
MODEL JARINGAN SYARAF TIRUAN MEMPREDIKSI EKSPOR BATU BARA MENURUT NEGARA TUJUAN UTAMA DALAM MENDORONG LAJU PERTUMBUHAN EKONOMI

Rafiq Dewy¹, Sundari Retno Andani² & Solikhun³

^{1,2,3} AMIK Tunas Bangsa Pematangsiantar

Jl. Jend. Sudirman Blok A No. 1,2 & 3 Pematangsiantar

E-mail: solikhun@amiktunasbangsa.ac.id

Abstract

Prediction is a process for estimating how many needs in the future. This study aims to predict the amount of coal exports according to the country the main goal in driving the pace of economic growth. The role of the agricultural sector in the national economy is very important and strategic. Coal is one of the fossil fuels. The general definition is a sedimentary rock that can burn, formed from organic deposits, mainly the remains of plants and formed through the process of pembatubaraan. The main elements consist of carbon, hydrogen and oxygen. Domestic production makes the government continue to implement coal export policies according to the state's main goal in driving the pace of economic growth in Indonesia. By using Artificial Neural Networks and backpropagation algorithms, architectural models will be sought to predict the amount of coal exports according to the state's main goal in driving the pace of economic growth to determine steps to assist the government in exporting coal based on the main destination country. This study uses 12 input variables with 1 target. Using 4 architectural models to test the data to be used for prediction, namely models 12-8-1, 12-16-1, 12-32-1 and 12-64-1. The best architectural model results obtained are 12-16-1 architectural models with 100% truth accuracy, the number of epoch 2602 and MSE is 0.0032. By using this model, predictions of coal exports are in accordance with the main destination countries with 100% accuracy.

Keywords: Coal, Exports, predictions, backpropagation, Artificial Neural Networks

Abstrak

Prediksi adalah proses untuk memperkirakan berapa banyak kebutuhan di masa depan. Studi ini bertujuan untuk memprediksi jumlah ekspor batubara menurut negara tujuan utama dalam mendorong laju pertumbuhan ekonomi. Peran sektor pertanian dalam ekonomi nasional sangat penting dan strategis. Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil. Definisi umum adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, terutama sisa-sisa tanaman dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur utama terdiri dari karbon, hidrogen, dan oksigen. Produksi dalam negeri membuat pemerintah terus menerapkan kebijakan ekspor batubara sesuai dengan tujuan utama negara dalam mendorong laju pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Dengan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan dan algoritma backpropagation, model arsitektur akan dicari untuk memprediksi jumlah ekspor batubara sesuai dengan tujuan utama negara dalam mendorong laju pertumbuhan ekonomi untuk menentukan langkah-langkah untuk

membantu pemerintah dalam mengekspor batubara berdasarkan negara tujuan utama . Penelitian ini menggunakan 12 variabel input dengan 1 target. Menggunakan 4 model arsitektur untuk menguji data yang akan digunakan untuk prediksi, yaitu model 12-8-1, 12-16-1, 12-32-1 dan 12-64-1. Hasil model arsitektur terbaik yang diperoleh adalah model arsitektur 12-16-1 dengan akurasi 100%, jumlah zaman 2602 dan MSE adalah 0,0032. Dengan menggunakan model ini, prediksi ekspor batubara sesuai dengan negara tujuan utama dengan akurasi 100%.

Kata kunci: Batubara, Ekspor, prediksi, backpropagation, Jaringan Syaraf Tiruan

1. PENDAHULUAN

Batu bara adalah salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan yang terjadi pada negara tujuan utama. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Batu bara juga adalah batuan organik yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk. Analisis unsur memberikan rumus formula empiris seperti $C_{137}H_{97}O_9NS$ untuk bituminus dan $C_{240}H_{90}O_4NS$ untuk antrasit. (Wikipedia).

Perdagangan bebas di era globalisasi saat ini banyak melibatkan perdagangan antarnegara. Hal ini terjadi karena adanya kebutuhan akan suatu produk yang tidak dapat dihasilkan oleh suatu negara. Seiring dengan perkembangan industrialisasi modern saat ini, kebutuhan akan energi dunia menjadi semakin besar agar roda industri dapat terus berjalan. Batubara merupakan salah satu dari berbagai bahan bakar fosil untuk menggerakkan mesin industri. Batubara digunakan diberbagai sektor, termasuk produksi besi dan baja, pembangkit listrik dan pabrik semen. Oleh sebab itu negara-negara di dunia berusaha untuk memenuhi pasokan energi dalam negerinya agar industrinya dapat terus berjalan. Industri batubara adalah suatu industri dimana batubara ditambang secara komersial lebih di 50 negara dan digunakan di lebih dari 70 negara. Konsumsi batubara di Asia sekitar 65,6% dari konsumsi batubara dunia. Tingginya permintaan batubara di kawasan ini, memberikan prospek pasar yang menarik bagi para eksportir batubara Indonesia. Indonesia merupakan salah satu eksportir batubara yang memiliki peran penting sebagai pemasok batubara di pasar internasional yaitu sekitar 24%. Jepang, Cina, Korea Selatan, dan Taiwan adalah negara-negara tujuan ekspor utama batubara Indonesia.

Dalam rangka mendorong laju pertumbuhan ekonomi menjadi lebih tinggi, Pemerintah sangat membutuhkan dukungan dari seluruh sektor atau bidang yang dapat menambah income atau pendapatan pemerintah. Jika pengeluaran lebih besar dari pendapatan maka pemerintah akan mengalami defisit dan sulit dalam menjalankan roda pemerintahan dengan baik. Salah satu pendapat yang penting adalah dari sektor perdagangan yaitu ekspor dan impor. Negara Indonesia merupakan negara pengekspor Batu Bara. Pemerintah harus bisa melakukan prediksi Batu Bara kedepan agar pihak pemerintah dapat mengambil langkah atau kebijakan bagaimana membuat strategi-strategi yang handal dalam upaya meningkatkan jumlah ekspor Batu Bara ke depan. Begitu juga bagi masyarakat

sebagai penghasil Batu Bara, mereka harus bisa memperbaiki kualitas dan kuantitas hasil penambangan Batu Bara. Prediksi ekspor Batu Bara ke depan ditentukan berdasarkan data ekspor Batu Bara sebelumnya dimulai dari tahun 2002 sampai tahun 2015.

Jaringan syaraf tiruan (JST) adalah paradigm pemrosesan suatu informasi yang terinspirasi oleh sistem sel syaraf biologi. Jaringan ini biasanya diimplementasikan dengan menggunakan komponen elektronik atau disimulasikan pada aplikasi computer [1]. Metode ini termasuk kedalam rumpun kecerdasan buata. Kecerdasan buatan atau disebut juga Artificial Intelegent (AI) merupakan salah satu bagian dari ilmu komputer yang mempelajari bagaimana membuat mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia bahkan bisa lebih baik daripada yang dilakukan manusia. Algoitma yang digunakan pada penelitian ini adalah *Backpropagation* yaitu sebuah metode sistematika untuk pelatihan multilayer Jaringan Syaraf Tiruan. Jaringan *Backpropagation* merupakan salah satu algoritma yang sering digunakan dalam menyelesaikan masalah-masalah yang rumit (Anwar, 2011). Algoritma ini juga dipakai pada aplikasi pengaturan karena proses pelatihnnya didasarkan pada hubungan yang sederhana [2].

Penelitian ini akan memberikan sebuah model arsitektur untuk memprediksi jumlah ekspor batu bara menurut negara tujuan utama dalam mendorong laju pertumbuhan ekonomi, dimana nantinya hasil penelitian ini dapat dijadikan sebuah referensi untuk pemerintah dalam menentukan kebijakan-kebijakan dikedepannya. Penelitian ini diharapkan akan memberikan data yang akurat dan realistis sehingga layak untuk menjadi sebuah tolak ukur atau gambaran ekspor batu bara menurut negara tujuan utama dalam mendorong laju pertumbuhan ekonomi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelegent*)

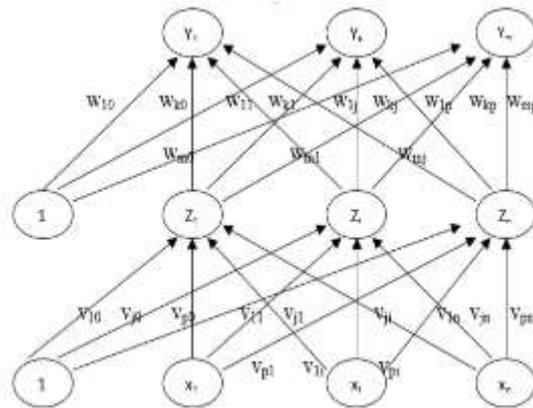
Kecerdasan buatan atau disebut juga Artificial Intelligence (AI) merupakan salah satu bagian dari ilmu komputer yang mempelajari bagaimana membuat mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia bahkan bisa lebih baik daripada yang dilakukan manusia. Menurut John McCarthy dalam Dahria (2008), Artificial Intelligence (AI) adalah untuk mengetahui dan memodelkan proses-proses berpikir manusia dan mendesain mesin agar dapat menirukan perilaku manusia. Cerdas, berarti memiliki pengetahuan dan pengalaman, penalaran, bagaimana membuat keputusan dan mengambil tindakan moral yang baik[3].

2.2. Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan Saraf Tiruan (JST) merupakan salah satu representasi buatan otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia[4].

2.3. Arsitektur *Backpropagation*

Backpropagation terdiri dari n buah masukan (ditambah sebuah bias), sebuah layar tersembunyi yang terdiri dari p unit (ditambah sebuah bias), serta m buah unit keluaran. V_{0j} dan W_{0k} masing-masing adalah bias untuk unit tersembunyi ke- j dan untuk output ke- k . Bias V_{0j} dan W_{0k} berperilaku seperti bobot dimana output bias ini selalu sama dengan 1 [2].



Gambar 1 Arsitektur *Backpropagation*

2.4. Langkah-Langkah Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*

Langkah-langkah dalam Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* meliputi tiga fase yaitu :

a. *Fase I : Propagasi Maju*

Selama propagasi maju, sinyal masukan ($= x_i$) dipropagasikan ke lapis tersembunyi menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Keluaran dari setiap unit lapis tersembunyi ($= z_j$) tersebut selanjutnya dipropagasikan maju lagi ke lapis tersembunyi di atasnya menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Demikian seterusnya hingga menghasilkan keluaran jaringan ($= y_k$). Berikutnya, keluaran jaringan ($= y_k$) dibandingkan dengan target yang harus dicapai ($= t_k$). Selisih $t_k - y_k$ adalah kesalahan yang terjadi. Jika kesalahan ini lebih kecil dari batas toleransi yang ditentukan, maka iterasi dihentikan. Akan tetapi apabila kesalahan masih lebih besar dari batas toleransinya, maka bobot setiap garis dalam jaringan akan dimodifikasikan untuk mengurangi kesalahan yang terjadi.

b. *Fase II : Propagasi Mundur*

Berdasarkan kesalahan $t_k - y_k$, dihitung faktor δ_k ($k=1, 2, \dots, m$) yang dipakai untuk mendistribusikan kesalahan di unit y_k ke semua unit tersembunyi yang terhubung langsung dengan y_k . δ_k juga dipakai untuk mengubah bobot garis yang menghubungkan langsung dengan unit keluaran. Dengan cara yang sama, dihitung δ_j di setiap unit di lapis tersembunyi sebagai dasar perubahan bobot semua garis yang berasal dari unit tersembunyi di lapis di bawahnya. Demikian seterusnya hingga faktor δ di unit tersembunyi yang berhubungan langsung dengan unit masukan dihitung.

c. *Fase III : Perubahan Bobot*

Setelah semua faktor δ dihitung bobot semua garis dimodifikasi bersamaan.

Perubahan bobot suatu garis didasarkan atas faktor δ neuron di lapis atasnya. Sebagai contoh, perubahan bobot garis yang menuju ke lapis keluaran didasarkan atas dasar δ_k yang ada di unit keluaran.

Ketiga fase tersebut diulang-ulang terus hingga kondisi penghentian dipenuhi. Umumnya kondisi penghentian yang sering dipakai adalah jumlah iterasi atau kesalahan. Iterasi akan dihentikan jika jumlah iterasi yang dilakukan sudah melebihi jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan, atau jika kesalahan yang terjadi sudah lebih kecil dari batas toleransi yang diijinkan[5].

Algoritma Pelatihan *backpropagation* dengan satu layar tersembunyi (dengan fungsi *aktivasi sigmoid biner*) adalah[6]:

Langkah 0 : Inisialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil.

Langkah 1 : Jika kondisi penghentian belum dipenuhi, lakukan langkah 2-8.

Langkah 2 : Untuk setiap pasang data pelatihan, lakukan langkah 3-8.

Langkah 3 : Langkah 3 (langkah 3-5 merupakan fase 1).

Tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi di atasnya.

Langkah 4 : Hitung semua keluaran di unit tersembunyi z_j ($j = 1, 2, \dots, p$).

$$Z_{net_j} = V_{j0} + \sum_{i=1}^n X_i V_{ji}$$

$$Z_j = f(Z_{net_j}) = \frac{1}{1 + \exp(-z_{net_j})}$$

Langkah 5 : Hitung semua keluaran jaringan di unit keluaran y_k ($k = 1, 2, \dots, m$) :

$$y_{net_k} = W_{k0} + \sum_{j=1}^p Z_j W_{kj}$$

Menghitung kembali sesuai dengan fungsi aktivasi:

$$y_k = f(y_{net_k})$$

$$Z_j = \left(\frac{1}{1 + \exp(-y_{net_k})} \right)$$

Langkah 6 : (langkah 6-7 merupakan fase 2)

Hitung faktor δ unit keluaran berdasarkan kesalahan di setiap unit keluaran y_k ($k = 1, 2, \dots, m$).

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{net_k}) = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k)$$

$$t_k = \text{target}$$

keluaran δ_k merupakan unit kesalahan yang akan dipakai dalam perubahan bobot layar dibawahnya. Hitung perubahan bobot w_{kj} dengan laju pemahaman α .

$$\Delta W_{kj} = \alpha \delta_k z_j, k = 1, 2, \dots, m, j = 0, 1, \dots, p$$

Langkah 7 : Hitung faktor δ unit tersembunyi berdasarkan kesalahan di setiap unit tersembunyi z_j ($j = 1, 2, \dots, p$)

$$\delta_{net_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{kj}$$

Faktor δ unit tersembunyi.

$$\delta_j = \delta_{net_j} f'(Z_{net_j}) = \delta_{net_j} z_j(1 - z_j)$$

Hitung suku perubahan bobot v_{ji} .

$$\Delta V_{ji} = \alpha \delta_j x_i, j = 1, 2, \dots, p, i = 0, 1, \dots, n$$

Langkah 8 : Hitung semua perubahan bobot. Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran, yaitu

$$W_{kj}(\text{baru}) = W_{kj}(\text{lama}) + \Delta W_{kj}, \\ k = 1, 2, \dots, m, j = 0, 1, \dots, p$$

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit tersembunyi, yaitu:

$$V_{ji}(\text{baru}) = V_{ji}(\text{lama}) + \Delta V_{ji}, \\ j = 1, 2, \dots, p, i = 0, 1, \dots, n$$

2.5. Karakteristik Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan Saraf Tiruan memiliki beberapa karakteristik yang unik, diantaranya adalah :

1. Kemampuan untuk belajar
2. Kemampuan untuk belajar
3. Kemampuan untuk menyelesaikan permasalahan yang tidak bisa atau kurang baik bila dimodelkan sebagai sistem linier, yang menjadi persyaratan pada beberapa metode peramalan lainnya, seperti model data deret waktu (*time series model*)[7].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan Sistem

3.1.1. Pendefinisian *Input* dan Target

Data Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama akan diolah oleh Jaringan Saraf Tiruan dengan metode *backpropogation*. Agar data dapat dikenali oleh Jaringan Saraf Tiruan, maka data harus direpresentasikan ke dalam bentuk numerik antara 0 sampai dengan 1, baik variabel maupun isinya yang merupakan masukan data Data Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama sebagai pengenalan pola dan keluaran yang merupakan prediksi Data Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama yang diperoleh dari model arsitektur terbaik pada saat penentuan pola terbaik. Hal ini dikarenakan jaringan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid biner (logsig) yang rangenya dari 0 sampai 1. Nilai-nilai yang digunakan diperoleh berdasarkan kategori dari masing-masing variabel selain juga untuk memudahkan mengingat dalam pendefinisianya.

3.1.2. Pendefinisian *Input*

Variabel Data Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama adalah kriteria yang menjadi acuan dalam pengambilan keputusan pada penilaian dengan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan. Variabel ditentukan dengan cara melihat ketergantungan data terhadap penelitian yang dilakukan. Kriteria yang digunakan berdasarkan Data Badan Pusat Statistik Nasional dari website url: www.bps.go.id.

Adapun daftar variabel dalam memprediksi Data Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama tabel 1 :

Tabel 1 : Daftar Kriteria Pelatihan dan Pengujian

Pelatihan			Pengujian		
No	Variabel	Nama Kriteria	No	Variabel	Nama Kriteria
1	X1	Data Tahun 2002	1	X1	Data Tahun 2003
2	X2	Data Tahun 2003	2	X2	Data Tahun 2004
3	X3	Data Tahun 2004	3	X3	Data Tahun 2005
4	X4	Data Tahun 2005	4	X4	Data Tahun 2006
5	X5	Data Tahun 2006	5	X5	Data Tahun 2007
6	X6	Data Tahun 2007	6	X6	Data Tahun 2008
7	X7	Data Tahun 2008	7	X7	Data Tahun 2009
8	X8	Data Tahun 2009	8	X8	Data Tahun 2010
9	X9	Data Tahun 2010	9	X9	Data Tahun 2011
10	X10	Data Tahun 2011	10	X10	Data Tahun 2012
11	X11	Data Tahun 2012	11	X11	Data Tahun 2013
12	X12	Data Tahun 2013	12	X12	Data Tahun 2014
13	Target	Data Tahun 2014	13	Target	Data Tahun 2015

Sumber : Badan Pusat Statistik Nasional

Data input diperoleh dari website Badan Pusat Statistik Nasional tentang Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama. Data sampel yang digunakan adalah Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama Tahun 2002 Tahun 2015 yang terdiri dari 22 yang lengkap data dan masing masing data memiliki 12 variabel dan 1 target. Data ini nantinya akan ditransformasikan ke sebuah data antara 0 sampai 1 sebelum dilakukan pelatihan dan pengujian menggunakan Jaringan Saraf Tiruan metode *backpropagation* dengan rumus :

$$x' = \frac{0.8(x-a)}{b-a} + 0.1$$

3.1.3 Pendefinisian Target

Adapun data target pelatihan Data Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama Tahun 2014, Sedangkan data target Pengujian Data Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama Tahun 2015.

3.2. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan bantuan Matlab r2011a aplikasi perangkat lunak. Sampel Data adalah Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama. Data ini akan digunakan pada data pelatihan dan data pengujian. Sampel data yang telah diproses dan ditranformasikan adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Sampel Data Mentah Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama

Negara Tujuan	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Jepang	16705.9	19919.4	22612.1	27312.8	35295.7	35198.5	36259.8	32217.7	35266.7	35364.0	35518.3	37711.5	35584.6	32509.0
Hongkong	4098.5	6799.6	7367.3	9408.6	10985.2	11235.5	10497.1	10714.2	9706.2	11868.2	11984.8	12964.3	12581.6	9833.2
Korea Selatan	7461.7	7856.9	11669.3	14376.6	21314.1	27371.5	26286.8	33418.4	43275.6	39598.2	37899.1	36273.3	35631.5	34015.7
Taiwan	12780.3	15607.8	17765.5	17895.8	26723.8	24863.1	24669.4	24723.4	25002.2	27131.8	29105.2	28323.3	27271.8	24393.4
Cina	2531.4	534.0	1473.1	2503.2	6656.5	14122.3	15673.7	39330.8	74805.0	104143.4	115702.1	130393.4	99280.3	72740.8
Thailand	3822.1	4266.3	4787.2	6404.5	8475.1	11963.2	12822.8	11229.7	13081.8	13293.9	14676.0	14365.0	16241.5	17865.1
Pilipina	3131.6	3082.9	3603.1	3906.1	5818.2	6023.5	6338.0	7518.1	11110.9	10989.7	11636.2	14508.8	15021.3	15823.2
Malaysia	3285.4	5174.2	6112.8	7399.8	8782.6	9376.5	11104.3	12483.3	15535.7	17337.5	16138.0	17128.9	14494.0	16567.5
India	5059.5	7812.7	10674.1	16255.4	20742.4	25179.1	26327.5	39108.9	51254.3	74723.2	96076.0	118288.5	136352.1	124481.5
Amerika Serikat	1074.6	1913.6	1959.9	2050.3	3740.8	4557.7	3993.8	2081.6	1936.5	805.4	215.6	1177.4	1311.8	731.7
Italia	2786.5	4536.4	5198.1	6285.5	7637.8	6193.8	5592.8	5797.0	6306.3	5080.8	4082.8	3016.6	3516.3	3106.0
Spanyol	2720.1	2938.3	2775.7	3317.0	4444.9	4308.6	4387.4	4808.4	1564.3	3559.3	5704.8	4078.0	4071.5	4826.5
Lainnya	5881.4	6698.5	8526.0	9789.8	17701.0	14125.7	13327.6	7976.8	7279.8	6654.3	5414.0	5924.0	6880.1	9994.3

Sumber : Badan Pusat Statistik Nasional

Tabel 3. Sampel dari data yang telah ditransformasikan

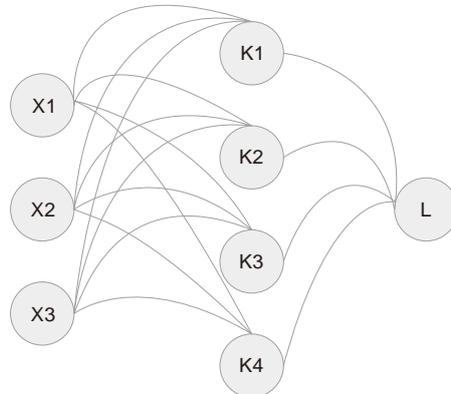
X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	TARGET
0.1969	0.2158	0.2316	0.2592	0.3061	0.3056	0.3118	0.2881	0.3060	0.3065	0.3075	0.3203	0.3078	0.2898
0.1228	0.1387	0.1420	0.1540	0.1633	0.1648	0.1604	0.1617	0.1558	0.1685	0.1692	0.1749	0.1727	0.1565
0.1426	0.1449	0.1673	0.1832	0.2240	0.2596	0.2532	0.2951	0.3530	0.3314	0.3214	0.3119	0.3081	0.2986
0.1738	0.1905	0.2031	0.2039	0.2558	0.2448	0.2437	0.2440	0.2457	0.2582	0.2698	0.2652	0.2590	0.2421
0.1136	0.1019	0.1074	0.1134	0.1378	0.1817	0.1908	0.3299	0.5383	0.7107	0.7787	0.8650	0.6821	0.5262
0.1212	0.1238	0.1269	0.1364	0.1485	0.1690	0.1741	0.1647	0.1756	0.1769	0.1850	0.1831	0.1942	0.2037
0.1171	0.1168	0.1199	0.1217	0.1329	0.1341	0.1360	0.1429	0.1640	0.1633	0.1671	0.1840	0.1870	0.1917
0.1180	0.1291	0.1347	0.1422	0.1503	0.1538	0.1640	0.1721	0.1900	0.2006	0.1936	0.1994	0.1839	0.1961
0.1285	0.1446	0.1615	0.1943	0.2206	0.2467	0.2534	0.3286	0.3999	0.5378	0.6633	0.7939	0.9000	0.8302
0.1050	0.1100	0.1103	0.1108	0.1207	0.1255	0.1222	0.1110	0.1101	0.1035	0.1000	0.1057	0.1064	0.1030
0.1151	0.1254	0.1293	0.1357	0.1436	0.1351	0.1316	0.1328	0.1358	0.1286	0.1227	0.1165	0.1194	0.1170
0.1147	0.1160	0.1150	0.1182	0.1249	0.1241	0.1245	0.1270	0.1079	0.1196	0.1323	0.1227	0.1227	0.1271
0.1333	0.1381	0.1488	0.1563	0.2028	0.1817	0.1771	0.1456	0.1415	0.1378	0.1305	0.1335	0.1392	0.1575

Sumber : Badan Pusat Statistik Nasional

3.3. Perancangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan yang digunakan untuk dalam memprediksi Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama dengan *backpropagation* dengan langkah pembelajaran *feedforward*. Jaringan ini memiliki beberapa lapisan, yaitu lapisan masukan (*input*), lapisan keluaran (*output*) dan beberapa lapisan tersembunyi (*hidden*). Lapisan tersembunyi tersebut membantu jaringan untuk dapat mengenali lebih banyak pola masukan dibandingkan dengan jaringan yang tidak memiliki lapisan tersembunyi. Parameter-parameter dalam pembentukan jaringan *backpropagation* menggunakan 3 variabel masukan, 1 atau lebih lapisan tersembunyi dan 1 lapisan keluaran. Adapun model arsitektur yang digunakan untuk mendapatkan arsitektur terbaik adalah 12-8-1, 12-16-1, 12-32-1 dan 12-64-

1. Sebagai contoh Model sampel arsitektur 3-4-1 dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan dalam memprediksi Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama

Jaringan Saraf yang akan dibangun adalah algoritma propagasi balik (*backpropagation*) dengan fungsi aktivasi *Sigmoid*. Fungsi aktivasi dalam Jaringan Saraf Tiruan dipakai untuk proses perhitungan terhadap nilai aktual *output* pada *hidden layer* dan menghitung nilai aktual *output* pada *output layer*.

3.4. Pendefinisian Output

Hasil yang diharapkan pada tahap ini adalah deteksi pola menentukan nilai terbaik untuk memprediksi Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama Hasil pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui prediksi Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama tentu saja didasarkan pada Data Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama. Output dari prediksi ini adalah pola arsitektur terbaik dalam memprediksi Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama dengan melihat *error minimum*.
- b. Kategorisasi Output pelatihan (*train*) dan pengujian (*test*) Kategori untuk output ditentukan oleh tingkat *error minimum* dari target. Batasan kategori tersebut terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4. Data Kategorisasi

No	Keterangan	Error Minimum
1	Benar	0.05 - 0.001
2	Salah	> 0.05

3.5. Perancangan arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Perancangan arsitektur Jaringan Saraf Tiruan untuk data pelatihan dan pengujian, maka digunakan 3 variabel input yaitu:

Tabel 5. Perancangan Arsitektur

Pelatihan		Pengujian	
X1	Data Tahun 2002	X1	Data Tahun 2003
X2	Data Tahun 2003	X2	Data Tahun 2004
X3	Data Tahun 2004	X3	Data Tahun 2005
X4	Data Tahun 2005	X4	Data Tahun 2006
X5	Data Tahun 2006	X5	Data Tahun 2007
X6	Data Tahun 2007	X6	Data Tahun 2008
X7	Data Tahun 2008	X7	Data Tahun 2009
X8	Data Tahun 2009	X8	Data Tahun 2010
X9	Data Tahun 2010	X9	Data Tahun 2011
X10	Data Tahun 2011	X10	Data Tahun 2012
X11	Data Tahun 2012	X11	Data Tahun 2013
X12	Data Tahun 2013	X12	Data Tahun 2014

Berikut tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam pengguna algoritma propagasi balik dengan fungsi aktivasi sigmoid. Tahapan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

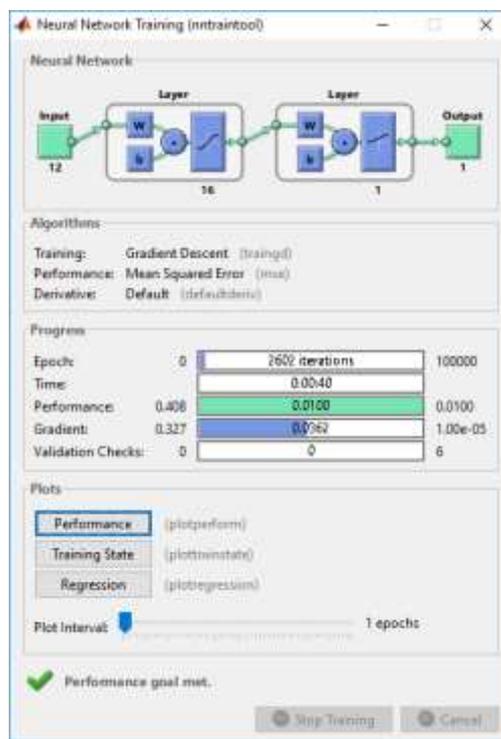
- Inisialisasi (*initialization*), merupakan tahap di mana variabel-variabel nilai akan diset atau didefinisikan terlebih dahulu, misalnya seperti: nilai data input, *weight*, nilai *output* yang diharapkan, *learning rate* dan nilai-nilai data lainnya.
- Aktivasi (*activation*), merupakan proses perhitungan terhadap nilai aktual *output* pada *hidden layer* dan menghitung nilai *actual output* pada *output layer*.
- Weight Training*, merupakan proses perhitungan nilai *error gradient* pada *output layer* dan menghitung nilai *error gradient* pada *hidden layer*
- Iteration*, merupakan tahap akhir dalam pengujian, dimana jika masih terjadi *error minimum* yang diharapkan belum ditemukan maka kembali pada tahap aktivasi (*activation*).

3.5.1. Pelatihan dan Pengujian Arsitektur 12-16-1

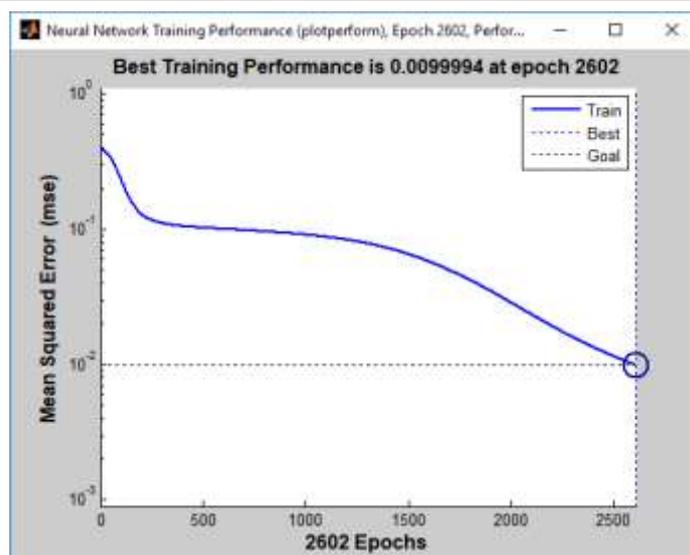
Tabel 6. Perancangan Arsitektur

Pelatihan					Pengujian				
No	Target	Output	Error	SSE	No	Target	Output	Error	SSE
1	0.3078	0.4223	-0.1145	0.0131	1	0.2898	0.3105	-0.0207	0.0004
2	0.1727	0.1680	0.0047	0.0000	2	0.1565	0.1558	0.0007	0.0000
3	0.3081	0.5064	-0.1983	0.0393	3	0.2986	0.4258	-0.1272	0.0162
4	0.2590	0.3190	-0.0600	0.0036	4	0.2421	0.2129	0.0292	0.0009
5	0.6821	0.5018	0.1803	0.0325	5	0.5262	0.4239	0.1023	0.0105
6	0.1942	0.1769	0.0173	0.0003	6	0.2037	0.1715	0.0322	0.0010
7	0.1870	0.1400	0.0470	0.0022	7	0.1917	0.1202	0.0715	0.0051

8	0.1839	0.1644	0.0195	0.0004	8	0.1961	0.1442	0.0519	0.0027
9	0.9000	0.7330	0.1670	0.0279	9	0.8302	0.7694	0.0608	0.0037
10	0.1064	0.1480	-0.0416	0.0017	10	0.1030	0.1264	-	0.0005
11	0.1194	0.1395	-0.0201	0.0004	11	0.1170	0.1081	0.0234	0.0001
12	0.1227	0.1255	-0.0028	0.0000	12	0.1271	0.1336	-	0.0000
13	0.1392	0.2315	-0.0923	0.0085	13	0.1575	0.1804	-	0.0005
Total			0.1300		Total			0.0417	
MSE			0.0100		MSE			0.0032	
					Akurasi			100%	



Gambar 4. Pelatihan Model 12-16-1



Gambar 5. Performance Model 12-16-1

3.5.5. Pemilihan Arsitektur Terbaik Jaringan Saraf Tiruan

Setelah selesai melakukan pelatihan dan pengujian terhadap model 12-8-1, 12-16-1, 12-32-1 dan 12-64-1 menggunakan data-data yang ada, maka di hasilkan *output* berupa akurasi kebenaran, jumlah epochs dan MSE dari setiap model. Arsitektur yang terbaik dapat dilihat dari tingkat akurasi kebenaran, sedikit banyaknya epochs dan besar kecil nya MSE. Berikut adalah data akurasi, jumlah epochs dan MSE dari model yang telah diuji.

Tabel 6. Hasil Rekapitulasi Model

Rekapitulasi Model				
Model	12-8-1	12-16-1	12-32-1	12-64-1
Epochs	4751	2602	1938	397
MSE	0.0080	0.0032	0.0278	0.0261
Akurasi	100%	100%	85%	85%

Berdasarkan hasil diatas maka didapat model arsitektur terbaik diantara model 12-8-1, 12-16-1, 12-32-1 dan 12-64-1 adalah model 12-16-1 dengan akurasi kebenaran 100%, jumlah epochs 2602 dan MSE sebesar 0.0032. Berikut ini adalah hasil pelatihan dan pengujian data menggunakan arsitektur 12-16-1.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian diatas dapat ditarik kesimpulan antara lain :

- a. Model Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan dapat digunakan untuk memprediksi jumlah ekspor batu bara menurut negara tujuan utama dalam mendorong laju pertumbuhan ekonomi.
- b. Banyaknya *hidden layer* tidak menjamin kualitas pengujian semakin baik.

- c. Dari lima arsitektur yang di uji yaitu 12-8-1, 12-16-1, 12-32-1 dan 12-64-1, didapatkan arsitektur 12-16-1 adalah arsitektur terbaik dengan akurasi 100% dan MSE 0.0032.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Solikhun and M. Safii, "Jaringan Saraf Tiruan Untuk Memprediksi Tingkat Pemahaman Siswa Terhadap Mata Pelajaran Dengan Menggunakan Algoritma Backpropagation," *J. Sains Komput. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 24–36, 2017.
- [2] A. Sudarsono, "JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK MEMPREDIKSI LAJU PERTUMBUHAN PENDUDUK MENGGUNAKAN METODE BACPROPAGATION (STUDI KASUS DI KOTA BENGKULU)," *Media Infotama*, vol. 12, no. 1, pp. 61–69, 2016.
- [3] A. Revi, Solikhun, and I. Parlina, "Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Memprediksi Tingkat Pertumbuhan Industri Mikro Dan Kecil Berdasarkan Provinsi," *TEKNIKA*, vol. 7, no. November, 2018.
- [4] A. P. Windarto, "IMPLEMENTASI JST DALAM MENENTUKAN KELAYAKAN NASABAH PINJAMAN KUR PADA BANK MANDIRI MIKRO SERBELAWAN DENGAN METODE BACKPROPOGATION Agus," *Sains Komput. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 12–23, 2017.
- [5] A. Jumarwanto, R. Hartanto, and D. Prastiyanto, "APLIKASI JARINGAN SARAF TIRUAN BACKPROPAGATION UNTUK MEMPREDIKSI PENYAKIT THT DI RUMAH SAKIT MARDI RAHAYU KUDUS," *J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 11–21, 2009.
- [6] D. O. Maru'ao, "Neural Network Implementation in Foreign Exchange Kurs Prediction," 2010.
- [7] A. P. Windarto, P. Studi, and S. Informasi, "Implementasi JST Dalam Menentukan Kelayakan Nasabah Pinjaman KUR Pada Bank Mandiri Mikro Serbelawan Dengan Metode Backpropagation," no. 1, pp. 12–23, 2017.