

Pemodelan *Polishing Unit* Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan di PT Saka Indonesia Pangkah Limited

Riski Fitra Finazis dan Totok Soehartanto

Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: totokstf@yahoo.com

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.*

I. PENDAHULUAN

PT. Saka Indonesia Pangkah Limited 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 peformansi 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 Kementrian 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* dipergunakan 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. Proses yang memanfaatkan peran bakteri aerob disebut proses aerobik dimana senyawa organik dioksidasi menjadi CO₂, NH₃, H₂O, dan sel massa baru [3].

Pada studi ini dilakukan pemodelan berbasis jaringan saraf tiruan untuk mengetahui dinamika proses yang terjadi 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 studi ini *polishing unit* akan dimodelkan dalam JST melalui pasangan data parameter input dan parameter output *polishing unit* yaitu *properties* air yaitu temperatur, pH, COD, dan TSS sehingga mempermudah pemodelan pada *polishing unit* [4].

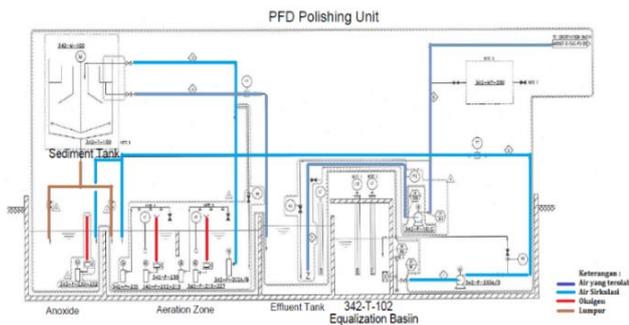
II. METODOLOGI

A. *Polishing Unit*

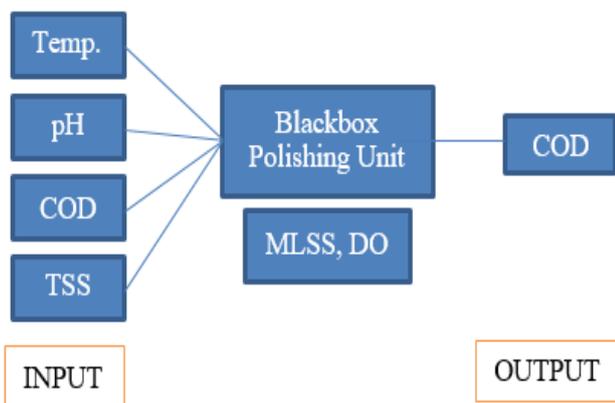
Polishing unit merupakan unit yang berfungsi untuk memperbaiki kualitas air dari keluaran API separator yang masih belum memenuhi standar baku mutu. Pada unit ini diterapkan metode yang dipergunakan peran bakteri aerob pada proses lumpur aktif. Bakteri tersebut merupakan bakteri yang membutuhkan oksigen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

Berdasarkan Gambar 1 PFD *Polishing Unit*, aliran proses diawali dengan *produced water* keluaran API Separator yang ditampung *equalization basin* 342-T-102. Air pada *equalization basin* dikirim menuju *anoxid tank* dan *aeration zone* menggunakan pompa 342-P-200A/B. Di dalam *anoxid tank*, air diproses secara biologis. Pompa aerasi 342-P-230-232 disediakan untuk mesuplai oksigen dalam membantu mikroba melakukan proses penguraian pada air yang diolah.

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* selanjutnya dikirim ke tangki sedimentasi oleh pompa 342-P-202A/B untuk dilakukan proses pengendapan. 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*. *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 *Blackbox Polishing Unit*.



Gambar 1. PFD Polishing Unit.



Gambar 2. Blackbox JST Polishing Unit

Berdasarkan Gambar 2, JST akan dimodelkan secara MISO *multi input* dengan 4 input terhadap *single output* yaitu COD sesuai referensi yang diadopsi [4], [5]. 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.

Perbandingan data *influent*, *operation*, dan *effluent* dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Data Influent, Operation, Effluent Polishing Unit

Parameter	Ranges	Average
Influent		
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
Operation		
MLSS (mg/l)	541-857	712.3095
DO (mg/l)	4.05-6.55	5.414762
Effluent		
COD (mg/l)	0-150	53.60714

Berdasarkan Tabel 1 dapat ditunjukkan parameter *influent* COD memiliki kadar yang belum memenuhi standar baku dengan rata-rata 567.9048 namun keluaran dari *polishing unit* dapat ditunjukkan kadar tersebut mampu diperbaiki kualitasnya menjadi parameter COD yang memenuhi standar baku dengan rata-rata 53.60714.

B. 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 2.

Tabel 2. Perbandingan data *influent*, dan *effluent* Polishing Unit

Parameter	Ranges	Average
Influent		
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
Effluent		
COD (mg/l)	0-150	53.60714

Pada Tabel 2 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).

C. Perancangan Model Jaringan Syaraf Tiruan

Pemodelan JST pada *polishing unit* didasarkan pasangan data input dan output untuk JST sebagai “*blackbox*” [4]. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB dengan menentukan terlebih dahulu parameter simulasi seperti Tabel 3 parameter model JST.

Tabel 3. Parameter Model JST

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

Hasil pelatihan berdasarkan parameter model Tabel 3 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.

Berdasarkan Gambar 3 ditunjukkan pemodelan JST terbaik pada *polishing unit* memiliki struktur 4-13-1 yaitu 4 input, 13 *hidden node*, dan 1 output.

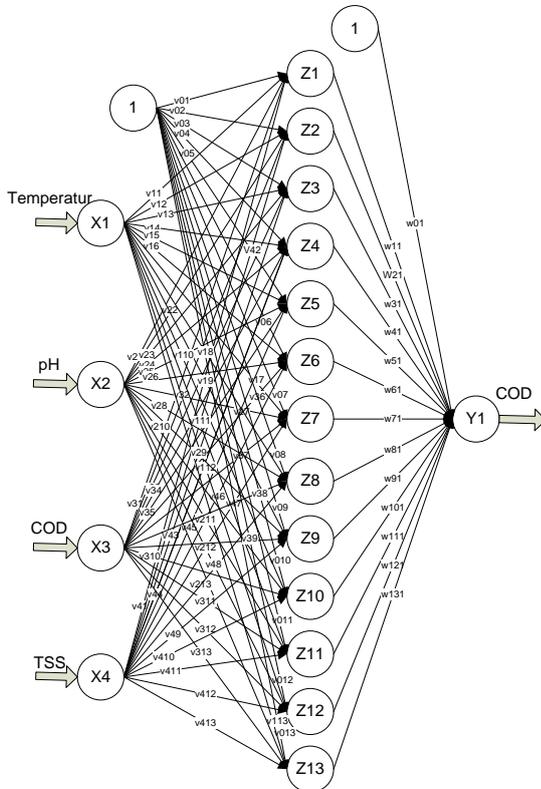
D. Root Mean Square

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 [6].

$$x' = \frac{0.8(x-b)}{(a-b)} + 0.1 \tag{1}$$

Keterangan:

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



Gambar 3. Arsitektur JST pada keluaran COD

Dari Persamaan 1, 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 perfomansi 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 2 dan 3 [5], [7].

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

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \tag{3}$$

Keterangan:

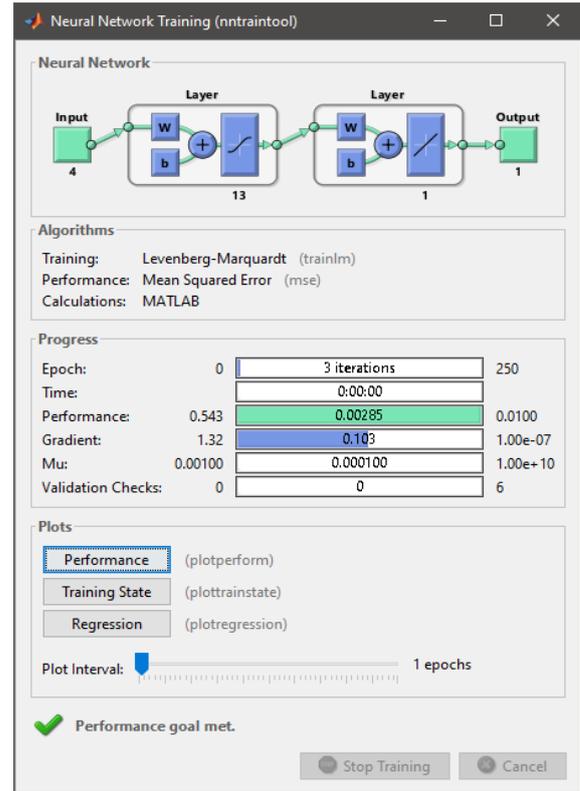
- y_i = data aktual
- \hat{y}_i = data hasil prediksi
- n = jumlah data

III. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil Training & Validasi JST

Training dilakukan dengan variasi 20 *hidden node* untuk mendapatkan model JST terbaik menggunakan *software*

Matlab *neural network toolbox* (nntain tool) seperti yang ditunjukkan Gambar 5 untuk tiap-tiap *hidden node*.



Gambar 5. nntaintool hidden node 13

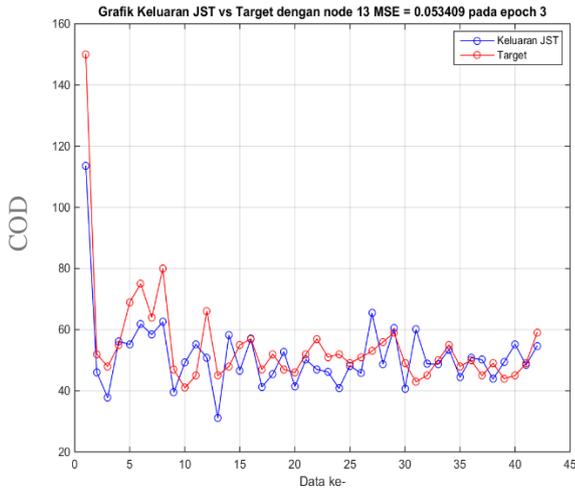
Berdasarkan Gambar 5 *nntaintool* peformansi pelatihan terbaik pada *hidden node* 13 terdapat pada epoch ke 3 yang mana pada epoch ini target error sudah tercapai. Pelatihan data untuk pemodelan *polishing unit* dengan variasi 20 *hidden node* telah dilakukan pada MATLAB dan dapat ditunjukkan jumlah hidden node terbaik berdasarkan nilai RMSE terkecil dari setiap variabel pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Training Model JST

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

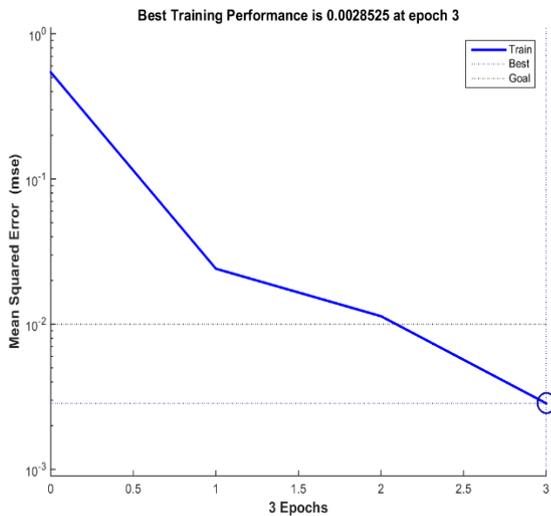
Berdasarkan Tabel 4, ditunjukkan bahwa nilai error MSE yang terbaik dari seluruh variasi *hidden node* adalah 13 dengan nilai 100.2827. Nilai tersebut kemudian didapatkan RMSE nya dengan nilai 10.0141 pada epoch ke 3. RMSE 10.0141 jika dibandingkan dengan RMSE referensi yang bernilai 59.48 untuk keluaran COD menunjukkan hasil yang

lebih baik karena nilainya tidak melebihi RMSE referensi [5]. Berdasarkan kondisi tersebut dihasilkan grafik respon perbandingan nilai target terhadap keluaran JST untuk parameter keluaran COD *polishing unit*. Grafik tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil training keluaran JST terhadap Target

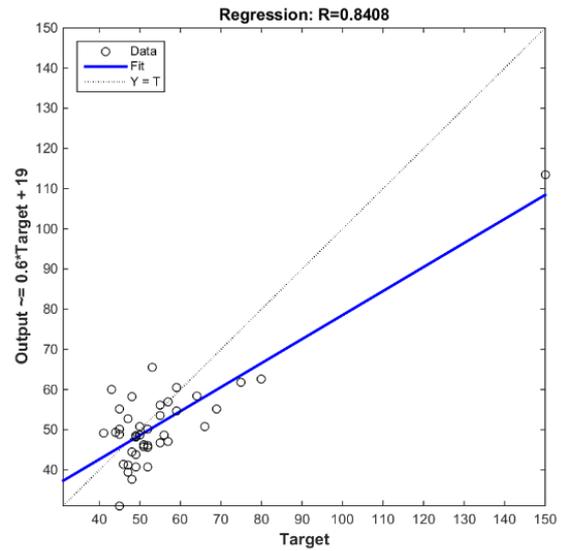
Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan perbandingan nilai target COD output terhadap nilai COD keluaran JST bahwa JST telah menghasilkan nilai keluaran COD *polishing unit* yang mendekati nilai target, dengan error MSE normalisasi 0.053409 dan denormalisasi 100.2827 untuk *training* yang selesai pada epoch 3. Gambar 7 merupakan grafik yang menunjukkan nilai MSE yang dicapai 0.0028525 pada epoch 3 dibandingkan dengan nilai *goal* yang ditentukan pada proses *training* Matlab.



Gambar 7. Error MSE pada JST dengan 13 *Hidden Node*

Berdasarkan Gambar 7, ditunjukkan nilai MSE setiap *epoch* sampai *epoch* ke 3. Pada Gambar 8, juga diperlihatkan hasil regresi pada struktur JST setelah dilatih.

Berdasarkan Gambar 8 terlihat bahwa nilai R setelah uji regresi mendapatkan nilai 0.8408, yang mana menunjukkan bahwa struktur JST yang dibuat telah dapat mengikuti keluaran *Polishing Unit* asli dengan baik dibandingkan regresi referensi 0.7846 [5]. Dikarenakan nilai R yang mendekati nilai 1, maka dapat dikatakan model JST dengan 13 *hidden node* yang telah dirancang mampu melakukan estimasi dengan sangat baik. Setelah dilakukan *training* JST, validasi dilakukan dan didapat hasil pada Tabel 5.



Gambar 8. Hasil Uji Regresi JST dengan 13 *Hidden Node*

Tabel 5. Hasil Validasi Model JST

No	<i>Hidden Node</i>	MSE	RMSE
1	1	380.826	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

Tabel 6. Lanjutan Hasil Validasi Model JST

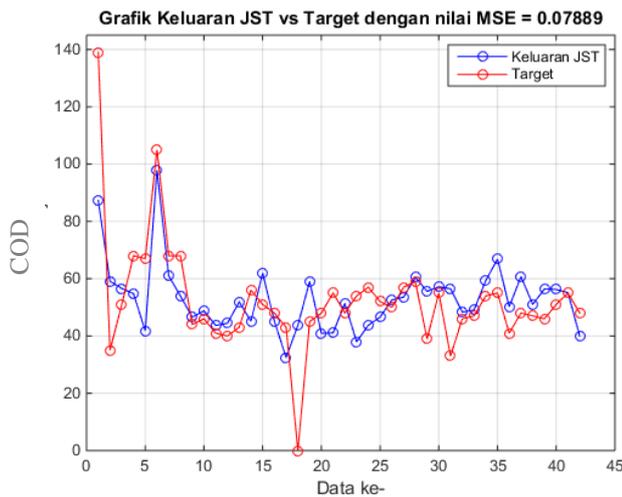
No	<i>Hidden Node</i>	MSE	RMSE
13	13	218.8005	14.7919
14	14	551.8198	23.4908
15	15	900.7263	30.0121
16	16	1063	32.6037
17	17	1021.5	31.9602
18	18	588.8759	24.2668
19	19	1975.7	44.4484
20	20	426.8271	20.6598

Setelah dilakukan validasi didapatkan RMSE pada Tabel 5 dan Table 6 dapat diketahui ternyata *hidden node* yang terbaik juga berjumlah 13, dengan nilai RMSE terkecil 14.7919. Hasil RMSE tersebut mempergunakan target MSE 0.01 untuk pelatihan dan merupakan target MSE terbaik dibanding variasi target MSE yang diberikan seperti Tabel 7.

Tabel 7. Variasi Target MSE Hasil Validasi Model JST

Target MSE	RMSE
0.1	16.8826
0.01	14.7919
0.001	15.6733
0.0001	17.8565

Berdasarkan Tabel 7 perbandingan antar target MSE menunjukkan *training* JST terbaik dengan RMSE terkecil adalah 0.01 jika dibandingkan dengan RMSE referensi yang bernilai 59.48 dapat juga dikatakan lebih baik karena nilai hasil validasi yang dihasilkan lebih kecil yaitu 14.7919. Grafik perbandingan nilai keluaran JST dengan target asli hasil uji validasi ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Hasil validasi Model JST

Tabel 8.
Hasil Uji JST

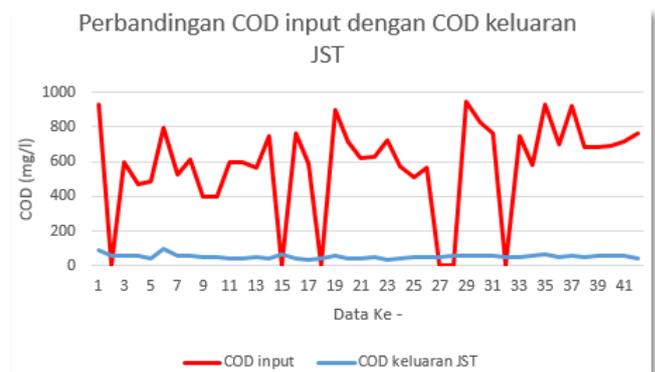
Hari	Keluaran JST (\hat{y}_i)	Target (y_i)	$y_i - \hat{y}_i$	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
1	87.31205375	139	51.68795	2671.644
2	59.08791877	35	-24.0879	580.2278
3	56.57980286	51	-5.5798	31.1342
4	54.78413296	68	13.21587	174.6591
5	41.75275879	67	25.24724	637.4232
6	97.84738117	105	7.152619	51.15996
7	60.97455836	68	7.025442	49.35683
8	53.94510066	68	14.0549	197.5402
9	46.60252642	44	-2.60253	6.773144
10	48.75551434	46	-2.75551	7.592859
11	43.68768412	41	-2.68768	7.223646
12	44.44595324	40	-4.44595	19.7665
13	51.86476233	43	-8.86476	78.58401
14	45.17426802	56	10.82573	117.1965
15	61.92138056	51	-10.9214	119.2766
16	45.12504105	48	2.874959	8.265389
17	32.4554965	43	10.5445	111.1866
18	43.7269661	0	-43.727	1912.048
19	59.03334262	45	-14.0333	196.9347
20	40.95807194	48	7.041928	49.58875
21	41.10106911	55	13.89893	193.1803
22	51.42504106	48	-3.42504	11.73091
23	37.94977303	54	16.05023	257.6098
24	43.772212	57	13.22779	174.9744
25	46.562905	52	5.437095	29.562
26	52.57797	50	-2.57797	6.645928
27	53.538209	57	3.461791	11.98399
28	60.487657	59	-1.48766	2.213124
29	55.591613	39	-16.5916	275.2816
30	57.145842	55	-2.14584	4.60464
31	56.481251	33	-23.4813	551.3691
32	48.345375	46	-2.34537	5.500782
33	49.083602	47	-2.0836	4.341396
34	59.350319	54	-5.35032	28.62591
35	66.832556	55	-11.8326	140.0094
36	50.248303	41	-9.2483	85.5311
37	60.714183	48	-12.7142	161.6505
38	51.020328	47	-4.02033	16.16304
39	56.431869	46	-10.4319	108.8239
40	56.225398	51	-5.2254	27.30478
41	55.1216	55	-0.1216	0.014787
42	39.942764	48	8.057236	64.91905
Jumlah $(y_i - \hat{y}_i)^2$				9189.622
MSE				218.8005
RMSE				14.79191

Model JST yang dihasilkan diuji validasi, dan pada Gambar 7 ditunjukkan perbandingannya, dengan nilai target asli. Telah didapatkan 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 nilai performansi ini lebih baik dari nilai performansi pada referensi [5]. Model JST yang telah didapatkan dipergunakan untuk mendapatkan nilai COD baru ditunjukkan pada Tabel 8.

Berdasarkan Tabel 8 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 nilai maksimumnya 200 mg/l. Sehingga model JST yang telah dipergunakan memiliki performansi yang baik untuk *polishing unit*.

Model JST yang telah dibuat telah mampu mengikuti target keluaran dengan baik. Masih terdapat sebagian kecil data yang menyimpang cukup tinggi, yakni pada data ke 1 dan ke 18. Hal ini terjadi dikarenakan terjadi perubahan data yang cukup tinggi sehingga JST tidak mampu mengikuti dengan baik target yang diinginkan. Selain itu, hal ini dapat terjadi akibat adanya *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 pengujian lebih besar dari pelatihan, yakni sebesar 14.7919 terhadap RMSE pelatihan yakni 10.0141. Perbandingan COD input dengan COD keluaran JST ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan COD input terhadap COD keluaran JST

Berdasarkan Gambar 8 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).

B. 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).

IV. KESIMPULAN

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*.

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*.

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.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, *PERMEN LH No. 19 Th. 2010, Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi*. .
- [2] P. Andarani and A. Rezagama, "Analisa 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. 85, Sep. 2015.
- [3] Michigan Government, *Activated Sludge Process Control*. Michigan: State of Michigan Department of Environmental Quality.
- [4] 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, May 2007.
- [5] M. Hamada, H. Adel Zaqoot, and A. Abu Jreiban, "Application of artificial neural networks for the prediction of Gaza wastewater treatment plant performance-Gaza strip," *J. Appl. Res. Water Wastewater*, vol. 5, no. 9, pp. 399–406, 2018.
- [6] Larose and T. Daniel, *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining*. John Wiley & Sons Inc, 2005.
- [7] 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.