

## PENGEMBANGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK MEMPREDIKSI KANDUNGAN PROTEIN TEPUNG IKAN BERDASARKAN ABSORBANSI NEAR INFRARED

Adrizaral<sup>1</sup>, Suroso<sup>2</sup>, I.W. Budiastra<sup>3</sup>, W.G. Piliang<sup>3</sup> dan H.K. Purwadaria<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak Universitas Andalas

<sup>2</sup> Departemen Keteknikan Pertanian IPB,

<sup>3</sup> Departemen Nutrisi dan Makanan Ternak IPB

### ABSTRAK

Jaringan syaraf tiruan (JST) telah dikembangkan untuk memprediksi kandungan protein tepung ikan dengan menggunakan data absorbansi *Near Infrared* (NIR) yang telah diekstrak menjadi beberapa komponen utama. Sampel sebanyak 46 macam tepung ikan telah dikumpulkan dari berbagai pabrik tepung ikan, toko makanan ternak dan industri makanan ternak yang digunakan untuk kalibrasi (33 sampel) dan validasi (13 sampel). JST yang dibangun mempunyai tiga lapisan yakni lapisan input, lapisan tersembunyi dan lapisan output. Training (kalibrasi) dilakukan dengan metode *back propagation*. Simulasi dilakukan dengan 4, 9 dan 14 komponen utama sebagai input dan 6, 8 dan 10 simpul di dalam lapisan tersembunyi dengan iterasi sebanyak 40 ribu, 50 ribu dan 60 ribu. Statistik hasil kalibrasi dengan input 4 komponen utama menunjukkan  $R^2$  berkisar antara 0,5948 sampai 0,7985 dan *standard error of calibration* (SEC) berkisar antara 4,77 % sampai 6,73 %. Hasil validasi menunjukkan  $R^2$  sebesar 0,2425 sampai 0,5451 dan *standard error of prediction* (SEP) sebesar 7,26 % sampai 8,26 %. Kalibrasi menggunakan 9 komponen utama memberikan hasil yang lebih baik yakni  $R^2$  berkisar antara 0,9327 sampai 0,9961 dan SEC berkisar antara 0,66 % sampai 2,77 %. Hasil validasi menunjukkan  $R^2$  antara 0,3577 sampai 0,8673 dan SEP antara 3,53% sampai 8,10%. Hasil kalibrasi dengan 14 komponen utama memberikan hasil yang paling baik yakni  $R^2$  berkisar antara 0,9939 sampai 0,9983 dan SEC berkisar antara 0,47 % sampai 0,96 %. Namun demikian hasil validasi menunjukkan akurasi yang paling rendah dimana  $R^2$  berkisar antara 0,0146 sampai 0,3647 dan SEP berkisar antara 7,77 % sampai 16,12 %. Hasil terbaik JST diperoleh dengan input 9 komponen utama, dengan 8 simpul lapisan tersembunyi yang diiterasi sebanyak 50 ribu kali yang menghasilkan  $R^2$  sebesar 0,8673 dan SEP sebesar 3,53 %. Hasil tersebut sedikit lebih baik dibandingkan menggunakan regresi linier yakni  $R^2$  sebesar 0,8874 dan SEP sebesar 3,79 %. Berdasarkan hasil tersebut JST merupakan teknik yang potensial untuk diterapkan dalam memperbaiki akurasi pendugaan kandungan protein berdasarkan spektra NIR.

**Kata kunci :** jaringan syaraf tiruan, near infrared, tepung ikan

### ABSTRACT

Artificial neural networks (ANN) was developed for predicting protein content of fish meal with various principle components as input data that extracted from Near Infrared (NIR) absorbance. Samples were collected from fish meal manufactures, poultry shops and feed meal industries that used for training (33 samples) and validation (13 samples). The ANN structure has 3 layers that are input layer, hidden layer and output layer. The method of training (calibration) was back propagation. Simulation was conducted on 4, 9 and 14 principle components as the input data, with 6, 8 and 10 nodes of hidden layer and 40 000, 50 000 and 60 000 times iterating. Statistic of calibration result of simulation on 4 principle components indicated  $R^2$  between 0.5948 to 0.7985 and standard error of calibration (SEC) ranges 4.77 % to 6.73 %. Validation produced  $R^2$  : 0.2425 to 0.5451 and standard error of prediction (SEP): 7.26 % to 8.26 %. The result of calibration on 9 principle components was  $R^2$ : 0.9327 to 0.9961 and SEC: 0.66 % to 2.77 %. The validation result was  $R^2$ : 0.3577 to 0.8673 and SEP: 3.53% to 8.10%. Calibration on 14 principle components was relatively better, where it produced  $R^2$ : 0.9939 to 0.9983 and SEC: 0.47 % to 0.96 %. However, the result of validation indicated the lowest accuracy;  $R^2$ : 0.0146 to 0.3647 and SEP: 7.77 % to 16.12 %. The best result on validation was produced by 9 principle components with 8 nodes in hidden layer and 50 000 iterations;  $R^2$ : 0.8673 and SEP: 3.53 %. The result was slightly better than

linear regression method especially on SEP (linear regression produced 3.79 %), but in  $R^2$  relatively lower (linear regression produce 0.8874). Based on the result of experiment, ANN is potential to be applied to improve accuracy in predicting protein content of fish meal based on NIR absorbance.

**Keywords:** *artificial neural networks; near infrared; fish meal*

## PENDAHULUAN

Tepung ikan merupakan sumber protein hewani utama pada industri makanan ternak. Rata-rata persentase penggunaan tepung ikan dalam formula ransum adalah 10 %, 8 % dan 4-6 % berturut-turut untuk anak ayam, *broiler finisher* dan ayam periode bertelur (Ravindran dan Blair, 1993). Dengan demikian kandungan protein tepung ikan yang digunakan sangat mempengaruhi mutu makanan ternak yang dihasilkan.

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

Metode konvensional untuk menentukan kandungan kimia bahan pakan membutuhkan bahan dan peralatan yang beragam, waktu yang lama dan prosedur yang rumit. Penentuan kadar protein dilakukan dengan metode *Kjeldhal* membutuhkan pelarut  $K_2SO_4$ , HgO dan  $H_2SO_4$ , serta proses pendidihan selama 1-1,5 jam. Kemudian didistilasi, dan hasil distilasi ditampung dengan larutan  $H_2BO_3$  dan indikator (campuran 2 bagian metil merah 0,2 % dalam alkohol dan 1 bagian *metilen blue* 0,2% dalam alkohol) dibawah kondensor. Hasil distilasi tersebut dititrasi dengan larutan HCl 0,02 N sampai terjadi perubahan warna menjadi abu-abu. Berdasarkan prosedur dan bahan kimia yang dibutuhkan terlihat bahwa analisis kimia untuk menentukan kandungan gizi bahan tersebut membutuhkan biaya yang relatif mahal, waktu dan tenaga kerja yang intensif, serta perhatian khusus terhadap penanganan limbah kimia. Dengan demikian metode tersebut kurang efektif bila evaluasi kandungan gizi dilakukan dengan frekuensi yang tinggi yang diperlukan terutama bila bahan pakan berasal dari sumber yang beragam.

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dicarikan metode alternatif untuk mengevaluasi bahan pakan dengan cepat, murah, mudah dan akurat. Pada saat ini sejumlah teknik instrumentasi yang didasarkan pada sifat fisik bahan telah dikembangkan. Salah satu teknik tersebut adalah pengukuran reflektan cahaya *Near Infrared* (NIR) yang dipancarkan ke bahan. Data reflektan tersebut selanjutnya dikonversi menjadi data absorbansi NIR. Prinsip kerja metode ini adalah vibrasi molekul yang berkorespondensi dengan panjang gelombang yang termasuk dalam region *Near Infrared* pada spektrum elektromagnetik. Vibrasi tersebut dimanfaatkan dan diterjemahkan untuk mengetahui karakteristik kandungan kimia dari bahan. Keuntungan metode ini adalah dalam pengukuran spektra 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 absorbansi NIR tersebut belum dapat dimanfaatkan tanpa mempelajari hubungannya dengan sifat kimia bahan yang diukur. Kegiatan mempelajari hubungan

tersebut dikenal dengan istilah proses kalibrasi. Metode kalibrasi yang sering digunakan adalah metode regresi linier. Kelemahan metode tersebut adalah mengasumsikan hubungan antara input (absorbansi NIR) dan output (nilai kandungan gizi bahan) bersifat linier. Linieritas tersebut dapat menyebabkan tingginya error.

Salah satu metode kalibrasi yang potensial untuk mengatasi kelemahan tersebut adalah jaringan syaraf tiruan (JST). JST merupakan metode analisis yang mencontoh kemampuan otak manusia mengolah sinyal yang disampaikan oleh saraf-saraf pada indra. Metode ini mampu memprediksi sejumlah output dari input yang banyak secara sekaligus (*multiple input multiple output*). Dengan demikian diperkirakan metode ini dapat dengan cepat mengevaluasi berbagai kandungan gizi tepung ikan secara bersamaan, menggunakan data absorbansi *Near Infrared* yang dipancarkan ke bahan tersebut. Disamping itu JST mengolah input secara adaptif sehingga error yang disebabkan linieritas pada regresi linier tidak terjadi pada metode ini.

Pada aplikasi lain, efektivitas JST dibandingkan dengan metode regresi telah diteliti oleh Horimoto *et al.* (1997). Aplikasi JST pada penelitian tersebut adalah untuk mengklasifikasikan kerusakan susu yang disebabkan mikroba. Pada penelitian tersebut terbukti bahwa JST dapat memprediksi lebih akurat dan lebih cepat dibandingkan dengan metode regresi. Namun sejauh ini aplikasi JST untuk mengevaluasi kandungan protein tepung ikan khususnya di Indonesia belum dilakukan.

Tujuan umum penelitian ini adalah mempelajari aplikasi JST untuk mengevaluasi kandungan gizi tepung ikan untuk ternak unggas menggunakan data absorbansi *Near Infrared* (NIR) pada bahan tersebut. Tujuan khusus penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) menyusun model JST untuk mengolah data absorbansi NIR untuk menentukan kandungan protein tepung ikan tanpa analisis kimia;
- 2) mengetahui hubungan antara absorbansi NIR pada bahan dengan kandungan protein melalui proses training (kalibrasi) model JST yang telah disusun;
- 3) menguji keakuratan model JST dalam menentukan kandungan protein tepung ikan melalui proses validasi.

## BAHAN DAN METODE

### Sampel Tepung Ikan

Sampel dikumpulkan sebanyak 46 macam tepung ikan dari berbagai sumber. Pengumpulan sampel dilakukan di pabrik pengolahan tepung ikan, toko makanan ternak dan pabrik makanan ternak di Jawa, Bali dan Sulawesi Selatan. Kegiatan ini berlangsung mulai November 2004 sampai Januari 2005.

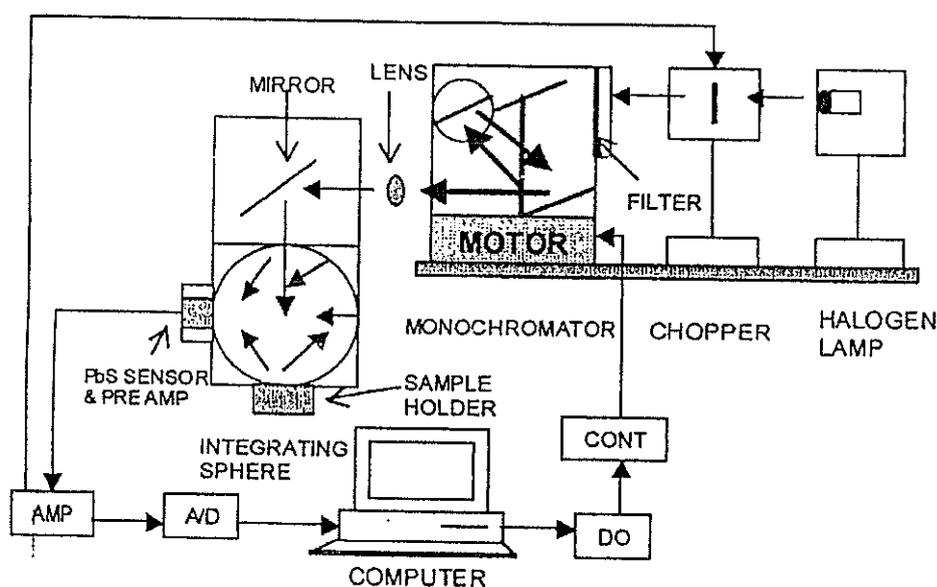
Kandungan protein tepung ikan ditentukan dengan metode analisis kimia yang selama ini diterapkan yakni metode *Kjeldhal* menurut prosedur AOAC 954.01 (AOAC,1999). Pengujian kandungan protein dilakukan di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan Departemen Nutrisi dan Makanan Ternak IPB, Maret sampai Mei 2005.

### Pengambilan Data NIR

Pengambilan data NIR dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian Departemen Keteknikan Pertanian, pada bulan Januari sampai Februari 2005. Peralatan yang digunakan untuk mengukur reflektan sinar infrared terdiri dari dua unit utama yakni unit optik dan unit elektronik (Gambar 1). 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

atas *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.

Sampel dalam bentuk tepung (lolos saringan 0,5 mm) yang akan di-*scanning* diletakkan pada sampel *port* dari *integrating sphere*. Spektrum yang digunakan 900 sampai 2000 nm dengan kecepatan 5 nm/detik. Pembacaan dilakukan setiap 5 nm, dengan demikian setiap sampel mempunyai 220 data reflektan (R). Nilai reflektan tersebut selanjutnya dikonversi menjadi absorbansi dengan nilai  $\log(1/R)$ .



Gambar 1. Skema peralatan sistem NIR (Budiastira *et al.*, 1998)

### Treatment Data NIR

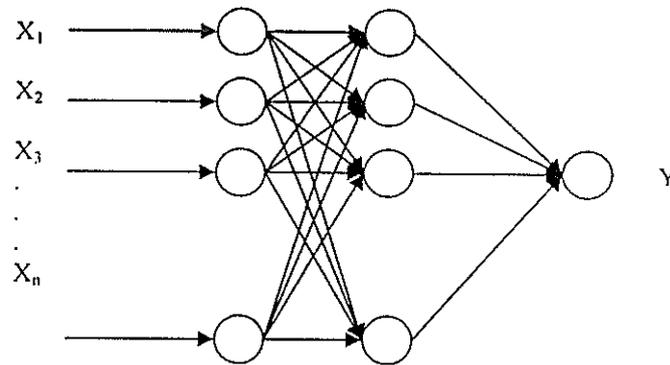
Nilai absorbansi sebanyak 220 data sebelum diolah dengan JST terlebih dahulu diekstrak menjadi beberapa komponen utama. Metode Ekstraksi menggunakan *Principle Component Analysis* (PCA). *Software* yang digunakan dalam PCA tersebut adalah Minitab release 11.12.

### Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

#### Disain model JST

JST yang dibangun terdiri dari tiga lapisan yakni lapisan input, lapisan output dan lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Lapisan input berguna untuk menerima masukan yang berupa komponen utama yang dikonstruksi dari data absorbansi NIR pada berbagai panjang gelombang. Komponen utama tersebut terdiri dari komponen utama pertama, kedua, ketiga dan seterusnya ( $X_1, X_2, X_3, \dots X_n$ ). Lapisan output terdiri dari kriteria

kandungan kimia yang dievaluasi yakni protein kasar. Lapisan tersembunyi terdiri dari beberapa noda (simpul) yang jumlahnya ditentukan berdasarkan *error* pada saat training dan validasi. Arsitektur JST yang dikembangkan diilustrasikan pada Gambar 2. Model JST ditulis dalam bahasa pemrograman Delphi 7.



Gambar 2. Arsitektur JST

### Training JST

JST yang telah dibangun ditraining menggunakan berbagai komponen utama sebagai data input dan data kandungan protein sebagai output. Pada penelitian ini dilakukan percobaan menggunakan 4, 9 dan 14 komponen utama. Pada setiap percobaan digunakan 6, 8 dan 10 simpul pada lapisan tersembunyinya yang masing-masingnya dilakukan dengan 40 ribu, 50 ribu dan 60 ribu iterasi. Algoritma training menggunakan *back propagation*. Training dilakukan menggunakan 33 sampel tepung ikan.

Performa hasil training dilihat berdasarkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan *Standard error of Calibration* (SEC) menurut Williams dan Norris (1990) sebagai berikut:

$$R^2 = (\sum \hat{y})^2 / \sqrt{[\sum y^2 \sum \hat{y}^2]}$$

$$SEC = \sqrt{[(\sum \hat{y}^2 - (\sum \hat{y})^2 / \sum y^2) / (n-2)]}$$

Dimana

$y$  = data kandungan protein hasil analisis kimia

$\hat{y}$  = prediksi kandungan protein hasil JST

$n$  = jumlah sampel yang digunakan untuk training

### Validasi model JST

Validasi model bertujuan untuk menguji kemampuan JST untuk memprediksi kandungan protein berdasarkan data adsorbansi NIR bahan. Validasi dilakukan dengan membandingkan nilai hasil penentuan protein menggunakan JST dengan kandungan protein yang ditentukan dengan metode kimia yang selama ini diterapkan. Validasi dilakukan terhadap 13 sampel tepung ikan. Parameter keberhasilan dilihat dari nilai  $R^2$  dan *Standard error of prediction* (SEP). SEP dihitung dengan rumus (Williams dan Norris, 1990) berikut:

$$SEP = \sqrt{[\sum (X-Y)^2 - [\sum (X-Y) / n] / (n-1)]}$$

dimana :

$X$  = Kandungan gizi yang ditentukan dengan JST

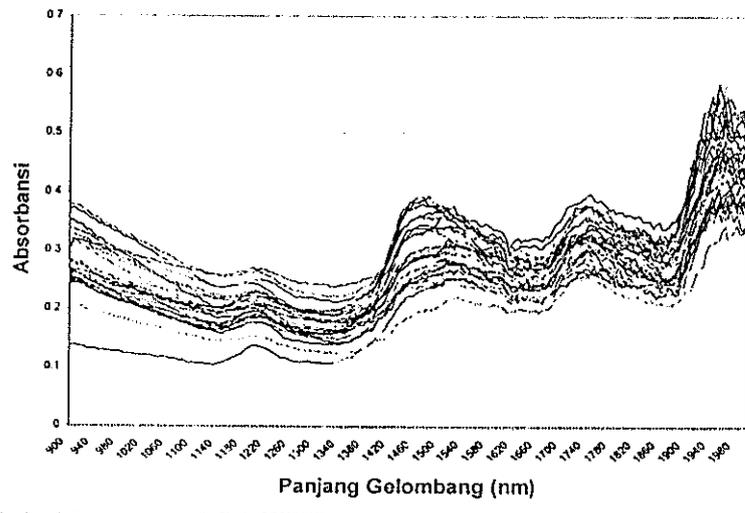
$Y$  = Kandungan gizi yang ditentukan dengan analisis kimia

$n$  = jumlah sampel yang digunakan untuk validasi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Absorbansi NIR

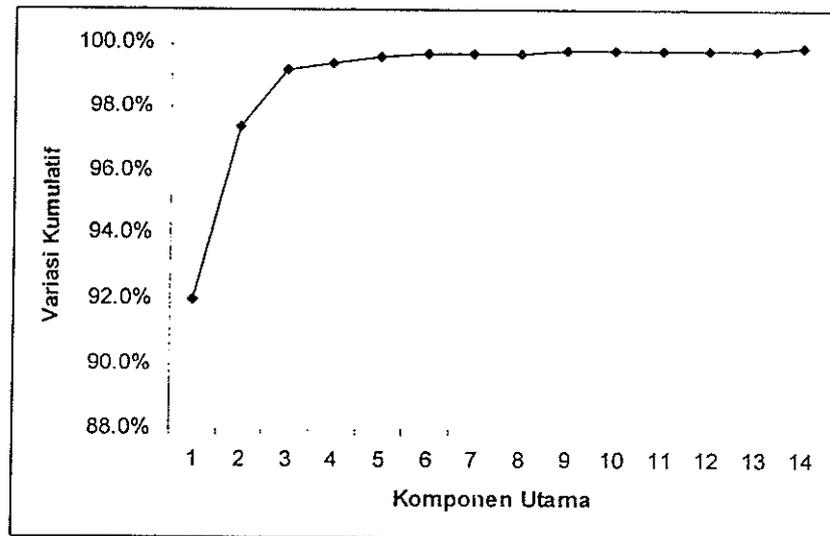
Hasil pengukuran reflektan NIR dikonversi menjadi absorbansi NIR. Absorbansi NIR pada panjang gelombang 905 sampai 2000 nm disajikan pada Gambar 3. Absorbansi NIR oleh protein menurut Osborne *et al.* (1993) terjadi pada panjang gelombang 910 nm, 1020 nm, 1510 nm dan 1980 nm. Pada gambar penyerapan NIR oleh protein yang menonjol adalah pada panjang gelombang 1510 nm dan 1980 nm.



Gambar 3. Absorbansi NIR tepung Ikan.

### Principle Component Analysis (PCA)

Hasil ekstraksi data menggunakan PCA dari 220 titik absorbansi diperoleh 14 komponen utama. Secara grafik variasi kumulatif tersebut disajikan pada Gambar 4. Pada gambar terlihat 4 komponen pertama memberikan pengaruh 99,5 %, sedangkan 9 komponen pertama memberikan pengaruh 99,7 %. Secara keseluruhan 14 koimponen memberikan variasi 99,9 %.



Gambar 4. Variasi kumulatif dari berbagai jumlah komponen utama

### Prediksi Kandungan Protein Menggunakan 4 Komponen Utama

Hasil training dan prediksi kandungan protein menggunakan JST dengan input 4 komponen utama disajikan pada Tabel 1. Jumlah simpul pada lapisan tersembunyi tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap  $R^2$  dan SEC pada saat training. Jumlah iterasi 60 ribu memberikan hasil yang lebih baik dimana  $R^2$  menunjukkan nilai yang lebih tinggi dan SEC lebih rendah. Namun demikian pada saat validasi semua perlakuan memberikan hasil yang tidak memuaskan dimana SEP berkisar antara 7,26 % sampai 9,23 %.

Tabel 1. Performa training dan validasi JST menggunakan 4 komponen utama absorbansi NIR dengan 6, 8 dan 10 simpul pada lapisan tersembunyi dan 40 ribu, 50 ribu dan 60 ribu iterasi

Performa	6 simpul			8 simpul			10 simpul		
	40 ribu	50 ribu	60 ribu	40 ribu	50 ribu	60 ribu	40 ribu	50 ribu	60 ribu
<b>Training</b>									
$R^2$	0,6766	0,6407	0,7985	0,6161	0,6679	0,7891	0,5948	0,6776	0,7419
SEC (%)	6,03	6,35	4,77	6,57	6,09	4,87	6,73	6,03	5,4
<b>Validasi</b>									
$R^2$	0,3315	0,5451	0,2425	0,4091	0,3394	0,3715	0,3964	0,3601	0,3915
SEP (%)	7,92	7,26	9,23	7,31	7,98	8,26	7,35	7,64	7,57

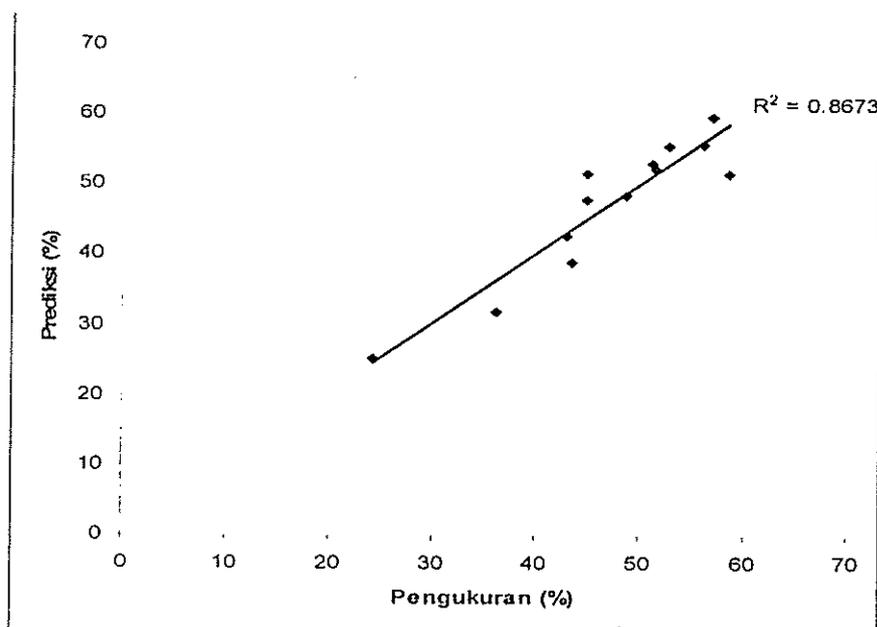
Kalibrasi menggunakan regresi linier juga menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Kalibrasi memberikan  $R^2$  sebesar 0,2032 dan SEC sebesar 9,30. Hasil validasi menunjukkan  $R^2$  sebesar 0,3908 dan SEP 7,75 %. Walaupun JST belum menunjukkan hasil yang optimal namun masih lebih baik dibandingkan regresi linier.

### Prediksi Kandungan Protein Menggunakan 9 Komponen Utama

Hasil training dan prediksi kandungan protein menggunakan JST dengan input 9 komponen utama disajikan pada Tabel 2. Jumlah simpul pada lapisan tersembunyi tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap  $R^2$  dan SEC pada saat training. Jumlah iterasi 50 ribu memberikan hasil yang lebih baik dimana  $R^2$  menunjukkan nilai yang lebih tinggi dan SEC lebih rendah. Validasi menunjukkan hasil terbaik pada 8 simpul dan 50 ribu iterasi dimana  $R^2$  mencapai 0,8673 dan SEP 3,53 %. Hubungan antara kandungan protein hasil pengukuran dengan prediksi menggunakan JST disajikan pada Gambar 5.

Tabel 2. Performa training dan validasi jaringan syaraf tiruan menggunakan 9 komponen utama absorbansi NIR dengan 6, 8 dan 10 simpul pada lapisan tersembunyi dan 40 ribu, 50 ribu dan 60 ribu iterasi

Performa	6 simpul			8 simpul			10 simpul		
	40 ribu	50 ribu	60 ribu	40 ribu	50 ribu	60 ribu	40 ribu	50 ribu	60 ribu
<b>Training</b>									
R2	0,9327	0,9937	0,9786	0,9875	0,9883	0,9946	0,9896	0,9961	0,9941
SEC (%)	2,77	0,86	1,56	1,19	1,16	0,78	1,09	0,66	0,82
<b>Validasi</b>									
R2	0,699	0,8032	0,6863	0,5061	0,8673	0,3577	0,6453	0,8459	0,6181
SEP (%)	5,94	4,83	5,99	6,66	3,53	8,10	5,633	5,73	7,32



Gambar 5. Validasi hubungan kandungan protein hasil pengukuran dengan prediksi JST

Kalibrasi menggunakan regresi linier pada 9 komponen utama ini juga menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan 4 komponen utama. Hasil kalibrasi memberikan  $R^2$  sebesar 0,6267 dan SEC sebesar 6,44%. Hasil validasi

menunjukkan  $R^2$  sebesar 0,8874, SEP 3,79 %. Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa JST sedikit lebih akurat dibandingkan regresi linier.

### Prediksi Kandungan Protein Menggunakan 14 Komponen Utama

Hasil training dan prediksi kandungan protein menggunakan JST dengan input 14 komponen utama disajikan pada Tabel 3. Jumlah simpul pada lapisan tersembunyi tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap  $R^2$  dan SEC pada saat training. Jumlah iterasi 50 ribu memberikan hasil yang lebih baik dimana  $R^2$  menunjukkan nilai yang lebih tinggi dan SEC lebih rendah. Secara umum training dengan input 14 komponen memberikan  $R^2$  dan SEC yang baik. Namun pada saat validasi menunjukkan hasil kurang baik dibandingkan dengan input 9 komponen. Hal tersebut disebabkan terjadinya *overfitting* pada saat training.

Tabel 3. Performa training dan validasi JST menggunakan 14 komponen utama absorbansi NIR dengan 6, 8 dan 10 simpul pada lapisan tersembunyi dan 40 ribu, 50 ribu dan 60 ribu iterasi

Performa	6 simpul			8 simpul			10 simpul		
	40 ribu	50 ribu	60 ribu	40 ribu	50 ribu	60 ribu	40 ribu	50 ribu	60 ribu
Training									
R2	0,9939	0,9977	0,9954	0,9983	0,9924	0,9917	0,9948	0,9975	0,9982
SEC(%)	0,83	0,51	0,72	0,50	0,96	0,97	0,77	0,56	0,47
Validasi									
R2	0,3647	0,0146	0,1801	0,0329	0,1417	0,139	0,186	0,337	0,0448
SEP (%)	7,77	13,99	16,12	10,81	13,23	13,48	12,27	10,55	15,15

Hasil kalibrasi menggunakan regresi linier dengan 14 komponen utama menghasilkan akurasi yang lebih rendah dibandingkan dengan JST, dimana  $R^2$  sebesar 0,7055 dan SEC sebesar 5,73 %. Namun hasil validasi menunjukkan hasil yang lebih baik dimana  $R^2$  sebesar 0,7844 dan SEP 4,67 %.

### KESIMPULAN

JST mampu mengolah data absorbansi NIR untuk memprediksi kandungan protein tepung ikan. Walaupun tingkat akurasinya masih rendah, namun lebih baik dibandingkan dengan regresi linier. Hasil terbaik diperoleh dengan input JST sebanyak 9 komponen utama yang diekstrak dari absorbansi NIR. Hasil tersebut diperoleh dengan training menggunakan 8 simpul pada lapisan tersembunyi dan iterasi sebanyak 50 ribu kali. Validasi menunjukkan hasil terbaik dengan  $R^2$  mencapai 0,8673 dan SEP 3,53 %.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang mendanai penelitian ini. Ucapan yang sama disampaikan kepada Laboratorium Teknologi Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian Fateta IPB,

Laboratorium Teknologi Pakan Fapet IPB, serta semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1999. Official methods of Analysis. 16 th ed.; AOAC International, Maryland USA.
- Budiastra IW, Ikada Y, Nishizu T. 1998. Optical methods for quality evaluation of fruits (part 2): prediction of individual sugars and malic acid concentrations of apples and manggoes by developed NIR reflectance system. *Journal of JSAM* 60 (3) : 117-127.
- Fontaine J, Horr J, Schirmer B. 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.
- Horimoto Y, Lee K, Nakai S. 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.
- Leeson S, Summers JD, 1997. Commercial poultry nutrition. Canada: University Books.
- Osborne BG, Fearn T, Hindle PH. 1993. Pratical NIR spectroscopy with applications in food and beverage analysis. Singapore: Longman Scientific & Technical.
- Patterson DW. 1996. Artificial neural networks; theory and application. Singapore: Prentice Hall.
- Ravindran V, Blair R. 1993. Feed resources for poultry production in Asia and the Pasific. III. Animal protein sources. *World's Poultry Science Journal* 49; 119-235.
- Williams P, Norris K, editor. 1990. Near-Infrared technology in the agricultural and food industries. Minnesota: American Association of Cereal Chemist, Inc.