

# PEMODELAN JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK MENDETEKSI ANOMALI PADA SATELIT LAPAN-TUBSAT

## ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR ANOMALY DETECTION OF LAPAN-TUBSAT SATELLITE

Agus Herawan dan Suhata  
Peneliti Pusat Teknologi Satelit  
Email : agus.herawan@lapan.go.id

### Abstrak

Tujuan pada penelitian ini adalah mengembangkan model deteksi anomali satelit LAPAN-TUBSAT, untuk mendapatkan parameter dan arsitektur jaringan JST terbaik dalam mendeteksi anomali pada satelit LAPAN-TUBSAT. Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana mengimplementasikan jaringan syaraf tiruan *back propagation* sebagai sistem prediksi *lacthup*. Pada penelitian ini, model deteksi anomali satelit dibangun berdasarkan 4 faktor yakni arus *pada main power bus*, suhu *pcdh*, suhu *middleplate* dan suhu *power control unit*. Hasil dari penelitian ini menghasilkan model deteksi kondisi satelit dengan model terbaik pada arsitektur 4-20-1 dengan parameter *epoch* 5000, laju pembelajaran 0,1. Nilai akurasi tertinggi diperoleh pada percobaan ini yaitu sebesar 96,46% dan nilai *rmse* sebesar 0,183

Kata kunci : LAPAN-TUBSAT, akurasi, *rmse*, *epoch*

### Abstract

*The purpose of this research is to develop a detection anomalies model LAPAN-TUBSAT satellite , to get the parameters and best network architectures ANN on LAPAN-TUBSAT. In this study, measurement accuracy rate in predicting the condition of the satellite from the models created. In this study, the prediction model was built on the satellite condition 4 factors of system current, middle plate temp, pcdh temp and pcu temp. The results of this study show that the best models in the architecture is 4-20-1 with parameter 5000 epoch , learning rate of 0.1. The highest accuracy values obtained in this experiment is equal to 96.46% and rmse 0.183.*

*Keyword : LAPAN-TUBSAT, accuracy, rmse, epoch*

## 1. PENDAHULUAN

Satelit-satelit yang ditempatkan di orbit rendah (*Low Earth Orbit*) dan orbit tinggi (*Geostationer Earth Orbit*) kerap mengalami anomali operasional baik pada sistem maupun pada subsistem satelit, mulai dari kegagalan fungsi instrumen yang ringan hingga dapat dipulihkan (*recovery*) dalam waktu tertentu hingga kerusakan berat yang menyebabkan instrumen tidak dapat digunakan dan pada kasus ekstrem menyebabkan misi satelit mengalami kegagalan total (*total loss*) [1]

Satelit LAPAN-TUBSAT beroperasi lebih dari 10 tahun. Selama operasi, LAPAN-TUBSAT menghadapi beberapa anomali. Kondisi ini menyebabkan operator LAPAN-TUBSAT perlu mengambil tindakan tertentu agar LAPAN-TUBSAT dapat beroperasi dengan normal. LAPAN-TUBSAT merupakan satelit ditempatkan pada inklinasi 8 derajat kemiringan dan mengelilingi bumi sebanyak 14 kali sehari. Dalam satu hari, satelit melewati daerah kutub dan memiliki probabilitas melewati Atlantik Selatan Anomali (SAA) wilayah 2 kali dengan durasi sekitar 20 menit di setiap orbit. Polar dan SAA daerah yang dikenal sebagai daerah berbahaya bagi satelit di LEO karena fluks tinggi dan energi partikel bermuatan.

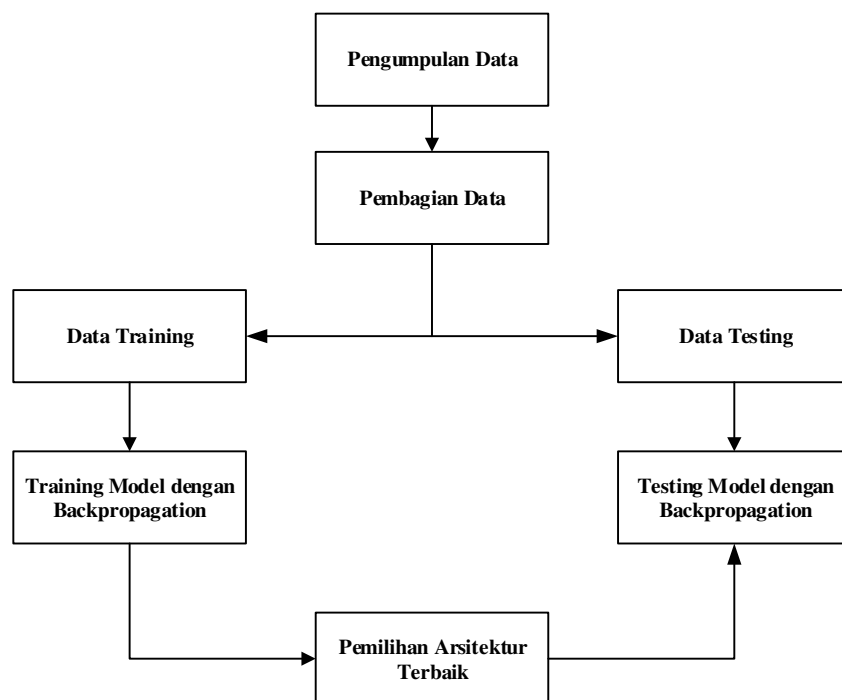
Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk prediksi adalah Jaringan Syaraf Tiruan (JST). JST merupakan jaringan dari pemroses kecil yang dimodelkan berdasarkan sistem jaringan syaraf manusia, yang dapat melakukan pelatihan untuk membentuk suatu model inferensi berdasarkan data pelatihan dan menggunakan pelatihan tersebut untuk pencocokan pola [3]. Jaringan syaraf tiruan mampu melakukan pengenalan kegiatan berbasis data masa lalu [4]. *Back propagation* merupakan salah satu

arsitektur *Artificial Neural Network* yang memiliki proses pembelajaran maju dan koreksi kesalahan secara mundur.

Model ini banyak digunakan baik itu untuk proses pengenalan maupun prediksi dengan tingkat akurasi yang cukup baik [5]. JST memiliki keunggulan dalam hal kemampuan prediksi dan klasifikasi terhadap data yang belum diberikan pada saat pelatihan sebelumnya [6], sehingga teknik ini diharapkan dapat digunakan untuk membuat pemodelan prediksi anomali pada satelit LAPAN-TUBSAT di masa yang akan datang dengan cara mempelajari pola pada tahun-tahun sebelumnya berdasarkan data telemetri. Beberapa penelitian terkait di bidang satelit khususnya dalam prediksi anomali masih sedikit dilakukan. Beberapa penelitian tersebut diantaranya Gao et al. (2012) melakukan penelitian pendekatan jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi data telemetri satelit. Tiga lapisan jaringan syaraf *back propagation* digunakan untuk membangun model prediksi data telemetri satelit [6]. Gachenko et al (2013) membuat prototipe sistem perangkat lunak pengendalian jaringan syaraf data telemetri untuk diagnosis kerusakan subsistem antariksa. Prototipe ini digunakan untuk pengujian teknologi untuk memproses informasi tentang status subsistem antariksa [7]. Iverson (2008) telah membuat ORCA dan IMS digunakan dalam proyek NASA. ORCA menggunakan algoritma *nearest neighbor* untuk menemukan anomali pada satelit, sementara IMS digunakan menggunakan teknik *clustering* untuk pemantauan kesehatan satelit [8]. Machida et al. (2005) menggunakan pendekatan untuk melakukan model *training* pada satelit untuk kondisi normal dan anomali dari pola yang ditemukan [9]. Azevedo et al. (2012) telah menerapkan teknik pengelompokan untuk mendeteksi anomali satelit. Dalam prakteknya, telah berhasil mengevaluasi dan membandingkan dua algoritma pengelompokan untuk deteksi anomali dalam data telemetri yakni K-Means dan *Expectation Maximization* [10]. Penelitian Wintof et al. (2011) melakukan penelitian tentang prediksi anomali pada satelit dengan menggunakan *neural network*. Arsitektur terbaik yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 5-5-1. Model ini juga memberikan probabilitas bahwa perkiraan yang sangat baik dengan akurasi sebesar 90% [11]. Penelitian Najati (2012) menjelaskan statistik *latchup* yang terjadi pada LAPAN-TUBSAT. Hampir 70% peristiwa anomali terjadi di *South Atlantic Anomaly* (SAA) dan sisanya di kutub[12]

Berdasarkan paparan di atas maka diusulkan pengembangan model prediksi anomali pada satelit LAPAN-TUBSAT dengan pendekatan jaringan syaraf tiruan yang mampu menghasilkan akurasi yang sangat baik dalam hal prediksi dengan menggunakan *back propagation* sebagai algoritma pelatihannya.

## 2. METODOLOGI



Gambar 1. Metodologi penelitian

### Identifikasi Masalah

Tahap ini dimaksudkan untuk memperjelas permasalahan sehingga mempermudah pembahasan selanjutnya. Selain itu, perumusan masalah juga menjadi sangat penting karena hal ini menjadi dasar dan tujuan akhir kenapa dilakukan penelitian ini. Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana mengimplementasikan jaringan syaraf tiruan *back propagation* sebagai sistem prediksi *lacthup* pada satelit LAPAN-TUBSAT, supaya bisa dimanfaatkan sebagai upaya untuk memberikan peringatan sedini mungkin berdasarkan pada data-data yang ada sebelumnya.

### Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini ialah data telemetri yang diperoleh dari satelit LAPAN-TUBSAT. Data penelitian ini merupakan data-data telemetri untuk mendeteksi anomali. Penelitian ini menggunakan 4 atribut. Atribut tersebut ialah arus pada main power bus (mA), suhu *pcdh* (celcius), suhu *middleplate* (celcius) dan suhu *power control unit* (celcius). *System current*, *temp PCU*, *temp PCDH* dan *temp middle plate*. Pada data ini kondisi satelit akan dikategorikan menjadi dua yaitu normal berarti satelit tidak mengalami anomali dan satelit mengalami kejadian anomali. data yang digunakan yakni data telemetri pada tahun 2012 sampai 2013.

### Normalisasi Data

Normalisasi data dilakukan pada atribut data numerik yang memiliki pengaruh terhadap atribut berskala kecil dengan skala nilai antara 0 sampai 1. Normalisasi dapat mengatasi atribut yang memiliki nilai rentang yang cukup besar. Banyak metode yang digunakan untuk normalisasi data, antara lain *min-max normalization* yang digunakan pada penelitian ini. *Min-max normalization* melakukan transformasi linear pada data asli. Untuk melakukan normalisasi data, perlu mengetahui minimum ( $X_{min}$ ) dan maksimum ( $X_{max}$ ) dari data. Setelah seluruh data tersebut dinormalisasi, kemudian data tersebut dibagi ke dalam dua bagian, yaitu data pelatihan dan data uji.

### Pembagian Data

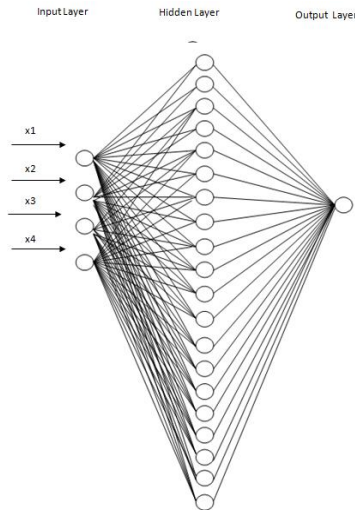
Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk membagi data latih dan data uji adalah secara manual yakni membagi data latih dan uji dengan proporsi 70%, data latih dan 30% data uji.

### Pembentukan Model Jaringan Syaraf Tiruan

*Input layer* akan digunakan sebanyak 4 *input layer* yakni sistem current (x1), temperatur *pcdh* (x2), temperatur *pcu* (x3) serta temperatur *middle plate* (x4). Adapun untuk jumlah *node* pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*), pada penelitian ini akan divariasikan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal. Variasi jumlah *hidden neuron* yang digunakan adalah 5, 10,15 dan 20. Selain jumlah *node* pada tiap lapisan arsitektur jaringan syaraf tiruan, ditetapkan beberapa parameter yang akan diberikan pada proses pelatihan dan diuji untuk membentuk model prediksi, antara lain adalah fungsi aktivasi, toleransi galat, jumlah *epoch*, laju pelatihan (*learning rate*) dan fungsi pelatihan (*training function*). Adapun spesifikasi struktur jaringan yang akan dirancang disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Struktur jaringan yang akan digunakan**

Karakteristik	Spesifikasi
Arsitektur	1 <i>hidden layer</i>
Algoritma Pelatihan	<i>Back propagation</i>
Jumlah Input layer	4 <i>input layer</i>
Jumlah hidden neuron	5, 10,15,20
Toleransi Galat	0.001
Fungsi aktivasi hidden	Sigmoid bipolar
Maksimum <i>epoch</i>	5000
<i>Learning rate</i>	0.01 dan 0.1



Gambar 2. Arsitektur jaringan yang akan dibangun

### Pemilihan Arsitektur Model Terbaik

Dari hasil pelatihan dan pengujian dengan berbagai kasus data inialisasi yang berbeda-beda, dipilih jaringan optimum untuk melakukan prediksi . Setelah proses pelatihan dan pengujian dilakukan pada masing-masing kelompok arsitektur, dipilih hasil yang memenuhi kriteria, yaitu model yang memiliki akurasi tinggi dan nilai RMSE terkecil atau mendekati nilai 0

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data telemetri dari satelit LAPAN-TUBSAT TAHUN 2012-2013. Proses pelatihan dan pengujian menghasilkan informasi akurasi pelatihan dan MSE dengan variasi nilai *learning rate* dan jumlah *hidden-node*, di mana proses pelatihan maupun pengujian dibedakan berdasarkan pembagian data yang telah dilakukan sebelumnya. Hal ini dimaksudkan untuk membandingkan akurasi dari ketiga kelompok data yang telah dibagi. Fungsi pelatihan yang digunakan adalah algoritma pelatihan *levenberg-marquardt* (*trainlm*). Fungsi aktivasi yang digunakan yakni *tansig* untuk *hidden layer* dan output layer. Proses *training* dilakukan sebanyak dengan mengubah jumlah neuron pada *hidden layer* yakni 5,10,15 dan 20. Proses pelatihan dilakukan dengan menggunakan dua laju pembelajaran yakni 0,01 dan 0,1 untuk mendapatkan hasil akurasi terbaik. jumlah *epoch* yang digunakan dalam proses training yakni 5000 *epoch*. Proses training menggunakan *matlab* dengan *nntool* sebagai media untuk melakukan proses pelatihannya dan disajikan pada Gambar 3.

The screenshot shows the 'Neural Network Training (nntool)' window. The network configuration is: Input Layer (4 nodes), Hidden Layer (5 nodes), and Output Layer (1 node). The training algorithm is Levenberg-Marquardt (trainlm) with Mean Squared Error (mse) performance and Default derivative. The progress bar shows 17 iterations out of 1000 epochs, with a performance of 0.251. The training state is 'Training'.

```

%fungsi backpropagation newff
function [e, cmat] = bpnn(training, testing, klsTrain, klsTest)

%% pelatihan
%inisialisasi network dengan trainlm
net = newff(training', klsTrain', 5, {'tansig' 'tansig'}, 'trainlm'); % hidden layer
%net.trainParam.lr %menampilkan nilai alpha
%net.trainParam.lr = x -> mengubah nilai alpha, default = 0.01
net.trainParam.lr = 0.1;
net.trainParam.error=0.001
net.trainParam.epoch=5000
net = train(net, training', klsTrain');
    
```

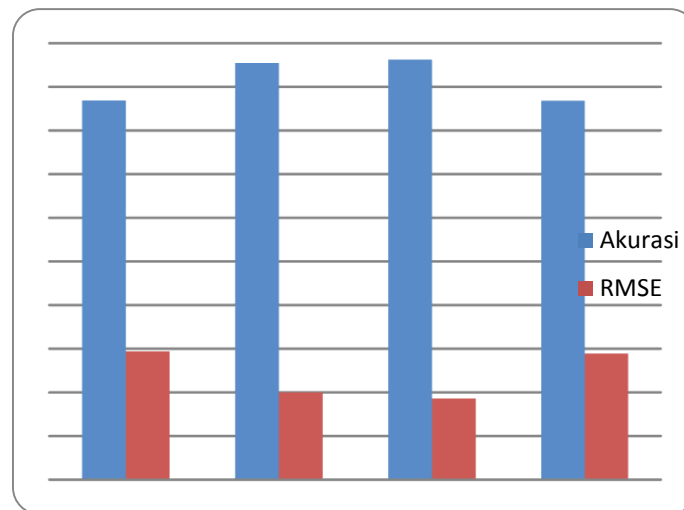
Gambar 3. Proses pembelajaran jaringan syaraf tiruan

Percobaan pada kelompok pertama dengan menggunakan dengan nilai  $\alpha$  sebesar 0.01. Hasil pelatihan dengan kombinasi *hidden neuron* yang dihasilkan pada proses *training* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

**Tabel 2. Kelompok data pelatihan dengan Nilai Alpha 0.01**

No	Arsitektur	Akurasi	RMSE
1.	4-5-1	86.884%	0,294
2.	4-10-1	95.47%	0.200
3.	4-15-1	96.23%	0.186
4.	4-20-1	86.82%	0.289

Nilai-nilai parameter *epoch*, laju pembelajaran serta *hidden neuron* yang digunakan pada penelitian ini dipilih berdasarkan hasil percobaan. Kombinasi dari *hidden neuron* akan dilihat, arsitektur mana yang akan mendapatkan akurasi terbaik dalam proses *training*, sehingga dapat dijadikan sebagai model terbaik untuk melakukan prediksi.



**Gambar 4. Grafik akurasi dan RMSE nilai alpha 0.01**

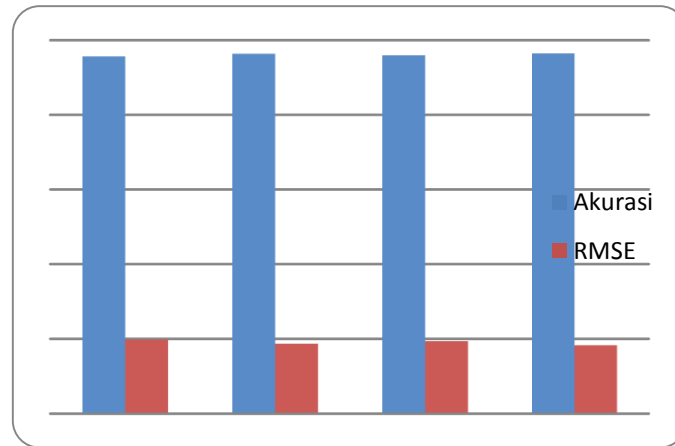
Pada Tabel 2 dan Gambar 4 terlihat bahwa telah dilakukan proses *training* dengan 4 arsitektur yang berbeda dengan kombinasi neuron pada layer tersembunyi. Berdasarkan hasil percobaan di atas, diperoleh arsitektur terbaik dengan kombinasi *hidden neuron* 15 memperoleh akurasi tertinggi sebesar 96.23%. Nilai *root mean square error* yang diperoleh sebesar 0.186.

Proses *training* selanjutnya dilakukan dengan menggunakan laju pembelajaran yang digunakan masih menggunakan 0.1. Hasil percobaan pada kelompok pertama disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Kelompok data pelatihan dengan nilai Alpha 0.1**

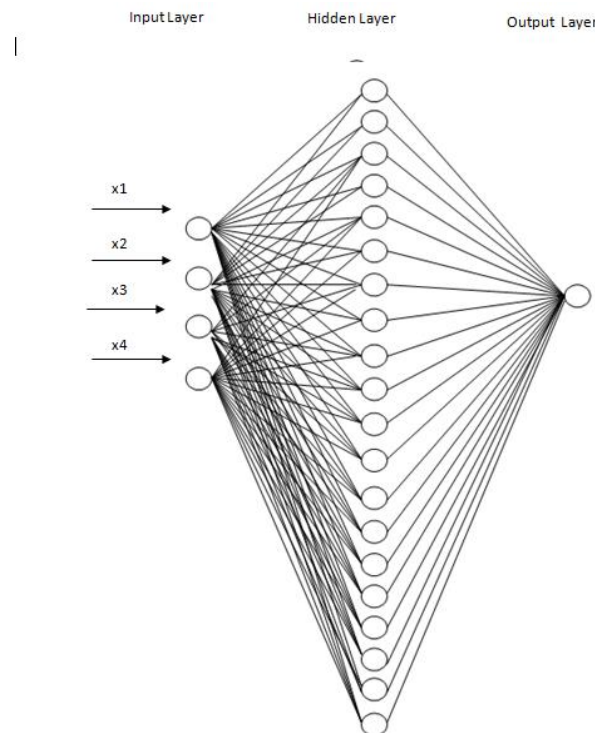
No	Arsitektur	Akurasi	RMSE
1.	4-5-1	95.67%	0.198
2.	4-10-1	96.38%	0.187
3.	4-15-1	95.95%	0.194
4.	4-20-1	96.46%	0.183

Pada Tabel 3 dan Gambar 5 terlihat bahwa telah dilakukan proses *training* dengan 4 arsitektur yang berbeda dengan kombinasi neuron pada layer tersembunyi. Berdasarkan hasil percobaan di atas, diperoleh arsitektur terbaik dengan kombinasi *hidden neuron* 20 memperoleh akurasi tertinggi sebesar 96.46%. Nilai *root mean square error* yang diperoleh sebesar 0.183.



Gambar 5. Grafik Akurasi dan RMSE nilai alpha 0.1

Berdasarkan beberapa eksperimen yang telah dilakukan tersebut, arsitektur jaringan syaraf tiruan teroptimal untuk deteksi anomali pada satelit LAPAN-TUBSAT adalah arsitektur 4-20-1, dengan nilai laju pembelajaran sebesar 0.1. Arsitektur ini terdiri dari 1 lapisan input dengan 4 neuron, 1 lapisan *hidden* dengan 20 neuron dan 1 lapisan *output* dengan 1 neuron. Nilai RMSE yang dihasilkan adalah 0,183 dan nilai akurasi 96.46%. Sehingga dapat digambarkan bentuk arsitektur jaringan terbaik disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk jaringan arsitektur terbaik 4-20-1

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen, mulai tahap awal hingga evaluasi, dapat ditarik kesimpulan bahwa model deteksi anomali menggunakan metode ANN berbasis *back propagation* yang optimal dan cukup akurat adalah dengan arsitektur jaringan 4-20-1, yakni 1 lapisan *input* dengan 4 neuron, 1 lapisan *hidden* dengan 20 neuron dan 1 lapisan *output* dengan 1 neuron. Parameter yang digunakan fungsi aktivasi tansig dan fungsi pelatihan *trainlm* (*levenberg marquardt*), dengan toleransi *error* 0,001, *learning rate* 0,01 dan 0.1 serta maksimum *epoch* sebanyak 5000. Nilai RMSE yang dihasilkan adalah 0,183 dan nilai akurasi sebesar 96.46 %.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Abdul Karim, MT selaku Plt. Kepala Pusat Teknologi Satelit Lapan, Bapak Iwan Faizal selaku Kepala Bidang Diseminasi, atas arahan, bimbingan, serta fasilitas sehingga karya tulis ilmiah ini dapat terselesaikan dengan baik

## PERNYATAAN PENULIS

Keseluruhan isi karya tulis ini merupakan tanggung jawab penulis dan merupakan hasil karya penulis, semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah dinyatakan dengan benar

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, N., 2011. Charging Phenomena On LAPAN-TUBSAT Satellite, *IWSWI Proceedings*, page. 39-43. ISBN 978-979-1458-49-8.
- [2] Kusumadewi, S., 2004. Artificial Intelligence (Teori dan Aplikasinya). Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [3] Puspitaningrum. 2006. Pengantar Jaringan Saraf Tiruan. Yogyakarta. Penerbit Andi
- [4] Sutojo, T., 2010, Kecerdasan Buatan, Yogyakarta: Andi Offset
- [5] Fausset, L. 1994. Fundamental of Neural Network: Architecture Algorithm, and Application. New Jersey : Prentice-Hall
- [6] Gao, Y., Tianshe, Y., Junhua, F., Minqiang, X. 2012. A Neural Network Approach for Satellite Telemetry Data Prediction. *ICECC '12 Proceedings of the 2012 International Conference on Electronics, Communications and Control*
- [7] V. Ganchenko, A. Doudkin, A. Inyutin, Y. Marushko, L. Podenok, R. Sadykhov. 2013. Neural Network Software Diagnosis System of Telemetry Data. *The 7<sup>th</sup> IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications Berlin, Germany*
- [8] Iverson, D.L. 2008. Data Mining Application For Space Mission Operation System Health Monitoring. *In Proc. of The SpaceOps Conference*
- [9] Machida, K. Fujimak, R. Yairi, T. 2006. Telemetry Mining. A Machine Learning Approach to Anomaly Detection and Fault Diagnosis for Space Systems. *2<sup>nd</sup> IEEE International Conference on Space Mission Challenge for Information Technology*
- [10] Azevedo, W., Maria, A., Viera, M. 2012. Applying Data Mining For Detecting Anomalies in Satellite. *Ninth European Dependable Computing*
- [11] Peter Wintoft, Henrik laundstedt, Lars Eliasson, Leif Kalla. 2010. Analysis And Prediction Of Satellite Anomalies. *IEEE Applied Imagery Pattern Recognition Workshop (AIPR)*, Washington, DC.
- [12] Najati, N. 2012. Effect Of Space Environment Disturbance In LAPAN-TUBSAT Satellite. *Jurnal Teknologi Dirgantara Volume.10 No. 1 Juni 2012*

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS 1

### DATA UMUM

Nama Lengkap : Agus Herawan  
Tempat&Tgl. Lahir : Bogor, 23-02-1980  
Jenis Kelamin : Pria  
Instansi Pekerjaan : Pusteksat -LAPAN  
NIP. / NIM. : 198002232006041014



### DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMU Negeri 6 Bogor Tahun: 1998  
STRATA 1 (S.1) : Ilmu Komputer - UNPAK Tahun: 2004

### ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jl. Cagak Satelit Km.04 Rancabungur Bogor  
Telp. : 0251 8621667  
Email : agus.herawan@lapan.go.id

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS 2

### DATA UMUM

Nama Lengkap : Suhata  
Tempat&Tgl. Lahir : Jombang, 8 Juli 1959  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Instansi Pekerjaan : Lapan- Pusteksat, Rancabungur-Bogor  
NIP. / NIM. : 19590708 198011 1 001

### DATA PENDIDIKAN

SLTA : STM. Mesin Tahun: 1978/1979  
D 3 : Universita Nasional / MIPA Tahun: 1986  
STRATA 1 (S.1) : Universitas Nasional/ MIPA Tahun: 1997  
STRATA 2 (S.2) : Universitas IGI Tahun: 2007

### ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jl. Cagak Satelit Km .04, Rancabungur, Bogor  
Telp. : (021) 460 8909  
Email : suhata2003@yahoo.com