



TUGAS AKHIR - TF 181801

**PEMODELAN *POLISHING UNIT* BERBASIS
JARINGAN SYARAF TIRUAN DI PT SAKA
INDONESIA PANGKAH LIMITED**

Riski Fitra Finazis
NRP. 0231154000085

Dosen Pembimbing :
Dr.Ir. Totok Soehartanto, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - TF 181801

**POLISHING UNIT MODELING BASED ON
NEURAL NETWORK AT PT SAKA INDONESIA
PANGKAH LIMITED**

Riski Fitra Finazis
NRP. 0231154000085

Supervisors :
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Riski Fitra Finazis
NRP : 0231154000085
Departemen/ Prodi : Teknik Fisika/ S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Pemodelan *Polishing Unit* Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan di PT Saka Indonesia Pangkah Limited" adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 19 Juli 2019

Y: **METERAI**  aan,

TEMPEL

TGL. 20
F642AAFF897311564



6000

ENAM RIBU RUPIAH 

Riski fitra finazis

NRP. 0231154000085

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN I

**PEMODELAN *POLISHING* UNIT BERBASIS
JARINGAN SYARAF TIRUAN DI PT SAKA
INDONESIA PANGKAH LIMITED**

Oleh:

Riski Fitra Finazis
NRP.0231154000085

Surabaya, 19 Juli 2019

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIPN.19650309 199002 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIPN. 19780902 200312 1 002

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN II

**PEMODELAN *POLISHING* UNIT BERBASIS
JARINGAN SYARAF TIRUAN DI PT SAKA
INDONESIA PANGKAH LIMITED**

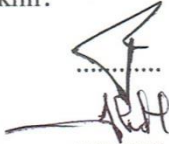


TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Riski Fitra Finazis
NRP. 0231154000085

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | | |
|-------------------------------------|---|-----------------|
| 1. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA | | (Pembimbing) |
| 2. Ir. Matradji, M.Sc |  | (Ketua Penguji) |
| 3. Hendra Cordova, ST, M.T. |  | (Penguji I) |
| 4. Moh. Kamalul Wafi, S.T., MSc.Dlc |  | (Penguji II) |

SURABAYA
19 Juli 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PEMODELAN *POLISHING UNIT* BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN DI PT SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED

Nama : Riski Fitra Finazis
NRP : 0231154000085
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

ABSTRAK

Pemodelan pada *polishing unit* yang merupakan bagian dari sistem *produced water treatment* PT Saka Indonesia Pangkah Limited (PT.SIPL) dilakukan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST). JST dipergunakan untuk mempermudah pemodelan sistem pada *polishing unit* yaitu pada proses fisika serta biologis yang kompleks dan sulit dimodelkan secara matematis. JST yang digunakan berstruktur *Multi-layer feedforward*, dengan algoritma *Levenberg-Marquardt*. Model JST memiliki 4 *input node* pada *input layer* yaitu temperatur, pH, COD, TSS dan 1 *output node* pada *output layer* berupa COD *effluent*. Metode untuk menentukan *hidden node* terbaik belum ada sehingga dilakukan 20 variasi *hidden node*, untuk mencari nilai RMSE validasi yang terbaik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai RMSE terbaik berada pada JST dengan struktur 4-13-1 (*Input layer-hidden layer- output layer*). Nilai RMSE yang dihasilkan bernilai 14.7919, yang mana sudah lebih baik dari model JST referensi yang bernilai 59.48. Model JST yang dipergunakan mampu menghasilkan nilai COD dibawah kadar maksimum baku mutu air limbah kegiatan produksi MIGAS fasilitas *on-shore* dengan rentang nilai 32.4555 - 97.84738 (mg/l). Sehingga dinamika proses pada *polishing unit* dapat ditunjukkan model JST 4-13-1 dengan parameter yang mempengaruhi yaitu temperatur, pH, COD, dan TSS.

Kata Kunci: *Produced Water, Polishing Unit, Jaringan Syaraf Tiruan (JST).*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

POLISHING UNIT MODELING BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK AT PT SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED

Name : Riski Fitra Finazis
NRP : 0231154000085
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisors : Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

ABSTRACT

Modeling of polishing units which are part of produced water treatment system by PT Saka Indonesia Pangkah Limited (PT.SIPL) is carried out using Artificial Neural Networks (ANN). ANN is used to facilitate system modeling in polishing units, namely physical and biological processes that are complex and difficult to model mathematically. ANN is used with a multi-layer feedforward structure, with the Levenberg-Marquardt algorithm. ANN model has 4 input nodes at the input layer, namely temperature, pH, COD, TSS and 1 output node in the output layer consisting of COD waste. The method for determining the best hidden node must be done 20 variations of hidden nodes, to find the best RMSE validation value. The simulation results show the best RMSE value on ANN with structure 4-13-1 (input layer-hidden layer-output layer). The resulting RMSE value is 14.7919, which is better than the reference ANN model which is worth 59.48. ANN model that is used is able to produce COD values below the maximum level of waste water quality standards oil & gas production on-shore facilities with a range values 32.4555 - 97.84738 (mg/l). So that the process dynamic of the polishing unit can be shown in the ANN 4-13-1 model with parameters that affect the temperature, pH, COD, and TSS.

Keywords: *Produced Water, Polishing Unit, Artificial Neural Network (ANN).*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir beserta laporan tugas akhir yang berjudul

PEMODELAN *POLISHING* UNIT BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN DI PT SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian tugas akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Fisika yang telah memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
2. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA. selaku dosen pembimbing dan Kepala Laboratorium Workshop Instrumentasi yang telah dengan sabar memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan yang sangat bermanfaat.
3. Bapak Ir. Roekmono, M.T. selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama perkuliahan.
4. Orang tua serta seluruh keluarga. Terimakasih atas segala cinta, kasih sayang, doa, perhatian, serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan.
5. Seluruh asisten Laboratorium Workshop Instrumentasi, terima kasih untuk semuanya.
6. Seluruh teman Tugas Akhir Laboratorium Workshop Instrumentasi dan Tugas Akhir Jaringan Syaraf Tiruan , terima kasih untuk semuanya.
7. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademik Teknik Fisika, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidak sempurna, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat yang berarti dan menambah wawasan yang baik bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Semoga laporan tugas akhir ini juga dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan tugas akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, 19 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	v
LEMBAR PENGESAHAN I.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN II.....	ix
ABSTRAK.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Laporan.....	3
BAB II TEORI PENUNJANG.....	5
2.1 <i>Produced Water Treatment</i>	5
2.2 <i>Polishing Unit</i>	6
2.3 Jaringan Syaraf Tiruan.....	14
2.4 Algoritma <i>Levenberg Marquardt</i>	15
2.5 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Identifikasi Parameter <i>Polishing Unit</i>	22
3.2 Pengambilan Pasangan Data Input dan Output <i>Polishing Unit</i>	22
3.3 Persiapan data untuk <i>training</i> dan validasi.....	25
3.4 Perancangan Model JST.....	28
3.5 Validasi Model JST.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Hasil Penelitian.....	31

4.1.1 <i>Training</i> JST	32
4.1.2 Validasi JST	43
4.2 Pembahasan.....	52
BAB V PENUTUP.....	53
5.1 Kesimpulan	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN A.....	59
LAMPIRAN B	63
BIODATA PENULIS.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Sistem <i>produced water treatment</i> di PT.SIPL [6]	.5
Gambar 2. 2	PFD <i>Polishing Unit</i> [6]	7
Gambar 2. 3	<i>Blackbox JST Polishing Unit</i>	8
Gambar 2. 4	<i>Equalization Basin</i> 342-T-102 [6]	11
Gambar 2. 5	Tangki Anoxid [6]	11
Gambar 2. 6	<i>Aeration zone</i> [6]	12
Gambar 2. 7	Tangki Sedimentasi 342-T-100 [6]	13
Gambar 2. 8	<i>Effluent Tank</i> [6]	14
Gambar 2. 9	<i>JST multi-layer feedforward</i> [14]	15
Gambar 2. 10	Diagram alir pelatihan algoritma LM [21]	16
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3. 2	Data Temperatur input <i>Polishing Unit</i>	23
Gambar 3. 3	Data pH input <i>Polishing Unit</i>	23
Gambar 3. 4	Data COD input <i>Polishing Unit</i>	24
Gambar 3. 5	Data TSS input <i>Polishing Unit</i>	24
Gambar 3. 6	Data COD Output <i>Polishing Unit</i>	25
Gambar 3. 7	Pembagian data temperatur input untuk <i>training</i> dan validasi	26
Gambar 3. 8	Pembagian data pH input untuk <i>training</i> dan validasi	26
Gambar 3. 9	Pembagian data COD input untuk <i>training</i> dan validasi	27
Gambar 3. 10	Pembagian data TSS input untuk <i>training</i> dan validasi	27
Gambar 3. 11	Pembagian data COD Output untuk <i>training</i> dan validasi	28
Gambar 3. 12	Arsitektur JST pada keluaran COD	29
Gambar 3. 13	<i>Custom Neural Network (View)</i>	30
Gambar 3. 14	<i>Script</i> Koding MATLAB	30
Gambar 4. 1	<i>nntraintool hidden node</i> 13	31
Gambar 4. 2	Hasil <i>training</i> JST terhadap Target	36
Gambar 4. 3	Hasil <i>training</i> JST terhadap Target	36
Gambar 4. 4	Hasil <i>training</i> JST terhadap Target	37
Gambar 4. 5	Hasil <i>training</i> JST terhadap Target	37

Gambar 4. 6 Error MSE pada JST dengan 20 <i>Hidden Node</i> (Target MSE 0.1).....	38
Gambar 4. 7 Error MSE pada JST dengan 13 <i>Hidden Node</i> (Target MSE 0.01).....	39
Gambar 4. 8 Error MSE pada JST dengan 17 <i>Hidden Node</i> (Target MSE 0.001).....	39
Gambar 4. 9 Error MSE pada JST dengan 17 <i>Hidden Node</i> (Target MSE 0.0001).....	40
Gambar 4. 10 Hasil Uji Regresi JST dengan 20 <i>Hidden Node</i> (Target MSE 0.1).....	40
Gambar 4. 11 Hasil Uji Regresi JST dengan 13 <i>Hidden Node</i> (Target MSE 0.01).....	41
Gambar 4. 12 Hasil Uji Regresi JST dengan 17 <i>Hidden Node</i> (Target MSE 0.001).....	41
Gambar 4. 13 Hasil Uji Regresi JST dengan 17 <i>Hidden Node</i> (Target MSE 0.0001).....	42
Gambar 4. 14 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.1).....	47
Gambar 4. 15 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.01)....	47
Gambar 4. 16 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.001)..	48
Gambar 4. 17 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.0001)	48
Gambar 4. 18 Perbandingan COD input terhadap COD keluaran JST	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.19 Tahun 2010 [1].....	6
Tabel 2. 2 Perbandingan data <i>influent</i> , <i>Operation</i> , <i>Effluent Polishing Unit</i>	10
Tabel 3. 1 Perbandingan data <i>influent</i> , dan <i>Effluent Polishing Unit</i>	22
Tabel 3. 2 Parameter Model JST.....	28
Tabel 4. 1 Hasil <i>Training</i> Model JST dengan Target MSE 0.1 .	32
Tabel 4. 2 Hasil <i>Training</i> Model JST dengan Target MSE 0.01	33
Tabel 4. 3 Hasil <i>Training</i> Model JST dengan Target MSE 0.001	34
Tabel 4. 4 Hasil <i>Training</i> Model JST dengan Target MSE 0.0001	35
Tabel 4. 5 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.1)	43
Tabel 4. 6 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.01)	44
Tabel 4. 7 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.001)	45
Tabel 4. 8 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.0001)	46
Tabel 4. 9 Hasil Uji JST Data 1 - 17.....	49
Tabel 4. 10 Hasil Uji JST Data 18 – 42	50

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Saka Indonesia Pangkah Limited (PT. SIPL) memiliki unit pengolahan *produced water treatment* yang berlokasi di *onshore facility* manyar, kabupaten gresik. Unit tersebut berfungsi untuk mengolah *produced water* dari *three-phase* separator agar memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke laut. *Produced water* merupakan air yang mengandung hidrokarbon selama kegiatan pengambilan minyak dan gas bumi termasuk didalamnya air formasi, air injeksi dan bahan kimia yang ditambahkan untuk pengeboran atau untuk proses pemisahan minyak/air [1]. Unit yang melakukan pengolahan *produced water* tersebut terdiri dari beberapa komponen antara lain: separator, *hydrocyclone*, *degassing drum*, API Separator, dan *observation basin*. API Separator merupakan komponen yang berperan paling akhir melakukan pengolahan pada air sehingga performansi dari komponen ini sangat penting untuk menentukan kualitas air yang akan dibuang ke laut. API (*American Petroleum Institute*) Separator merupakan sistem separasi dengan kolam terbuka yang dapat dipergunakan untuk memisahkan minyak dalam air [2]. Berdasarkan hasil analisa laboratorium ditunjukkan bahwa keluaran dari API Separator masih melebihi baku mutu yang diatur dalam Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 19 Tahun 2010, untuk parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*) [1]. Sehingga, diperlukan tambahan peralatan lagi yaitu *polishing unit* untuk memperbaiki kualitas air supaya memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke laut.

API Separator memiliki tiga *channel*, yaitu *channel 3* untuk proses *polishing unit* yang menerapkan metode *biological treatment* dengan proses lumpur aktif, serta *channel 1* dan *channel 2* yang dipergunakan untuk *skimming process* yaitu proses pemisahan minyak dalam air secara fisika. *Biological treatment* pada proses *polishing unit* menggunakan bakteri aerob yang

berperan di dalam lumpur aktif untuk membantu proses pengolahan *produced water* supaya memenuhi standar baku mutu sebelum dibuang ke laut. Bakteri aerob merupakan bakteri yang membutuhkan oksigen dan memanfaatkan polutan organik terlarut sebagai sumber makanannya [3]. Proses yang memanfaatkan peran bakteri aerob disebut proses aerobik dimana senyawa organik dioksidasi menjadi CO_2 , NH_3 , H_2O , dan sel massa baru [4].

Pada tugas akhir ini dilakukan pemodelan berbasis jaringan saraf tiruan untuk merepresentasikan sistem pada *polishing unit*. Proses biologis untuk melakukan penguraian pada limbah tidak selalu linear dengan banyaknya air limbah yang masuk dan lingkungan yang mempengaruhi sehingga sangat sulit dimodelkan dalam model matematika. Pemodelan JST dapat dipergunakan untuk memprediksi nilai dari parameter output *polishing unit* berdasarkan nilai-nilai input tertentu yang diberikan. Untuk itu pada Tugas Akhir ini *polishing unit* akan dimodelkan dalam JST melalui pasangan data parameter input dan parameter output *polishing unit* yaitu *properties* air meliputi temperatur, pH, COD, dan TSS sehingga mempermudah pemodelan pada *polishing unit* [5].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana menentukan pasangan data input dan output yang dapat mengkarakteristikan sistem pada *polishing unit* ?
- b. Bagaimana memodelkan *polishing unit* dalam bentuk jaringan syaraf tiruan berdasarkan pasangan data input dan output ?
- c. Bagaimana analisa kinerja model jaringan syaraf tiruan pada *polishing unit* ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang didapatkan, tujuan dari topik tugas akhir ini adalah:

- a. Menentukan pasangan data input dan output yang dapat mengkarakteristikan sistem *polishing unit*.

- b. Memodelkan *polishing unit* dalam bentuk jaringan syaraf tiruan berdasarkan pasangan data input dan output.
- c. Menganalisa peformansi model jaringan syaraf tiruan pada *polishing unit*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini yaitu:

- a. Unit Pengolahan *Produced Water* di *onshore facility* PT Saka Indonesia Pangkah Limited
- b. Data input dan output yang dipergunakan untuk *training* dan validasi pada *polishing unit* diperoleh dari PT Saka Indonesia Pangkah Limited
- c. Penelitian dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab 2014b.

1.5 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir adalah sebagai berikut:

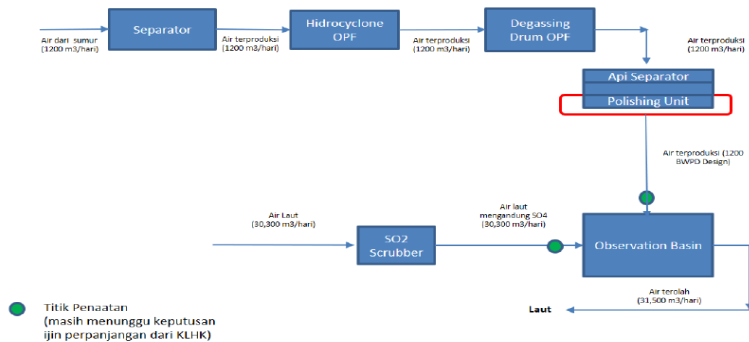
- a. **BAB I PENDAHULUAN**
Pada bab I ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika laporan.
- b. **BAB II TEORI PENUNJANG**
Pada bab II ini dibahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.
- c. **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**
Pada bab III ini berisi mengenai rancangan dari penelitian yang dilakukan, metode dan langkah-langkah dalam melakukan penelitian.
- d. **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**
Pada bab IV ini berisi tentang analisis hasil perancangan model jaringan syaraf tiruan yang telah dibuat.
- e. **BAB V PENUTUP**
Pada bab V ini diberikan kesimpulan tentang tugas akhir yang telah dilakukan berdasarkan analisis data yang diperoleh, serta diberikan saran sebagai penunjang maupun pengembangan tugas akhir selanjutnya.

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 *Produced Water Treatment*

Produced water merupakan air yang mengandung hidrokarbon selama kegiatan pengambilan minyak dan gas bumi termasuk di dalamnya air formasi, air injeksi, dan bahan kimia yang ditambahkan untuk pengeboran minyak atau gas bumi [1]. PT. SIPL memiliki unit pengolahan *produced water treatment* yang terdiri dari beberapa komponen antara lain separator, *hydrocyclone*, *degassing drum*, API Separator, dan *observation basin*. API Separator merupakan komponen yang berperan paling akhir melakukan pengolahan air sehingga peformansi dari komponen ini sangat penting untuk menentukan kualitas air yang akan dibuang ke laut.

Sistem pengolahan *produced water* di *Onshore Facility* pada saat dilakukan *site visit verification* dari KLHK untuk pada tanggal 26 September 2015 :



Gambar 2. 1 Sistem *produced water treatment* di PT.SIPL [6]

Pada gambar 2.1 Sistem *produced water treatment* di PT.SIPL dapat ditunjukkan air dari sumur masuk pertama kali pada *HP Flash separator* yang memisahkan antara air, minyak dan gas. Air mengalir menuju *hydrocyclone*. Pada *hydrocyclone* terdapat minyak yang terikat dengan air. Minyak yang mempunyai densitas kecil dibandingkan air akan terdorong ke dinding *cyclone*, lalu

mengalir menuju *close drain header*. Sedangkan air akan terkumpul di tengah dan mengalir menuju *degassing drum*. *Degassing drum* proses kerjanya hampir sama dengan proses kerja separator, air dibagian bawah tangki akan dipompa ke API Separator [6].

Berdasarkan sampel laboratorium, keluaran dari API Separator ternyata belum memenuhi standar baku mutu tabel 1.1 peraturan kementerian lingkungan hidup nomor 19 tahun 2010 untuk parameter baku mutu eksplorasi dan produksi MIGAS yaitu COD[1].

Tabel 2. 1 Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.19 Tahun 2010 [1]

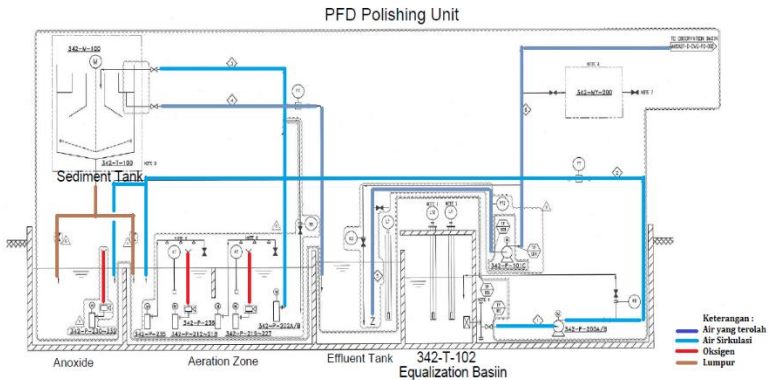
NO.	JENIS AIR LIMBAH	PARAMETER	KADAR MAKSIMUM	METODE PENGUKURAN
1.	Air Terproduksi	COD	200 mg/L	SNI 06-6989:2-2004 atau SNI 06-6989:15-2004 atau APHA 5220
		Minyak dan Lemak	25 mg/L	SNI 06-6989.10-2004
		Sulfida Terlarut (sebagai H ₂ S)	0,5 mg/L	SNI 06-2470-1991 atau APHA 4500-S ²
		Amonia (sebagai NH ₃ -N)	5 mg/L	SNI 06-6989.30-2005 atau APHA 4500-NH ₃
		Phenol Total	2 mg/L	SNI 06-6989.21-2005
		Temperatur	40 ° C	SNI 06-6989.23-2005
		pH	6 - 9	SNI 06-6989.11-2004
		TDS ⁽²⁾	4000 mg/L	SNI 06-6989.27-2005

Untuk itu perlu ditambahkannya *polishing unit* yang berfungsi memperbaiki kualitas air supaya memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke laut dengan mempergunakan proses biologis pada lumpur aktif.

2.2 Polishing Unit

Polishing unit merupakan unit yang berfungsi untuk memperbaiki kualitas air dari keluaran API separator yang masih belum memenuhi standar baku mutu. Pada unit ini diterapkan metode yang mempergunakan peran bakteri aerob pada proses lumpur aktif. Bakteri tersebut merupakan bakteri yang membutuhkan oksigen dan memanfaatkan polutan organik terlarut sebagai sumber makanannya [3]. Sehingga *produced water* yang

diolah akan menurun kandungan polutannya akibat aktivitas mikroorganisme tersebut.



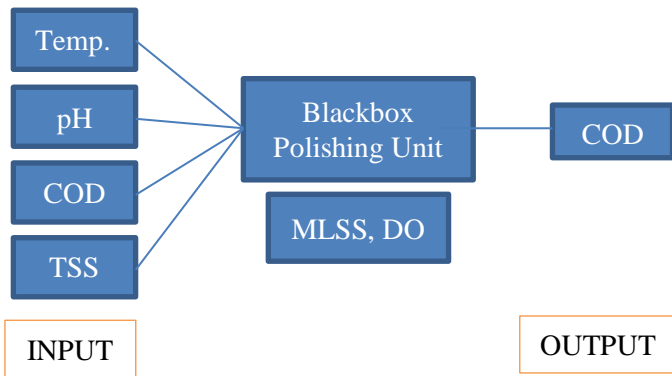
Gambar 2. 2 PFD Polishing Unit [6]

Berdasarkan gambar 2.2 PFD Polishing Unit, aliran proses pada polishing unit adalah [6]:

- a. *Produced water* keluaran dari API Separator akan ditampung *equalization basin* 342-T-102.
- b. Air pada *equalization basin* dikirim menuju *anoxid tank* dan *aeration zone* menggunakan pompa 342-P-200A/B.
- c. Di dalam *anoxid tank*, air diproses secara biologis. Pompa aerasi 342-P-230-232 disediakan untuk mensuplai oksigen dalam membantu mikroba melakukan proses pegruraian pada air yang diolah.
- d. Air pada *anoxid tank overflow* ke *aeration zone* untuk dilakukan proses yang sama, perbedaannya adalah jumlah pompa aerasi pada tangki ini lebih banyak sehingga kualitas air yang terolah akan jauh lebih baik. Air pada *aeration zone* akan dikirim ke tangki sedimentasi oleh pompa 342-P-202A/B untuk dilakukan proses pengendapan.
- e. Pada tangki sedimentasi 342-T-100, endapan di bagian bawah tangki akan diinjeksikan kembali ke *anoxid tank* dan *aeration zone*. Sementara air hasil endapan dikirim ke *effluent tank*.

- f. *Effluent tank* menampung air dari tangki sedimentasi dan sudah tidak dilakukan lagi proses pengolahan. Selanjutnya air tersebut dicek kualitasnya di *observation basin* dan kemudian dibuang ke laut.

Pada penelitian ini *polishing unit* akan dimodelkan sebagai *blackbox* seperti pada gambar 2.3 *Blackbox Polishing Unit*,



Gambar 2. 3 *Blackbox JST Polishing Unit*

Berdasarkan gambar 2.3 , JST akan dimodelkan secara MISO *multi input* dengan 4 input terhadap *single output* yaitu COD sesuai referensi yang diadopsi [5] [16]. Parameter input memiliki *properties* seperti pH, *Chemical oxygen demand* (COD), Temperatur, dan *Total Suspended Solid* (TSS) dan output berupa parameter COD yang kadarnya sudah memenuhi standar baku.

Kinerja *polishing unit* yang mampu merubah kadar limbah menjadi standar baku dipengaruhi oleh parameter operasional yang berpengaruh di dalam *blackbox polishing unit*, parameter operasional tersebut ialah [11] [13] :

- a. *Mixed Liqour Suspended Solid* (MLSS)

MLSS merupakan jumlah total padatan tersuspensi berupa material organik dan mineral, termasuk mikroorganisme pada sistem lumpur aktif [11]. Berdasarkan penelitian tuhuloula tahun 2013 menyatakan bahwa proses

perombakan bahan organik dalam limbah yang dilakukan mikroorganisme sangat bergantung pada nilai MLSS [13]. Jika MLSS lebih besar dari nilai parameter limbah yang masuk, maka semakin baik hasil perbaikan kualitas air yang didapatkan. Pada pengolahan air limbah nilai MLSS diharapkan semakin bertambah. Fluktuatifnya nilai MLSS seiring pertambahan waktu dapat diidentifikasi sebagai menurunnya jumlah mikroorganisme pendegradasi didalamnya, hal ini dikarenakan kurangnya suplai nutrisi sebagai cadangan makanan mikroorganisme dalam bioreaktor, selain itu adanya gangguan sistem aerasi yang sangat mempengaruhi kualitas kehidupan mikroorganisme tersebut.

b. *Dissolved Oxygen (DO)*

Oksigen dibutuhkan mikroba untuk proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik [17]. Pada pengolahan limbah secara biologis, hal ini menunjukkan bahwa, semakin meningkatnya kebutuhan DO oleh mikroorganisme seiring dengan semakin meningkatnya aktivitas mikroorganisme yang mendegradasi nutrisi dalam limbah [13].

Perbandingan data *influent*, *operation*, dan *effluent* dapat ditunjukkan pada tabel 2.2 di bawah ini

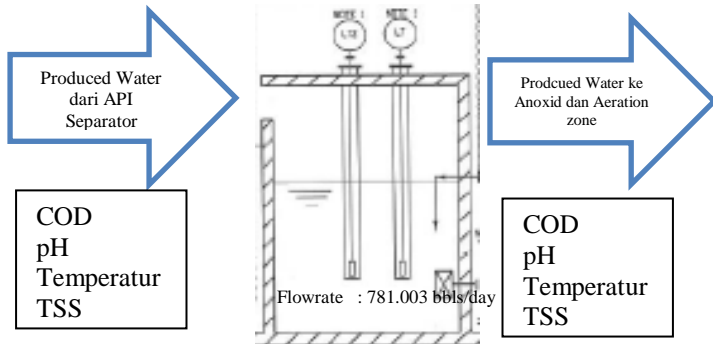
Tabel 2. 2 Perbandingan data *influent*, *Operation*, *Effluent*
Polishing Unit

Parameter	Ranges	Average
<i>Influent</i>		
Temperatur (°C)	28.6-35.9	32.88095
Ph	6.66-8.25	7.284524
COD (mg/l)	0-987	567.9048
TSS (mg/l)	54-156	96.61905
<i>Operation</i>		
MLSS (mg/l)	541-857	712.3095
DO (mg/l)	4.05-6.55	5.414762
<i>Effluent</i>		
COD (mg/l)	0-150	53.60714

Berdasarkan tabel 2.2 dapat ditunjukkan parameter *influent* COD memiliki kadar yang belum memenuhi standar baku dengan rata-rata 567.9048 namun keluaran dari *polising unit* dapat ditunjukkan kadar tersebut mampu diperbaiki kualitasnya menjadi parameter COD yang memenuhi standar baku dengan rata-rata 53.60714.

2.2.1 Equalization Basin

Equalization Basin menerima air limbah yang banyak mengandung minyak dari API Separator. Limbah tersebut kemudian dikirimkan ke tangki anoxid dan *aeration zone* pada *Polishing Unit* untuk diproses secara biologis.

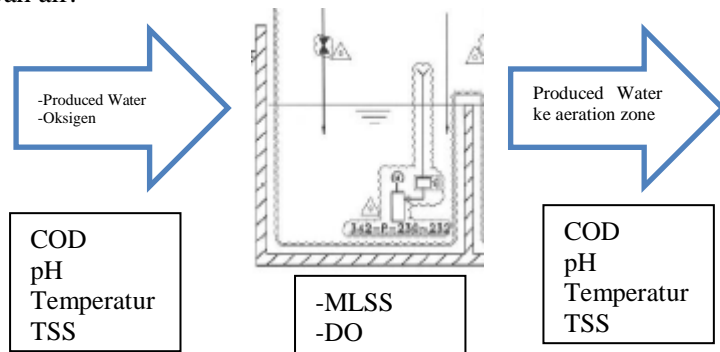


Gambar 2. 4 *Equalization Basin* 342-T-102 [6]

Eq. Basin gambar 2.4 dirancang untuk pemerataan aliran yang digunakan dalam operasi harian [7]. Pemberian aliran yang konsisten untuk proses biologis tersebut adalah penting untuk mempertahankan *treatment* yang optimal.

2.2.2 Tangki Anoxid

Air limbah dari *Eq. Basin* dimasukkan ke dalam tangki *anoxid* untuk diproses secara biologis. Tangki *Anoxid* merupakan tangki tempat penampungan bakteri [6]. Bakteri tersebut terdapat pada lumpur aktif yang diinjeksikan dari tangki sedimentasi ke *anoxid* untuk melakukan proses pendegradasian polutan pada limbah air.

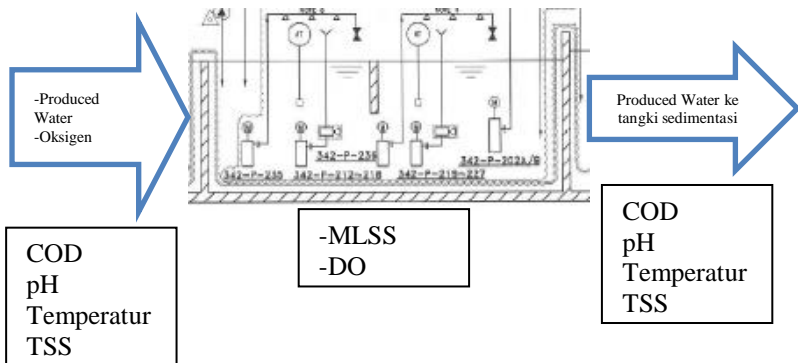


Gambar 2. 5 Tangki Anoxid [6]

Berdasarkan gambar 2.5 tangki *anoxid*, tersedianya pompa aerasi menunjukkan terdapat aktivitas mikroorganisme di dalam tangki *anoxid* sehingga oksigen perlu disuplai untuk menjaga kelangsungan hidup mikroba di dalamnya. Air yang telah diproses di tangki *anoxid* akan *overflow* ke *aeration zone*.

2.2.3 Aeration zone

Aeration zone merupakan tangki yang di dalamnya terdiri dari banyak pompa oksigen sebagai aerasi. Aerasi merupakan proses penambahan oksigen dalam air berupa gelembung-gelembung halus dan membiarkannya naik melalui air [3]. Oksigen yang disuplai membantu mikroba melakukan reaksi penguraian dan menghilangkan kandungan organik pada pada air limbah [3]. Limbah diproses seperti pada tangki *anoxid*, yang berbeda hanya jumlah pompa aerasi pada *compartment* ini lebih banyak sehingga kualitas air yang diolah akan jauh lebih baik. Limbah yang sudah terdegradasi dari polutan ini disirkulasikan ke tangki sedimentasi oleh *circulation pump* untuk memisahkan air yang terolah dengan lumpur dengan proses pengendapan.



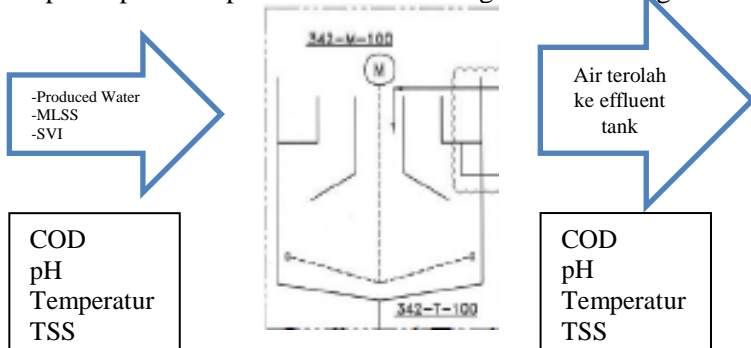
Gambar 2. 6 *Aeration zone* [6]

Berdasarkan gambar 2.6 *aeration zone*, parameter operasional pada tangki aerasi ditunjukkan dengan kandungan oksigen yang disuplai oleh pompa aerasi untuk proses lumpur aktif

pada kadar *disolved oxygen* (DO). Proses aerasi dipergunakan pada pengolahan limbah cair untuk bakteri aerob dalam melakukan metabolisme dan penguraian senyawa-senyawa kimia di dalam limbah cair [10]. Sehingga semakin tinggi kadar DO yang disuplai pada limbah air yang diproses secara biologis maka semakin baik kualitas air yang diolah.

2.2.4 Tangki Sedimentasi

Tangki sedimentasi merupakan tangki yang berfungsi melakukan pengendapan terhadap air yang disirkulasi dari *aeration zone*. Akibat proses pengendapan tersebut minyak akan cenderung di atas permukaan, air menjadi berada di bagian tengah dan endapan seperti lumpur akan berada di bagian bawah tangki.



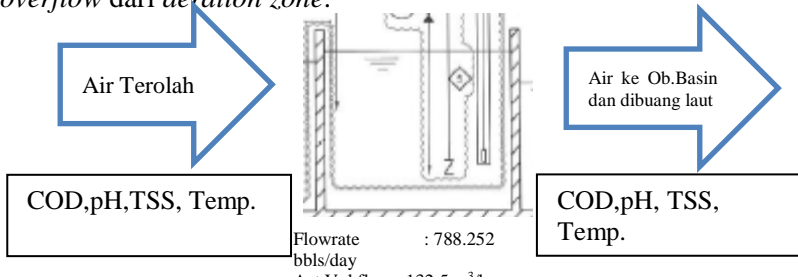
Gambar 2. 7 Tangki Sedimentasi 342-T-100 [6]

Gambar 2.7 Tangki Sedimentasi 342-T-100, dapat ditunjukkan terdapat *skimmer* 342-M-100 untuk melakukan proses pengendapan. Lumpur yang berkumpul di dasar akan diinjeksikan kembali ke tangki *anoxid* dan *aeration zone*. Sementara air jernih hasil pengendapan akan dikirim ke *effluent tank*.

2.2.5 Effluent Tank

Effluent tank merupakan komponen terakhir yang menampung air olahan dan sudah tidak terjadi proses pengolahan seperti ditunjukkan gambar 2.8 *effluent tank*. Air dari tangki

sedimentasi merupakan input *effluent tank* dan tidak menerima air *overflow* dari *aeration zone*.



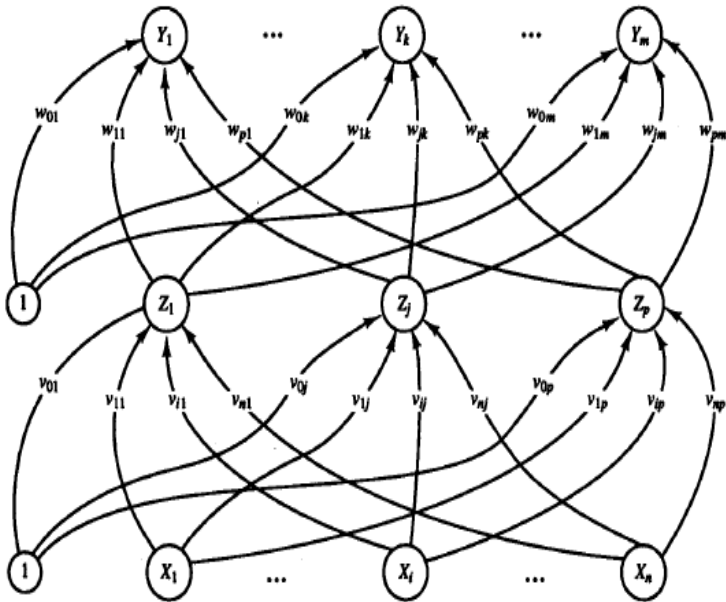
Gambar 2. 8 *Effluent Tank* [6]

Berdasarkan gambar 2.8 *effluent tank*, air selanjutnya dikirim ke *observation basin* untuk dicek kualitasnya dan jika sudah memenuhi standar baku mutu kemudian air dapat dibuang ke laut.

2.3 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network* (ANN) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang memiliki karakteristik performansi mirip dengan jaringan syaraf biologis [18]. JST dikarakterisasi oleh berbagai hal yaitu, pola koneksi antara *node* disebut dengan arsitektur jaringan, metode untuk menentukan bobot pada koneksi yang disebut algoritma pelatihan, dan fungsi aktivasi untuk menghasilkan keluaran setiap *node*. Kemampuan JST memodelkan sistem yang nonlinear dapat diimplementasikan pada kasus pengolahan limbah air *polishing unit* untuk mengetahui peformansinya [5].

Arsitektur JST *Multi-layer net* mempunyai tambahan *layer* lagi selain input, dan output *layer* berupa *hidden layer*. Gambar 2.9 menunjukkan gambar detail dari arsitektur JST *multi-layer feedforward*



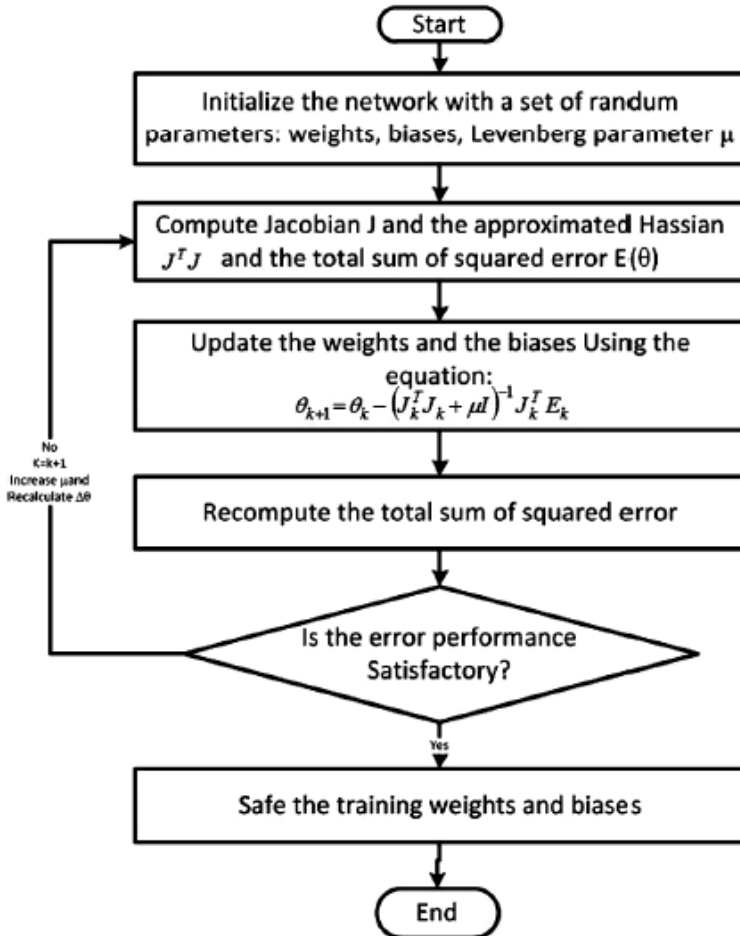
Gambar 2. 9 JST *multi-layer feedforward* [14]

Pada gambar 2.9 simbol x menunjukkan *node* input, z menunjukkan *hidden node*, dan y menunjukkan *node* output.

2.4 Algoritma *Levenberg Marquardt*

Algoritma *Levenberg Marquardt* merupakan metode optimasi nonlinier yang digunakan saat koreksi error untuk menemukan bobot-bobot yang disesuaikan. Algoritma LM menggabungkan kecepatan dari algoritma *Gauss-Newton* dan stabilitas dari algoritma EBP [20] [21].

Adapun tahapan dari pelatihan algoritma LM dapat dilihat pada gambar 2.10 di bawah ini



Gambar 2. 10 Diagram alir pelatihan algoritma LM [21]

Berdasarkan gambar 2.10, dapat dijelaskan tahapan pelatihan algoritma LM sebagai berikut [21] :

1. Inisialisasi parameter – parameter jaringan secara acak diantaranya adalah bobot, bias dan koefisien kombinasi dari LM.
2. Menghitung Jacobian (J) dan melakukan pendekatan matriks hessian $J^T J$ agar dapat di invers dengan menggunakan algoritma:

$$H \approx J^T J + \mu I \quad (2.1)$$

Keterangan :

μ = koefien kombinasi

I = matriks identitas

3. Dihitung nilai SSE melalui persamaan

$$E(x, w) = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^p \sum_{m=1}^m e_{p,m}^2 \quad (2.2)$$

Keterangan :

x = vektor input

w = vektor bobot

p = indeks pola

m = indeks output

$e_{p,m}$ = error pelatihan pada *output* m saat diberikan pola p yang didefinisikan sebagai

$$e_{p,m} = d_{p,m} - o_{p,m} \quad (2.3)$$

Keterangan :

d = output yang diinginkan

o = output yang dihasilkan

4. Bobot dan bias kemudian diperbarui dengan menggunakan persamaan.

$$\theta_{k+1} = \theta_k - (J_k^T J_k + \mu I)^{-1} J_k^T E_k, \quad (2.4)$$

dengan $\theta_k = w_k$ adalah bobot pada iterasi tersebut.

5. Total error dihitung kembali dengan menggunakan bobot baru.
6. Jika nilai SSE yang diperbarui lebih besar, maka nilai w_k tidak diubah dan koefisien kombinasi dinaikkan. Kemudian kembali ke langkah 2 dan bobot diperbarui lagi.
7. Jika nilai SSE yang diperbarui lebih kecil dari target error, maka nilai bobot w_k disimpan.

2.5 Root Mean Square Error (RMSE)

Model JST yang dirancang harus dievaluasi performansinya. Sebelum melakukan pemodelan JST menggunakan MATLAB dilakukan normalisasi data dari data yang telah diperoleh. Persamaan normalisasi yang digunakan adalah [15]

$$x' = \frac{0.8(x-b)}{(a-b)} + 0.1 \quad (2.5)$$

Keterangan :

- x' = data hasil normalisasi
- x = data asli
- a = nilai maksimum data asli
- b = nilai minimum data asli

Dari persamaan (2.5), maka diharapkan data hasil normalisasi memiliki rentang antara 0,1 hingga 0,9. Data pelatihan yang disediakan dimasukkan dalam program MATLAB untuk melatih jaringan syaraf tiruan.

Metode pengukuran evaluasi performansi model JST dapat menggunakan metode RMSE. Metode RMSE mengukur dengan membandingkan perbedaan nilai estimasi dengan nilai aktual. Dari RMSE, dapat diketahui kualitas model JST apakah layak atau tidak. Semakin kecil nilai RMSE semakin baik karena *error* yang

dihasilkan hanya sedikit. Model yang bagus memiliki nilai RMSE mendekati nol. Persamaan RMSE dapat dilihat pada persamaan di bawah ini [16] [19]

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.6)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2.7)$$

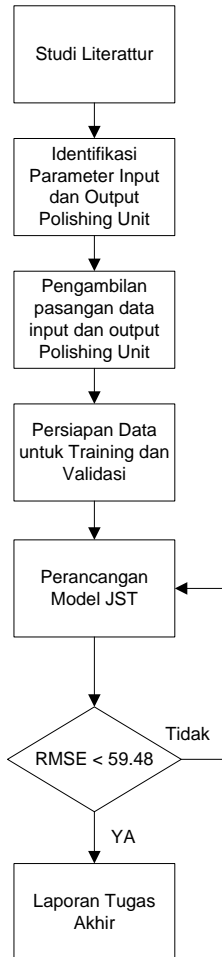
Keterangan :

- y_i = data aktual
- \hat{y}_i = data hasil prediksi
- n = jumlah data

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini ditunjukkan dengan sebuah diagram alir (*flowchart*) pada Gambar 3.1 berikut,



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Identifikasi Parameter *Polishing Unit*

Berdasarkan referensi yang diadopsi untuk pemodelan JST pada pengolahan limbah air, parameter operasional tidak dimasukkan kedalam pemodelan JST sehingga pada penelitian ini akan berfokus terhadap input dan output *polishing unit* seperti yang ditunjukkan tabel 3.1 di bawah ini,

Tabel 3. 1 Perbandingan data *influent*, dan *Effluent Polishing Unit*

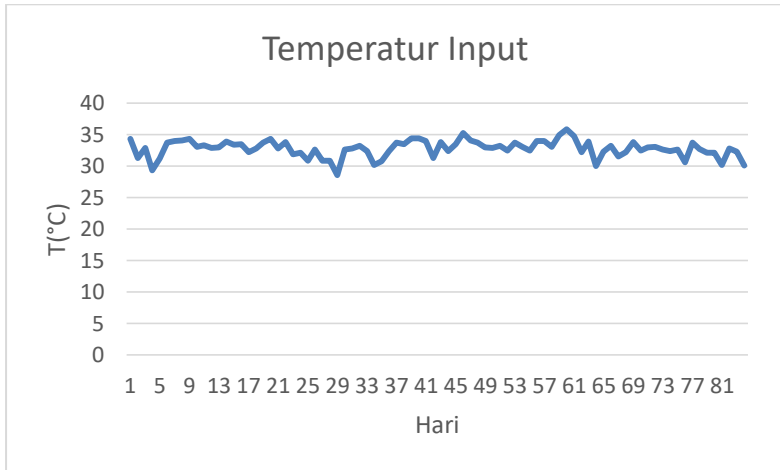
Parameter	Ranges	Average
<i>Influent</i>		
Temperatur (°C)	28.6-35.9	32.88095
Ph	6.66-8.25	7.284524
COD (mg/l)	0-987	567.9048
TSS (mg/l)	54-156	96.61905
<i>Effluent</i>		
COD (mg/l)	0-150	53.60714

Pada tabel 3.1 dapat diketahui ada 4 input dan output pada sistem *polishing unit*. Input dan output tersebut merupakan *properties produced water* yang masuk dan keluar pada *polishing unit* dengan kandungan seperti pH, COD, Temperatur, dan TSS. Parameter *influent COD polishing unit* yang belum memenuhi standar baku mengalami perubahan kadar sesuai standar baku pada parameter *effluent*-nya hal ini menunjukkan berhasilnya proses biologis yang diterapkan pada *polishing unit*. Berdasarkan identifikasi parameter tersebut model JST dibuat dalam bentuk MISO yaitu *multi input* (Temperatur, pH, COD, TSS) dan *single output* (COD).

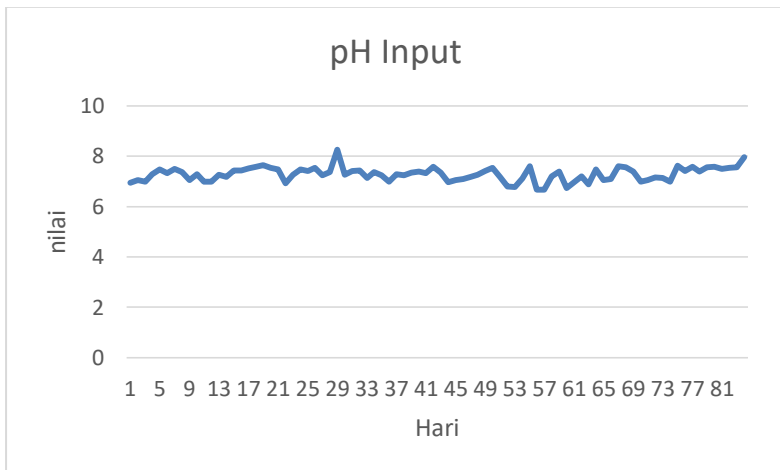
3.2 Pengambilan Pasangan Data Input dan Output *Polishing Unit*

Data yang dikumpulkan tidak melalui pengukuran secara langsung melainkan pemberian dari pegawai PT.SIPL . Sehingga data yang dipergunakan penelitian merupakan data skunder. Data yang diperoleh merupakan parameter yang dimonitor oleh PT.SIPL . Data yang diberikan merupakan input *polishing unit*

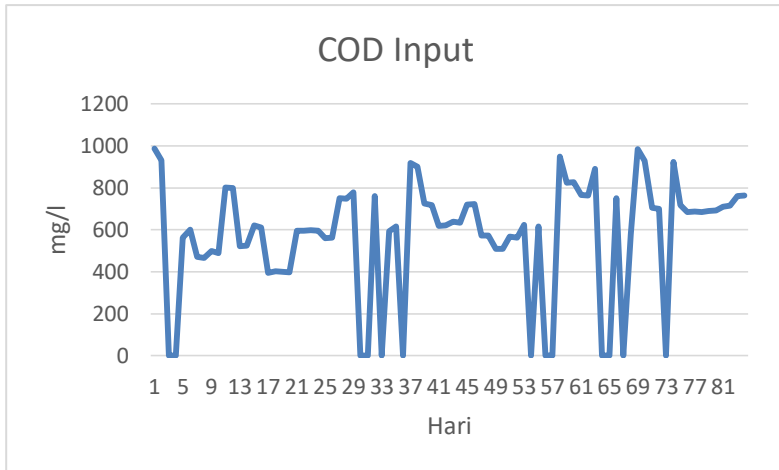
sebagai *influent* parameter dan output *polishing unit* sebagai *effluent* parameter.



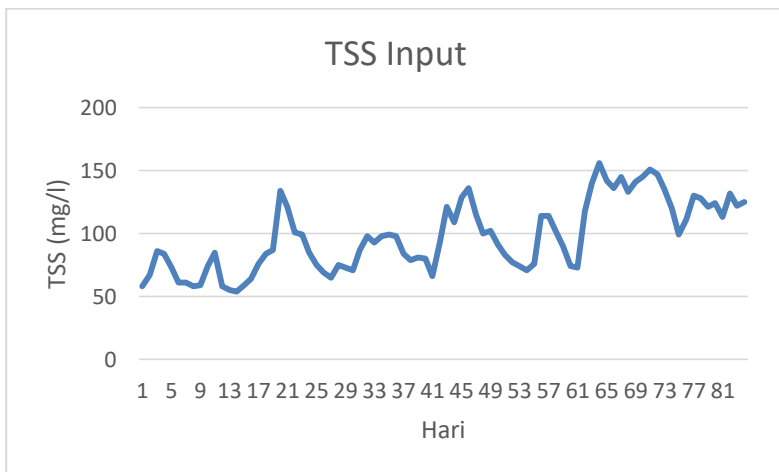
Gambar 3. 2 Data Temperatur input *Polishing Unit*



Gambar 3. 3 Data pH input *Polishing Unit*

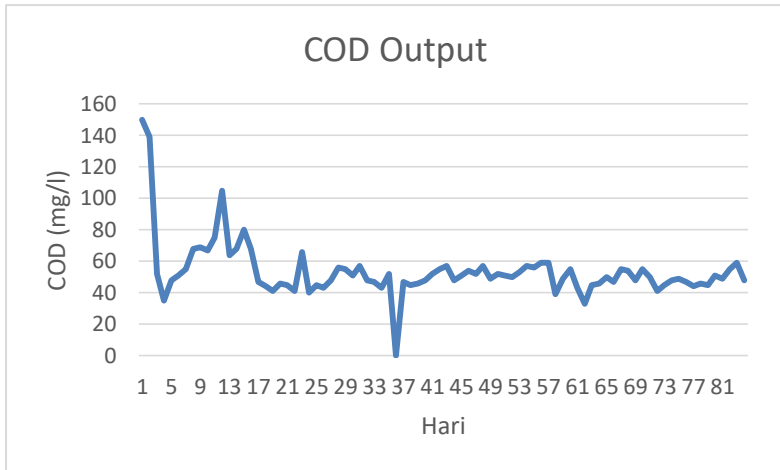


Gambar 3. 4 Data COD input *Polishing Unit*



Gambar 3. 5 Data TSS input *Polishing Unit*

Berdasarkan gambar 3.2 sampai gambar 3.5 ditunjukkan bahwa *influent* parameter terus mengalami perubahan setiap harinya, pola yang didapat dari grafik akan berpengaruh pada parameter keluaran COD *polishing unit* pada gambar 3.6 ,

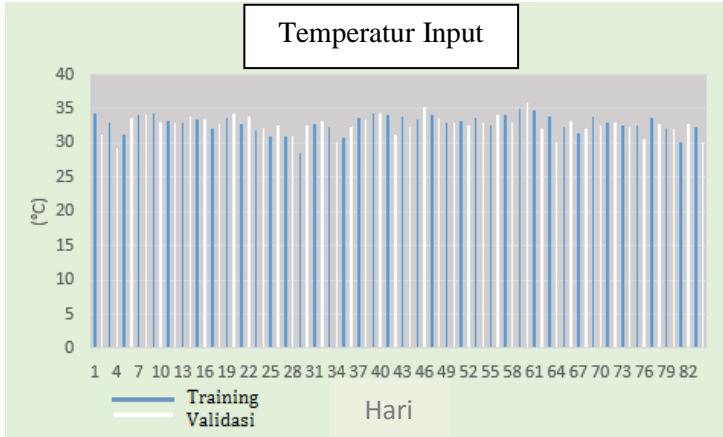


Gambar 3. 6 Data COD Output *Polishing Unit*

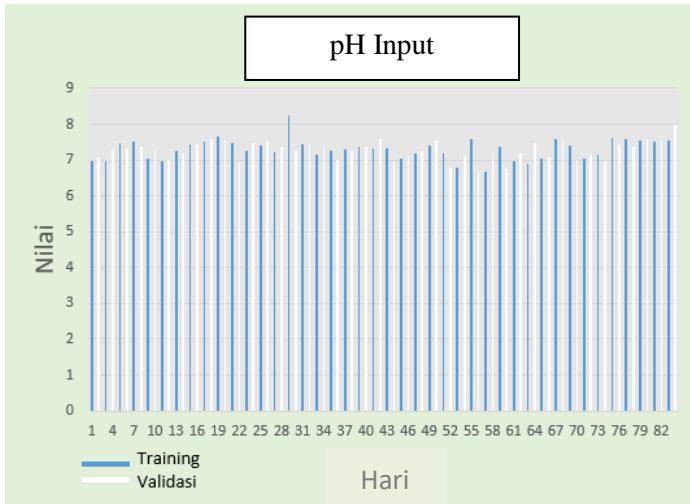
Berdasarkan gambar 3.6 ditunjukkan output mengalami penurunan kadar namun tetap berubah-berubah setiap harinya hal tersebut dikarenakan pengaruh daripada parameter input yang fluktuaktif.

3.3 Persiapan data untuk *training* dan validasi

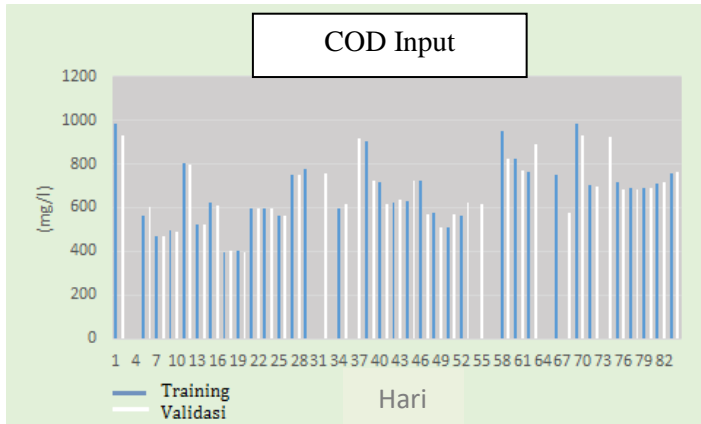
Data yang didapat akan dipergunakan untuk *training* dan validasi pemodelan JST. Total data yang didapat adalah 84 data selama 3 bulan, dari total data tersebut dibagi dua untuk *training* dan validasi seperti yang ditunjukkan gambar di bawah ini,



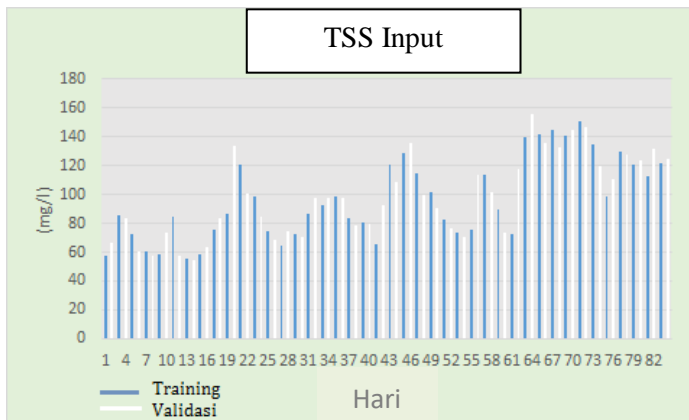
Gambar 3. 7 Pembagian data temperatur input untuk *training* dan validasi



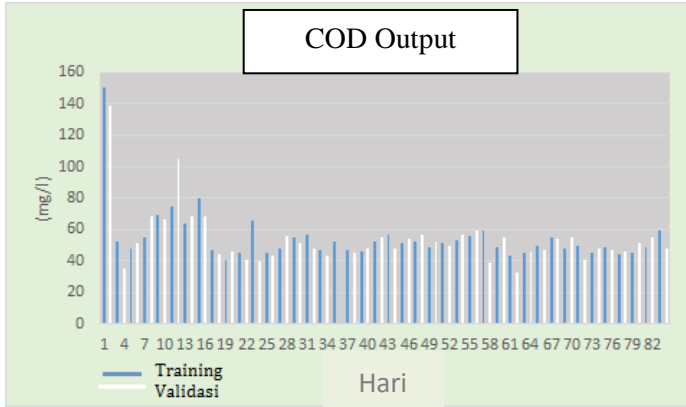
Gambar 3. 8 Pembagian data pH input untuk *training* dan validasi



Gambar 3. 9 Pembagian data COD input untuk *training* dan validasi



Gambar 3. 10 Pembagian data TSS input untuk *training* dan validasi



Gambar 3.11 Pembagian data COD Output untuk *training* dan validasi

Berdasarkan gambar 3.7 sampai 3.11 di atas dapat ditunjukkan data *training* (warna biru) dan validasi (warna putih). Pembagian data *training* dan validasi tersebut masing-masing akan diperoleh sama dengan jumlah 42 data. Pembagian data dilakukan agar JST lebih terlatih terhadap masukkan data yang berbeda.

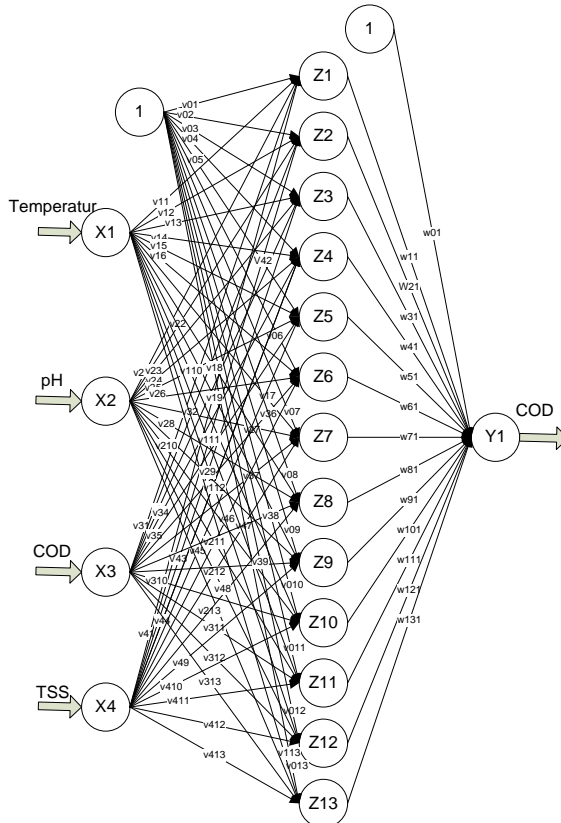
3.4 Perancangan Model JST

Pemodelan JST pada *polishing unit* didasarkan pasangan data input dan output untuk JST sebagai “*blackbox*” [5]. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB dengan menentukan terlebih dahulu parameter simulasi seperti tabel 3.2 Parameter model JST berikut,

Tabel 3.2 Parameter Model JST

No	Parameter	Keterangan
1	Arsitektur	<i>Multi-layer feedforward</i>
2	Algoritma pelatihan	<i>Levenberg-Marquardt</i>
3	Jumlah <i>hidden layer</i>	1 (Var. 20 <i>hidden node</i>)
4	Target MSE (variasi)	0.1; 0.01 ; 0.001 ; 0.0001
5	Epoch maksimum	250
6	Fungsi aktivasi	Tansig, purelin

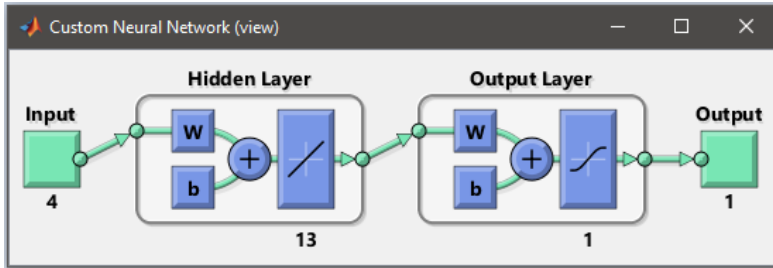
Hasil pelatihan berdasarkan parameter model tabel 3.2 tersebut kemudian dilihat nilai RMSE yang terbaik dari semua jumlah *hidden node* variasi, sehingga akan diperoleh jumlah *hidden node* yang tepat untuk pemodelan. Model JST yang didapat ditunjukkan gambar 3.12 berikut,



Gambar 3. 12 Arsitektur JST pada keluaran COD

Berdasarkan gambar 3.12 ditunjukkan pemodelan JST terbaik pada *polishing unit* memiliki struktur 4-13-1 yaitu 4 input, 13 *hidden node*, dan 1 output. Sehingga akan tampil seperti yang

ditunjukkan gambar 3.13 pemodelan tersebut akan dipergunakan untuk menguji data validasi pada *polishing unit*.



Gambar 3.13 Custom Neural Network (View)

Dari gambar 3.13 ditunjukkan struktur JST yang dirancang pada MATLAB dengan terdapat 4 input pada *input layer*, 13 *hidden node* pada *hidden layer* dan 1 output pada *output layer*.

3.5 Validasi Model JST

Pemodelan *Polishing Unit* berbasis jaringan syaraf tiruan yang sudah dirancang, divalidasi menggunakan *software* Matlab. Validasi model JST dilakukan dengan data yang belum pernah dilatih sebelumnya. Dari total 84 data, 42 masing-masing untuk *training* dan validasi menggunakan script koding gambar 3.14.

```
% Hasil validasi
hasil_uji = sim(net_keluaran,data_uji);
nilai_error = hasil_uji-target_uji;

max_data = 150;
min_data = 0;
hasil_uji = ((hasil_uji-0.1)*(max_data-
min_data)/0.8)+min_data;

% Performansi hasil validasi
error_MSE = (1/n)*sum(nilai_error.^2);
error_RMSE = sqrt(error_MSE);

filename = 'simulasil.xlsx';
sheet = 4;
xlRange = 'W5:W46';

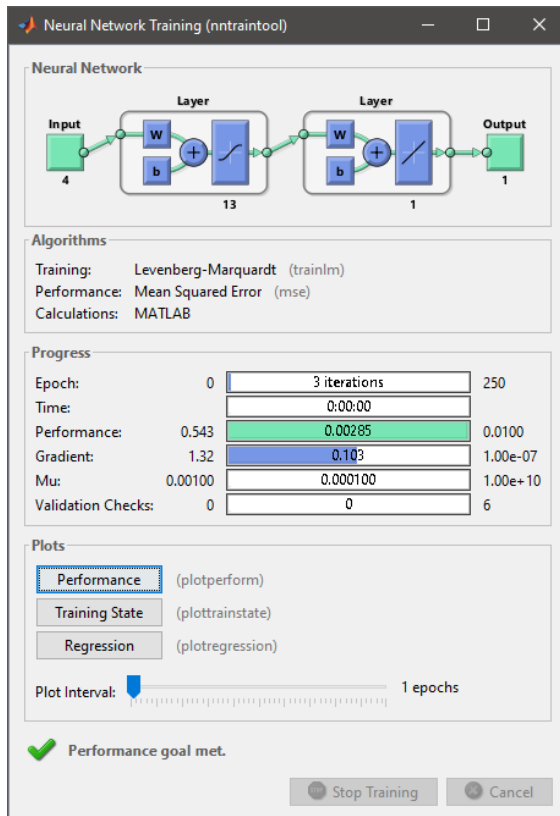
target_uji_asli = xlsread(filename, sheet,
xlRange);
```

Gambar 3.14 Script Koding MATLAB

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Training dilakukan dengan variasi 20 *hidden node* untuk mendapatkan model JST terbaik mempergunakan *software* Matlab *neural network toolbox* (*nntraintool*) seperti yang ditunjukkan gambar 4.1 untuk tiap-tiap *hidden node*.



Gambar 4.1 *nntraintool* hidden node 13

Berdasarkan gambar 4.1 *nntarintool* peformansi pelatihan terbaik pada *hidden node* 13 dengan target MSE 0.01 terdapat pada *epoch* ke 3.

4.1.1 Training JST

Pelatihan data untuk pemodelan *polishing unit* dengan variasi 20 *hidden node* dan variasi target MSE yang telah dilakukan pada MATLAB dapat ditunjukkan jumlah *hidden node* terbaik berdasarkan nilai RMSE terkecil dari setiap variabel pada tabel-tabel berikut ini

Tabel 4. 1 Hasil *Training Model JST* dengan Target MSE 0.1

No	Hidden Node	MSE	RMSE	Epoch
1	1	505.3438	22.47985	1
2	2	1.04E+03	32.3048	1
3	3	302.2867	17.38639	1
4	4	789.6464	28.10065	1
5	5	301.082	17.35171	1
6	6	398.3154	19.95784	1
7	7	237.2277	15.4022	1
8	8	978.6961	31.28412	1
9	9	372.5973	19.30278	1
10	10	2.36E+03	48.5407	1
11	11	1.19E+03	34.53115	1
12	12	1.97E+03	44.40833	1
13	13	847.4126	29.11035	1
14	14	1.38E+03	37.18333	1
15	15	617.1006	24.84151	1
16	16	1.42E+03	37.68952	1
17	17	1.32E+03	36.29738	1
18	18	1.02E+03	31.92648	1
19	19	564.2071	23.75304	1
20	20	112.4972	10.60647	2

Tabel 4. 2 Hasil *Training* Model JST dengan Target MSE 0.01

No	Hidden Node	MSE	RMSE	Epoch
1	1	276.1223	16.6169	2
2	2	193.3086	13.9035	2
3	3	302.2867	17.3864	1
4	4	289.2073	17.0061	2
5	5	301.0820	17.3517	1
6	6	227.4728	15.0822	2
7	7	237.2277	15.4022	1
8	8	249.9362	15.8094	2
9	9	113.4596	10.6517	2
10	10	198.5949	14.0924	2
11	11	208.8924	14.4531	3
12	12	122.5503	11.0702	3
13	13	100.2827	10.0141	3
14	14	304.6396	17.4539	2
15	15	135.9001	11.6576	2
16	16	188.5566	13.7316	4
17	17	234.7570	15.3218	3
18	18	261.3533	16.1664	2
19	19	343.9346	18.5455	4
20	20	112.4972	10.6065	2

Tabel 4. 3 Hasil *Training* Model JST dengan Target MSE 0.001

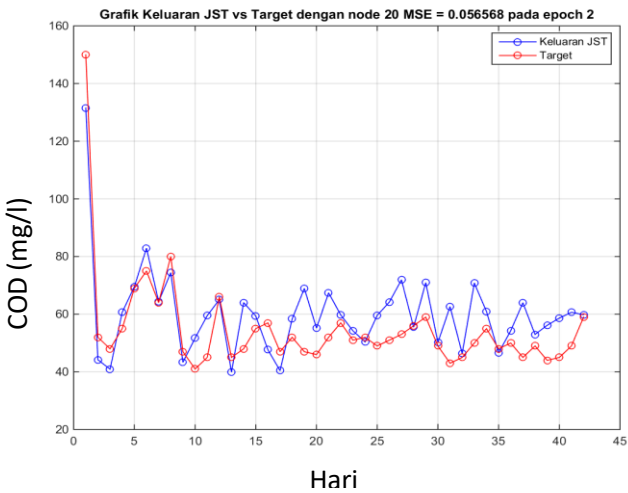
No	Hidden Node	MSE	RMSE	Epoch
1	1	37.5281	6.126018	59
2	2	35.2244	5.935015	55
3	3	34.7873	5.898076	14
4	4	32.9487	5.740096	16
5	5	33.7629	5.810585	14
6	6	33.9941	5.830446	9
7	7	34.5979	5.881998	9
8	8	32.5998	5.709623	7
9	9	25.8483	5.084122	8
10	10	33.0052	5.745015	7
11	11	28.9933	5.384543	7
12	12	16.8575	4.105789	9
13	13	30.3907	5.512776	7
14	14	24.1635	4.915638	5
15	15	15.9941	3.999262	5
16	16	27.8094	5.273462	9
17	17	6.571	2.563396	5
18	18	32.0213	5.658737	5
19	19	21.5674	4.644071	5
20	20	25.8138	5.080728	4

Tabel 4. 4 Hasil *Training Model JST* dengan Target MSE 0.0001

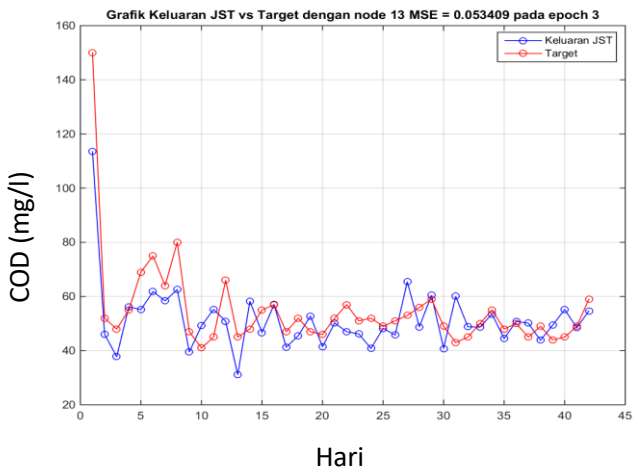
No	Hidden Node	MSE	RMSE	Epoch
1	1	37.5281	6.126018	59
2	2	35.2244	5.935015	55
3	3	10.8634	3.295967	250
4	4	18.2618	4.273383	250
5	5	7.848	2.801428	250
6	6	4.0938	2.023314	250
7	7	3.4826	1.866173	47
8	8	3.5016	1.871256	23
9	9	3.3105	1.819478	28
10	10	2.9414	1.715051	30
11	11	3.3792	1.83826	32
12	12	3.0663	1.751085	16
13	13	2.0816	1.442775	24
14	14	3.3366	1.826636	14
15	15	2.8269	1.681339	8
16	16	3.364	1.834121	16
17	17	0.1671	0.408779	6
18	18	1.5105	1.229024	10
19	19	0.2324	0.482079	6
20	20	0.843	0.91815	7

Berdasarkan tabel 4.1, tabel 4.2, tabel 4.3, dan tabel 4.4 ditunjukkan bahwa nilai error MSE yang terbaik dari seluruh variasi *hidden node* adalah 20 pada target MSE 0.1, pada target MSE 0.01 adalah 13, pada target MSE 0.001 adalah 17, dan pada target MSE 0.0001 adalah 17 dengan nilai RMSE secara berturut-turut yaitu 10.60647, 10.0141, 2.563396, 0.408779. Nilai RMSE yang didapat jika dibandingkan dengan RMSE referensi yang bernilai 59.48 untuk keluaran COD menunjukkan hasil yang lebih baik karena nilainya tidak melebihi RMSE referensi [16]. Berdasarkan kondisi tersebut dihasilkan grafik respon

perbandingan nilai target terhadap keluaran JST untuk parameter keluaran COD *polishing unit*. Grafik tersebut ditunjukkan pada gambar berikut,

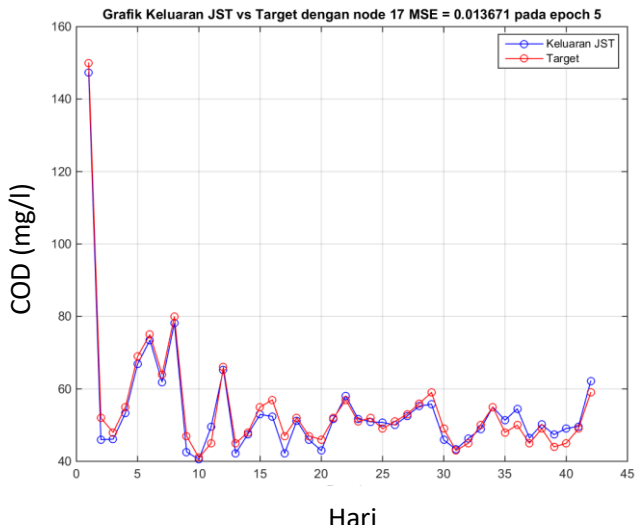


Gambar 4. 2 Hasil *training* JST terhadap Target (Target MSE 0.1)

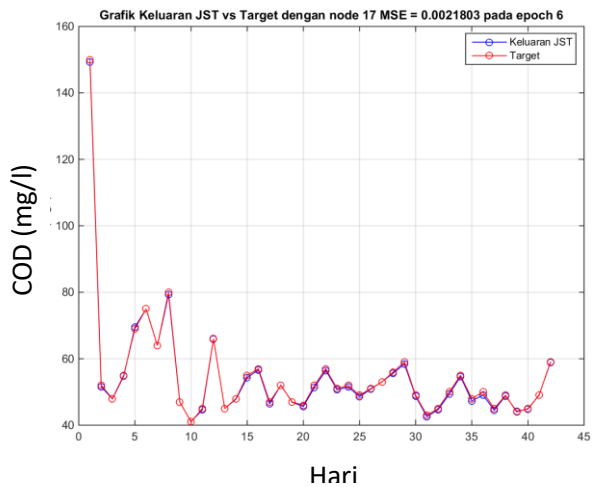


Gambar 4. 3 Hasil *training* JST terhadap Target

(Target MSE 0.01)



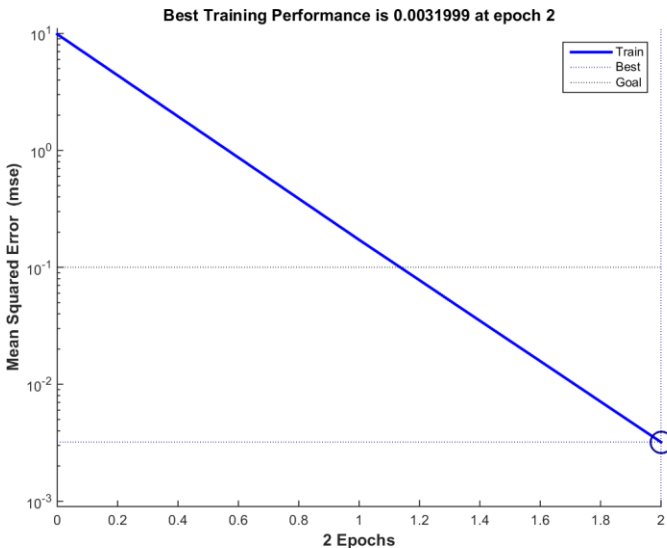
Gambar 4. 4 Hasil *training* JST terhadap Target (Target MSE 0.001)



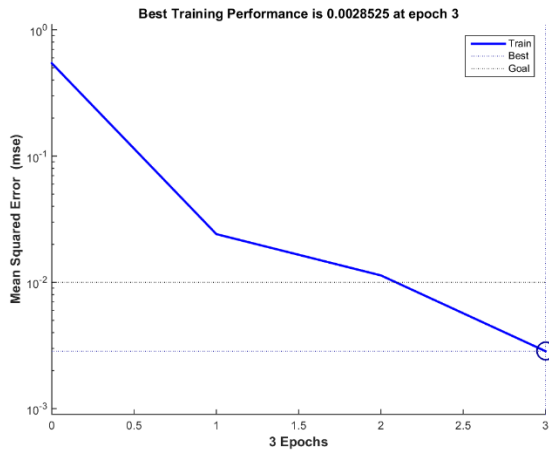
Gambar 4. 5 Hasil *training* JST terhadap Target

(Target MSE 0.0001)

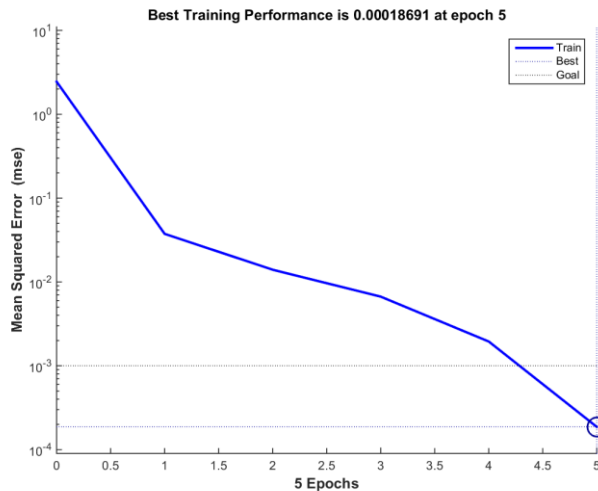
Berdasarkan gambar 4.2 sampai gambar 4.5, ditunjukkan perbandingan nilai target COD output terhadap nilai COD keluaran JST bahwa JST telah menghasilkan nilai keluaran COD *polishing unit* yang mendekati nilai target. Gambar 4.6 sampai gambar 4.9 merupakan grafik yang menunjukkan nilai MSE yang dicapai 0.0031999 pada target MSE 0.1, 0.0028525 pada target MSE 0.01, dibandingkan dengan nilai *goal* yang ditentukan pada proses *training* Matlab.



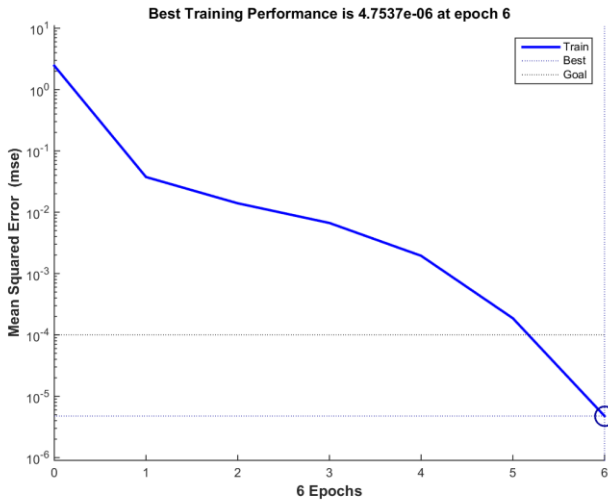
Gambar 4. 6 Error MSE pada JST dengan 20 *Hidden Node*
(Target MSE 0.1)



Gambar 4. 7 Error MSE pada JST dengan 13 *Hidden Node* (Target MSE 0.01)

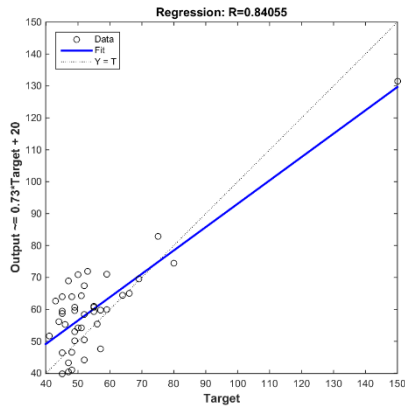


Gambar 4. 8 Error MSE pada JST dengan 17 *Hidden Node* (Target MSE 0.001)

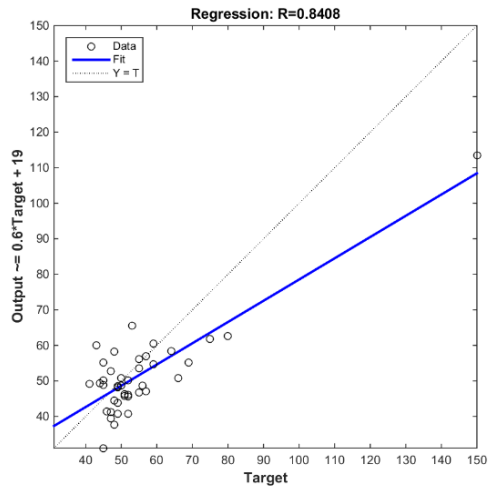


Gambar 4. 9 Error MSE pada JST dengan 17 *Hidden Node* (Target MSE 0.0001)

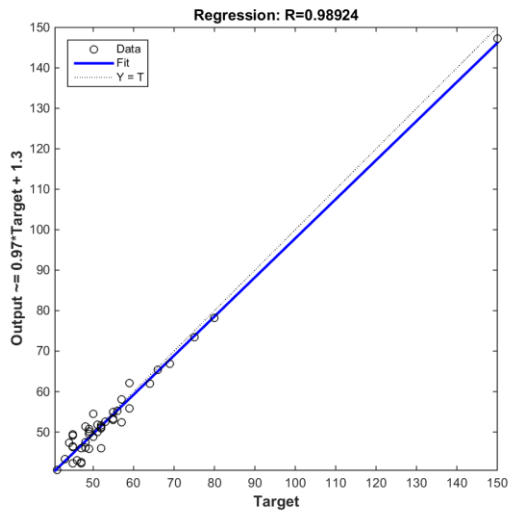
Dari gambar 4.6 sampai gambar 4.9, ditunjukkan nilai MSE untuk setiap *epoch*-nya. Pada gambar 4.10 sampai gambar 4.13, juga diperlihatkan hasil regresi pada struktur JST setelah dilatih



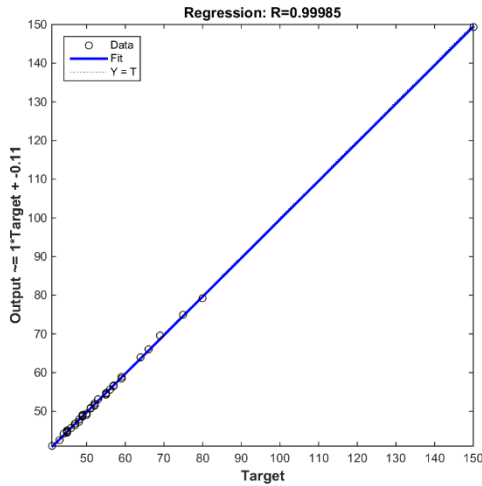
Gambar 4. 10 Hasil Uji Regresi JST dengan 20 *Hidden Node* (Target MSE 0.1)



Gambar 4. 11 Hasil Uji Regresi JST dengan 13 *Hidden Node* (Target MSE 0.01)



Gambar 4. 12 Hasil Uji Regresi JST dengan 17 *Hidden Node* (Target MSE 0.001)



Gambar 4. 13 Hasil Uji Regresi JST dengan 17 *Hidden Node* (Target MSE 0.0001)

berdasarkan gambar 4.10 sampai gambar 4.13 ditunjukkan bahwa nilai R setelah uji regresi dengan variasi target MSE mendapatkan nilai secara berturut-turut yaitu 0.84055, 0.8408, 0.98924, 0.99985 yang mana menunjukkan bahwa struktur JST yang dibuat telah dapat mengikuti pola keluaran *Polishing Unit* aktual dengan baik dibandingkan regresi referensi 0.7846 [16]. Dikarenakan nilai R yang mendekati nilai 1, maka dapat dikatakan model JST yang telah dirancang mampu melakukan estimasi dengan sangat baik.

4.1.2 Validasi JST

Setelah dilakukan *training* JST, validasi dilakukan menggunakan data-data yang telah dipersiapkan sebelumnya dan didapat hasil pada tabel berikut,

Tabel 4. 5 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.1)

No	<i>Hidden Node</i>	MSE	RMSE
1	1	685.046868	26.1734
2	2	1167.88278	34.1743
3	3	418.898089	20.467
4	4	818.005761	28.6008
5	5	497.548714	22.3058
6	6	509.743506	22.5775
7	7	285.022183	16.8826
8	8	1398.69268	37.3991
9	9	549.278907	23.4367
10	10	3004.1361	54.81
11	11	1197.02852	34.5981
12	12	2626.24476	51.2469
13	13	886.383893	29.7722
14	14	1944.54541	44.097
15	15	771.883976	27.7828
16	16	1597.90469	39.9738
17	17	1917.3977	43.7881
18	18	1715.72409	41.4213
19	19	779.49848	27.9195
20	20	426.827336	20.6598

Tabel 4. 6 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.01)

No	<i>Hidden Node</i>	MSE	RMSE
1	1	380.8260	19.5148
2	2	337.8949	18.3819
3	3	418.8973	20.467
4	4	438.2421	20.9342
5	5	497.5499	22.3058
6	6	380.4834	19.506
7	7	285.0228	16.8826
8	8	822.0098	28.6707
9	9	323.0438	17.9734
10	10	282.7961	16.8165
11	11	811.9528	28.4948
12	12	415.4341	20.3822
13	13	218.8005	14.7919
14	14	551.8198	23.4908
15	15	900.7263	30.0121
16	16	1063	32.6037
17	17	1021.5	31.9602
18	18	588.8759	24.2668
19	19	1975.7	44.4484
20	20	426.8271	20.6598

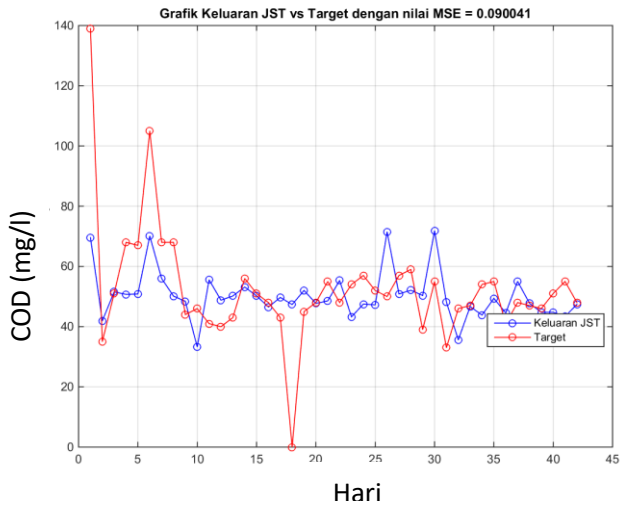
Tabel 4. 7 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.001)

No	<i>Hidden Node</i>	MSE	RMSE
1	1	494.46638	22.2366
2	2	434.351449	20.8411
3	3	245.652333	15.6733
4	4	335.999898	18.3303
5	5	360.236604	18.9799
6	6	335.354981	18.3127
7	7	381.225625	19.525
8	8	623.036544	24.9607
9	9	340.579643	18.4548
10	10	951.13644	30.8405
11	11	1458.00258	38.1838
12	12	1205.4159	34.7191
13	13	362.753925	19.0461
14	14	430.388218	20.7458
15	15	1668.38755	40.8459
16	16	1349.8423	36.7402
17	17	1462.58059	38.2437
18	18	549.555495	23.4426
19	19	1117.62507	33.4309
20	20	629.442868	25.0887

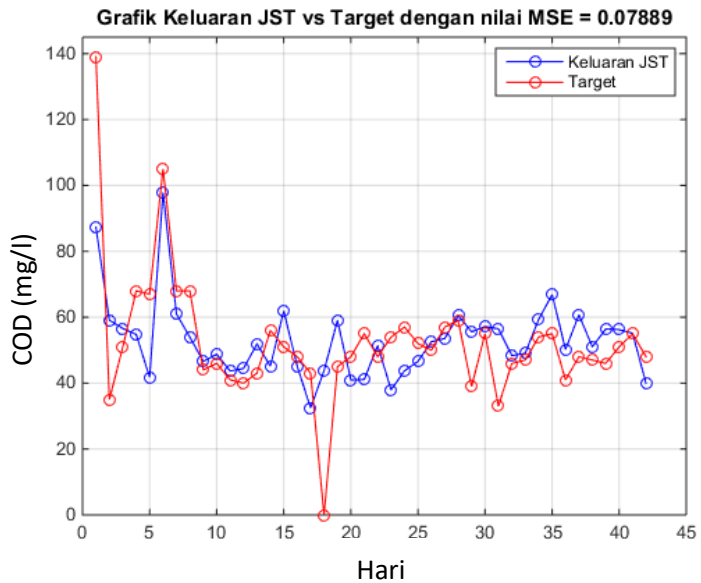
Tabel 4. 8 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.0001)

No	<i>Hidden Node</i>	MSE	RMSE
1	1	494.46638	22.2366
2	2	434.35145	20.8411
3	3	854.09478	29.2249
4	4	318.85459	17.8565
5	5	475600.57	689.638
6	6	5170.4585	71.9059
7	7	986.39965	31.407
8	8	7019.9933	83.7854
9	9	1732.9986	41.6293
10	10	527.42338	22.9657
11	11	2024.532	44.9948
12	12	1554.1493	39.4227
13	13	1171.8093	34.2317
14	14	549.46173	23.4406
15	15	2400.608	48.996
16	16	2813.6659	53.044
17	17	1554.102	39.4221
18	18	689.85023	26.265
19	19	1045.2095	32.3297
20	20	1024.3328	32.0052

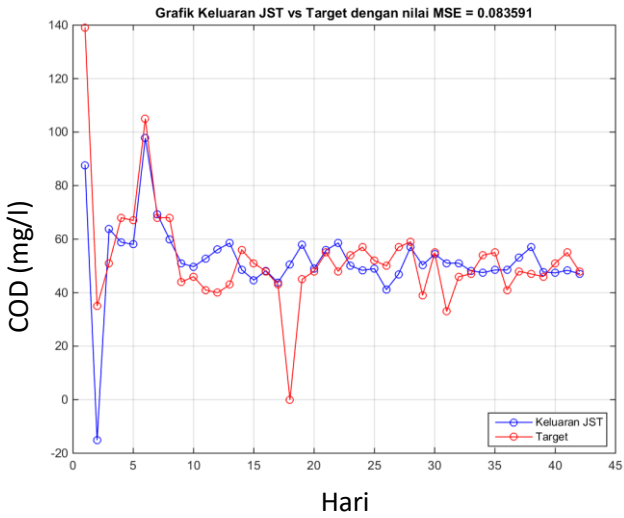
Hasil validasi didapatkan nilai RMSE untuk tiap variasi target MSE pada tabel 4.5 sampai tabel 4.8 dan diketahui ternyata *hidden node* yang terbaik berjumlah 13 dengan nilai RMSE terkecil 14.7919 pada variasi target MSE 0.01. Variasi target MSE 0.1 menghasilkan RMSE 16.8826, target MSE 0.001 menghasilkan RMSE 15.6733, dan target MSE 0.0001 menghasilkan RMSE 17.8565. Perbandingan dengan RMSE referensi yang bernilai 59.48 pun dapat dikatakan lebih baik karena nilai hasil validasi yang terbaik didapat lebih kecil yaitu 14.7919. Grafik perbandingan nilai keluaran JST dengan target asli hasil uji validasi ditunjukkan gambar berikut,



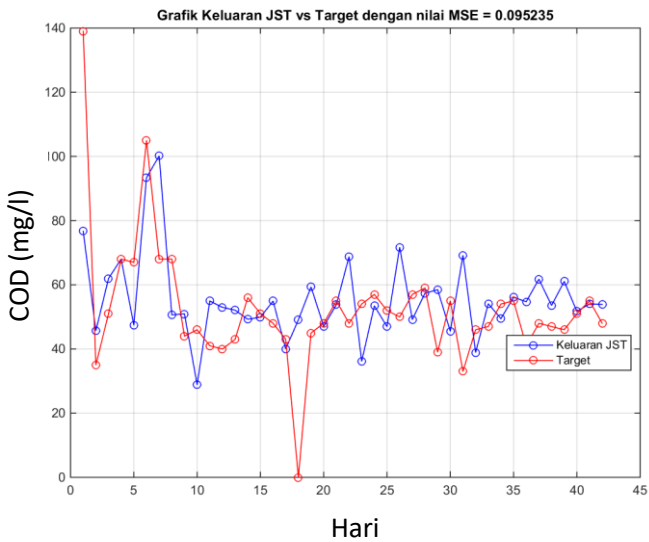
Gambar 4. 14 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.1)



Gambar 4. 15 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.01)



Gambar 4. 16 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.001)



Gambar 4. 17 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.0001)

Model JST yang dihasilkan divalidasi dengan data validasi yang telah disiapkan sebelumnya, dan pada gambar 4.14 sampai gambar 4.17 ditunjukkan perbandingan nilai COD keluaran JST dengan nilai target data validasi. Berdasarkan RMSE terbaik yang didapat dari variasi hidden node dan target MSE, maka dapat ditentukan pemodelan JST pada *polishing unit* memiliki struktur 4-13-1 dengan MSE normalisasi 0.07889 yang kemudian didenormalisasi menjadi 218.8005 dan RMSE 14.7919 yang mana jika dibandingkan dengan referensi yang ada dengan RMSE 59.48 maka nilai error ini dapat ditoleransi, karena lebih baik dari nilai performansi pada referensi [16]. Model JST yang telah didapatkan dipergunakan untuk mendapatkan nilai COD baru ditunjukkan pada tabel berikut

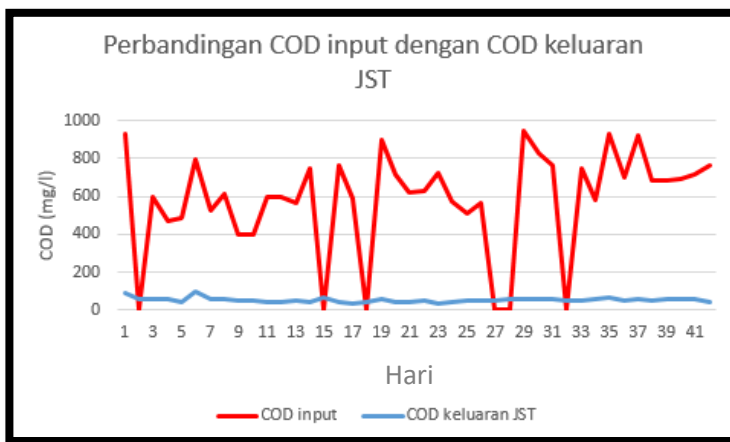
Tabel 4. 9 Hasil Uji JST Data 1 - 17

Hari	Keluaran JST (\hat{y}_i)	Target (y_i)	$y_i - \hat{y}_i$	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
1	87.31205	139	51.68795	2671.644
2	59.08792	35	-24.0879	580.2278
3	56.5798	51	-5.5798	31.1342
4	54.78413	68	13.21587	174.6591
5	41.75276	67	25.24724	637.4232
6	97.84738	105	7.152619	51.15996
7	60.97456	68	7.025442	49.35683
8	53.9451	68	14.0549	197.5402
9	46.60253	44	-2.60253	6.773144
10	48.75551	46	-2.75551	7.592859
11	43.68768	41	-2.68768	7.223646
12	44.44595	40	-4.44595	19.7665
13	51.86476	43	-8.86476	78.58401
14	45.17427	56	10.82573	117.1965
15	61.92138	51	-10.9214	119.2766
16	45.12504	48	2.874959	8.265389
17	32.4555	43	10.5445	111.1866

Tabel 4. 10 Hasil Uji JST Data 18 – 42

Hari	Keluaran JST (\hat{y}_i)	Target (y_i)	$y_i - \hat{y}_i$	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
18	43.72697	0	-43.727	1912.048
19	59.03334	45	-14.0333	196.9347
20	40.95807	48	7.041928	49.58875
21	41.10107	55	13.89893	193.1803
22	51.42504	48	-3.42504	11.73091
23	37.94977	54	16.05023	257.6098
24	43.77221	57	13.22779	174.9744
25	46.56291	52	5.437095	29.562
26	52.57797	50	-2.57797	6.645928
27	53.53821	57	3.461791	11.98399
28	60.48766	59	-1.48766	2.213124
29	55.59161	39	-16.5916	275.2816
30	57.14584	55	-2.14584	4.60464
31	56.48125	33	-23.4813	551.3691
32	48.34537	46	-2.34537	5.500782
33	49.0836	47	-2.0836	4.341396
34	59.35032	54	-5.35032	28.62591
35	66.83256	55	-11.8326	140.0094
36	50.2483	41	-9.2483	85.5311
37	60.71418	48	-12.7142	161.6505
38	51.02033	47	-4.02033	16.16304
39	56.43187	46	-10.4319	108.8239
40	56.2254	51	-5.2254	27.30478
41	55.1216	55	-0.1216	0.014787
42	39.94276	48	8.057236	64.91905
Jumlah $(y_i - \hat{y}_i)^2$				9189.622
MSE				218.8005
RMSE				14.79191

Berdasarkan tabel 4.9 dan tabel 4.10 dapat ditunjukkan nilai COD baru keluaran JST dengan *range* 32.4555 - 97.84738 (mg/l) yang mana nilai tersebut sudah memenuhi standar baku mutu tidak melebihi kadar maksimum air limbah yaitu 200 mg/l. Sehingga model JST yang telah dipergunakan memiliki peformansi yang baik untuk *polishing unit*. Perbandingan COD input dengan COD keluaran JST ditunjukkan gambar berikut



Gambar 4.18 Perbandingan COD input terhadap COD keluaran JST

Berdasarkan gambar 4.18 dapat diamati bahwa nilai COD input memiliki kadar yang tinggi dengan rentang nilai 0 - 950 (mg/l) dan rata-rata 578.2381 (mg/l) dimana nilai tersebut melanggar kadar maksimum yang ditetapkan kementerian lingkungan hidup yaitu 200 (mg/l) sedangkan COD keluaran JST menghasilkan nilai yang memenuhi standar baku kadar maksimum COD kegiatan eksplorasi MIGAS fasilitas *on-shore* dengan rentang 32.4555 - 97.84738 (mg/l) dan rata-rata 52.99963 (mg/l).

4.2 Pembahasan

Model JST yang dirancang untuk pemodelan *polishing unit*, sebagai estimator nilai parameter output COD mempunyai struktur *multi-layer feedforward*, dengan jumlah *input node* 4, *hidden node* 13, dan *output node* 1. *Input node* ditentukan dengan jumlah parameter input dari *properties produced water*. *Hidden node* ditentukan dengan *trial and error* yang divariasikan 20 *node* beserta variasi target MSE 0.1; 0.01; 0.001; dan 0.0001 kemudian dipilih struktur yang menghasilkan nilai RMSE terbaik saat dilakukan validasi, dalam hal ini *hidden node* terpilih berjumlah 13 pada target MSE 0.01. *Output node* ditentukan dari parameter output yang menunjukkan performansi *plant* yaitu COD. Model JST yang telah dibuat mampu mengikuti pola target keluaran dengan baik. Masih terdapat sebagian kecil data yang menyimpang cukup tinggi, yakni pada data validasi ke 1 dan ke 18. Hal ini dikarenakan terjadi perubahan data yang cukup tinggi sehingga JST tidak mampu mengikuti dengan baik target yang diinginkan. Selain itu, hal ini diakibatkan adanya kondisi *overfitting*. *Overfitting* terjadi jika model JST terlalu akurat pada data latih sehingga ketika diberikan data baru, nilai yang dihasilkan jauh dari target yang diinginkan. Hal ini dibuktikan dari nilai RMSE yang dihasilkan dari validasi lebih besar dari pelatihan, yakni sebesar 14.7919 terhadap RMSE pelatihan yakni 10.0141.

Model JST yang dihasilkan mempunyai nilai MSE 218.8005 yang kemudian dicari nilai RMSE dan dibandingkan dengan nilai RMSE dari referensi. RMSE hasil JST yang dirancang bernilai 14.79191, yang mana lebih baik dari nilai RMSE penelitian sebelumnya yaitu 59.48 sehingga dapat dinyatakan bahwa model JST yang dirancang telah mampu menjadi estimator yang baik untuk merepresentasikan sistem pada *plant*. COD keluaran JST menghasilkan nilai dengan rentang 32.4555 - 97.84738 (mg/l) dan rata-rata 52.99963 (mg/l) yang memenuhi standar baku kadar maksimum COD kegiatan eksplorasi MIGAS fasilitas *on-shore* yang ditetapkan kementerian lingkungan hidup dengan tidak melebihi kadar maksimumnya 200 (mg/l).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka kesimpulan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut

- a. *Polishing unit* dapat dimodelkan menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan pasangan data input temperatur, pH, COD, dan TSS terhadap pasangan data output yaitu COD keluaran *polishing unit*.
- b. Telah didapatkan struktur JST terbaik (*input node-hidden node-output node*) hasil variasi target MSE 0.1; 0.01; 0.001; 0.0001 yaitu 4-7-1, 4-13-1, 4-3-1, 4-4-1 dengan RMSE masing-masing 16.8826, 14.7919, 15.6733, 17.8565 yang merepresentasikan sistem pada *polishing unit*.
- c. Kinerja model JST 4-13-1 dengan target MSE 0.01 yang dirancang pada *polishing unit* mampu menghasilkan nilai COD yang tidak melebihi kadar maksimum standar baku mutu air limbah kegiatan produksi MIGAS fasilitas *on-shore* dengan rentang nilai 32.4555 - 97.84738 (mg/l) serta didapatkan nilai MSE dan RMSE terbaik yaitu 218.8005 dan 14.7919.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian, L.H. 2010. Peraturan Menteri : Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi Fasilitas *on-shore*. Indonesia : Peraturan nomor 19.
- [2] Andarani, P., dan Rezagama, A., 2015. "Analisis Pengolahan Air Terproduksi DI Water Treating Plant Perusahaan Eksploitasi Minyak Bumi". Jurnal Prespitasi Universitas Diponegoro, vol. 12, no. 2.
- [3] Ningtyas, R., 2015. "Pengolahan Air Limbah dengan Proses Lumpur Aktif". Teknik Kimia ITB, vol.1, no.11.
- [4] Synder, R., and Wyant, D., "Activated Sludge Process Control". State of Michigan Department of Environmental Quality.
- [5] Farouq, S., Al-asheh, S., dan Alfadal, H.E., 2007. "Use of artificial neural network black-box modeling for the prediction of wastewater treatment plants performance". Environmental management University of Qatar, 83:329-338.
- [6] Yudhanto, R., 2018. "Pengolahan Produced Water Treatment di Onshore Facility PT. Saka Indonesia Pangkah Limited". Instrumentasi Lanjut-PGN SAKA.
- [7] Bolmstedt, J., 2004. "Controlling the influent load to wastewater treatment plants". Industrial Electrical Engineering and Automation Lund University, SE:221.
- [8] Dold, P., L., 1982. "Design and control of equalization tanks". Civil Engineering University of Cape town.

- [9] Biliaiev, M., M., and Lemesh, M.,V., 2018. “Modeling of biological wastewater treatment on the basis of quick-computing numerical model”. National University of Dnipropetrovsk, ISSN:2307-6666.
- [10] Utami, L., I., dkk., 2017 “Pengolahan limbah minyak bumi secara biologi aerob proses batch”. Fakultas Teknik UPN, vol. 11, no.2.
- [11] Solichin, M., 2012. “Proses Pengolahan Air Limbah dengan Biakan Tersuspensi”. Teknik Pengairan Universitas Brawijaya.
- [12] Lowe, S., A., 1990. “Numerical and Experimental Modelling of Sedimentation Tanks”. University of Wollongong.
- [13] Tuhuloula, A., dkk., 2013. “Perbandingan Limbah dan Lumpur Aktif Terhadap Pengaruh Sistem Aerasi Pada PengolahanLimbah CPO”. Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru, vol.2, no.1.
- [14] Fausett, L., V., 1994. “Fundamental of Neural Networks”. Pearson, ISBN-10.
- [15] Larose, D., T., 2005. “Discovering knowledge In Data An Introduction To Data Mining”. Central Connecticut State University, Canada.
- [16] Hamada, M., 2018. “Application of artificial neural networks for the prediction of Gaza wastewater treatment plant performance-Gaza strip”. Journal of Applied Research in Water and Wastewater 9, 399-406.

- [17] Salmin. 2005. “Oksigen Terlarut dan Kebutuhan Oksigen Biologi sebagai salah satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan”. *Oseana*, vol. 300, no.3, 21-26.
- [18] Wuryandari, M.,D., 2012. “Perbandingan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dan Learning Vector Quantization Pada Pengenalan Wajah”. *Komputa Universitar Komputer Indonesia*, vol.1, no.1.
- [19] Papantoniou, S., Kolokotsa, D., D., 2016 “Prediction of outdoor air temperature using neural networks: Application in 4 European cities”. *Energy and Buildings Technical University of Crete* 114, 72-79.
- [20] Munir, Syahrul., 2018. “Perancangan Jaringan Syaraf Tiruan Sebagai Estimator Load Disturbance Torque pada Sistem Servo Modular MS150 DC” *Teknik Fisika ITS*.
- [21] El-Bakry, M., Y., 2013 “Charged Particle Pseudorapidity Distributions For Pb-Pb and Au-Au Collisions Using Neural Network Model”. *Ukrainian Journal of Physics*, vol. 58, no.8.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

LAMPIRAN A

DATA TRAINING DAN VALIDASI

Tabel 1. *Data Training*

Data	T	pH	COD	TSS	CODout
1	34.3	6.95	987	58	150
2	32.9	6.98	0	86	52
3	31.2	7.48	562	73	48
4	34	7.5	471	61	55
5	34.3	7.05	498	59	69
6	33.3	6.98	803	85	75
7	33	7.27	522	55	64
8	33.4	7.43	622	59	80
9	32.2	7.52	396	76	47
10	33.7	7.65	401	87	41
11	32.8	7.48	596	121	45
12	31.9	7.26	598	99	66
13	30.9	7.4	560	75	45
14	30.9	7.23	751	65	48
15	28.6	8.25	780	73	55
16	32.8	7.42	0	87	57
17	32.4	7.14	0	93	47
18	30.8	7.25	615	99	52
19	33.7	7.29	919	84	47
20	34.4	7.35	726	81	46
21	34	7.33	619	66	52
22	33.8	7.34	639	121	57
23	33.5	7.04	721	129	51
24	34.1	7.17	572	115	52
25	33	7.4	509	102	49
26	33.2	7.18	569	83	51
27	33.7	6.78	625	74	53
28	32.5	7.6	615	76	56
29	34	6.66	0	114	59

Data	T	pH	COD	TSS	CODout
30	34.9	7.38	825	90	49
31	34.8	6.97	767	73	43
32	33.9	6.89	892	140	45
33	32.3	7.04	0	142	50
34	31.5	7.59	0	145	55
35	33.8	7.39	986	141	48
36	33	7.05	704	151	50
37	32.6	7.14	0	135	45
38	32.6	7.63	719	99	49
39	33.7	7.58	688	130	44
40	32.1	7.56	690	121	45
41	30.2	7.5	711	113	49
42	32.3	7.56	760	122	59

Tabel 2. Data Validasi

Data	T	pH	COD	TSS	CODout
1	31.3	7.06	932	67	139
2	29.3	7.28	0	84	35
3	33.7	7.33	601	61	51
4	34.1	7.36	467	58	68
5	33.1	7.28	490	74	67
6	32.9	6.99	798	58	105
7	33.9	7.17	525	54	68
8	33.5	7.43	611	64	68
9	32.8	7.57	402	84	44
10	34.3	7.54	397	134	46
11	33.8	6.93	596	101	41
12	32.1	7.48	595	85	40
13	32.6	7.54	563	69	43
14	30.9	7.36	749	75	56
15	32.6	7.26	0	71	51
16	33.2	7.43	760	98	48
17	30.2	7.37	593	98	43
18	32.4	6.99	0	98	0

Data	T	pH	COD	TSS	CODout
19	33.5	7.25	902	79	45
20	34.4	7.38	717	80	48
21	31.3	7.57	621	93	55
22	32.4	6.96	633	109	48
23	35.3	7.1	724	136	54
24	33.7	7.26	573	100	57
25	32.9	7.54	510	91	52
26	32.5	6.8	563	77	50
27	33.1	7.11	0	71	57
28	34	6.66	0	114	59
29	33.1	7.19	950	102	39
30	35.9	6.74	826	74	55
31	32.2	7.2	764	118	33
32	30	7.48	0	156	46
33	33.2	7.09	751	136	47
34	32.2	7.55	578	133	54
35	32.5	6.99	930	145	55
36	33.1	7.15	699	147	41
37	32.4	6.98	924	120	48
38	30.6	7.41	686	111	47
39	32.7	7.38	685	128	46
40	32.1	7.58	693	124	51
41	32.8	7.53	715	132	55
42	30.1	7.97	763	125	48

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

LAMPIRAN B SCRIPT CODE

Training Script Code

```
clc;clear;close all;warning off;

% Proses membaca data latih dari excel
filename = 'simulasi1.xlsx';
sheet = 4;
xlRange = 'K48:O89';

Data = xlsread(filename, sheet, xlRange);
data_latih = Data(:,1:4)';
target_latih = Data(:,5)';
[m,n] = size(data_latih);

for jumlahnode=1:20
    % Pembuatan JST
    net = newff(minmax(data_latih),[jumlahnode
1],{'tansig','purelin'},'trainlm');

    % Memberikan nilai untuk mempengaruhi proses
    pelatihan
    net.performFcn = 'mse';
    net.trainParam.goal = 0.01;
    %rmse==sqrt(mse) rmse=10
    net.trainParam.show = 20;
    net.trainParam.epochs = 250;

    % Proses training
    [net_keluaran,tr,Y,E] =
    train(net,data_latih,target_latih);

    % Hasil setelah pelatihan
    bobot_hidden = net_keluaran.IW{1,1};
    bobot_keluaran = net_keluaran.LW{2,1};
    bias_hidden = net_keluaran.b{1,1};
```

```

bias_keluaran = net_keluaran.b{2,1};
jumlah_iterasi = tr.num_epochs;
nilai_keluaran = Y;
nilai_error = E;
error_MSE = (1/n)*sum(nilai_error.^2);
error_RMSE = sqrt(error_MSE);

if(jumlahnode==1)
    RMSE_best=error_RMSE;
    node_best=1;
    save('netbest.mat','net_keluaran');

save('bobotbiasbest.mat','bobot_hidden','bobot_keluaran','bias_hidden','bias_keluaran');
else
    if(error_RMSE<RMSE_best)
        RMSE_best=error_RMSE;
        node_best=jumlahnode;
        save('netbest.mat','net_keluaran');

save('bobotbiasbest.mat','bobot_hidden','bobot_keluaran','bias_hidden','bias_keluaran');
end
end
filename=sprintf('net%d.mat', jumlahnode);
save(filename,'net_keluaran');

% Hasil prediksi
hasil_latih = sim(net_keluaran,data_latih);
max_data = 150;
min_data = 0;
hasil_latih = ((hasil_latih-0.1)*(max_data-min_data)/0.8)+min_data;

% Performansi hasil prediksi
filename = 'simulasil.xlsx';
sheet = 4;
xlRange = 'O5:O46';

```

```
target_latih_asli = xlsread(filename, sheet,  
xlRange);
```

```
figure,
```

```
plotregression(target_latih_asli, hasil_latih, 'Re  
gression')
```

```
filename=sprintf('reg%d.png', jumlahnode);  
saveas(gcf, filename)
```

```
figure,
```

```
plotperform(tr)
```

```
filename=sprintf('perf%d.png', jumlahnode);  
saveas(gcf, filename)
```

```
figure,
```

```
plot(hasil_latih, 'bo-')
```

```
hold on
```

```
plot(target_latih_asli, 'ro-')
```

```
hold off
```

```
grid on
```

```
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target  
dengan node ', num2str(jumlahnode), ' MSE =  
, num2str(error_RMSE), ' pada epoch  
, num2str(jumlah_iterasi)]))
```

```
xlabel('Data ke-')
```

```
ylabel('COD(mg/l)')
```

```
legend('Keluaran
```

```
JST', 'Target', 'Location', 'Best')
```

```
filename=sprintf('latih%d.png', jumlahnode);  
saveas(gcf, filename)
```

```
errorbaru=target_latih_asli'-hasil_latih;
```

```
MSE = (1/n)*sum(errorbaru.^2)
```

```
RMSE = sqrt(MSE)
```

```
end
```

```
node_best
```

Validation Script Code

```
clc;clear;
% load jaringan yang sudah dibuat pada proses
pelatihan
load net13.mat

% Hasil validasi
hasil_uji = sim(net_keluaran,data_uji);
nilai_error = hasil_uji-target_uji;

max_data = 150;
min_data = 0;
hasil_uji = ((hasil_uji-0.1)*(max_data-
min_data)/0.8)+min_data;

% Performansi hasil validasi
error_MSE = (1/n)*sum(nilai_error.^2);
error_RMSE = sqrt(error_MSE);

filename = 'simulasil.xlsx';
sheet = 4;
xlRange = 'W5:W46';

target_uji_asli = xlsread(filename, sheet,
xlRange);

figure,
plot(hasil_uji,'bo-')
hold on
plot(target_uji_asli,'ro-')
hold off
grid on
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target
dengan nilai MSE = ',...
num2str(error_RMSE)]))
xlabel('Data ke-')
ylabel('CODoutUji')
legend('Keluaran
JST', 'Target', 'Location', 'Best')
```



```
saveas(gcf, 'uji.png')
```

```
errorbaru=target_uji_asli'-hasil_uji;  
MSE = (1/n)*sum(errorbaru.^2)  
RMSE = sqrt(MSE)
```

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BIODATA PENULIS

Penulis bernama Riski Fitra Finazis dilahirkan di Sumenep, 09 Februari 1997. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara.



Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN 02 Pandean Madiun tahun 2009, SMPN 01 Sedati Sidoarjo tahun 2012, SMAN 01 Waru Sidoarjo tahun 2015, dan sedang menempuh pendidikan S1 Teknik Fisika FTI di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga sekarang, melalui jalur SBMPTN 2015. Penulis memiliki pengalaman program *internship* selama 3 bulan di PT. Yokogawa Indonesia Jakarta Selatan. Pada bulan Juni 2019 penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Pemodelan *Polishing Unit* Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan di PT Saka Indonesia Pangkah Limited**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, maka dapat menghubungi melalui *email*: riskifitrafinazis@gmail.com