

## PEMODELAN DISTRIBUSI INTENSITAS BUNYI RUANG POWER STATION DIESEL GENERATOR MENGGUNAKAN STRUKTUR MODEL JARINGAN SYARAF TIRUAN

Oleh:

Edy Prasetyo Hidayat<sup>1</sup>, Susetiyadi Purwonugroho<sup>2</sup>

Dosen Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, PPNS - ITS

Gedung PPNS, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111

E-mail: edi.ph2012@gmail.com dan punky@ppns.ac.id

**Abstract:** *Bogasari Flour Mills also used 8 Diesel Generator as Electric Power Station. However only 2 of it were actively used every day and the others were just standby. This paper presents the distribution model of sound intensity generated by Diesel Generators which were function of distance coordinate to listeners and constant value of room acoustic. Based on sound intensity with 77 taking points on variety of point and frequency, distribution number of intensity on each point were modeled by using artificial nerve network model. Input model was distance of taking point to Diesel Generator number 5 and 6, while the output was sound intensity on those points. Artificial nerve network model consisted of three layers : first layer was input layer with 3 neuron cell, second layer was hidden layer with 8 cell, and the third layer was output layer with 1 cell. From 200 epoch on network model, the model was obtained with 5,9% error average toward the result of measurement.*

**Kata-kata kunci:** *Power Station, Diesel Generator, Model Jaringan Syaraf Tiruan*

Indofood Sukses Makmur Tbk. Bogasari *Flour Mills* merupakan suatu unit pembangkit atau penghasil tenaga listrik yang terdiri dari beberapa *Diesel Generator Setting* (GenSet), dimana *GenSet* ini membantu mensuplai seluruh kebutuhan energi di PT ISM Tbk. Kegiatan di *Power Station* ini menimbulkan kebisingan yang tinggi, dimana kebisingan dapat mengganggu aktifitas dan kesehatan Operator.

Tingkat kebisingan pada suatu titik dari sumber bunyi diperoleh dengan melakukan pengukuran intensitas bunyi pada beberapa titik di dalam ruang *Power Station*. Jumlah pengambilan titik pengukuran adalah 77 titik, dan frekuensi pada tiap titik adalah 16 Hz, 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500

Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz. Intensitas sumber bunyi pada suatu titik adalah jumlah logaritmik dari intensitas masing masing frekuensi sumber bunyi pada titik tersebut (Widiana, 2007).

Intensitas bunyi pada suatu titik ruang *Power Station* dipengaruhi oleh jarak titik dari sumber bunyi dan konstanta akustik ruangan. Kemudian hasil pengukuran intensitas bunyi terhadap koordinat titik pengukuran tersebut dimodelkan menggunakan struktur model Jaringan Syaraf Tiruan.

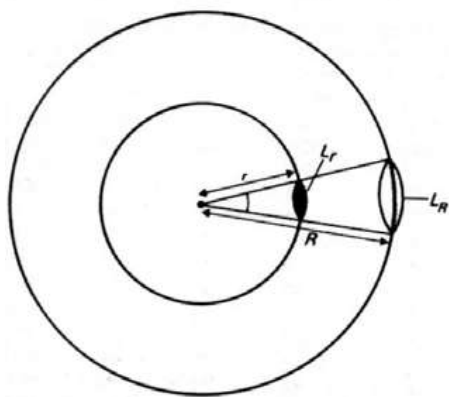
### **Bunyi dan Kebisingan**

Bunyi didengar sebagai rangsangan pada telinga oleh getaran-getaran melalui media elastis, dan manakala bunyi-bunyi tersebut

tidak dikehendaki maka dinyatakan sebagai kebisingan. Terdapat dua parameter yang menentukan kualitas suatu bunyi yaitu : (a). Frekuensi, merupakan jumlah getaran atau gelombang setiap detiknya yang dinyatakan dalam satuan *Hertz* (Hz), (b). Intensitas, merupakan besarnya energi persatuan luas yang biasa disebut keras lemahnya bunyi dan dinyatakan dalam suatu logaritmis yang disebut *decibel* (Suma'mur, 1976).

Kebisingan pada suatu tempat diukur menggunakan *Sound Level Meter* dengan cara mengukur besarnya intensitas bunyi pada frekuensi tertentu. *Sound Level Meter* ini bisa untuk mengukur besarnya Intensitas Bunyi antara 30 – 130 dB pada frekuensi 20 – 20.000 Hz, dan dilengkapi dengan sistem kalibrasi. Beberapa standard yang memberikan pemaparan bising yang diijinkan, salah satunya adalah Kep Menaker RI No. Kep-51/MEN/1999 tentang NAB Faktor Fisika di tempat kerja ditunjukkan pada tabel 1.

Sumber titik memiliki distribusi penyebaran suara spheris (melingkar), sehingga seiring dengan bertambahnya jarak, intensitas bunyi juga akan berkurang, seperti ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Distribusi penyebaran suara

Tabel 1. Nilai Ambang Batas Kebisingan Standar Depnaker

Waktu Pemajanan per Hari (Jam)	Intensitas Kebisingan (dB)
8	85
4	88
2	91
1	94
30	97
15	100
7,5	103
3,75	106
1,88	109
0,94	112
28,12	115
14,06	118
7,03	121
3,52	124
1,76	127
0,88	130
0,44	133
0,22	136
0,11	139

Sumber : (Suma'mur, 1976).

Besarnya Intensitas Bunyi (I) adalah berbanding terbalik dengan kuadrat jarak sumber bunyi terhadap titik pengukuran secara proporsional seperti pada persamaan 1 berikut.

$$\frac{I_r}{I_R} = \frac{R^2}{r^2} \tag{1}$$

Kekuatan bunyi (decibel) pada jarak r dari sumber bunyi dihitung menggunakan persamaan 2 berikut.

$$L_r - L_R = 20 \log \left( \frac{I_r}{I_R} \right) \tag{2}$$

Untuk menentukan besar total Intensitas Bunyi (*desibel*) dalam pengukuran pada masing masing frekuensi dilakukan dengan menjumlahkan intensitasnya. Oleh karena *decibel* (LI) bukan besaran fisis, maka yang dapat dijumlahkan adalah tekanan bunyi (p) atau intensitas bunyi (I) pada masing-masing frekuensi, yaitu sebagai berikut (Smith *et al*, 1996).

$$I = I_{f1} + I_{f2} + I_{f3} + \dots + I_{fn} \quad (3)$$

$$L_I = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right) \quad (4)$$

$L_I$  = Tingkat kebisingan (dB)

$I_{fi}$  = Intensitas bunyi pada frekuensi  $f_i$  (watt/m<sup>2</sup>)

$I_0$  = Intensitas bunyi *threshold of hearing* (10<sup>-12</sup>watt/m<sup>2</sup>)

Kekuatan bunyi *decibel* dalam sebuah ruangan dipengaruhi oleh jarak sumber bunyi terhadap titik pengukuran, arah sumber bunyi dan konstanta ruangan, sebagaimana diformulasikan pada persamaan 5 berikut (Irwin & Graff, 1979).

$$L = L_w + 10 \log \left( \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (5)$$

$L$  = Kekuatan bunyi (dB)

$L_w$  = Kekuatan sumber bunyi (dB)

$Q$  = *Directivity* Sumber

$R$  = Kontanta Ruang (m<sup>2</sup>)

$r$  = jarak sumber terhadap penerima (m)

$$Q = Q_0 \sum_{i=1}^n \frac{1}{3 + 10N_i} \quad (6)$$

$$N_i = \frac{2\delta_i}{\lambda} \quad (7)$$

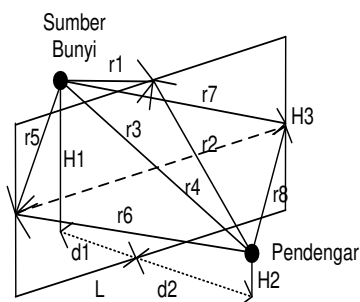
Jarak langsung antara sumber dengan penerima dihitung berdasarkan Gambar 2 dan persamaan 8, 9, 10.

$$\delta_1 = [(r_1 + r_2) - (r_3 + r_4)] \quad (8)$$

$$\delta_2 = [(r_5 + r_6) - (r_3 + r_4)] \quad (9)$$

$$\delta_3 = [(r_7 + r_8) - (r_3 + r_4)] \quad (10)$$

Adapun gambaran akustik ruangan dengan barrier seperti ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.

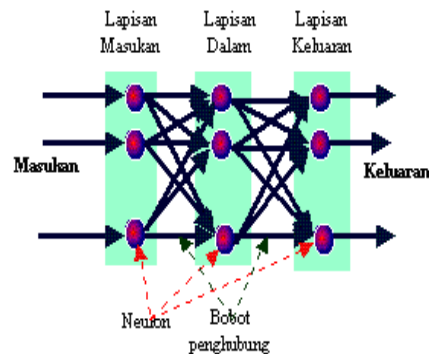


Gambar 2 Akustik ruangan dengan barrier

### Model Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Model Jaringan Syaraf Tiruan yang digunakan untuk pemodelan adalah Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* (BP) pertama kali diperkenalkan oleh Rumelhart, Hinton dan William pada tahun 1986, kemudian Rumelhart dan Mc Clelland mengembangkannya pada tahun 1988.

Asitektur jaringan BP dengan satu lapisan dalam ditunjukkan pada gambar 3. Pada Gambar 3 tersebut ditunjukkan arah sinyal pada fase *feedforward*. Sedangkan selama operasi fase pelatihan *backpropagation*, sinyal-sinyal *error* dikirim dalam arah sebaliknya (Lanny, 2007).

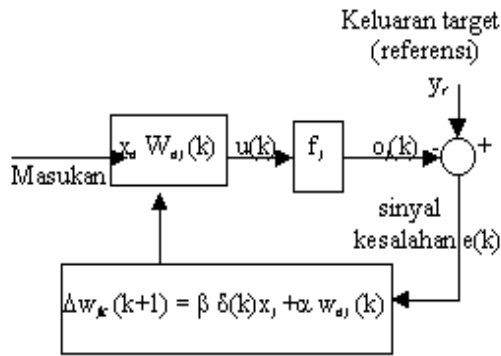


Gambar 3. Struktur Model Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan tersusun atas sekumpulan elemen pemroses (*neuron*) atau simpul atau sel yang terinterkoneksi dan terorganisasi dalam lapisan-lapisan. Setiap sel memproses sinyal dengan fungsi aktifasinya. Beberapa fungsi aktifasi dalam Jaringan Syaraf Tiruan adalah fungsi linier, sigmoid, sigmoid *bipolar*, fungsi bell (J.S.R. Jang dkk, 1997).

Keunggulan utama dari sistem Jaringan Syaraf Tiruan adalah kemampuan untuk "belajar" dari contoh yang diberikan. Pada algoritma belajar Jaringan Syaraf Tiruan *Back Propagation* digunakan sinyal

referensi dari luar (sebagai pengajar) dibandingkan dengan sinyal keluaran JST, hasilnya berupa sinyal kesalahan. Algoritma belajar dari Jaringan Syaraf Tiruan *Back Propagation* seperti ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



**Gambar 4** Algoritma belajar JST *Back Propagation*.

Algoritma pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan yang ditunjukkan pada Gambar 3 tersebut diatas adalah dengan merevisi bobot jaringan berdasarkan nilai kesalahan antara target referensi dengan keluaran jaringan syaraf tiruan. Langkah revisi bobot Jaringan Syaraf Tiruan adalah sebagai berikut (Widodo, 2005) :

1. Menjumlahkan perkalian vektor bobot input ( $V_{ij}$ ) terhadap input JST ( $X_i$ )

$$b_j = \sum_i V_{ij} X_i \quad (11)$$

2. Mengaktifkan fungsi keluaran neuron (fungsi aktivasi) ke jaringan hidden layer (lapisan jaringan tersembunyi).

$$Z_j = \frac{1}{1 + e^{-\lambda b_j}} \quad (12)$$

3. Menjumlahkan perkalian vektor bobot *hidden layer* ( $W_j$ ) terhadap keluaran neuron ( $Z_j$ )

$$\alpha_l = \sum_j W_{jl} Z_j \quad (13)$$

4. Mengaktifkan fungsi aktivasi keluaran neuron output yang merupakan output JST  $Y_k$ .

$$Y_k = \phi(\alpha_l) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda \alpha_l}} \quad (14)$$

5. Merevisi bobot Jaringan Syaraf Tiruan berdasarkan nilai kesalahan dari keluaran target terhadap output JST

$$V_{ij\ new} = V_{ij\ old} + \sum_i \frac{\eta W_{jl} \lambda^2 e^{-\lambda b_j} e^{-\lambda \alpha_l} X_i}{(1 + e^{-\lambda b_j})^2 (1 + e^{-\lambda \alpha_l})^2}$$

$$W_{jl\ new} = W_{jl\ old} + \frac{\eta e \lambda e^{-\lambda \alpha_l} Z_j}{(1 + e^{-\lambda \alpha_l})^2} \quad (15)$$

$$e = Y_r - Y_k \quad (16)$$

**METODE PENELITIAN**

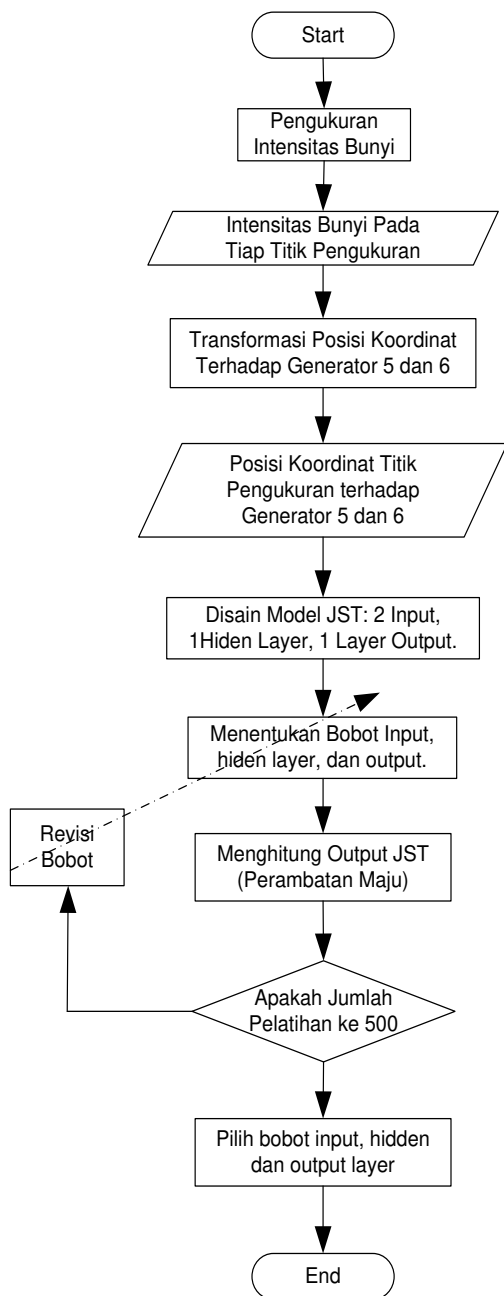
Tahapan yang dilakukan dalam memperoleh model Distribusi Intensitas dalam ruang *Power Station* PT Indofood Sukses Makmur Tbk. adalah :

1. Melakukan pengukuran intensitas bunyi dalam ruangan power station (diambil 77 titik pengukuran). Pengukuran dilakukan dalam frekuensi 16 Hz, 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz.
2. Menghitung nilai intensitas bunyi menggunakan penjumlahan logaritmik dari frekuensi terendah 16 Hz sampai frekuensi tertinggi 8000 Hz. Formulasi yang digunakan adalah :
 
$$I_p = 10 \log(10^{I_f^{1/10}} + 10^{I_f^{2/10}} + \dots) \quad (17)$$
3. Menghitung koordinat titik pengukuran diukur dari posisi Generator 5 dan 6. Generator 5 dan 6 bekerja dan yang lainnya sebagai *standby*, karena intensitas tertinggi di panel operator

terjadi pada saat Generator 5 dan 6 bekerja.

- Merancang model Jaringan Syaraf Tiruan distribusi intensitas bunyi dalam ruangan.

Flowchart yang menjelaskan metode penelitian ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Alur Metode Pemodelan

Jumlah pengambilan titik pengukuran intensitas bunyi 77 titik, masing masing titik dihitung jaraknya terhadap posisi Generator 5 dan Generator 6, hasilnya ditunjukkan pada tabel 2 berikut (Widiana, 2007).

Tabel 2. Kekuatan bunyi dan radius tiap titik pengukuran terhadap posisi Generator 5 dan Generator 6.

Titik ke		Radius		Titik ke		Radius	
T	dB	RG5	RG6	T	dB	RG5	RG6
1	91,9	27,9	33,2	40	109,3	2,9	2,9
2	92,3	27,8	33,1	41	108,1	5,6	5,6
3	92,0	28,2	33,4	42	102,9	9,1	9,1
4	93,5	24,4	29,7	43	102,3	10,9	8,8
5	91,2	24,0	29,3	44	104,7	8,1	5,1
6	91,9	24,1	29,4	45	106,1	6,6	1,6
7	92,0	24,8	30,0	46	105,1	7,0	2,9
8	92,7	21,2	26,3	47	102,2	9,1	6,6
9	93,5	20,3	25,6	48	99,7	12,1	8,1
10	95,9	20,2	25,5	49	101,2	10,6	5,6
11	94,9	20,7	25,9	50	100,7	10,3	5,1
12	92,2	22,0	26,9	51	102,3	11,4	7,0
13	94,8	18,5	23,4	52	101,1	13,5	10,0
14	96,1	17,1	22,2	53	97,9	16,6	12,4
15	96,0	16,4	21,7	54	99,9	14,9	10,0
16	95,0	16,6	21,8	55	98,6	14,1	8,8
17	95,3	17,6	22,6	56	98,6	14,3	9,1
18	98,2	14,1	19,0	57	98,0	15,5	10,9
19	96,9	12,8	18,1	58	97,4	19,0	14,1
20	97,6	12,6	17,9	59	97,4	18,1	12,8
21	96,2	13,5	18,5	60	98,2	17,9	12,6
22	96,3	15,3	19,9	61	97,1	18,5	13,5
23	97,7	12,4	16,6	62	96,7	19,9	15,3
24	99,1	10,0	14,9	63	95,6	23,4	18,5
25	97,3	8,8	14,1	64	96,6	22,2	17,1
26	98,7	9,1	14,3	65	96,5	21,7	16,4
27	97,8	10,9	15,5	66	95,4	21,8	16,6
28	100,4	8,1	12,1	67	95,4	22,6	17,6
29	101,1	5,6	10,6	68	93,3	26,3	21,2
30	100,7	5,1	10,3	69	92,7	25,6	20,3
31	101,8	7,0	11,4	70	95,9	25,5	20,2
32	100,8	10,0	13,5	71	95,2	25,9	20,7
33	102,6	8,8	10,9	72	93,4	26,9	22,0
34	103,9	5,1	8,1	73	92,4	30,5	25,5
35	105,7	1,6	6,6	74	93,5	29,7	24,4
36	104,8	2,9	7,0	75	91,8	29,3	24,0
37	102,8	6,6	9,1	76	93,3	29,4	24,1
38	103,9	7,0	7,0	77	91,6	30,0	24,8
39	108,5	3,8	3,8				

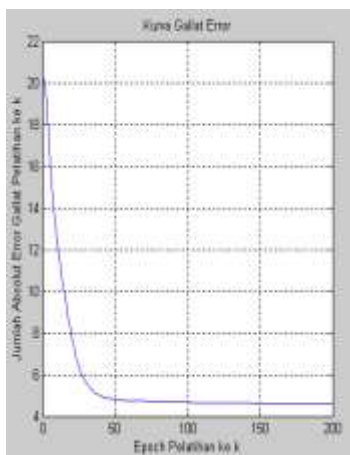
Fungsi aktivasi seluruh *neuron* menggunakan fungsi aktivasi sigmoid, yang mana karakteristik dari fungsi *sigmoid* memiliki nilai antara 0 sampai 1, sehingga nilai *input* dan *output neuron* pada tabel 2 diskala sehingga berada antara nilai 0,1 sampai 0,9. Formulasi skala besaran *input* dan *output* jaringan ditunjukkan pada persamaan 18.

$$X_s = \frac{0,8(x - x_{\min})}{x_{\max} - x_{\min}} + 0,1 \quad (18)$$

**PEMBAHASAN DAN HASIL**

Analisis dilakukan untuk menghitung nilai bobot Jaringan Syaraf Tiruan dan menghitung akurasi keluaran model Jaringan Syaraf Tiruan terhadap target referensi. Akurasi model dapat direpresentasikan melalui nilai absolut *error* antara model JST terhadap hasil pengukuran intensitas bunyi. Model Jaringan Syaraf Tiruan dilatih dengan merambatkan balik *error* antara model terhadap target (hasil pengukuran). Pembelajaran dilakukan dengan jumlah *epoch* (pelatihan) 200 epoch.

Selama 200 *epoch*, kurva nilai *absolut error* pada pelatihan ke-k seperti ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Nilai jumlah *absolut error* pada pelatihan ke- k

Adapun *output* model JST ( $y_{out}$ ) terhadap hasil pengukuran ( $y_i$ ) di tiap titik pengukuran seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3 Output model JST ( $y_{out}$ ) terhadap hasil pengukuran ( $y_i$ ) di tiap titik pengukuran**

Titik	yout	yt	Titik	yout	yt
1	88,65	91,88	40	105,94	109,31
2	92,12	92,27	41	106,30	108,10
3	92,55	91,97	42	105,69	102,87
4	92,25	93,48	43	102,37	102,29
5	93,94	91,18	44	101,93	104,75
6	91,33	91,90	45	103,63	106,08
7	92,14	92,00	46	104,49	105,06
8	92,30	92,71	47	103,89	102,18
9	93,10	93,51	48	101,78	99,67
10	93,99	95,95	49	99,68	101,15
11	96,55	94,89	50	100,94	100,72
12	95,41	92,25	51	100,61	102,31
13	92,55	94,76	52	101,90	101,05
14	95,33	96,14	53	100,84	97,90
15	96,77	96,00	54	98,02	99,95
16	96,61	95,04	55	99,88	98,60
17	95,59	95,28	56	98,67	98,64
18	95,87	98,20	57	98,71	98,05
19	98,77	96,88	58	98,09	97,44
20	97,52	97,57	59	97,50	97,38
21	98,15	96,25	60	97,44	98,23
22	96,80	96,30	61	98,26	97,08
23	96,88	97,65	62	97,15	96,67
24	98,25	99,11	63	96,67	95,64
25	99,61	97,31	64	95,61	96,56
26	97,95	98,72	65	96,56	96,50
27	99,20	97,79	66	96,50	95,40
28	98,35	100,43	67	95,36	95,41
29	100,75	101,10	68	95,31	93,26
30	101,31	100,72	69	92,96	92,71
31	100,95	101,81	70	92,35	95,87
32	101,74	100,79	71	95,81	95,20
33	100,89	102,57	72	95,10	93,39
34	102,36	103,87	73	93,05	92,36
35	103,37	105,67	74	91,89	93,47
36	104,48	104,80	75	93,17	91,77
37	103,87	102,84	76	91,25	93,34
38	102,44	103,90	77	93,01	91,59
39	103,22	108,51			

Jumlah *absolut error* pada pelatihan ke 200 adalah 4,5779 pada skala 0,1 sampai 0,9. Jumlah titik pengukuran 77 titik, sehingga *error* rata rata tiap posisi adalah jumlah *absolut error* dibagi jumlah titik pengukuran, hasilnya adalah 0,059 atau 5,9%. *Output* model Jaringan Syaraf Tiruan pada posisi koordinat pengukuran titik ke 1 sampai titik ke 77, dan intensitas bunyi hasil pengukuran pada titik ke-k seperti ditunjukkan tabel 3.

Berdasarkan kurva *gallat error* yang ditunjukkan pada Gambar 5, jumlah *epoch* efektif adalah 80 *epoch*. Bertambahnya jumlah *epoch* untuk melatih jaringan lebih dari 80 *epoch* tidak efisien karena penurunan jumlah *error* mutlak atau gradiennya terlalu kecil yaitu 0.0018.

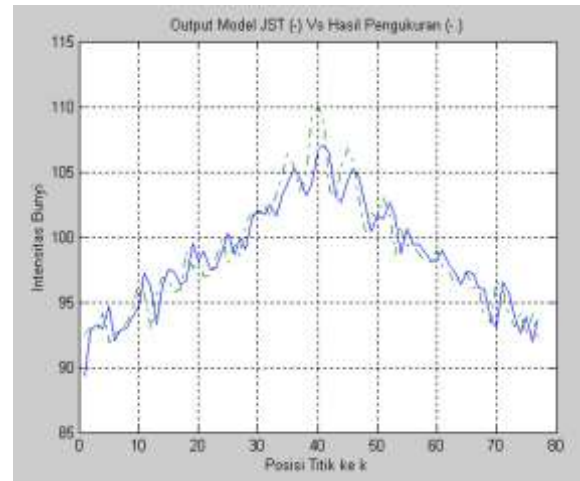
Bobot Jaringan Syaraf Tiruan pada pelatihan ke 200 dari sel *input* ke sel *hidden* dan dari sel *hidden* ke sel *output* adalah sebagai berikut :

$$W12 = \begin{bmatrix} -0.2552; & 0.8997; & 1.0582; \\ -0.3717; & 0.8802; & 1.3753; \\ 1.0471; & 0.4413; & 0.1906; \\ 1.9041; & 1.2572; & 0.0863; \\ 1.9613; & 2.0040; & 1.1043; \\ 1.0189; & 2.2663; & 3.7464; \\ 3.1886; & 2.0315; & 3.8174; \\ 3.9360; & 3.0140; & 2.9199 \end{bmatrix}$$

$$W23 = \begin{bmatrix} 24.8084; & 44.4816; & 34.3730; \\ 21.5892; & 46.1148; & 46.9024; \\ 31.5795; & 32.1475 \end{bmatrix}$$

Grafik intensitas bunyi di tiap titik pengukuran pada model JST dibandingkan

hasil pengukuran seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6** Grafik intensitas bunyi model JST terhadap hasil pengukuran pada titik ke- k

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemodelan distribusi intensitas bunyi di dalam ruangan *Electrics Power Station* PT. Indofood Sukses Makmur Tbk. Bogasari *Flour Mills* menggunakan model JST memiliki jumlah *error* mutlak 4,5779.
2. *Error* rata-rata model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) terhadap hasil pengukuran intensitas bunyi pada tiap titik pengukuran adalah 5,9%.
3. Jumlah *epoch* efektif untuk melatih jaringan adalah 80 *epoch*.

## DAFTAR PUSTAKA

Irwin, J.D., Graff, E.R., 1979, "*Industrial Noise and Vibration Control*", Prentice Hall, New Jersey.

J.S.R. Jang dkk., 1997, "*Neuro Fuzzy And Soft Computing*", Prentice Hall inc, A Viacom Company Upper Saddle River, USA.

Lanny W. Panjaitan, 2007, "*Dasar Dasar Komputasi Cerdas*", Penerbit Andi Yogyakarta.

Suma'mur, 1976, "*Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*", Penerbit Gunung Agung, Jakarta.

Smith, B.J., Peters, R.J., Stephanie Owen 1996," *Acoustic and Noise Connttrol*", Addison Wesley Longman Limited, England.

Widiana, Dika R., 2007, "*Rancang Bangun Sistem Isolasi Kebisingan Pada Ruang Power Station di PT Indofood Sukses Makmur Tbk. Bogasari Flour Mills Sura*

*baya*", Tugas Akhir Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja PPNS – ITS, Surabaya.

Widodo, Thomas S., 2005, "*Sistem Neuro Fuzzy untuk Pengolahan Informasi, Pemodelan, dan Kendali*", Penerbit Graha Ilmu Yogyakarta.