



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

2477011109



RSF

620.23

Kar

P-1

2009

TUGAS AKHIR - RF 1483

## PREDIKSI TINGKAT KEBISINGAN PADA GERBONG KERETA API SANCACA KELAS EKSEKUTIF DENGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

INDAH KARUNIAWATI  
NRP. 2404 100 094

Dosen Pembimbing  
Ir. Tutug Dhanardono  
Ir. Ya'umar, MT.

Program Studi S-1  
Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2009

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	25-20-2009
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	616



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - RF 1483

# NOISE LEVEL PREDICTION AT EXECUTIVE CLASS CARRIAGE OF SANCAKA TRAIN USING NEURAL NETWORK

INDAH KARUNIAWATI  
NRP. 2404 100 094

Supervisor  
Ir. Tutug Dhanardono  
Ir. Ya'umar, MT.

Study Program S-1  
ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2009

**PREDIKSI TINGKAT KEBISINGAN PADA GERBONG  
KERETA API SANCACA KELAS EKSEKUTIF DENGAN  
JARINGAN SYARAF TIRUAN**

**TUGAS AKHIR**

**Oleh:**

**INDAH KARUNIAWATI**  
**NRP. 2404 100 094**

**Surabaya, Januari 2009**  
**Mengetahui/Menyetujui**

**Pembimbing I**



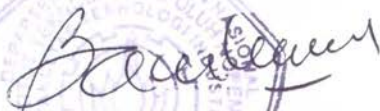
**Ir. Tutug Dhanardono**  
**NIP. 130 936 836**

**Pembimbing II**



**Ir. Ya'umar, MT.**  
**NIP. 130 937 708**

**Ketua Jurusan**  
**Teknik Fisika FTI-ITS**



**Dr. Bambang L. Widjiantoro, ST. MT.**  
**NIP. 132 137 895**

**PREDIKSI TINGKAT KEBISINGAN PADA GERBONG  
KERETA API SANCACA KELAS EKSEKUTIF DENGAN  
JARINGAN SYARAF TIRUAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Akustik dan Fisika Bangunan

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh:

**INDAH KARUNIAWATI**

**NRP. 2404 100 094**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Tutug Dhanardono  (Pembimbing I)
2. Ir. Ya'umar, MT. .... (Pembimbing II)
3. Ir. Yerri Susatio, MT. .... (Ketua Penguji)
4. Ir. Matradji, MSc. .... (Penguji)

**SURABAYA  
JANUARI, 2009**



## **PREDIKSI TINGKAT KEBISINGAN PADA GERBONG KERETA API SANCAKA KELAS EKSEKUTIF DENGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN**

**Nama Mahasiswa** : Indah Karuniawati  
**NPR** : 2404 100 094  
**Jurusan** : Teknik Fisika, FTI - ITS  
**Pembimbing** : Ir. Tutug Dhanardono  
Ir. Ya'umar, MT

### **Abstrak**

*Kebisingan seringkali terjadi pada gerbong kereta api eksekutif yang sangat mengganggu kenyamanan penumpang, untuk mengetahui prediksi tingkat kebisingan pada suatu gerbong eksekutif dapat dibuat pemodelan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan. Prediksi tingkat kebisingan dilakukan dengan melakukan pengukuran terhadap jumlah penumpang, posisi pengukuran serta tingkat tekanan bunyi secara menyeluruh. Metode yang digunakan adalah jaringan syaraf tiruan yang menggunakan hubungan multi input single output (MISO), arsitektur jaringan Multilayer Perceptron (MLP), dan struktur model menggunakan NNARX (Neural Network AutoRegresive with eXogenous input) dengan metode pembelajaran Levenberg Marquardt. Hasil analisis dan simulasi menunjukkan model JST yang terbentuk pada proses training dengan history length 1 dan jumlah hidden node 1 dengan menghasilkan RMSE =  $6.8460e-8$  pada saat iterasi 15. Proses validasi dengan menggunakan data sebanyak 162 buah yang berasal dari pengukuran pada gerbong eksekutif pertama didapatkan RMSE =  $7.9250e-7$ . Pada proses validasi dengan menggunakan data sebanyak 520 buah yang berasal dari pengukuran pada gerbong eksekutif kedua didapatkan RMSE =  $1.0587e-7$ . Berdasarkan proses validasi yang dilakukan sebanyak dua kali maka model dengan JST yang telah terbentuk mampu dipergunakan untuk memprediksi tingkat kebisingan pada gerbong eksekutif lain yang mempunyai struktur dan bentuk yang sama.*

**Kata kunci:** *Tingkat kebisingan, Prediksi, Gerbong Eksekutif, Jaringan Syaraf Tiruan*

## NOISE LEVEL PREDICTION AT EXECUTIVE CLASS CARRIAGE OF SANCAKA TRAIN USING NEURAL NETWORK

Name : Indah Karuniawati  
NPR : 2404 100 094  
Department : Engineering Physics Department  
Supervisor : Ir. Tutug Dhanardono  
Ir. Ya'umar, MT

### Abstract

Noise often appears at executive carriage that is very annoying the convenience of passengers, to know the noise level prediction at a executive carriage, using neural network modelling. The noise level prediction by measuring the amount of the passenger, the measurement position and the entire noise pressure level. The method using Neural network modelling which is Multi Input Single Output (MISO) Connection, Multi Layer Perceptron network structure, and structure model use NNARX (Neural Network AutoRegressive with eXogenous input) with Lavenberg Marquardt learning. The result of analysis and simulation perform neural network model with history length and hidden node 1, RMSE=  $6,8460e-8$  at iteration 15. The validation process using 162 data from the measurement at first executive carriage perform RMSE=  $7,9250e-7$ . At validation process using 520 data from measurement at second executive carriage is perform RMSE=  $1,0587e-7$ . Based on the result of twice of validation process, the neural network modelling can be used to predict noise level at executive carriage that have same structure and shape.

**Key words:** Noise Level, Prediction, Executive Class Carriage, Neural Network

## KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dan menyusun laporan ini dengan judul

### **“Prediksi Tingkat Kebisingan Pada Gerbong Kereta Api Sancaka Kelas Eksekutif Dengan Jaringan Syaraf Tiruan”**

Penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Bambang Lelono W, ST.MT selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Ir. Tutug Dhanardono dan Bapak Ir. Ya'umar, MT, atas kesabarannya telah membimbing, memotivasi dan memberikan banyak pengetahuan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Roekmono, atas kesabaran dan perhatiannya selama menjadi dosen wali penulis.
4. Bapak/Ibu dosen Teknik Fisika ITS, yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Bapak, ibu, kakak - kakak dan seluruh keluarga yang telah menjadi inspirator dan motivator.
6. Keluarga Suparman dan Awal atas semangat, bantuan dan perhatiannya.
7. Bapak – bapak di PT.KAI Daop VIII Gubeng Surabaya dan Dipo Sidotopo yang telah memberikan kesempatan penulis melakukan penelitian.
8. Bapak – bapak dan teman-teman magang di PT.INKA khususnya di unit kerja Desain dan Rekayasa Divisi Teknologi (Bapak Yunendar, Bapak Yono, Bapak Toro , Mas



Huda, Mas Dodik, Mas Toto, Mas Narno, Mas Haqi, Mas Basir, Gerhana) atas motivasi, bantuan dan ilmu – ilmu mengenai perkeretaapian.

9. Seluruh karyawan dan karyawan Teknik Fisika ITS atas pelayanan yang diberikan.
10. Seluruh mahasiswa Teknik Fisika, khususnya angkatan 2004 (Aris, Heni, Tyas, Nenok dan teman – teman lainnya), para alumni yang pernah berinteraksi dengan penulis dan teman-teman asisten Laboratorium Pengukuran Fisis. Terima kasih atas kebersamaan yang indah, segala bantuan dan motivasi.
11. Widhi Hersa Sandika dan Almarhum Bayu Indra Triananto (Mas Pohon) atas segala bantuan, inspirasi, motivasi dan persahabatan terindahya .
12. Teman-teman seperjuangan TA (Jakson, Wulan, Aik, Lyon, Amri, Binti, Mas Agung, Mas Rajiv, Mas Dika dan teman – teman TA-wan TA-wati periode Maret'09 ) atas motivasi dan bantuannya.
13. Teman-teman kos Keputih 2C/14 atas semua dukungan dan persahabatan terindahya.
14. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik. Semoga laporan ini berguna bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Surabaya, Januari 2009

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL</b>	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	iii
<b>ABSTRAK</b>	v
<b>KATA PENGANTAR</b>	vii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xi
<b>DAFTAR TABEL</b>	xiii
<b>DAFTAR NOTASI</b>	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi .....	3
1.6 Manfaat .....	4
1.7 Sistematika Laporan.....	4
<b>BAB II TEORI PENUNJANG</b>	
2.1 Pengertian Kebisingan .....	7
2.2 Kebisingan oleh Sistem Kereta Api .....	8
2.3 Kebisingan Dalam Gerbong Kereta Api .....	8
2.4 Skala Desibel Berbobot A ( A Weighted Decibel Scale ) dBA .....	9
2.5 Sound Level Meter .....	10
2.6 Kereta Api Sancaka .....	11
2.7 Jaringan Syaraf Tiruan .....	17
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Flow Chart Penelitian .....	37
3.2 Studi Literatur .....	38
3.3 Pengumpulan Data .....	38

3.4	Pemodelan Dengan JST .....	40
3.5	Training Model .....	41
3.6	Validasi Model .....	41
3.7	Prediksikan Tingkat Kebisingan Pada Gerbong Eksekutif Lain .....	43
3.8	Simulasi dan Analisa Data .....	43
3.9	Kesimpulan dan Saran .....	43
<b>BAB IV SIMULASI DAN ANALISA DATA</b>		
4.1	Data Input Output Jaringan Syaraf Tiruan.....	45
4.2	Pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan .....	48
4.3	Training Jaringan Syaraf Tiruan .....	50
4.4	Validasi Jaringan Syaraf Tiruan .....	53
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan .....	59
5.2	Saran .....	59

## DAFTAR PUSTAKA

**LAMPIRAN A Data Input Output Jaringan Syaraf Tiruan**

**LAMPIRAN B Nilai RMSE**

**LAMPIRAN C Listing Program**

**LAMPIRAN D Standard Tingkat Kebisingan**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sound Level Meter .....	10
Gambar 2.2	Gerbong Kereta Api Sancaka Kelas Eksekutif .....	11
Gambar 2.3	Kode Gerbong Kereta Api Sancaka Kelas Eksekutif .....	11
Gambar 2.4	Interior Kereta Api Sancaka Kelas Eksekutif .....	13
Gambar 2.5	Pintu Penghubung Ujung Antar Kereta .....	14
Gambar 2.6	Lapisan Lantai .....	15
Gambar 2.7	Susunan Tempat Duduk .....	16
Gambar 2.8	Bogie Kereta Api Sancaka .....	17
Gambar 2.9	Neuron Sensori .....	19
Gambar 2.10	Neuron Asosiasi .....	19
Gambar 2.11	Neuron Motor .....	20
Gambar 2.12	Sebuah JST Sederhana .....	21
Gambar 2.13	Fungsi Aktivasi Linear .....	22
Gambar 2.14	Fungsi Aktivasi Tangent Hiperbolik .....	22
Gambar 2.15	Fungsi Aktivasi Sigmoid .....	23
Gambar 2.16	Bentuk Perceptron .....	25
Gambar 2.17	NNARX model .....	32
Gambar 2.18	NNOE model .....	32
Gambar 2.19	Prosedur Identifikasi .....	34
Gambar 3.1	Metodologi Penelitian .....	35
Gambar 3.2	Posisi Pengambilan Data .....	36
Gambar 3.3	Blok Diagram Pemodelan Plant JST .....	38
Gambar 3.4	Alur Pemodelan Dengan JST .....	40
Gambar 4.1	Data <i>Input</i> Tingkat Kebisingan <i>Overall</i> Pada Gerbong Eksekutif Pertama .....	44
Gambar 4.2	Data <i>Input</i> Posisi Pada Gerbong Eksekutif Pertama.....	44
Gambar 4.3	Data <i>Input</i> Jumlah Penumpang Pada Gerbong Eksekutif Pertama .....	45



Gambar 4.4	Data <i>Output</i> Target Tingkat Kebisingan Standard Pada Gerbong Eksekutif Pertama.....	45
Gambar 4.5	Data <i>Input</i> Tingkat Kebisingan <i>Overall</i> Pada Gerbong Eksekutif Kedua.....	46
Gambar 4.6	Data <i>Input</i> Posisi Pada Gerbong Eksekutif Kedua.....	46
Gambar 4.7	Data <i>Input</i> Jumlah Penumpang Pada Gerbong Eksekutif Kedua.....	47
Gambar 4.8	Data <i>Output</i> Target Tingkat Kebisingan Standard Pada Gerbong Eksekutif Pertama.....	47
Gambar 4.9	Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan.....	49
Gambar 4.10	Grafik <i>Output Training</i> JST.....	52
Gambar 4.11	Data <i>Validasi Input</i> Posisi Pada Gerbong Eksekutif Pertama.....	53
Gambar 4.12	Data <i>Validasi Input</i> Tingkat Kebisingan <i>Overall</i> Pada Gerbong Eksekutif Pertama .....	53
Gambar 4.13	Data <i>Validasi Input</i> Jumlah Penumpang Pada Gerbong Eksekutif Pertama .....	54
Gambar 4.14	Data <i>Validasi Output</i> Target Tingkat Kebisingan Standard Pada Gerbong Eksekutif Pertama.....	54
Gambar 4.15	Grafik <i>Output Validasi</i> JST.....	55
Gambar 4.16	Data <i>Validasi Input</i> Posisi Pada Gerbong Eksekutif Kedua.....	56
Gambar 4.17	Data <i>Validasi Input</i> Tingkat Kebisingan <i>Overall</i> Pada Gerbong Eksekutif Kedua... ..	56
Gambar 4.18	Data <i>Validasi Input</i> Jumlah Penumpang Pada Gerbong Eksekutif Kedua... ..	57
Gambar 4.19	Data <i>Validasi Output</i> Target Tingkat Kebisingan Standard Pada Gerbong Eksekutif Kedua.....	57
Gambar 4.20	Grafik <i>Output Validasi Kedua</i> JST.....	58



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data bobot W1 (Lapis <i>Input</i> ke Lapis Tersembunyi) .....	50
Tabel 4.2	Data bobot W2 (Lapis lapis tersembunyi ke <i>Output</i> ) .....	51



## DAFTAR NOTASI

- $f_i$  : fungsi aktivasi dari *neuron*  
 $W_{i,j}$  : elemen pembobot  
 $W_{i,0}$  : bias  
 $\varphi_i$  : input untuk *neuron*  
 $F_i$  : fungsi aktivasi lapis *output*  
 $f_j$  : fungsi aktivasi lapis tersembunyi  
 $n_h$  : jumlah *neuron* pada lapis tersembunyi  
 $n_\varphi$  : jumlah *node* pada lapis *input*  
 $y_i$  : jumlah *neuron* lapis *output*  
 $W_{i,j}$  : matrik bobot antara lapis tersembunyi ke lapis *output*  
 $W_{j,l}$  : matrik bobot antara lapis input ke lapis tersembunyi  
 $f$  : fungsi nonlinier  
 $x(t)$  : *regressor*  
 $y(t)$  : *output* sistem  
 $u(t)$  : *input* sistem  
 $n_u$  : *history length* untuk *input* sistem  
 $n_y$  : *history length* untuk *output* sistem  
 $y_i$  : *output* proses  
 $y_i$  : *output* model  
 $N$  : jumlah data

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada gerbong kereta api kelas eksekutif seringkali terjadi kebisingan yang sangat mengganggu kenyamanan penumpang kereta api serta apabila melebihi standard tingkat kebisingan maka dapat mengganggu alat pendengaran manusia. Kebisingan tersebut seringkali disebabkan oleh suara bising yang ditimbulkan oleh mesin diesel baik yang merambat melalui struktur bahan gerbong dan merambat melalui udara sekitar, selain itu dipengaruhi oleh bising akibat gesekan antara roda kereta api dengan rel, bising akibat suara AC dan dipengaruhi oleh bising yang ditimbulkan oleh suara manusia. Untuk mengetahui prediksi tingkat kebisingan pada suatu gerbong kelas eksekutif dapat dibuat suatu pemodelan. Prediksi tingkat kebisingan pada suatu gerbong kereta kelas eksekutif dapat dilakukan dengan cara melakukan pengukuran terhadap jumlah penumpang, posisi pengukuran serta tingkat tekanan bunyi secara *overall*. Prediksi ini dapat dilakukan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan.

Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia. Jaringan syaraf tiruan ini memiliki kemampuan yang baik dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan sistem *nonlinear*. Setelah dilakukan pembelajaran, jaringan syaraf tiruan dapat memiliki pengetahuan seperti pakar dan dapat memodelkan tingkat kebisingan yang terjadi. Pada sesi permulaan pembelajaran jaringan syaraf tiruan, diagnosa tingkat kebisingan akan kurang akurat dan menghasilkan *error*. Nilai *error* ini kemudian diukur dan digunakan sebagai parameter internal jaringan syaraf tiruan agar dapat menghasilkan keputusan akhir yang lebih akurat. Proses ini akan berulang hingga didapatkan nilai sesuai yang diharapkan.

Pada Tugas Akhir ini akan diprediksikan tingkat kebisingan dengan metode jaringan syaraf tiruan berbentuk simulasi komputer dengan bantuan software matlab yang diharapkan dapat diketahui gerbong kelas eksekutif yang diproduksi telah memenuhi standar tingkat kebisingan yang tidak membahayakan pendengaran manusia.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun masalah yang diangkat pada pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

- Bagaimana merancang model tingkat kebisingan pada gerbong kelas eksekutif dengan jaringan syaraf tiruan
- Bagaimana memprediksikan tingkat kebisingan pada suatu gerbong kereta api kelas eksekutif yang mempunyai struktur dan bentuk yang sama dengan tingkat kebisingan pada gerbong kelas eksekutif yang dimodelkan.

### **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

- Merancang model tingkat kebisingan pada gerbong kelas eksekutif dengan jaringan syaraf tiruan
- Memprediksikan tingkat kebisingan pada suatu gerbong kereta api kelas eksekutif yang mempunyai struktur dan bentuk yang sama dengan tingkat kebisingan pada gerbong kelas eksekutif yang dimodelkan

### **1.4 Batasan Masalah**

Untuk menghindari meluasnya permasalahan, maka dalam pengerjaan tugas akhir ini terdapat suatu batasan masalah yaitu sebagai berikut:

- Algoritma pembelajaran menggunakan algoritma belajar *Levenberg Marquardt*.



- Pengukuran dilakukan pada dua gerbong eksekutif kereta api Sancaka.
- Data inputan yang digunakan adalah jumlah penumpang , posisi pengukuran serta tingkat tekanan bunyi *overall*.
- Software yang digunakan adalah Matlab.
- Kecepatan kereta 70 – 80 km/jam pada lokasi yang sama.
- Pengaruh rambatan bising melalui udara di luar kereta dan kecepatan angin diabaikan.
- Asumsi tingkat kebisingan yang dimodelkan merupakan tingkat kebisingan total yang disebabkan oleh suara bising yang ditimbulkan oleh mesin diesel, bising akibat suara AC serta televisi, bising yang ditimbulkan oleh suara manusia, bising akibat gesekan rel dan roda dan getaran pada bogie yang merambat pada gerbong dan struktur bahan gerbong.
- Temperatur dan kelembaban udara dalam gerbong diasumsikan konstan

### 1.5 Metodologi

Dalam perancangan ini, langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

- Studi Literatur  
Meliputi pemahaman tentang kebisingan serta faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kebisingan serta cara pengukurannya dan mempelajari tentang prediksi tingkat kebisingan dengan pemodelan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan.
- Pengumpulan Data  
Pengumpulan data meliputi data pengukuran jumlah penumpang , posisi pengukuran serta tingkat tekanan bunyi *overall*.
- Perancangan  
Meliputi pembuatan diagram dari sistem.

- **Pemrograman perangkat lunak**  
Meliputi prediksi tingkat kebisingan suatu gerbong dengan menggunakan pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan.
- **Pengujian dan Analisa**  
Meliputi pengujian hasil pemodelan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan menganalisa hasil pengujian
- **Penyusunan laporan**

### **1.6 Manfaat**

Manfaat yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini yaitu mengetahui tingkat kebisingan suatu gerbong kereta api kelas eksekutif berdasarkan pemodelan tingkat kebisingan pada suatu gerbong kelas eksekutif serta mengetahui kesesuaian tingkat kebisingan pada gerbong kelas eksekutif dengan standard kebisingan yang ada. Memberikan rekomendasi tingkat kebisingan untuk pembuatan gerbong kelas eksekutif yang mempunyai struktur dan bentuk yang sama dengan tingkat kebisingan pada gerbong kelas eksekutif yang dimodelkan.

### **1.7 Sistematika Laporan**

Sistematika dalam penyajian laporan Tugas Akhir ini dibagi menjadi 5 bab dengan rincian sebagai berikut :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, metodologi penelitian, manfaat, sistematika laporan.

#### **BAB II TEORI PENUNJANG**

Berisi tentang teori-teori penunjang penyusunan Tugas Akhir yaitu pengertian kebisingan, kebisingan oleh kereta api, kebisingan dalam gerbong kereta api, kereta api Sancaka serta teori tentang jaringan syaraf tiruan.

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang langkah-langkah analisa yang akan dilakukan selama tugas akhir, diantaranya adalah langkah – langkah pengumpulan data, pemodelan dan penentuan struktur jaringan syaraf tiruan, serta memprediksikan tingkat kebisingan dengan jaringan syaraf tiruan.

**BAB IV SIMULASI DAN ANALISA DATA**

Berisi tentang hasil pemodelan dan penentuan jaringan syaraf tiruan, serta prediksi tingkat kebisingan dengan jaringan syaraf tiruan.

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian berikutnya.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang langkah-langkah analisis yang akan dilakukan selama tugas akhir diantaranya adalah langkah - langkah pengumpulan data, pengolahan data, penyajian struktur, urutan syarat tawar, serta memprediksikan tingkat ketesiran dengan jaringan syarat tawar.

## BAB IV ANALISIS DATA

Berisi tentang hasil pengolahan dan penyajian jaringan syarat tawar serta prediksi tingkat ketesiran dengan jaringan syarat tawar.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang hasil penelitian yang telah dilakukan dan

***Halaman ini sengaja dikosongkan***



## BAB II TEORI PENUNJANG

### 2.1 Pengertian kebisingan

Kebisingan didefinisikan sebagai bunyi yang tidak dikehendaki dan mengganggu aktivitas normal atau mengurangi kualitas dari lingkungan. Sedangkan bunyi merupakan suatu bentuk energi yang dipancarkan oleh benda yang bergetar. Namun tidak semua benda yang bergetar dapat didengar. Bunyi yang dapat didengar manusia berada pada frekuensi 20Hz hingga 20.000 Hz.

Kebisingan pada umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia yang sering merubah setting akustik alami. Sumber bising sangat bervariasi misalnya bising yang disebabkan oleh aktivitas industri, sumber bising alami (angin, hujan, dsb), transportasi. Bising merupakan bunyi gangguan yang keberadaannya dapat dihilangkan atau diperkecil tergantung pada kebutuhan. Sehingga perlu dilakukan usaha agar bising tersebut tidak mengganggu atau berbahaya yaitu dengan mengendalikannya. Untuk mengendalikan bunyi itu ada beberapa cara yaitu :

- Upaya pencegahan yaitu dengan cara mengurangi kebisingan dari sumbernya dengan melakukan redesain dan modifikasi mesin
- Upaya penanganan yaitu dengan cara :  
Menahan atau mengurangi kebisingan dalam perjalanan dari sumbernya ke penerima. Mengisolasi suara terhadap penerima dengan cara merintang, mengatur lokasi operasi atau melindungi pendengaran.

Bunyi berkaitan dengan kekerasan ( loudness-berhubungan dengan besarnya amplitudo ) dan intensitas ( berhubungan dengan frekuensi ) bunyi. Besaran yang digunakan untuk mengukur tingkat kenyaringan suatu lingkungan adalah

tingkat tekanan bunyi. Satuan yang sering digunakan untuk mengetahui tekanan suara adalah decibel (dB).

## 2.2 Kebisingan oleh Sistem Kereta Api

Kereta api yang sedang beroperasi merupakan sumber bising yang mengganggu kenyamanan keadaan sekitar. Kebisingan ini terutama diradiasikan kelingkungan perumahan yang dilalui jalur kereta api. Sumber bising dalam kereta api yang utamanya adalah :

- Getaran yang dari badan kereta api yang sedang berjalan.
- Perlengkapan penunjang seperti AC, sistem audio.
- Gesekan antara roda dan rel kereta api.
- Lokomotif

Dalam perjalanannya masing – masing sumber tersebut saling dominan dalam kondisi tertentu. Untuk kecepatan rendah ( kurang dari 15 km/jam ) perlengkapan penunjang seperti AC, sistem audio dapat menjadi sumber bising yang dominan.

## 2.3 Kebisingan Dalam Gerbong Kereta Api

Pada saat kereta berjalan atau berhenti, bising dari luar dapat menembus dinding kereta api dan masuk kedalam gerbong. Kebisingan akan menjadi lebih tinggi lagi dengan adanya sumber bising yang berasal dari gerbong itu sendiri, hal ini mengganggu kenyamanan penumpang didalamnya. Medan bising yang terjadi dalam kereta api saat melaju yang utama adalah :

- Bising yang melalui udara luar yang ditransmisikan melalui dinding pembatas yang melingkupi kereta, seperti bising dari benturan antara roda dengan rel dan bising aerodinamik.
- Bising dari getaran yang melalui struktur seperti bising dari suspensi dan bogie kereta api.
- Bising melalui udara dari sumber bising yang ada di dalam kereta seperti bising dari alat pendingin.

Bising dan getaran yang dirambatkan melalui struktur kereta timbul karena adanya perubahan gaya akibat



pengoperasian kereta api di atas jalan baja, jalan lonjakan, ketika kereta api melaju di atas sambungan rel atau gesekan antara roda dan rel yang kasar.

Bising dan getaran yang timbul akan menghasilkan gaya – gaya yang akan diteruskan melalui poros, roda gigi dan bagian bawah suspensi untuk kemudian dirambatkan melalui bantalan penghubung antara bogie dan badan kereta sehingga mencapai ruang didalam kereta. Sedang sebagian energi suara yang dibangkitkan dirambatkan melalui udara sebagai bising yang menerobos masuk dalam kereta melalui jendela, pintu, lubang lepasan dan sebagainya.

#### **2.4 Skala Decibel Berbobot (A Weighted Decibel Scale ) dBA**

Frekuensi suara dinyatakan dalam satuan Hertz (Hz). Frekuensi suara normal yang dapat didengar oleh manusia antara 20 hingga 20.000 Hz. Frekuensi sumber bising seperti pesawat terbang, kendaraan bermotor diantara 50 hingga 5000 Hz. Telinga manusia tidak selalu sensitif terhadap semua frekuensi tersebut. Terkadang pada frekuensi tertentu suara menjadi lebih keras daripada yang lain. Oleh karena itu beberapa metode frekuensi berbobot telah dikembangkan. Salah satunya adalah kurva kebisingan berbobot. Skala decibel berbobot atau A Weighted Decibel Scale ( dBA ) merupakan satuan yang menggambarkan frekuensi suara dengan melakukan pendekatan sensitivitas telinga manusia.

Pembobotan ini muncul dari hasil penelitian Fletcher-munson yang menghasilkan equal loudness contour dalam satuan phon yaitu kurva kekerasan suara yang tidak linier atau sama sensitifnya untuk seluruh rentang frekuensi. Sehingga kurva pembobotan –A sejatinya adalah teknik kompensasi dengan memanfaatkan kurva equal loudness contour 40 phon yang dibalik. Dengan pendekatan ini maka hasil pengukuran kita akan menirukan respon telinga yang kurang peka untuk rentang frekuensi rendah dan sensitif untuk rentang frekuensi menengah dan tinggi untuk tingkat energi yang sama. Skala dBA banyak

digunakan oleh berbagai regulasi didunia termasuk di indonesia untuk mengkuantisasi bising lingkungan baik diluar didalam plant maupun diluar plant.

Dalam menilai kenyaringan suara perlu mempertimbangkan perbedaan cara bagaimana suara ditangkap karena frekuensi. Untuk itu, alat – alat ukur tingkat kebisingan menggunakan rangkaian penyesuaian frekuensi yang mengasimilasikan kepekaan telinga manusia terhadap kenyaringan. Tetapi pada umumnya digunakan karakteristik A. Tingkat kenyaringan yang didapat sesudah penyesuaian frekuensi ini dinamakan " Tingkat tekanan suara berbobot A (tingkat kebisingan )".

## 2.5 Sound Level Meter

Sound Level Meter mengukur tingkat tekanan bunyi dan biasanya digunakan untuk mempelajari polusi bunyi untuk perhitungan hampir semua bunyi tetapi khususnya untuk industri, lingkungan dan pesawat terbang. Bagaimanapun juga pembacaan pada sound level meter baik tidak menghubungkan kerasnya suara manusia; untuk hal ini digunakan loudness meter. Sekarang standard internasional untuk performansi sound level meter adalah IEC 61672:2003 dan perintahnya untuk frekuensi A ( filter pembebanan ) dan juga menggambarkan pembebanan frekuensi dari C dan pembebanan frekuensi Zero ( nol ). Dahulu frekuensi pembebanan B dan D sekarang tidak dipakai dan tidak lama menggambarkan pada standard.

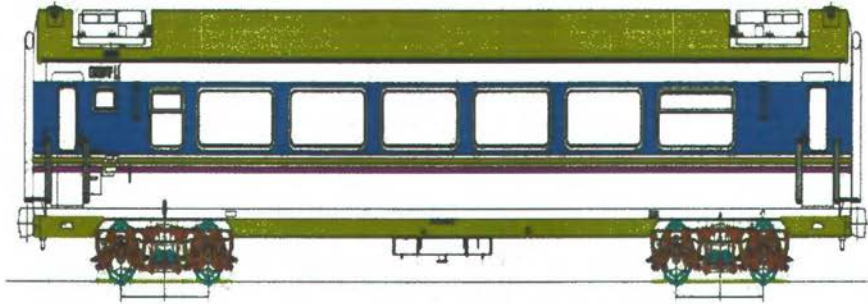


Gambar 2. 1 Sound Level Meter



## 2.6 Kereta api Sancaka

Kereta api Sancaka merupakan kereta api yang melayani jalur Yogyakarta – Surabaya dan Surabaya – Yogyakarta. Perjalanan sejauh 311 km dari Yogyakarta - Surabaya ditempuh dalam waktu kurang dari 5 jam dan begitu sebaliknya. Rangkaian KA Sancaka memiliki kapasitas sebanyak 496 tempat duduk dan menawarkan layanan untuk pemerjalan kelas eksekutif dan bisnis. Sancaka diambil dari nama seekor ular naga sakti yang siap melindungi. Kereta api Sancaka memiliki dua spesifikasi yaitu kelas eksekutif dan kelas bisnis.



Gambar 2. 2 Gerbong kereta api Sancaka kelas eksekutif



Gambar 2. 3 Kode gerbong kereta api Sancaka kelas eksekutif

Kereta api Sancaka kelas eksekutif dengan nomor seri kereta 87 mempunyai kode gerbong K1-66515. Kode tersebut mempunyai arti K1 merupakan kode kereta api kelas eksekutif, angka 66 merupakan tahun pembuatan gerbong, angka 5 berikutnya

menunjukkan jenis bogie sedangkan angka 15 merupakan nomor urut kereta api.

- **Badan kereta**

Konstruksi tabung ( monocoque ) yang ringan berupa rakitan las baja, memiliki kekuatan dan kekakuan tinggi terhadap pembebanan tanpa terjadi deformasi tetap. Rangka dasar dan badan kereta dirakit dengan lengkungan ( camber ) positif agar ketika dimuati badan kereta menjadi agak datar tidak melendut ke bawah. Badan kereta dirancang agar bisa diangkat dengan dongkrak dan krane/ derek tanpa terjadi deformasi tetap pada konstruksi.

Badan kereta merupakan konstruksi rakitan las yang terdiri dari komponen utama atap, dinding samping, dinding ujung dan rangka dasar termasuk lantai. Rangka dasar terdiri dari bagian bolster, end sill, side sill, cross beam dan penyangga peralatan bawah lantai. Lantai memanjang dilas terhadap balok melintang ( cross beam). Atap terdiri dari rangka lengkung melintang ( carline ) dan longitudinal ( purline ) serta panel lengkung.

Pada kelas eksekutif lubang untuk penyebar udara (AC unit ) dibuat pada ujung kereta. Pada lokasi tersebut untuk penempatan ventilator dirancang sedemikian rupa sehingga terjamin terhadap kebocoran. Dinding ujung dan samping terdiri dari rangka, penguat ( stringer ) dan panel. Talang air hujan dipasang pada sisi atas dari dinding dan padan terletak pada ujung kereta. Pipa penampung berada di balik dinding ujung sebelah dalam. Dinding ujung antar gang dilengkapi dengan konstruksi untuk penempatan rubber bellow dan plat penyeberangan antar kereta.

- **Jendela**

Dirancang dengan ukuran yang lebar dan sesuai agar memberikan kenyamanan pandang bagi penumpang. Badan kaca temper ganda ( duplex ) 40% light grey yang dilaminasi

dan dipasang dengan rakitan *rigid*. Tebal kaca termasuk laminasi adalah  $8+0.76+5$  mm.

- **Dinding interior**

Desain disesuaikan dengan aspek estetika, keselamatan & kenyamanan, dilengkapi peredam suara & isolasi panas tidak mudah terbakar. Terdiri dari material panel dari GFRP ( *Glass Fibre Reinforced Plastic* ). Bahan panel langit – langit juga berasal dari GFRP. Ruang penumpang dirancang agar terisolasi dari kebisingan dan perpindahan panas dari luar. Bising dalam ruangan dinyatakan nyaman pada saat 70 dB pada saat kereta berjalan dengan kecepatan 90 km/jam diatas kondisi rel normal. Syarat bahan isolasi harus tahan terhadap rambatan api dan bukan bahan yang beracun.



Gambar 2. 4 Interior kereta api Sancaka kelas eksekutif

- **Dinding dan Atap**

Terdiri dari bahan isolasi *rock wool* tebal 50 mm dengan kerapatan  $55 \text{ kg/m}^3$  ditutup dengan *aluminium foil* pada sisi sebelah dalam. Sebelum ditutup bagian dalam dicat dengan jenis cat *bituminous*.

Ciri utama *rock wool* :

- Dari *fiber glass* tipis dan sangat ringan



- Dapat menahan panas cukup tinggi
- Punya peredam suara yang tinggi bermanfaat pada ambang frekuensi menengah
- Tahan terhadap api

**Ciri underseal :**

- Tahan terhadap karat (akibat air dan kelembaban)
- Tahan terhadap rambatan api

• **Pintu**

Tiap kereta dilengkapi dengan 4 buah pintu masuk, 2 buah pintu penghubung ujung antar kereta, 2 buah pintu ruang penumpang, 2 buah pintu kamar kecil. Pintu masuk merupakan jenis pintu *sliding plug* ( geser-dorong ) dan ditempatkan pada tiap ujung dinding samping kereta. Pintu ruangan merupakan sistem geser manual.

Pintu Penghubung dibuat dari konstruksi rangka baja, pelat baja SPAC tebal 1,2 mm dan pelat *aluminium* tebal 1,6 mm yang dicat jenis *polyurethane*.



Gambar 2.5 Pintu penghubung ujung antar kereta

• **Penyegar Udara**

Pada kelas eksekutif system pendingin udara menggunakan AC yang dipasang 2 set tiap gerbong kereta. Sistem pendingin ini diletakkan diatas atap yang akan



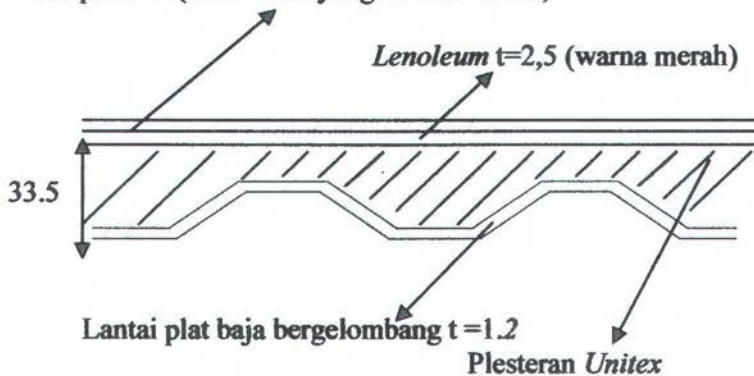
mendinginkan udara luar dari dalam kereta yang diputar ulang. Udara campuran ini didinginkan dengan sistem *refrigerant* rangkap dua yang terdiri dari dua buah kompresor yang berfungsi untuk memutar dan mengkompresi *refrigerant* (R22) melewati pipa – pipa *evaporator* yang sebelumnya diekspansikan terlebih dahulu oleh pipa kapiler. Dan dua buah fan *evaporator* yang akan menghisap udara luar dan udara dalam yang selanjutnya dihembuskan ke kereta melewati *ducting*. Sedangkan pada kelas bisnis sistem penyegar udara menggunakan kipas angin.

- **Lantai**

Lantai bagian luar dicat dengan cat *bituminous*, merupakan cat anti karat sedangkan bagian dalam merupakan campuran *resin*, *agregat*, semen dan perekat yang dikenal dengan bahan *unitex* yang digunakan sebagai peredam.

Penutup lantai (*linoleum*) tebal 2,5 mm, diatas linoleum ditutup karpet dari bahan yang mudah dicuci. Pemasangan plester lantai (*unitex*) diratakan diseluruh permukaan lantai plat baja gelombang dengan kedalaman 8 mm diatas puncak gelombang.

Karpet  $t=5$  (dari bahan yang mudah dicuci)

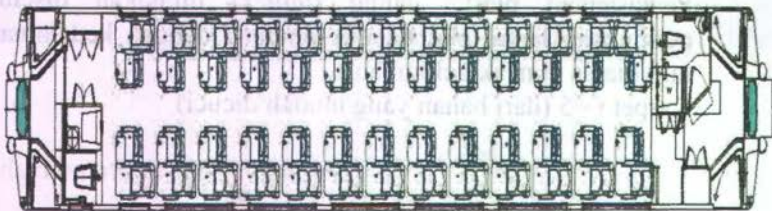


Gambar 2.6 Lapisan Lantai

*Unitex* merupakan campuran dari *Portland cement*, *unicolon-light weight Agregates* atau pasir silika dan bahan sintesis sebagai bahan pengikat. Bahan pengikat memberikan sifat yang liat pada bahan lantai. Sifat liat yang dimiliki bahan campuran ini dapat menahan beban yang berulang – ulang, getaran dari dasar lantai dan menyerap bunyi. Lantai plat baja bergelombang dibuat dengan pengepresan dari baja *high Atmospheric Corrosion Resisteing* dan memberikan kekakuan yang cukup tinggi.

- **Kursi Penumpang**

Untuk kelas eksekutif kapasitas 52 tempat duduk per kereta, *reclining* dan *revolving seat system*, dilengkapi meja lipat dan sandaran kaki, desain ergonomis. Sedangkan untuk kelas bisnis kapasitas 64 tempat duduk per kereta, *reversing seat system*, desain ergonomis.



Gambar 2.7 Susunan tempat duduk

- **Jenis Bogie**

Bogie kereta api Sancaka bertipe K5/ TB.398 dengan sistem suspensi *double, rubber pad dan coil spring* dilengkapi *bolster anchor* serta *vertical shock absorber* (memperhalus guncangan). Bogie ini menggunakan pegas ulir sebagai pegas primer maupun sekunder, yang dilengkapi dengan peredam kejut arah vertikal pada pemegasan sekunder. Kereta – kereta yang menggunakan

K5 diproduksi oleh berbagai pabrik dari Yugoslavia, Hongaria, Jepang dan PT. INKA ( Indonesia ). Selama ini dinilai bahwa bogie K5 merupakan bogie yang paling sesuai dioperasikan pada kondisi jalan rel di Indonesia.



Gambar 2.8 Bogie kereta api Sancaka

## 2.7 Jaringan Syaraf Tiruan

- Definisi jaringan syaraf tiruan

Jaringan saraf tiruan (JST) adalah salah satu algoritma pembelajaran mesin yang meniru cara kerja jaringan saraf makhluk hidup. Jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*) merupakan jaringan dari banyak unit pemroses kecil (yang disebut neuron) yang masing-masing melakukan proses sederhana, yang ketika digabungkan akan menghasilkan perilaku yang kompleks. Jaringan saraf tiruan dapat digunakan sebagai alat untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara masukan (*input*) dan keluaran (*input*) pada sebuah sistem untuk menemukan pola-pola pada data[Yani,2005].

Jaringan saraf tiruan dibuat berdasarkan model biologis otak manusia. Kemampuan komputer sudah melampaui otak manusia dalam hal komputasi numerik, tetapi otak manusia dapat mengerjakan persoalan lainnya secara lebih cepat dan akurat, misalnya pada persoalan pengenalan wajah, persoalan klasifikasi, dan persoalan penarikan keputusan. Oleh karena itu, dilakukanlah riset yang mencoba memodelkan proses yang terjadi di otak

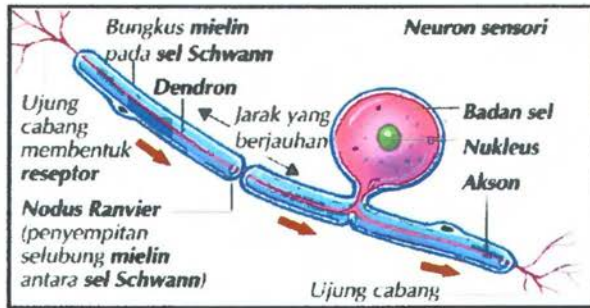


manusia. Riset-riset tersebut menghasilkan sebuah model matematis yang disebut jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*) atau sering juga disebut *simulated neural network* atau hanya jaringan saraf (*neural network*).

Otak manusia terdiri dari lebih dari 1011 sel saraf yang disebut neuron. Masing - masing sel saraf ini terdiri atas tiga komponen dasar, yaitu *dendrit*, *soma* (badan sel) dan akson. Terdapat tiga macam neuron, yaitu *neuron sensori*, *asosiasi* dan *motor*. Masing-masing neuron terhubung dengan 200.000 hubungan melalui *dendrit* ke neuron lain pada otak. *Dendrit* menerima impuls dari neuron lain atau dari reseptor (bagian dari sistem pengindra yang mengirimkan impuls ketika dirangsang). Sebagian besar neuron memiliki beberapa *dendrit* pendek, kecuali neuron sensori yang hanya memiliki satu dendrit panjang. *Dendrit* panjang tersebut disebut *dendron*. Badan sel adalah bagian dari neuron yang di dalamnya terdapat *mukelus* (inti sel) dan sebagian besar sitoplasma sel. Masing-masing neuron mempunyai *akson*, yaitu serabut saraf tunggal panjang yang membawa impuls dari badan sel. *Akson* akan menyampaikan impuls tersebut ke efektor (otot atau kelenjar) atau ke *dendrit* dari neuron lain.

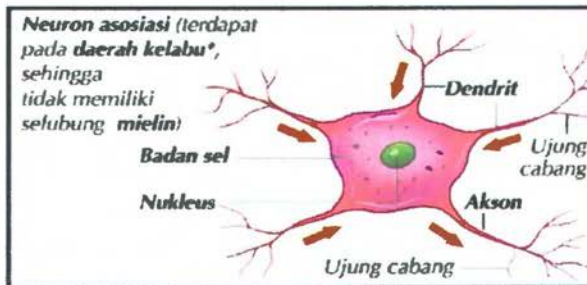
Daerah sempit tempat bertemunya akson dengan dendrit neuron lain disebut sinapsis. Pada celah sinapsis ini, impuls diteruskan ke dendrit sel lain dengan menggunakan zat kimia yang disebut *neurotransmitter*. Neuron sensori atau disebut juga neuron *afere*n merupakan neuron yang membawa impuls saraf. Ujung-ujung *dendron* (*dendrit* panjang) beberapa neuron sensori membentuk *reseptor-reseptor* di seluruh tubuh, yang mengirimkan impuls ke neuron ketika dirangsang. Kemudian *reseptor* akan terhubung dan mengantarkan impuls ke otak manusia melalui beberapa neuron sensori.





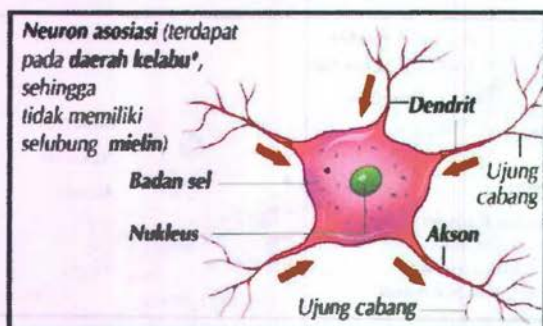
Gambar 2.9 Neuron Sensori[Akbar,2007]

Neuron asosiasi, yang disebut juga neuron penghubung atau interneuron merupakan neuron dengan jumlah paling banyak di otak dan sumsum tulang belakang. Neuron asosiasi ini terlibat dalam penerimaan input dari neuron sensori, penerjemahan *input* tersebut menjadi informasi serta penyampaian impuls ke neuron motor untuk melakukan gerakan/aksi.



Gambar 2.10. Neuron Asosiasi[Akbar,2007]

Neuron motor, disebut juga neuron eferen merupakan neuron yang membawa impuls saraf dari otak dan sumsum tulang belakang. Ujung akson neuron motor membentuk sambungan dengan otot atau kelenjar. Impuls yang dibawa oleh neuron motor dari neuron asosiasi akan merangsang organ-organ tubuh ini untuk bekerja.

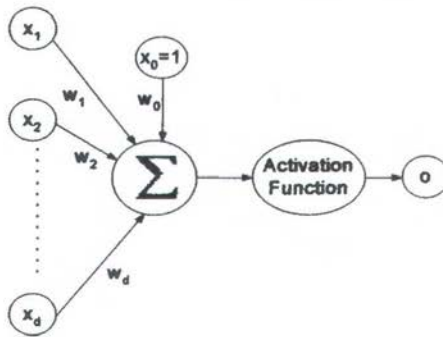


Gambar 2.11 Neuron Motor [Akbar, 2007]

Otak manusia bekerja dengan meneruskan impuls yang didapat dari neuron sensori ke neuron asosiasi dan kemudian menuju ke neuron motor. Hubungan antara neuron-neuron yang sangat banyak itu dapat menguatkan ataupun melemahkan, bahkan dapat terbentuk hubungan baru ataupun putus hubungan antara neuron-neuron tersebut, sesuai dengan aktivitas pada otak manusia. Pada awal pertumbuhan anak, perubahan yang terjadi pada keterhubungan neuron tersebut sangat banyak, seiring dengan pembelajaran yang dilakukan anak terhadap lingkungan sekitarnya. Saat manusia berkembang menjadi dewasa, hubungan antar neuron-neuron pada otaknya telah mampu membuatnya dapat berjalan, membaca, mendengar, mengambil keputusan, dan hal lain yang dapat dilakukan oleh manusia dewasa.

Jaringan Syaraf Tiruan memiliki pendekatan yang berbeda untuk memecahkan masalah bila dibandingkan dengan sebuah komputer konvensional. Umumnya komputer konvensional menggunakan pendekatan algoritma (komputer konvensional menjalankan sekumpulan perintah untuk memecahkan masalah). Jika suatu perintah tidak diketahui oleh komputer konvensional maka komputer konvensional tidak dapat memecahkan masalah yang ada. Sangat penting mengetahui bagaimana memecahkan suatu masalah pada komputer konvensional dimana komputer konvensional akan sangat bermanfaat jika dapat melakukan sesuatu dimana pengguna

belum mengetahui bagaimana melakukannya. Jaringan Syaraf Tiruan dan suatu algoritma komputer konvensional tidak saling bersaing namun saling melengkapi satu sama lain. Pada suatu kegiatan yang besar, sistem yang diperlukan biasanya menggunakan kombinasi antara keduanya (biasanya sebuah komputer konvensional digunakan untuk mengontrol Jaringan Syaraf Tiruan) untuk menghasilkan efisiensi yang maksimal. Jaringan Syaraf Tiruan tidak memberikan suatu keajaiban tetapi jika digunakan secara tepat akan menghasilkan sesuatu hasil yang luar biasa. Gambar 2.12 menunjukkan JST sederhana.



Gambar 2.12 Sebuah JST Sederhana[Norgaard, 2000]

Bagian-bagian JST antara lain:

- *neuron* atau *node*
  - bobot (*weight*)
  - lapis (*layer*)
  - fungsi aktivasi
- *Neuron (node)*  
Merupakan unit pemrosesan sederhana. Dalam neuron ini terdapat mekanisme-mekanisme pengolahan data, antara lain: perkalian input dengan bobot dan fungsi aktivasi.



- **Bobot (weight)**

Bobot adalah nilai pemberat dari suatu input yang masuk pada JST. Pada JST, bobot akan mengalami proses adaptasi agar didapatkan suatu fungsi JST yang sesuai dengan yang diinginkan.

- **Lapis (layer)**

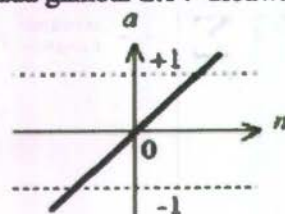
Merupakan sekumpulan *neuron* yang menjalankan fungsi yang sama. Dalam penerapannya, JST terdiri atas beberapa lapis, diantaranya lapis input, lapis tersembunyi (*hidden layer*) dan lapis output.

- Fungsi aktivasi yang sering dipakai dalam JST antara lain:

1. Fungsi aktivasi linier

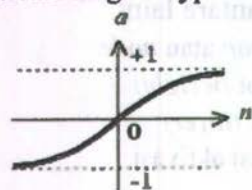
$F(x) = x$  untuk semua harga  $x$

Kurva output untuk fungsi aktivasi *linier* dapat dilihat pada gambar 2.14 dibawah ini :



Gambar 2.13 Fungsi aktivasi *linier* [Norgaard, 2000]

2. Fungsi aktivasi tangen hiperbolik



Gambar 2.14 Fungsi aktivasi *tangen hiperbolik* [Norgaard, 2000]

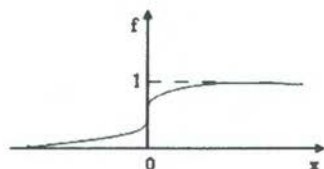
$$f(x) = \frac{\exp(-cx) - \exp(cx)}{\exp(-cx) + \exp(cx)} \quad (2.1)$$



### 3. Fungsi aktivasi sigmoid

Berbentuk huruf S dan simetri terhadap bentuk tertentu.

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (2.2)$$



Gambar 2.15 Fungsi aktivasi *sigmoid* [Norgaard, 2000]

#### 2.7.1 Karakteristik Jaringan Syaraf Tiruan

Dengan struktur dasar seperti yang dijelaskan pada bagian sebelumnya, algoritma jaringan saraf tiruan memiliki karakteristik-karakteristik sebagai berikut :

1. Masukan dapat berupa nilai diskrit atau real yang memiliki banyak dimensi
2. Keluaran berupa vektor yang terdiri dari beberapa nilai diskrit atau real
3. Dapat mempelajari permasalahan secara *black box*, dengan hanya mengetahui nilai masukan serta keluarannya saja.
4. Mampu menangani pembelajaran terhadap data yang memiliki derau (*noise*)
5. Bentuk dari fungsi target pembelajaran tidak diketahui, karena hanya berupa bobot-bobot nilai masukan pada setiap neuron.
6. Karena harus mengubah banyak nilai bobot pada proses pembelajaran, maka waktu pembelajaran menjadi lama, sehingga tidak cocok untuk masalah-masalah yang memerlukan waktu cepat dalam pembelajaran.

7. Jaringan saraf tiruan hasil pembelajaran tiruan dapat dijalankan dengan cepat.

Sebuah jaringan yang sederhana mempunyai struktur *feedforward* dimana sinyal bergerak dari *input* kemudian melewati lapisan tersembunyi dan akhirnya mencapai unit *output* (mempunyai struktur perilaku yang stabil). Tipe jaringan *feedforward* mempunyai sel syaraf yang tersusun dari beberapa lapisan. Lapisan *input* bukan merupakan sel syaraf. Lapisan ini hanya memberi pelayanan dengan mengenalkan suatu nilai dari suatu *variabel*. Lapisan tersembunyi dan lapisan output sel syaraf terhubung satu sama lain dengan lapisan sebelumnya. Kemungkinan yang timbul adalah adanya hubungan dengan beberapa unit dari lapisan sebelumnya atau terhubung semuanya

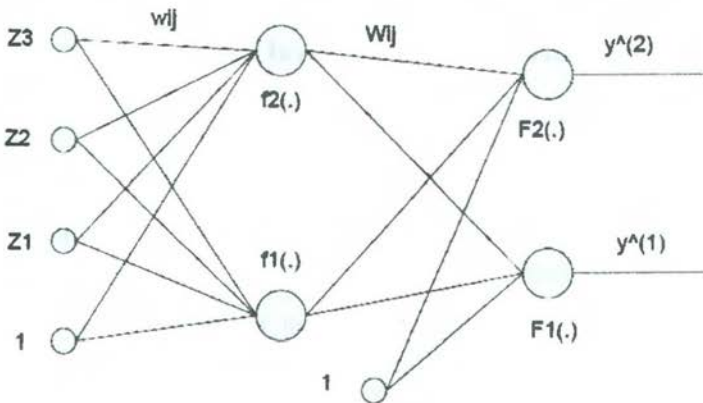
Jaringan Syaraf Tiruan biasanya mempunyai 3 *group* atau lapisan yaitu unit-unit :

1. Lapisan *input* yang terhubung dengan lapisan tersembunyi yang selanjutnya terhubung dengan lapisan *output*. Aktifitas unit-unit lapisan *input* menunjukkan informasi dasar yang kemudian digunakan dalam Jaringan Syaraf Tiruan.
2. Aktifitas setiap unit-unit lapisan tersembunyi ditentukan oleh aktifitas dari unit-unit *input* dan bobot dari koneksi antara unit-unit *input* dan unit-unit lapisan tersembunyi.
3. Karakteristik dari unit-unit *output* tergantung dari aktifitas unit-unit lapisan tersembunyi dan bobot antara unit-unit lapisan tersembunyi dan unit-unit *output*.

### 2.7.2 Perceptron

Perceptron termasuk kedalam salah satu bentuk Jaringan Syaraf Tiruan yang sederhana. Perceptron biasanya digunakan untuk mengklasifikasikan suatu tipe pola tertentu yang sering dikenal dengan istilah pemisahan secara linear. Pada dasarnya perceptron pada Jaringan Syaraf dengan satu lapisan memiliki

bobot yang bisa diatur dan suatu nilai ambang. Algoritma yang digunakan oleh aturan perceptron ini akan mengatur parameter-parameter bebasnya melalui proses pembelajaran. Fungsi aktivasi dibuat sedemikian rupa sehingga terjadi pembatasan antara daerah positif dan daerah negatif. Perceptron dapat dilihat di gambar 2.16.



Gambar 2.16 Bentuk Perceptron

Untuk membuat Jaringan Syaraf Tiruan untuk melakukan beberapa kerja khusus. Harus dipilih bagaimana unit-unit dihubungkan antara satu dengan yang lain dan harus mengatur bobot dari hubungan tersebut secara tepat. Hubungan tersebut menentukan apakah mungkin suatu unit mempengaruhi unit yang lain. Bobot menentukan kekuatan dari pengaruh tersebut. Dapat dilakukan pembelajaran terhadap 3 lapisan pada Jaringan Syaraf Tiruan untuk melakukan kerja khusus dengan menggunakan prosedur dibawah ini :

1. Memperkenalkan Jaringan Syaraf Tiruan dengan contoh pembelajaran yang terdiri dari sebuah pola dari aktifitas untuk unit-unit *input* bersama dengan pola yang diharapkan dari aktifitas untuk unit-unit *output*.



2. Menentukan seberapa dekat *output* sebenarnya dari Jaringan Syaraf Tiruan sesuai dengan *output* yang diharapkan.
3. Mengubah bobot setiap hubungan agar Jaringan Syaraf Tiruan menghasilkan suatu perkiraan yang lebih baik dari *output* yang diharapkan.

### 2.7.3 Metode Belajar Jaringan Syaraf Tiruan

Pada jaringan syaraf tiruan, belajar adalah proses pembentukan konfigurasi harga-harga bobot dari jaringan. Pembentukan ini mempunyai tujuan akhir agar *input* yang diberikan padanya akan direspon melalui bobot tersebut, menghasilkan *output* yang sesuai dengan target *output* untuk *input* yang bersangkutan.

Adapun metode belajar jaringan syaraf tiruan ini, secara garis besar dibagi menjadi dua macam:

- **Supervised Training** (dengan pengawasan)

Tiap pola *input* mempunyai target pasangannya. Sehingga pada belajar tipe ini masing-masing *input* mempunyai *output* target pasangan yang bersesuaian. Pada proses belajarnya, bobot-bobot dibangun menuju kesesuaian respon pasangan *input-output* dari pola yang diajarkan bobotnya, dapat memberikan pola yang sesuai dengan *output* target dari *input* tersebut. Dalam hal ini ditetapkan toleransi kesalahan *output* respon terhadap target yang seharusnya.

- **Unsupervised Training** (tanpa pengawasan)

Pada metode belajar ini jaringan menentukan sendiri pasangan *output*nya dari *input* yang diberikan kepadanya, dasar yang digunakan adalah kadar kesesuaian dengan pola-pola yang pernah diberikan kepadanya atau yang diberikan sebelumnya. Tiap sel *output* mempunyai penghargaan paling tinggi dengan pola-pola tertentu. Setiap pola *input* yang diberikan menghasilkan salah satu *output* dengan harga terbesar yang menunjukkan

kemiripan pola *input* dengan pola yang dihargai tinggi oleh sel *output* tersebut. Bila kadar kemiripannya akan diterima, maka pola *input* tersebut dimasukkan dalam kelompok pola yang dihargai tinggi oleh sel *output* tersebut. Bila kadar kemiripannya rendah, yang berarti pola tersebut terlalu berbeda dengan pola-pola sebelumnya, maka diberikan satu sel *output* yang lain untuk mewakili pola tersebut yang bobotnya memberi penghargaan tinggi kepada pola *input* tersebut.

Bobot-bobot tersebut sendirinya membentuk alur kerja jaringan seperti yang telah dijelaskan tadi, yaitu menghasilkan keputusan pada *output* dengan dasar pengelompokan pola-pola *input* yang diberikan. Secara umum tiap sel *output* merupakan wakil dari sekelompok pola yang pernah diberikan kepada jaringan. Untuk proses selanjutnya tiap *input* yang diberikan akan dilakukan pengelompokan pola yang ada, maka untuk pola tersebut dinyatakan sebagai kelompok pola yang baru, dan diberikan salah satu *output* sebagai wakil dari kelompok yang baru tersebut. Bagian dari *output* yang menjadi wakil dari tiap kelompok pola ditentukan sendiri oleh jaringan.

#### 2.7.4 Algoritma Belajar (*Learning Algorithm*)

Suatu algoritma yang digunakan pada tahap pelatihan untuk mengatur nilai dari bobot (*weight*) jaringan syaraf tiruan. Adapun tipe algoritma belajar antara lain:

- Orde satu: melibatkan turunan pertama (*Gradient*) error terhadap bobot.  
Contoh: *backpropagation algorithm*
- Orde dua: melibatkan turunan kedua (*Hessian*) error terhadap bobot.  
Contoh: *levenberg marquardt*

#### Algoritma Levenberg Marquardt

Algoritma pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma *Levenberg Marquardt*. Algoritma *Levenberg Marquardt* memiliki kelebihan karakteristiknya lebih cepat

konvergen (*rapid convergence*), namun demikian algoritma Algoritma *Levenberg Marquardt* membutuhkan penurunan yang lebih rumit dibanding algoritma *backpropagation*. Algoritma *Levenberg Marquardt* merupakan algoritma belajar orde 2 sehingga melibatkan persamaan gradient dan matrik Hessian. Namun demikian persamaan matrik Hessian yang digunakan adalah *Gauss Newton Hessian matrik*. Pada algoritma *Levenberg Marquardt* hubungan antara matrik Hessian dengan gradient dinyatakan sebagai berikut[Norgaard,2000] :

$$|R(\theta^{(i)}) + \lambda^{(i)} I| f^{(i)} = -G(\theta^{(i)}) \quad (2.3)$$

dan

$$\theta^{(i+1)} = \theta^{(i)} + \mu^{(i)} f^{(i)} \quad (2.4)$$

Pada persamaan (2.3) terlihat bahwa diagonal utama matrik Hessian ditambahkan dengan elemen  $\lambda$ . Faktor  $\lambda$  akan mengontrol kovergensi pada algoritma *Levenberg Maquardt* dan besarnya nilai  $\lambda$  diatur berdasarkan rasio persamaan sebagai berikut:

$$r = \frac{V_N(\theta^{(i)}, Z^N) - V_N(\theta^{(i)} + f^{(i)}, Z^N)}{V_N(\theta^{(i)}, Z^N) - L^{(i)}(\theta^{(i)} + f^{(i)})} \quad (2.5)$$

dengan

$$L(\theta^{(i)} + f) = \sum_{i=1}^N \left( y(t) - \hat{y}(t|\theta^{(i)}) - f^T \left[ \frac{\partial \hat{y}(t|\theta)}{\partial \theta} \right] \right)^2$$

$$= V_N(\theta^{(i)}, Z^N) + f^T G(\theta^{(i)}) + \frac{1}{2} f^T R(\theta^{(i)}) f \quad (2.6)$$



Dari persamaan (2.3) diperoleh hubungan:

$R(\theta^{(i)})f^{(i)} = -G(\theta^{(i)}) - \lambda f^{(i)}$ , substitusi ke persamaan (2.6) didapatkan:

$$V_N(\theta^{(i)}, Z^N) - L^{(i)}(\theta^{(i)} + f^{(i)}) = \frac{1}{2} \left[ - (f^{(i)})^T G(\theta^{(i)} + \lambda^{(i)} |f^{(i)}|^2) \right] \quad (2.7)$$

Dari persamaan (2.7) terlihat bahwa nilai dari *predicted decrease* hanya merupakan fungsi dari gradient serta *search direction*. Pengaturan nilai  $\lambda$  dilakukan berdasarkan nilai ratio  $r$  dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jika  $r^{(i)} > 0,75 \Rightarrow \lambda^{(i)} = \lambda^{(i)}/2$  (diperkecil  $\lambda$ )
- Jika  $r^{(i)} < 0,25 \Rightarrow \lambda^{(i)} = 2\lambda$  (diperbesar  $\lambda$ )

Secara umum algoritma *Levenberg Maquardt* dapat ditulis sebagai berikut:

1. Pilih vektor bobot awal  $\theta^{(i)}$  dan harga awal  $\lambda^{(i)}$ . dimana  $\theta$  adalah bobot dan  $\lambda$  diberikan harga awal.
2. Tentukan arah pencarian:

$$|R(\theta^{(i)}) + \lambda^{(i)} I| f^{(i)} = -G(\theta^{(i)}) \quad (2.8)$$

maka diperoleh  $f$  dan dimasukkan ke :

$$\theta = \arg \min V_N(\theta, Z^N) \quad (2.9)$$

$$\theta^{(i+1)} = \theta^{(i)} + \mu^{(i)} f^{(i)} \quad (2.10)$$

Jika  $V_N(\theta(i) + f(i), Z^N) < V_N(\theta(i), Z^N)$  sehingga memenuhi  $\theta(i+1) = \theta(i) + f(i)$  sebagai iterasi baru

maka  $\lambda(i+1) = \lambda(i)$ . Jika tidak maka mencari  $\lambda$  baru dari harga  $r$ :

$$r = \frac{V_N(\theta^{(i)}, Z^N) - V_N(\theta^{(i)} + f^{(i)}, Z^N)}{V_N(\theta^{(i)}, Z^N) - L^{(i)}(\theta^{(i)} + f^{(i)})} \quad (2.11)$$

$$\text{Jika } r^{(i)} > 0,75 \Rightarrow \lambda^{(i)} = \lambda^{(i)} / 2$$

$$\text{Jika } r^{(i)} < 0,25 \Rightarrow \lambda^{(i)} = 2\lambda$$

Dimana :

$$V_N(\theta, Z^N) = L^{(i)}(\theta) - \frac{1}{2N} \sum [y(k) - \hat{y}(k | \theta)]^2 \quad (2.12)$$

$$L(\theta^{(i)} + f^{(i)}) = V_N(\theta^{(i)}, Z^N) + f^T G(\theta^{(i)}) + \frac{1}{2} f^T R(\theta^{(i)}) f \quad (2.13)$$

3. Jika kriteria tercapai, maka perhitungan berhenti. Jika kriteria belum tercapai maka mengulangi langkah no 2

### 2.7.5 Identifikasi dengan Jaringan Syaraf Tiruan

Sistem identifikasi merupakan usaha untuk mendapatkan deskripsi matematik (model) suatu sistem dinamik berdasarkan data pengukuran dan pengamatan yang diperoleh dari sistem tersebut. Secara umum model suatu sistem dapat dikategorikan menjadi 2, yakni:

1. *Fundamental model (first principle model)*: didasarkan pada kaidah-kaidah hukum fisika dan kimia (*mass energy balance, hukum Newton, dll*).

Keuntungan : dapat diperkirakan ke ekstrapolasi pada daerah operasi yang tidak digunakan pada data latih.

Kelemahan : model dinamik yang dihasilkan mungkin sangat kompleks.

2. *Empirical model*: didasarkan pada hubungan input-output sistem

Keuntungan : detail proses yang terjadi tidak perlu dicari terlebih dahulu dan dapat digunakan untuk model yang sangat kompleks.

Sesuai dengan karakteristik yang dimiliki jaringan syaraf tiruan, maka model yang dihasilkan oleh jaringan syaraf tiruan merupakan *empirical model* serta *non parametric* model. Fokus utama dari sistem identifikasi dengan jaringan syaraf tiruan hanya untuk sistem non linier yang dinyatakan sebagai berikut:

$$y(t) = f(x(t)) \quad (2.14)$$

$$x(t) = [u(t-1) \dots u(t-n_u) y(t-1) \dots y(t-n_y)]^T \quad (2.15)$$

dengan:

$f$  : fungsi nonlinier

$x(t)$ : regressor

$y(t)$ : output sistem

$u(t)$ : input sistem

$n_u$  : *history length* untuk *input* sistem

$n_y$  : *history length* untuk *output* sistem

Pada prinsipnya, sistem identifikasi non linier dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

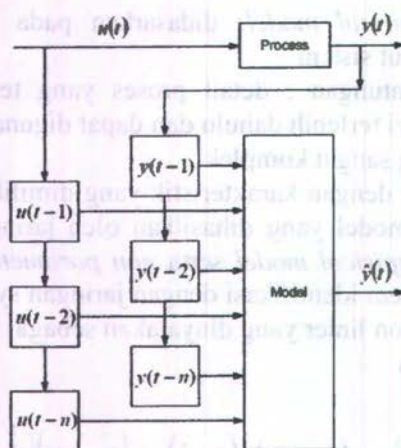
1. *series-parallel/NNARX (Neural Network Auto Regressive with eXternal input) model*:

Persamaan:

$$\hat{y}(t) = \hat{f}(x(t)) \quad (2.16)$$

$$x(t) = [u(t-1) \dots u(t-n_u) y(t-1) \dots y(t-n_y)] \quad (2.17)$$





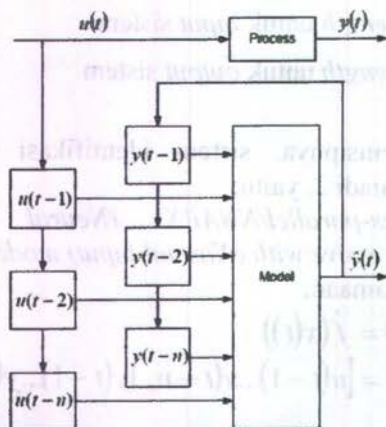
Gambar 2.17 NNARX model[Norgaard, 2000]

## 2. *Parallel/NNOE (Neural Network Output Error) model*

Persamaannya:

$$\hat{y}(t) = \hat{f}(x(t)) \quad (2.18)$$

$$x(t) = [u(t-1) \dots u(t-n_u) \hat{y}(t-1) \dots \hat{y}(t-n_y)] \quad (2.19)$$



Gambar 2.18 NNOE model[Norgaard, 2000]

Prosedur dalam sistem identifikasi:

1. *Eksperimen*, meliputi input sequence design. Eksperimen dilakukan untuk mendapatkan serangkaian data input-output yang menerangkan perilaku proses pada suatu range daerah operasi tertentu. Ide utama dari proses eksperimen adalah untuk memasukkan input yang bervariasi,  $u$  dan mengamati akibatnya pada output,  $y$ .

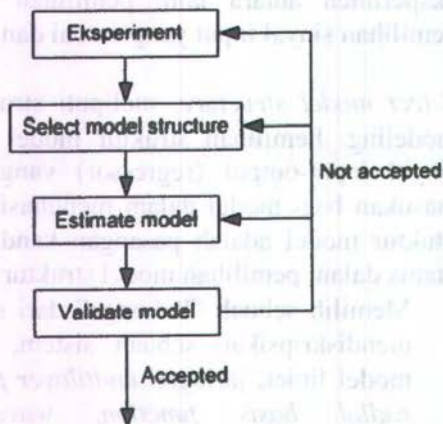
Pasangan data yang berhubungan dengan input dan output:

$$Z^N = \{[u(t), y(t)]^T | t = 1, \dots, N\} \quad (2.20)$$

kemudian digunakan untuk mendapatkan sebuah model dari sistem. Apabila sistem yang akan diidentifikasi menjadi tidak stabil atau mengandung sedikit peredaman dinamik, maka pembangkitan data dilakukan dalam keadaan lup tertutup. Beberapa parameter penting dalam melakukan eksperimen antara lain: pemilihan sampling frekuensi, pemilihan sinyal input yang sesuai dan pemrosesan data.

2. *Select model structure*, meliputi struktur selection, noise modeling. Pemilihan struktur model menyangkut jumlah sinyal input-output (regressor) yang digunakan sebagai masukan bagi model dalam menghasilkan output prediksi. Struktur model adalah pasangan kandidat model. Masalah utama dalam pemilihan model struktur adalah:
  - Memilih sebuah "keluarga" dari struktur model untuk mendiskripsikan sebuah sistem, contohnya: struktur model linier, jaringan *multilayer perceptron*, jaringan *radial basis function*, *wavelets* atau model *Hammerstein*.
  - Memilih sebuah *subset* dari keluarga yang telah ditentukan. Pada struktur sistem linier, dapat berupa sebuah struktur model ARX(3,2,1), dimana (3,2,1) adalah waktu tunda dari suatu periode sampling dan *output* saat ini tergantung dari dua *output* masa lampau dan tiga *input* masa lampau.

3. *Estimate parameter*, meliputi parameter estimation. Jika struktur model telah ditentukan, maka tahap berikutnya adalah melakukan estimasi terhadap parameter model agar mampu memberikan hasil yang baik berdasarkan kriteria tertentu. Kriteria tersebut dapat dirumuskan dengan berbagai cara, tetapi harus secara ideal menghubungkan penggunaan model yang diharapkan. Strategi yang paling umum adalah dengan mengambil yang menyediakan *one-step a head prediction* paling bagus dengan *squared error* terkecil antara *output* sistem dengan *output* prediksi.
4. *Model validation*, diperlukan untuk mengetahui apakah model yang telah diperoleh mampu memenuhi kebutuhan yang diperlukan.



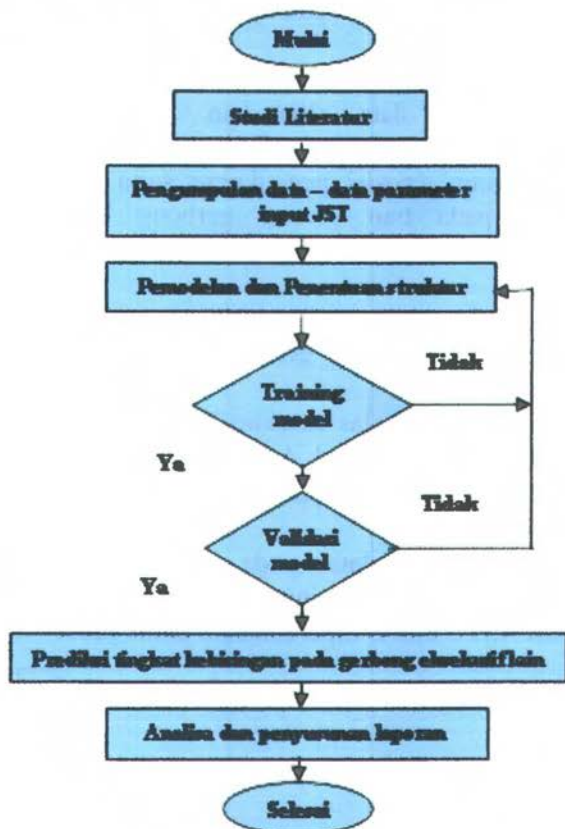
Gambar 2.19 Prosedur Identifikasi [Norgaard, 2000]



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Flow Chart Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan sebagaimana *flow chart* dibawah ini :



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

### 3.2 Studi Literatur

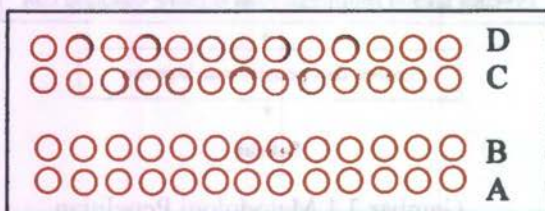
Studi literatur merupakan pencarian referensi yang sesuai dengan perumusan masalah yang ada yang akan digunakan sebagai dasar teori dalam melakukan analisa. Meliputi pemahaman tentang kebisingan serta faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kebisingan serta cara pengukurannya dan mempelajari tentang prediksi tingkat kebisingan dengan pemodelan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan.

### 3.3 Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran langsung dilokasi dan data yang digunakan adalah pengukuran jumlah penumpang, posisi pengukuran serta tingkat tekanan bunyi *overall* pada tiap – tiap gerbong kelas eksekutif. Pengukuran tingkat tekanan bunyi dengan menggunakan *sound level meter*.

Proses pengukuran pada satu gerbong kelas eksekutif adalah sebagai berikut :

- Kereta Sancaka kelas eksekutif terdapat 52 kursi dengan komposisi tempat duduk A,B,C dan D.
- Pengukuran dilakukan pada posisi tiap – tiap titik A,B ,C dan D .
- Sebanyak 350 data pada posisi A,B,C dan D dipergunakan untuk training dan sebanyak 162 data pada posisi A,B,C dan D dipergunakan untuk proses validasi.



Gambar 3.2 Posisi pengambilan data

Keterangan gambar :

○ = posisi pengambilan data

Proses pengukuran dalam satu rangkaian adalah sebagai berikut :

- Kelas eksekutif pada kereta api Sancaka seri 87 terdapat dua gerbong.
- Rangkaian kelas eksekutif terletak pada urutan gerbong yang terakhir dengan komposisi rangkaian gerbong dari lokomotif yaitu bisnis 5 (lima), bisnis 4 (empat), bisnis 3 (tiga), bisnis 2 (dua), bisnis 1 (satu), kereta makan, eksekutif 1 (satu), eksekutif 2 (dua), gerbong pembangkit.
- Pengukuran tiap – tiap gerbong eksekutif sama dengan proses pengukuran pada satu gerbong eksekutif yang pertama.
- Hasil pengukuran pada gerbong eksekutif 1 akan digunakan untuk menentukan pemodelan JST, sedangkan hasil pengukuran pada gerbong eksekutif 2 untuk proses validasi memprediksikan tingkat kebisingan pada gerbong eksekutif tersebut.

Dalam pengambilan data ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu sebagai berikut :

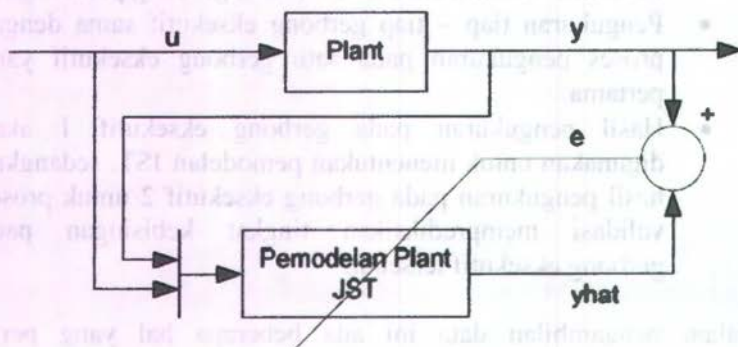
- Data tingkat tekanan bunyi diambil pada waktu kecepatan kereta api yaitu pada saat kecepatan 70 – 80 km/jam pengukuran di titik – titik yang telah ditentukan didalam gerbong. Pengambilan data dilakukan dengan rute perjalanan Surabaya – Yogyakarta.
- Nilai yang diambil merupakan tingkat tekanan bunyi maksimum.
- Pembebanan yang digunakan adalah dBA.
- Pengukuran dilakukan dengan meletakkan SLM dengan posisi setinggi orang duduk.
- Pengukuran dilakukan dengan kondisi kedua pintu dan semua jendela tertutup, gorden dalam keadaan terbuka, dua AC beroperasi, televisi dalam kondisi mati.



### 3.4 Pemodelan dengan JST

Pada pemodelan ini pasangan data *input* adalah jumlah penumpang, posisi pengukuran serta tingkat tekanan bunyi *overall*. Sedangkan *output*nya berupa batas tingkat tekanan bunyi yang nyaman untuk didengarkan di dalam gerbong eksekutif.

Struktur model yang digunakan pada tugas akhir kali ini adalah NNARX (*Neural Network AutoRegresive with eXternal Input*). Struktur model NNARX ini mempunyai atau dapat menghasilkan prediktor dengan tanpa adanya *feedback*, seperti yang ditunjukkan gambar 3.3.



Gambar 3.3 Blok Diagram Pemodelan *Plant* JST

*Training* model dengan JST menggunakan arsitektur MLP (*Multi Layer Perceptron*), dengan 3 *layer* yaitu; *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Pada tiap-tiap *layer* terdapat fungsi aktivasi yang terdapat pada arsitektur jaringan tersebut. Fungsi aktivasi pada *hidden layer* menggunakan *tangent hyperbolic* sedangkan pada *output layer* menggunakan fungsi aktivasi *linier*. Algoritma pelatihan yang digunakan adalah *Levenberg Marquardt*. Untuk mendapatkan model JST yang bagus, sehingga mampu memprediksi *output* proses dengan baik, struktur jaringan syaraf tiruan diuji coba dengan mengganti-ganti

struktur jaringan. Diantaranya adalah jumlah *hidden node* dan jumlah *history length*.

### 3.5 Training Model

Jika struktur model telah ditentukan, maka tahap berikutnya adalah melakukan estimasi terhadap parameter model agar mampu memberikan hasil yang baik berdasarkan kriteria tertentu. Tujuan dari proses *training* ini adalah untuk mendapatkan bobot yang menghasilkan *output* paling baik. Kriteria yang digunakan untuk menilai *output* adalah *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE adalah akar rata-rata total kuadrat *error* yang terjadi antara *output* model dan *output* proses. *Output* model akan semakin baik apabila mempunyai nilai RMSE yang kecil (mendekati nol), sebaliknya *output* dinilai jelek jika mempunyai nilai RMSE yang besar. Untuk menentukan nilai RMSE digunakan persamaan berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N}} \quad (3.1)$$

dengan:

$y_i$  = *output* proses

$\hat{y}_i$  = *output* model

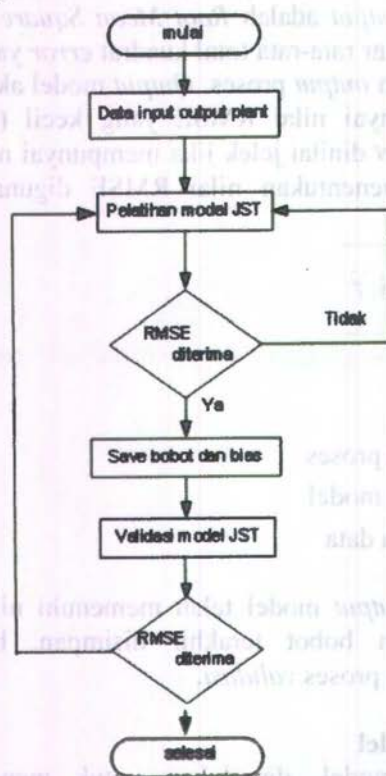
N = jumlah data

Apabila *output* model telah memenuhi nilai RMSE yang ditentukan maka bobot terakhir disimpan, bobot ini akan digunakan dalam proses *validasi*.

### 3.6 Validasi Model

*Validasi* model, diperlukan untuk mengetahui apakah model yang telah diperoleh mampu memenuhi kebutuhan yang diperlukan. Data yang digunakan untuk proses *validasi* adalah data yang berbeda dengan data yang digunakan untuk *training*,

sehingga tujuannya adalah keakurasian dari model yang didapat pada proses *training*. Apabila *training* sudah menghasilkan nilai RMSE yang bagus, tetapi setelah bobot tersebut digunakan pada proses *validasi* dan menghasilkan nilai RMSE yang belum memenuhi target yang ditentukan, maka kita harus mengulang proses *training* dengan merubah-ubah parameternya sampai menghasilkan bobot yang paling baik untuk digunakan dalam proses *training* maupun *validasi*. Gambar 3.4 menunjukkan alur pemodelan dengan JST.



Gambar 3.4 Alur pemodelan dengan JST



### 3.7 Prediksi Tingkat Kebisingan Pada Gerbong Eksekutif Lain

Setelah terbentuk model tingkat kebisingan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan maka dapat digunakan untuk memprediksi tingkat kebisingan pada gerbong kelas eksekutif yang lain. Prediksi tingkat kebisingan pada gerbong kelas eksekutif yang lain menggunakan data sebanyak 520 buah data yang berasal dari pengukuran pada gerbong eksekutif kedua. Proses prediksi dapat dilakukan dengan menggunakan proses *validasi*, jika didapatkan RMSE yang kecil dan grafik *output* JST mendekati grafik *output* target maka prediksi tingkat kebisingan dengan menggunakan JST dapat dikatakan telah sesuai dengan yang diharapkan. Jika RMSE yang dihasilkan besar dan grafik *output* JST tidak mendekati grafik *output* target maka prediksi tingkat kebisingan dapat dikatakan bahwa hasil yang didapatkan tidak sesuai dengan target yang diharapkan.

### 3.8 Analisa Data

Pada analisa data, dilakukan pembahasan mengenai data-data hasil prediksi meliputi proses training model, validasi model serta memprediksikan tingkat kebisingan pada gerbong eksekutif lain. Pada proses analisa data ini, akan dianalisa pada saat training akan ditentukan struktur dari JST tersebut sehingga akan didapatkan nilai RMSE dan grafik *output* JST yang mendekati grafik *output* target pada saat iterasi kesekian dengan *hidden layer* sekian dan *hidden node* sekian serta menggunakan fungsi aktivasi tertentu. Pada proses *validasi* pertama akan dianalisa RMSE yang dihasilkan apakah telah minimum dan grafik *output* JST yang dihasilkan apakah telah mendekati grafik *output* target yang diharapkan. Sedangkan pada proses *validasi* kedua atau proses memprediksikan tingkat kebisingan pada gerbong eksekutif yang lain akan dianalisa RMSE serta grafik *output* dari JST. Jika RMSE telah minimum dan grafik *output* JST telah mendekati grafik *output* target maka prediksi yang dilakukan dengan menggunakan JST telah sesuai dengan yang ditargetkan.

### 3.9 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap kesimpulan dan saran ini akan diambil suatu langkah penyimpulan yang mengacu pada analisa dari seluruh rangkain penelitian yang telah dilakukan sehingga pada akhirnya dapat dibuat suatu rekomendasi dan saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian berikutnya.

## BAB IV SIMULASI DAN ANALISA DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil simulasi dan analisa dari perancangan sistem prediksi dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan. Simulasi ini dengan menggunakan Matlab 7.0.1 dan dari simulasi ini dapat diketahui performansi jaringan syaraf tiruan untuk memprediksikan tingkat kebisingan. Dengan diketahui indeks performansi kesalahan ( RMSE ) dan jumlah iterasi yang diketahui maka akan diketahui performansi jaringan syaraf tiruan tersebut.

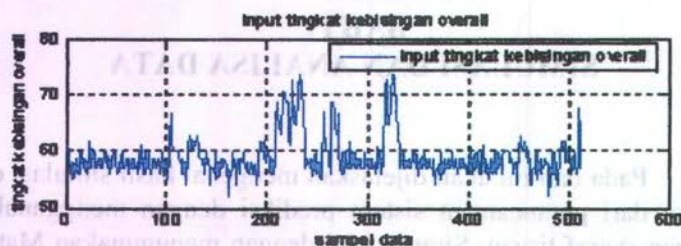
### 4.1. Data *Input Output* Jaringan Syaraf Tiruan

Data yang digunakan sebagai *input output* dari pemodelan tingkat kebisingan adalah data *input output* hasil pengukuran di lapangan, antara lain :

- Jumlah penumpang
- Posisi pengukuran
- Tingkat tekanan bunyi *overall*
- Tingkat kebisingan standard

Data *input output* yang digunakan pada tugas akhir ini masing masing sebanyak 350 buah baik untuk *training* dan sebanyak 162 buah untuk *validasi* yang berasal dari pengukuran di gerbong eksekutif pertama. Serta sebanyak 520 buah untuk *validasi* yang berasal dari pengukuran di gerbong eksekutif kedua. Pada evaluasi hasil *validasi* akan dipergunakan sebanyak 520 data yang berasal dari pengukuran di gerbong eksekutif 2. Evaluasi hasil *validasi* ini nantinya akan membuktikan tingkat keberhasilan jaringan syaraf tiruan dalam memprediksi. Gambar 4.1 sampai dengan gambar 4.8 merupakan data yang belum dinormalisasi.





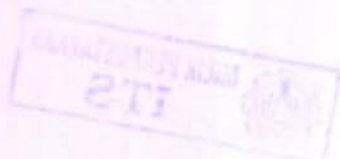
Gambar 4.1 Data *input* tingkat kebisingan *overall* pada gerbong eksekutif pertama

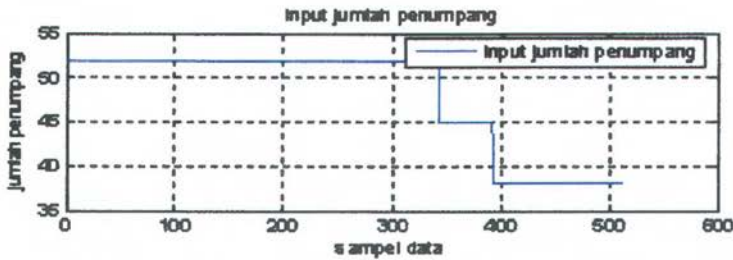
Gambar 4.1 merupakan grafik *input* tingkat kebisingan *overall* yang diukur pada gerbong eksekutif pertama, data yang diukur sebanyak 512 buah data. Dari grafik dapat dilihat bahwa tingkat kebisingan yang terukur berfluktuasi hal ini disebabkan karena pada saat melakukan pengukuran, kereta melewati jembatan dan sambungan rel sehingga tingkat kebisingan yang terukur lebih dari 70 dB.



Gambar 4.2 Data *input* posisi pada gerbong eksekutif pertama

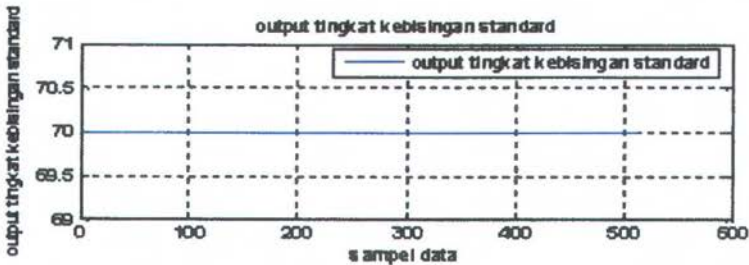
Gambar 4.2 merupakan data *input* posisi pada gerbong eksekutif pertama. Posisi disini, dimaksudkan adalah posisi tempat duduk yang berjumlah 52 kursi (kursi A, B, C dan D) dalam satu gerbong. Posisi tempat duduk ini dimisalkan dalam bentuk angka dimulai dari 11 sampai 135. Tiap – tiap posisi diambil sepuluh kali pengukuran sehingga didapatkan data sebanyak 512 buah data.





Gambar 4.3 Data *input* jumlah penumpang pada gerbong eksekutif pertama

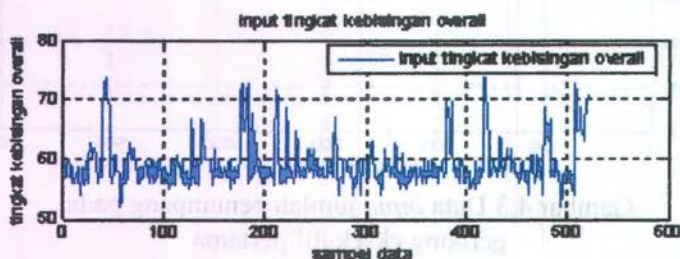
Gambar 4.3 menunjukkan grafik data *input* jumlah penumpang pada gerbong eksekutif pertama. Pada saat mula – mula jumlah penumpang adalah 52 orang, pada saat perjalanan sampai stasiun Kertosono jumlah penumpang berkurang menjadi 45 orang dan ketika perjalanan mencapai Solo penumpang berjumlah 38 orang.



Gambar 4.4 Data *output* target tingkat kebisingan standard pada gerbong eksekutif pertama

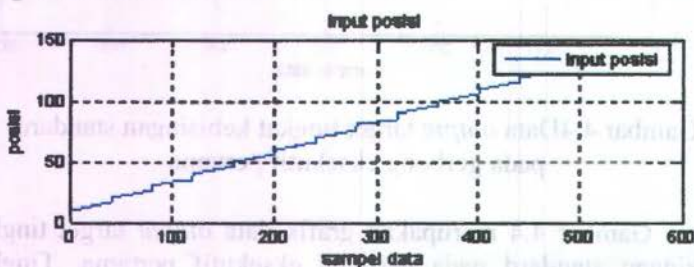
Gambar 4.4 merupakan grafik data *output* target tingkat kebisingan standard pada gerbong eksekutif pertama. Tingkat kebisingan standard didalam gerbong eksekutif ini sesuai dengan yang dikeluarkan oleh PT.INKA ( Lampiran D ). *Output* target tingkat kebisingan standard inilah yang nantinya sebagai target

dari JST apakah *output* model dari JST mampu mendekati nilai dari *output* target.



Gambar 4.5 Data *input* tingkat kebisingan *overall* pada gerbong eksekutif kedua

Gambar 4.5 merupakan grafik *input* tingkat kebisingan *overall* yang diukur pada gerbong eksekutif kedua, data yang diukur sebanyak 520 buah data. Dari grafik dapat dilihat bahwa tingkat kebisingan yang terukur berfluktuasi hal ini disebabkan karena pada saat melakukan pengukuran, kereta melewati jembatan dan sambungan rel serta karena pengaruh adanya kereta pembangkit yang menggunakan mesin diesel yang berada di belakang gerbong eksekutif kedua sehingga tingkat kebisingan yang terukur lebih dari 70 dB.

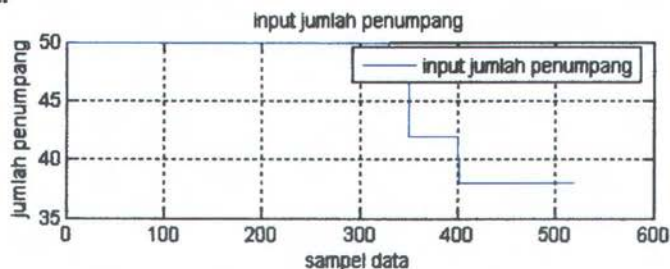


Gambar 4.6 Data *input* posisi pada gerbong eksekutif kedua

Gambar 4.6 merupakan data *input* posisi pada gerbong eksekutif kedua. Posisi disini, dimaksudkan adalah posisi tempat



duduk yang berjumlah 52 kursi (kursi A,B,C dan D) dalam satu gerbong. Posisi tempat duduk ini dimisalkan dalam bentuk angka dimulai dari 11 sampai 135. Tiap – tiap posisi diambil sepuluh kali pengukuran sehingga didapatkan data sebanyak 520 buah data.



Gambar 4.7 Data *input* jumlah penumpang pada gerbong eksekutif kedua

Gambar 4.7 menunjukkan grafik data *input* jumlah penumpang pada gerbong eksekutif kedua. Pada saat mula – mula jumlah penumpang adalah 50 orang, pada saat perjalanan sampai stasiun Kertosono jumlah penumpang berkurang menjadi 47 orang dan ketika perjalanan mencapai Madiun penumpang berjumlah 42 orang serta pada saat mencapai Solo jumlah penumpang menjadi 38 orang.



Gambar 4.8 Data *output* target tingkat kebisingan standard pada gerbong eksekutif kedua

Gambar 4.8 merupakan grafik data *output* target tingkat kebisingan standard pada gerbong eksekutif pertama. Tingkat kebisingan standard didalam gerbong eksekutif ini sesuai dengan yang dikeluarkan oleh PT.INKA ( Lampiran D ).

#### 4.2 Pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan

Pemodelan dengan JST melalui dua tahap yaitu *training* dan *validasi*. *Input* dan target untuk pemodelan diperoleh dari data primer, dari semua data yang ada akan dibagi menjadi dua untuk digunakan dalam *training* dan *validasi*. Setelah melalui beberapa kali percobaan, pada tugas akhir ini yang paling optimal adalah menggunakan 350 data untuk *training* dan 162 data untuk *validasi*. Pemodelan dilakukan dengan Jaringan Syaraf Tiruan-Multi Layer Perceptron (MLP) dengan struktur NNARX (*Neural Network AutoRegressive, eXternal input*). Pada tugas akhir ini arsitektur JST terdiri dari tiga *layer* yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Variabel yang ada dalam JST yang digunakan adalah sebagai berikut; *input* (*u*), *output* (*y*), bobot dari *input layer* ke *hidden layer* (*W1*), bobot dari *hidden layer* ke *output* (*W2*). Pemodelan terdiri dari 3 *input* dan satu *output*, sehingga persamaan *output* model dapat diberikan oleh.

$$\hat{Y} = f(\hat{u}_1, \hat{u}_2, \hat{u}_3, \hat{y}_1) \quad (4.1)$$

Dimana :

$$\hat{Y} = [\hat{y}_1(t+1)]^T \quad (4.2)$$

$$\hat{u}_1 = [u_1(t), u_1(t-1), \dots, u_1(t-N_{u1})] \quad (4.3)$$

$$\hat{u}_2 = [u_2(t), u_2(t-1), \dots, u_2(t-N_{u2})] \quad (4.4)$$

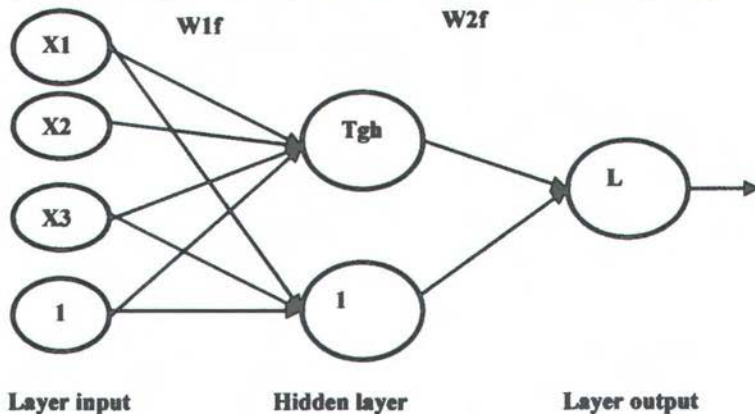
$$\hat{u}_3 = [u_{31}(t), u_3(t-1), \dots, u_3(t-N_{u3})] \quad (4.5)$$

$$\hat{y}_1 = [y_1(t), y_1(t-1), \dots, y_1(t-N_{y1})] \quad (4.6)$$

*f* = fungsi aktivasi

dimana  $N_y$  dan  $N_u$  adalah *history length* untuk *output* dan *input* proses. Fungsi aktivasi yang digunakan pada *hidden layer* adalah *tangent hyperbolic* dan linear pada *output layer*.

Prosedur pertama dalam pemodelan dengan JST adalah melakukan *eksperiment*. *Eksperiment* disini adalah melakukan percobaan untuk mendapatkan model yang paling baik, yaitu dengan merubah parameter JST seperti jumlah *hidden node* dan *history length*. Percobaan dilakukan dengan merubah nilai *history length* mulai dari 1 sampai 5, sedangkan jumlah *hidden node* dimulai dari 1 sampai 10 untuk mendapatkan nilai RMSE yang paling kecil (data hasil percobaan dapat dilihat di lampiran).



Gambar 4.9 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Data input output yang telah discalling digunakan untuk proses identifikasi JST. Data input output yang didapatkan dari pengambilan data merupakan sebuah vektor dengan panjang  $1 \times 512$  data. Data input yang didapatkan dari pengukuran sebanyak 3 variabel input dan 1 variabel output. Variabel input adalah jumlah penumpang posisi pengukuran, tingkat tekanan bunyi overall. Sedangkan variabel output adalah tingkat kebisingan standard.



Jadi data input yang didapatkan dari pengukuran merupakan data vektor sepanjang  $3 \times 512$  data. Sedangkan vektor yang dihasilkan untuk data output plant sepanjang  $1 \times 512$  data. Masing-masing data (4 buah data) memakai *history length* sepanjang  $hl$ . Jumlah *input node* dalam pemodelan ini sebanyak  $(4 \times hl) + 1$  (*bias node* dari input ke *hidden layer* sebanyak satu). Sedangkan jumlah *hidden node* ( $h$ ) yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $h+1$  termasuk juga *bias node* sebanyak satu. Untuk *output node* memiliki jumlah sebanyak 1 buah yang merupakan hasil identifikasi dari *output proses*. Dari struktur jaringan seperti ini akan menghasilkan nilai bobot pada dari *input ke hidden* sebanyak  $\{(4 \times hl) + 1\} \times (h + 1)$ . Untuk nilai bobot dari *hidden ke output* sebanyak  $\{(h + 1)\}$ .

### 4.3 Training Jaringan Syaraf Tiruan

Training jaringan syaraf tiruan dengan arsitektur jaringan *Multi Layer Perceptron* (MLP), yang terdiri dari *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal struktur JST ini diuji cobakan dengan mengganti-ganti struktur jaringannya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan model proses yang bagus, sehingga mampu memprediksi output proses yang baik.

Struktur JST yang dicoba untuk diganti- ganti diantaranya adalah jumlah *hidden node* dan jumlah *history length*. Batas iterasi yang dipakai dalam pemodelan ini adalah 500 iterasi. Berikut ini adalah bobot jaringan yang diperoleh dari proses *training*. Bobot dari lapis *input* ke lapis tersembunyi ( $W1$ ):

Tabel 4.1 Data bobot  $w1$  (lapis *input* ke lapis tersembunyi)

matrik bobot $W1$				
-0.26201	-7.7697e-007	2.4938e-006	-7.2396e-005	-0.58555

Pada matrik bobot jaringan  $W1$  terdapat 1 (dua) baris dan 5 (lima) kolom matrik. Dapat dilihat bahwa jumlah baris menunjukkan

banyaknya jumlah *neuron* pada lapisan tersembunyi, sedangkan jumlah kolom menunjukkan jumlah node pada lapis *input*. Satu kolom pertama adalah bobot dari satu output masa lampau, sedangkan tiga kolom berikutnya merupakan bobot dari tiga input masa lampau. Sedangkan satu kolom terakhir adalah bobot dari *bias* ke lapisan tersembunyi.

Berikut ini adalah bobot dari lapis tersembunyi ke lapis *output* ( $W2f$ ):

Tabel 4.2 Data bobot  $W2$  (lapis tersembunyi ke output)

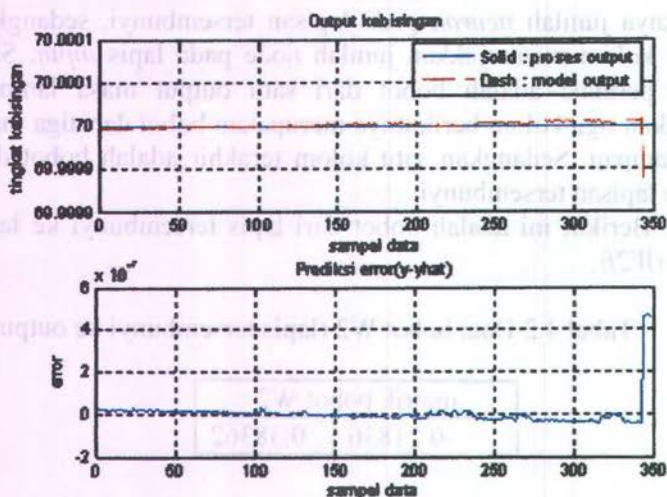
matrik bobot $W2$	
-0.21836	0.38362

Pada tabel 4.2, terdapat 1 (satu) baris matrik dengan 2 (dua) kolom. Sama halnya dengan  $W2$ , jumlah baris menunjukkan banyaknya *neuron* pada lapis *output*, sedangkan banyaknya kolom menunjukkan jumlah *neuron* pada lapisan sebelumnya (lapisan tersembunyi). Kolom ke-1 merupakan bobot dari *neuron* lapisan tersembunyi, sedangkan kolom ke-2 merupakan bobot dari *bias* ke lapisan *output*.

Gambar 4.9 menunjukkan struktur Jaringan Syaraf Tiruan yang paling baik digunakan untuk pemodelan. Setelah dilakukan *eksperiment* diperoleh hasil yang paling baik adalah dengan 1 *history length* dan 1 *hidden node*. Fungsi aktivasi yang digunakan pada *hidden layer* adalah *tangent hyperbolic* sedangkan pada *output layer* menggunakan fungsi aktivasi *linear*. Dengan struktur tersebut dihasilkan RMSE sebesar  $6.8460e-8$  pada saat iterasi ke 15.

Berikut ini adalah grafik *output* dari proses training JST yang menggunakan 350 buah data yang berasal dari pengukuran pada gerbong eksekutif pertama :





Gambar 4.10 Grafik *output* training jaringan syaraf tiruan

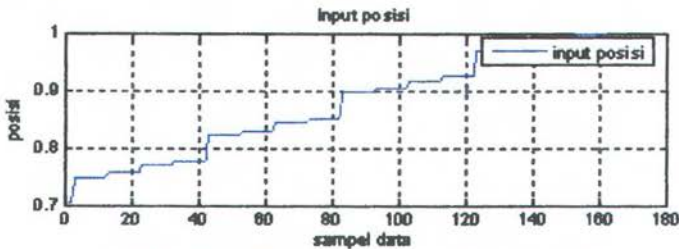
Gambar diatas adalah grafik yang menunjukkan perbandingan antara *output real plant* (biru) dengan *output pemodelan JST* (merah), dan *error* yang terjadi pada setiap pasangan data. Pada grafik *output* tingkat kebisingan dapat dilihat bahwa *output* model JST telah mampu mendekati *output* target yang diharapkan. Untuk proses *training* dari struktur jaringan syaraf tiruan, hasil *training* yang didapatkan cukup bagus. Pada saat *training*, nilai RMSE sudah sangat kecil. Akan tetapi, struktur tersebut harus di lakukan *validasi*. *Validasi* dilakukan untuk mengetahui tingkat kehandalan dari struktur jaringan yang telah dibangun.

#### 4.4 Validasi Jaringan Syaraf Tiruan

Setelah melakukan proses *training* maka akan dihasilkan bobot  $W_1$  dan  $W_2$ , nilai dari bobot ini disimpan untuk digunakan pada proses *validasi*. Pada proses *validasi* pasangan data yang digunakan adalah 162 data yang tidak digunakan pada proses *training* yang berasal dari pengukuran gerbong eksekutif pertama.

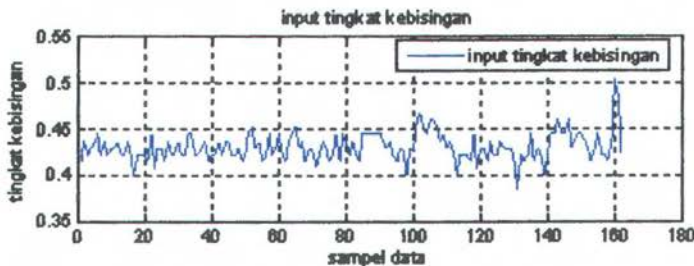


Pada proses *validasi* dihasilkan nilai RMSE sebesar  $7.9250e-7$ . Gambar 4.11 sampai dengan 4.14 menunjukkan *input* yang digunakan untuk proses *validasi* yaitu 162 data, gambar 4.15 menunjukkan perbandingan antara *output real plant* dengan *output* dari *validasi* JST. *Output real plant* digambarkan dengan warna biru sedangkan *output* dari *validasi* JST digambarkan secara *dash* dengan warna merah.



Gambar 4.11 Data *validasi input* posisi pada gerbong eksekutif pertama

Gambar 4.11 merupakan data *input* posisi pada gerbong eksekutif pertama. Posisi disini, dimaksudkan adalah posisi tempat duduk yang berjumlah 52 kursi (kursi A, B, C dan D) dalam satu gerbong. Posisi tempat duduk ini dimisalkan dalam bentuk angka dimulai dari 11 sampai 135. Pada proses *validasi* ini digunakan data sebanyak 162 buah data yang telah mengalami normalisasi.



Gambar 4.12 Data *validasi input* tingkat kebisingan *overall* pada gerbong eksekutif pertama

Gambar 4.12 merupakan grafik *input* tingkat kebisingan *overall* yang diukur pada gerbong eksekutif pertama. Data yang dipergunakan dalam proses *validasi* sebanyak 162 buah data yang telah dinormalisasi.



Gambar 4.13 Data *validasi input* jumlah penumpang pada gerbong eksekutif pertama

Gambar 4.13 menunjukkan grafik data *input* jumlah penumpang pada gerbong eksekutif pertama pada saat jumlah penumpang 45 orang dan 38 orang. Data yang dipergunakan untuk proses *validasi* sebanyak 162 buah data yang telah mengalami proses normalisasi.

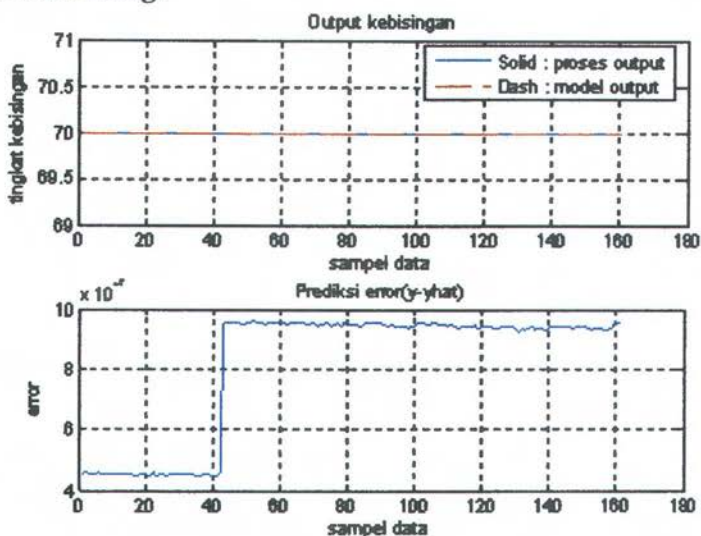


Gambar 4.14 Data *output* target tingkat kebisingan standard pada gerbong eksekutif pertama

Gambar 4.14 merupakan grafik data *output* target tingkat kebisingan standard pada gerbong eksekutif pertama pada proses *validasi*. *Output* target tingkat kebisingan standard inilah yang

nantinya sebagai target dari JST apakah *output* model dari JST mampu mendekati nilai dari *output* target.

Gambar diatas adalah grafik yang menunjukkan pasangan data *input output* yang digunakan untuk proses *validasi*, data ini adalah data yang berbeda dengan data yang digunakan dalam proses *training*.



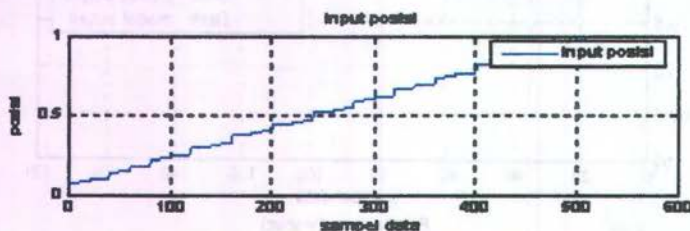
Gambar 4.15 Grafik output validasi jaringan syaraf tiruan

Gambar diatas adalah grafik yang menunjukkan perbandingan antara *output real plant* (biru) dengan output pemodelan JST (merah), dan *error* yang terjadi pada setiap pasangan data pada saat proses validasi. Nilai RMSE dihasilkan telah mendekati proses training, sehingga bobot JST ini dapat digunakan untuk proses berikutnya.

Pola hasil prediksi dengan jaringan syaraf tiruan jika dibandingkan dengan data real didapatkan hasil yang mendekati pola atau dapat mengikuti perubahan yang terjadi. Pada tahap evaluasi validasi ini akan dipergunakan data validasi sebanyak 520 buah yang berasal dari data pengukuran pada gerbong eksekutif

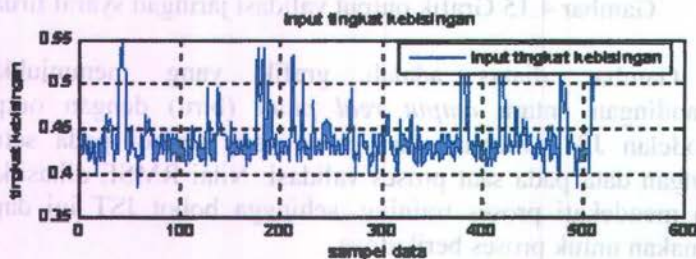


ke dua.. Data – data ini dipergunakan sebagai data validasi terhadap arsitektur jaringan syaraf tiruan yang telah terbentuk pada tahap training sebelumnya .Hal ini bertujuan untuk membuktikan bahwa model jaringan syaraf tiruan yang telah terbentuk mampu dipergunakan untuk memprediksi tingkat kebisingan pada gerbong eksekutif yang lain. Berikut ini hasil dari proses validasi yang kedua :



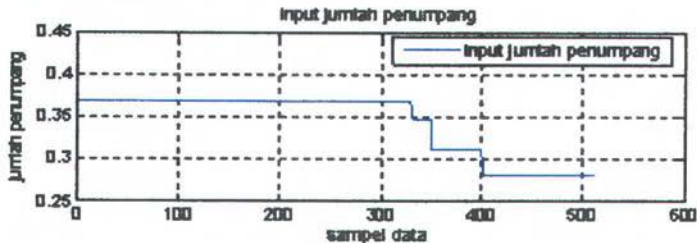
Gambar 4.16 Data validasi *input* posisi pada gerbong eksekutif kedua

Gambar 4.16 merupakan data *input* posisi pada gerbong eksekutif kedua untuk proses *validasi*. Pada proses *validasi* ini digunakan data sebanyak 520 buah data yang telah mengalami normalisasi.



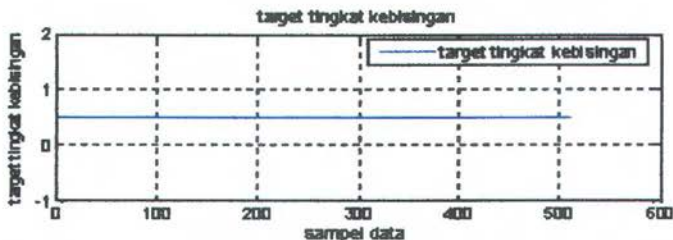
Gambar 4.17 Data validasi *input* tingkat kebisingan *overall* pada gerbong eksekutif kedua

Gambar 4.17 merupakan grafik *input* tingkat kebisingan *overall* yang diukur pada gerbong eksekutif kedua, data yang diukur sebanyak 520 buah data yang telah mengalami proses normalisasi. Sebanyak 520 buah data akan dipergunakan dalam proses validasi kedua.



Gambar 4.18 Data validasi *input* jumlah penumpang pada gerbong eksekutif kedua

Gambar 4.18 menunjukkan grafik data *input* jumlah penumpang pada gerbong eksekutif kedua. Pada grafik tersebut menunjukkan sebanyak 520 buah data yang telah melalui proses normalisasi akan dipergunakan dalam proses *validasi*.

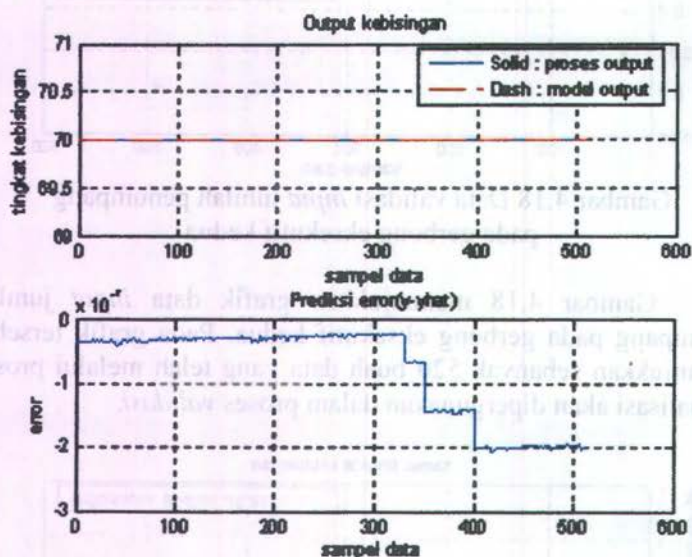


Gambar 4.19 Data *validasi output* target tingkat kebisingan standard pada gerbong eksekutif kedua

Gambar 4.19 merupakan grafik data *output* target tingkat kebisingan standard pada gerbong eksekutif pertama. Tingkat kebisingan standard didalam gerbong eksekutif ini sesuai dengan yang dikeluarkan oleh PT.INKA ( Lampiran D ). Sebanyak 520

buah data yang telah dinormalisasi akan dipergunakan untuk proses *validasi* .

Gambar diatas adalah grafik yang menunjukkan pasangan data *input output* yang digunakan untuk proses *validasi* yang kedua, data ini adalah data yang berbeda dengan data yang digunakan dalam proses *training* dan proses *validasi* sebelumnya.



Gambar 4.20 Grafik output *validasi* kedua

Pada proses *validasi* kedua ini didapatkan nilai RMSE sebesar  $1.0587e-7$  . Hasil dari kedua *validasi* menunjukkan nilai RMSE yang relatif kecil (mendekati nol) sehingga dapat dikatakan jaringan syaraf tiruan yang dibentuk mampu memprediksi tingkat kebisingan yang dikehendaki.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisa data pada penelitian Tugas Akhir ini, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan proses *validasi* yang telah dilakukan sebanyak dua kali maka model JST yang telah terbentuk mampu dipergunakan untuk memprediksi tingkat kebisingan pada gerbong eksekutif lain yang mempunyai struktur dan bentuk yang sama. Hasil dari simulasi dan analisa data adalah sebagai berikut :

- Pemodelan dengan JST yang terbaik pada proses *training* dengan menggunakan data 350 buah yang berasal dari pengukuran pada gerbong eksekutif pertama didapat pada *history length* 1 dan jumlah *hidden node* 1 dengan menghasilkan  $RMSE = 6.8460e-8$  pada saat iterasi 15.
- Pada proses *validasi* dengan menggunakan data sebanyak 162 buah yang berasal dari pengukuran pada gerbong eksekutif pertama didapatkan  $RMSE = 7.9250e-7$ .
- Pada proses *validasi* dengan menggunakan data sebanyak 520 buah yang berasal dari pengukuran pada gerbong eksekutif kedua didapatkan  $RMSE = 1.0587e-7$ .

### 5.2 Saran

Beberapa saran yang perlu disampaikan dalam laporan ini dalam rangka pengembangan penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

- Untuk mengembangkan penelitian ini maka perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan struktur model yang lain seperti NNOE

- Untuk mengembangkan penelitian ini maka dapat dilakukan prediksi tingkat kebisingan pada gerbong dengan menggunakan *fuzzy*.
- Untuk mengembangkan penelitian ini maka dapat dilakukan prediksi tingkat kebisingan pada gerbong kelas bisnis atau ekonomi yang tingkat kebisingannya lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azizurrohmah, Nafi' H. 2005. **Analisa Kebisingan Dalam Kereta Api Komuter**. Surabaya : Teknik Fisika.ITS
- Beranek, Leo L. 1954. **Fundamentals of Acoustics**. New York : mCgRAW-Hill
- INKA. **Handbook Kereta Api Sancaka**. Madiun : INKA
- Magnus Nørgaard, Ravn, O. Poulsen, N.K. dan Hansen, L.K. 2000. **Neural Network for Modelling and Control of Dynamic Systems**. London: Verlag Springer.
- Magnus, Nørgaard 2000. **Neural Network Based System Identification TOOLBOX For Use with MATLAB, Version 2**. Denmark: Department of Automation. Department of Mathematical Modelling. Technical University of Denmark.
- P.M. Nelso, Bsc.PHD, FIOA. 1987. **Transportation Noise Reference Book**. England : Butterworth & Co.Ltd
- Siang, J.J. 2005. **Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB**. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Smith, B.J. 1996. **Acoustics and Noise Control**. London: Logman Group
- Widjiantoro, Bambang L. 2005: **Handout Ajar Jaringan syaraf Tiruan**. Jurusan Teknik Fisika. ITS.
- [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)
- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)



## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, N.G. H. 2002. Analisis Kebisingan Dalam Kereta Api Komuter Surabaya. Teknik Sipil ITS
- Daniel, I. and J. 1974. Fundamentals of Acoustics. New York: McGraw-Hill
- ENR. Handbook Kereta Api. Jakarta: Mahana; ENKA
- Milovanovic, R. and O. P. 2000. Noise and Vibration Control of Dynamic Systems. London: VCH Verlag
- Milovanovic, R. 2000. Neural Network Based System Identification TOOLBOX For Use with MATLAB. Version 2.1. Toronto: Department of Automation, University of Toronto
9. 2002. Noise, KES. PhD FIOA 1987. Transportation Noise Reference Book. London: Butterworth & Co Ltd
2002. 11. 2002. Jaringan Syaraf Tiruan dan Programannya. Yogyakarta: Andi
- Smith, R. 1998. Acoustics and Noise Control. London: Longman Group
- Wahid, H. 2002. Handbook Jarak Jaringan Syaraf Tiruan. Jakarta: Elex Media Komputing

## LAMPIRAN A

### DATA INPUT OUTPUT TRAINING GERBONG SANCAKA EKSEKUTIF PERTAMA

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
1	11	60	52	70
2	11	61	52	70
3	11	58	52	70
4	11	59	52	70
5	11	56	52	70
6	11	58	52	70
7	11	58	52	70
8	11	55	52	70
9	11	57	52	70
10	11	59	52	70
11	12	58	52	70
12	12	56	52	70
13	12	57	52	70
14	12	60	52	70
15	12	56	52	70
16	12	60	52	70
17	12	59	52	70
18	12	57	52	70
19	12	59	52	70
20	12	57	52	70
21	14	56	52	70
22	14	58	52	70
23	14	57	52	70
24	14	62	52	70
25	14	57	52	70
26	14	58	52	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
27	14	59	52	70
28	14	60	52	70
29	14	57	52	70
30	14	59	52	70
31	15	57	52	70
32	15	58	52	70
33	15	58	52	70
34	15	59	52	70
35	15	57	52	70
36	15	57	52	70
37	15	57	52	70
38	15	60	52	70
39	15	59	52	70
40	15	58	52	70
41	21	60	52	70
42	21	57	52	70
43	21	57	52	70
44	21	56	52	70
45	21	59	52	70
46	21	57	52	70
47	21	59	52	70
48	21	60	52	70
49	21	60	52	70
50	21	57	52	70
51	22	57	52	70
52	22	56	52	70
53	22	58	52	70
54	22	57	52	70
55	22	57	52	70
56	22	60	52	70
57	22	60	52	70



No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
58	22	57	52	70
59	22	57	52	70
60	22	58	52	70
61	24	59	52	70
62	24	56	52	70
63	24	57	52	70
64	24	57	52	70
65	24	59	52	70
66	24	57	52	70
67	24	59	52	70
68	24	59	52	70
69	24	57	52	70
70	24	57	52	70
71	25	58	52	70
72	25	56	52	70
73	25	57	52	70
74	25	60	52	70
75	25	61	52	70
76	25	58	52	70
77	25	59	52	70
78	25	56	52	70
79	25	57	52	70
80	25	60	52	70
81	31	57	52	70
82	31	58	52	70
83	31	60	52	70
84	31	57	52	70
85	31	56	52	70
86	31	59	52	70
87	31	57	52	70
88	31	59	52	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
89	31	58	52	70
90	31	58	52	70
91	32	57	52	70
92	32	59	52	70
93	32	58	52	70
94	32	56	52	70
95	32	57	52	70
96	32	60	52	70
97	32	56	52	70
98	32	56	52	70
99	32	58	52	70
100	32	58	52	70
101	34	55	52	70
102	34	56	52	70
103	34	60	52	70
104	34	67	52	70
105	34	65	52	70
106	34	61	52	70
107	34	60	52	70
108	34	60	52	70
109	34	60	52	70
110	34	60	52	70
111	35	60	52	70
112	35	60	52	70
113	35	59	52	70
114	35	58	52	70
115	35	59	52	70
116	35	57	52	70
117	35	56	52	70
118	35	58	52	70
119	35	58	52	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
120	35	54	52	70
121	41	58	52	70
122	41	58	52	70
123	41	62	52	70
124	41	63	52	70
125	41	61	52	70
126	41	60	52	70
127	41	62	52	70
128	41	62	52	70
129	41	61	52	70
130	41	63	52	70
131	42	63	52	70
132	42	61	52	70
133	42	60	52	70
134	42	59	52	70
135	42	59	52	70
136	42	59	52	70
137	42	57	52	70
138	42	56	52	70
139	42	59	52	70
140	42	60	52	70
141	44	58	52	70
142	44	59	52	70
143	44	57	52	70
144	44	54	52	70
145	44	57	52	70
146	44	57	52	70
147	44	57	52	70
148	44	56	52	70
149	44	60	52	70
150	44	55	52	70



No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
151	45	58	52	70
152	45	58	52	70
153	45	56	52	70
154	45	59	52	70
155	45	57	52	70
156	45	57	52	70
157	45	59	52	70
158	45	58	52	70
159	45	58	52	70
160	45	58	52	70
161	51	56	52	70
162	51	52	52	70
163	51	57	52	70
164	51	56	52	70
165	51	57	52	70
166	51	60	52	70
167	51	57	52	70
168	51	59	52	70
169	51	57	52	70
170	51	54	52	70
171	52	59	52	70
172	52	57	52	70
173	52	56	52	70
174	52	59	52	70
175	52	59	52	70
176	52	58	52	70
177	52	60	52	70
178	52	58	52	70
179	52	57	52	70
180	52	58	52	70
181	54	58	52	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
182	54	56	52	70
183	54	57	52	70
184	54	57	52	70
185	54	58	52	70
186	54	57	52	70
187	54	56	52	70
188	54	58	52	70
189	54	57	52	70
190	54	54	52	70
191	55	57	52	70
192	55	60	52	70
193	55	60	52	70
194	55	62	52	70
195	55	60	52	70
196	55	60	52	70
197	55	62	52	70
198	55	58	52	70
199	55	59	52	70
200	55	60	52	70
201	61	60	52	70
202	61	59	52	70
203	61	58	52	70
204	61	56	52	70
205	61	59	52	70
206	61	58	52	70
207	61	56	52	70
208	61	59	52	70
209	62	69	52	70
210	62	69	52	70
211	62	66	52	70
212	62	64	52	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
213	62	64	52	70
214	62	63	52	70
215	62	67	52	70
216	62	69	52	70
217	62	71	52	70
218	62	70	52	70
219	64	69	52	70
220	64	69	52	70
221	64	65	52	70
222	64	62	52	70
223	64	61	52	70
224	64	70	52	70
225	64	73	52	70
226	64	68	52	70
227	65	65	52	70
228	65	65	52	70
229	65	65	52	70
230	65	69	52	70
231	65	73	52	70
232	65	72	52	70
233	65	74	52	70
234	65	70	52	70
235	65	70	52	70
236	65	69	52	70
237	71	64	52	70
238	71	63	52	70
239	71	57	52	70
240	71	59	52	70
241	71	58	52	70
242	71	58	52	70
243	71	57	52	70



No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
244	71	59	52	70
245	71	58	52	70
246	71	56	52	70
247	72	57	52	70
248	72	60	52	70
249	72	56	52	70
250	72	56	52	70
251	72	58	52	70
252	72	58	52	70
253	72	55	52	70
254	72	56	52	70
255	72	60	52	70
256	72	67	52	70
257	74	65	52	70
258	74	61	52	70
259	74	60	52	70
260	74	60	52	70
261	74	60	52	70
262	74	60	52	70
263	74	56	52	70
264	74	59	52	70
265	75	69	52	70
266	75	69	52	70
267	75	66	52	70
268	75	64	52	70
269	75	64	52	70
270	75	63	52	70
271	75	67	52	70
272	75	59	52	70
273	75	58	52	70
274	75	56	52	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
275	81	57	52	70
276	81	60	52	70
277	81	56	52	70
278	81	60	52	70
279	81	59	52	70
280	81	57	52	70
281	81	58	52	70
282	81	57	52	70
283	81	62	52	70
284	81	57	52	70
285	82	58	52	70
286	82	59	52	70
287	82	60	52	70
288	82	57	52	70
289	82	59	52	70
290	82	57	52	70
291	82	58	52	70
292	82	58	52	70
293	82	59	52	70
294	82	57	52	70
295	84	57	52	70
296	84	57	52	70
297	84	60	52	70
298	84	59	52	70
299	84	58	52	70
300	84	57	52	70
301	84	59	52	70
302	84	57	52	70
303	84	59	52	70
304	84	59	52	70
305	85	57	52	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
306	85	57	52	70
307	85	58	52	70
308	85	56	52	70
309	85	57	52	70
310	85	60	52	70
311	85	61	52	70
312	85	58	52	70
313	85	59	52	70
314	85	56	52	70
315	91	57	52	70
316	91	61	52	70
317	91	70	52	70
318	91	73	52	70
319	91	68	52	70
320	91	65	52	70
321	91	65	52	70
322	91	65	52	70
323	92	69	52	70
324	92	73	52	70
325	92	72	52	70
326	92	74	52	70
327	92	70	52	70
328	92	70	52	70
329	92	69	52	70
330	92	64	52	70
331	92	62	52	70
332	92	57	52	70
333	94	58	52	70
334	94	59	52	70
335	94	60	52	70
336	94	57	52	70



No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
337	94	59	52	70
338	94	57	52	70
339	94	58	52	70
340	94	58	52	70
341	94	59	52	70
342	94	57	52	70
343	95	57	45	70
344	95	57	45	70
345	95	60	45	70
346	95	59	45	70
347	95	58	45	70
348	95	60	45	70
349	95	57	45	70
350	95	57	45	70

**DATA INPUT OUTPUT VALIDASI  
GERBONG SANCAKA EKSEKUTIF PERTAMA**

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
1	95	56	45	70
2	95	59	45	70
3	101	57	45	70
4	101	58	45	70
5	101	59	45	70
6	101	60	45	70
7	101	57	45	70
8	101	59	45	70
9	101	57	45	70
10	101	58	45	70



No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
11	101	58	45	70
12	101	59	45	70
13	102	57	45	70
14	102	57	45	70
15	102	59	45	70
16	102	57	45	70
17	102	54	45	70
18	102	57	45	70
19	102	57	45	70
20	102	57	45	70
21	102	56	45	70
22	102	60	45	70
23	104	55	45	70
24	104	58	45	70
25	104	58	45	70
26	104	56	45	70
27	104	59	45	70
28	104	57	45	70
29	104	57	45	70
30	104	59	45	70
31	104	57	45	70
32	104	57	45	70
33	105	60	45	70
34	105	60	45	70
35	105	57	45	70
36	105	57	45	70
37	105	58	45	70
38	105	59	45	70
39	105	56	45	70
40	105	57	45	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
41	105	57	45	70
42	105	59	45	70
43	111	57	38	70
44	111	59	38	70
45	111	59	38	70
46	111	57	38	70
47	111	57	38	70
48	111	58	38	70
49	111	56	38	70
50	111	57	38	70
51	111	60	38	70
52	111	61	38	70
53	112	58	38	70
54	112	59	38	70
55	112	56	38	70
56	112	57	38	70
57	112	60	38	70
58	112	57	38	70
59	112	58	38	70
60	112	60	38	70
61	112	57	38	70
62	112	56	38	70
63	114	59	38	70
64	114	60	38	70
65	114	61	38	70
66	114	58	38	70
67	114	59	38	70
68	114	56	38	70
69	114	58	38	70
70	114	58	38	70



No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
71	114	55	38	70
72	114	57	38	70
73	115	59	38	70
74	115	58	38	70
75	115	56	38	70
76	115	57	38	70
77	115	60	38	70
78	115	56	38	70
79	115	60	38	70
80	115	59	38	70
81	115	57	38	70
82	115	59	38	70
83	121	57	38	70
84	121	56	38	70
85	121	60	38	70
86	121	60	38	70
87	121	60	38	70
88	121	60	38	70
89	121	60	38	70
90	121	60	38	70
91	121	59	38	70
92	121	58	38	70
93	122	59	38	70
94	122	57	38	70
95	122	56	38	70
96	122	58	38	70
97	122	58	38	70
98	122	54	38	70
99	122	58	38	70
100	122	58	38	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
101	122	62	38	70
102	122	63	38	70
103	124	61	38	70
104	124	60	38	70
105	124	62	38	70
106	124	62	38	70
107	124	61	38	70
108	124	59	38	70
109	124	60	38	70
110	124	58	38	70
111	124	59	38	70
112	124	57	38	70
113	125	54	38	70
114	125	57	38	70
115	125	57	38	70
116	125	57	38	70
117	125	56	38	70
118	125	60	38	70
119	125	55	38	70
120	125	58	38	70
121	125	58	38	70
122	125	56	38	70
123	131	59	38	70
124	131	57	38	70
125	131	57	38	70
126	131	59	38	70
127	131	58	38	70
128	131	58	38	70
129	131	58	38	70
130	131	56	38	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
131	131	52	38	70
132	131	57	38	70
133	132	56	38	70
134	132	57	38	70
135	132	60	38	70
136	132	56	38	70
137	132	58	38	70
138	132	57	38	70
139	132	54	38	70
140	132	57	38	70
141	132	60	38	70
142	132	60	38	70
143	134	62	38	70
144	134	60	38	70
145	134	60	38	70
146	134	62	38	70
147	134	58	38	70
148	134	59	38	70
149	134	60	38	70
150	134	60	38	70
151	134	59	38	70
152	134	58	38	70
153	135	56	38	70
154	135	58	38	70
155	135	60	38	70
156	135	57	38	70
157	135	57	38	70
158	135	56	38	70
159	135	59	38	70
160	135	68	38	70



No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
161	135	65	38	70
162	135	57	38	70

**DATA INPUT OUTPUT VALIDASI  
GERBONG SANCAKA EKSEKUTIF KEDUA**

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
1	11	59	50	70
2	11	57	50	70
3	11	59	50	70
4	11	57	50	70
5	11	60	50	70
6	11	60	50	70
7	11	57	50	70
8	11	57	50	70
9	11	58	50	70
10	11	59	50	70
11	12	56	50	70
12	12	57	50	70
13	12	57	50	70
14	12	58	50	70
15	12	59	50	70
16	12	57	50	70
17	12	54	50	70
18	12	57	50	70
19	12	57	50	70
20	12	59	50	70
21	14	58	50	70
22	14	56	50	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
23	14	57	50	70
24	14	60	50	70
25	14	56	50	70
26	14	60	50	70
27	14	63	50	70
28	14	61	50	70
29	14	60	50	70
30	14	62	50	70
31	15	62	50	70
32	15	61	50	70
33	15	59	50	70
34	15	58	50	70
35	15	56	50	70
36	15	58	50	70
37	15	60	50	70
38	15	57	50	70
39	15	57	50	70
40	15	69	50	70
41	21	73	50	70
42	21	72	50	70
43	21	74	50	70
44	21	70	50	70
45	21	70	50	70
46	21	69	50	70
47	21	60	50	70
48	21	57	50	70
49	21	56	50	70
50	21	59	50	70
51	22	60	50	70
52	22	61	50	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
53	22	58	50	70
54	22	58	50	70
55	22	58	50	70
56	22	58	50	70
57	22	56	50	70
58	22	52	50	70
59	22	57	50	70
60	22	56	50	70
61	24	57	50	70
62	24	60	50	70
63	24	56	50	70
64	24	58	50	70
65	24	62	50	70
66	24	63	50	70
67	24	61	50	70
68	24	60	50	70
69	24	62	50	70
70	24	62	50	70
71	25	60	50	70
72	25	60	50	70
73	25	60	50	70
74	25	56	50	70
75	25	59	50	70
76	25	57	50	70
77	25	56	50	70
78	25	59	50	70
79	25	57	50	70
80	25	58	50	70
81	31	59	50	70
82	31	60	50	70



No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
83	31	59	50	70
84	31	57	50	70
85	31	59	50	70
86	31	57	50	70
87	31	56	50	70
88	31	60	50	70
89	31	60	50	70
90	31	59	50	70
91	32	56	50	70
92	32	57	50	70
93	32	60	50	70
94	32	57	50	70
95	32	58	50	70
96	32	60	50	70
97	32	57	50	70
98	32	56	50	70
99	32	59	50	70
100	32	57	50	70
101	34	58	50	70
102	34	59	50	70
103	34	56	50	70
104	34	58	50	70
105	34	58	50	70
106	34	55	50	70
107	34	56	50	70
108	34	57	50	70
109	34	60	50	70
110	34	56	50	70
111	35	56	50	70
112	35	60	50	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
113	35	61	50	70
114	35	60	50	70
115	35	59	50	70
116	35	59	50	70
117	35	59	50	70
118	35	57	50	70
119	35	56	50	70
120	35	60	50	70
121	41	56	50	70
122	41	56	50	70
123	41	58	50	70
124	41	58	50	70
125	41	55	50	70
126	41	56	50	70
127	41	60	50	70
128	41	67	50	70
129	41	57	50	70
130	41	59	50	70
131	42	58	50	70
132	42	56	50	70
133	42	57	50	70
134	42	60	50	70
135	42	56	50	70
136	42	60	50	70
137	42	60	50	70
138	42	67	50	70
139	42	65	50	70
140	42	61	50	70
141	44	60	50	70
142	44	60	50	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
143	44	60	50	70
144	44	60	50	70
145	44	60	50	70
146	44	60	50	70
147	44	59	50	70
148	44	56	50	70
149	44	58	50	70
150	44	57	50	70
151	45	62	50	70
152	45	57	50	70
153	45	58	50	70
154	45	59	50	70
155	45	60	50	70
156	45	57	50	70
157	45	59	50	70
158	45	57	50	70
159	45	58	50	70
160	45	58	50	70
161	51	59	50	70
162	51	57	50	70
163	51	57	50	70
164	51	57	50	70
165	51	60	50	70
166	51	60	50	70
167	51	55	50	70
168	51	58	50	70
169	51	58	50	70
170	51	56	50	70
171	52	59	50	70
172	52	57	50	70



No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
173	52	57	50	70
174	52	59	50	70
175	52	57	50	70
176	52	70	50	70
177	52	73	50	70
178	52	68	50	70
179	52	65	50	70
180	52	65	50	70
181	54	65	50	70
182	54	69	50	70
183	54	73	50	70
184	54	72	50	70
185	54	56	50	70
186	54	59	50	70
187	54	68	50	70
188	54	65	50	70
189	54	57	50	70
190	54	65	50	70
191	55	61	50	70
192	55	60	50	70
193	55	59	50	70
194	55	58	50	70
195	55	60	50	70
196	55	57	50	70
197	55	57	50	70
198	55	56	50	70
199	55	59	50	70
200	55	57	50	70
201	61	59	50	70
202	61	59	50	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
203	61	57	50	70
204	61	59	50	70
205	61	59	50	70
206	61	57	50	70
207	61	57	50	70
208	61	58	50	70
209	61	56	50	70
210	61	57	50	70
211	62	71	50	70
212	62	72	50	70
213	62	60	50	70
214	62	60	50	70
215	62	59	50	70
216	62	58	50	70
217	62	56	50	70
218	62	59	50	70
219	62	58	50	70
220	62	56	50	70
221	64	59	50	70
222	64	69	50	70
223	64	57	50	70
224	64	59	50	70
225	64	59	50	70
226	64	57	50	70
227	64	57	50	70
228	64	58	50	70
229	64	56	50	70
230	64	57	50	70
231	65	63	50	70
232	65	65	50	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
233	65	60	50	70
234	65	57	50	70
235	65	59	50	70
236	65	57	50	70
237	65	58	50	70
238	65	58	50	70
239	65	59	50	70
240	65	57	50	70
241	71	57	50	70
242	71	62	50	70
243	71	60	50	70
244	71	60	50	70
245	71	62	50	70
246	71	58	50	70
247	71	59	50	70
248	71	62	50	70
249	71	57	50	70
250	71	58	50	70
251	72	59	50	70
252	72	60	50	70
253	72	57	50	70
254	72	59	50	70
255	72	57	50	70
256	72	58	50	70
257	72	58	50	70
258	72	59	50	70
259	72	57	50	70
260	72	57	50	70
261	74	57	50	70
262	74	57	50	70



No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
263	74	60	50	70
264	74	59	50	70
265	74	58	50	70
266	74	60	50	70
267	74	57	50	70
268	74	60	50	70
269	74	64	50	70
270	74	67	50	70
271	75	60	50	70
272	75	59	50	70
273	75	57	50	70
274	75	54	50	70
275	75	57	50	70
276	75	57	50	70
277	75	57	50	70
278	75	56	50	70
279	75	60	50	70
280	75	60	50	70
281	81	60	50	70
282	81	59	50	70
283	81	58	50	70
284	81	59	50	70
285	81	57	50	70
286	81	59	50	70
287	81	57	50	70
288	81	54	50	70
289	81	57	50	70
290	81	57	50	70
291	82	57	50	70
292	82	56	50	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
293	82	60	50	70
294	82	60	50	70
295	82	57	50	70
296	82	54	50	70
297	82	57	50	70
298	82	60	50	70
299	82	60	50	70
300	82	60	50	70
301	84	57	50	70
302	84	59	50	70
303	84	57	50	70
304	84	58	50	70
305	84	61	50	70
306	84	63	50	70
307	84	63	50	70
308	84	61	50	70
309	84	58	50	70
310	84	59	50	70
311	85	57	50	70
312	85	57	50	70
313	85	56	50	70
314	85	58	50	70
315	85	58	50	70
316	85	54	50	70
317	85	58	50	70
318	85	58	50	70
319	85	62	50	70
320	85	59	50	70
321	91	60	50	70
322	91	58	50	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
323	91	60	50	70
324	91	59	50	70
325	91	58	50	70
326	91	57	50	70
327	91	59	50	70
328	91	57	50	70
329	91	60	50	70
330	91	63	50	70
331	92	59	47	70
332	92	56	47	70
333	92	58	47	70
334	92	58	47	70
335	92	55	47	70
336	92	57	47	70
337	92	61	47	70
338	92	58	47	70
339	92	59	47	70
340	92	56	47	70
341	94	55	47	70
342	94	58	47	70
343	94	58	47	70
344	94	56	47	70
345	94	59	47	70
346	94	57	47	70
347	94	57	47	70
348	94	59	47	70
349	94	58	47	70
350	94	59	47	70
351	95	56	42	70
352	95	57	42	70



No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
353	95	57	42	70
354	95	59	42	70
355	95	59	42	70
356	95	58	42	70
357	95	56	42	70
358	95	57	42	70
359	95	60	42	70
360	95	56	42	70
361	101	57	42	70
362	101	60	42	70
363	101	57	42	70
364	101	58	42	70
365	101	57	42	70
366	101	60	42	70
367	101	60	42	70
368	101	57	42	70
369	101	57	42	70
370	101	59	42	70
371	102	57	42	70
372	102	56	42	70
373	102	59	42	70
374	102	59	42	70
375	102	58	42	70
376	102	60	42	70
377	102	58	42	70
378	102	57	42	70
379	102	58	42	70
380	102	70	42	70
381	104	69	42	70
382	104	69	42	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
383	104	65	42	70
384	104	62	42	70
385	104	61	42	70
386	104	70	42	70
387	104	61	42	70
388	104	58	42	70
389	104	58	42	70
390	104	57	42	70
391	105	59	42	70
392	105	58	42	70
393	105	56	42	70
394	105	57	42	70
395	105	60	42	70
396	105	60	42	70
397	105	57	42	70
398	105	57	42	70
399	105	56	42	70
400	105	58	42	70
401	111	57	38	70
402	111	57	38	70
403	111	58	38	70
404	111	58	38	70
405	111	55	38	70
406	111	56	38	70
407	111	57	38	70
408	111	56	38	70
409	111	60	38	70
410	111	55	38	70
411	112	58	38	70
412	112	58	38	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
413	112	56	38	70
414	112	59	38	70
415	112	57	38	70
416	112	57	38	70
417	112	59	38	70
418	112	74	38	70
419	112	70	38	70
420	112	70	38	70
421	114	69	38	70
422	114	64	38	70
423	114	62	38	70
424	114	57	38	70
425	114	58	38	70
426	114	59	38	70
427	114	60	38	70
428	114	59	38	70
429	114	58	38	70
430	114	58	38	70
431	115	57	38	70
432	115	59	38	70
433	115	58	38	70
434	115	64	38	70
435	115	63	38	70
436	115	57	38	70
437	115	59	38	70
438	115	58	38	70
439	115	60	38	70
440	115	60	38	70
441	121	62	38	70
442	121	60	38	70



No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
443	121	60	38	70
444	121	62	38	70
445	121	58	38	70
446	121	59	38	70
447	121	60	38	70
448	121	59	38	70
449	121	59	38	70
450	121	57	38	70
451	122	57	38	70
452	122	58	38	70
453	122	56	38	70
454	122	57	38	70
455	122	60	38	70
456	122	58	38	70
457	122	59	38	70
458	122	57	38	70
459	122	56	38	70
460	122	58	38	70
461	124	58	38	70
462	124	54	38	70
463	124	58	38	70
464	124	58	38	70
465	124	61	38	70
466	124	58	38	70
467	124	59	38	70
468	124	56	38	70
469	124	57	38	70
470	124	61	38	70
471	125	57	38	70
472	125	60	38	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
473	125	57	38	70
474	125	59	38	70
475	125	57	38	70
476	125	54	38	70
477	125	69	38	70
478	125	69	38	70
479	125	66	38	70
480	125	64	38	70
481	131	64	38	70
482	131	63	38	70
483	131	67	38	70
484	131	59	38	70
485	131	57	38	70
486	131	58	38	70
487	131	57	38	70
488	131	59	38	70
489	131	60	38	70
490	131	58	38	70
491	132	58	38	70
492	132	58	38	70
493	132	56	38	70
494	132	52	38	70
495	132	57	38	70
496	132	56	38	70
497	132	58	38	70
498	132	56	38	70
499	132	57	38	70
500	132	57	38	70
501	134	58	38	70
502	134	57	38	70

No	Posisi	TTB overall	Jumlah penumpang	Target
503	134	56	38	70
504	134	58	38	70
505	134	57	38	70
506	134	54	38	70
507	134	57	38	70
508	134	73	38	70
509	134	68	38	70
510	134	65	38	70
511	135	65	38	70
512	135	65	38	70
513	135	69	38	70
514	135	66	38	70
515	135	64	38	70
516	135	64	38	70
517	135	63	38	70
518	135	67	38	70
519	135	69	38	70
520	135	71	38	70



No	Barang	TTB Awal	Jumlah Pengurangan	TARGET
202	134	70	23	70
203	24	12	12	70
204	24	22	12	70
205	124	24	22	70
207	124	22	28	70
208	124	22	28	70
209	124	22	28	70
210	124	22	28	70
211	124	22	28	70
212	124	22	28	70
213	124	22	28	70
214	124	22	28	70
215	124	22	28	70
216	124	22	28	70
217	124	22	28	70
218	124	22	28	70
219	124	22	28	70
220	124	22	28	70

## LAMPIRAN B

### RMSE (*Root Mean Square Error*) Tahap *Training* Pemodelan

History Length		Hidden Node									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	RMSE	6.8460 e-8	7.8483 e-5	9.0467 e-8	6.3405 e-6	2.4337 e-7	8.7420 e-8	1.1891 e-6	7.3008 e-7	3.7195 e-7	4.1119 e-7
2	RMSE	2.7820 e-6	7.8483 e-5	9.0467 e-8	6.3405 e-6	2.4337 e-7	8.7420 e-8	1.1891 e-6	7.3008 e-7	3.7195 e-7	4.1119 e-7
3	RMSE	2.7820 e-6	7.8483 e-5	9.0467 e-8	6.3405 e-6	2.4337 e-7	8.7420 e-8	1.1891 e-6	7.3008 e-7	3.7195 e-7	4.1119 e-7
4	RMSE	7.5861 e-7	1.3913 e-7	5.7851 e-7	7.2454 e-9	1.8234 e-8	3.3151 e-9	3.2186 e-9	3.1062 e-8	8.5155 e-8	1.0022 e-8
5	RMSE	8.3689 e-8	4.1830 e-7	1.0991 e-6	5.6578 e-7	4.1234 e-8	2.9154 e-8	4.4769 e-8	6.0493 e-8	4.0094 e-9	1.5683 e-9

**RMSE (Root Mean Square Error) Tahap Validasi Pertama Pemodelan**

History Length		Hidden Node									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	RMSE	7.9250 e-7	2.0804 e-7	1.1253 e-6	7.0394 e-5	3.0187 e-6	1.0814 e-6	1.4677 e-5	8.9799 e-6	4.6087 e-6	5.0520 e-6
2	RMSE	5.9335 e-6	1.9900 e-7	9.5055 e-8	7.4872 e-7	1.3953 e-7	7.6891 e-7	3.1731 e-7	4.6195 e-7	4.9577 e-7	7.744 e-7
3	RMSE	6.9937 e-6	2.3390 e-7	2.5160 e-7	3.4415 e-7	2.9440 e-7	3.3010 e-7	1.2490 e-7	1.1707 e-7	1.7563 e-6	1.8636 e-7
4	RMSE	2.3745 e-6	2.8236 e-7	4.0064 e-6	3.8185 e-6	8.4244 e-8	3.1349 e-7	4.8722 e-8	3.4223 e-7	8.7118 e-7	1.2732 e-7
5	RMSE	1.6611 e-7	8.3720 e-7	2.4613 e-6	2.1741 e-6	2.9756 e-7	2.0267 e-7	2.6331 e-7	1.0517 e-6	9.089 e-8	5.2678 e-8



**RMSE (Root Mean Square Error) Tahap Validasi Kedua Pemodelan**

History Length		Hidden Node									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	RMSE	1.0587 e-7	7.8483 e-5	9.0467 e-8	6.3405 e-6	2.4337 e-7	8.7420 e-8	3.7195 e-7	7.3008 e-7	4.6087 e-6	4.1119 e-7
2	RMSE	2.2364 e-6	6.2052 e-8	1.9735 e-8	2.0116 e-7	5.5697 e-8	1.9188 e-7	8.6064 e-8	1.0585 e-7	1.1470 e-7	2.0802 e-7
3	RMSE	1.9098 e-6	9.2019 e-8	7.7781 e-8	1.2317 e-7	5.4359 e-8	1.2521 e-7	2.1240 e-8	4.9918 e-8	5.5437 e-7	6.7939 e-8
4	RMSE	4.3794 e-6	2.0804 e-7	9.5055 e-8	7.4872 e-7	1.3953 e-7	7.6891 e-7	3.1731 e-7	4.6195 e-7	4.9577 e-7	7.7440 e-7
5	RMSE	5.9335 e-6	1.9900 e-7	2.5160 e-7	3.4415 e-7	2.9440 e-7	3.3010 e-7	1.2490 e-7	1.1707 e-7	1.7563 e-6	1.8636 e-7



## LAMPIRAN C LISTING PROGRAM

- Menampilkan grafik data input output hasil pengukuran di gerbong pertama yang belum dinormalisasi

```
load data
```

```
figure(1)
subplot(2,1,1);plot(u1);grid;
title('input posisi')
legend('input posisi');
xlabel('sampel data')
ylabel('posisi')
subplot(2,1,2);plot(u2);grid;
title('input tingkat kebisingan overall')
legend('input tingkat kebisingan overall');
xlabel('sampel data')
ylabel('tingkat kebisingan overall')
```

```
figure(2)
subplot(2,1,1);plot(u3);grid;
title('input jumlah penumpang')
legend('input jumlah penumpang');
xlabel('sampel data')
ylabel('jumlah penumpang')
subplot(2,1,2);plot(y1);grid;
title('output tingkat kebisingan standard')
legend('output tingkat kebisingan standard');
xlabel('sampel data')
ylabel('output tingkat kebisingan standard')
```



- **Menampilkan grafik data input output hasil pengukuran di gerbong pertama yang belum dinormalisasi**

```

load data
figure(1)
subplot (2,1,1);plot(u1);grid;
title('input posisi')
legend('input posisi');
xlabel('sampel data')
ylabel('posisi')
subplot(2,1,2);plot(u2);grid;
title('input tingkat kebisingan overall')
legend('input tingkat kebisingan overall');
xlabel('sampel data')
ylabel('tingkat kebisingan overall')

figure (2)
subplot(2,1,1);plot(u3);grid;
title('input jumlah penumpang')
legend('input jumlah penumpang');
xlabel('sampel data')
ylabel('jumlah penumpang')
subplot(2,1,2);plot(y1);grid
title('output tingkat kebisingan standard')
legend('output tingkat kebisingan standard');
xlabel('sampel data')
ylabel('output tingkat kebisingan standard')

```

- **Proses Training**

```

% -----PEMODELAN JST -----
% Program Jaringan Syaraf Tiruan untuk
mendapatkan Model JST

clear all
close all

```

```
clc
```

```
% ----- TRAINING -----  
% Load data input output  
load data  
load data_scal  
  
u11 = u1s(1:350); %sebagai data input 1  
u12 = u2s(1:350); %sebagai data input 2  
u13 = u3s(1:350); %sebagai data input 3  
y11 = y1s(1:350); %sebagai data output  
  
% Menampilkan grafik data input output training  
figure(1)  
subplot (2,1,1);plot(u1);grid;  
title('input posisi')  
legend('input posisi');  
xlabel('sampel data')  
ylabel('posisi')  
subplot(2,1,2);plot(u2);grid;  
title('input tingkat kebisingan overall')  
legend('input tingkat kebisingan overall');  
xlabel('sampel data')  
ylabel('tingkat kebisingan overall')  
  
figure (2)  
subplot(2,1,1);plot(u3);grid;  
title('input jumlah penumpang')  
legend('input jumlah penumpang');  
xlabel('sampel data')  
ylabel('jumlah penumpang')  
subplot(2,1,2);plot(y1);grid  
title('output tingkat kebisingan standard')  
legend('output tingkat kebisingan standard');  
xlabel('sampel data')  
ylabel('output tingkat kebisingan standard')  
  
strvcat('Figure 1 dan 2 adalah data input output  
training ',...  

```

```

'Tekan sembarang tombol untuk melanjutkan!')
pause;

% Konstruksi dari matrik input training
hist = [1 1 1 1];
[n_rows,n_col] = size(u11);

% Membuat matrik regressor training
data_latih = zeros(n_rows-1,sum(hist));

for i = 1:hist(1),
    data_latih(:,i) = [zeros(-
1+i,1);y11(1:n_rows-1+1-i)];
end

for j = 1:hist(2),
    data_latih(:,sum(hist(1))+j) = [zeros(-
1+j,1);u11(1:n_rows-1+1-j)];
end

for k = 1:hist(3),
    data_latih(:,sum(hist(1:2))+k) = [zeros(-
1+k,1);u12(1:n_rows-1+1-k)];
end

for l = 1:hist(4),
    data_latih(:,sum(hist(1:3))+l) = [zeros(-
1+l,1);u13(1:n_rows-1+1-l)];
end

PHI = data_latih'; % matrik PHI merupakan
regressor bagi model plant JST

Y = zeros(n_rows-1,1);
Y(:,1) = y11(2:end);
Y_target = Y';

NN = [hist(1) hist(2) hist(3) hist(4) 1];

```



### ↳ Konstruksi dari struktur jaringan

```
NetDeff = ['H';'L'];  
trparms = settrain;  
[W1f,W2f,PI_vec,yhat] =  
marq_rev(NetDeff,[],[],PHI,Y_target,trparms);
```

### ↳ Root Mean Square Error

```
RMSE_training = rmse(Y_target,yhat)  
display('Nilai di atas adalah RMSE untuk  
training');
```

### ↳ Prediksi error

```
error=Y_target-yhat;
```

### ↳ Descalling

```
yhat1=yhat*135;
```

### ↳ Menampilkan grafik hasil training

```
figure(3)  
subplot(2,1,1);  
plot(y1(2:350));  
hold on  
plot(yhat1,'r--');  
grid  
title('Output kebisingan');  
legend('Solid : proses output', 'Dash : model  
output');  
xlabel('sampel data');  
ylabel('tingkat kebisingan');  
  
subplot(2,1,2);  
plot(error)  
grid  
title('Prediksi error(y-yhat)');  
xlabel('sampel data');  
ylabel('error');
```

```
% Menyimpan data
save forward NN W1f W2f NetDeff hist
```

### • Proses Validasi

```
% ----- VALIDASI -----
clear all
close all
clc
```

```
% Load data input output
load data
load data_scal
load forward
```

```
u21 = u1s(351:512); %sebagai data input 1
u22 = u2s(351:512); %sebagai data input 2
u23 = u3s(351:512); %sebagai data input 3
y21 = y1s(351:512); %sebagai data output
```

```
% Menampilkan grafik data input output validasi
figure(1)
subplot (2,1,1);plot(u21);grid;
    title('input posisi')
    legend('input posisi');
    xlabel('sampel data')
    ylabel('posisi')
subplot(2,1,2);plot(u22);grid;
    title('input tingkat kebisingan')
    legend('input tingkat kebisingan');
    xlabel('sampel data')
    ylabel('tingkat kebisingan')
```

```
figure (2)
subplot(2,1,1);plot(u23);grid;
    title('input jumlah penumpang')
    legend('input jumlah penumpang');
    xlabel('sampel data')
    ylabel('jumlah penumpang')
```

```

subplot(2,1,2);plot(y21);grid
title('target tingkat kebisingan')
legend('target tingkat kebisingan');
xlabel('sampel data')
ylabel('target tingkat kebisingan')

strvcat('Figure 1 dan 2 adalah grafik data input
output validasi',...
'Tekan sembarang tombol untuk melanjutkan!')
pause;

% Membuat matrik regressor validasi
[n_rows,n_col] = size(u21);

data_uji = zeros(n_rows-1,sum(hist));

for i = 1:hist(1),
    data_uji(:,i) = [zeros(-1+i,1);y21(1:n_rows-
1+1-i)];
end

for j = 1:hist(2),
    data_uji(:,sum(hist(1))+j) = [zeros(-
1+j,1);u21(1:n_rows-1+1-j)];
end

for k = 1:hist(3),
    data_uji(:,sum(hist(1:2))+k) = [zeros(-
1+k,1);u22(1:n_rows-1+1-k)];
end

for l = 1:hist(4),
    data_uji(:,sum(hist(1:3))+l) = [zeros(-
1+l,1);u23(1:n_rows-1+1-l)];
end

PHI_uji = data_uji';

```



```

PHI_ujis = [PHI_uji;ones(1,size(PHI_uji,2))];

Y_uji = zeros(n_rows-1,1);
Y_uji(:,1) = y21(2:end);
Y_target_uji = Y_uji';

L_hidden = find(NetDeff(1,:)=='L')'; % Letak
dari syaraf linier tersembunyi
H_hidden = find(NetDeff(1,:)=='H')'; % Letak
dari syaraf tanh tersembunyi
L_output = find(NetDeff(2,:)=='L')'; % Letak
dari syaraf linier output
H_output = find(NetDeff(2,:)=='H')'; % Letak
dari syaraf tanh output
hidden = length(L_hidden)+length(H_hidden);

y1f =
[zeros(hidden,size(data_uji,1));ones(1,size(data
_uji,1))];
y2f =
zeros(size(Y_target_uji,1),size(data_uji,1));

h1f = W1f*PHI_ujis;
y1f(H_hidden,:) = pmntanh(h1f(H_hidden,:));
y1f(L_hidden,:) = h1f(L_hidden,:);

h2f = W2f*y1f;
y2f(H_output,:) = pmntanh(h2f(H_output,:));
y2f(L_output,:) = h2f(L_output,:);
yhat=y2f;

% Root Mean Square Error
RMSE_validasi = rmse(Y_target_uji,yhat)
display('Nilai di atas adalah RMSE untuk
validasi');

```

```

% Prediksi error
error=Y_target_uji-yhat;

% Descalling
yhat2=yhat*135;

% Menampilkan grafik hasil validasi
%figure(4)
figure (4)
subplot(2,1,1);
plot(y1(351:511));
hold on
plot(yhat2, 'r--');
grid;
title('Output kebisingan');
legend ('Solid : proses output', 'Dash : model
output');
xlabel ('sampel data');
ylabel ('tingkat kebisingan');
subplot(2,1,2)
plot(error)
grid
title('Prediksi error(y-yhat)');
xlabel ('sampel data');
ylabel ('error');

```

### • Levenberg Marquardt

```

function
[W1,W2,PI_vector,y2]=marq_rev(NetDef,W1,W2,PHI,Y
,trparms)
% Melatih dua lapis jaringan syaraf tiruan
  dengan metode Levenberg-Marquardt
% Diberikan data input-output dari sistem dan
  jaringan awal
%
[W1,W2,critvec,iteration,lambd]=marq(NetDef,W1,
W2,PHI,Y,trparms)
% melatih jaringan dengan metode Levenberg-
  Marquardt.

```

```

% Fungsi aktivasi dapat berupa liner atau tanh.
% Arsitektur jaringan didefinisikan oleh matrik
'NetDef' yang mempunyai dua baris. Baris pertama
menunjukkan lapis tersembunyi, dan baris yang
kedua menunjukkan lapis output.
%      Misal: NetDef = ['LHHHH' 'LL---']
%      (L = Linier, H = tanh)
%Bias terdapat dalam kolom terakhir di matrik
bobot.
% INPUT:
% NetDef : Definisi jaringan .
% W1      : Bobot input-ke-lapis tersembunyi.
Dimensi dari matriknya adalah [(# unit
tersembunyi)-kali-(input + 1)] (1 adalah
bias).Gunakan [] untuk inisialisasi acak.
% W2      : Bobot lap. tersembunyi ke lapis
output. Dimensinya adalah [(output) * (#
unit tersembunyi + 1)].Gunakan [] untuk
inisialisasi acak.
% PHI     : Vektor input. dim(PHI) = [(input) *
(# data)].
% Y       : Data output. dim(Y) = [(output) *
(# data)].
% trparms: Struktur data dengan parameter-
parameter yang berhubungan dengan algoritma
pelatihan (opsional). Gunakan fungsi SETTRAIN
jika tidak ingin menggunakan nilai default.
% OUTPUT:
% W1, W2  : Matrik bobot setelah pelatihan.
% critvec: Vector yang mengandung kriteria
yang dievaluasi pada setiap iterasi
% iteration: # iterasi
% lambda  : Nilai akhir dari lambda. Hanya
berguna jika retraining dikehendaki
% Diadopsi dari: Magnus Norgaard, IAU/IMM,
Technical University of Denmark
%-----INISIALISASI JARINGAN-----
[outputs,N] = size(Y); % # output dan # data
[inputs,N] = size(PHI); % # unit tersembunyi

```



```

L_hidden = find(NetDef(1,:)=='L'); % Letak
dari syaraf linier tersembunyi
H_hidden = find(NetDef(1,:)=='H'); % Letak
dari syaraf tanh tersembunyi
L_output = find(NetDef(2,:)=='L'); % Letak
dari syaraf linier output
H_output = find(NetDef(2,:)=='H'); % Letak
dari syaraf tanh output
hidden = length(L_hidden)+length(H_hidden);
if isempty(W1) | isempty(W2), % Inisialisasi
bobot jika dibutuhkan
    W1 = rand(hidden,inputs+1)-0.5;
    W2 = rand(outputs,hidden+1)-0.5;
end
y1      = [zeros(hidden,N);ones(1,N)]; % Output
lapisan tersembunyi
y2      = zeros(outputs,N); % Output jaringan
index = outputs*(hidden+1) + 1 + [0:hidden-
1]*(inputs+1); % Vektor bantu!
index2 = (0:N-1)*outputs; % Vektor bantu yang
lain
iteration = 1; % Penghitung variabel
dw = 1; % Flag yang menyatakan
bahwa bobotnya adalah baru
PHI = [PHI;ones(1,N)]; % Augment PHI
dengan sebuah baris yang nilainya 1
parameters1= hidden*(inputs+1); % # bobot
input-ke-lap. tersembunyi
parameters2= outputs*(hidden+1); % # bobot lap.
tersembunyi-ke-output
parameters = parameters1 + parameters2; % Total
# bobot
PSI = zeros(parameters,outputs*N); % Turunan
dari setiap output w.r.t. setiap bobot
ones_h = ones(hidden+1,1); % Vektor satuan
ones_i = ones(inputs+1,1); % Vektor satuan
yang lain
% Parameter vektor yang mengandung semua bobot
theta = [reshape(W2',parameters2,1) ;
reshape(W1',parameters1,1)];

```

```

theta_index = find(theta); % Index ke bobot<>0
theta_red = theta(theta_index); % Mengurangi
vektor parameter
reduced = length(theta_index); % # parameter-
parameter dalam theta_red
index3 = 1:(reduced+1):(reduced^2); % Vektor
bantu yang lain
lambda_old = 0;
if nargin<6 | isempty(trparms) % Parameter-
parameter pelatihan default
    trparms = settrain;
    lambda = trparms.lambda;
    D = trparms.D;
else % Nilai yang ditentukan
    if ~isstruct(trparms),
        error('''trparms'' harus variabel
struktur. ');
    end
    if ~isfield(trparms, 'infolevel')
        trparms =
settrain(trparms, 'infolevel', 'default');
    end
    if ~isfield(trparms, 'maxiter')
        trparms =
settrain(trparms, 'maxiter', 'default');
    end
    if ~isfield(trparms, 'critmin')
        trparms =
settrain(trparms, 'critmin', 'default');
    end
    if ~isfield(trparms, 'critterm')
        trparms =
settrain(trparms, 'critterm', 'default');
    end
    if ~isfield(trparms, 'gradterm')
        trparms =
settrain(trparms, 'gradterm', 'default');
    end
    if ~isfield(trparms, 'paramterm')

```

```

    trparms =
settrain(trparms,'paramterm','default');
    end
    if ~isfield(trparms,'lambda')
        trparms =
settrain(trparms,'lambda','default');
    end
    lambda = trparms.lambda;
    if ~isfield(trparms,'D')
        trparms = settrain(trparms,'D','default');
        D = trparms.D;
    else
        if length(trparms.D)==1,           % Parameter
peluruhan bobot scalar
            D = trparms.D(ones(1,reduced));
        elseif length(trparms.D)==2,     % Dua bobot
parameter peluruhan
            D = trparms.D([ones(1,parameters2)
2*ones(1,parameters1)]);
            D = D(theta_index);
        elseif length(trparms.D)>2,     % Peluruhan
bobot individual
            D = trparms.D(:);
        end
    end
end
D = D(:);
critdif = trparms.critterm+1; % Inisialisasi
variabel untuk berhenti
gradmax = trparms.gradterm+1;
paramdif = trparms.paramterm+1;
PI_vector = zeros(trparms.maxiter,1); %
Vektor untuk menyimpan nilai kriteria

%-----PELATIHAN JARINGAN-----
clc;
c=fix(clock);
fprintf('Pelatihan jaringan dimulai pada
%2i.%2i.%2i\n\n',c(4),c(5),c(6));

```





```

% >>>>> MENGHITUNG OUTPUT JARINGAN y2(theta)
h1 = W1*PHI;
y1(H_hidden,:) = pmntanh(h1(H_hidden,:));
y1(L_hidden,:) = h1(L_hidden,:);
h2 = W2*y1;
y2(H_output,:) = pmntanh(h2(H_output,:));
y2(L_output,:) = h2(L_output,:);
E = Y - y2; % Error pelatihan
E_vector = E(:); % Membentuk E dalam
vektor yang panjang
SSE = E_vector'*E_vector; % Sum of
squared errors (SSE)
PI =
(SSE+theta_red'*(D.*theta_red))/(2*N); % Indeks
performansi
% Itersai hingga kriteria henti tercapai
while (iteration<=trparms.maxiter &
PI>trparms.critmin & lambda<1e7 & ...
(critdif>trparms.critterm |
gradmax>trparms.gradterm | ...
paramdif>trparms.paramterm))
    if dw==1,
        % >>>>>> MENGHITUNG MATRIK PSI
        % (Turunan dari setiap output (y2) jaringan
        terhadap setiap bobot)
        % ===== Element-elemen yang berhubungan
        pada unit-unit output linier =====
        for i = L_output'
            index1 = (i-1) * (hidden + 1) + 1;
            % -- Bagian dari PSI yang berhubungan pada
            bobot lap.tersembunyi-ke-output --
            PSI(index1:index1+hidden,index2+i) = y1; %
            -- Bagian dari PSI yang berhubungan pada bobot
            input-ke-lap. tersembunyi --
            for j = L_hidden',
                PSI(index(j):index(j)+inputs,index2+i) =
                W2(i,j)*PHI;
            end
        end
    end
end

```



```

% -- Hessian --
H(index3) = H(index3)'+(lambda-lambda_old);
% Meletakkan matrik diagonal
% -- Search direction --
h = H\G;
% Penyelesaian untuk search direction
% -- Menghitung iterasi 'apriori' --
theta_red_new = theta_red + h;
% Update parameter vector
theta(theta_index) = theta_red_new;
% -- Meletakkan parameter-parameter kembali ke
matrik bobot --
W1_new =
reshape(theta(parameters2+1:parameters), inputs+1
,hidden)';
W2_new =
reshape(theta(1:parameters2), hidden+1, outputs)';
% >>>>>>>MENGHITUNG OUTPUT JARINGAN y2(theta+h)
h1 = W1_new*PHI;
y1(H_hidden,:) = pmntanh(h1(H_hidden,:));
y1(L_hidden,:) = h1(L_hidden,:);
h2 = W2_new*y1;
y2(H_output,:) = pmntanh(h2(H_output,:));
y2(L_output,:) = h2(L_output,:);
E_new = Y - y2; % Pelatihan error
E_new_vector = E_new(:); % Menyusun kembali
E dalam vektor yang panjang
SSE_new = E_new_vector'*E_new_vector; % Sum
of squared errors (SSE)
PI_new = (SSE_new +
theta_red_new'*(D.*theta_red_new))/(2*N); % PI
% >>>>>>>>> UPDATE lambda <<<<<<<<<<<<
L = h'*G + h'*(h.*(D+lambd));
lambda_old = lambda;
% Kurangi lambda jika SSE telah 'dengan cukup'
turun
if 2*N*(PI - PI_new) > (0.75*L),
lambda = lambda/2;
% Naikkan lambda jika SSE telah 'dengan cukup'
tumbuh

```



```

elseif 2*N*(PI-PI_new) <= (0.25*L),
    lambda = 2*lambda;
end
% >>>>>>> UPDATE UNTUK ITERASI SELANJUTNYA
% Update hanya jika kriteria telah berkurang
if PI_new < PI,
    critdif = PI-PI_new;
% Perbedaan kriteria
    gradmax = max(abs(G))/N;
% Gradien maksimum
    paramdif = max(abs(theta_red_new -
theta_red)); % Turunan parameter maksimum
    W1 = W1_new;
    W2 = W2_new;
    theta_red = theta_red_new;
    E_vector = E_new_vector;
    PI = PI_new;
    dw = 1;
    lambda_old = 0;
    iteration = iteration + 1;
    PI_vector(iteration-1) = PI;
% Mengumpulkan PI dalam vector
    switch(trparms.infolevel)
% Cetak informasi on-line
        case 1
            fprintf('# %i W=%4.3e critdif=%3.2e
maxgrad=%3.2e paramdif=%3.2e\n',...
iteration-1,PI,critdif,gradmax,paramdif);
            otherwise
                fprintf('iterasi ke %i W =
%4.3e\n',iteration-1,PI);
            end
        end
    end
end
%----- AKHIR DARI PELATIHAN JARINGAN
iteration = iteration-1;
PI_vector = PI_vector(1:iteration);
c=fix(clock);
fprintf('\n\nPelatihan jaringan berakhir pada
%2i.%2i.%2i\n',c(4),c(5),c(6));

```

## • Settrain

```
function tr = settrain(trparms, varargin)
%SETTRAIN menentukan parameter untuk algoritma
training.
%Hanya dibutuhkan untuk menentukan parameter
spesifik pada algoritma
%   training yang dipilih.
%   TRPARMS = SETTRAIN
% Menentukan semua parameter pada nilai default.
%   SETTRAIN(TRPARMS)
%       Menyusun semua parameter.
%   TRPARMS =
SETTRAIN(TRPARMS, 'field1', value1, 'field2', value2
,...)
%       Menentukan parameter spesifik
%       TRPARMS.field1 = nilai1;
%       TRPARMS.field2 = nilai2;
%       etc.
%jika nilai = 'default', parameter-parameter
diset ke nilai default.
%Kriteria henti (untuk semua algoritma)
%   maxiter - Iterasi maksimum.
%   critmin  - Berhenti jika kriteria dibawah
nilai ini.
%   critterm - Berhenti jika perubahan
kriteria dibawah nilai ini.
%   gradterm - Berhenti jika elemen terbesar
pada gradien dibawah nilai ini.
%   paramterm - Berhenti jika parameter
terbesar berubah dibawah nilai ini.
% Peluruhan bobot (semua algoritma dilatih
dengan Levenberg-Marquardt).
%   D       - Vektor baris yang mengandung
parametr peluruhan bobot.
%Jika D mempunyai satu elemen, digunakan
peluruhan bobot skalar.
%Jika D mempunyai dua elemen, elemen pertama
akan digunakan sebagai peluruh bobot untuk
```

lap.tersembunyi-ke-output, sementara elemen yang kedua akan digunakan sebagai bobot input-ke-lap tersembunyi. Untuk peluruh bobot individual, %D harus mengandung elemen sebanyak bobot pada jaringan.

% Parameter-parameter Levenberg-Marquardt  
 % lambda - Parameter Levenberg-Marquardt awal  
 % Diadopsi dari : Magnus Norgaard, IAU/IMM, dengan perubahan seperlunya.

```
% >>>>> MENENTUKAN SEMUA PARAMETER KE DEFAULT
% Informasi level
trd.infolevel = 0;
% Nilai terminasi
trd.maxiter = 500;
trd.critmin = 0;
trd.critterm = 1e-7;
trd.gradterm = 1e-4;
trd.paramterm = 1e-3;
% Peluruhan bobot
trd.D = 0;
% Parameter Levenberg-Marquardt
trd.lambda = 1;
if nargin==0
    tr = trd;
%>>>>>>>>> MENUNUJUKAN PROFERTI-PROPERTI
elseif nargin==1,
    names = fieldnames(trparms);
    for idx=1:length(names),
        tmp = getfield(trparms,names{idx});
        if ischar(tmp),
            fprintf('%15s = %s\n',names{idx},tmp);
        elseif (size(tmp,1)==1 | size(tmp,1)==1)
            if rem(tmp,1)==0,
                fprintf('%15s = %d\n',names{idx},tmp);
            else
                fprintf('%15s =
%4.3e\n',names{idx},tmp);
            end
        end
```



```

else
    fprintf('%15s = [%dx%d
double]\n', names{idx}, size(tmp,1), size(tmp,2));
end
end

% >>>>>> MENGESET PROPERTI SPESIFIK
elseif nargin>=2,
    tr = trparms;
    if rem(length(varargin),2),
        error('Harus dispesifikan sebuah angka genap
dari properti.');
```

10 - Java.com

```

    end
    for idx=1:2:length(varargin)
        % Mengecheck apakah objeknya sebuah string
        if ~isstr(varargin{idx})
            error('Nama properti harus dalam bentuk
string.');
```

11 - Java.com

```

        % Mengecek apakah objek dikenal
elseif(isempty(find(strcmp(lower(dnames),lower(v
arargin{idx}))))))
    errstr = sprintf('%s ''%s''.', 'Nama
properti tidak dikenali ', varargin{idx});
    error(errstr);
    % Mengeset ke nilai default jika nilainya
diminta
elseif(strcmp(lower(varargin{idx+1}), 'default'))
    if strcmp(lower(varargin{idx}), 'd'),
        tr = setfield(tr, 'D', getfield(trd, 'D'));
    else
tr=setfield(tr, lower(varargin{idx}), getfield(trd
, lower(varargin{idx})));
    end
    % Mengeset objek ke nilai spesifik
else
    if strcmp(lower(varargin{idx}), 'd'),
        tr = setfield(tr, 'D', varargin{idx+1});
    else
```

```

        tr =
setfield(tr, lower(varargin{idx}), varargin{idx+1}
);
    end
    end
    end
end

```

### • **Pmntanh**

```

function t=pmntanh(x)
% PMNTANH
% Fungsi tangent hiperbolik di gunakan dalam
jaringan syaraf tiruan sebagai
% pengganti dari tangent yang disediakan oleh
MATLAB
t=1-2./(exp(2*x)+1);

```

### • **RMSE**

```

function [e]=r_m_s_e(y,yhat);
% Fungsi ini untuk menghitung root mean squared
error
% dari data hasil identifikasi
% y      : data dari output proses
% yhat   : data dari output model
l1=length(y);
l2=length(yhat);
if l1==l2
    e=sqrt(sum((y-yhat).^2)/l1);
else
error ('Dimensi data tidak sama')
end

```





## LAMPIRAN D

# STANDARD TINGKAT KEBISINGAN DI DALAM GERBONG KELAS EKSEKUTIF

RINGKASAN DAN KETERANGAN BADAN KERETA - 5 dari 16

Plafon dibuat sesuai dengan cantrail, namun di tengah rata untuk menutupi lorong penyeang udara.

Cara membersihkan panel yaitu dengan memakai lap secara lembut dengan kain yang telah dibasahi dengan larutan sabun netral. Hindari pembersihan dengan penggunaan bahan bensin thinner, atau bahan lainnya yang sejenis.

### 1.6 ISOLASI SUARA DAN PERPINDAHAN PANAS

Ruangan penumpang dirancang agar terisolasi dari kebisingan dan perpindahan panas dari luar. Tingkat kebisingan di dalam ruangan berkisar 70 dBA pada saat kereta api berjalan pada kecepatan 90 km/jam di atas kondisi rel normal dan seluruh jendela dan pintu dalam keadaan tertutup.

Untuk dinding dan atap, bahan isolasi dipilih dari bahan rock wool tebal 50 mm dengan kerapatan 55 kg/m<sup>3</sup> yang ditutup aluminium foil pada sisi sebelah dalam. Sebelum ditutup dengan rock wool, bagian dalam dicat dengan jenis cat bituminous.

Untuk lantai, cat bituminous pada bagian luar berfungsi sebagai anti karat, sedangkan lapisan isolasi pada bagian dalam dilapisi unitex yaitu campuran resin, agregat, semen dan perekat yang berfungsi sebagai peredam suara.

Ciri-ciri utama dari material rock wool adalah sebagai berikut :

- a) Terbuat dari Fiber Glass tipis dan sangat ringan.
- b). Dapat menahan panas cukup tinggi.
- c). Memiliki peredam suara yang tinggi bermanfaat pada ambang frekuensi suara menengah.
- d). Tahan terhadap rambatan api.

**PT. INDUSTRI KERETA API**

Head Office : Jl. Yos Sudarso No. 71 Madiun - INDONESIA

Tel. 62-351-452271-452274, Fax. 62-351-452275

Email : sekretariat@inka.co.id



# LAMPIRAN D STANDARD TINGKAT KEBERSIHAN DI DALAM GERBONG KELAS ERSEKUTE

REVISI 1998

1. Tujuan dan Maksud

2. Ruang Lingkup

3. Definisi

## 4. BOHOSI SUDAH DAN TIDAK SUDAH

4.1. Ruang lingkup

4.2. Definisi

4.3. Ruang lingkup

4.4. Definisi

4.5. Ruang lingkup

4.6. Definisi

4.7. Ruang lingkup

4.8. Definisi

4.9. Ruang lingkup



REVISI 1998