

**PERAMALAN KONSUMSI ENERGI DI INDONESIA DENGAN MENGGUNAKAN
JARINGAN SYARAF TIRUAN**

**FORECASTING ENERGY CONSUMPTION IN INDONESIA USING
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

Bagus Seno Wulung
Akademi Teknologi Kulit Yogyakarta

ABSTRAK

Permasalahan energi bagi kelangsungan hidup manusia merupakan masalah yang di hadapi oleh hampir seluruh negara di dunia. Peramalan konsumsi energi merupakan hal yang sangat penting dalam penentuan kebijakan pemerintah mengenai energi dan industri. Penelitian ini membuat peramalan konsumsi energi di Indonesia dan faktor yang mempengaruhinya dengan menggunakan Artificial Neural Network (ANN) dan regresi linier dan membandingkan kedua metode tersebut. Pada Penelitian ini didapatkan tingkat kesalahan pada model ANN sangat kecil sehingga dapat digunakan untuk melakukan peramalan konsumsi energi. Sedangkan untuk regresi linier dihasilkan R^2 sebesar 0,753 yang berarti masih banyak perilaku sistem yang tidak terjelaskan oleh model. Pada model, konsumsi energi Indonesia dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu Pendapatan Domestik Bruto (PDB), Pendapatan Nasional dan Indeks Harga Konsumen (IHK). Berdasarkan hasil yang telah dicapai, dapat dikemukakan saran antara lain: Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan melakukan disagregasi konsumsi energi per sektor industri. Melakukan telaah performansi setiap sektor industri berdasarkan hasil peramalan konsumsi energi di tiap sektor industri.

Kata Kunci: Peramalan, Konsumsi Energi, ANN, PDB, Pendapatan Nasional, IHK

ABSTRACT

Energy is the biggest problem for most country in the world. The forecasting of energy consumption is essential for any country to study the future energy demand and to introduce the necessary government policies. This research is intended to forecast energy consumption in Indonesia with an economic indicator as input. This research uses artificial neural network (ANN) model and linear regression model, then comparing the models. The result shows that energy consumption in Indonesia is influenced by Gross Domestic Product (GDP), National Income (NI), and Customer Price Index (CPI). The result indicates that artificial neural network can forecast energy consumption in Indonesia accurately with minimum mean square error (MSE). The result also shows that linear regression model has R^2 0.753. It means that linear regression model is not appropriate for energy forecasting. This research shows that we can forecast energy consumption for long period using ANN with an economic indicator input. Based on the results, this research recommends conducting further research for forecast energy consumption in each industrial sector.

Keyword: Forecasting, energy consumption, ANN, GDP, NI, CPI

PENDAHULUAN

Permasalahan energi bagi kelangsungan hidup manusia merupakan masalah besar yang di hadapi oleh hampir seluruh negara di dunia. Tidak lagi ditemukannya cadangan dalam jumlah yang besar pada rentang waktu terakhir ini membuat hampir seluruh dunia menjadikan permasalahan energi sebagai masalah yang perlu ditangani secara serius. Indonesia merupakan negara dengan konsumsi energi yang besar, yaitu 1,6 % konsumsi minyak bumi dunia, dan 1,2 % konsumsi gas alam (BP

statistik,2010). Dari seluruh energi yang dikonsumsi tersebut, konsumsi energi di Indonesia masih didominasi oleh konsumsi rumah tangga (Nuryanti,2007).

Secara umum terjadinya peningkatan kebutuhan energi mempunyai keterkaitan erat dengan perkembangan kegiatan ekonomi sebagai efek langsung dari pertambahan jumlah penduduk. Jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang mengalami peningkatan dari tahun ke tahun akan mengakibatkan peningkatan kebutuhan energi.

Konsumsi energi di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun 1994 sebesar 441,168.63 ton sbm setara barel minyak) menjadi 1.033.254 ton sbm pada tahun 2008 (ESDM, 2009). Peningkatan ini tentu saja akan terus berlangsung untuk tahun-tahun berikutnya, sehingga diperlukan peramalan konsumsi energi di Indonesia.

Jaringan syaraf tiruan atau *Artificial Neural Network* (ANN) sudah banyak digunakan untuk dalam masalah peramalan (*forecasting*) (Hagan, 1996). ANN merupakan bagian dari *artificial intelligence* yang merupakan tiruan dari kemampuan otak manusia yang disimulasikan melalui program komputer. Keunggulan yang utama dari sistem jaringan syaraf tiruan adalah kemampuan untuk "belajar" dari contoh yang diberikan. Algoritma pembelajaran yang digunakan adalah algoritma propagasi balik. Pada algoritma ini digunakan sinyal referensi dari luar (sebagai pengajar) dibandingkan dengan sinyal keluaran JST, hasilnya berupa sinyal kesalahan (*error*).

Banyak model peramalan yang telah dibuat untuk meramalkan konsumsi energi di suatu negara. Salah satu model peramalan yang dibuat menggunakan *multiple linear regression* untuk melihat keterkaitan antara konsumsi energi di Taiwan dengan Produk Domestik Bruto (PDB), pendapatan nasional, populasi, dan indeks harga konsumen (Pao, 2006). Kemudian Shakibai et.al (2009) juga menggunakan ANN untuk meramalkan konsumsi energi sektor pertanian di Iran. Sementara itu dilakukan peramalan konsumsi energi jangka pendek di Arab Saudi dengan pendekatan model polinomial (Al-Shehri, 2000). Pada tulisan ini, dibuat peramalan konsumsi energi di Indonesia dan faktor yang mempengaruhinya dengan menggunakan ANN dan regresi linier multivariat dan membandingkan kedua metode tersebut.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Meramalkan konsumsi energi di Indonesia dengan menggunakan model regresi linier banyak variabel.
2. Meramalkan konsumsi energi di Indonesia dengan menggunakan model ANN.

3. Membandingkan hasil peramalan konsumsi energi di Indonesia antara model regresi linier dengan model ANN.

Rumusan Masalah

Secara garis besar penelitian ini dapat diterjemahkan menjadi pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

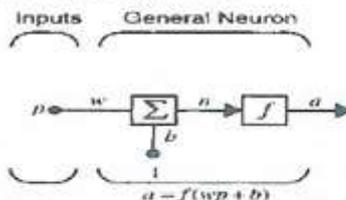
1. Faktor apa saja yang mempengaruhi konsumsi energi di Indonesia jika dianalisis dengan model regresi linier?
2. Apakah model ANN dapat meramalkan konsumsi energi di Indonesia dengan baik menggunakan input indikator ekonomi?
3. Model yang bagaimana yang dapat meramalkan konsumsi energi di Indonesia dengan tingkat kesalahan yang kecil?

Data

Data yang digunakan untuk meramalkan konsumsi energi di Indonesia terdiri dari data PDB, Pendapatan Nasional, dan Indeks Harga Konsumen. Data diperoleh dari Kementerian ESDM dan Badan Pusat Statistik (BPS) dari tahun 1994 sampai 2008. Data konsumsi energi yang digunakan dalam tulisan ini didapatkan dari kementerian ESDM berupa konsumsi energi total yang diagregasi dalam satuan sbm (setara barel minyak). Data PDB, pendapatan nasional dan Indeks harga konsumen didapatkan dari BPS.

METODE PENELITIAN

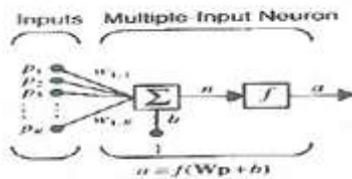
Pada penelitian ini digunakan model regresi linier dan jaringan syaraf tiruan. Secara sederhana model ANN dengan satu neuron dapat dilihat pada gambar 1.



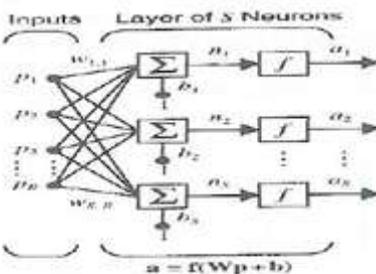
Gambar 1. Neuron dengan Satu Input (Hagan,1996)

Dimana: p=input, w=weight, f=fungsi transfer, a=output, b=bias

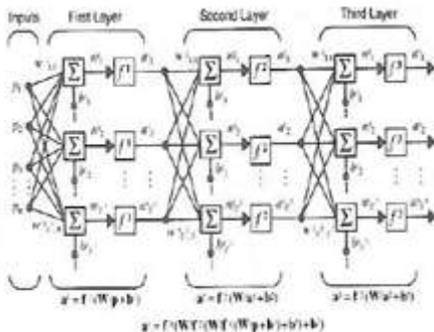
Sedangkan untuk neuron dengan beberapa input dapat dilihat pada gambar 2. Untuk arsitektur ANN dengan beberapa neuron dan layer dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.



Gambar 2. Neuron dengan Input lebih dari satu (Hagan, 1996)



Gambar 3. Struktur dengan Neuron lebih dari satu (Hagan, 1996)



Gambar 4. Neuron dengan struktur lapisan lebih dari satu (Hagan, 1996)

Untuk membuat peramalan dengan ANN, langkah pertama yang dilakukan adalah membangun model dulu. Proses membangun ini disebut dengan *network training* atau *learning*. Secara umum dalam aplikasi ANN, data dibagi menjadi dua yaitu untuk training dan pengujian. Model jaringan syaraf tiruan yang dipakai adalah model propagasi balik. Model

propagasi balik melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan dalam mengenali pola serta respon terhadap pola masukan serupa dengan pola pada pelatihan (Siang, 2005). Beberapa fungsi transfer yang dapat digunakan adalah pureline (linier), Log-Sigmoid dengan persamaan:

$$a = \frac{1}{1 + e^{-n}} \dots \dots \dots (1)$$

Dan juga tangent sigmoid dengan persamaan:

$$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}} \dots \dots \dots (2)$$

dimana: a = keluaran fungsi transfer

Dengan menggunakan fungsi transfer Log-Sigmoid maka data ditransformasikan nilainya menjadi antara 0,1 sampai 0,9. Hal tersebut sering disebut normalisasi data (Siang, 2005).

Faktor input yang digunakan pada penelitian ini adalah indikator ekonomi makro yaitu Produk Domestik Bruto, Pendapatan Nasional, dan Indeks Harga Konsumen. Hal tersebut dikarenakan konsumsi energi merupakan faktor utama penggerak kegiatan ekonomi dan input pada faktor produksi.

Produk Domestik Bruto merupakan jumlah nilai produk yang diproduksi di dalam negeri (perwilayahan Indonesia) yang mencakup konsumsi, investasi, pengeluaran pemerintah dan selisih ekspor-impor selama 1 tahun (BPS).

Pendapatan nasional merupakan produk nasional neto berdasar faktor produksi. Produk nasional neto mencerminkan jumlah nilai yang dihasilkan oleh warga negara baik di dalam maupun di luar negeri (BPS).

Indeks harga konsumen adalah indeks yang mengukur rata-rata perubahan harga antarwaktu dari suatu paket jenis barang dan jasa yang dikonsumsi oleh penduduk/rumah tangga dengan dasar suatu periode tertentu (BPS).

Pengolahan data dilakukan dengan langkah pengolahan data sebagai berikut:

1. Data diolah dengan menggunakan nntool MATLAB
2. Data dibagi 2, yaitu digunakan untuk melakukan training dan digunakan validasi.
3. Melakukan normalisasi data menjadi antara 0,1 sampai 0,9.

4. Melakukan variasi jumlah neuron, jumlah lapisan, dan fungsi transfer. (fungsi transfer lapisan 1 sampai n-1 adalah logsig atau tansig dan lapisan n adalah purelin).
5. Melakukan variasi input yaitu :
 - a. Beberapa input: PDB, Pendapatan Nasional (NI) dan Indeks Harga Konsumen (CPI) dengan n layer
 - b. Satu input, yaitu:
 - PDB
 - NI
 - CPI

Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan tahun 2007 dan diperbaharui pada tahun 2010.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data dengan Regresi

Hasil pengolahan data dengan regresi linier dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Koefisien determinasi

Model	R Square	Adjusted R Square	Durbin -Watson
1	.827	.753	.906

- a. Predictors: (Constant), Consumer Price Index, National Income, Gross Domestic Produk
- b. Dependent Variable: Energy Consumption

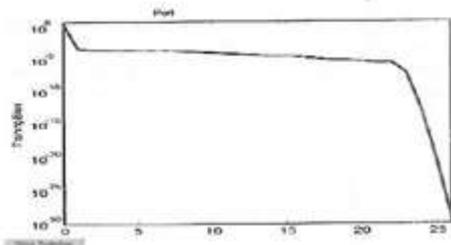
Tabel 2. Signifikansi Model

Model		Koefisien Standar	t	Sig.
		Beta		
1	(Constant)		.321	.758
	Gross Domestic Produk	.586	2.488	.042
	National Income	.425	1.935	.094
	Consumer Price Index	-.017	-.099	.924

- a. Dependent Variable: Energy Consumption

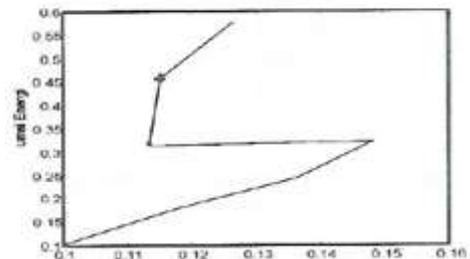
Hasil simulasi dengan ANN

Hasil simulasi dengan ANN yang menunjukkan grafik performansi (minimasi MSE) dengan multiple input dapat dilihat pada gambar 5.

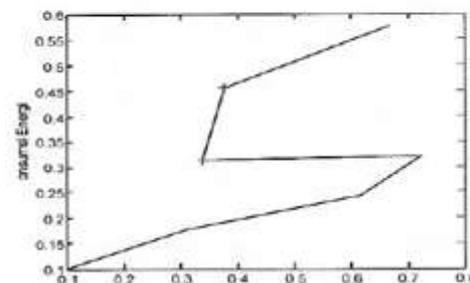


Gambar 5. Grafik performansi (MSE) dan jumlah iterasi untuk multiple input

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa performansi program dari awal training untuk netwok menghasilkan target error yang sangat kecil. Sementara plot antara masing-masing variabel dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7.

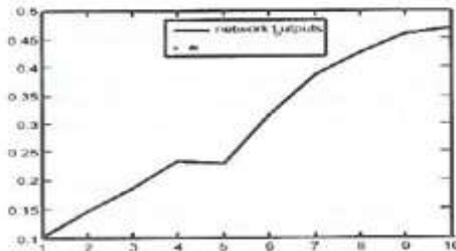


Gambar 6. Grafik antara PDB, dan Konsumsi Energi



Gambar 7. Grafik antara Pendapatan Nasional (NI) dengan Konsumsi Energi

Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan antara jumlah kebutuhan energi aktual dengan hasil training dan validasi network dengan 2 menggunakan jaringan saraf tiruan yang grafiknya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Keluaran Program dengan Data

Pada gambar 8, dapat dilihat bahwa kesesuaian model sangat baik, terlihat dari berhimpitnya kurva keluaran program dengan target (data perbandingan). Sementara perbandingan hasil prediksi dan data dalam bentuk tabel dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Konsumsi Energi Data dan Hasil Keluaran Program

Tahun	Data (sbm)	Hasil Simulasi (sbm)	Selisih
1994	528742.29	528742.29	0.000%
1995	558353.58	558366.91	0.002%
1996	583203.92	583199.89	0.001%
1997	612519.58	612520.95	0.000%
1998	610032.05	610034.59	0.000%
1999	664106.60	664112.58	0.001%
2000	709845.91	709840.98	0.001%
2001	734030.36	734027.55	0.000%
2002	754469.47	754471.61	0.000%
2003	761119.31	761115.18	0.001%
2004	832939.98	689703.10	17.197%
2005	864601.00	893239.40	3.312%
2006	879949.00	875420.61	0.515%
2007	916720.00	1051426.86	14.694%
2008	1033769.00	1009130.84	2.383%

Dari tabel 3, dapat dilihat bahwa hasil peramalan model sangat baik, dengan tingkat kesalahan yang sangat kecil. Namun demikian terjadi penyimpangan yang cukup besar pada tahun 2004 dan 2007, hal itu dimungkinkan terjadi perilaku yang berbeda pada kedua tahun

tersebut, sehingga perlu dicari input baru pada model untuk merepresentasikannya.

Dengan menggunakan ANN menghasilkan rekapitulasi performansi network seperti dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel Hasil Pengolahan ANN

No	Input	Error (MSE)	Jumlah iterasi
1	PDB	0,0056	100
2	NI	1,45E-025	54
3	CPI	2,17E-022	68
4	PDB, NI, CPI	5,8415E-030	26

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada model regresi linier didapatkan Nilai R^2 adjusted sebesar 0,753 yang berarti masih banyak perilaku sistem yang tidak terjelaskan oleh model.
2. Pada model regresi linier dengan menggunakan tiga variabel independen (PDB, NI dan CPI) yang mempunyai signifikansi terhadap model hanyalah PDB.
3. Model ANN memiliki tingkat kesalahan (*error*) yang sangat kecil sehingga dapat digunakan untuk melakukan peramalan konsumsi energi.
4. Pada model ANN, konsumsi energi Indonesia dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu PDB, pendapatan nasional dan indeks harga konsumen.

Saran

Berdasarkan hasil yang telah dicapai, dapat dikemukakan saran antara lain:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan melakukan disagregasi konsumsi energi per sektor industri.
2. Melakukan telaah performansi setiap sektor industri berdasarkan hasil peramalan konsumsi energi di tiap sektor industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Shehri, A, A simple forecasting model for industrial electric energy Consumption, *International Journal Of Energy Research*, 2000;24:719-726
- Anonim. (2009). *Handbook of Energy and Economic Statistic of Indonesia 2009*, Kementerian ESDM, Jakarta
- Anonim. (2009). *Statistik Indonesia*, Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Anonim.,(2010). BP Statistical Review of World Energy June 2010, <http://www.bp.com/statisticreview/>
- Hagan,M.T, Demuth,H.B.,(1996). *Neural Network Design*, PWS Publishing Company, Boston.
- Nuryanti, Herdine,S.S., (2007). *Analisis Karakteristik Konsumsi Energi Pada Sektor Rumah Tangga Di Indonesia*, *Seminar Nasional Teknologi Nuklir*, Yogyakarta.
- Pao HT (2006). Modelling and forecasting the Energy Consumption in Taiwan Using Artificial Neural Networks. *Journal of American Academy of Business*, 8,1: 113.
- Roy,P (2005). An Artificial Intelligence Stock Clasification. *Journal of American Academy of Business*, 7,1:36
- Shakibai, A.R. & Koochekzadeh, S, Modeling and Predicting Agricultural Energy Consumption in Iran, *American-Eurasian J.Agric.&Environ.Sci.*, 5(3):308-312, 2009
- Siang, J.J., (2005). *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

www.bps.go.id