

Identifikasi Unsur-Unsur Berdasarkan Spektrum Emisi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan

Eko Prasetyo¹, Much. Azam¹, Jatmiko Endro Suseno¹

¹ Jurusan Fisika FMIPA Universitas Diponegoro

ABSTRACT---Neural network program for elements identification based on its emission spectrum has been made using backpropagation method. The programming language which was used is MATLAB 7.0. This neural network has a single hidden layer. Training and testing data are emission spectrum data which are emission wavelength from each element. Training process was done by introducing known emission spectrum data to neural network program. Neural network program has been successful to identify elements based on its emission spectrum. Training process will be faster if we adjust the number of hidden layer's neuron as 100, the value of learning rate as 0,049 and the value of momentum as 0,98. The neural network accuracy of identifying elements is determined by the value of error target. Error target. The value of target error about 10^{-2} has accuracy 97,14% and the value of target error about 10^{-4} has accuracy 100%.

Key words: *Neural network, backpropagation method, and emission spectrum*

PENDAHULUAN

Sejak ditemukannya metode spektroskopi untuk mempelajari unsur-unsur dalam alam, penelitian tentang unsur-unsur tersebut semakin pesat baik yang menyangkut penelitian dan pengembangan unsur itu sendiri maupun aplikasi dan manfaatnya pada kehidupan manusia. Salah satu aktivitas penelitian dan pengembangan terhadap unsur adalah menyangkut teknologi pengamatan spektrum yang dipancarkan. Suatu unsur jika dikenai energi akan menyerap energi tersebut sehingga terjadi keadaan eksitasi, dan ketika unsur tersebut kembali ke keadaan dasarnya maka unsur tersebut akan melepaskan energi dalam bentuk foton. Foton-foton yang diemisikan oleh unsur tersebut membentuk spektrum. Antara unsur yang satu dengan unsur lainnya memiliki spektrum spesifik yang berbed-beda. Dengan sifat yang spesifik ini, unsur-unsur tersebut dapat dengan mudah dikenali polanya sehingga dapat diidentifikasi dengan mudah pula antara unsur yang satu dengan yang lainnya berdasarkan spektrum emisi masing-masing unsur.

Selama ini identifikasi spektrum emisi dilakukan secara manual melalui pencocokan spektrum unsur yang sudah diketahui dengan spektrum unsur yang belum diketahui. Setelah panjang gelombang suatu spektrum emisi unsur ditentukan kemudahan pengidentifikasian unsur tersebut dilakukan dengan mencocokkannya dengan spektrum-spektrum emisi unsur yang telah diketahui, hal tersebut dapat memakan waktu yang relatif lama apalagi jika jumlah unsur yang akan diidentifikasi cukup banyak.

Berangkat dari sifat spektrum emisi unsur yang spesifik, maka jaringan syaraf tiruan dapat digunakan untuk mengidentifikasi unsur-unsur. Metode jaringan syaraf tiruan untuk identifikasi unsur tersebut dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab yang memiliki fungsi-fungsi jaringan syaraf lengkap sehingga tidak perlu menuliskan banyak perintah-perintah pemrograman untuk membentuk suatu jaringan syaraf, cukup menggunakan fungsi-fungsi yang sudah disediakan Matlab secara lengkap untuk membentuk suatu jaringan syaraf. Dengan adanya fasilitas *Graphical User Interface* (GUI) dalam Matlab maka dapat dibuat program yang mudah dioperasikan pemakai. Dari penelitian ini diharapkan identifikasi unsur-unsur dapat dilakukan secara lebih akurat dan efisien.

Spektrum Emisi

Spektrum emisi didapatkan dari alat yang disebut spektrometer. Terdapat beberapa tipe spektrum emisi yaitu spektrum kontinyu, spektrum pita dan spektrum garis. Spektrum kontinyu dikarakterisasi oleh emisi tak terputus sepanjang panjang daerah panjang gelombang terkait. Spektrum pita dihasilkan oleh molekul

tereksitasi. Setiap molekul mengemisikan pita yang merupakan karakteristik dari molekul oleh karena itu sering pula disebut sebagai spektrum molekular. Spektrum pita terdiri dari kelompok garis-garis yang sangat berdekatan.

Spektrum garis diperoleh saat bahan pengemisi cahaya berupa atom. Oleh karena itu sering disebut spektrum atomik. Pada molekul terdapat level-level energi rotasi dan vibrasi yang dilapiskan pada level energi elektronik. Spektrum garis tergantung pada tipe atom. Asal spektrum garis dapat dijelaskan menggunakan dasar teori Bohr. Jika atom berada pada keadaan dasar, elektron-elektronnya berada pada tingkat-tingkat energi terendah. Ketika atom tereksitasi, elektron-elektronnya bergerak ke tingkat energi di atasnya. Elektron tereksitasi mengemisikan foton ketika kembali ke tingkat energi di bawahnya. Radiasi emisi dari atom tereksitasi membentuk garis spektral diskrit (Chatwal & Anand, 1985).

Jumlah garis spektral atom unsur tergantung pada konfigurasi elektron atau banyaknya elektron dalam orbital yang terdapat pada suatu sub kulit. Karakteristik suatu garis spektra ditentukan oleh panjang gelombang dan intensitas garis spektra tersebut.

Jika gas atomik atau uap atomik yang bertekanan sedikit di bawah tekanan atmosfer dieksitasi dengan mengalirkan arus listrik radiasi yang dipancarkan hanya mempunyai spektrum yang berisi panjang gelombang tertentu saja. (Beiser, 1991).

Pada abad 19 ditemukan bahwa panjang gelombang yang terdapat pada spektrum atomik jatuh pada kumpulan tertentu yang disebut deret spektral. J. J Balmer pada tahun 1885 mempelajari bagian tampak dari spektrum hidrogen. Rumus Balmer untuk panjang gelombang dalam deret memenuhi persamaan:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{u^2} \right) \quad u = 3, 4, 5$$

.....(1)

Nilai R disebut tetapan Rydberg, $R = 1,097 \times 10^{-3} \text{ \AA}^{-1}$

Dalam daerah ultraviolet terdapat deret Lyman dengan persamaan:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{u^2} \right) \quad u = 2, 3, 4$$

.....(2)

Dalam daerah inframerah telah didapatkan 3 deret spektral yaitu:

Paschen $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{u^2} \right) \quad u = 4, 5, 6$

.....(3)

Brackett $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{u^2} \right) \quad u = 5, 6, 7$

.....(4)

Pfund $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{u^2} \right) \quad u = 6, 7, 8$

.....(5)

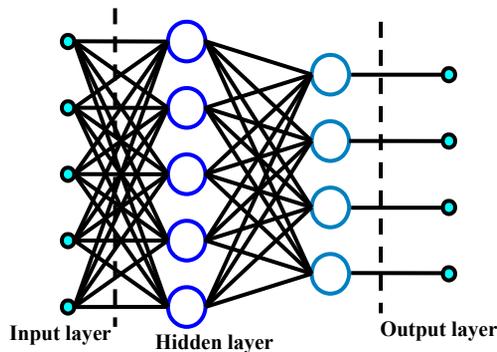
Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan adalah sistem pemrosesan informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi. Istilah jaringan syaraf tiruan digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran, cara kerja jaringan syaraf tiruan meniru cara kerja otak manusia.

Secara umum cara kerjanya adalah dengan memproses sinyal yang diterima kemudian didistribusikan melewati jaringan dan disimpan sebagai bobot di setiap neuron. Selama proses pembelajaran, dilakukan proses penyesuaian bobot dan batas nilai-nilai diperoleh output yang diinginkan.

Arsitektur dasar JST secara umum terlihat pada gambar 1, terdiri dari input layer yang digunakan untuk menerima pola masukan dan output layer sebagai keluaran untuk memperoleh tanggapan (respons). Di antara kedua layer tersebut biasanya terdapat hidden layer jika keluaran yang diperoleh belum menampakkan hasil yang cukup representatif. Setiap neuron pada setiap layer terhubung dengan neuron-neuron di layer berikutnya.

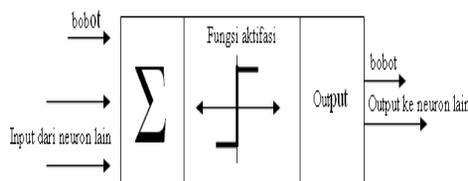
Jaringan syaraf tiruan dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan syaraf biologi (Siang, 2005).



Gambar 1. Struktur sebuah jaringan syaraf tiruan (Rokhmadi dan Subekti, 2001)

Komponen Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan memiliki beberapa tipe, namun sebagian besar memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti otak manusia, jaringan syaraf tiruan juga terdiri dari beberapa neuron. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain, hubungan ini di kenal dengan sebutan bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut.



Gambar 2. Struktur neuron jaringan syaraf (Kusumadewi, 2003)

Struktur neuron pada jaringan syaraf tiruan digambarkan seperti pada gambar 2., neuron buatan tersebut memiliki cara kerja yang sama dengan neuron biologis. Informasi yang diidentifikasi sebagai input akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Input ini kemudian diproses oleh fungsi perambatan dengan menjumlahkan nilai – nilai semua bobot yang akan datang, hasil penjumlahan kemudian dibandingkan dengan nilai ambang tertentu melalui fungsi aktivasi tiap neuron. Jika input tersebut melewati nilai ambang tertentu maka neuron tersebut akan diaktifkan, sebaliknya jika input tidak melewati nilai ambang maka neuron tak akan

diaktifkan. Setelah neuron tersebut diaktifkan maka neuron tersebut akan mengirimkan output melalui bobot – bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya (Kusumadewi, 2003).

Metode Backpropagation

Dalam jaringan syaraf tiruan ada bermacam-macam metode pelatihan, diantaranya adalah perceptron, jaringan basis radial, *backpropagation*, jaringan *reccurent* dan lain-lain. Metode *backpropagation* merupakan metode yang handal digunakan untuk pengenalan pola.

Metode *backpropagation* merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot – bobot yang terhubung dengan neuron – neuron yang ada pada lapisan tersembunyi. Metode pembelajaran pada jaringan syaraf disebut terawasi jika output yang diharapkan telah diketahui sebelumnya. Algoritma *backpropagation* menggunakan error output untuk mengubah bobot – bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron – neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid (Kusumadewi, 2003).

METODE PENELITIAN

Metode pelatihan yang digunakan dalam aplikasi ini adalah metode *backpropagation*. Metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam banyak aplikasi, hal ini dikarenakan kemudahannya dalam melakukan proses pelatihan. *Backpropagation* terdiri dari dua fase, antara lain fase maju yaitu mempropagasikan pola masukan, kemudian fase mundur yang merupakan fase adaptasi pola keluaran. Besarnya *error* diumpankan balik dalam operasi jaringan melalui lapisan tersembunyi.

Proses pelatihan dilakukan melalui pengaturan nilai bobot, *error* dikuadratkan dalam setiap iterasi sehingga *error* minimum cepat diperoleh. Proses pengaturan bobot akan berhenti sampai pada tingkat toleransi *error* yang ditentukan.

Jaringan syaraf tiruan menggunakan metode backpropagation dengan satu lapisan tersembunyi. Jumlah neuron pada lapisan tersembunyi dapat ditentukan sendiri oleh *user*, sedangkan pada lapisan output terdapat satu neuron. Fungsi aktivasi yang digunakan pada lapisan tersembunyi adalah fungsi sigmoid bipolar sedangkan pada lapisan output digunakan fungsi aktivasi fungsi identitas.

Data pelatihan berupa data spektrum emisi, yang diambil sebagai data pelatihan adalah panjang gelombang emisi keempatbelas unsur. Data pelatihan ditulis dalam listing program pada m-file untuk menu latih. Kisaran panjang gelombang emisi ditentukan sedemikian rupa sehingga dalam range itu terdapat panjang gelombang emisi untuk keempatbelas unsur. Dalam penelitian ini diambil range panjang gelombang cahaya tampak dengan jumlah data untuk tiap unsur 17 buah.

Data uji merupakan data spektrum emisi unsur yang akan diidentifikasi oleh program, data ini disimpan dalam file berformat dat. Jumlah data uji dan kisaran panjang gelombangnya harus sama dengan data pelatihan.

Input pelatihan berupa matriks 17x14, tiap kolom mewakili spektrum emisi tiap unsur dalam hal ini ada 14 spektrum emisi unsur-unsur yang dilatihkan dalam jaringan. Keempatbelas unsur tersebut secara berurutan adalah argon, kalsium, karbon, helium, hidrogen, besi, magnesium, neon, nitrogen, oksigen, silikon, sodium, sulfur, xenon. Target pelatihan berupa matriks 1x14 dimana kolom pertama hingga terakhir merupakan bilangan bulat dari 1 sampai 14. Bilangan 1 merupakan target pelatihan unsur pertama, bilangan 2 merupakan target unsur kedua dan seterusnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

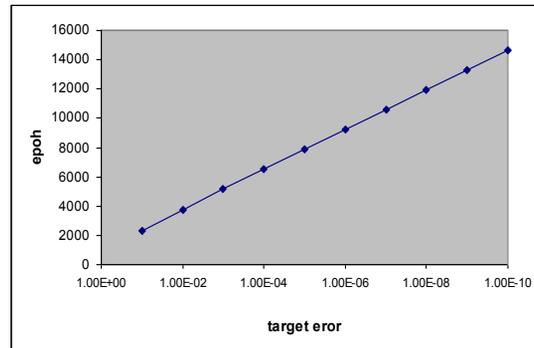
Pengujian Karakteristik Jaringan Syaraf Tiruan

Untuk mengetahui karakteristik jaringan syaraf tiruan, dilakukan berbagai pengujian dengan melakukan variasi pada parameter-parameter pelatihan. Pengujian dilakukan dengan melihat pengaruh harga-harga parameter pelatihan terhadap kecepatan pelatihan.

Dalam pengujian pengaruh target *error* terhadap lama pelatihan, jaringan dilatih

dengan mengubah-ubah nilai target *error* sedangkan harga parameter lainnya tetap. Harga target *error* berkisar dari 10^{-1} sampai 10^{-10} , laju belajar (*learning rate*) 0,01, momentum 0,3, dan jumlah neuron 500.

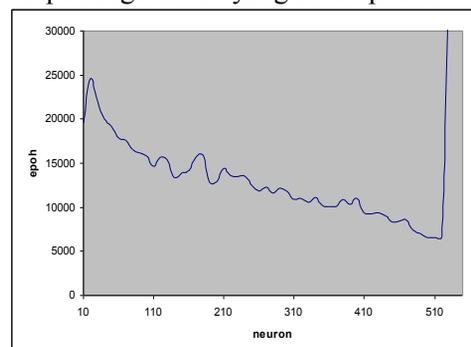
Untuk melihat gambaran hubungan antara target *error* dan jumlah iterasi yang terjadi secara lebih jelas, dapat dilihat dari gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Grafik hubungan target *error* dan jumlah iterasi

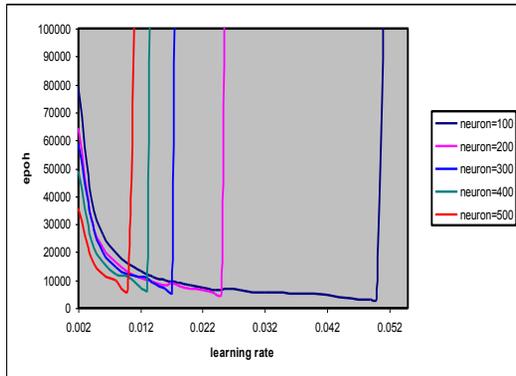
Pada pengujian pengaruh jumlah neuron, digunakan nilai *learning rate* 0,01, momentum 0,3 dan target *error* 10^{-4} . Dari pengujian yang dilakukan, jumlah neuron yang paling efektif untuk melakukan pelatihan jaringan pada program ini adalah 510 buah dengan jumlah iterasi yang terjadi sebanyak 6532 iterasi.

Dari gambar 4 terlihat bahwa jumlah maksimal neuron pada lapisan tersembunyi yang dapat digunakan untuk pelatihan dengan *learning rate* 0,01 dan momentum 0,3 adalah sekitar 520, lebih dari jumlah itu proses pelatihan membutuhkan iterasi yang tak terhingga atau bahkan tidak akan pernah mencapai target *error* yang diharapkan.



Gambar 4. Grafik pengaruh jumlah neuron terhadap jumlah iterasi

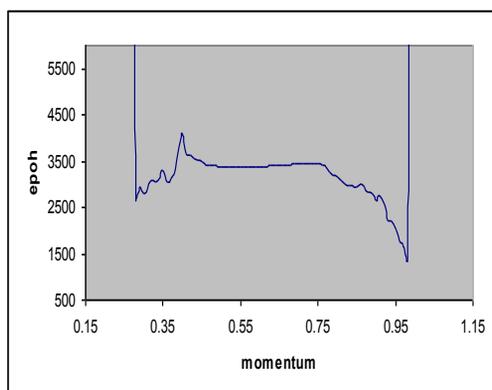
Untuk mengetahui pengaruh *learning rate* terhadap kecepatan pelatihan dilakukan pengujian dengan melakukan variasi nilai *learning rate* untuk beberapa jumlah neuron yang berbeda, *learning rate* divariasikan dari 0,002 sampai pelatihan jaringan tidak dapat mencapai harga target *error*.



Gambar 5. Grafik pengaruh *learning rate* terhadap jumlah iterasi

Pada Gambar 5 terlihat hubungan antara *learning rate* terhadap jumlah iterasi. Pada *learning rate* yang kecil pelatihan berlangsung lambat, dan kecepatan pelatihan meningkat cukup tajam, ditandai dengan penurunan jumlah iterasi yang cukup besar, pada saat mula-mula.

Hasil pengujian variasi momentum pada jumlah neuron lapisan tersembunyi sebanyak 100 buah dengan *learning rate* diset 0,049 terlihat bahwa pada saat harga momentum kurang dari 0,28 maka proses pelatihan tak dapat mencapai target *error* yang diinginkan. Proses pelatihan dapat mencapai target *error* pada saat momentum bernilai 0,28 sampai 0,98. Untuk melihat secara lebih jelas, dapat dilihat grafik pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengaruh momentum terhadap jumlah iterasi pada 100 buah neuron

Uji Kemampuan Identifikasi Hasil Pelatihan dengan Berbagai Variasi Data

Untuk mengetahui apakah jaringan dapat melakukan identifikasi terhadap data spektrum dari jenis unsur yang sudah dilatihkan maka dilakukan pengujian dengan menggunakan berbagai variasi data spektrum. Seluruh data spektrum tersebut diidentifikasi satu persatu dan dilihat apakah teridentifikasi sesuai dengan unsur asalnya atau tidak.

Pengujian pertama dilakukan dengan menentukan target *error* sebesar 10^{-2} . Tabel 4.8 merupakan hasil pengujian jaringan dengan target *error* sebesar 10^{-2} , dari tabel terlihat output masing-masing data masukan. Kolom data asli merupakan hasil identifikasi untuk data asli atau data yang digunakan untuk pelatihan. Kolom 0 - $0,1A^\circ$ adalah hasil pelatihan untuk data yang memiliki pergeseran panjang gelombang spektrum sebesar 0 - $0,1A^\circ$ dari data spektrum asli, demikian juga untuk kolom 0 - $1 A^\circ$, 0 - $2 A^\circ$ dan 0 - $3 A^\circ$.

Pada pengujian data asli semua data dapat teridentifikasi dengan benar, demikian juga untuk data dengan penyimpangan sebesar 0 - $0,1A^\circ$, 0 - $1 A^\circ$ dan 0 - $2 A^\circ$. Tetapi untuk data dengan penyimpangan 0 - $3A^\circ$, tidak semua data dapat teridentifikasi. Pada file dat4 output yang dihasilkan adalah 4,6025 dan teridentifikasi sebagai hidrogen, padahal unsur asalnya adalah helium. Helium diwakili oleh harga target 4 dengan kisaran output yang diijinkan adalah 3,5 sampai 4,49999. Pada file dat10 juga terdapat kesalahan identifikasi, output dari dat10 pada data dengan penyimpangan 0 - $3A^\circ$ adalah 9,4074 sedangkan harga target untuk dat10 adalah 10 dengan kisaran harga output yang memenuhi adalah 8,5 sampai 9,49999. Data tersebut teridentifikasi sebagai nitrogen padahal unsur asalnya adalah oksigen.

Tabel 1. Hasil pengujian dengan target *error* sebesar 10^{-2}

file	unsur asal	T	Data asli									
			output	0 - $0,1A^\circ$	0 - $1A^\circ$	0 - $2A^\circ$	0 - $3A^\circ$					
dat1	argon	1	1,0035	✓	1,004	✓	1,0089	✓	1,0149	✓	1,0213	✓
dat2	kalsium	2	2,0081	✓	2,0115	✓	2,042	✓	2,0762	✓	2,1107	✓
dat3	karbon	3	3,0276	✓	3,024	✓	2,9925	✓	2,9599	✓	2,9299	✓
dat4	helium	4	4,2605	✓	4,2716	✓	4,3724	✓	4,4864	✓	4,6025	✗
dat5	hidrogen	5	4,9933	✓	4,9957	✓	5,0164	✓	5,0395	✓	5,0625	✓
dat6	besi	6	6,0191	✓	6,019	✓	6,0179	✓	6,0166	✓	6,0153	✓
dat7	magnesium	7	7,0101	✓	7,0124	✓	7,0356	✓	7,0663	✓	7,1021	✓
dat8	neon	8	8,0037	✓	7,9966	✓	7,9366	✓	7,8801	✓	7,8384	✓
dat9	nitrogen	9	9,0193	✓	9,0147	✓	8,974	✓	8,9314	✓	8,8914	✓
dat10	oksigen	10	9,7423	✓	9,7314	✓	9,6326	✓	9,5209	✓	9,4074	✗
dat11	silikon	11	11,004	✓	10,995	✓	10,9139	✓	10,821	✓	10,724	✓
dat12	sodium	12	12,01	✓	12,012	✓	12,0282	✓	12,047	✓	12,065	✓
dat13	sulfur	13	12,998	✓	12,998	✓	12,9939	✓	12,989	✓	12,984	✓
dat14	xenon	14	14,006	✓	14,009	✓	14,0359	✓	14,066	✓	14,097	✓

Dari tabel terlihat bahwa semakin besar penyimpangan data dari data aslinya maka selisih harga output dengan harga targetnya juga semakin besar. Jaringan dengan harga target $error\ 10^{-2}$ tidak dapat mengidentifikasi semua data spektrum yang diujikan. Maka pengujian selanjutnya dilakukan dengan mengatur harga target $error$ sebesar 10^{-4} dengan harapan semua data dapat teridentifikasi. Seperti pada pengujian sebelumnya, semua data diujikan satu persatu dan dilihat hasil identifikasinya apakah sesuai dengan unsur asalnya atau tidak. Hasil pengujian semua data tersebut dapat dilihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian dengan target $error$ sebesar 10^{-4}

file	unsur asal	t	Data asli	0 - 0,1A°	0 - 1A°	0 - 2A°	0 - 3A°
			output	output	output	output	output
dat1	argon	1	0,9997	√ 1,0002	√ 1,0049	√ 1,0107	√ 1,0169
dat2	kalsium	2	1,9995	√ 2,003	√ 2,0339	√ 2,0687	√ 2,1037
dat3	karbon	3	2,9963	√ 2,9928	√ 2,9627	√ 2,9316	√ 2,9032
dat4	helium	4	4,0267	√ 4,0388	√ 4,1485	√ 4,2728	√ 4,3998
dat5	hidrogen	5	5,0028	√ 5,005	√ 5,0254	√ 5,0479	√ 5,0704
dat6	besi	6	5,9998	√ 5,9997	√ 5,9983	√ 5,9967	√ 5,9952
dat7	magnesium	7	7,0002	√ 7,0023	√ 7,0236	√ 7,0521	√ 7,0855
dat8	neon	8	8,0003	√ 7,9913	√ 7,9141	√ 7,8396	√ 7,7812
dat9	nitrogen	9	8,9995	√ 8,9948	√ 8,9537	√ 8,9107	√ 8,8703
dat10	oksigen	10	9,9743	√ 9,9626	√ 9,8566	√ 9,7368	√ 9,6151
dat11	silikon	11	11,001	√ 10,992	√ 10,9105	√ 10,817	√ 10,721
dat12	sodium	12	12	√ 12,002	√ 12,0207	√ 12,041	√ 12,062
dat13	sulfur	13	12,999	√ 12,999	√ 12,9835	√ 12,984	√ 12,975
dat14	zenon	14	14	√ 14,003	√ 14,0303	√ 14,061	√ 14,093

Pada jaringan hasil pelatihan dengan harga target $error$ sebesar 10^{-4} semua data dapat teridentifikasi sesuai dengan unsur asalnya. Untuk unsur helium yang semula memiliki output 4,6025 pada jaringan dengan target $error\ 10^{-2}$, nilai outputnya dapat diperbaiki menjadi 4,3998 pada jaringan dengan target $error\ 10^{-4}$. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan dengan harga target $error\ 10^{-4}$ memiliki kemampuan identifikasi lebih baik daripada jaringan dengan target $error\ 10^{-2}$.

Secara umum selisih antara target $error$ dan output pada jaringan dengan target $error\ 10^{-4}$ juga lebih kecil jika dibandingkan dengan selisih target $error$ dan output pada jaringan dengan target $error$ sebesar 10^{-2} . Nilai selisih target dan output untuk data yang sama pada jaringan dengan target $error$ sebesar 10^{-4} ,

yatu berturut-turut sebesar 0,0004, 0,002, 0,0207, 0,041 dan 0,062. Nilai selisih target dan output yang lebih kecil merupakan indikasi bahwa jaringan dengan harga target $error\ 10^{-4}$ memiliki kemampuan yang lebih baik.

KESIMPULAN

1. Program Jaringan Syaraf Tiruan yang telah dibuat dapat digunakan untuk proses identifikasi unsur berdasarkan spektrum emisi.
2. Dari pengujian karakteristik jaringan, arsitektur jaringan yang paling baik adalah (17-100-1), jumlah input 17 buah, jumlah neuron pada lapisan tersembunyi adalah 100 dan jumlah output 1, harga $learning\ rate$ efektif sebesar 0,049 dan harga momentum efektif 0,98.
3. Dari hasil identifikasi semua data pengujian, target $error\ 10^{-2}$ memiliki keakuratan sebesar 97,14%. Untuk target $error\ 10^{-4}$ semua data uji dapat diidentifikasi dengan benar sehingga keakuratannya 100%.

Data yang akan diidentifikasi harus didapatkan dari peralatan dengan spesifikasi yang sama dengan peralatan yang digunakan untuk mendapatkan data pelatihan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chatwal, G dan Anand, S. 1985. *Spectroscopy (Atomic and Molecular)*. Bombay: Himalaya Publishing House
2. Beiser, A. 1991. *Konsep Fisika Modern*. Jakarta: Erlangga
3. Rokhmadi dan Subekti, R. M. 2001. Identifikasi Unsur-Unsur Radioaktif dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. Serpong: P2TRR-BATAN
4. Siang, J. J. 2005. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi Offset
5. Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligence*. Yogyakarta: Graha Ilmu