

**PENERAPAN JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK PERAMALAN
PERMINTAAN KOMODITAS KARET DI
PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII SURABAYA**

*Application of Artificial Neural Network System for Demand Forecasting of
Rubber Commodity Rss-1 Produced by an Indonesian Government-Owned
Company*

Imam Santoso¹⁾, Usman Effendi¹⁾, Cicik Fauziya²⁾

¹⁾Staf Pengajar Jurusan Teknologi Industri Pertanian, FTP, Universitas Brawijaya

²⁾Alumni Jurusan Teknologi Industri Pertanian, FTP, Universitas Brawijaya

ABSTRACT

Artificial neural network (ANN) system, an information computing processor, is developed to resemble the natural biological neural network system. Like the biological one, the ANN system is able to learn, store, and process or to interpret the new data input based on the previous set of values. Therefore the ANN system may be used as a tool for forecasting. This research was run to forecast demand on the rubber commodity, RSS-1, produced by an Indonesian government-owned estate company. The ANN system was modeled as a multilayer feed forward network by means of a back propagation as a learning algorithm. A sigmoid function was used as the activating function, whereas the learning rate (lr), momentum (mc), and maximum epochs 100.000 were added to accelerate the learning process.

The training results showed the developed ANN system worked very well. There network operated on the structure of 2-5-4-1 with the respective value of lr = 0.01 and mc = 0.9. This structure was able to recognize the causal design between the demand, the price and stocks of RSS-1 rubber at the company by rationality of network learning results, known as MSE, at a level of 0.69%.

Keyword: Artificial neural network, demand forecasting, rubber

PENDAHULUAN

Karet alam merupakan komoditas perkebunan yang memiliki peran cukup strategis dalam perekonomian bangsa. Dalam neraca perdagangan negara tercatat bahwa karet merupakan penyumbang devisa negara terbesar kedua setelah kelapa sawit (BPS, 2003).

PT. Perkebunan Nusantara XII (PTPN XII), Surabaya merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi dan mengolah komoditas karet alam. Produk karet alam unggulan PTPN XII adalah karet alam jenis RSS-1 (*Ribbed Smoked Sheet* 1). Karet alam RSS-1 PTPN XII selain untuk memenuhi permintaan pasar domestik juga ditujukan untuk pasar ekspor. Dalam perdagangan global,

komoditas tersebut dibursakan dalam pasar bursa komoditas berjangka "*Singapore Commodity*". Akibatnya kondisi pasar karet RSS-1 selalu dinamis dan fluktuatif dipengaruhi oleh sejumlah faktor terkait.

Anwar (2006) menyebutkan bahwa faktor fundamental yang mempengaruhi perkembangan karet alam adalah harga, konsumsi, produksi, dan stok. Harga yang selalu fluktuatif dan produksi yang tergantung oleh alam mengakibatkan permintaan karet alam menjadi tidak stabil. Kondisi tersebut menyulitkan perusahaan karet alam dalam melakukan perencanaan produksi dan alokasi biaya. Peran penting peramalan permintaan adalah sebagai landasan krusial bagi setiap pengambilan keputusan produksi.

Menurut Nasution (2003), peramalan permintaan dibutuhkan untuk mengetahui informasi pokok mengenai kecenderungan dan pola konsumsi produk, dan metode peramalan yang baik adalah metode yang mampu mengakomodir perubahan (dinamika) faktor eksternal dalam suatu fungsi permintaan.

Artificial neural network atau jaringan syaraf tiruan (JST) merupakan sistem komputasi pengolah informasi berbasis kerja otak. Saat berfikir, otak manusia mendapat rangsangan dari *neuron-neuron* yang terdapat pada syaraf-syaraf indera yang ada. Rangsangan tersebut kemudian diolah sehingga menghasilkan suatu informasi.

Meniru cara kerja yang sama dengan otak, *input* atau masukan diumpamakan sebagai *neuron*, kemudian masukan-masukan tersebut dikalikan dengan suatu nilai (bobot) dan diolah dengan fungsi tertentu (fungsi aktivasi) sehingga menghasilkan suatu keluaran. Pada saat pelatihan, pemasukan tersebut dilakukan berulang-ulang sampai tercapai keluaran seperti yang diinginkan. Setelah proses pelatihan, diharapkan jaringan syaraf tiruan dapat mengenali suatu masukan baru berdasarkan data-data yang telah diberikan (Stergiou dan Siganos, 2006).

Secara kausal, JST bekerja dengan mempresentasikan dinamika suatu sistem ke dalam suatu model matematika dengan cara menentukan arsitektur jaringan, metode pembelajaran jaringan, dan akurasi model jaringan. Dengan interpretasi tersebut akan diketahui pola perilaku sistem yang dapat digunakan untuk meramalkan keluaran tertentu pada periode ke depan.

Kemampuan JST dalam bidang peramalan telah banyak dikembangkan oleh para peneliti sebagai alat prediksi yang efektif dan efisien. Surya dan Situngkir (2002) mengembangkan JST untuk memprediksi deret waktu keuangan yang menunjukkan JST secara fleksibel mempelajari data sehingga mampu mengidentifikasi dan aproksimasi deret waktu data yang ada.

Berbeda dengan teknik statistika klasik, kelebihan JST sebagai metode peramalan adalah kemampuannya dalam mengatasi pemodelan data nonlinier (Yao, *et al*, 1998), tidak memiliki asumsi tentang sebaran data, mampu mengatasi berbagai pola perilaku data *time series*, kasus data *noisy*, *missing* data, dan ketidakstasioneran data (Djasasaputra, 2003).

Keunggulan lainnya adalah JST sebagai bentuk komplementer dari model regresi yang sudah sering digunakan yaitu regresi nonparametrik (Castiglione, 2001). Sedangkan menurut Halim dan Wibisono (2000), JST mampu memberikan hasil yang terbaik dalam peredaman *error* pada data nonstasioner dan nonhomogen dibandingkan dengan metode peramalan GARCH (1,1).

Penelitian bertujuan untuk: (1) memodelkan sistem komputasi JST dengan *error output* terkecil sebagai alat peramalan permintaan (2) menganalisis tingkat akurasi metode peramalan dengan data *testing* dibandingkan peramalan versi perusahaan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan proses, yaitu :

1. Analisis dan identifikasi fungsi permintaan karet RSS-1 PTPN XII

Analisa dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi fluktuasi permintaan karet RSS-1 di PTPN XII. Analisa dilakukan melalui analisa sistem pemasaran yaitu sistem *bids* dan *offer* yang diterapkan oleh perusahaan. Hasil analisa tersebut yang akan menentukan apa dan berapa unit input untuk JST.

2. Perancangan arsitektur JST

Perancangan arsitektur JST berhubungan dengan keadaan neuron jaringan yang disusun sedemikian rupa sesuai dengan algoritma pembelajaran yang dipilih. Penelitian menggunakan algoritma pembelajaran backpropagation dengan model jaringan multi layer feedforward network sehingga struktur dasar jaringan terdiri dari lapisan input,

hidden, dan output yang ketiganya terhubung penuh.

3. Pembelajaran JST

Pelatihan dalam jaringan syaraf tiruan adalah proses pembentukan konfigurasi harga-harga bobot dari jaringan. Pembentukan ini mempunyai tujuan akhir agar input yang diberikan pada jaringan mampu direspon dengan baik melalui bobot-bobot tersebut sehingga output jaringan sesuai dengan target. Pelatihan yang dilakukan dalam penelitian adalah pelatihan supervised (pelatihan yang terawasi) dan dilakukan dengan mengubah parameter-parameter pelatihan jaringan sehingga diperoleh parameter jaringan yang mampu mengoptimalkan kerja jaringan. Proses yang dilakukan dalam pelatihan meliputi:

a. **Penyiapan data masukan dan keluaran**
 Proses pelatihan *supervised* membutuhkan pasangan data *input* dan *output* aktual untuk dipelajari. Data *input* dibutuhkan sebagai masukan, dan data *output* dibutuhkan sebagai target jaringan. Sebelum diproses, data dinormalisasikan terlebih dahulu. Normalisasi terhadap data dilakukan agar jaringan tidak mengalami saturasi dan kegagalan ketika melakukan pembelajaran (Suprayogi, *et al*, 2005).

Dalam proses pembelajaran (*training*), jaringan membutuhkan data *training* yaitu data-data pada periode 2000-2005. Data-data tersebut dinormalisasi dalam interval [0, 1] sebab dalam peramalan permintaan, nilai permintaan produk pasti bernilai positif atau nol (tidak ada permintaan). Selain itu, hal ini juga terkait fungsi aktivasi yang diberikan yaitu *sigmoid*. Menurut Siang (2005), fungsi *sigmoid* adalah fungsi asimtotik (tidak pernah mencapai 0 ataupun 1) maka transformasi data hendaknya dilakukan pada interval yang lebih kecil yaitu [0,1, 0,9] dengan menggunakan rumus:

$$x' = \frac{0,8(x-a)}{b-a} + 0,1$$

Dimana:

a = data minimum

b = data maksimum

b. **Pencarian konfigurasi jaringan optimal**

Konfigurasi optimal jaringan yang dicari dalam pelatihan adalah:

- jumlah *neuron hidden layer*
- jumlah lapis *hidden layer*
- konstanta pembelajaran (*learning rate*) yang optimal

Parameter pembelajaran yang ditetapkan adalah maksimum *epoch* sebesar 100.000 dan momentum sebesar 0,9.

4. Pengujian Jaringan

Pengukuran akurasi kerja jaringan dengan menggunakan data testing (data penelitian pada tahun 2006).

5. Peramalan Permintaan Karet RSS 1 PTPN XII dengan JST

Aplikasi dari jaringan optimal hasil pembelajaran sebagai alat peramalan menggunakan data *forecasting* meliputi (1) Stok produk yang diestimasi meningkat 5% perbulan, dan (2) Harga produk yang dicari melalui analisa fundamental.

6. Perbandingan hasil peramalan JST versus perusahaan

Pengujian kelayakan antara peramalan versi perusahaan dengan versi JST dengan menghitung prosentase kesalahan (MAPE) hasil peramalan. MAPE merupakan salah satu metode pengukuran tingkat kesalahan. Menurut Hanke, *et. al.* (1999), metode MAPE cocok digunakan pada peramalan yang mempunyai ukuran perbandingan besar.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \frac{|Y - Y'|}{Y} \times 100\%$$

Variabel yang dijadikan pembanding adalah data aktual permintaan karet RSS-1. Oleh karena itu, pembandingan data dilakukan pada periode 2006.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dan Identifikasi Fungsi Permintaan Karet RSS-1 PTPN XII

Hasil analisa menunjukkan bahwa permintaan karet RSS-1 di PTPN XII dipengaruhi oleh:

1. Harga karet RSS-1, yaitu harga jual karet RSS-1 berdasarkan harga penutupan (*closing*) bursa karet *Singapore Commodity* (SICOM)
2. Stok produk yaitu kapasitas produk siap jual yang ada

Perubahan pada harga dan ketersediaan jumlah barang menimbulkan perilaku membeli konsumen yang sulit ditebak.

Dari hasil tersebut, fungsi permintaan karet RSS-1 di PTPN XII dimodelkan sebagai fungsi kausal dengan 2 variabel independen yaitu harga dan stok karet RSS1.

Perancangan Arsitektur JST

Hasil pemodelan fungsi permintaan dikonfigurasi dalam jaringan syaraf tiruan. Model ini kemudian terbaca sebagai 2 unit (neuron) input dan 1 unit (neuron) output. Sehingga rancangan arsitektur jaringan yang digunakan dalam penelitian adalah 1 lapis input dengan 2 neuron input dan 1 lapis output dengan 1 neuron output, sedangkan *hidden layer* dicari jumlah optimalnya melalui pelatihan (training).

Pembelajaran JST

Berdasarkan perolehan data, proses pembelajaran (training) membutuhkan 72 pasang data yaitu pasangan data input dan output. Data input yang dimaksud adalah data bulanan harga dan stok karet RSS-1 PTPN XII, sedangkan data output adalah data aktual permintaan karet RSS-1 PTPN XII. Data tersebut telah dinormalisasi untuk kemudian diproses.

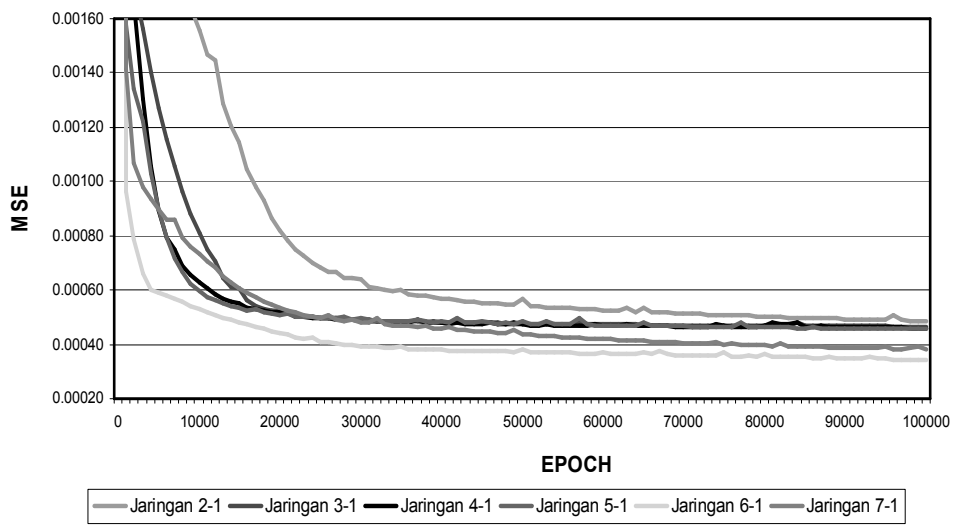
Pelatihan awal jaringan adalah mengkonfigurasi jumlah *neuron* pada 1 *hidden layer*. Struktur awal jaringan yang dilatih adalah 1 *hidden layer* dengan 2 *neuron* (jaringan 2-1), nilai *learning rate* 0,01, momentum 0,9, dan maksimum *epoch* 100.000. Kemudian jaringan dilatih kembali dengan meningkatkan jumlah *neuron hidden layer*. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa semakin besar jumlah *neuron*

hidden layer semakin rendah *error* yang dihasilkan jaringan (Gambar 1).

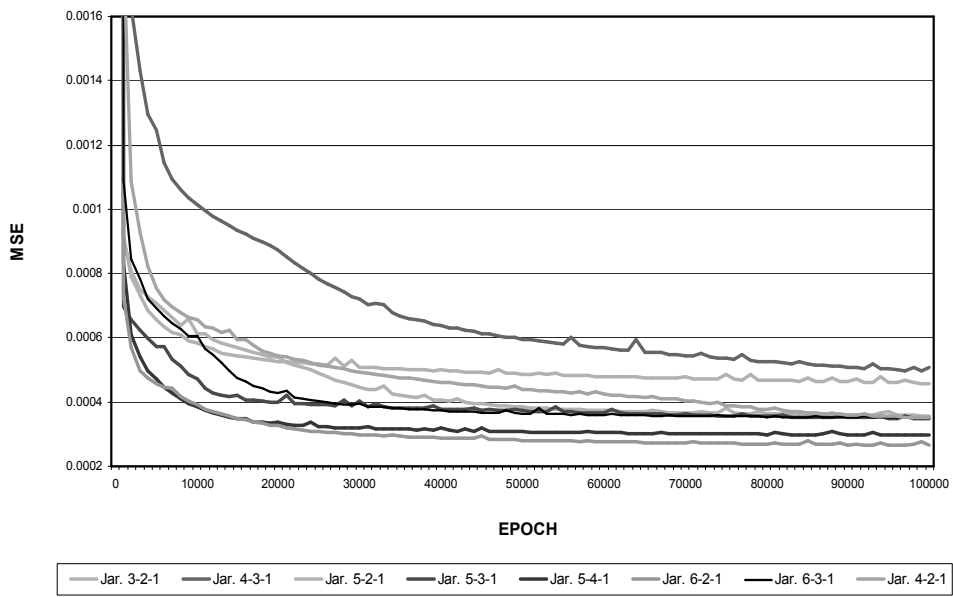
Pelatihan dihentikan saat nilai *error* yang dihasilkan mulai meningkat. Menurut Siang (2005), kondisi ini menandakan bahwa jaringan mulai kehilangan kemampuan untuk melakukan generalisasi data sehingga jaringan mulai mengambil sifat spesifik dari data. Variasi jumlah *hidden layer* selanjutnya dilakukan untuk memperbaiki kinerja jaringan. Menurut Patterson (1996), untuk mendapatkan kinerja terbaik jaringan hendaknya dicoba beberapa kombinasi *hidden layer* dengan jumlah *neuron* pada lapis pertama lebih besar dari lapis kedua. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa penambahan *hidden layer* mampu meningkatkan kinerja jaringan dalam mengenali pola data. Hal ini ditandai dengan lebih rendahnya nilai MSE yang dihasilkan jaringan dua lapis *hidden layer* dibandingkan jaringan dengan hanya satu lapis *hidden layer* (Gambar 2).

Kedua pelatihan tersebut menghasilkan konfigurasi jumlah *neuron* dan *layer* optimal dari *hidden layer*, yaitu struktur jaringan 3-2-1, 4-2-1, 5-4-1 dan 6-2-1. Jaringan optimal belum dapat dipastikan sehingga pelatihan dilanjutkan dengan menentukan nilai *learning rate* yang optimum. *Learning rate* ditambahkan untuk mempercepat pelatihan namun tingkat pemakaiannya harus diperhatikan sebab nilai *learning rate* yang besar memunculkan bahaya osilasi yang dapat mengakibatkan nilai minimum global tidak tercapai (Halim dan Wibisono, 2000).

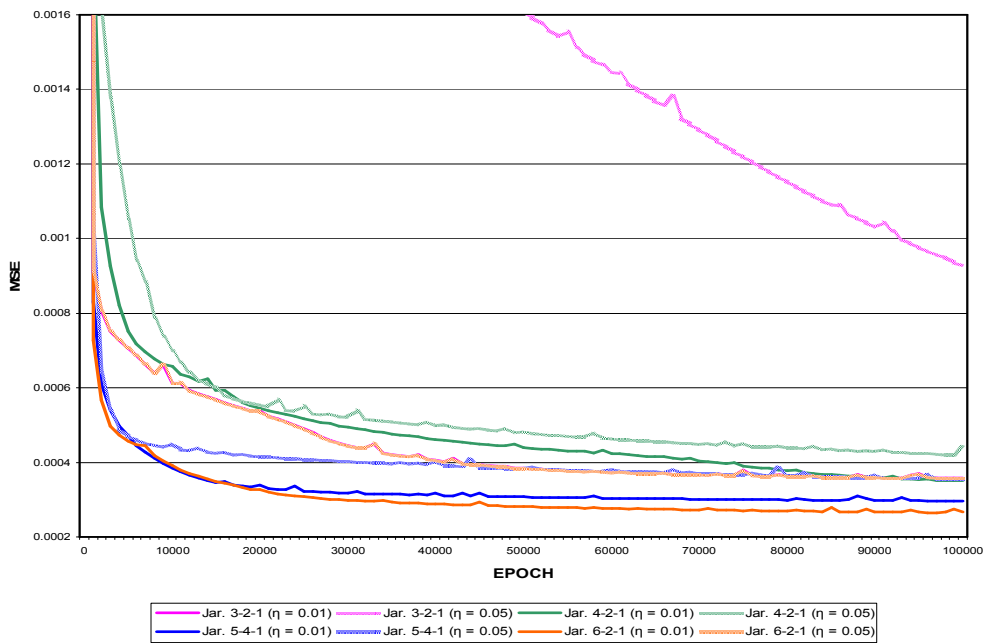
Pelatihan dilakukan dengan meningkatkan nilai *learning rate* dari 0,01 menjadi 0,05. Hasil pelatihan tidak lebih baik dari *learning rate* 0,01 sebab dengan ditambahnya nilai *learning rate* jaringan mengalami kerusakan sistem kerja yang ditunjukkan dengan semakin besarnya nilai *error* (Gambar 3). Sehingga jaringan yang ditetapkan optimum dari proses pelatihan adalah jaringan 3-2-1, 4-2-1, 5-4-1 dan 6-2-1 dengan nilai *learning rate* 0,01.



Gambar 1. Nilai MSE Hasil Pelatihan Pengubahan Pada *Neuron Hidden Layer* Pertama



Gambar 2. Nilai MSE Hasil Pelatihan dengan Pengubahan Pada *Neuron Hidden Layer* Kedua



Gambar 3. Nilai MSE Hasil Pelatihan dengan Pengubahan Nilai *Learning Rate* (η)

Pengujian (Simulasi) Jaringan

Pemilihan jaringan terbaik dilakukan dengan data *testing*. Hasil pengujian didapatkan bahwa jaringan yang mampu mengenali pola data tak dikenal dengan lebih baik adalah jaringan dengan konfigurasi 5-4-1, yang ditandai dengan paling rendahnya nilai *error* (MSE = 0,0069) yang dihasilkan jaringan saat diuji dengan data *testing*. Tabulasi hasil simulasi jaringan disajikan pada Tabel 1.

Peramalan Permintaan Karet RSS-1 PTPN XII dengan JST

Peramalan permintaan karet RSS-1 PTPN XII selang periode Januari 2007 – Desember 2009 menggunakan data stok produk yang diestimasi mengalami peningkatan 5% per tahun, harga karet diprediksi menggunakan analisa fundamental. Hasilnya, harga karet alam dipengaruhi oleh konsumsi dan produksi karet alam. Hasil analisa fundamental didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$H = 1,369 - 0,194 (P) + 0,598 (K)$$

Dimana:

- H = Kenaikan harga karet RSS1 (%)
- K = Pertumbuhan kons.karet RSS1 (%)
- P = Pertumb. produksi karet RSS 1 (%)

Mengacu pada estimasi IRSG (2006), antara tahun 2007 hingga 2010, konsumsi karet alam dunia akan mengalami kenaikan sebesar 2,5% (K = 2.5) dan produksi karet alam akan menurun 0,9% (P = -0.9) perbulan, maka didapatkan nilai H sebesar 3.04%.

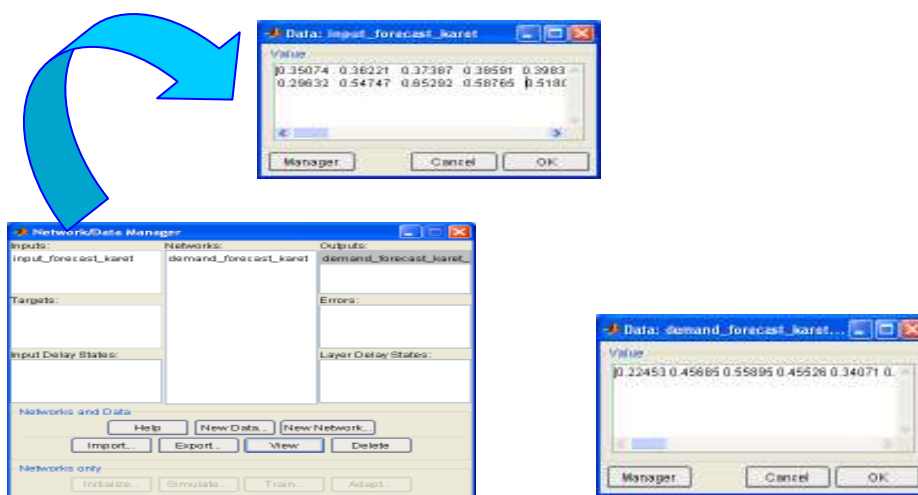
Jaringan 5-4-1 yang terpilih kemudian digunakan untuk meramalkan jumlah permintaan karet RSS-1 PTPN XII selang periode yang dicari. Hasil peramalan didenormalisasi untuk mengetahui nilai aslinya dengan menggunakan rumus:

$$x = \frac{(x' - 0,1)(\max.x - \min.x)}{0,8} + \min.x$$

Data Aktual	Jaringan 3-2-1	Jaringan 4-2-1	Jaringan 5-4-1	Jaringan 6-2-1
-------------	----------------	----------------	----------------	----------------

	Hasil Peramalan (y)	Error (y-t)	Hasil Peramalan (y)	Error (y-t)	Hasil Peramalan (y)	Error (y-t)	Hasil Peramalan (y)	Error (y-t)	
Jan	0,2346	0,2640	0,0295	0,2031	0,0315	0,2925	0,0579	0,4171	0,1825
Feb	0,5880	0,5582	0,0298	0,5366	0,0514	0,5869	0,0011	0,5641	0,0239
Mar	0,7982	0,6649	0,1334	0,6515	0,1467	0,6755	0,1227	0,5977	0,2006
Apr	0,6470	0,5806	0,0664	0,5496	0,0974	0,6086	0,0384	0,5553	0,0917
Mei	0,5208	0,4692	0,0516	0,3361	0,1847	0,5116	0,0092	0,5108	0,0100
Juni	0,8551	0,7760	0,0791	0,7060	0,1491	0,7448	0,1103	0,5991	0,2560
Juli	0,7508	0,5628	0,1880	0,4498	0,3010	0,6060	0,1448	0,5094	0,2415
Agst	0,4944	0,3681	0,1263	0,2252	0,2692	0,4258	0,0685	0,4841	0,0103
Sept	0,3639	0,1826	0,1813	0,1628	0,2010	0,2492	0,1147	0,4749	0,1110
Okt	0,1377	0,0937	0,0439	0,1542	0,0165	0,1890	0,0513	0,4713	0,3336
Nov	0,1190	0,0837	0,0353	0,1537	0,0347	0,1839	0,0649	0,4700	0,3510
Des	0,6269	0,5020	0,1248	0,3227	0,3041	0,5603	0,0665	0,4912	0,1357
MSE ($error^2/n$)	0,0113		0.0324		0.0069		0,0393		

Tabel 1. Nilai MSE Hasil Simulasi Jaringan



Gambar 4 *Toolbox Neural Network* untuk Peramalan Permintaan Karet

Perbandingan hasil peramalan JST versus perusahaan

Peramalan permintaan perusahaan dilakukan dengan mengembangkan model persamaan berikut: $D_t = D_{t-1} + 5\% (D_{t-1})$ D_t merupakan estimasi permintaan karet pada periode dicari dan D_{t-1} merupakan data historis permintaan karet RSS-1.

Metode ini dibandingkan dengan peramalan JST. Hasil yang didapatkan, MAPE JST = 17,54% dan MAPE Peramalan Perusahaan = 58,33% (Tabel 2). Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa peramalan permintaan karet RSS-1 dengan

metode JST lebih akurat dibandingkan dengan metode peramalan versi perusahaan. Metode peramalan perusahaan memiliki kelemahan dalam analisa data. Sebab metode peramalan perusahaan mengabaikan faktor harga sebagai faktor eksternal yang mempengaruhi fungsi permintaan karet. Sebagaimana dijelaskan oleh Anwar (2006) bahwa perkembangan permintaan karet alam selalu dipengaruhi oleh 2 variabel dominan yaitu harga dan produksi.

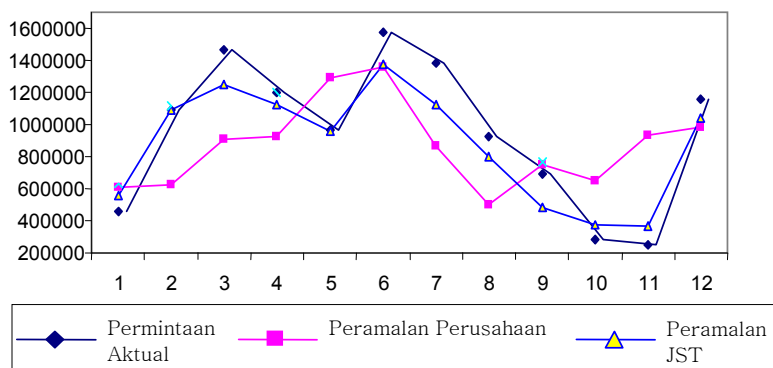
Kelemahan lain dari model peramalan perusahaan adalah penerapannya tidak

relevan untuk peramalan jangka panjang sebab metode peramalan perusahaan mengembangkan sistem peramalan *time series*. Menurut Hanke, *et al* (1999), *time*

series menggunakan asumsi stasioner data, metode ini tidak tepat digunakan untuk kondisi yang selalu fluktuatif.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Peramalan versi JST dengan versi Perusahaan

Periode	Peramalan Aktual	Metode Perusahaan		Metode Regresi		Metode JST	
		Hasil	%	Hasil	%	Hasil	%
		Peramalan	Kesalahan	Peramalan	Kesalahan	Peramalan	Kesalahan
Januari	455.929	612.000	34,23	633.556	38,96	560.165	22,86
Februari	1.091.694	629.000	42,38	1.113.849	2,03	1.089.732	0,8
Maret	1.469.905	912.000	37,96	1.319.235	10,25	1.249.106	15,02
April	1.197.767	925.000	22,77	1.197.181	0,05	1.128.766	5,76
Mei	970.812	1.290.000	32,88	1.071.160	10,34	954.283	1,70
Juni	1.572.187	1.361.000	13,43	1.648.231	4,84	1.373.763	12,62
Juli	1.384.583	864.000	37,60	1.340.376	3,9	1.124.089	18,81
Agustus	923.266	496.000	46,28	1.048.464	13,56	799.945	13,36
September	688.528	752.000	9,22	767.170	11,42	482.277	29,96
Oktober	281.676	648.000	130,05	478.294	69,80	373.989	32,77
November	248.065	937.000	277,72	421.386	69,87	364.815	47,06
Desember	1.161.647	982.000	15,46	1.323.759	13,96	1.041.884	10,31
MAPE		58,33%		20,69%		17,54%	



Gambar 5. Grafik Perbandingan Metode Peramalan

KESIMPULAN

Arsitektur jaringan syaraf tiruan yang dapat digunakan untuk peramalan permintaan karet RSS 1 di PTPN XII adalah jaringan *multy layer feedforward* dengan struktur jaringan 2-5-4-1 (2 *neuron input*, 2 *hidden layer* dengan masing-masing *neuron* adalah 5 dan 4, serta 1 *neuron output*). Parameter yang ditambahkan untuk mempercepat kinerja jaringan adalah

lr 0,01 dan *mc* 0,9. Nilai MSE pelatihan jaringan sebesar 0,0069 (0,69%), dengan kata lain keberhasilan jaringan dalam mengenali pola data adalah sebesar 99,31%.

Input peramalan adalah stok dan harga produk. Stok ditentukan 5% per tahun, harga karet ditentukan melalui analisa fundamental dengan persamaan

$H = 1,369 - 0,194 (P) + 0,598 (K)$
sehingga didapatkan harga karet meningkat sebesar 3,04%.

Perbandingan tingkat akurasi metode peramalan dengan data *testing* didapatkan prosentase kesalahan absolut (MAPE) hasil peramalan jaringan adalah 17,54%, sedangkan MAPE peramalan versi perusahaan adalah 58,33%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2003. Neraca Perdagangan Komoditas Karet Tahun 1969-2003. BPS diolah Subdit PI PPH Bun
- _____. 2006. All About RSS (Ribbed Smoked Sheets): The Grade Descriptions Available In The International Markets. www.pechsiam.com. Tanggal Akses 23 Januari 2007
- _____. 2007. Statistical Monthly Report Boarding. <http://www.rubberstudy.com/mem-statistics>. Tanggal akses 22 Maret 2007
- Anwar, C. 2006. Perkembangan Pasar dan Prospek Agribisnis Karet di Indonesia. Lokakarya Budidaya Tanaman Karet. Balai Penelitian Sungei Putih, Pusat Penelitian Karet. Medan
- Djasasaputra, S. R. 2003. Application of Artificial Neural Networks in Industrial Engineering. ITB. Bandung
- Halim, S. dan Wibisono, A. M. 2000. Penerapan Jaringan Saraf Tiruan untuk Peramalan. Jurnal Teknik Industri. Vol. 2, No. 2, Desember 2000.
- Nasution, A.H. 2003. Perencanaan dan Pengendalian Produksi. Guna Widya. Surabaya
- Patterson, D. W. 1996. Artificial Neural Network: Theory and Applications. Prentice Hall. Singapore
- Siang, J.J. 2005. Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan Matlab. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Suprayogi, I., Anwar, N., Edijatno, dan Irawan, M. I. 2005. Prediksi Salinitas di Estuari Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. Jurnal Teknik. Vol. XII, No. 2. Malang
- Surya, Y., dan Situngkir, H. 2002. Jaringan Saraf Buatan untuk Prediksi Data Deret Waktu Keuangan. Jurnal Keuangan Komputasional. Lembaga Pengembangan Fisika Indonesia. Bandung
- Stergiou dan Siganos. 2006. Neural Network. www.emsl.pnl.gov.2080/docs/cie/nural/neural.homepage.html. Tanggal akses 8 September 2006
- Yao, J.T., Tan, C. L., dan Poh, H. L. 1999. Neural Network For Technical Analysis: A Study on KLCI. International Journal of Theoretical and Applied Finance. Vol. 2, No. 2.