



TESIS- TF185471

**ANALISA DINAMIKA PROSES POLISHING UNIT DI PT
SIPL MELALUI SIMULASI PROSES MODEL DINAMIK
POLISHING UNIT BERUPA JARINGAN SARAF TIRUAN
(JST)**

**KUSNADI SUGIARTO
NRP. 02311850017001**

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



LAPORAN TESIS

TESIS- TF185471

**ANALISA DINAMIKA PROSES POLISHING UNIT DI PT
SIPL MELALUI SIMULASI PROSES MODEL DINAMIK
POLISHING UNIT BERUPA JARINGAN SARAF
TIRUAN (JST)**

**KUSNADI SUGIARTO
NRP. 02311850017001**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN REKAYASA ENERGI TERBARUKAN
JURUSAN TEKNIK FISIKA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

KUSNADI SUGIARTO

NRP: 02311850017001

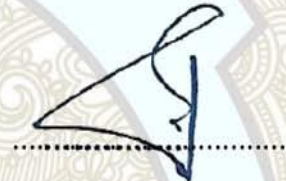
Tanggal Ujian: 13 Juli 2020

Periode Wisuda: September 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing:

1. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIP: 196503091990021001



Penguji:

1. Agus Muhammad Hatta, ST., Msc., PhD
NIP: 197809022003121002
2. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, Msc
NIP: 195004021979011001



Kepala Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem



Dr. Suyanto, ST., MT.
NIP: 197111131995121002



Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISA DINAMIKA PROSES POLISHING UNIT DI PT SIPL MELALUI SIMULASI PROSES MODEL DINAMIK POLISHING UNIT BERUPA JARINGAN SARAF TIRUAN (JST)

Nama Mahasiswa : Kusnadi Sugiarto
NRP : 02311850017001
Pembimbing : Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

ABSTRAK

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di industri bertujuan untuk mengurangi limbah hasil limbah/effluent yang sesuai dengan yang ditetapkan oleh peraturan pemerintah dalam hal ini nilai Oil in Water dibawah 25 mg/L dan chemical oxygen demand di bawah 200 mg/L. Pengolahan limbah pada saat ini dilakukan secara manual untuk aerasi dan pemberian nutrient berupa phospat dan nitrat pada mikroorganisme.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dinamika proses polishing unit melalui simulasi proses model dinamik polishing unit berupa jaringan saraf tiruan dan untuk menjadikan sistem pengendalian limbah secara otomatis. Sebagai masukan dari pemodelan ini adalah nilai OIW dan COD influent dan sebagai keluaran adalah nilai dissolved oxygen (DO), Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS) di aerasi dan OIW effluent. Nilai yang dihasilkan dari model tersebut akan digunakan untuk mengendalikan aerator sebagai penyedia oksigen dan nutrient sebagai penyedia nutrisi mikroorganisme secara otomatis dan influent yang masuk di polishing unit.

Analisa dinamika polishing unit dengan jaringan syaraf tiruan mendapatkan adanya kesamaan dengan dinamika proses polishing unit yang sesungguhnya. Error yang didapatkan dari pemodelan dan pelatihan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan didapatkan MSE DO 0.011, MLSS 0.011 dan OIW effluent 0.0063 dari MSE target 0.01. Pemodelan dengan jaringan syaraf tiruan untuk polishing unit dapat digunakan untuk menggambarkan polishing unit sesungguhnya.

Kata Kunci: Polishing unit, analisa dinamika, jaringan syaraf tiruan

ABSTRACT

The objectives of wastewater treatment plant (IPAL) in the industry to reduce waste products / effluent and comply to government regulations, the Oil in Water is below 25 mg / L and the chemical oxygen demand is 200 mg / L. Currently, waste processing is controlled by manually for aeration and phosphate and nitrates nutrients supply to microorganisms.

This study to analyze the dynamics of the polishing unit process through a simulation of the dynamic polishing unit process model in the form of a neural network and to create an automatic waste control system. The inputs modeling are OIW and COD influent and the outputs are dissolved oxygen (DO), Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS) in aeration and OIW effluent. The model result will be used to automatically control the aerator and nutrients and the incoming influent.

Analysis of the dynamics of artificial neural networks polishing unit have similarities to the dynamics of the actual polishing unit process. The error of modeling and training by artificial neural networks obtained MSE DO 0.011, MLSS 0.011 and OIW effluent 0.0063 from MSE target 0.01. The conclusion is the modeling by neural networks for polishing units can be used to describe the real polishing unit.

Keywords: Polishing units, dynamics analysis, artificial neural networks

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T, karena rahmat-Nya hingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, kelancaran dalam menyusun laporan tesis yang berjudul “ Analisa Dinamika Proses Polishing Unit Di PT. SIPL Melalui Simulasi Proses Model Dinamik Polishing Unit Berupa Jaringan Saraf Tiruan (JST)”. Pada kesempatan ini, penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Suyanto,S.T.,M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu dan membantu dalam proses pengerjaan tesis.
3. Bapak Dr.Ir. Purwadi Agus Darwito M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu dan membantu dalam proposal pengerjaan tesis.
4. Segenap Bapak/ibu dosen, khususnya pengampu bidang minat rekayasa instrumentasi di Departemen Teknik Fisika ITS yang telah memberikan banyak ilmu penulis selama diperkuliahan.
5. Orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, bantuan dan motivasi.
6. Rekan-rekan kerja PT. SAKA Indonesia Pangkah Ltd dan Pascasarjana Teknik Fisika ITS angkatan 2018 yang saling memberikan semangat, doa serta selalu menghibur.
7. Sahabat-sahabat penulis yang telah mendoakan untuk kelancaran tesis dan pihak lain yang telah membantu penulis menyelesaikan tesis ini.

Penulis mengucapkan mohon maaf atas ketidaksempurnaan dalam penulisan laporan tesis ini. Semoga laporan tesis ini bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Produced Water Treatment	5
2.2 API Separator.....	6
2.2.1 Equalization Basin	8
2.3 Polishing Unit	9
2.3.1 Aeration zone	11
2.3.2 Tangki Sedimentasi.....	14
2.3.3 Effluent Tank	14
2.4 Jaringan Syaraf Tiruan (Artificial Neural Network).....	16
2.4.1 Algoritma Levenberg Marquardt	17
2.4.2 Mean Square Error (MSE)	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.2 Identifikasi Parameter Polishing Unit	23
3.2 Pengambilan dan Analisa Input dan Output Polishing Unit	25
3.3 Perancangan Model JST	30
3.4 Validasi Model JST.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Hasil Penelitian	36
4.1.1 Training JST.....	37
4.1.2 Validasi JST	44
4.2 Pembahasan.....	52
BAB V PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan	54
LISTING PROGRAM	57

Program Latih JST	57
Program Uji JST	62
DAFTAR PUSTAKA	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Produced Water Treatment di PT.SIPL[10]	5
Gambar 2. 2 Nilai Parameter Produced Water[11]	7
Gambar 2. 3 Process Flow Diagram API Separator.....	8
Gambar 2. 4 Equalization Basin 342-T-102 [6].....	8
Gambar 2. 5 Proses Biologis Pengolahan Polishing Unit[14]	9
Gambar 2. 6 Proses Pengolahan Polishing Unit[11]	10
Gambar 2. 7 PFD Polishing Unit[10].....	10
Gambar 2. 8 Aeration zone[10].....	11
Gambar 2. 9 Tangki Sedimentasi 342-T-100[10]	14
Gambar 2. 10 Effluent Tank[10].....	14
Gambar 2. 11 Blackbox JST Polishing Unit	15
Gambar 2. 12 Arsitektur JST multi-layer feedforward[21]	16
Gambar 2. 13 Diagram alir pelatihan algoritma LM [21]	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3. 2 Proses dan parameter Polishing Unit	23
Gambar 3. 3 Proses dan reaksi mikroorganisme di polishing unit.....	24
Gambar 3. 4 Perbandingan COD influent dan COD effluent	26
Gambar 3. 5 Perbandingan OIW influent dan OIW effluent	27
Gambar 3. 6 Perbandingan MLSS di aeration zone dengan COD & OIW Influent	27
Gambar 3. 7 Nilai DO di aeration zone terhadap dan COD dan OIW influent	28
Gambar 3. 8 Nilai DO dan MLSS di aeration zone terhadap OIW dan COD effluent	29
Gambar 3. 9 Arsitektur JST Dinamika Polishing Unit	33
Gambar 4. 1 NNtraintool hidden node 20.....	36
Gambar 4. 2 MLSS hasil training JST terhadap Target	40
Gambar 4. 3 DO hasil training JST terhadap Target.....	41
Gambar 4. 4 OIW hasil training JST terhadap Target	42
Gambar 4. 5 Error MSE pada JST dengan 20 Hidden Node (Target MSE 0.001)	43
Gambar 4. 6 Hasil Uji Regresi JST dengan 20 Hidden Node (Target MSE 0.001).....	44
Gambar 4. 7 DO hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.001)	46
Gambar 4. 8 OIW hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.001)	47
Gambar 4. 9 MLSS Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.001).....	48
Gambar 4. 10 Perbandingan COD, OIW influent terhadap DO keluaran JST.....	49
Gambar 4. 11 Perbandingan COD,OIW influent terhadap MLSS keluaran JST	50
Gambar 4. 12 Perbandingan COD,OIW influent terhadap OIW effluent keluaran JST ...	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.19 Tahun 2010 [1]	6
Tabel 2. 2 Nilai Parameter Produced Water dari API Separator.....	9
Tabel 2. 3 Nilai Parameter Produced Water dari API Separator.....	15
Tabel 3. 1 Perbandingan data influent, dan Effluent Polishing Unit	25
Tabel 3. 2 Parameter Model JST.....	30
Tabel 4. 1 Data MLSS, DO, OIW eff terhadap data influent untuk training	37
Tabel 4. 2 Hasil Training Model JST dengan Target MSE 0.01.....	38
Tabel 4. 3 Hasil Training Model JST dengan nilai RMSE	39
Tabel 4. 4 Data MLSS, DO, OIW eff hasil training terhadap data influent.....	40
Tabel 4. 5 Data MLSS, DO, OIW eff terhadap data influent untuk diuji	45
Tabel 4. 6 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.01)	45
Tabel 4. 7 Hasil Uji JST Data MLSS, DO, OIW eff terhadap data influent.....	48

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. Pengolahan produced water di industri perminyakan sangatlah penting terhadap keberlangsungan proses produksi minyak. 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]. Hasil produced water yang dihasilkan sekitar 651.02 barel perhari dengan kandungan oil in water sekitar 19.3 mg/L dan COD sekitar 832.5 mg/L akan menjadi permasalahan apabila dibuang langsung ke lingkungan. Tujuan dari pengolahan produced water adalah untuk menurunkan polutan produced water agar supaya dibuang ke lingkungan tidak terjadi pencemaran[2]. Hasil produced water tersebut masih diatas baku mutu yang ditetapkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 19 tahun 2010[1] walaupun sudah melakukan pengolahan produced water tersebut terdiri dari beberapa komponen antara lain: separator, hydrocyclone, degassing drum, observation basin, API Separator[2]

Dalam beberapa tahun terakhir, metode berbasis komputer telah diterapkan banyak bidang masalah lingkungan. Pengendalian operasi Instalasi Pengolahan Air Limbah biologis (IPAL) seringkali rumit karena variasi dalam komposisi produced water, kekuatan dan laju aliran karena perubahan dan kompleksitas proses[3]. Keterbatasan variabel proses yang sesuai akan membatasi pengendalian kualitas effluent[4]. Setiap IPAL mempunyai karakteristik yang berbeda tergantung produced water yang diproses. Karena itu setiap IPAL tergantung dari operator dan enginner yang mengidentifikasi parameter proses tersebut[5]. Teknik pemodelan tradisional yang digunakan dalam proses biologi adalah berdasarkan pertumbuhan mikroba, konsumsi substrat dan pembentukan produk. Dan karena proses biologi yang menggunakan mikroorganisme dengan lingkungan yang memengaruhinya

merupakan proses non-linear, waktunya bervariasi dan kompleks[6] maka pendekatan secara tradisional dan model empiris mengalami beberapa keterbatasan[7]. Selain itu untuk memprediksi parameter dalam proses pengolahan produced water yang menggunakan teknik konvensional akan memakan waktu dan menjadi kendala sistem pengendalian proses yang efisien[8].

Dalam hal ini Struktur Jaringan Saraf Tiruan (JST) dipergunakan untuk memodelkan proses pengolahan produced water (polishing unit). Dalam pemodelan proses polishing unit, dinamika parameter dan proses sangat diperhatikan karena dinamika sistem polishing unit ini untuk mengetahui performansi sistem tersebut. JST adalah jaringan yang menyerupai jaringan di otak manusia yang disebut neuron. JST biasanya terdiri dari tiga layer, input layer, hidden layer dan output layer[9]. Pemodelan JST melalui pasangan data parameter input dan parameter output polishing unit yaitu OIW dan COD influent, OIW effluent, COD effluent, DO dan TSS/MLSS didalam bagian aerasi. Tujuan dari pemodelan ini untuk mengetahui pola dari polishing unit apabila ada perubahan yang mempengaruhi system polishing unit tersebut. Hal ini untuk selanjutnya dapat dilakukan pengendalian terhadap nilai parameter yang masuk ke dalam system polishing unit tersebut sehingga system dan effluent dari polishing unit tetap terjaga stabil.

Hasil performansi dan dinamika dari JST akan digunakan sistem pengendali untuk mengendalikan aerasi dan nutrient yang masuk di polishing unit agar kondisi polishing unit tetap stabil dengan berbagai perubahan nilai parameter produced water. Kestabilan polishing unit tersebut diukur dari parameter effluent yaitu COD dan OIW yang sesuai dengan baku mutu. Selain itu juga diukur dari nilai DO dan MLSS yang terkandung di dalam bagian aerasi di system polishing unit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana menganalisa kondisi operasi polishing unit beserta parameternya yang diatur secara manual ?
- 2) Bagaimana mendapatkan data parameter operasional polishing unit sebagai pasangan input dan output suatu proses di polishing unit ?
- 3) Bagaimana memilih model struktur jaringan saraf yang cocok dengan model proses di polishing unit ?
- 4) Bagaimana menganalisa kinerja hasil simulasi polishing unit dalam memproses produced water untuk dapat diatur secara otomatis?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menganalisa kondisi operasi polishing unit beserta parameternya yang diatur secara manual.
- 2) Mendapatkan data parameter operasional polishing unit sebagai pasangan input dan ouput suatu proses di polishing unit
- 3) Memilih model struktur jaringan saraf yang cocok dengan model proses di polishing unit
- 4) Menganalisa kinerja hasil simulasi polishing unit dalam memproses produced water untuk dapat diatur secara otomatis

Halaman ini sengaja dikosongkan

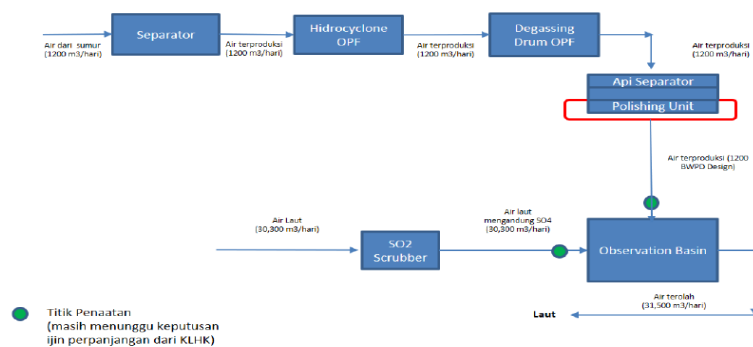
BAB II

DASAR TEORI

2.1 Produced Water Treatment

Produced water merupakan air yang sudah dipisahkan dari oil dan gas yang masih mengandung hidrokarbon selama kegiatan pengambilan minyak dan gas bumi termasuk di dalamnya air formasi, air injeksi, dan bahan kimia yang ditambahkan untuk pengambilan minyak dan gas bumi[1]. PT. SIPL memiliki unit pengolahan produced water treatment yang terdiri dari beberapa komponen antara lain separator, degassing drum, API Separator, Polishing unit dan observation basin. API Separator dan polishing unit 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[10]

Pada gambar 2.1 Sistem produced water treatment di PT.SIPL dapat ditunjukkan air yang bercampur dengan minyak dan gas dari sumur kemudian dipisahkan dengan berbagai separator sebelum diolah untuk dibuang ke lingkungan. Pemisahan antara air dan minyak yang banyak terjadi di HP Flash separator dan LT Electrostatic sebelum masuk ke 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[10].

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[1].

NO.	JENIS AIR LIMBAH	PARAMETER	KADAR MAKSIMUM	METODE PENGUKURAN
1.	Atr Terprodukt	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

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

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.

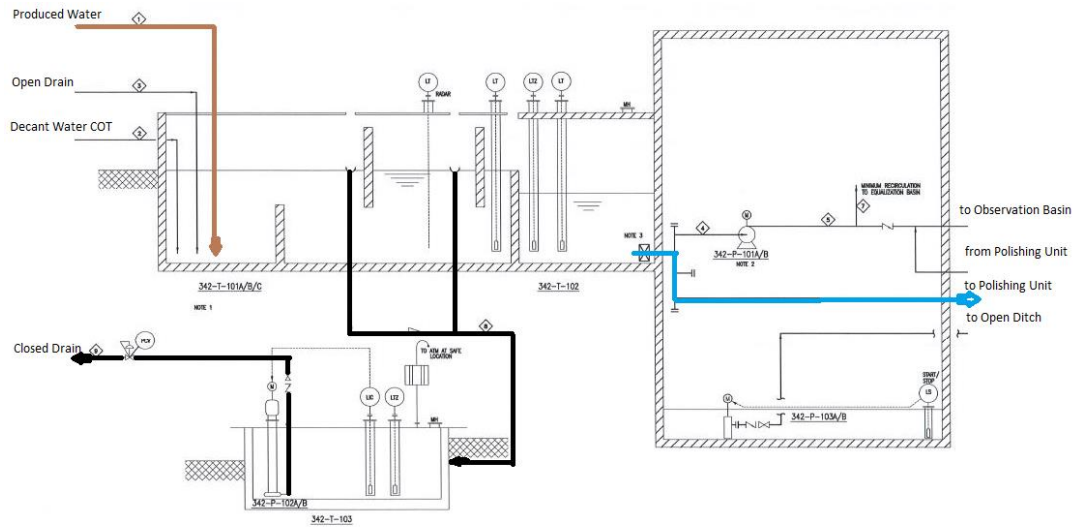
2.2 API Separator

API Separator merupakan bak yang luas dan terbuka untuk memproses produced water dengan kemampuan volume 810 m³ dari degassing drum. Nilai parameter produced water yang masuk ke API separator dari tabel di dibawah inimasih belum memenuhi standart baku mutu yang ditetapkan.

No.	Parameter	Unit	Kepmen No 19 2010	Basis Value		
				min	max	average
1	Temperature	oC	40	30	32.7	30.87
2	Total Dissolved Solids	mg/L	4,000	7,149	15,201	12,755
3	pH	-	6 - 9	6.34	8.32	6.88
4	Sulfide (H ₂ S)	mg/L	0.5	0.00	34.96	12.97
5	Ammonia (NH ₃ -N)	mg/L	5	0.01	19.76	8.59
6	COD	mg/L	200	379.52	1036	706.84
7	BOD	mg/L		125.18	400	255.44
8	Phenol	mg/L	2	0.6	44.5	15.54
9	Oil and Grease	mg/L	25	3.7	41	21.8

Gambar 2. 2 Nilai Parameter Produced Water[11]

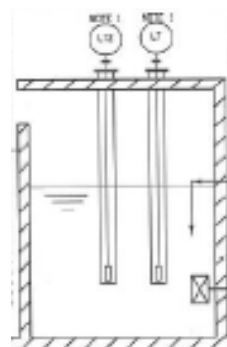
API Separator untuk mengurangi OIW (Oil in Water) yang ada dalam kandungan air terproduksi (produced water), sebelum dialirkan ke Observation Basin. Selain OIW, beberapa parameter dalam air terproduksi harus diolah untuk memenuhi baku mutu, dan parameter tersebut adalah COD (Chemical Oxygen Demand), Ammonia, Sulphide dan phenol. Produced water yang mengalir ke dalam API Separator akan menjalani proses settling atau pengendapan secara gravitasi, sehingga dapat terpisah berdasarkan berat jenisnya. Padatan padatan akan mengendap di dasar API separator, air akan berada di tengah dan minyak mengapung di bagian atas. API Separator terdiri terdiri dari 3 channel dan equalization basin tetapi channel yang ketiga digunakan sebagai proses polishing unit. Hasil dari proses settling di 2 channel dari bagian minyak akan dialirkan oleh recovered oil pump 342-P-102A/B kembali ke closed drain. Sedangkan dari bagian air yang berada di tengah akan dialirkan ke equalization basin yang kemudian akan diproses di polishing unit.



Gambar 2. 3 Process Flow Diagram API Separator

2.2.1 Equalization Basin

Equalization Basin dengan kemampuan menerima air limbah yang banyak mengandung minyak dari API Separator sebanyak 270 m³. Limbah tersebut kemudian dikirimkan ke aeration zone pada Polishing Unit untuk diproses secara biologis.



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

Equalization basin dirancang untuk pemerataan aliran yang digunakan dalam operasi harian [12]. Hasil dari proses di API Separator mendapatkan nilai parameter sebagai berikut :

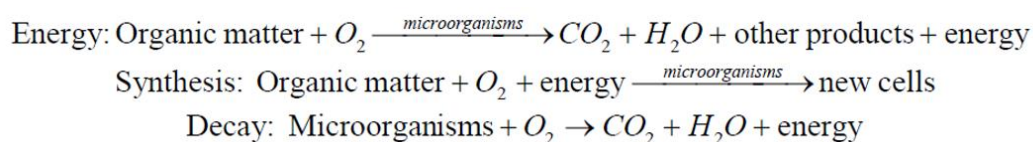
No	Test Description	Regulatory Limit	Inlet API	Outlet API
1	Total Dissolved Solid, TDS (mg/L)	4,000	15,200	3,890
2	pH	6 - 9	7.15	7.3
3	Hydrogen Sulphide, H ₂ S (mg/L)	0.5	0.04	0.82
4	Ammonium, NH ₃ -N (mg/L)	5	0.02	0.19
5	Chemical Oxygen Demand, COD (mg/L)	200	733	1,180
6	Phenol (mg/L)	2	13.4	14.4
7	Oil & Grease (mg/L)	25	8.9	21

Tabel 2. 2 Nilai Parameter Produced Water dari API Separator[11]

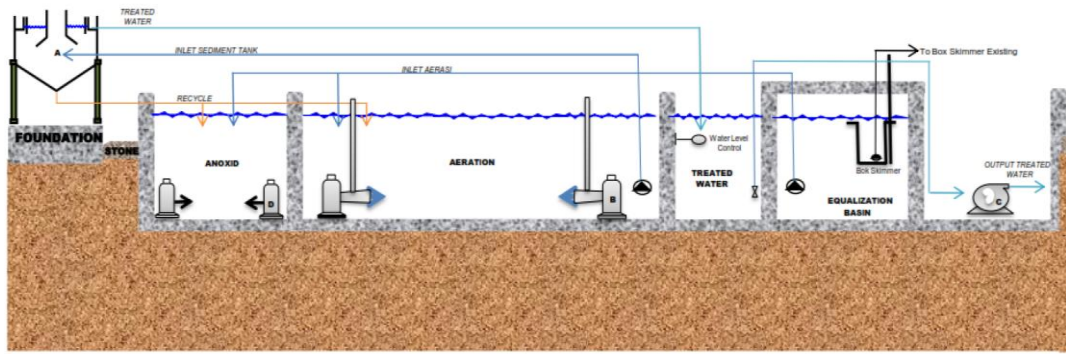
Dari hasil tabel di atas didapatkan semua parameter sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan melainkan nilai COD yang masih diatas dari baku mutu. Untuk memenuhi baku mutu maka produced water diproses lagi ke polishing unit sebelum dibuang ke lingkungan.

2.3 Polishing Unit

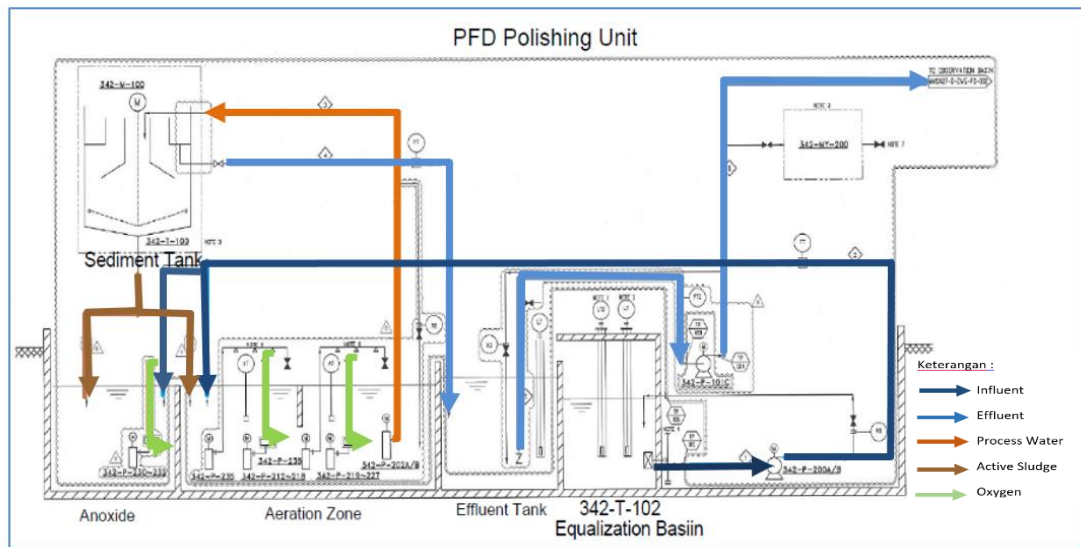
Polishing unit merupakan unit yang berfungsi untuk memperbaiki kualitas air dari keluaran API separator yang masih belum memenuhi standar baku mutu. Pada unit ini diterapkan metode yang mempergunakan peran bakteri aerob pada proses lumpur aktif. Bakteri tersebut merupakan bakteri yang membutuhkan oksigen dan memanfaatkan polutan organik terlarut sebagai sumber makanannya[13]. Sehingga produced water yang diolah akan menurun kandungan polutannya akibat aktivitas mikroorganisme tersebut.



Gambar 2. 5 Proses Biologis Pengolahan Polishing Unit[14]



Gambar 2. 6 Proses Pengolahan Polishing Unit[11]



Gambar 2. 7 PFD Polishing Unit[10]

Berdasarkan gambar 2.2 PFD Polishing Unit, aliran proses pada polishing unit adalah[10]:

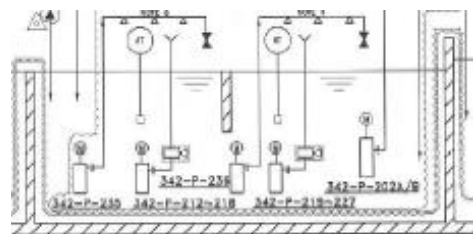
- Produced water keluaran dari API Separator akan ditampung equalization basin 342-T-102.
- Air pada equalization basin dikirim menuju aeration zone menggunakan pompa 342-P-200A/B.
- Di dalam aeration tank terdiri dari 2 zone. Pompa aerasi 342-P-230-232 di aeration zone 1 disediakan untuk mensuplai oksigen dalam membantu mikroba melakukan proses peguraian pada air yang diolah.
- Air pada aeration zone 1 ke aeration zone 2 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 aeration zone. Sementara air hasil sediment tank 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.

2.3.1 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[13]. Oksigen yang disuplai membantu mikroba melakukan reaksi penguraian dan menghilangkan kandungan organik pada air limbah[13]. Pemberian pupuk TSP dan urea untuk meningkatkan nutrient microorganism. Limbah diproses di aeration zone terbagi menjadi aeration zone 1 dan aeration zone 2. Daerah aeration zone 2 mempunyai aerator yang lebih banyak daripada area zone 1 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. 8 Aeration zone[10]

Berdasarkan gambar 2.8 aeration zone, parameter operasional pada tangki aerasi ditunjukkan dengan kandungan oksigen yang disuplai oleh pompa aerasi untuk proses lumpur aktif pada kadar dissolved oxygen (DO). Proses aerasi dipergunakan pada pengolahan limbah cair untuk bakteri aerob dalam melakukan metabolisme dan penguraian senyawa-senyawa kimia di dalam limbah cair[15]. Sehingga semakin tinggi kadar DO yang disuplai pada limbah air yang diproses secara biologis maka semakin baik kualitas air yang diolah.

a. Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS)

Campuran antara air limbah, biomassa, dan padatan tersuspensi lainnya yang berada di bak aerasi pada proses pengolahan air limbah sering disebut mixed liquor. MLSS dapat diketahui kadarnya dengan gravimetri, yaitu dengan cara menyaring lumpur dengan cara filtrasi, dikeringkan pada temperatur 105°C, dan ditimbang agar diketahui massanya [16]. MLSS merupakan jumlah total padatan tersuspensi berupa material organik dan mineral, termasuk mikroorganisme pada sistem lumpur aktif[17]. Berdasarkan penelitian tuholoula tahun 2013 menyatakan bahwa proses perombakan bahan organik dalam limbah yang dilakukan mikroorganisme sangat bergantung pada nilai MLSS [16].

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[18]. 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[16].

c. Food to Microorganism Ratio atau Food to Mass Ratio (F/M Ratio)

Parameter ini menunjukkan jumlah zat organik (BOD) yang hilang dibagi dengan jumlah mikroorganisme di dalam bak aerasi. Besarnya nilai F/M ratio umumnya ditunjukkan dalam kg BOD per kg MLSS per hari. Nilai F/M ratio dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$F/M = (Q \cdot (S_0 - S)) / (MLSS \cdot V)$$

Dengan:

Q= debit air limbah yang masuk (m³/hari)

S₀= konsentrasi BOD dalam air limbah yang masuk (kg/m³)

V= volume reaktor (m³)

S= konsentrasi BOD dalam effluent (kg/m³)

MLSS = Mixed liquor suspended solid (kg/m³)

Nilai F/M ratio dapat dikontrol dengan cara mengatur laju sirkulasi lumpur aktif dari tangki pengendapan sekunder yang disirkulasikan menuju bak aerasi. Semakin tinggi laju sirkulasi lumpur maka semakin tinggi pula nilai F/M ratio. Standar F/M ratio untuk pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif yaitu 0,2-0,5 kg BOD / kg MLSS, namun nilai tersebut dapat lebih tinggi dari 1,5 kg BOD/kg MLSS. Rasio F/M yang rendah menunjukkan bahwa mikroorganisme dalam tangki aerasi semakin produktif dalam memetabolisme limbah. Semakin rendah rasio F/M maka sistem pengolahan limbah semakin efisien[10].

2.3.2 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. 9 Tangki Sedimentasi 342-T-100[10]

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.

2.3.3 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. 10 Effluent Tank[10]

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.

Dari hasil akhir pengolahan polishing unit yang berupa effluent di dapatkan hasil sebagai berikut :

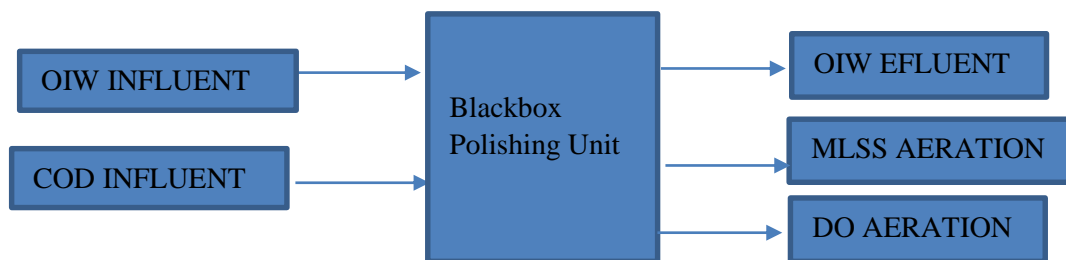
No	Test Description	Regulatory Limit	Inlet API	Outlet API
1	Total Dissolved Solid, TDS (mg/L)	4,000	15,200	3,890
2	pH	6 - 9	7.15	7.3
3	Hydrogen Suplehide, H2S (mg/L)	0.5	0.04	0.82
4	Ammonium, NH3-N (mg/L)	5	0.02	0.19
5	Chemical Oxygen Demand, COD (mg/L)	200	733	46.5
6	Phenol (mg/L)	2	13.4	14.4
7	Oil & Grease (mg/L)	25	8.9	21

Tabel 2. 3 Nilai Parameter Produced Water dari API Separator[11]

Berdasarkan tabel 2.2 dapat ditunjukkan parameter influent COD memiliki kadar yang belum memenuhi standar baku dengan rata-rata 733 namun keluaran dari polising unit dapat ditunjukkan kadar tersebut mampu diperbaiki kualitasnya menjadi parameter COD yang memenuhi standar baku dengan rata-rata 46.5 mg/l

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[16][17] :

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

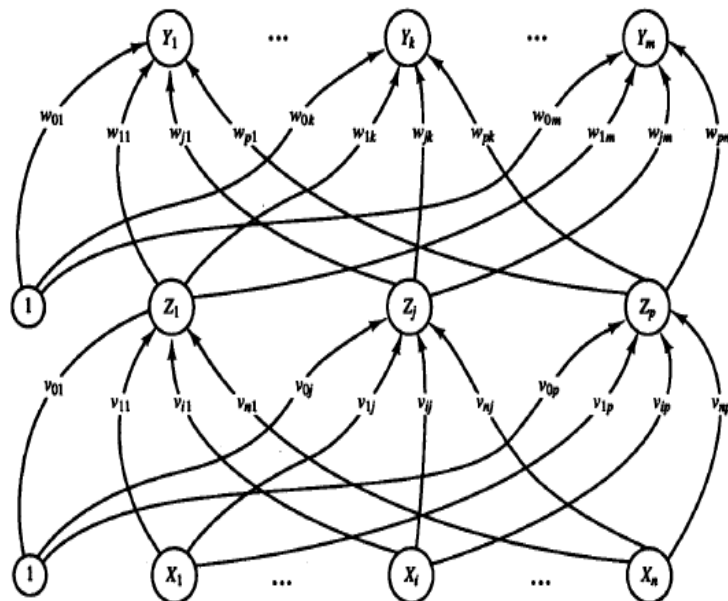


Gambar 2. 11 Blackbox JST Polishing Unit

Berdasarkan gambar 2.9 , JST akan dimodelkan secara MIMO multi input dengan 2 input terhadap 3 output yaitu OIW Effluent, MLSS dan DO Aeration sesuai referensi yang diadopsi[9][19].

2.4 Jaringan Syaraf Tiruan (Artificial Neural Network)

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau Artificial Neural Network (ANN) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang memiliki karakteristik performansi mirip dengan jaringan syaraf biologis[20] 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. JST biasanya terdiri dari tiga layer, sebuah input layer, hidden layer dan output layer. Dalam mengembangkan model JST adalah penentuan matriks bobotnya melalui pelatihan. Ada dua jenis mekanisme pelatihan, supervisi dan non supervisi. Pelatihan yang dengan algoritma supervisi membutuhkan eksternal data untuk proses pelatihan. Tujuan utama pelatihan tersebut adalah untuk meminimalkan kesalahan pada output layer untuk memperoleh koneksi JST untuk menghasilkan output yang sama atau lebih dekat dengan target. Kemampuan JST memodelkan sistem yang nonlinear dapat diimplementasikan pada kasus pengolahan limbah air polishing unit untuk mengetahui performansinya[9].

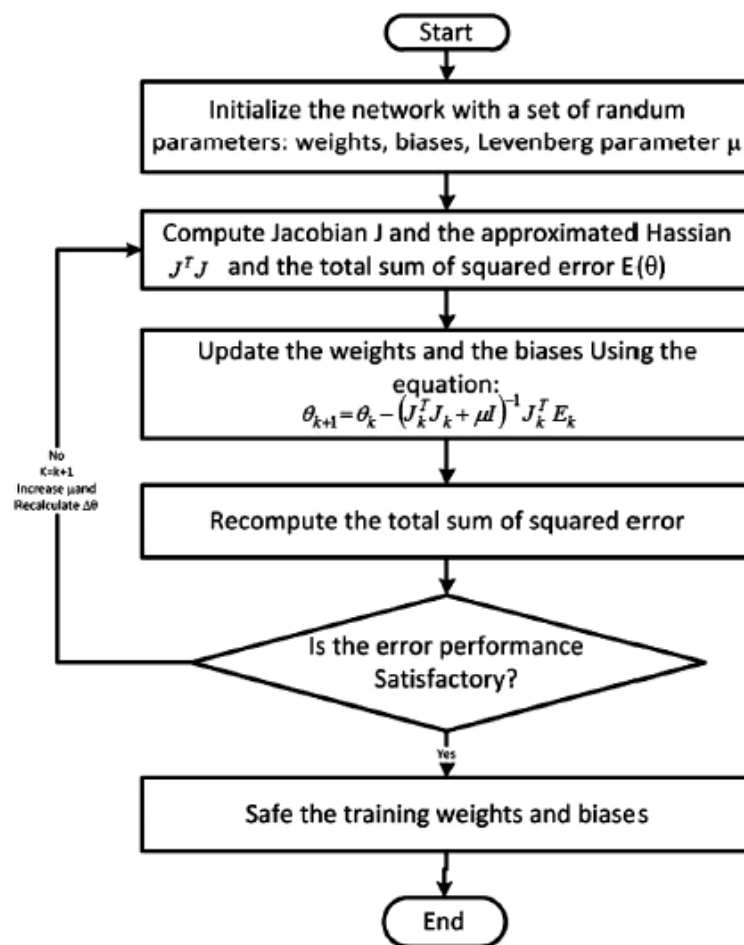


Gambar 2. 12 Arsitektur JST multi-layer feedforward[21]

Pada gambar 2.12 simbol x menunjukkan node input, z menunjukkan hidden node, dan y menunjukkan node output.

2.4.1 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[22][23]. Adapun tahapan dari pelatihan algoritma LM dapat dilihat pada gambar 2.10 di bawah ini



Gambar 2. 13 Diagram alir pelatihan algoritma LM [21]

Berdasarkan gambar 2.13, dapat dijelaskan tahapan pelatihan algoritma LM sebagai berikut[23] :

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 = koefisien 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.

2.4.2 Mean Square Error (MSE)

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[24]

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

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 hingga 1. Data pelatihan yang disediakan dimasukkan dalam program MATLAB untuk melatih jaringan syaraf tiruan.

Metode pengukuran evaluasi performansi model JST dapat menggunakan metode MSE. Metode MSE mengukur dengan membandingkan perbedaan nilai estimasi dengan nilai aktual. Dari MSE, dapat diketahui kualitas model JST apakah layak atau tidak. Semakin kecil nilai MSE semakin baik karena error yang dihasilkan hanya sedikit. Model yang bagus memiliki nilai MSE mendekati nol. Persamaan MSE dapat dilihat pada persamaan di bawah ini[19][25]

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

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

Keterangan :

y_i = data aktual

\hat{y}_i = data hasil prediksi

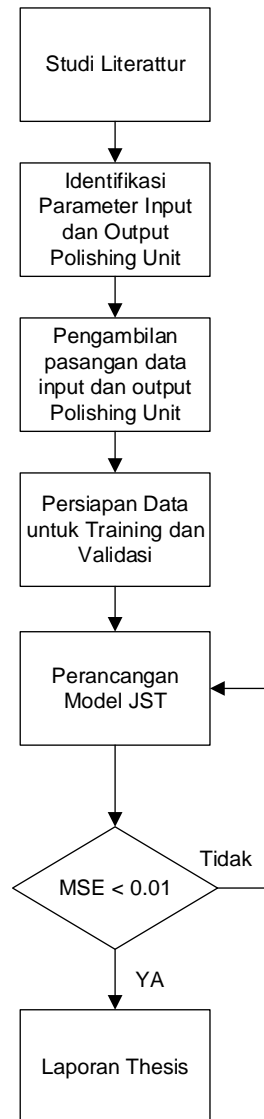
n = jumlah data

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

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



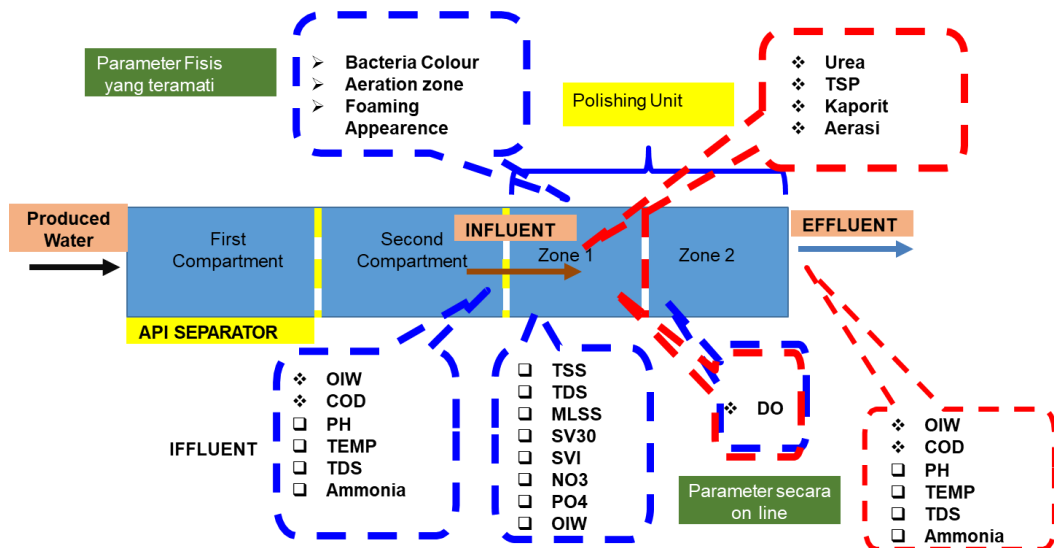
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Identifikasi Parameter Polishing Unit

Polishing unit merupakan bagian dari API separator untuk mengurangi kandungan hidrokarbon dari produced water agar memenuhi baku mutu yang ditentukan oleh kementerian lingkungan hidup.

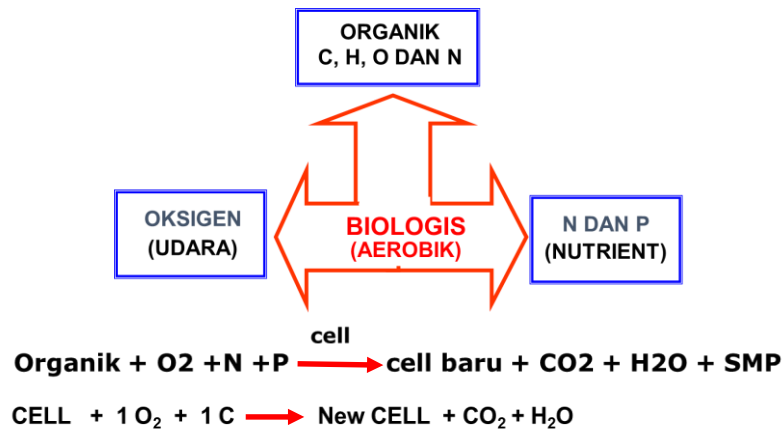
Proses polishing unit dan beberapa parameter yang diambil diperlihatkan pada gambar 3.1. Produced water yang merupakan limbah dari proses produksi akan dialirkan ke API SEPARATOR yang terdiri dari 2 compartment dan dipisahkan. Hasil pemisahan tersebut dialirkan ke equalization basin yang merupakan input dari proses polishing unit yang disebut sebagai influent. Beberapa parameter influent yang diambil yaitu COD, OIW, PH, temperature, TDS dan ammonia.

Bagian selanjutnya adalah aerasi dengan beberapa parameter yang diambil yaitu DO, TSS, MLSS, SV30, SVI, PO4, dan NO3. Di dalam aerasi ini juga diambil parameter fisis seperti warna bakteri dan foaming. Kemudian dari aerasi akan keluar sebagai effluent setelah melewati tangki sedimen dengan parameter yang diambil sama dengan influent yaitu OIW, COD, PH, temperature dan TDS.



Gambar 3. 2 Proses dan parameter Polishing Unit

Di dalam polishing unit ini terdapat proses secara biologi untuk mengurangi kandungan hidrokarbon seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Proses dan reaksi mikroorganisme di polishing unit[26]

Untuk mengurangi unsur hidrokarbon yang berupa bahan organik dalam hal ini parameter yang mewakili unsur organik adalah parameter OIW dan COD influent. Dalam pengolahan yang menggunakan mikroorganisme aerobik maka kebutuhan oksigen harus terjaga dan untuk mengetahui besarnya oksigen di dalam proses diambil dari parameter DO di aerasi. Selain itu kebutuhan nutrisi dan banyaknya pertumbuhan mikroorganisme harus terkendali dalam hal ini nilai parameter MLSS di aerasi untuk melihat besarnya nutrisi dan pertumbuhan mikroorganisme tersebut. Nilai MLSS diatur untuk mengatur nilai hidrokarbon. Apabila MLSS terlalu besar maka mikroorganisme tidak efektif untuk menguraikan hidrokarbon dan bila MLSS terlalu kecil maka mikroorganisme kurang untuk menguraikan hidrokarbon dalam hal ini nilai COD dan OIW. Nilai hidrokarbon yang keluar yaitu parameter OIW atau COD effluent sebagai hasil proses pengolahan di polishing unit juga diamati. Jadi besarnya nilai effluent yaitu COD dan OIW akan dipengaruhi oleh besarnya COD dan OIW influent, oksigen terlarut (DO) yang dibutuhkan oleh mikroorganisme yang menguraikan hidrokarbon dan nilai MLSS yang menggambarkan jumlah dari mikroorganisme. Hal ini keseimbangan yang terbaik antara COD/MLVSS adalah diantara rentang 1.43 -1.48 mg COD / mg MLVSS. Sedang nilai MLVSS merupakan 80% dari nilai MLSS[27]

3.2 Pengambilan dan Analisa Input dan Output Polishing Unit

Pengambilan data dilakukan di PT. SIPL mulai tanggal 1 Januari 2019 sampai dengan 31 Mei 2020. Data yang dikumpulkan melalui pengukuran secara langsung yang dilakukan oleh operator dan dicatat setiap hari untuk dilaporkan. Sehingga data yang dipergunakan penelitian merupakan data primer. Data yang diperoleh merupakan parameter yang dimonitor oleh PT.SIPL.

Setelah mengambil data dari berbagai parameter kemudian dianalisa. Dari hasil analisa data didapatkan adanya korelasi antara COD dan OIW influent terhadap DO, MLSS di aerasi dan OIW effluent. Dinamika proses di polishing unit bersifat tidak linier, maka digunakan jaringan syaraf tiruan digunakan sebagai pemodelannya

Berdasarkan referensi yang diadopsi untuk pemodelan JST pada pengolahan produced water, 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,

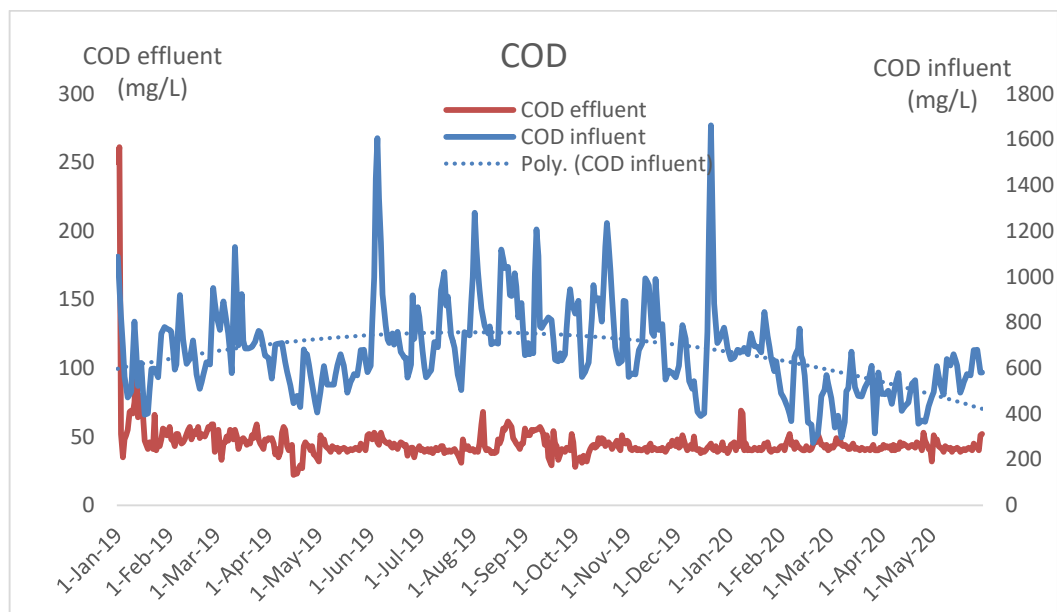
Parameter	Unit	Ranges	Average	Regulatory
Influent				
COD	mg/l	273 - 1662	668.6	200
OIW	mg/l	8.2 - 170	19.1	25
Effluent				
COD	mg/l	22 - 261	45.19	200
OIW	mg/l	1.7 - 11	2.3	25
Aerasi				
MLSS	mg/l	402 - 1014	725.72	
DO	mg/l	0.76 - 5.42	3.18	

Tabel 3. 1 Perbandingan data Influent, Aerasi dan Effluent Polishing Unit

Pada tabel 3.1 dapat diketahui ada 2 input dan 3 output pada sistem polishing unit. Input dan output tersebut merupakan properties produced water yang masuk dan keluar pada polishing unit dengan kandungan seperti OIW, COD, DO dan MLSS. Pengolahan parameter OIW dan COD sebagai input disebabkan tujuan dari polishing unit adalah untuk menurunkan kedua parameter tersebut yang masuk di polishing unit dengan nilai yang bervariasi. Untuk di aerasi yaitu MLSS dan DO sebagai

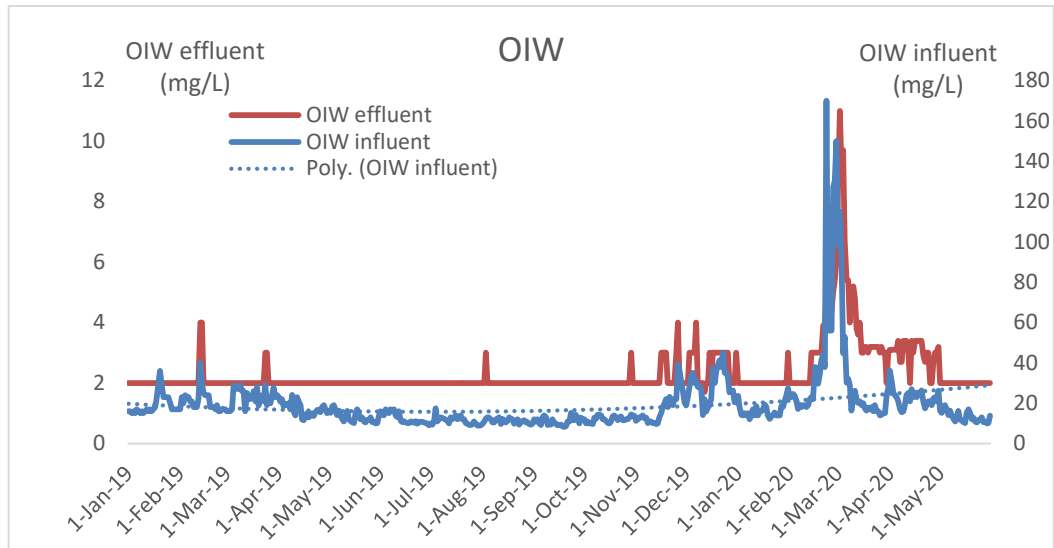
parameter output disebabkan kedua parameter tersebut yang mempengaruhi COD dan OIW yang masuk ke polishing unit menjadi menurun nilainya dikarenakan parameter influent COD polishing unit yang belum memenuhi standar baku mengalami perubahan kadar sesuai standar baku pada parameter effluent-nya hal ini menunjukkan berhasilnya proses biologis yang diterapkan pada polishing unit. Dan pengambilan data OIW effluent, DO dan MLSS diaerasi sebagai output JST karena akan digunakan untuk data pengendalian pada tahap selanjutnya. Berdasarkan identifikasi parameter tersebut model JST dibuat dalam bentuk MIMO yaitu multi input (COD influent dan OIW influent) dan multi output (MLSS aeration, DO aeration dan OIW effluent).

Data yang diberikan merupakan input polishing unit sebagai influent parameter dan output polishing unit sebagai effluent parameter.



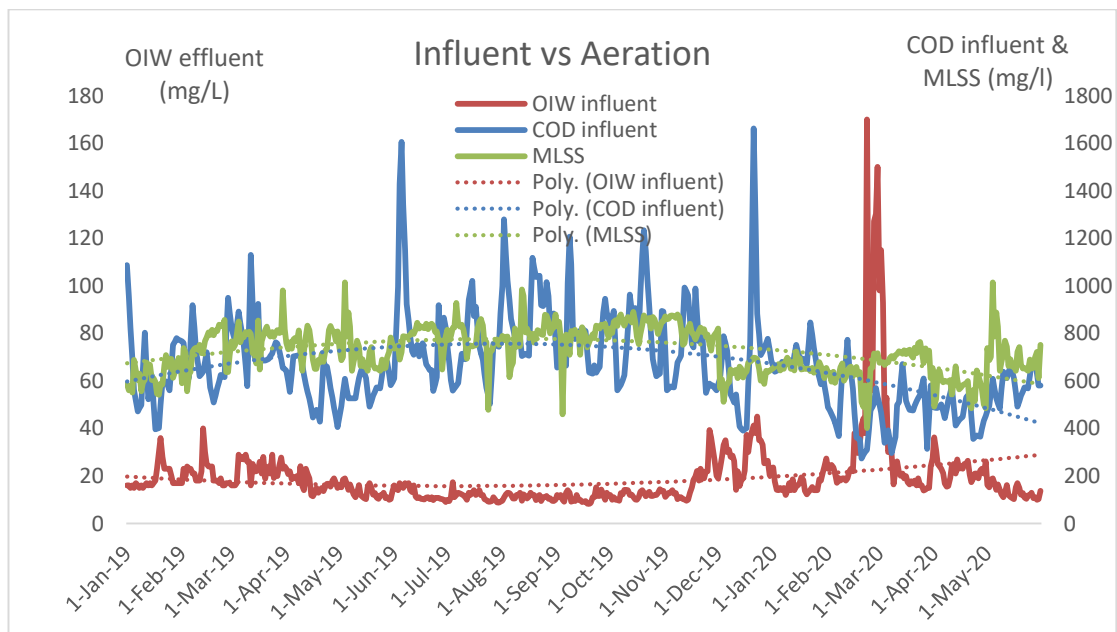
Gambar 3. 4 Perbandingan COD influent dan COD effluent

Dari Gambar 3.4 perbandingan antara COD influent dan COD effluent terlihat penurunan nilai COD yang sangat berarti, hal ini sesuai dengan tujuan pembuatan polishing unit adalah untuk menurunkan COD effluent. Nilai COD influent terlihat fluktuatif dan mengalami kenaikan di akhir tahun 2019. Nilai COD effluent cenderung stabil walaupun nilai COD influent bervariasi nilainya.



Gambar 3. 5 Perbandingan OIW influent dan OIW effluent

Dari Gambar 3.5 perbandingan antara OIW influent dan OIW effluent terlihat penurunan nilai OIW yang sangat berarti dan nilai OIW baik influent maupun effluent cenderung stabil. Perubahan nilai OIW effluent mengikuti perubahan dari nilai OIW influent. Nilai OIW mengalami kenaikan di bulan maret 2020.



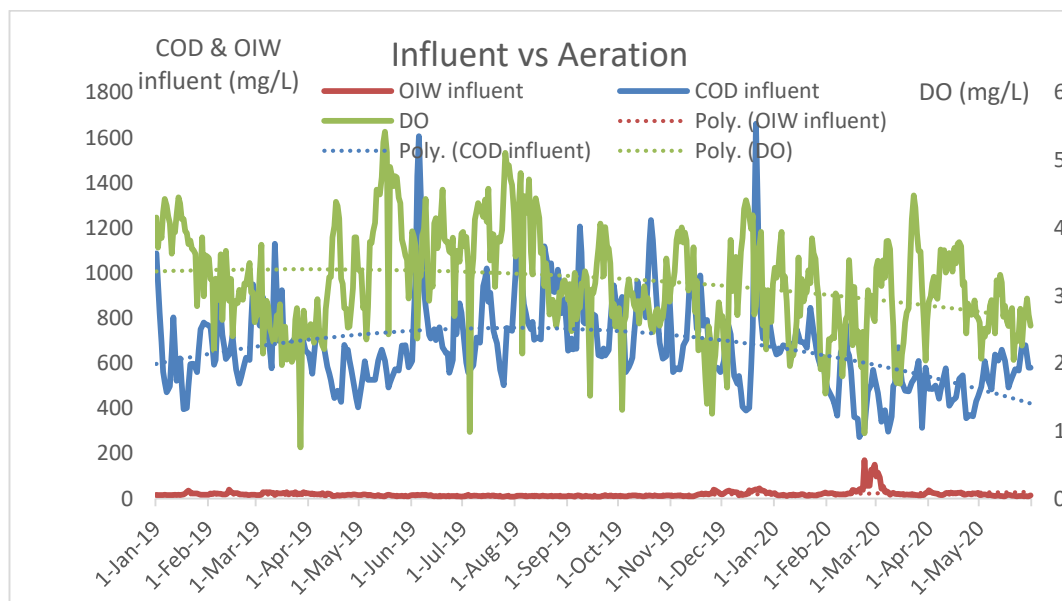
Gambar 3. 6 Perbandingan MLSS di aeration zone dengan COD & OIW Influent

Dari Gambar 3.6 perbandingan antara MLSS Aeration dengan COD dan OIW Influent terlihat bahwa perubahan nilai COD influent berbanding terbalik dengan

perubahan nilai OIW influent. Semakin besar nilai COD influent maka semakin kecil nilai OIW influent. Nilai MLSS di aeration berubah sesuai dengan nilai COD influent. Semakin besar nilai COD influent akan mempengaruhi nilai MLSS menjadi semakin besar.

Dan bila kita bandingkan data COD influent dengan MLSS di aerasi terlihat nilai MLSS berbanding lurus dengan COD influent. Hal ini disebabkan operator selalu menjaga nilai MLSS dengan mengawasi perubahan nilai MLSS dengan memberikan pupuk berdasarkan data MLSS dan COD influent yang diuji di laboratorium.

MLSS diharapkan mempunyai nilai MLSS yang tinggi di daerah aerasi seiring dengan perubahan nilai COD influent. Karena itu mikro organisme tersebut diberikan nutrient berupa phosphate dan nitrate yang dibutuhkan oleh mikro organisme aerob tersebut.

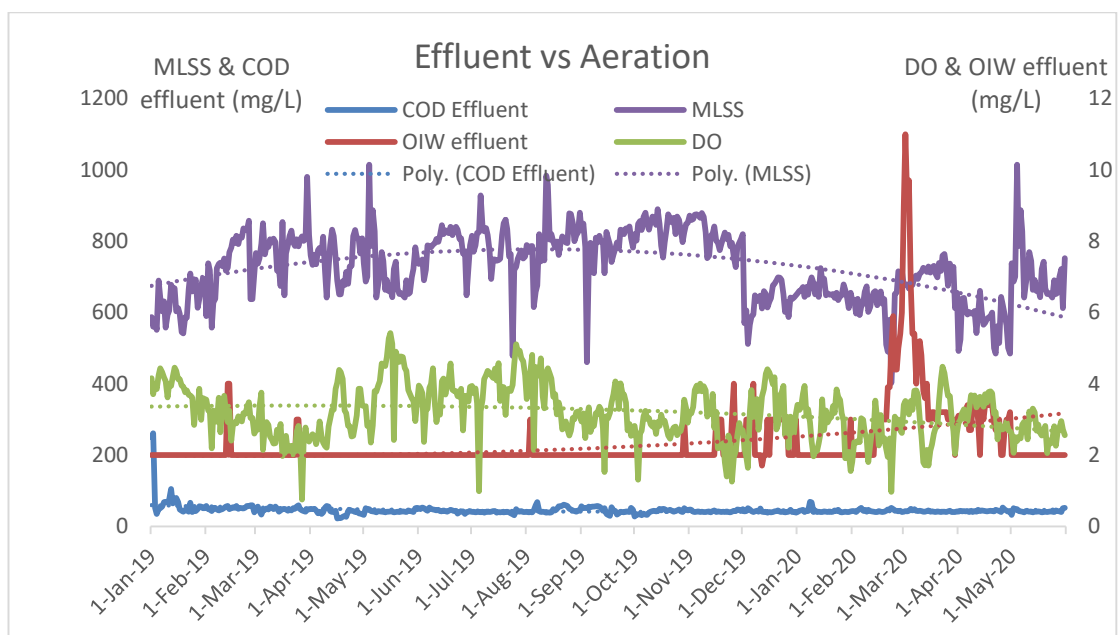


Gambar 3. 7 Nilai DO di aeration zone terhadap dan COD dan OIW influent

Dari gambar 3.7 perbandingan nilai DO dan MLSS di aeration zone terhadap nilai COD influent. Semakin besar nilai COD influent yang masuk akan mengakibatkan nilai DO di aeration zone semakin kecil. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa untuk mempertahankan mikro organisme aerob yang mengolah produced water dengan nilai COD yang tinggi maka diperlukan aerasi yang tinggi. Kandungan DO

adalah banyaknya oksigen yang terlarut dan DO di aerasi mendapatkan data berbanding terbalik dengan nilai COD influent. Semakin besar nilai COD influent maka semakin berkurang nilai DO di aerasi karena oksigen yang dimasukan oleh aerator jumlahnya tetap sedangkan COD influent nilainya bervariasi.

DO dan MLSS di aerasi untuk tahap selanjutnya digunakan untuk pengendalian, besarnya aerasi dan pupuk yang akan dimasukkan ke aeration zone. Aerasi untuk memenuhi kebutuhan oksigen dan pupuk TSP serta urea untuk memenuhi kebutuhan phosphate dan nitrate



Gambar 3. 8 Nilai DO dan MLSS di aeration zone terhadap OIW dan COD effluent

Dari gambar 3.8 Nilai DO dan MLSS di aerasi terhadap nilai COD effluent tidak terlalu terlihat perubahannya disebabkan COD effluent merupakan hasil akhir proses dari polishing unit yang nilainya relative stabil. Dan untuk OIW effluent juga terlihat relative stabil terhadap perubahan nilai MLSS dan DO di aerasi.

Nilai hidrokarbon yang keluar yaitu parameter OIW atau COD effluent sebagai hasil proses pengolahan di polishing unit juga diamati.

Dari proses mikroorganismenya dan analisa data parameter di proses polishing unit tersebut dapat ditentukan pasangan input dan output yang utama untuk mengetahui dinamika proses polishing unit tersebut yaitu:

- Parameter input : OIW dan COD influent (masuk ke proses polishing unit)
- Parameter output : DO, MLSS di aerasi dan OIW effluent (keluar dari proses)

3.3 Perancangan Model JST

Pemodelan JST pada polishing unit didasarkan pasangan data input dan output untuk JST sebagai “blackbox”[9]. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software MATLAB dengan menentukan terlebih dahulu parameter simulasi seperti tabel 3.2 Parameter model JST berikut,

No	Parameter	Keterangan
1	Arsitektur	Multi-layer feedforward
2	Algoritma pelatihan	Levenberg-Marquardt
3	Jumlah hidden layer	1 (Var. 20 hidden node)
4	Target MSE (variasi)	0.01
5	Epoch maksimum	250
6	Fungsi aktivasi	tansig, pureline
7	Network Input	OIW, COD influent
8	Network Output	DO, MLSS aerasi, OIW effluent

Tabel 3. 2 Parameter Model JST

Perancangan arsitektur jaringan syaraf tiruan berhubungan dengan keadaan neuron jaringan yang disusun sedemikian rupa sesuai dengan algoritma pembelajaran yang dipilih. Penelitian ini menggunakan algoritma pembelajaran *backpropagation* dengan model jaringan *multilayer feedforward network* sehingga struktur dasar jaringan terdiri dari input, hidden dan output layer. Alasan menggunakan metode pembelajaran ini karena *backpropagation* adalah akan memperkecil *error* dari pelatihan jaringan, sehingga keluaran yang dihasilkan sesuai dengan target yang diinginkan[21].

Sebagai fungsi aktivasi menggunakan tangent sigmoid (tansig) pada input hidden layer dan purelin pada output hidden layer karena jumlah data yang digunakan sedang[28]. Metode pelatihan yang digunakan dalam penelitian ini

adalah pelatihan supervised (pelatihan yang terawasi) dan dilakukan dengan mengubah parameter-parameter fungsi pelatihan sehingga diperoleh parameter jaringan yang mampu mengoptimalkan kerja jaringan. Proses yang dilakukan dalam pelatihan meliputi persiapan data input dan data output

Dalam hal ini terbagi menjadi 2 data yaitu data latih untuk melatih jaringan syaraf tiruan yang dibuat dan data uji untuk menguji dan memverifikasi hasil model jaringan syaraf tiruan yang sudah dilatih. Proses pelatihan *supervised* jaringan syaraf tiruan membutuhkan pasangan data input dan output aktual untuk dipelajari. Data input dibutuhkan sebagai masukan, dan data output dibutuhkan sebagai target jaringan demikian juga dengan pengujian jaringan sayaraf tiruan dengan menggunakan data uji. Sebelum diproses data dinormalisasi terlebih dahulu. Normalisasi terhadap data dilakukan agar keluaran jaringan sesuai dengan fungsi aktivasi yang digunakan[21].

Data-data tersebut dinormalisasi dalam interval [0, 1] karena dalam prediksi curah hujan, nilai curah hujan pasti bernilai positif atau 0. Selain itu juga terkait fungsi aktivasi yang diberikan yaitu sigmoid biner. Fungsi sigmoid adalah fungsi asimtotik (tidak pernah mencapai 0 ataupun 1) maka transformasi data hendaknya dilakukan pada interval yang lebih kecil yaitu [0.1 , 0.9] dengan menggunakan persamaan:

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

Keterangan:

a adalah data minimum,

b adalah data maksimum,

x adalah data yang akan dinormalisasi

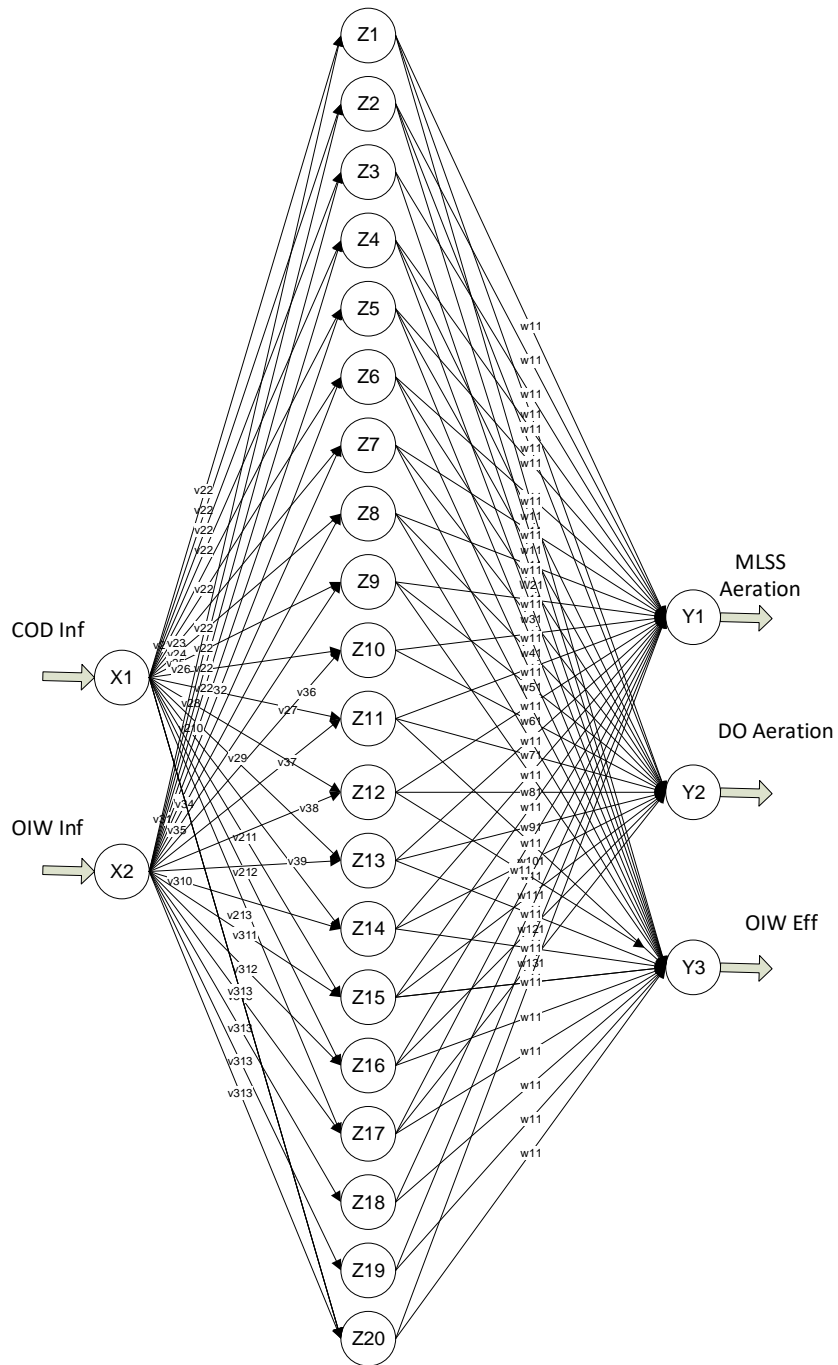
x' adalah data yang telah ditransformasi.

Untuk pola data latih dari pengumpulan data parameter data latih selama 365 hari dan untuk pola pengujian diambil dari pengumpulan data uji selama 158 hari sebagai. Maksudnya, data parameter input dan output JST tersebut diurutkan dari Januari sampai Desember 2019 sebagai pola masukan data latih dan data Januari

sampai Mei 2020 dijadikan sebagai data uji untuk membandingkan hasil prediksi. Parameter yang akan ditentukan dari konfigurasi jaringan adalah:

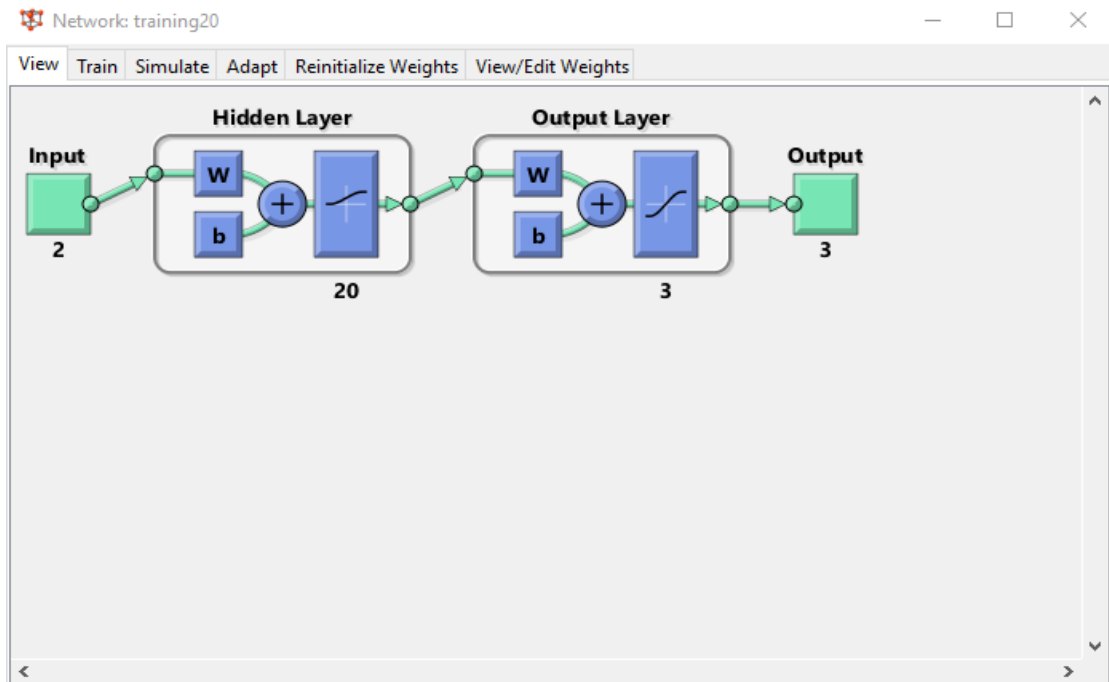
- Jumlah *epoch* (250)
- Jumlah neuron pada lapisan masukan yaitu 20 node

Untuk pemodelan jaringan syaraf tiruan tersebut yang memodelkan proses dinamik polishing unit ditentukan input dan output. Untuk parameter input jaringan syaraf tiruan tersebut adalah COD dan OIW influent dan sebagai outputnya adalah MLSS, DO di aerasi dan OIW effluent. Hasil pelatihan berdasarkan parameter model tabel 3.2 tersebut kemudian dilihat nilai MSE yang terbaik dari semua jumlah hidden node variasi, sehingga akan diperoleh jumlah hidden node yang tepat untuk pemodelan. Model JST yang didapat ditunjukkan gambar 3.9 berikut,



Gambar 3. 9 Arsitektur JST Dinamika Polishing Unit

Berdasarkan gambar 3.7 ditunjukkan pemodelan JST pada polishing unit memiliki struktur 2-20-3 yaitu 2 input, 20 hidden node, dan 3 output. Sehingga akan tampil seperti yang ditunjukkan gambar 3.8 pemodelan tersebut akan dipergunakan untuk menguji data validasi pada polishing unit.



Gambar 3. 8 Custom Neural Network (View)

Dari gambar 3.8 ditunjukkan struktur JST yang dirancang pada MATLAB dengan terdapat 2 input pada input layer, 20 hidden node pada hidden layer dan 3 output pada output layer.

3.4 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 dan dari total 2585 data dari setiap parameter yang digunakan di dalam JST, 1825 digunakan sebagai training yang merupakan data dari 1 januari 2019 sampai dengan 31 desember 2019 dan 760 data digunakan sebagai data pengujian JST yang merupakan data dari tanggal 1 januari 2020 sampai 31 mei 2020.

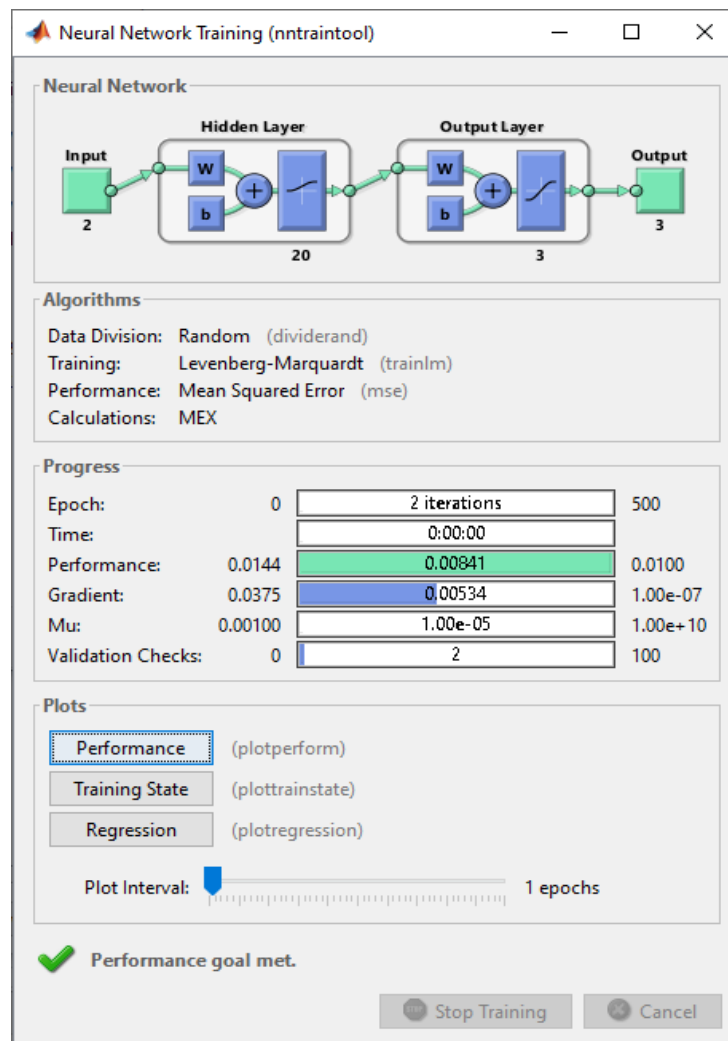
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

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



Gambar 4. 1 NNtraintool hidden node 20

Berdasarkan gambar 4.1 nntarintool peformansi pelatihan terbaik pada hidden node 17 dengan target MSE 0.01 terdapat pada epoch ke 5.

4.1.1 Training JST

Pelatihan JST dengan menggunakan data dari lapangan dimulai tanggal 1 januari 2019 sampai dengan 31 desember 2019. Hal ini adalah 1 tahun pertama proses belajar dalam pengolahan polishing unit di PT.SIPL. Tabel berikut ini adalah data digunakan untuk training JST.

Parameter	Unit	Ranges	Average
Influent			
COD	mg/l	390 - 1662	723.92
OIW	mg/l	8.2 - 45	16.47
Effluent			
OIW	mg/l	1.7 - 4	2.09
MLSS	mg/l	460 - 1014	755.12
DO	mg/l	0.755 – 5.42	3.31

Tabel 4. 1 Data MLSS, DO, OIW eff terhadap data influent untuk training

Data yang digunakan untuk melatih JST sebagai input adalah parameter influent yaitu COD dengan range 390 – 1662 mg/l dan OIW dengan range 8.2 - 45 mg/l. Sebagai target atau keluaran dari JST adalah nilai di aerasi yaitu MLSS dengan range 460 – 1014 mg/l dan DO dengan range 0.755 – 5.42 mg/l serta nilai di effluent di OIW dengan range 1.7 – 4 mg/l.

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 MSE terkecil dari setiap variabel didapatkan hasil seperti pada tabel berikut ini :

MSE							
Node	DO_N	DO	MLSS_N	MLSS	OIW_N	OIW	EPOCH
1	0.015925	0.541505	0.014842	7117.756	0.007977	0.065933	28
2	0.013377	0.454865	0.014868	7130.034	0.006343	0.05243	62
3	0.01297	0.441013	0.012769	6123.532	0.006055	0.050049	94
4	0.012886	0.438163	0.012785	6131.272	0.006053	0.050034	250
5	0.012328	0.419189	0.013119	6291.064	0.007195	0.059474	250
6	0.012012	0.408463	0.013045	6255.933	0.005869	0.048515	250
7	0.012135	0.412629	0.012339	5917.01	0.006082	0.050271	250
8	0.012436	0.422879	0.013218	6338.893	0.004335	0.035832	24
9	0.012131	0.412484	0.012132	5817.862	0.005694	0.047062	25
10	0.012024	0.408846	0.012287	5892.3	0.005679	0.046943	15
11	0.011861	0.403305	0.012575	6030.44	0.00543	0.044882	13
12	0.01193	0.405669	0.012654	6068.401	0.005394	0.044586	49
13	0.012182	0.414239	0.012135	5819.546	0.005651	0.046713	22
14	0.012263	0.416973	0.012677	6079.408	0.004746	0.039231	11
15	0.012082	0.410841	0.012508	5998.219	0.005364	0.04434	12
16	0.011851	0.402982	0.013041	6253.711	0.004572	0.037794	6
17	0.011836	0.402471	0.011833	5674.378	0.006323	0.052266	6
18	0.011896	0.404503	0.012729	6104.363	0.00501	0.041412	6
19	0.011859	0.403239	0.012531	6009.546	0.00556	0.045955	7
20	0.011927	0.405547	0.01272	6099.913	0.005193	0.042921	6

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

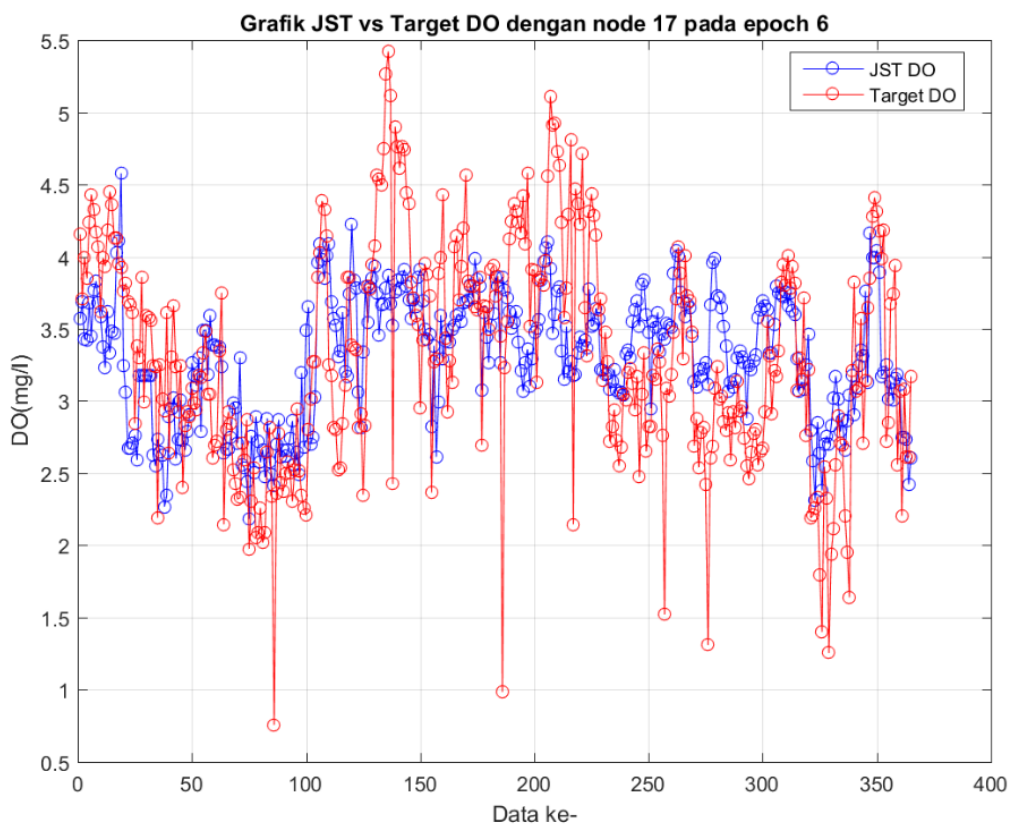
RMSE							
Node	DO_N	DO	MLSS_N	MLSS	OIW_N	OIW	EPOCH
1	0.126194	0.73587	0.121829	84.3668	0.089313	0.256775	28
2	0.115659	0.674437	0.121934	84.43953	0.079643	0.228975	62
3	0.113884	0.664088	0.113001	78.253	0.077815	0.223717	94
4	0.113516	0.661938	0.113072	78.30244	0.077802	0.223682	250
5	0.111031	0.647448	0.114536	79.31623	0.084826	0.243873	250
6	0.109601	0.639111	0.114216	79.09445	0.076612	0.22026	250
7	0.110158	0.642362	0.111079	76.9221	0.077987	0.224213	250
8	0.111518	0.650291	0.114971	79.61716	0.065841	0.189292	24
9	0.110139	0.642249	0.110144	76.27491	0.075457	0.216938	25
10	0.109652	0.639411	0.110847	76.76132	0.075361	0.216664	15
11	0.108907	0.635063	0.112138	77.65591	0.073688	0.211854	13
12	0.109226	0.636921	0.112491	77.89994	0.073445	0.211154	49
13	0.110373	0.643614	0.11016	76.28595	0.075176	0.216131	22
14	0.110737	0.645734	0.112593	77.97056	0.068893	0.198068	11
15	0.10992	0.640969	0.111839	77.44817	0.073242	0.210571	12
16	0.108863	0.634809	0.114196	79.08041	0.06762	0.194407	6
17	0.108794	0.634406	0.108778	75.32847	0.079519	0.228617	6
18	0.109069	0.636006	0.112824	78.13043	0.070782	0.203499	6
19	0.108898	0.635011	0.111944	77.52126	0.074564	0.21437	7
20	0.109209	0.636826	0.112783	78.10194	0.072061	0.207174	6

Tabel 4. 3 Hasil Training Model JST dengan nilai RMSE

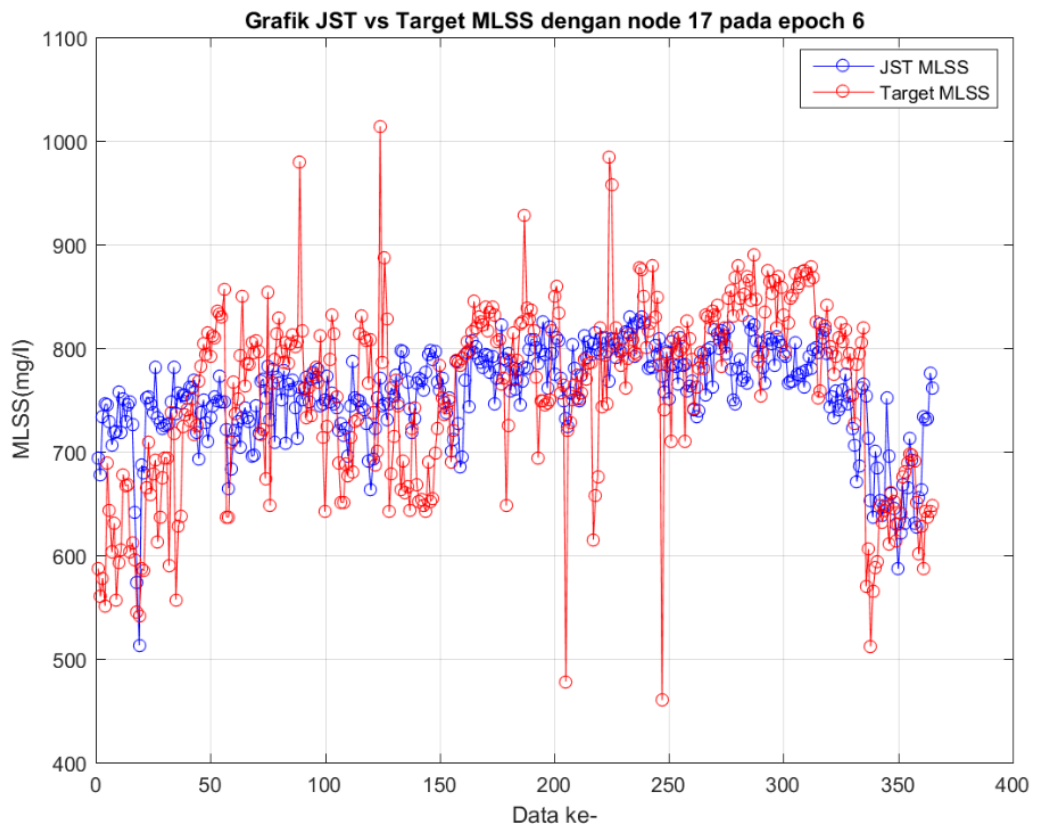
Berdasarkan tabel 4.2, ditunjukkan bahwa nilai error MSE yang terbaik dari seluruh variasi hidden node adalah 20 pada target pada target MSE 0.01 adalah node 17, dengan nilai MSE secara berturut-turut yaitu MSE DO 0.011836, MSE MLSS 0.011833, MSE OIW effluent 0.006323. Didapatkan nilai hasil training untuk nilai DO dengan range 2.35 – 4.14 mg/l dan nilai MLSS dengan range 542.08 – 821.82 mg/l serta nilai OIW effluent dengan range 1.83 – 4.16 mg/l. Dengan nilai MSE target yaitu bernilai 0.01 untuk keluaran MLSS, DO, OIW effluent hasil JST menunjukkan hasil yang baik karena nilainya tidak melebihi dari nilai target atau nilai sebenarnya untuk DO, MLSS dan OIW effluent. Berdasarkan kondisi tersebut dihasilkan tabel dan grafik respon perbandingan nilai target terhadap keluaran JST untuk parameter keluaran MLSS, DO, OIW effluent polishing unit. Tabel dan grafik tersebut ditunjukkan pada gambar berikut,

Parameter	Unit	Ranges	Average
Influent			
COD	mg/l	390 - 1662	723.92
OIW	mg/l	8.2 - 45	16.47
Effluent target			
OIW	mg/l	1.7 - 4	2.09
MLSS	mg/l	460 - 1014	755.12
DO	mg/l	0.755 - 5.42	3.31
Effluent JST			
OIW	mg/l	1.83 - 4.16	2.09
MLSS	mg/l	542.08 - 821.82	755.8
DO	mg/l	2.35 - 4.14	3.31

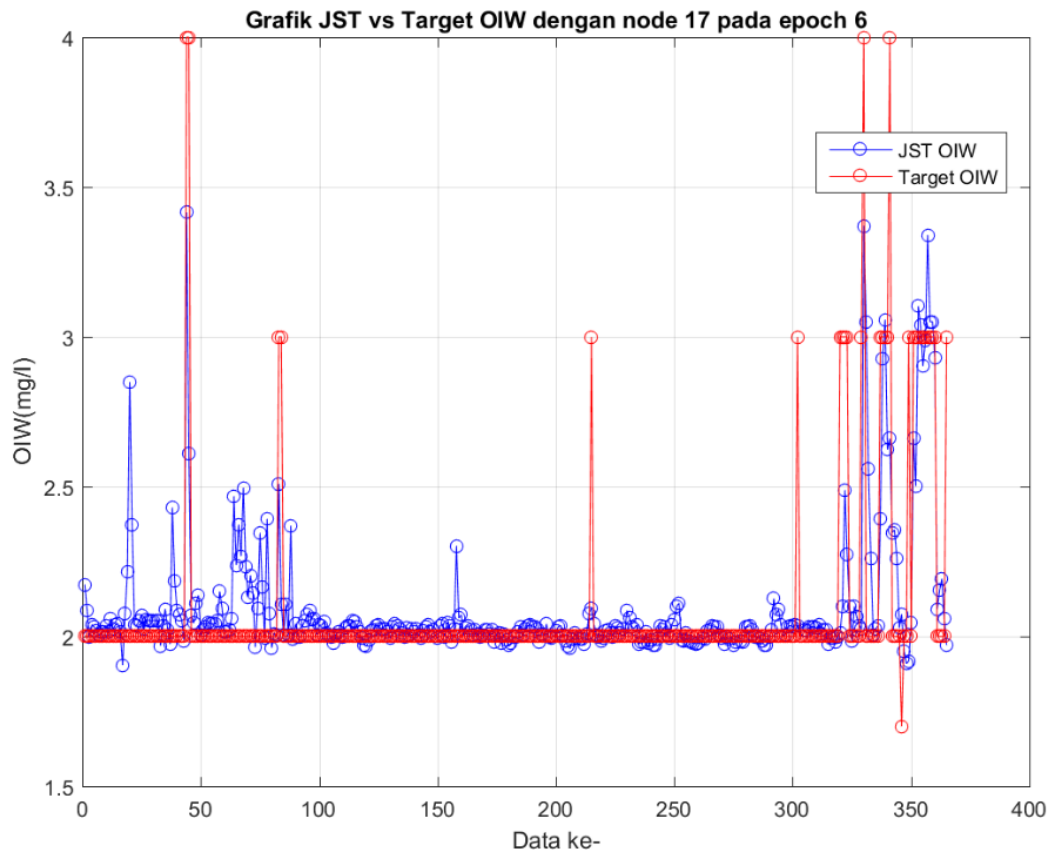
Tabel 4. 4 Data MLSS, DO, OIW eff hasil training terhadap data influent



Gambar 4. 2 DO hasil training JST terhadap Target
(Target MSE 0.01)

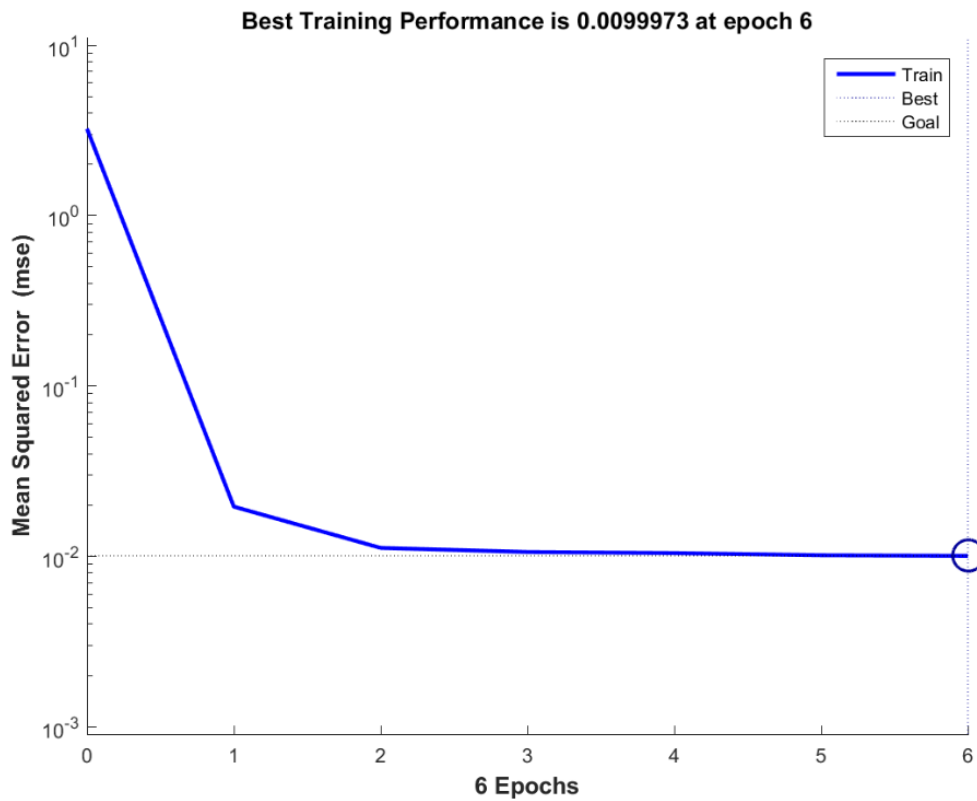


Gambar 4. 3 MLSS hasil training JST terhadap Target
(Target MSE 0.01)



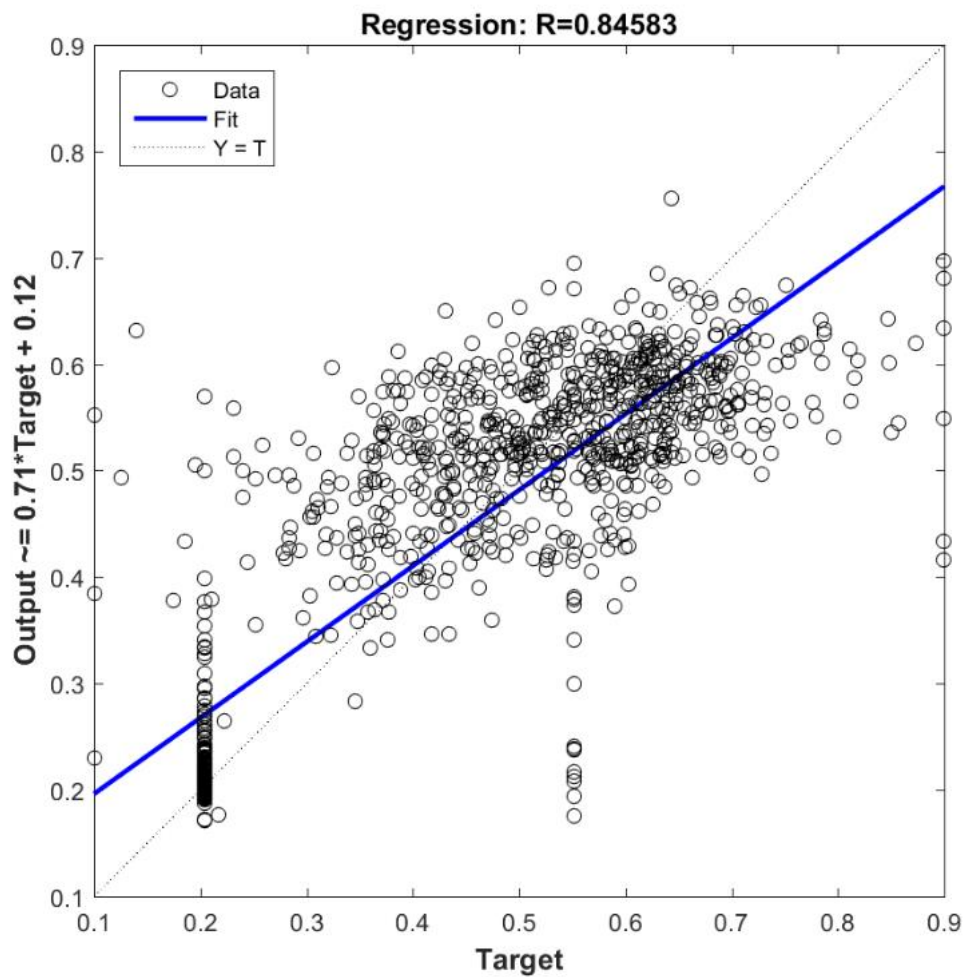
Gambar 4. 4 OIW hasil training JST terhadap Target
(Target MSE 0.01)

Berdasarkan gambar 4.2 sampai gambar 4.4, ditunjukkan perbandingan nilai target MLSS, DO, OIW output terhadap nilai MLSS, DO, OIW keluaran JST bahwa JST telah menghasilkan nilai keluaran MLSS, DO, OIW polishing unit yang mendekati nilai target.



Gambar 4. 5 Error MSE pada JST dengan 17 Hidden Node (Target MSE 0.01)

Dari gambar 4.5 ditunjukkan nilai MSE yang memenuhi target yaitu 0.01 dengan 17 hidden node dan pada epoch 6 telah tercapai target dengan performance 0.0099973. Pada gambar 4.6, juga diperlihatkan hasil regresi pada struktur JST setelah dilatih.



Gambar 4. 6 Hasil Uji Regresi JST dengan 20 Hidden Node (Target MSE 0.001)

berdasarkan gambar 4.6 ditunjukkan bahwa nilai R setelah uji regresi dengan variasi target MSE mendapatkan nilai secara berturut-turut yaitu regresi training 0.84583, yang menunjukkan bahwa struktur JST yang dibuat telah dapat mengikuti pola keluaran Polishing Unit aktual dengan baik dengan 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

Pengujian dan validasi JST dengan menggunakan data dari lapangan dimulai tanggal 1 januari 2020 sampai dengan 31 mei 2020. Hal ini adalah tahun kedua proses pengolahan polishing unit di PT.SIPL

Setelah dilakukan training JST, pengujian dan validasi dilakukan mempergunakan data-data pengujian dari tanggal 1 januari 2020 sampai dengan 31 Mei 2020 seperti table di bawah ini :

Parameter	Unit	Ranges	Average
Influent			
COD	mg/l	273 -846	535.71
OIW	mg/l	10 - 170	25.39
Effluent			
OIW	mg/l	2 - 11	2.93
MLSS	mg/l	402 - 1014	655.09
DO	mg/l	0.97 - 4.48	2.87

Tabel 4. 5 Data MLSS, DO, OIW eff terhadap data influent untuk diuji

Data yang digunakan untuk menguji JST sebagai input adalah parameter influent yaitu COD dengan range 273 – 846 mg/l dan OIW dengan range 10 - 170 mg/l. Sebagai target atau keluaran dari JST adalah nilai di aerasi yaitu MLSS dengan range 402 – 1014 mg/l dan DO dengan range 0.97 – 4.48 mg/l serta nilai di effluent di OIW dengan range 2 – 11 mg/l.

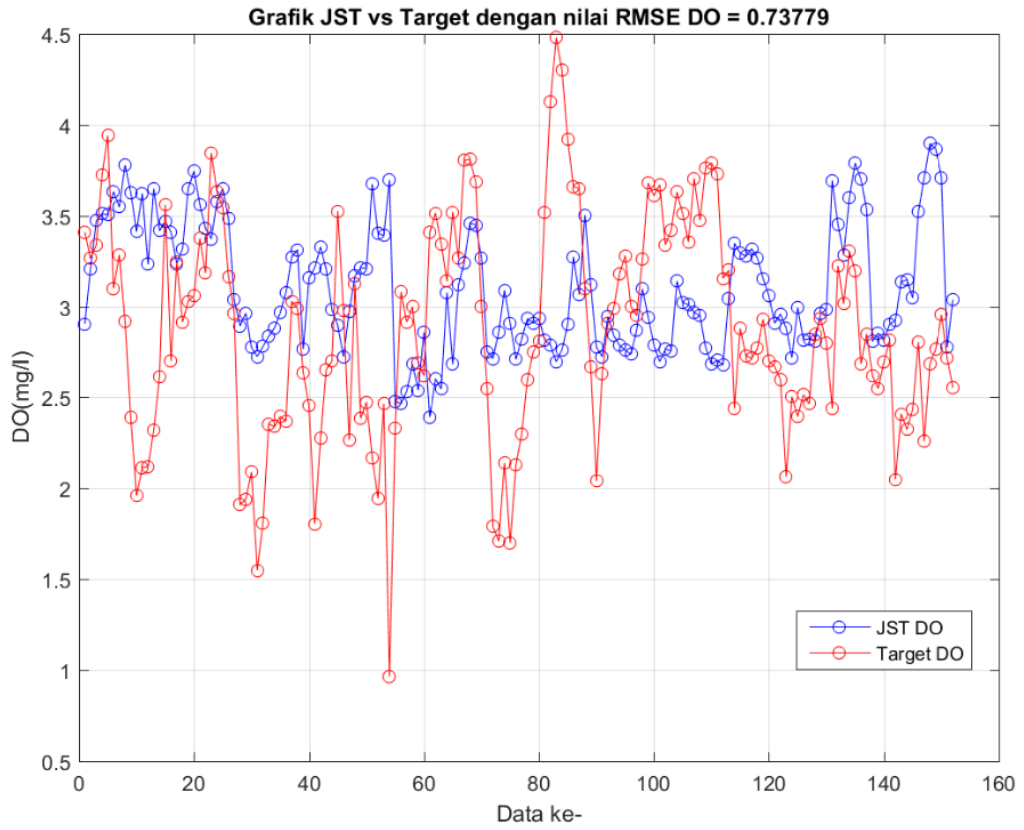
Pengujian data untuk pemodelan polishing unit dengan variasi 17 hidden node dan variasi target MSE yang telah dilakukan pada MATLAB dapat ditunjukkan jumlah hidden node terbaik berdasarkan nilai MSE terkecil dengan data yang sudah di denormalisasi dari setiap variabel didapatkan hasil seperti pada tabel berikut ini :

	MSE			RMSE		
	DO	MLSS	OIW	DO	MLSS	OIW
Normalized	0.028196	0.029977	0.033479	0.167918	0.173139	0.182972
Denormaized	0.544333	17543.45	4.237135	0.737789	132.4517	2.05843

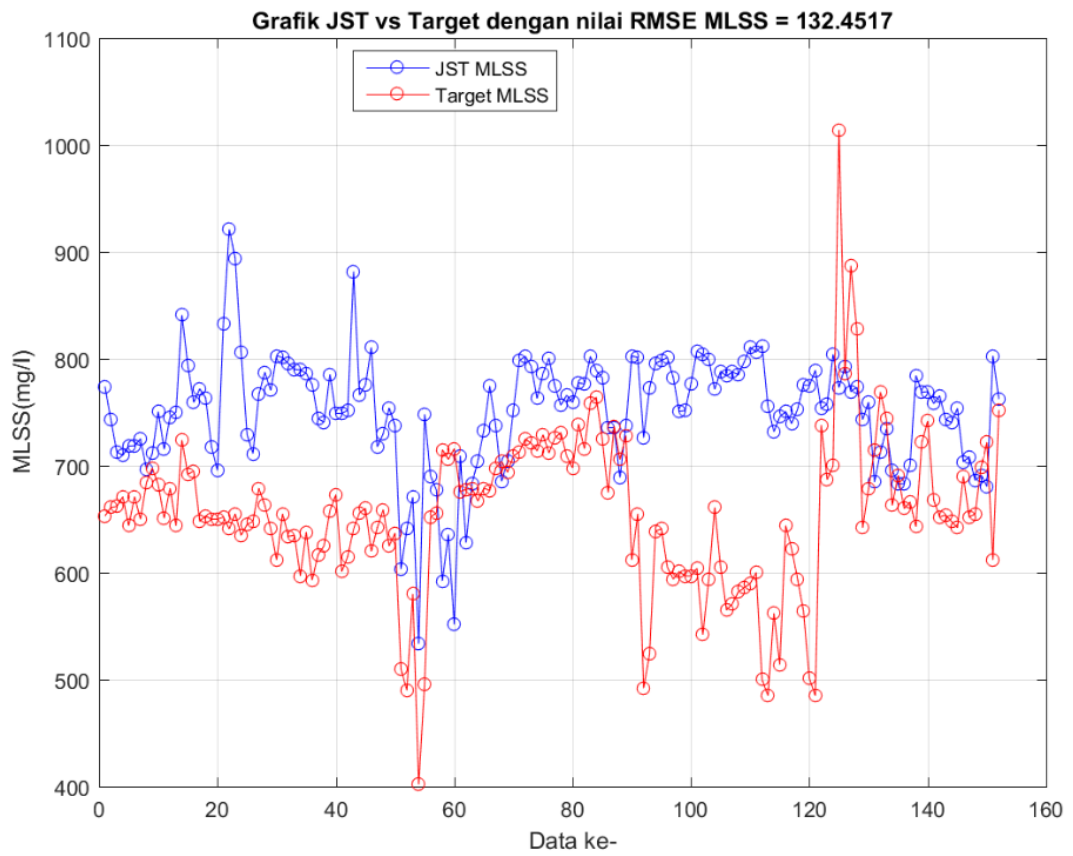
Tabel 4. 6 Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.01)

Hasil validasi didapatkan nilai MSE untuk tiap variasi target MSE pada tabel 4.5 diketahui ternyata hidden node yang terbaik berjumlah 17 dengan nilai MSE terkecil dengan nilai MSE yang sudah di denormalisasi secara berturut-turut yaitu

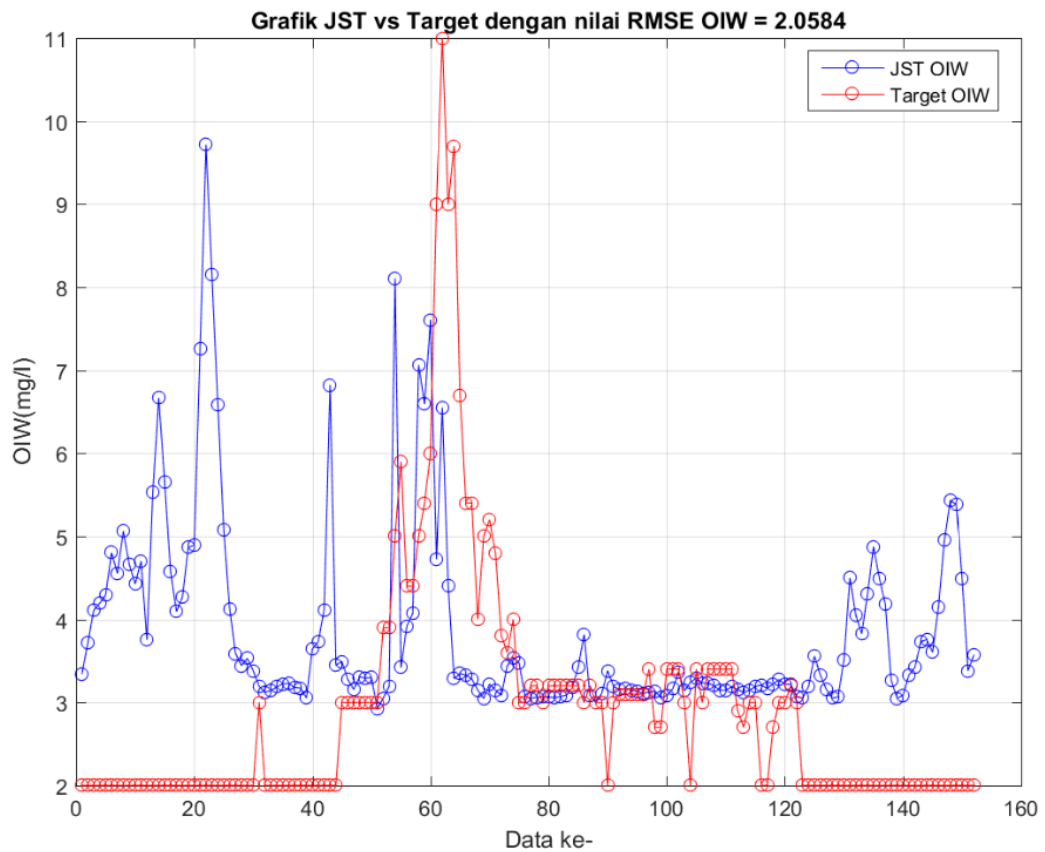
MSE DO 0.544, MSE MLSS 17543.45, MSE OIW effluent 4.23. Berikut ini grafik dan table perbandingan nilai keluaran JST dengan target asli hasil uji validasi ditunjukkan gambar berikut,



Gambar 4. 7 DO hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.01)



Gambar 4. 8 MLSS hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.001)



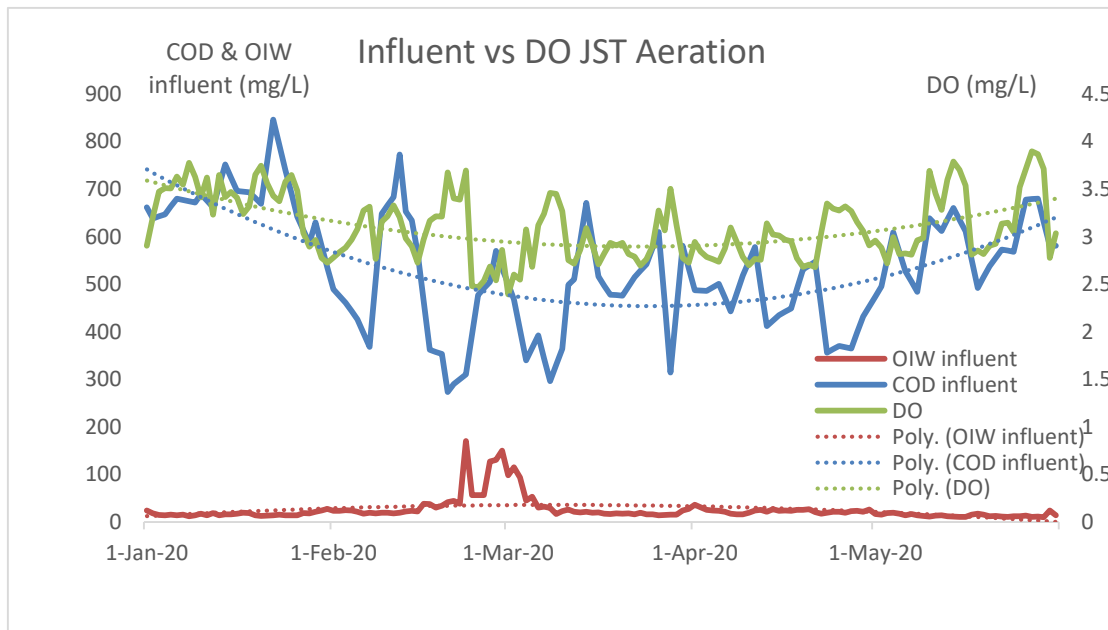
Gambar 4. 9 OIW Hasil Validasi Model JST (Target MSE 0.01)

Parameter	Unit	Ranges	Average
Influent			
COD	mg/l	273 -846	535.71
OIW	mg/l	10 - 170	25.39
Effluent target			
OIW	mg/l	2 - 11	2.93
MLSS	mg/l	402 - 1024	655.09
DO	mg/l	0.97 - 4.48	2.87
Effluent JST			
OIW	mg/l	2.92 – 9.71	3.86
MLSS	mg/l	533.51 – 921.14	751.48
DO	mg/l	2.39 – 3.89	3.09

Tabel 4. 7 Hasil Uji JST Data MLSS, DO, OIW eff terhadap data influent

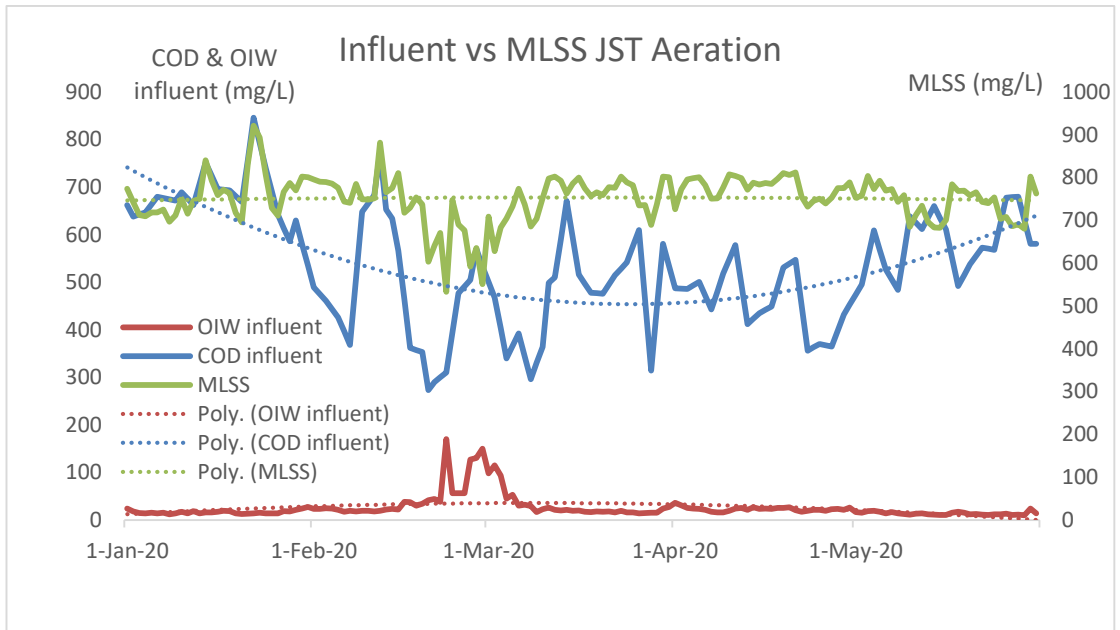
Didapatkan nilai hasil pengujian untuk nilai DO dengan range 2.39 – 3.89 mg/l dan nilai MLSS dengan range 533.51 – 921.14 mg/l serta nilai OIW effluent dengan

range 2.92 – 9.71 mg/l. Dengan nilai MSE target yaitu bernilai 0.01 untuk keluaran MLSS, DO, OIW effluent hasil JST menunjukkan hasil yang baik karena nilainya tidak melebihi dari nilai target atau nilai sebenarnya untuk DO, MLSS dan OIW effluent. Berdasarkan kondisi tersebut dihasilkan tabel dan grafik respon perbandingan nilai target terhadap keluaran JST untuk parameter keluaran MLSS, DO, OIW effluent polishing unit. Hal sudah memenuhi standar baku mutu tidak melebihi kadar maksimum OIW air limbah yaitu 25 mg/l dan nilai DO diatas minimal yaitu 1 mg/l. Sehingga model JST yang telah dipergunakan memiliki peformansi yang baik untuk polishing unit. Perbandingan COD & OIW influent dengan MLSS aerasi, DO aerasi dan OIW effluent keluaran JST ditunjukkan gambar berikut



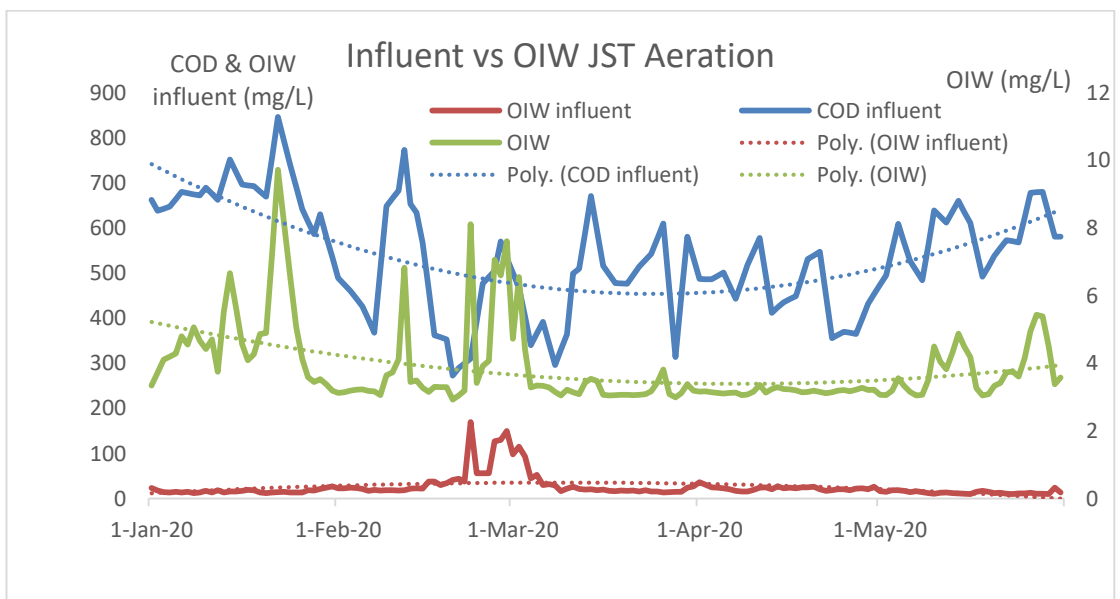
Gambar 4. 10 Perbandingan COD, OIW influent terhadap DO keluaran JST

Dari gambar 4.10 perbandingan nilai DO hasil JST terhadap nilai COD influent berbanding terbalik. Semakin besar nilai COD influent yang masuk akan mengakibatkan nilai DO hasil JST kecil. Dari data tersebut dapat digunakan dalam system pengendalian untuk meningkatkan nilai DO agar tetap stabil dengan COD influent nilainya bervariasi.



Gambar 4. 11 Perbandingan COD,OIW influent terhadap MLSS keluaran JST

Dari gambar 4.11 perbandingan antara MLSS Aeration JST dengan COD dan OIW Influent terlihat bahwa perubahan nilai COD influent berbanding lurus dengan perubahan nilai MLSS aerasi JST. Semakin besar nilai COD influent maka semakin besar nilai MLSS hasil JST. MLSS diharapkan mempunyai nilai MLSS yang tinggi di daerah aerasi seiring dengan perubahan nilai COD influent



Gambar 4. 12 Perbandingan COD, OIW influent terhadap OIW effluent keluaran JST

Dari Gambar 4.12 perbandingan antara OIW hasil JST dengan COD dan OIW Influent terlihat bahwa perubahan nilai COD influent berbanding terbalik dengan perubahan nilai OIW effluent hasil JST. Semakin besar nilai COD influent maka semakin kecil nilai OIW effluent hasil JST.

Berdasarkan gambar dan table di atas dapat diamati bahwa nilai COD influent memiliki kadar yang tinggi dengan rentang nilai 273 – 846 mg/l diatas nilai maksimum yang ditetapkan kementerian lingkungan hidup yaitu 200 (mg/l) dan OIW yang tinggi diantara 10 – 170 mg/l dengan rata 25.9 mg/l yang melebihi dari yang ditetapkan yaitu 25 mg/l. Sedangkan OIW effluent JST menghasilkan nilai yang memenuhi standar baku rentang 2.92 – 9.71 mg/l dan rata-rata 3.86 mg/l. Dan untuk mendapatkan COD effluent dibawah baku mutu 200 mg/l maka DO JST memberikan rentang nilai 2.39 – 3.89 mg/l dengan rata rata 3.09 mg/l dan MLSS JST memberikan rentang nilai 533.51 – 921.14 mg/l dengan rata rata 751.48 mg/l

4.2 Pembahasan

Model JST yang dirancang untuk pemodelan polishing unit, sebagai estimator nilai parameter output DO, MLSS, OIW effluent mempunyai struktur multi-layer feedforward, dengan jumlah input node 2, hidden node 17, dan output node 3. 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 0.01 kemudian dipilih struktur yang menghasilkan nilai RMSE terbaik saat dilakukan validasi, dalam hal ini hidden node terpilih berjumlah 17 pada target MSE 0.01. Output node ditentukan dari parameter output yang menunjukkan performansi plant yaitu COD dan OIW. Model JST yang telah dibuat mampu mengikuti pola target keluaran dengan baik. Nilai hasil JST DO dengan rentang 2.39 – 3.89 mg/l, MLSS dengan rentang 533.51 – 921.14 mg/l dan OIW dengan rentang 2.92 – 9.71 mg/l effluent masih diantara nilai sebenarnya yang di lapangan yaitu nilai DO dengan rentang 0.97 – 4.48 mg/l, nilai MLSS dengan rentang 402 – 1014 mg/l, dan OIW effluent dengan rentang 2 – 11 mg/l.

Model JST yang dihasilkan mempunyai nilai MSE untuk DO dengan nilai 0.544 dan MLSS dengan nilai 17543.44 serta OIW dengan nilai 4.24 dapat dinyatakan bahwa model JST yang dirancang telah mampu menjadi estimator yang baik untuk merepresentasikan sistem pada plant. Untuk mendapatkan OIW menghasilkan nilai dengan rentang 2.92 – 9.71 (mg/l) yang memenuhi standar baku kadar maksimum OIW kegiatan eksplorasi MIGAS fasilitas on-shore yang ditetapkan kementerian lingkungan hidup dengan tidak melebihi kadar maksimumnya 25 (mg/l) serta diharapkan untuk menghasil COD di effluent dengan rentang nilai 32 – 69 mg/l dibawah yang ditentukan yaitu 200 mg/l dengan menjaga nilai MLSS hasil JST dengan rentang 533.51 – 921.14 dan DO hasil JST dengan rentang di nilai 2.39 – 3.89 mg/l.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

- a. Kondisi performansi polishing unit sangat bergantung kepada analisa hasil laboratorium dan analisa serta pengamatan di lapangan oleh operator yang dilakukan secara manual.
- b. Pelatihan JST dengan menggunakan data di lapangan setahun dari 1 januari 2019 sampai 31 desember 2019 mempresentasikan keadaan di lapangan memulai penggunaan polishing unit di awal tahun 2019 dan untuk pengujian menggunakan data dari 1 januari 2020 sampai dengan 31 mei 2020
- c. Hasil analisa data semua parameter yang menunjukkan performansi polishing unit untuk mendapatkan parameter input dan output dari model jaringan syaraf tiruan dan didapatkan OIW (oil in water) dan COD (chemical oxygen demand) influent sebagai input JST yang merupakan input polishing unit. Sedang output dari model jaringan syaraf tiruan adalah DO aerasi, MLSS aerasi dan OIW effluent.
- d. Hasil pelatihan JST untuk mendapatkan struktur model JST yang terbaik yaitu dengan membandingkan nilai MSE diantara node 1 sampai 20 yang mendekati yaitu 0.01 didapatkan struktur model JST dengan 2 input parameter, 17 hidden node dan 3 output parameter. Dengan struktur JST 2-17-3 didapatkan data dengan MSE DO bernilai 0.011, MSE MLSS dengan nilai 0.011 dan nilai MSE OIW dengan nilai 0.0063. Dan nilai hasil dari pelatihan JST dengan nilai DO di rentang 2.35 – 4.14, nilai MLSS di rentang 542.08 – 821.82 dan nilai OIW effluent di rentang 1.83 – 4.16 dengan performance 0.0099973 mendekati target MSE yaitu 0.01 dan regresi dengan nilai 0.84583 mendekati nilai 1.
- e. Hasil simulasi dengan data uji dengan model JST dengan dengan struktur 2 – 17 - 3 didapatkan data pengujian dengan MSE DO bernilai 0.028, MSE MLSS dengan nilai 0.029 dan nilai MSE OIW dengan nilai 0.03 dan mendapatkan nilai DO di rentang 2.39 – 3.89 mg/L, nilai MLSS di rentang 533.51 – 921.14 mg/L dan nilai OIW effluent di rentang 2.92 – 9.71 mg/L. Nilai OIW hasil simulasi yang

masih di dalam rentang nilai sesungguhnya yaitu 2 – 11 mg/L dan tidak melebihi kadar maksimum standar baku mutu air limbah kegiatan produksi MIGAS fasilitas on-shore, Maka model jaringan syaraf tiruan ini dapat merepresentasikan sistem pada polishing unit.

- f. Hasil dari grafik antara COD dan OIW influent bila dibandingkan dengan DO, MLSS diaerasi serta OIW effluent baik keadaan sebenarnya di lapangan maupun dari hasil JST didapatkan pola yang sama yaitu COD influent berbanding lurus dengan MLSS di aerasi tetapi berbanding terbalik dengan DO di aerasi dan OIW effluent
- g. Hasil analisa parameter yang menunjukkan performansi polishing unit didapatkan output dari simulasi JST untuk dinamika polishing unit yang berupa DO aerasi oleh sistem pengendali telah dianalisa untuk mengendalikan konsentrasi oksigen dan MLSS aerasi telah dianalisa untuk mengendalikan nutrient serta kondisi mikroorganisme di dalam zona aerasi di polishing unit. Sedang output OIW effluent telah dianalisa oleh sistem pengendali untuk mengendalikan aliran influent yang masuk ke polishing unit.
- h. Dinamika Polishing unit yang merupakan keadaan non-linear dapat dianalisa dan disimulasikan oleh JST secara efektif. Pemodelan jaringan syaraf tiruan polishing unit ini dapat digunakan untuk melihat performansi polishing unit sesungguhnya oleh operator.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LISTING PROGRAM

Program Latih JST

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

% Proses membaca data latih dari excel
filename = 'datajst.xlsx';
sheet = 5;
xlRange = 'K2:O366';

Data = xlsread(filename, sheet, xlRange);
% filename = 'datajst.xlsx';
% sheet = 5;
% xlRange = 'K2:O366';
data_latih = Data(:,1:2);
target_latih = Data(:,3:5);
[m,n] = size(data_latih);
[a,b] = size(target_latih);

for jumlahnode=1:20
    % Pembuatan JST
    net = newff(minmax(data_latih),[jumlahnode
3],{'logsig','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);
latih_DO = hasil_latih(1,:);
max_data_DO = 5.42;
min_data_DO = 0.755;
hasil_latih_DO = ((latih_DO-0.1)*(max_data_DO-
min_data_DO)/0.8)+min_data_DO;

latih_MLSS = hasil_latih(2,:);
max_data_MLSS = 1014;
min_data_MLSS = 460;
hasil_latih_MLSS = ((latih_MLSS-0.1)*(max_data_MLSS-
min_data_MLSS)/0.8)+min_data_MLSS;

latih_OIW = hasil_latih(3,:);
max_data_OIW = 4;
min_data_OIW = 1.7;
hasil_latih_OIW = ((latih_OIW-0.1)*(max_data_OIW-
min_data_OIW)/0.8)+min_data_OIW;

% Performansi hasil prediksi
filename = 'datajst.xlsx';
sheet = 5;
xlRange_DO = 'D2:D366';
xlRange_MLSS = 'E2:E366';
xlRange_OIW = 'F2:F366';

target_latih_DO = xlsread(filename, sheet, xlRange_DO);
target_latih_MLSS = xlsread(filename, sheet, xlRange_MLSS);
target_latih_OIW = xlsread(filename, sheet, xlRange_OIW);

```

```
figure,  
plotregression(target_latih,hasil_latih,'Regression')  
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_DO,'bo-')  
hold on  
plot(target_latih_DO,'ro-')  
hold off  
grid on  
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target dengan node  
,num2str(jumlahnode),' pada epoch ',num2str(jumlah_iterasi)]))  
xlabel('Data ke-')  
ylabel('DO(mg/l)')  
legend('Keluaran JST','Target','Location','Best')  
filename=sprintf('latih_DO%d.png', jumlahnode);  
saveas(gcf,filename)
```

```
figure,  
plot(hasil_latih_MLSS,'bo-')  
hold on  
plot(target_latih_MLSS,'ro-')  
hold off  
grid on
```

```

title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target dengan node
',num2str(jumlahnode),' pada epoch ',num2str(jumlah_iterasi)]))
xlabel('Data ke-')
ylabel('MLSS(mg/l)')
legend('Keluaran JST','Target','Location','Best')
filename=sprintf('latih_MLSS%d.png', jumlahnode);
saveas(gcf,filename)

```

```

figure,
plot(hasil_latih_OIW,'bo-')
hold on
plot(target_latih_OIW,'ro-')
hold off
grid on
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target dengan node
',num2str(jumlahnode),' pada epoch ',num2str(jumlah_iterasi)]))
xlabel('Data ke-')
ylabel('OIW(mg/l)')
legend('Keluaran JST','Target','Location','Best')
filename=sprintf('latih_OIW%d.png', jumlahnode);
saveas(gcf,filename)

```

```

errorbaru_DO=target_latih_DO-hasil_latih_DO;
MSE_DO = (1/n)*sum(errorbaru_DO.^2)
RMSE_DO = sqrt(MSE_DO)

```

```

errorbaru_MLSS=target_latih_MLSS-hasil_latih_MLSS;
MSE_MLSS = (1/n)*sum(errorbaru_MLSS.^2)
RMSE_MLSS = sqrt(MSE_MLSS)

```

```

errorbaru_OIW=target_latih_OIW-hasil_latih_OIW;

```

```

MSE_OIW = (1/n)*sum(errorbaru_OIW.^2)
RMSE_OIW = sqrt(MSE_OIW)
end
node_best

```

Program Uji JST

```

clc;clear;

% load jaringan yang sudah dibuat pada proses pelatihan
load net17.mat

% Proses membaca data uji dari excel
filename = 'datajst.xlsx';
sheet = 6;
xlRange = 'K2:O104';

Data = xlsread(filename, sheet, xlRange);
data_uji = Data(:,1:2)';
target_uji = Data(:,3:5)';
[m,n] = size(data_uji);

% Hasil prediksi
hasil_uji = sim(net_keluaran,data_uji);
nilai_error = hasil_uji-target_uji;
uji_DO = hasil_uji(1,:);
uji_MLSS = hasil_uji(2,:);
uji_OIW = hasil_uji(3,:);
max_data_DO = 4.48;
min_data_DO = 0.965;
max_data_MLSS = 764;
min_data_MLSS = 402;

```

```

max_data_OIW = 11;
min_data_OIW = 2;
hasil_uji_DO = ((uji_DO-0.1)*(max_data_DO-
min_data_DO)/0.8)+min_data_DO;
hasil_uji_MLSS = ((uji_MLSS-0.1)*(max_data_MLSS-
min_data_MLSS)/0.8)+min_data_MLSS;
hasil_uji_OIW = ((uji_OIW-0.1)*(max_data_OIW-
min_data_OIW)/0.8)+min_data_OIW;
% Performansi hasil prediksi
error_MSE = (1/n)*sum(nilai_error.^2);
error_RMSE = sqrt(error_MSE);

filename = 'datajst.xlsx';
sheet = 6;
xlRange_DO = 'D2:D104';
xlRange_MLSS = 'E2:E104';
xlRange_OIW = 'F2:F104';
target_uji_DO = xlsread(filename, sheet, xlRange_DO);
target_uji_MLSS = xlsread(filename, sheet, xlRange_MLSS);
target_uji_OIW = xlsread(filename, sheet, xlRange_OIW);

errorbaru_DO=target_uji_DO-hasil_uji_DO;
MSE_DO = (1/n)*sum(errorbaru_DO.^2)
RMSE_DO = sqrt(MSE_DO)

errorbaru_MLSS=target_uji_MLSS-hasil_uji_MLSS;
MSE_MLSS = (1/n)*sum(errorbaru_MLSS.^2)
RMSE_MLSS = sqrt(MSE_MLSS)

errorbaru_OIW=target_uji_OIW-hasil_uji_OIW;
MSE_OIW = (1/n)*sum(errorbaru_OIW.^2)
RMSE_OIW = sqrt(MSE_OIW)

```

```

figure,
plot(hasil_uji_DO,'bo-')
hold on
plot(target_uji_DO,'ro-')
hold off
grid on
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target dengan nilai RMSE DO = ',...
num2str(RMSE_DO)]))
xlabel('Data ke-')
ylabel('DO(mg/l)')
legend('Keluaran JST','Target','Location','Best')
saveas(gcf,'uji_DO.png')

```

```

figure,
plot(hasil_uji_MLSS,'bo-')
hold on
plot(target_uji_MLSS,'ro-')
hold off
grid on
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target dengan nilai RMSE MLSS = ',...
num2str(RMSE_MLSS)]))
xlabel('Data ke-')
ylabel('MLSS(mg/l)')
legend('Keluaran JST','Target','Location','Best')
saveas(gcf,'uji_MLSS.png')

```

```

figure,
plot(hasil_uji_OIW,'bo-')
hold on
plot(target_uji_OIW,'ro-')

```

```
hold off
grid on
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target dengan nilai RMSE OIW = ',...
num2str(RMSE_OIW)]))
xlabel('Data ke-')
ylabel('OIW(mg/l)')
legend('Keluaran JST','Target','Location','Best')
saveas(gcf,'uji_OIW.png')
```

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PERMENLH, "Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi," *Kementerian. Lingkung. Hidup*, pp. 1–12, 2010.
- [2] P. Andarani and A. Rezagama, "Analisis Pengolahan Air Terproduksi Di Water Treating Plant Perusahaan Eksploitasi Minyak Bumi (Studi Kasus: Pt Xyz)," *J. Presipitasi Media Komun. dan Pengemb. Tek. Lingkung.*, vol. 12, no. 2, p. 78, 2015.
- [3] M. F. Hamoda, I. A. Al-Ghusain, and A. H. Hassan, "Integrated wastewater treatment plant performance evaluation using artificial neural networks," in *Water Science and Technology*, 1999, vol. 40, no. 7, pp. 55–65.
- [4] "WASTEWATER TREATMENT PLANTS."
- [5] Y.-S. Timothy Hong, M. R. Rosen, and R. Bhamidimarri, "Analysis of a municipal wastewater treatment plant using a neural network-based pattern analysis," 2003.
- [6] D. S. Lee and J. M. Park, "Neural network modeling for on-line estimation of nutrient dynamics in a sequentially-operated batch reactor," 1999.
- [7] M. Coti, G. Jean, P. Lessard, and J. Thibault, "DYNAMIC MODELLING OF THE ACTIVATED SLUDGE PROCESS: IMPROVING PREDICTION USING NEURAL NETWORKS," 1995.
- [8] M. M. Hamed, M. G. Khalafallah, and E. A. Hassanien, "Prediction of wastewater treatment plant performance using artificial neural networks," *Environ. Model. Softw.*, vol. 19, no. 10, pp. 919–928, Aug. 2004.
- [9] F. S. Mjalli, S. Al-Asheh, and H. E. Alfadala, "Use of artificial neural network black-box modeling for the prediction of wastewater treatment plants performance," *J. Environ. Manage.*, vol. 83, no. 3, pp. 329–338, 2007.
- [10] R. Yudhanto, "Pengolahan Produced Water Treatment di Onshore Facility PT. Saka Indonesia Pangkah Limited," no. 19, 2018.
- [11] "Studi Pemilihan Teknologi untuk Produced Water Polishing Unit di Onshore Processing Facility SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED," 2016.
- [12] J. Bolmstedt, *Controlling the Influent Load to Wastewater Treatment Plants*. 2004.
- [13] N. I. Said, "Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Lumpur Aktif," vol. 3, no. 2, pp. 160–174, 2010.
- [14] C. Cortés de la Fuente, M. Poch Espallargas, J. Comas Matas, and A. i T. A. Universitat de Girona. Departament d'Enginyeria Química, *Supervisory systems in waste water treatment plants sistematise their implementation*. 2004.
- [15] L. I. Utami, W. Wihandhita, S. Marsela, and K. Nurma, "PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MINYAK BUMI SECARA BIOLOGI AEROB PROSES BATCH PROCESSING OF

- LIQUID WASTE EQUIPMENT ON," vol. 11, no. 2, pp. 37–41, 2017.
- [16] F. R. Sari, R. Annissa, and A. Tuhuloula, "Sistem Aerasi Pada Pengolahan Limbah CPO," *J. Konversi UNLAM*, vol. 2, no. 1, 2013.
- [17] M. O. H. Sholichin, "Modul 3."
- [18] Salmin, "Oksigen terlarut (DO) Dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan," *Oseana*, vol. 30, no. 3, pp. 21–26, 2005.
- [19] M. Hamada, H. A. Zaqoot, and A. A. Jreiban, "Application of artificial neural networks for the prediction of Gaza wastewater treatment plant performance-Gaza strip," *J. Appl. Res. Water Wastewater*, vol. 9, no. 1, pp. 399–406, 2018.
- [20] M. D. Wuryandari and I. Afrianto, "Perbandingan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Dan Learning Vector Quantization Pada Pengenalan Wajah," *Komputa*, vol. 1, no. 1, pp. 45–51, 2012.
- [21] L. Fausett, "Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications," *J. Chromatogr. B. Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.*, vol. 814, no. 2, pp. 315–323, 2005.
- [22] P. Kecepatan and M. Induksi, "MENGUNAKAN METODE VEKTOR KONTROL BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN RADIAL BASIS FUNCTION – PD (JST RBF – PD) HYBRID BASIS FUNCTION NEURAL NETWORK – PD (RBF NN -," 2015.
- [23] L. N. Luk'yanova, V. A. Kutasov, V. V. Popov, and P. P. Konstantinov, "Galvanomagnetic and thermoelectric properties of p-Bi₂-xSb xTe₃-ySe_y, solid solutions at low temperatures (<220 K)," *Phys. Solid State*, vol. 46, no. 8, pp. 1404–1409, 2004.
- [24] D. T. Larose and C. D. Larose, *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining: Second Edition*, vol. 9780470908. 2014.
- [25] S. Papantoniou and D. D. Kolokotsa, "Prediction of outdoor air temperature using neural networks: Application in 4 European cities," *Energy Build.*, vol. 114, pp. 72–79, 2016.
- [26] A. Sludge and L. Aktif, "PENGANTAR PENGOLAHAN LIMBAH SECARA BIOLOGIS : AEROBIC Primer Sekunder Tersier."
- [27] B. Ibrahim, "Studi Penyisihan Nitrogen Air Limbah Agroindustri Hasil Perikanan Secara Biologis Dengan Model Dinamik Activated Sludge Model (Asm) 1," 2007.
- [28] H. Demuth, "Neural Network Toolbox Documentation," *NN with Matlab*, p. 846, 2004.