saat validasi.

Kinerja hasil kalibrasi diukur dengan koefisien korelasi (r) dan *standard error of calibration* (SEC). Koefisien korelasi (r) berguna untuk mengetahui sejauhmana hubungan antara kandungan gizi hasil perhitungan berdasarkan absorpsi *near infrared* dengan kandungan gizi yang sebenarnya. Formula yang digunakan untuk menghitung r menurut William dan Norris (1990) adalah sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum y\hat{y}}{\sqrt{[\sum y^2 \sum \hat{y}^2]}} \dots\dots\dots 3$$

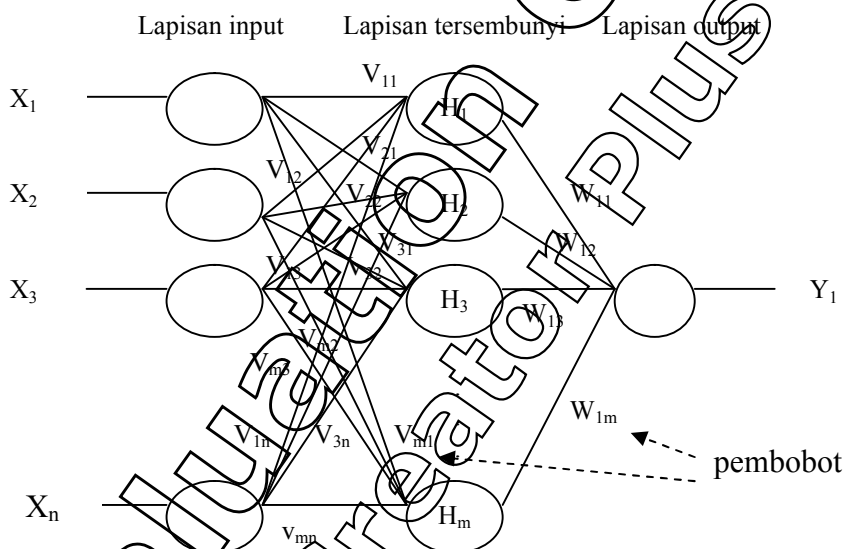
dimana y adalah nilai kandungan gizi hasil analisis kimia dan \hat{y} hasil perhitungan. SEC dihitung dengan formula seperti yang digunakan Ikeda *et al.*(1992) berikut

$$SEC = \sqrt{\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots 4$$

dimana n adalah jumlah sampel yang digunakan untuk kalibrasi.

Kalibrasi menggunakan JST

Model JST yang digunakan ditulis dalam bahasa pemrograman Delphi 5. JST terdiri dari tiga lapisan yakni lapisan input, lapisan output dan lapisan tersembunyi (Gambar 2). Lapisan input berguna untuk menerima masukan yang berupa data absorpsi *near infrared* ($X_1, X_2, X_3, \dots X_n$). Lapisan output terdiri dari kriteria kandungan gizi yang sedang dievaluasi yakni air, protein, lemak, lisin atau metionin. Lapisan tersembunyi terdiri dari beberapa noda (simpul). Pada penelitian ini simulasi dilakukan pada JST dengan lima simpul pada lapisan tersembunyi. Pada setiap JST dilakukan *training* dengan jumlah iterasi sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2. Arsitektur JST (Patterson, 1996).

Proses *training* menggunakan 40 sampel jagung. Algoritma *training* menggunakan *back propagation* menurut prosedur (Patterson, 1996) sebagai berikut :

1. Tentukan semua pembobot awal V dan W dengan menggunakan bilangan random.
2. Secara acak pilih pasangan sampel *training* (x^p, t^p) dimana x^p adalah nilai absorpsi *near infrared* sampel ke p dan t^p adalah nilai target kandungan gizi sampel ke p, selanjutnya hitung nilai output setiap unit j pada setiap lapisan ke q, jadi

$$O_j^q = f(\sum_i O_i^{q-1} w_{ji}^q) \dots\dots\dots 5$$

input-input pada lapisan pertama diindeks dengan superskrip 0, maka

$$O_j^0 = x_j \dots\dots\dots 6$$

3. Gunakan nilai O_j^q hasil perhitungan pada lapisan terakhir dan nilai kandungan gizi t^p pada sampel tersebut untuk menghitung delta pada semua unit j sebagai berikut

$$\delta_j^q = (O_j^q - t_j^p) f'(H_j^q) \dots\dots\dots 7$$

dimana $H_j^q = \sum_i v_{ij} x_i$

4. Hitung delta untuk masing-lapisan lapisan sebelumnya (*backpropagation*)

$$\delta_j^{q-1} = f'(H_j^{q-1}) \sum_i \delta_i^q w_{ji}^q \dots\dots\dots 8$$

untuk semua j pada lapisan $q = Q, Q-1, \dots, 2$.

5. Perbaharui semua nilai pembobot w_{ji} menggunakan persamaan

$$w_{ji}^{new} = w_{ji}^{old} + \Delta w_{ji}^q \dots\dots\dots 9$$

pada masing-masing lapisan q dimana

$$\Delta w_{ji}^q = \eta \delta_i^q O_j^{q-1} \dots\dots\dots 10$$

dimana η adalah konstanta *learning rate*.

6. Kembali ke langkah 2 dan ulangi untuk setiap sampel sampai jumlah iterasi yang diinginkan terpenuhi.

Kinerja hasil *training* juga diukur dengan *standard error of calibration* (SEC) yang dihitung dengan formula seperti yang digunakan Ikeda *et al.*(1992).

Validasi

Validasi bertujuan untuk menguji kemampuan RLB dan JST untuk memprediksi kandungan gizi berdasarkan data absorpsi *near infrared* jagung. Proses validasi menggunakan 10 sampel. Parameter keberhasilan dilihat dari *standard error of prediction* (SEP) dan koefisien variasi (CV). SEP dan CV dihitung dengan formula seperti yang digunakan Ikeda *et al* (1992) berikut:

$$SEP = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1}} \dots\dots\dots 11$$

dimana y nilai acuan, \hat{y} adalah nilai prediksi dan n adalah jumlah sampel yang digunakan untuk validasi.

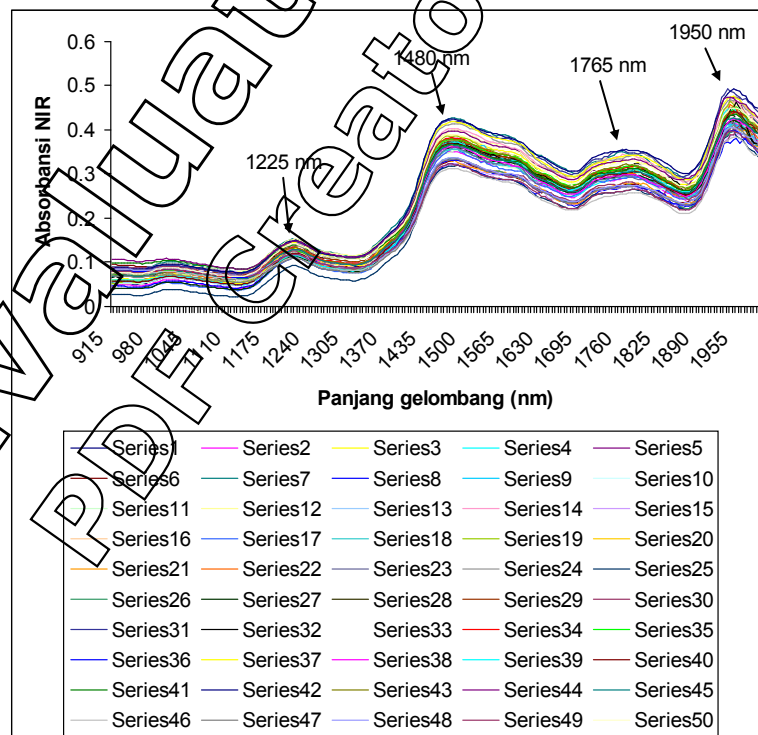
$$CV = \frac{SEP}{\bar{y}} \times 100\% \dots\dots\dots 12$$

dimana \bar{y} adalah rata-rata nilai acuan. Hasil prediksi dengan JST dan RLB dibandingkan, dimana SEP dan CV terkecil menunjukkan hasil yang paling baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Absorpsi *Near Infrared* Sampel Jagung

Absorpsi *near infrared* oleh 50 sampel jagung dengan panjang gelombang 900 sampai 2000 nm (setelah mengalami *treatment* data) berkisar antara 0.03 sampai 0.5. Secara grafik (Gambar 3) menunjukkan bahwa puncak-puncak penyerapan *near infrared* terjadi pada panjang gelombang 1225 nm, 1485 nm, 1765 nm dan 1950 nm. Osborne et al (1993) menyatakan bahwa absorpsi pada panjang gelombang 1225 nm dan 1765 nm berkorelasi dengan CH; 1485 dengan karbohidrat, dan 1950 nm dengan CO₂R. Secara umum terlihat bahwa penyerapan tersebut menunjukkan banyaknya ikatan kimia yang melibatkan kerangka karbon yang merupakan komponen utama penyusun karbohidrat dan lemak. Namun secara spesifik, puncak-puncak penyerapan tersebut belum dapat menjelaskan kandungan kimia secara langsung.



Gambar 3 Grafik absorpsi *near infrared* oleh jagung pada panjang gelombang 915 sampai 1990 nm setelah *pre-treatment* data.

Korelasi Absorpsi *Near Infrared* dengan Kandungan Gizi Jagung

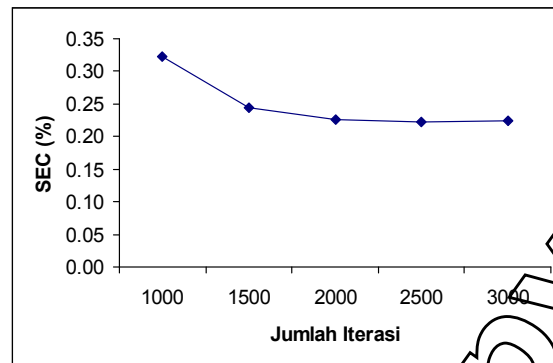
Penggunaan semua nilai *absorbance* untuk pendugaan kandungan gizi dapat menyebabkan *overfitting* pada saat kalibrasi, dengan demikian sebelumnya perlu dilakukan pengurangan jumlah data masukan. Salah satu metode pengurangan data adalah dengan menseleksi panjang gelombang yang berkorelasi dengan kandungan gizi yang sedang dievaluasi. Model yang digunakan untuk pemilihan tersebut adalah analisis *stepwise regression* (Williams dan Norrish, 1990; Osborne et al., 1993). Panjang gelombang yang mempunyai koefisien regresi terbesar akan dipilih untuk digunakan sebagai masukan dalam pendugaan gizi yang dievaluasi tersebut. Hasil analisis *stepwise regression* yang mempunyai koefisien korelasi terbesar terhadap kandungan air, lemak dan abu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Korelasi kandungan gizi dengan absorpsi *near infrared* pada jagung hasil analisis *stepwise regression*

No	Jenis Gizi	Persamaan Regresi	Koefisien korelasi (r)
1	Air	$\text{Air} = 10.6 - 29.1 A_{1840} + 20.2 A_{1990}$	0.61
2	Lemak	$\text{Lemak} = 4.38 - 105 A_{1110} - 31.7 A_{1905} + 20.2 A_{1835} + 118 A_{1135} + 13.6 A_{1510}$	0.99
3	Protein	$\text{protein} = 3.78 + 273 A_{1320} - 184 A_{1345} + 37.8 A_{1850} - 99.4 A_{1420} + 49.9 A_{1760}$	0.78
4	Abu	$\text{Abu} = 2.02 + 222 A_{1140} + 16.7 A_{1705} - 11.5 A_{1565} - 12.7 A_{1410} + 15.3 A_{1220}$	0.91

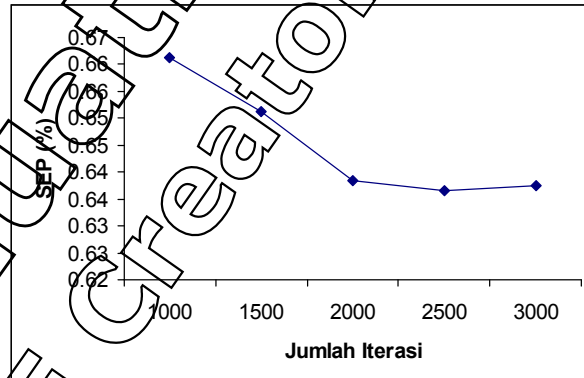
Pendugaan Kandungan Air

Kalibrasi menggunakan JST berdasarkan nilai *absorbance* pada panjang gelombang 1840 nm dan 1990 nm dilakukan dengan *training* model.. Pada pendugaan kandungan air jagung dilakukan *training* dengan jumlah iterasi 1000 sampai 3000. Hasil *training* menunjukkan terjadinya penurunan SEC dengan semakin banyaknya jumlah iterasi (secara grafik disajikan pada Gambar 4). Pada gambar terlihat bahwa peningkatan jumlah iterasi pada lapisan tersembunyi dapat menurunkan SEC. Rendahnya nilai SEC tersebut belum menjamin ketepatan dalam pendugaan, dengan demikian perlu dilakukan validasi untuk menguji akurasi pendugaan menggunakan sampel lain (yang tidak digunakan dalam kalibrasi).



Gambar 4. Pengaruh jumlah iterasi terhadap SEC pada kalibrasi air

Hasil validasi menggunakan JST disajikan secara grafik pada Gambar 5 yang memperlihatkan penurunan SEP sampai jumlah iterasi 2500 kali, setelah itu menunjukkan kecenderungan meningkat. Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa untuk *training* JST dengan satu variabel target (kadar air) dan dua titik data masukan yakni nilai *absorbance* pada panjang gelombang 1840 nm dan 1990 nm mencapai nilai optimal pada iterasi 2500 kali.



Gambar 5. Pengaruh jumlah iterasi dan jumlah simpul JST terhadap SEP pada validasi air berdasarkan hasil *stepwise regression*.

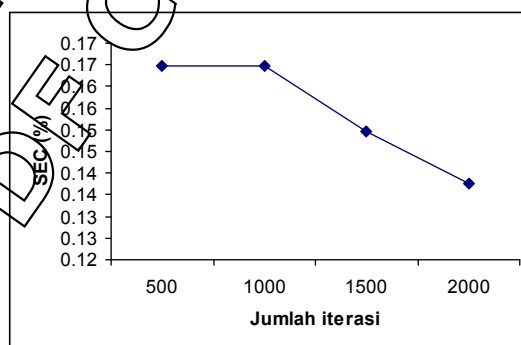
Hasil pendugaan menggunakan JST dan RLB disajikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 diperlihatkan bahwa SEP pada pendugaan menggunakan RLB dan JST mempunyai nilai yang sama yakni 0.64 % dengan CV sebesar 5.95 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara absorbansi NIR dengan kandungan air jagung bersifat linier, sehingga kalibrasi menggunakan JST tidak meningkatkan akurasi.

Tabel 2. Hasil validasi model pendugaan kandungan air jagung

No	Kandungan	Hasil Pendugaan (%)	
	Air (%)	RLB	JST
1	11.37	10.29	10.29
2	10.53	10.23	10.23
3	10.29	10.39	10.40
4	11.26	10.48	10.49
5	11.12	10.54	10.55
6	10.47	10.80	10.81
7	10.23	10.62	10.63
8	11.20	10.84	10.88
9	11.05	10.82	10.83
10	9.39	10.39	10.40
rata-rata	10.69	-	-
SD	0.62	-	-
SEP	-	0.64	0.64
CV	-	5.95	5.95

Pendugaan Kandungan Lemak

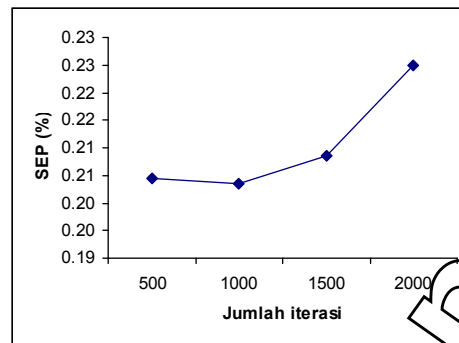
Berdasarkan analisis *stepwise regression* (Tabel 1) absorbansi NIR yang berkorelasi dengan kandungan lemak jagung terjadi pada panjang gelombang 1010 nm, 1905 nm, 1835 nm, 1135 nm dan 1510 nm. *Training* JST dilakukan dengan menggunakan absorbansi NIR pada panjang gelombang tersebut dan kandungan lemak jagung sebagai masukan. *Training* dilakukan dengan iterasi 500 sampai 2000 kali. Hasil training memperlihatkan penurunan SEC dengan semakin banyaknya iterasi (Gambar 6). Namun demikian rendahnya SEC belum menjamin tingginya akurasi pada saat validasi.



Gambar 6. Pengaruh jumlah iterasi terhadap SEP pada kalibrasi lemak

Hasil validasi memperlihatkan bahwa SEP mengalami penurunan sampai iterasi 1000 kali setelah itu mengalami kenaikan (Gambar 7). Berdasarkan kondisi tersebut

ternyata bahwa *training* yang optimal dicapai dengan iterasi 1000 kali, sehingga diperoleh akurasi pendugaan yang paling baik.



Gambar 7. Pengaruh jumlah iterasi dan jumlah simpul JST terhadap SEP pada validasi lemak berdasarkan hasil *stepwise regression*.

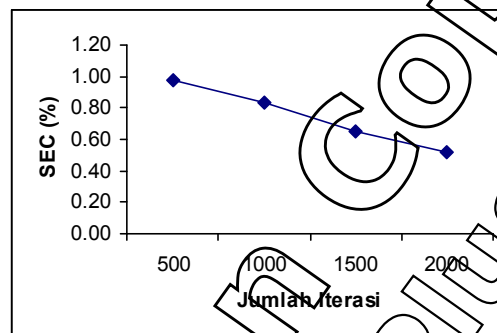
Pendugaan menggunakan pembobot hasil *training* dengan 1000 kali iterasi menghasilkan nilai pendugaan seperti yang disajikan pada Tabel 3. Hasil tersebut memberikan SEP yang lebih rendah (0.20%) dibandingkan yang diperoleh menggunakan RLB (0.28%). *Error* yang dipresentasikan dalam CV terlihat bahwa RLB juga menyebabkan CV yang tinggi yakni 6.97 % dibandingkan JST yang hanya 5.15 %. Berdasarkan hasil tersebut disimpulkan bahwa pendugaan kandungan lemak jagung menggunakan JST lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan RLB.

Tabel 3. Hasil Pendugaan Kandungan Lemak Menggunakan RLB dan JST

Sampel	Kandungan Lemak (%)	Pendugaan (%)	
		RLB	JST
1	4.20	3.95	3.90
2	3.92	4.03	3.88
3	4.11	3.91	3.88
4	3.61	3.74	3.89
5	3.87	3.76	3.89
6	4.01	3.69	3.92
7	4.20	3.61	3.90
8	3.70	3.69	3.91
9	3.96	3.66	3.92
10	3.92	3.91	3.88
Rata-rata	3.95	-	-
SD	0.19	-	-
SEP	-	0.28	0.20
CV	-	6.97	5.15

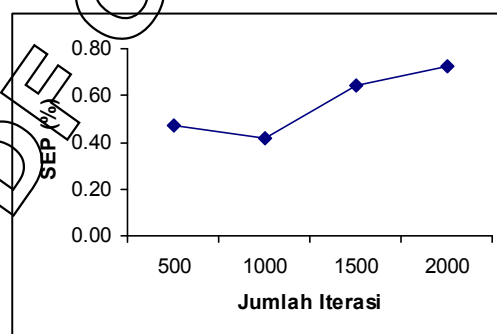
Pendugaan Kandungan Protein

Kandungan protein jagung berkorelasi dengan absorbansi NIR pada panjang gelombang 1320 nm, 1345 nm, 1850 nm, 1420 nm dan 1760 nm (Tabel 1). Hasil kalibrasi menggunakan training JST dengan iterasi 500 sampai 2000 memberikan SEC seperti yang disajikan pada Gambar 8. Penurunan SEC pada Gambar 8 sampai iterasi 2000 tidak seiring dengan hasil validasi (Gambar 9), dimana pada iterasi 1500 telah terjadi peningkatan SEP yang menunjukkan terjadinya *overtraining*.



Gambar 8. Pengaruh jumlah iterasi terhadap SEC pada kalibrasi protein

Hasil validasi menunjukkan bahwa *training* yang optimal dilakukan dengan iterasi 1000 kali. Hasil validasi tersebut menghasilkan SEP sebesar 0.42 % dan CV sebesar 5.28 % (Tabel 4). Hasil tersebut jauh lebih baik dibandingkan yang diperoleh dengan menggunakan RLB yang menghasilkan SEP sebesar 0.74% dan CV sebesar 9.44%.



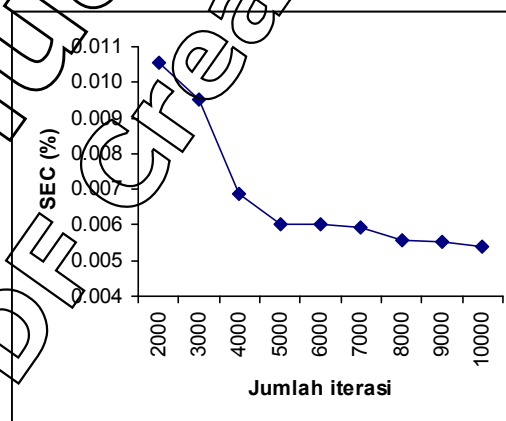
Gambar 9. Pengaruh jumlah iterasi JST terhadap SEP pada validasi protein

Tabel 4. Hasil Pendugaan Kandungan Protein Menggunakan RLB dan JST

Sampel	Kandungan Protein (%)	Pendugaan (%)	
		RLB	JST
1	7.74	8.62	8.17
2	8.08	9.08	8.42
3	7.99	8.61	8.27
4	7.66	8.83	8.28
5	7.50	8.05	8.17
6	8.13	7.36	7.98
7	8.04	7.55	8.09
8	7.71	8.03	8.06
9	7.55	7.64	7.98
10	8.37	8.78	8.25
Rata-rata	7.87	-	-
SD	0.28	-	-
SEP	-	0.74	0.42
CV	-	9.44	5.28

Pendugaan Kandungan Abu

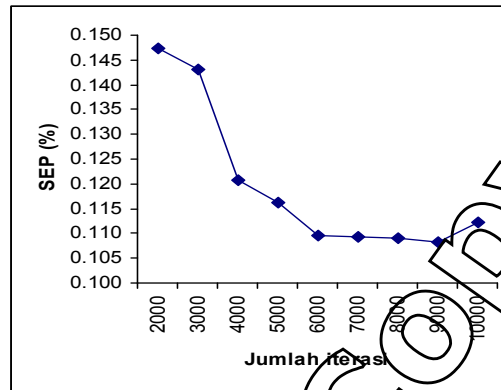
Hasil analisis *stepwise regression* menunjukkan bahwa kadar abu jagung berkorelasi dengan absorbansi NIR pada panjang gelombang 1140 nm, 1705 nm, 1565 nm, 1410 nm dan 1220 nm. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan absorbansi pada panjang gelombang tersebut dan kandungan abu jagung sebagai masukan. Hasil kalibrasi dengan *training* JST memperlihatkan SEC seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengaruh jumlah iterasi terhadap SEC pada kalibrasi Abu

Pada Gambar 10 terlihat bahwa SEC menurun drastis sampai iterasi 5000 kali dan selanjutnya penurunan landai. Hal ini sejalan dengan SEP hasil validasi sampai iterasi

9000 kali (Gambar 11). Hasil validasi pada iterasi 10000 mengalami peningkatan SEP yang menunjukkan adanya *overtraining*. Hasil optimal dicapai dengan training menggunakan 9000 kali iterasi.



Gambar 11. Pengaruh jumlah iterasi terhadap SEP pada validasi abu.

Tabel 5 memperlihatkan bahwa kalibrasi menggunakan RLB menghasilkan SEP yang sama dengan menggunakan JST. Hal tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara absorbansi NIR dengan kadar abu jagung bersifat linier.

Tabel 5. Hasil pendugaan kandungan abu menggunakan RLB dan JST

Sampel	Kandungan abu (%)	Pendugaan (%)	
		RLB	JST
1	1.33	1.37	1.38
2	0.91	0.96	0.97
3	1.15	1.14	1.13
4	1.01	1.15	1.16
5	0.99	1.13	1.13
6	1.14	1.20	1.24
7	1.38	1.22	1.24
8	1.24	1.26	1.29
9	1.22	1.26	1.29
10	0.96	1.12	1.09
Rata-rata	1.13	-	-
SD	0.16	-	-
SEP	-	0.11	0.11
CV	-	9.44	9.55

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Jaringan syaraf tiruan mampu memprediksi kandungan lemak dan protein jagung dengan akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan regresi linier berganda, namun untuk kandungan air dan abu mempunyai akurasi yang sama.

Saran

- 1) Untuk lebih dapat meningkatkan akurasi sebaiknya jumlah sampel ditingkatkan.
- 2) Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar penerimaan bahan baku.
- 3) Hasil pendugaan kandungan gizi ini bersifat tidak mutlak, oleh sebab itu sebagai masukan dalam penyusunan ransum sebaiknya mempertimbangkan *standard error of prediction* (SEP) dengan menggunakan model formulasi ransum yang memfasilitasi angka yang bersifat *fuzzy* (kabur).
- 4) Perlu penelitian lanjutan untuk menguji efektifitas hasil pendugaan untuk memformulasikan ransum baik menggunakan *linear programming* maupun menggunakan *fuzzy linear programming*, dan selanjutnya diuji coba menggunakan unggas percobaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah membina dan mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrizar dan Marimin, 2003. Pendekatan Fuzzy untuk Optimasi Formulasi Ransum Ternak Unggas. Seminar Nasional Tahunan PERTETA di UPT BPTTG LIPI Subang 10 Desember 2003.
- AOAC. 1999. Official methods of Analysis. 16 th ed.; AOAC International, Maryland USA.
- Cravener, T.L., W.B. Roush. 2001. Prediction of amino acid profiles in feed ingredients: Genetic Algorithm Calibration of Artificial Neyral Networks. Animal Feed Science and Technology 90(2001) 131-141.
- Farrell, D.J. 1999. In vivo and in vitro techniques for the assessment of the energy content of feed grains for poultry: a review. Aust.J.Agric.Res.1999, 50, 881-888.

- Fontaine, J., J. Horr, and B. Schirmer. 2001. Near-Infrared reflectance spectroscopy enables the fast and accurate prediction of essential amino acid contents in soy, rapeseed meal, sunflower meal, peas, fishmeal, meat meal products, and poultry meal. *J. Agric. Food Chem.* 2001., 49, 57-66.
- Gordon, S.H., B.C. Wheler, R.B. Schudy, D.T. Wicklow and R.V. Greene. 1998. Neural Network Pattern Recognition of Photoacoustic FTIR Spectra and Knowledge-Based Techniques for Detection of Mycotoxigenic Fungi in Food Grains. *Journal of Food Protection*, Vol 61, No.2. 221-230.
- Horimoto, Y., K. Lee, and S. Nakai. 1997. Classification of microbial defects in milk using a dynamic headspace gas chromatograph and computer-aided data processing 2; artificial neural networks, partial least-squares regression analysis, and principal component regression analysis. *J. Agric. Food Chem.* 45; 743-747.
- Ikeda, Y., I.W. Budiastra, T. Nishizu, K. Ikeda. 1992. On predicting concentrations of individuals sugars and malic acid of fruits by near-infrared reflectance spectrometry. *Proceedings of JICA-IPB 5th Joint Seminar as an International Conference on Engineering Applications for the Development of Agriculture in Asia and Pasific Region*, Bogor Oktober 12-15, 1992. B226-B232.
- Leeson, S., J.D. Summers, 1997. *Commercial Poultry Nutrition*. Department of Animal and Poultry Science University of Guelph, Ontario, Canada.
- Leeson, S., J.D. Summers, 2001. *Nutrition of the Chicken*. Department of Animal and Poultry Science University of Guelph, Publish by University Books, Guelph, Ontario, Canada.
- Patterson, D.W., 1996. *Artificial Neural Networks; Teory and Application*. Prentice Hall, Singapore.
- Ravindran, V., and R. Blair. 1993. Feed Resources for poultry production in Asia and the Pasific. III. Animal protein sources. *World's Poultry Science Journal* 49; 119-235.
- Ruan, R., Y. Li, X. Li, B. Chen, 2002. Non-Destructive Determination of Deoxynivalenol Levels in Barley Using Near-Infrared Spectroscopy. *American Society of Agricultural Engineers* vol 18(5): 549-553.
- Scott, M.L., M.C. Nesheim, and Robert A. Young. 1982. *Nutrition of the Chicken*. M.L. Scott & Associates, Ithaca, New York.
- Scott, T.A. 1996. Assessment of energy levels in feedstuffs for poultry. *Animal Feed Science Technology* 62: 15-19.
- Sibbalt, I.R., and Wolynetz, 1985. Estimates of retained nitrogen used to correct estimates of bioavailable energy. *Poultry Sci.* 64; 1506-1513.
- Suroso, R. Tsenkova, and H. Murase. 1999. Optimization of cow feeding management by neural network based on near infrared spectroscopy of milk. *Proceedings of the 14th World Congress of IFAC*, paper no K-4b-01-6.
- Valdes, E.V. and S. Leeson. 1992. Near Infrared Reflectance analysis as a method to measure metabolizable energy in complete poultry feeds. *Poult Sci.* 71:1179-1187.
- Wang, D., M.S. Ram, and F.E. Dowell. 2002. Classification of damaged soybean seeds using near-infrared spectroscopy. *American Society of Agricultural Engineers*. vol 45(6):1943-1948.
- Williams, Phil and Karl Norris, 1990. *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*. American Association of Cereal Chemist, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- Wrigley, C.W. 1999. Potential methodologies and strategies for rapid assessment of feed grain quality. *Aust. J. Agric. Res.*, 50, 789-805.