

# Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* Untuk Menentukan Tingkat Pencemaran Air

Nurhayati

Teknik Informatika, Universitas Potensi Utama

Jl. K.L Yos Sudarso Km. 6.5, 20146

Email: [izzkyir@yahoo.co.id](mailto:izzkyir@yahoo.co.id)

## Abstrak

*Jaringan Saraf Tiruan merupakan salah satu aplikasi kecerdasan buatan yang mampu menyelesaikan masalah yang tidak terstruktur dan rumit serta mampu mengolah data-data input tanpa harus memiliki target. Salah satu modelnya adalah jaringan BackPropagation. Model jaringan ini yang kemudian digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran air dengan menggunakan 4 variabel data seperti, pH, COD, BOD dan DO. Selanjutnya dibentuk beberapa arsitektur jaringannya dan dilanjutkan dengan melakukan pelatihan menggunakan data training dan pengujian menggunakan data testing pada setiap arsitektur. Dari hasil proses pelatihan dan pengujian maka diperoleh arsitektur jaringan yang terbaik dengan gradien error terendah. Hasil akhir menunjukkan bahwa Jaringan Saraf Tiruan model BackPropagation dapat mengenali pola data yang diberikan dengan menggunakan arsitektur yang dibangun.*

**Kata kunci :** Jaringan Saraf Tiruan, Backpropagation, Tingkat Pencemaran Air, Data Training dan Data Testing

## Abstract

*Artificial Neural Networks is one of the applications of artificial intelligence that is able to solve problems that are not structured and complicated, and capable of processing input data without having to have a target . One model is the backpropagation network . This network model is then used to determine the level of water pollution by using four data variables such as pH , COD , BOD and DO . Furthermore, formed some network architectures and continued to conduct training using the training data and testing using the data testing on every architecture . From the results of the training and testing process , the network architecture is best obtained with the lowest error gradient . The final results showed that Backpropagation Neural Network models can recognize patterns of data supplied using the built architecture.*

**Keywords :** neural networks, backpropagation, air pollution levels, training data and testing data

## 1. PENDAHULUAN

Air merupakan pelarut yang baik, sehingga air di alam tidak pernah murni akan tetapi selalu mengandung berbagai zat terlarut maupun zat tidak terlarut serta mengandung mikroorganisme atau jasad renik. Apabila kandungan berbagai zat maupun mikroorganisme yang terdapat di dalam air melebihi ambang batas yang diperbolehkan, kualitas air akan terganggu, sehingga tidak bisa digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk air minum, mandi, mencuci atau keperluan lainnya. Air yang terganggu kualitasnya ini dikatakan sebagai air yang tercemar. Pencemaran ini dapat mempengaruhi tanaman dan organisme yang hidup di sekitar air. Dengan begitu perlu diketahui seberapa tingkat pencemaran yang terdapat pada air tersebut.

Air tanah merupakan sumberdaya alam yang mempunyai sifat dapat diperbaharui (*renewable*), karena air selalu mengalir dalam satu siklus yang disebut siklus hidrologi.

Semakin banyaknya bahan buangan yang masuk ke perairan, akibatnya air akan semakin tercemar[1]. Untuk mendapatkan gambaran pencemaran yang berasal dari daerah urban dan daerah permukiman, Chapman (1992) memberikan arahan, yaitu : terdapat oksigen terlarut, padatan tersuspensi, daya hantar listrik, ion  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , BOD,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , dan berbagai logam[2].

Untuk mengetahui status mutu kualitas air, digunakan metoda *storet* yaitu membandingkan antara dua kualitas air dengan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya guna menentukan status mutu air. Cara untuk menentukan status mutu air adalah dengan menggunakan sistem nilai dari "US-EPA (*Environmental Protection Agency*)" dengan mengklasifikasikan mutu air dalam empat kelas, yaitu[3]:

1. Kelas A : baik sekali, skor = 0 > memenuhi baku mutu
2. Kelas B : baik, skor = -1 s/d -10 > cemar ringan
3. Kelas C : sedang, skor = -11 s/d -30 > cemar sedang
4. Kelas D : buruk, skor = -31 > cemar berat.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam perancangan jaringan saraf tiruan ini menggunakan metode *BackPropagation* dikarenakan metode ini sangat baik dalam menangani masalah pengenalan pola-pola yang kompleks dan non-linear.

### 2.1. Defenisi Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) atau disingkat JST adalah sistem komputasi dengan arsitektur dan operasinya diilhami dari pengetahuan tentang sel saraf biologi di dalam otak. JST dapat digambarkan sebagai model matematis dan komputasi untuk fungsi *aproksimasi nonlinear*, klasifikasi data, *cluster* dan *regresi non parametric* atau sebagai sebuah simulasi dari koleksi model saraf biologi[4]. JST merupakan generalisasi model matematis dengan beberapa asumsi berikut :

1. Pemrosesan informasi terjadi pada *neuron*.
2. Sinyal dikirimkan di antara *neuron-neuron* melalui penghubung *dendrite* dan *akson*.
3. Penghubungan antar elemen memiliki bobot yang akan menambah atau mengurangi sinyal.
4. Untuk menentukan *output*, setiap *neuron* memiliki fungsi aktivasi yang dikenakan pada jumlah semua inputnya. Besar output akan dibandingkan dengan nilai *threshold* tertentu.

Berdasarkan model matematis tersebut, baik tidaknya suatu model JST ditentukan oleh hal-hal berikut :

1. Arsitektur jaringan, yaitu sebuah arsitektur yang menentukan pola antar *neuron*.
2. Metode pembelajaran (*learning method*), yaitu metode yang digunakan untuk menentukan dan mengubah bobot.

### 2.2. Arsitektur Jaringan

Baik tidaknya suatu model JST salah satunya ditentukan oleh hubungan antarneuron atau yang biasa disebut sebagai arsitektur jaringan. Neuron-neuron tersebut terkumpul dalam lapisan-lapisan yang disebut *neuron layer*. Lapisan-lapisan penyusun JST dibagi menjadi tiga, yaitu :

1. Lapisan Input (*Input Layer*), unit yang bertugas menerima inputan dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan.
2. Lapisan Tersembunyi (*Hidden Layer*), unit tersembunyi yang mana nilai outputnya tidak dapat diamati secara langsung.
3. Lapisan Output (*Output Layer*), unit yang merupakan solusi JST terhadap suatu permasalahan[5].

### 2.3. Analisa Pengumpulan dan Pembagian Data

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari proses pengujian sampel air sungai dan selebihnya dari jurnal ilmu lingkungan. Tahapan analisa pembagian data bertujuan untuk membagi yang telah diperoleh menjadi dua bagian yaitu data untuk pelatihan dan data untuk pengujian. Komposisinya adalah 70% untuk data pelatihan dan 30% data untuk pengujian.

Data pelatihan, 15 data x 70% = 10 data.

Data pengujian, 15 data x 30% = 5 data.

Pada proses ini, bertujuan agar jaringan yang dibangun bisa mendapatkan pelatihan yang secukupnya dan pengujian untuk menguji data dari proses pelatihan yang telah dilakukan.

### 2.4. Analisa Perancangan Struktur Jaringan yang Optimum

Jaringan yang akan dibangun memiliki 4 buah *input*, yang mana keempat *input* tersebut merupakan parameter awal dari tingkat pencemaran air. Keempat *input* tersebut adalah parameter *pH*

menjadi  $x_1$ , parameter *BOD* menjadi  $x_2$ , parameter *COD* menjadi  $x_3$  dan parameter *DO* menjadi  $x_4$ . Sedangkan untuk *hidden layer* akan digunakan 1 *neuron* yang terdiri dari  $z_1, z_2, z_3, z_4, \dots, z_m$ .

Untuk penggunaan fungsi aktivasi, penulis menggunakan fungsi aktivasi antara lapisan *input* dan lapisan tersembunyi yaitu fungsi *tansig* yang mana merupakan fungsi yang sering digunakan dalam proses perancangan JST. Fungsi ini memiliki *range* antara [-1 1]. Sedangkan pada lapisan tersembunyi ke *output* akan digunakan fungsi aktivasi *purelin*.

Berikut merupakan variabel yang dijadikan *input* untuk proses penganalisaan tingkat kepuasan dan kebutuhan jaringan :

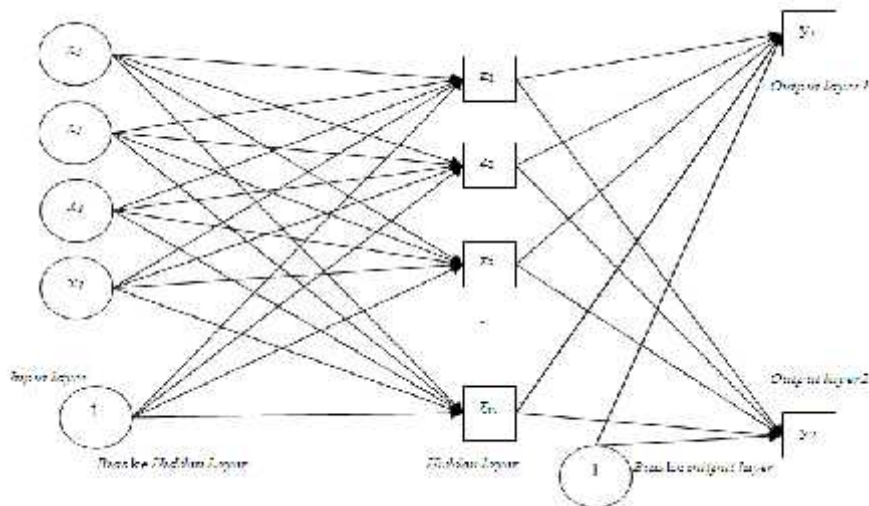
1. *pH* merupakan  $x_1$
2. *BOD* merupakan  $x_2$
3. *COD* merupakan  $x_3$
4. *DO* merupakan  $x_4$

Setelah dilakukan penentuan nilai *input*, maka selanjutnya dilakukan penentuan parameter untuk pelatihan jaringan yang dibangun. Berikut ini adalah parameter *input* dengan pola dan parameter yang akan dirancang :

- a. Pola 1
  1. Jumlah *neuron* pada *input layer* sebanyak 4 *neuron*.
  2. Jumlah *neuron* pada *hidden layer* sebanyak 6 *neuron*.
  3. Toleransi *error* sebesar 0,02.
  4. *Learning rate* sebesar 0,1.
  5. *Momentum* sebesar 0,7.
  6. *Max epoch* sebanyak 15000 *epoch*.
- b. Pola 2
  1. Jumlah *neuron* pada *input layer* sebanyak 4 *neuron*.
  2. Jumlah *neuron* pada *hidden layer* sebanyak 8 *neuron*.
  3. Toleransi *error* sebesar 0,02.
  4. *Learning rate* sebesar 0,1.
  5. *Momentum* sebesar 0,7.
  6. *Max epoch* sebanyak 15000 *epoch*.
- c. Pola 3
  1. Jumlah *neuron* pada *input layer* sebanyak 4 *neuron*.
  2. Jumlah *neuron* pada *hidden layer* sebanyak 10 *neuron*.
  3. Toleransi *error* sebesar 0,02.
  4. *Learning rate* sebesar 0,1.
  5. *Momentum* sebesar 0,7.
  6. *Max epoch* sebanyak 15000 *epoch*.

Hasil yang diharapkan pada tahap inisialisasi *output* untuk menentukan tingkat pencemaran air adalah sebagai berikut :

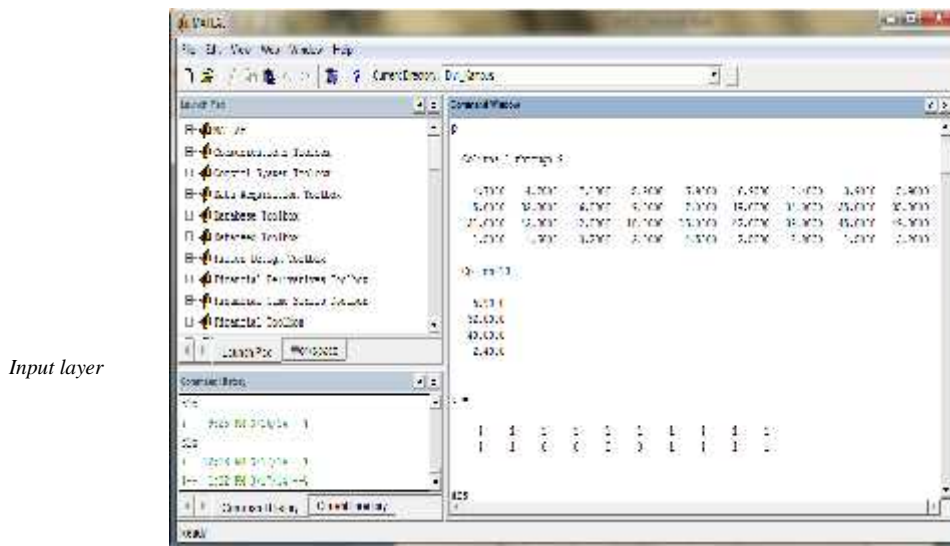
1. Kelas A diberikan *output* " 00".
2. Kelas B diberikan *output* " 01".
3. Kelas C diberikan *output* " 10".
4. Kelas D diberikan *output* " 11".



Gambar 1 Arsitektur Jaringan Saraf *BackPropagation*

2.5. Penggunaan Aplikasi

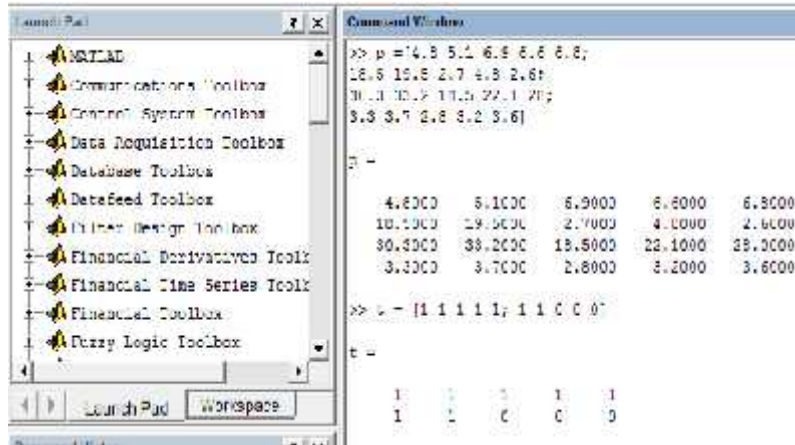
*MATrix Laboratory* (Matlab) adalah suatu bahasa pemrograman untuk komputasi numerik yang berorientasi pada matriks. Pada gambar 2 menunjukkan tampilan *matriks* data *training* yang diinputkan ke dalam program MATLAB.[5].



Gambar 2 Tampilan *Matriks* Data *Training* dalam Matlab

Data training terdiri dari 10 data dengan 4 buah variabel *inputan*, yaitu variabel – variabel umum yang digunakan dalam menentukan tingkat pencemaran air seperti *pH*, *BOD*, *COD* dan *DO*, dengan jumlah *outputnya* adalah 10 buah target.

Dengan data testing terdiri dari 5 data inputan dan jumlah *outputnya* adalah 5 buah target. Untuk data *testing* tampilan *matriks* dalam pengujian data untuk memprediksi tingkat pencemaran air menggunakan *BackPropagation* terlihat pada gambar 3.



Gambar 3 Tampilan Matriks Data Testing dalam Matlab

## 2.6. Pengujian Metode BackPropagation

### 2.6.1. Tahap Pelatihan dan Tahap Pengujian

Proses pelatihan digunakan sebagai bagian dari proses penentuan *output* dari suatu jaringan yang mana setiap *input* akan mempengaruhi setiap hasil pada proses pengujian. Adapun proses di dalam implementasi dan hasil adalah berupa pengujian dengan tujuan :

1. Melihat hasil dari jaringan saraf tiruan yang dibangun dan dilatih, sehingga dapat diketahui *output* dari jaringan yang dibangun.
2. Untuk mengetahui kinerja jaringan pada data pengujian yang sebenarnya apakah sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Langkah awal yang dilakukan adalah tahap inisialisasi, yaitu memberikan nilai awal terhadap *variabel – variabel* yang diperlukan. Selanjutnya dilakukan penentuan data untuk pelatihan dan pola yang akan digunakan di dalam proses pelatihan. Pola yang akan digunakan untuk proses pelatihan dengan *software* adalah :

1. Pola 1 dengan arsitektur jaringan 4-4-2
2. Pola 2 dengan arsitektur jaringan 4-6-2
3. Pola 3 dengan arsitektur jaringan 4-8-2
4. Pola 4 dengan arsitektur jaringan 4-10-2
5. Pola 5 dengan arsitektur jaringan 4-12-2

Selanjutnya menentukan fungsi aktivasi yaitu, '*tansig*', '*logsig*', dan '*traingd*'. Kemudian menentukan bobot *input layer*, dan bobot *output layer*. Data *training* yang digunakan sebagai *input* serta target jaringan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Data Pelatihan untuk Prediksi Tingkat Pencemaran Air

No.	Parameter				Kelas	Target
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>		
1	4.7	15	31	1.5	D	11
2	4.7	32	42	1.6	D	11
3	7.1	6	12	3.2	C	10
4	5.9	9	18	2	C	10
5	6.9	7	15	4.5	C	10
6	6.9	19	42	2.5	C	10
7	3.4	34	39	2.8	D	11
8	3.9	35	45	1.5	D	11
9	5.9	35	49	3.2	D	11
10	5.9	32	40	2.4	D	11

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan Pola 1 arsitektur jaringan 4-4-2, setelah dilakukan pengujian data training dengan Matlab, maka diperoleh hasil pada epoch ke 61 dengan grafik seperti terlihat pada gambar 4.

```

y =
column 1 to 5
    0.9951    0.9992    0.9785    0.9840    0.9783
    0.7408    0.9391    0.2451    0.3493    0.2428
column 6 to 10
    0.9779    0.9992    0.9992    0.9993    0.9992
    0.2461    0.9396    0.9397    0.8886    0.9323
    
```

```

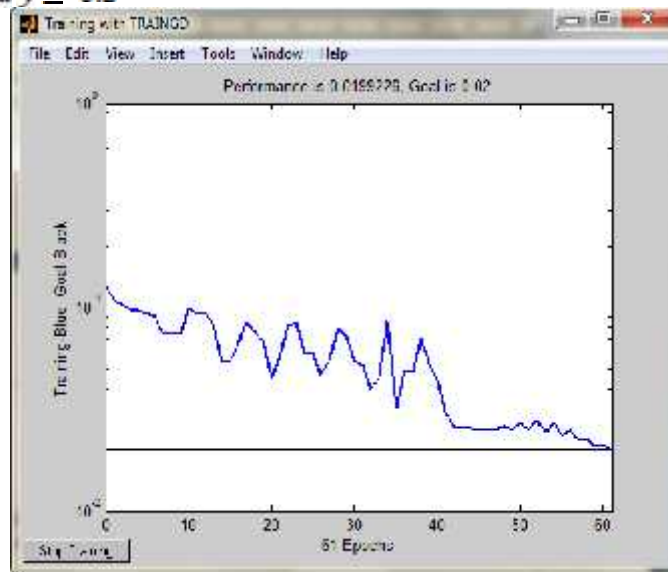
Pf = []
Af = []
    
```

```

e =
column 1 to 5
    0.0049    0.0008    0.0215    0.0160    0.0217
    0.2592    0.0609   -0.2451   -0.3493   -0.2428
column 6 to 10
    0.0221    0.0008    0.0008    0.0007    0.0008
   -0.2461    0.0604    0.0603    0.1114    0.0677
perf =
    0.0199
    
```

Dari hasil perhitungan diperoleh fungsi aktivasi :

$$T = \begin{cases} 0, & \text{jika } y < 0.5 \\ 1, & \text{jika } y \geq 0.5 \end{cases}$$



Gambar 4 Grafik Pelatihan Arsitektur 4-4-2

Pengujian pada data training dilakukan sampai arsitektur pola kelima. Sehingga hasil perbandingannya seperti terlihat pada tabel 2 :

Tabel 2 Perbandingan Target dengan Output Data Pelatihan

Hidden	Target	Output		Error	Performance
4	11	0.9951	0.7408	0.1787	0.0199
6	11	0.9986	0.6671	0.2181	0.0191
8	11	0.8457	0.9403	0.3548	0.0191
10	11	0.9998	0.8614	0.6420	0.0193
12	11	0.9732	0.9250	0.0773	0.0199

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan menggunakan data testing. Arsitektur yang digunakan untuk data testing sama dengan arsitektur pada data training. Data *testing* yang digunakan sebagai *input* serta target jaringan dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3 Data Pengujian untuk Prediksi Tingkat Pencemaran Air

No.	Parameter				Kelas	Target
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>		
1	4.8	18.5	30.3	3.3	D	11
2	5.1	19.5	33.2	3.7	D	11
3	6.9	2.7	18.5	2.8	C	10
4	6.6	4.8	22.1	3.2	C	10
5	6.8	2.6	28	3.6	C	10

Setelah dilakukan proses pengujian menggunakan pola 1, maka dilanjutkan dengan mensimulasikan proses dengan  $[y, Pf, Af, e, perf] = \text{sim}(\text{net}, p, [], [], t)$ . *Output* target diperoleh pada *Epoch* ke - 103 dengan hasil pengujian sebagai berikut:

TRAINGD, Epoch 0/15000, MSE 0.674107/0.02, Gradient 2.59766/1e-010  
 TRAINGD, Epoch 25/15000, MSE 0.15089/0.02, Gradient 0.529013/1e-010  
 TRAINGD, Epoch 50/15000, MSE 0.0691174/0.02, Gradient 0.715291/1e-010  
 TRAINGD, Epoch 75/15000, MSE 0.0347065/0.02, Gradient 0.46181/1e-010  
 TRAINGD, Epoch 100/15000, MSE 0.0209946/0.02, Gradient 0.0948243/1e-010  
 TRAINGD, Epoch 103/15000, MSE 0.0199721/0.02, Gradient 0.0746235/1e-010  
 TRAINGD, Performance goal met.

y =  
 0.9644 0.9536 0.7257 0.7747 0.8701  
 0.9648 0.9803 0.0790 0.1019 0.1874

Pf = []

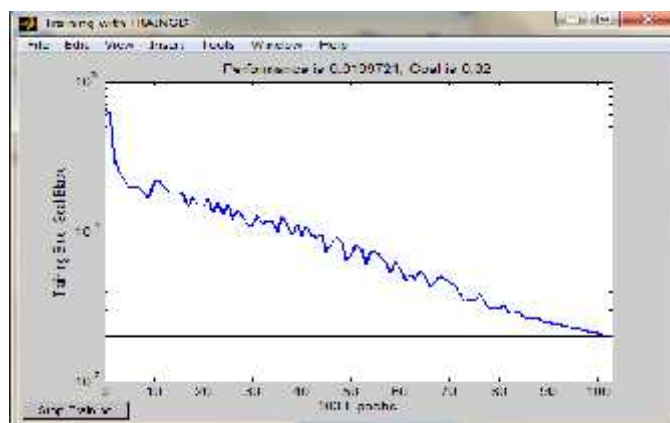
Af = []

e =  
 0.0356 0.0464 0.2743 0.2253 0.1299  
 0.0352 0.0197 -0.0790 -0.1019 -0.1874

perf =  
 0.0200

Dari hasil perhitungan diperoleh fungsi aktivasi :

$$T = \begin{cases} 0, & \text{jika } y < 0.5 \\ 1, & \text{jika } y \geq 0.5 \end{cases}$$



Gambar 5 Grafik Pengujian Arsitektur 4-4-2

Proses pengujian selanjutnya dilakukan dengan menggunakan kelima arsitektur yang ada. Sehingga hasil perbandingannya seperti terlihat pada tabel 4

Tabel 4 Perbandingan Target dengan *Output* Data Testing

<i>Hidden</i>	<i>Target</i>	<i>Output</i>		<i>Error</i>	<i>Performance</i>
4	11	0.9644	0.9648	0.0746	0.01997
6	11	0.9571	0.9468	0.1330	0.0031
8	11	0.9818	0.7061	0.0664	0.0197
10	11	0.9382	0.8954	0.0874	0.0195
12	11	0.9421	0.9517	0.1428	0.0196

Dari perbandingan target dan *output* dapat diperoleh pola yang sesuai untuk digunakan dalam jaringan ini adalah pola 1 dengan arsitektur jaringan 4-4-2 untuk data pelatihan dengan jumlah *hidden layer* 4 dan pola 3 dengan arsitektur jaringan 4-8-2 untuk data testing dengan jumlah *hidden layer* 8.

#### 4. KESIMPULAN

Jaringan saraf tiruan yang dibangun dengan menggunakan metode *BackPropagation* dengan beberapa pola atau arsitektur yang dibangun mampu menentukan tingkat pencemaran air. Berdasarkan hasil pelatihan dan pengujian data dengan menggunakan Matlab, maka arsitektur pola 1 dengan arsitektur jaringan 4-4-2 untuk data pelatihan dengan jumlah *hidden layer* 4 dan pola 3 dengan arsitektur jaringan 4-8-2 untuk data testing, dengan jumlah *hidden layer* 8 yang memiliki *error gradient* terendah. Nilai dalam parameter – parameter yang digunakan berdasarkan pada Peraturan Pemerintah No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dahria, Muhammad, (2008). Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence), Jurnal SAINTIKOM, Vol.5, No. 2.
- [2] Sudaryono, (2000). Tingkat Pencemaran Air Permukaan di Kodya Yogyakarta, Jurnal Teknologi Lingkungan.
- [3] Riza. N., Thamrin, Siregar, SH, (2012). Analisis Status Kualitas Air Anak-Anak Sungai Singingi Sekitar Tambang Batubara di Kuantan Singingi, Jurnal Ilmu Lingkungan.
- [4] Indah, Meilia Nur, et.al, (2010). Implementasi Jaringan Saraf Tiruan Dalam Aplikasi Identifikasi Huruf Vokal Berdasarkan Pola Gerak Bibir, Jurnal Petir, Vol. 3, No. 1
- [5] Sutojo T., dkk, (2011). Kecerdasan Buatan, Andi Yogyakarta.
- [6] Desiani, Anita; Muhammad Arhami, (2006). Konsep Kecerdasan Buatan, Andi Yogyakarta.
- [7] Kusumadewi, Sri, (2003). Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya), Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [8] Siang, Jong Jek, (2009). Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab, Andi, Yogyakarta.