



TUGAS AKHIR - TF 181801

ANALISA TEMPERATUR SERTA PH TERHADAP PRODUKSI BIOGAS PADA BIOREAKTOR ANAEROB

RICHARDO PETRICIUS UTOYO
NRP. 0231154000036

Dosen Pembimbing I
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

Dosen Pembimbing II
Erna Septyaningrum S.T., M.T.

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



TUGAS AKHIR - TF 181801

**ANALISA TEMPERATUR SERTA PH
TERHADAP PRODUKSI BIOGAS PADA
BIOREAKTOR ANAEROB**

RICHARDO PETRICIUS UTOYO
NRP. 0231154000036

Dosen Pembimbing I
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

Dosen Pembimbing II
Erna Septyaningrum S.T., M.T.

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



FINAL PROJECT - TF 181801

**ANALYSIS OF TEMPERATURE AND PH TO
THE BIOGASS PRODUCTION IN ANAEROBIC
BIODIGESTER**

RICHARDO PETRICIUS UTOYO
NRP. 0231154000099

Supervisors I
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

Supervisors II
Erna Septyaningrum S.T., M.T.

ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 201

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Richardo Petricius Utoyo
NRP : 02311540000036
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "ANALISA TEMPERATUR SERTA PH TERHADAP PRODUKSI BIOGAS PADA BIOREAKTOR ANAEROB" adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 25 Juli 2019

Yang membuat

taan,

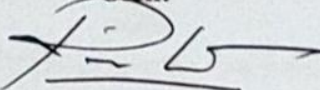
Richardo Petricius Utoyo

NRP.02311540000036

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISA TEMPERATUR SERTA PH TERHADAP
PRODUKSI BIOGAS PADA BIOREAKTOR ANAEROB**

Oleh:



Richardo Petricius Utoyo
NRP.0231154000036

Surabaya, 25 Januari 2019

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIPN.19690507 199512 1 001

**Mengetahui,
Ketua Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS**



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

**ANALISA TEMPERATUR SERTA PH TERHADAP
PRODUKSI BIOGAS PADA BIOREAKTOR ANAEROB**

TUGAS AKHIR


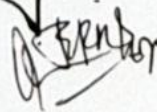
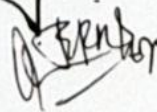

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Energi dan Pengkondisian
Lingkungan
Progam Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RICHARDO PETRICIUS UTOYO

NRP.02311540000036

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA  (Pembimbing I)
2. Erna Septyaningrum ST., MT  (Pembimbing II)
3. Gunawan Nugroho S.T., M.T., Ph.D  (Ketua Penguji)
4. Dr.rer.nat. Ir. Aulia Muhammad Taufiq  (Penguji II)
Nasution, M.Sc.

**SURABAYA
JULI, 2019**

ANALISA TEMPERATUR SERTA PH TERHADAP PRODUKSI BIOGAS PADA BIOREAKTOR ANAEROB

Nama : Richardo Petricius Utoyo
NRP : 02311540000036
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
Erna Septyaningrum ST., MT

ABSTRAK

Pada pemodelan bioreaktor anaerob dipergunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST). JST dipergunakan karena tidak adanya model matematika yang sanggup memodelkan, pemodelan bioreaktor melibatkan fenomena biologi, kimia, dan fisika sehingga bioreaktor anaerob dapat di asumsikan sebagai sebuah *blackbox*. JST yang digunakan berstruktur *backpropagation*, dengan algoritma Levenberg-Marquardt. Model JST memiliki 2 *input node* pada *input layer* yaitu temperatur, pH dan 1 *output node* pada *output layer* berupa volume biogas. 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 MSE terbaik berada pada JST dengan struktur 2-20-1 (*Input layer-hidden layer- output layer*). Nilai MSE untuk bioreaktor tanpa pengaduk bernilai 0.00094. Nilai MSE untuk bioreaktor dengan pengaduk bernilai 0.00088 Model JST yang dipergunakan mampu menghasilkan prediksi volume biogas saat mengubah kondisi temperatur dan pH secara variatif. Sehingga dinamika proses pada bioreaktor anaerob dapat ditunjukkan model JST dengan parameter yang mempengaruhi yaitu temperatur dan pH.

Kata kunci : Bioreaktor Anaerob, Jaringan Saraf Tiruan,
Produksi Biogas, Temperatur, pH

***ANALYSIS OF TEMPERATURE AND PH TO THE
BIOGASS PRODUCTION IN ANAEROBIC
BIODIGESTER***

Name : Richardo Petricius Utoyo
NRP : 02311540000036
Department : Teknik Fisika FTI-ITS
Supervisory : Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
Erna Septyaningrum ST., MT

ABSTRACT

In the anaerobic bioreactor modeling, Artificial Neuro Network (ANN) is used. ANN is used because there is no mathematical model that is capable to model it, bioreactor modeling involves biological, chemical and physical phenomena so that anaerobic bioreactors can be assumed to be a blackbox. ANN is used with a backpropagation structure, with the Levenberg-Marquardt algorithm. ANN model has 2 input nodes in the input layer, this is temperature and pH, 1 output node in the output layer of biogas volume. There is no method for determining the best hidden node, so used 20 variations of hidden nodes. To find the best MSE validation value. The simulation results show that the best MSE value is in ANN with structures 2-20-1 (Input layer-hidden layer-output layer). The MSE value for a no-stirrer bioreactor is 0.00094. The value of MSE for stirrer bioreactors is 0.00088. The ANN model used is able to produce biogas volume predictions when changing temperature and pH conditions varied. So that the process dynamics in anaerobic bioreactor can be shown ANN model with parameters that affect the temperature and pH.

Keywords: Anaerobic Bioreactors, Artificial Neural Networks, Biogas Production, Temperature, pH.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi Wa Sallam sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir beserta laporan tugas akhir yang berjudul "**ANALISA TEMPERATUR SERTA PH TERHADAP PRODUKSI BIOGAS PADA BIOREAKTOR ANAEROB**".

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian tugas akhir dan laporan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah (Rahimahullah), Mama, Adik, dan Keluarga atas segala, doa, perhatian, serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan.
2. Untuk istri tercinta Afi Nur Nafisah, atas doa dan *support* yang selalu menemani saat pengerjaan tugas akhir, jazaakillah khair.
3. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Fisika ITS yang telah memberikan ilmu, bimbingan serta sarana dan prasarana selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika ITS.
4. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA dan Ibu Erna Septyaningrum S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Jerri Susatio, M.T selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama perkuliahan dan memberikan ilmu serta nasihat yang sangat bermanfaat.
6. Seluruh dosen Teknik Fisika ITS atas segala ilmu, bimbingan, petunjuk, dan nasihat yang sangat bermanfaat serta seluruh civitas akademika Teknik

Fisika ITS, terima kasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.

7. Seluruh teman-teman UKM TDC, teman SAC, teman seperjuangan Haniefuddin Rifky, Biondhi Ubaidillah dan teman Laboratorium Workshop Instrumentasi, jazaakumullah khair.
8. Seluruh teman-teman mahasiswa Departemen Teknik Fisika ITS angkatan 2015 terima kasih telah menjadi teman seperjuangan dalam menuntut ilmu.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Namun, semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika ITS khususnya, dan civitas akademika ITS pada umumnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan tugas akhir bagi mahasiswa lainnya.

Surabaya, 25 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN	
JUDUL.....	i
<i>COVER PAGE</i>	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	viii
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR	xvii
DAFTAR ISI.....	xxii
DAFTAR GAMBAR.....	xxii
DAFTAR TABEL.....	xxv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Laporan	4
BAB II.....	5
TEORI PENUNJANG	5
2.1 Bioreaktor Anaerob	5
2.2 Parameter Operasional Bioreaktor Anaerob.....	9
2.3 Derajat Keasaman (pH)	10
2.4 Temperatur	11
2.5 Produksi Biogas.....	12
2.6 Alat Ukur Temperatur	14

2.7 Alat Ukur pH.....	15
2.8 Jaringan Saraf Tiruan	15
BAB III	22
METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1 Pengumpulan Data Hasil Eksperimen.....	22
3.2 Persiapan Data Untuk <i>Training</i> dan Validasi	30
3.3 Perancangan Model Jst.....	31
3.4 Validasi Model JST	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Pelatihan JST	34
4.2 Validasi JST.....	41
BAB V	52
KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	58
BIODATA PENULIS	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	22
Gambar 3. 2 Grafik temperatur bioreaktor anaerob pagi hari	23
Gambar 3. 3 Grafik temperatur bioreaktor anaerob sore hari	23
Gambar 3. 4 Grafik pH bioreaktor anaerob pagi hari	24
Gambar 3. 5 Grafik pH bioreaktor anaerob sore hari.....	24
Gambar 3. 6 Grafik volume biogas pagi hari.....	25
Gambar 3. 7 Grafik volume biogas sore hari.....	25
Gambar 3. 8 Hubungan pH, temperatur dan volume biogas pada bioreaktor anaerob tanpa pengaduk pagi hari	26
Gambar 3. 9 Hubungan pH, temperatur dan volume biogas pada bioreaktor anaerob dengan pengaduk sore hari	27
Gambar 3. 10 Hubungan pH, temperatur dan volume biogas pada bioreaktor anaerob tanpa pengaduk sore hari	28
Gambar 3. 11 Hubungan pH, temperatur dan volume biogas pada bioreaktor anaerob dengan pengaduk sore hari	29
Gambar 3. 12 Pembagian data temperatur input untuk training dan validasi	30
Gambar 3. 13 Pembagian data pH input untuk training dan validasi	30
Gambar 3. 14 Arsitektur JST pada keluaran volume	32
Gambar 3. 15 Arsitektur JST pada keluaran Volume	32
Gambar 3. 16 Script Koding MATLAB	33

DAFTAR TABEL

Tabel	3.	1	Parameter	Model		
JST.....						28
Tabel	4.	3	Hasil Training	Model	JST	Tanpa
			Pengaduk.....			34
Tabel	4.	2	Hasil Training	Model	JST	Dengan
			Pengaduk.....			38
Tabel	4.	3	Hasil Validasi	Model	JST	Tanpa
			Pengaduk.....			39
Tabel	4.	4	Hasil Uji JST	Data 1 – 42		Tanpa
			Pengaduk.....			41
Tabel	4.	5	Hasil Validasi	Model	JST	Dengan
			Pengaduk.....			43
Tabel	4.	3	Hasil Uji JST	Data 1 – 42		Dengan
			Pengaduk.....			44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biogas adalah salah satu energi alternatif kategori biomasa yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam memenuhi kebutuhan energi. Komposisi paling umum pada biogas terdiri dari metana, hidrogen, karbon dioksida, dan gas - gas lain yang dapat teroksidasi oleh oksigen, besar energi yang bisa dihasilkan pada kondisi bioreaktor normal mencapai 28,8 MJ/ MJ [1]. Biogas dapat dihasilkan dari proses anaerob menggunakan berbagai macam residu biomasa seperti kotoran hewan, sampah organik, limbah cair industri, limbah pertanian, dan lainnya [2]. Pengubahan residu biomasa menjadi gas metana dan karbon dioksida dibagi menjadi empat tahapan, yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis [3]. Proses fermentasi biogas melibatkan beberapa jenis mikroorganisme, yaitu bakteri fermentatif, asetogen sintropik, homoasetogen, metanogen, hidrogenotrofik dan metanogen asetatlastik [4]. Pertumbuhan mikroorganisme sangat mempengaruhi kecepatan produktifitas biogas pada bioreaktor, selain itu juga bergantung pada beberapa parameter, diantaranya adalah proses pengadukan, temperatur dan pH. Pengadukan sangat penting dilakukan dalam pembuatan biogas, untuk menghindari pembentukan endapan pada digester yang dapat menghambat produksi biogas. Selain itu, pengadukan menyebabkan proses berjalan lebih cepat, karena kontak antara substrat dengan mikroorganisme menjadi lebih efektif [5]. Temperatur juga dapat memengaruhi kinerja digester biogas, jika tidak dapat dijaga pada temperatur normal (28 – 40°C) akan menimbulkan banyak risiko gangguan dan kegagalan pada bioreaktor [5,6]. Faktor lainnya yang mempengaruhi produktifitas biogas adalah pH, kenaikan dan penurunan pH akan memberi dampak pada produksi karbon dioksida biogas [7]. Oleh karena itu proses pengubahan

limbah cair dan kotoran ternak menjadi biogas sangat dipengaruhi oleh perubahan temperatur dan pH, dimana representasi dari keadaan mikroorganisme dapat diamati dari produksi biogas yang dihasilkan. Untuk mengetahui hubungan ini maka perlu dibuat sebuah pemodelan antara kecepatan produksi biogas sebagai fungsi dari temperatur dan pH dengan mengubah kondisi temperatur serta pH secara variatif untuk mengetahui produksi biogas dengan cara memasukkan input model JST dan mengamati nilai volume produksi biogas yang menjadi keluaran. Pemodelan pada bioreaktor anaerob sangat sulit dilakukan karena melibatkan proses secara kimia, fisika, dan biologi, sehingga bioreaktor anaerob dapat diasumsikan sebagai sebuah *blackbox* untuk selanjutnya dimodelkan menggunakan (JST) jaringan saraf tiruan. JST dibuat dengan cara *mentrining* pasangan data yang didapatkan dari hasil eksperimen pengukuran temperatur, pH, dan volume biogas yang dihasilkan oleh 2 jenis bioreaktor anaerob yaitu dengan pengaduk dan tanpa pengaduk. Pemodelan ini diharapkan bisa membuktikan hipotesa bahwa temperatur dan Ph berpengaruh terhadap kecepatan produksi biogas . Hasil dari pemodelan ini akan didapat nilai jarak temperatur dan pH yang paling ideal untuk pengembangan bioreaktor dilihat dari maksimum volume biogas yang dihasilkan. Oleh karena itu hasil pemodelan ini diharapkan akan menjadi saran untuk aplikasi bioreaktor anaerob pada penelitian selanjutnya sekaligus menjadi data rujukan untuk mengoptimasi pertumbuhan mikroorganisme yang berpengaruh terhadap hasil biogas ditinjau dari aspek temperatur dan pH.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, adapun permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana mengolah pasangan data hasil eksperimen agar dapat disiapkan untuk *training*?

2. Bagaimana menyusun model dinamik dalam bentuk JST yang dapat menggambarkan hubungan produksi biogas terhadap nilai temperatur dan pH?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengolah pasangan data hasil eksperimen agar dapat disiapkan untuk *training*
2. Menyusun model dinamik dalam bentuk JST yang dapat menggambarkan hubungan produksi biogas terhadap nilai temperatur dan pH.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah maka batasan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pemodelan kecepatan produksi biogas sebagai fungsi temperatur dan pH dengan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan mengingat tidak diketahui proses dalam bioreaktor, dan hanya pasangan data hasil eksperimen.
2. Menggunakan 2 jenis bioreaktor sebagai objek penelitian, yaitu bioreaktor dengan pengaduk dan tanpa pengaduk.
3. Parameter proses dan operasional bioreaktor didapat dari pengukuran.
4. Kecepatan produksi biogas sebagai fungsi temperatur dan pH ditunjukkan dengan model jaringan saraf tiruan.
5. Pengukuran dilakukan pada 2 zona waktu yaitu pagi dan sore guna mengetahui transisi waktu dan perubahan temperatur.
6. Parameter yang diukur adalah volume biogas yang diproduksi, temperatur dalam bioreaktor, Ph bioreaktor.

1.5 Sistematika Laporan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dan dilengkapi dengan daftar pustaka. Secara garis besar, sistematika dari penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

a. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika laporan.

b. BAB II DASAR TEORI

Pada bab II ini dibahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, yaitu proses penguraian biogas anaerob, proses pembentukan biogas, parameter operasional bioreaktor anaerob, desain bioraktor, dan komposisi biogas.

c. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab III ini berisi mengenai rancangan dari penelitian yang dilakukan, metode, dan langkah-langkah dalam penelitian.

d. BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV ini berisi tentang analisa hasil analisa dampak temperatur lingkungan serta ph terhadap pertumbuhan mikroorganisme dan produksi biogas pada bioreaktor anaerob.

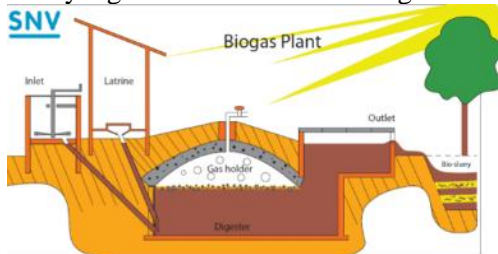
e. BAB V PENUTUP

Pada bab V ini diberikan kesimpulan tentang tugas akhir yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang diperoleh, serta diberikan saran sebagai penunjang dalam pengembangan tugas akhir selanjutnya.

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 Bioreaktor Anaerob

Bioreaktor anaerob adalah reaktor yang banyak dipergunakan untuk mengekstrak biogas yang dihasilkan dari dari pembusukan bahan-bahan organik oleh bakteri pada kondisi anaerob (tanpa ada oksigen bebas) dengan bermacam – macam bahan limbah organik cair atau padat maupun dari kotoran ternak, limbah pertanian maupun sampah organik. Dalam proses pembuatan biogas dengan proses anaerob gas yang dihasilkan berupa gas metan sekitar 75% [20]. Pada proses anaerob ini mempunyai beberapa tahapan yaitu hidrolisis, acidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis. Pada tahap hidrolisis, bahan–bahan organik yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat dan lipida akan diurai menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek [17]. Sedangkan pada tahap pengasaman bakteri menghasilkan asam yang berfungsi untuk mengubah senyawa dari tahapan hidrolisis menjadi asam asetat. Dan tahapan terakhir yaitu tahapan metanogenesis merupakan tahap pembentukan gas metan (CH_4) yang dihasilkan oleh bakteri methanogenesis. Bioreaktor yang paling banyak dipasang di Indonesia adalah jenis kubah tetap [fixed dome] yang terpendam dalam tanah. Volume reaktor rata-rata 8 m³ yang terisi oleh substrat di bagian bawahnya.



*Gambar 2. 1 Bioreaktor Anaerob
(Sumber: SNV biogas)*

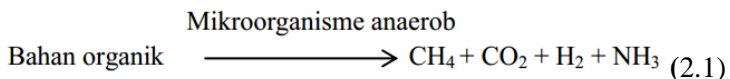
2.1.1 Proses Penguraian Anaerob Biogas

Biogas berasal dari hasil fermentasi anaerobik pada substrat berupa kotoran hewan [sapi] oleh mikroba dalam ruang bioreaktor. Proses pembentukan gas metana dilakukan oleh bakteri anaerob dengan reaksi biokimia berupa hidrolisis, acidogenesis, asetogenesis, dan methanogenesis [3]. Komponen utama biogas adalah gas metana (CH_4). Komponen penting dalam pembentukan biogas adalah substrat yang tersusun dari senyawa organik [karbohidrat, protein dan lemak] dan air. Substrat merupakan media pertumbuhan mikroba metanogen penghasil metan. Mikroba penghasil gas metan dalam bioreaktor terdiri dari berbagai jenis mikroba dedigester (pengurai) yang mengubah bahan organik dalam substrat menjadi biogas. Biomass padat dalam substrat yang bisa diuraikan oleh mikroba menjadi biogas sejumlah 60%, sedangkan sisanya tersuspensi menjadi cairan kental yang disebut sludge [slurry]. Proses pembentukan biogas dalam bioreaktor diawali oleh hidrolisis. Proses ini terjadi secara ekstra seluler dimana bakteri acidogenic dan hydrolitic mengeluarkan enzim yang dapat mempercepat proses hidrolisis pada materi organik berstruktur kimiawi kompleks menjadi struktur sederhana [9]. Substrat yang telah terhidrolisis kemudian dirombak oleh bakteri acidogenic. Hasilnya berupa asetat, hidrogen dan karbon dioksida yang selanjutnya digunakan oleh bakteri methanogenic untuk memproduksi methan dan karbon dioksida. Pada fase ini, terdapat berbagai macam bakteri acidogen, seperti enterobakteri, bakteriosida, asetobakteri dan eubakteri. Hasil lain seperti alkohol dan Volatile Fatty Acid (VFA) dari proses acidogenesis akan dioksidasi oleh bakteri acetogenic [10]. Pada fase ini, dihasilkan asam asetat dan gas H_2 yang digunakan untuk membentuk gas metan. Pada fase acidogenesis telah dihasilkan sekitar 20% asam asetat dan 4% gas H_2 . Methanogenesis merupakan fase akhir dari

pembentukan biogas. Reaksi pada tahap ini melibatkan mikroba methanogen yang sensitif terhadap oksigen. Bakteri methanogen dalam proses methanogenesis terdiri dari tiga jenis yaitu hidrogenotrofik, metilotrofik dan asetotrofik [11]. Dalam reaksi pembentukan metan, sekitar 70% metan dihasilkan oleh mikroba asetrotrofik, sedangkan sisanya sebanyak 70% diproduksi oleh mikroba hidrogenotrofik [12]. Kadar gas metan yang dihasilkan oleh bioreaktor dipengaruhi oleh pertumbuhan mikroba sebagai agen produksi biogas. Parameter-parameter yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba diantaranya adalah pH, temperatur, rasio C/N, Hydraulic Retention Time (HRT), dan desain reaktor [13]. Pada negara tropis, HRT bervariasi antara 30-50 hari tergantung pada kondisi cuaca [14].

2.1.2 Proses Pembentukan Biogas

Pada prinsipnya, biogas terbentuk melalui beberapa proses yang berlangsung dalam ruang yang anaerob atau tanpa oksigen. Mekanisme pembentukan biogas secara umum [17].

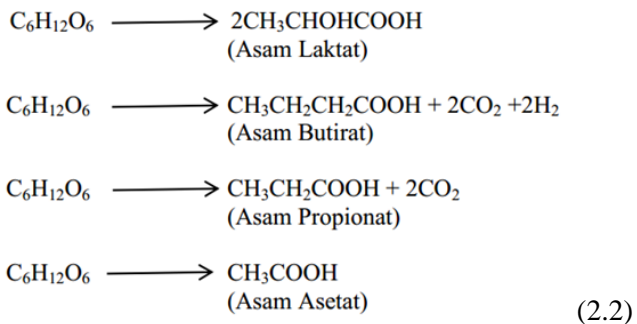


2.1.2.1 Hidrolisis

Pada tahap hidrolisis terjadi pemecahan polimer menjadi polimer yang lebih sederhana oleh enzim dan dibantu dengan air. Enzim tersebut dihasilkan oleh bakteri yang terdapat dari bahan-bahan organik. Senyawa yang dihasilkan dari proses ini diantaranya asam organik, glukosa, etanol, CO₂, dan senyawa hidrokarbon lainnya. Senyawa ini akan dimanfaatkan mikroorganisme sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas fermentasi [17].

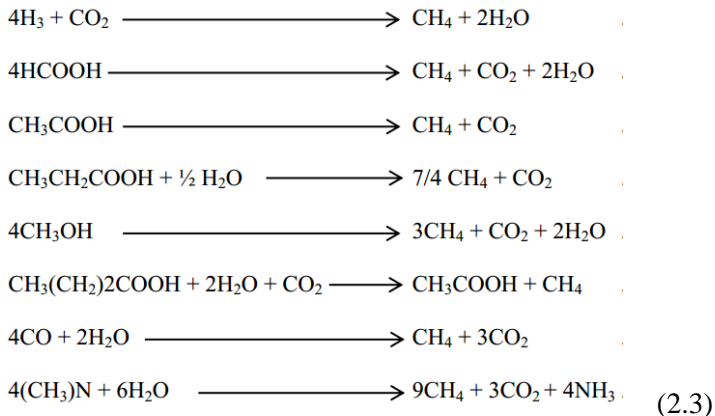
2.1.2.2 Pengasaman (Asidifikasi)

Pada tahap pengasaman, bakteri merubah polimer sederhana hasil hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen (H₂) dan karbondioksida (CO₂). Untuk merubah menjadi asam asetat, bakteri membutuhkan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen terlarut yang terdapat dalam larutan. Asam asetat sangat penting dalam proses selanjutnya, digunakan oleh mikroorganismenya untuk pembentukan metan [17].



2.1.2.3 Metanogenesis

Ketika Pada tahap ini senyawa dengan berat molekul rendah didekomposisi oleh bakteri metanogenik menjadi senyawa dengan berta molekul tinggi [16].



2.2 Parameter Operasional Bioreaktor Anaerob

Produksi biogas dipengaruhi beberapa operasional operasional bioreaktor. Oksigen merupakan faktor dasar yang menentukan pertumbuhan dan aktivitas proses anaerob. Biasanya diukur menggunakan parameter laju perpindahan oksigen (OTR: Oxygen Transfer Rate). Apabila senyawa dalam substrat tidak mengandung oksigen, maka kebutuhan oksigen akan menjadi lebih besar.

Komposisi substrat pada kotoran sapi, terutama jenis makanan yang diberikan pada sapi juga mempengaruhi produksi biogas, karena substrat adalah media pertumbuhan yang digunakan untuk aktivitas mikroorganisme anaerob, sehingga sangat berpengaruh pada laju pertumbuhan.

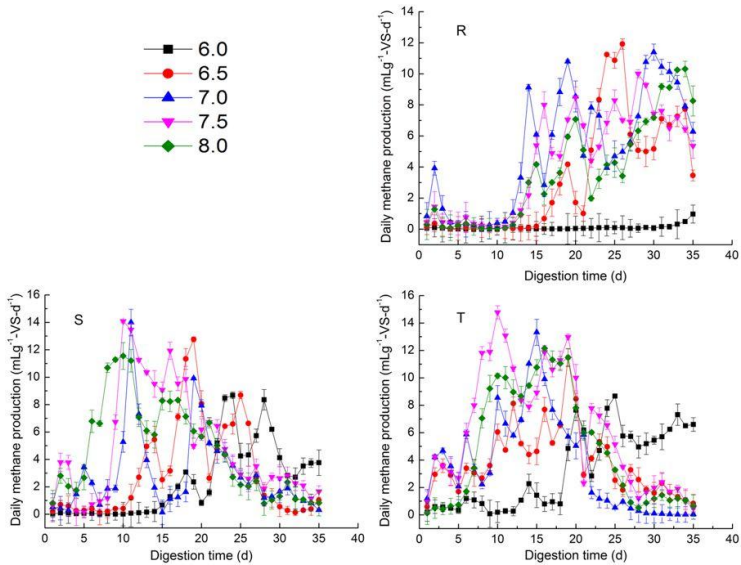
Temperatur lingkungan mempengaruhi reaksi biokatalisis. Biokatalis mempunyai temperatur optimal yang spesifik. Dengan demikian laju pertumbuhan mikroorganisme dan pembentukan produk hasil reaksi biokatalisis umumnya tergantung pada temperatur. Pada bioreaktor, temperatur dikendalikan dengan mekanisme tertentu agar produksi biogas berlangsung optimal.

Parameter selanjutnya yang mempengaruhi aktivitas biokatalis adalah. Kecepatan reaksi enzimatik (biokatalisis)

dan laju pertumbuhan terbaik pada pH optimal. Tingkat konsentrasi ion H^+ atau pH yang sesuai menjamin berlangsungnya bioproses secara optimal. Walaupun kadangkadangkang pH media serendah mungkin digunakan untuk mengurangi gangguan karena adanya kontaminasi oleh makhluk hidup yang lain (kontaminan). Pada penelitian ini parameter yang akan digunakan untuk menganalisa laju pertumbuhan mikroorganisme adalah temperatur dan pH bioreaktor.

2.3 Derajat Keasaman (pH)

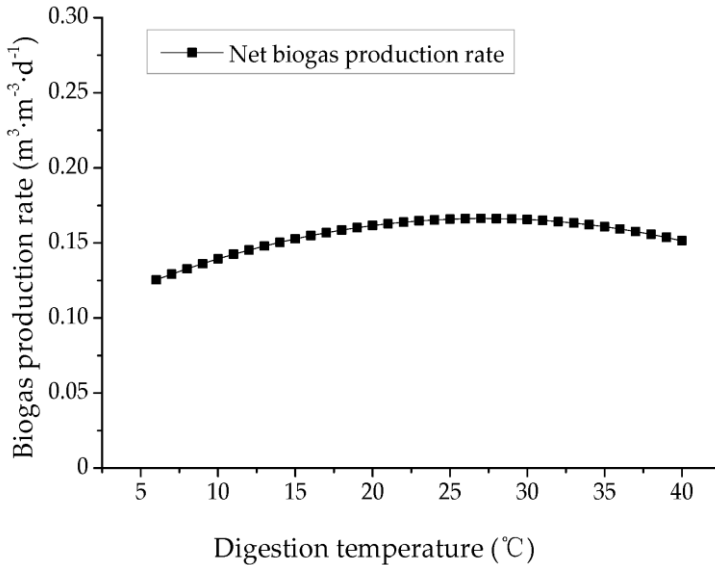
pH merupakan indikator tingkat derajat keasaman suatu larutan. Parameter kestabilan bioreaktor anaerob sangat dipengaruhi oleh besaran pH. pH yang kurang dari 5 dan lebih dari 7,4 dalam bioreaktor akan mengalami pengurasan (washout), dengan kata lain mikroorganisme akan mengalami kematian. Untuk pH 5 sampai 6,7 mikroorganisme berada pada kondisi kurang stabil pada kondisi ini mikroorganisme dapat berkembang apabila diberi penambahan substrat, bisa juga tidak tetapi hasil biogas akan kurang maksimal. Sedangkan kondisi mikroorganisme stabil berada pada pH 6,7 sampai 7,4 dimana kondisi ini mikroorganisme berada pada kondisi optimal, sehingga akan menghasilkan biogas yang optimal pula.



Gambar 2.2 Hubungan pH dan produksi biogas (Sumber : Chunlan M, at all, Process performance and methane production optimizing of anaerobic co-digestion of swine manure and corn straw, 2017)

2.4 Temperatur

Pada umumnya terdapat dua kondisi temperatur pada proses fermentasi anaerobik, yaitu pada kondisi temperatur mesofilik dan kondisi temperatur termofilik. Pada kondisi temperatur mesofilik, temperatur bekerja pada kisaran 28 – 45°C dengan kondisi temperatur optimum 35 – 45°C sedangkan pada kondisi termofilik temperatur bekerja pada kisaran 50 – 60°C. Temperatur yang optimal untuk digester di Rasio adalah temperatur 30 – 35 °C, kisaran temperatur ini merupakan kondisi terbaik untuk pertumbuhan bakteri dan produksi metana di dalam digester dengan lama proses yang pendek[18].



*Gambar 2. 3 Grafik temperatur dan volume biogas
(Sumber : Pei G, at all, Biogas Production and Heat Transfer
Performance of a Multiphase Flow Digester, 2019.)*

2.5 Produksi Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada bahan organik dimana bahan ini dapat terurai secara alami pada kondisi anaerobic. Biogas terdiri dari gas metana (CH₄) sekitar 50 – 70%, gas karbondioksida (CO₂) sekitar 30 – 40%, Hidrogen sekitar 5 – 10% [2]. Biogas memiliki berat sekitar 20% lebih ringan dibanding udara, dengan temperatur pembakaran mencapai 650 – 7500C. Biogas ini dapat dihasilkan oleh limbah cair maupun padat dari bahan organik apa saja. Kotoran hewan khususnya kotoran sapi merupakan salah satu limbah organik yang dapat menghasilkan biogas karena memiliki kadar C/N rasio sekitar 24. Untuk pengolahannya kotoran sapi memerlukan penambahan air. Penambahan air dengan kotoran

sapi berbanding 1 : 1 kotoran sapi tersebut masih segar. Jika kering maka penambahan air bisa berbanding 1 : 1,25–2. Partikel yang mengendap akan menghambat gas yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Gas yang dihasilkan oleh kotoran sapi berkisar antara 0,023 – 0,040 m³ (dihasilkan per Kg kotoran) [2]. Untuk lebih cepat menghasilkan biogas maka campuran kotoran sapi disaring terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam digester. Volume biogas merupakan hasil dari proses pembuatan ekstraksi bahan organik, dimana biogas juga berhubungan dengan pertumbuhan mikroorganisme (μ). Karena volume dihasilkan oleh bakteri penghasil biogas yang berkembang biak apabila mendapatkan nutrisi yang tercukupi. Apabila volume yang dihasilkan banyak maka terdapat pertumbuhan mikroorganisme berjalan dengan baik, begitu juga sebaliknya. Kecepatan pertumbuhan mikroorganisme pada digester bioreaktor anaerob terjadi secara eksponensial, dimana dinyatakan di dalam persamaan [6].

$$\mu x = dx/dt \quad (2.4)$$

Keterangan:

μ : laju pertumbuhan mikroorganisme

x : kerapatan mikroorganisme meningkat dengan

$$x = x^0 \times e^{\mu x} \quad (2.5)$$

Sedangkan kecepatan pertumbuhan mikroorganisme yang berpengaruh terhadap temperatur dapat diketahui dengan menggunakan hukum Gay-Lussac, yaitu volume gas pada tekanan tetap.

$$V_{t1} = V_t \left(1 + \frac{26 - t}{273} \right) \quad (2.6)$$

Keterangan:

V_{t1} : volume gas pada tekanan tetap (l)

V_t : volume gas pada temperatur tetap (l)

26 : temperatur gas tetap (0C)

t : temperatur gas terukur (0C)

2.6 Alat Ukur Temperatur

Termometer adalah alat yang dipakai untuk mengukur (temperatur), ataupun perubahan temperatur. Ukuran temperatur yang terbaca pada termometer, dinyatakan dalam satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$). Pada bidang elektronika, termokopel adalah sensor temperatur yang banyak dipakai untuk mengubah perbedaan temperatur dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (voltase). Termokopel adalah sensor temperatur yang digunakan untuk mengubah besaran panas menjadi besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis besarnya. Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat sensor ini, salah satunya dengan cara menggunakan material yang berubah hambatannya terhadap arus listrik sesuai dengan temperaturnya, yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, juga dapat mengukur temperatur di jangkauan temperatur yang patut besar dengan batas kekeliruan pengukuran kurang dari 1°C .



*Gambar 2. 4 Termometer
(Sumber: Jakartanotebook)*

2.7 Alat Ukur pH

pH meter adalah jenis alat ukur untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaan suatu cairan. Untuk mengukur pH larutan, probe dicelupkan ke dalam larutan. Probe dipasang di lengan dikenal sebagai probe lengan. Prinsip kerja utama pH meter adalah terletak pada sensor probe berupa elektrode kaca (glass electrode) dengan jalan mengukur jumlah ion H_3O^+ di dalam larutan. Ujung elektrode kaca adalah lapisan kaca setebal 0,1 mm yang berbentuk bulat (bulb). Bulb ini dipasangkan dengan silinder kaca non-konduktor atau plastik memanjang, yang selanjutnya diisi dengan larutan HCl (0,1 mol/dm³). Di dalam larutan HCl, terendam sebuah kawat elektrode panjang berbahan perak yang pada permukaannya terbentuk senyawa setimbang AgCl. Konstannya jumlah larutan HCl pada sistem ini membuat elektrode Ag/AgCl memiliki nilai potensial stabil.



Gambar 2. 5 pH meter

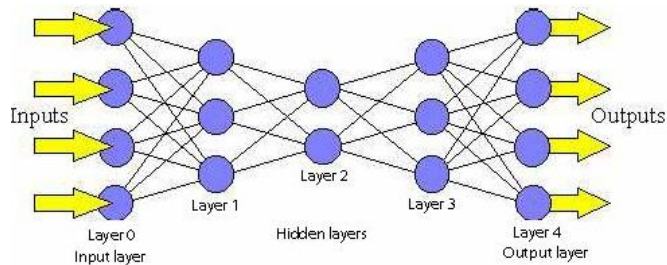
(Sumber : omega.com sensor and sensing element)

2.8 Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan sekumpulan dari algoritma, yang dimodelkan secara bebas dalam meniru otak manusia, yang di rancang untuk mengenali pola – pola. Baik pola tersebut berupa numerikal termasuk didalamnya vektor , gambar ,suara ,tulisan maupun deret waktu [23]. Jaringan syaraf tiruan tidak diprogram untuk menghasilkan keluaran tertentu. Semua keluaran atau kesimpulan yang

ditarik oleh jaringan didasarkan pengalamannya selama mengikuti proses pembelajaran. Pada proses pembelajaran, ke dalam jaringan saraf tiruan dimasukkan pola-pola masukan (dan keluaran) lalu jaringan akan diajari untuk memberikan jawaban yang bisa diterima [24]

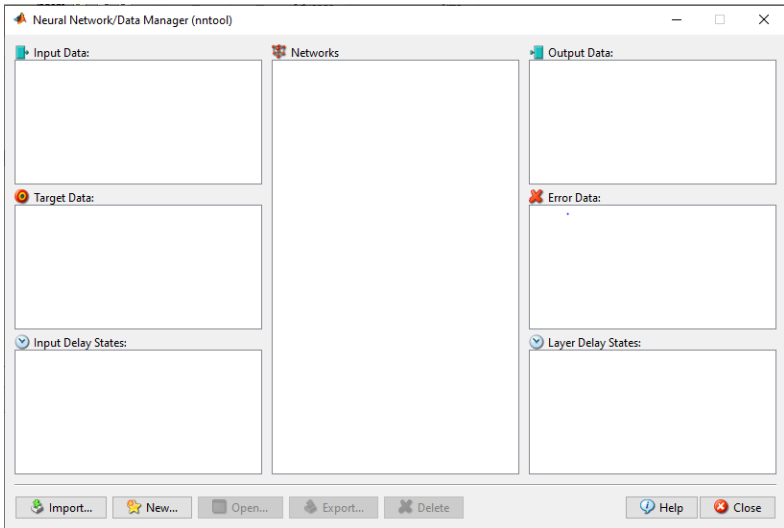
2.8.1 Arsitektur *Back Propagation*



Jaringan feed-forward memiliki beberapa karakteristik yang membedakan dengan arsitektur lainnya diantaranya:

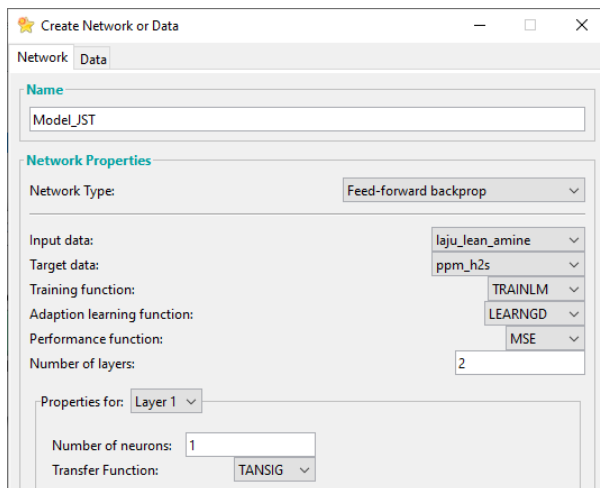
- Perceptron disusun di layer-layer dimana layer pertama menerima input dan layer terakhir mengeluarkan output. Layer tengah tidak memiliki hubungan dengan pengaruh luar, dan sebab oleh itu disebut hidden layers.
- Setiap perceptron pada satu layer terhubung dengan setiap perceptron pada layer berikutnya. Oleh karena itu informasi secara konstan diumpun maju dari lapisan ini ke lapisan berikutnya.
- Tidak ada koneksi diantara perceptron pada layer yang sama [24].

Simulasi model JST yang telah dirancang menggunakan software MATLAB R2018b , dengan menggunakan *toolbox neural network*.

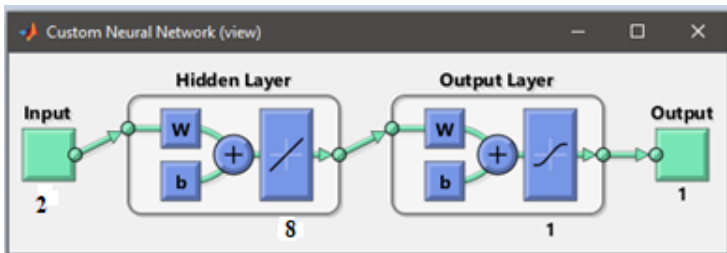


Gambar 2. 7 Toolbox data manager neural network

Data-data yang akan digunakan untuk memodelkan jaringan syaraf tiruan dimasukkan kedalam tabel sesuai gambar yang ditunjukkan pada 2.6. Data input dimasukkan kedalam kolom Input data sedangkan data output ke kolom target data. Sedangkan output data merupakan hasil keluaran setelah dilakukan simulasi menggunakan model. Error data menunjukkan selisih antara target data yang telah ditetapkan dengan output data jaringan syaraf tiruan.



Parameter – parameter yang telah ditentukan kemudian dipilih seperti dalam gambar 2.7 Network type yang digunakan adalah *backpropagation*. Input data yang telah dimasukkan sebelumnya dipilih pada kolom input data demikian juga pula target data. Algoritma pelatihan yang digunakan untuk training network adalah *Levenberg-Marquardt* . Sedangkan performa jaringan menggunakan parameter MSE. Jumlah layer dimasukkan pada kolom sebanyak 2 layer. Number of neurons menunjukkan jumlah node pada hidden layer yang diinginkan. Sedangkan fungsi aktivasi yang dipilih pada jaringan berupa TANSIG pada hidden layer dan PURELIN pada output layer.



Gambar 2. 9 Struktur Neural Network

Pada gambar 2.9 merupakan hasil rancangan struktur jaringan syaraf tiruan yang telah dibuat. Dengan urutan Struktur (*Input layer, Hidden layer, Output layer*)

2.8.2 Algoritma *Levenberg Marquart*

Algoritma *Levenberg-Marquardt* (LM) merupakan pengembangan dari algoritma *Back Propagation* (BP). Algoritma ini merupakan gabungan antara algoritma *steepest descent* dan algoritma Gauss-Newton. Dimana algoritma ini menggabungkan kecepatan dari algoritma Gauss-Newton dan stabilitas dari algoritma *steepest descent* [12].

Algoritma *Levenberg-Marquardt* terdiri dari beberapa langkah berikut untuk setiap iterasi atau epoch nya [13].

1. Parameter jaringan (bobot: w) di inialisasi.
2. *Sum square error* (S) dihitung dan dievaluasi.
3. Matriks Jacobian (J) dihitung.
4. Gradien kesalahan (J_e) dihitung.
5. Hessian diperkirakan menggunakan produk silang Jacobian ($J^T J$)
6. $(J^T J + \lambda I) \Delta = J_e$ diselesaikan untuk menemukan Δ
7. Parameter jaringan (bobot: w) disesuaikan menggunakan Δ
8. *Sum Square Error* (S) dihitung ulang menggunakan parameter jaringan (bobot: w) yang telah diperbarui.
9. Dalam kasus mengamati kenaikan nilai kuadrat jumlah kesalahan, vektor bobot perlu diubah menjadi nilai sebelumnya. λ harus ditingkatkan dan pembaruan harus dilakukan dengan kembali ke langkah 2.
10. Dalam kasus mengamati penurunan nilai penjumlahan kesalahan kuadrat, vektor bobot diadopsi dan λ harus diinjak turun.

11. Algoritma ini diulangi dari langkah 2 sesuai dengan yang baru bobot, sampai *sum square error* (S) menjadi lebih rendah dari nilai yang diinginkan.

2.8.3 Root Mean Square Error (RMSE)

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

$$x' = \frac{0.8(x-b)}{(a-b)} + 0.1 \quad (2.7)$$

dengan :

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

Dari persamaan (2.1), 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 performansi model JST dapat menggunakan metode RMSE. Metode RMSE mengukur dengan membandingkan perbedaan nilai estimasi dengan nilai aktual. Dari RMSE, dapat diketahui kualitas model JST apakah layak atau tidak. Semakin kecil nilai RMSE semakin baik karena *error* yang dihasilkan hanya sedikit. Model yang bagus memiliki nilai RMSE mendekati nol. Persamaan RMSE dapat dilihat pada persamaan di bawah ini [16] [19]

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.8)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2.9)$$

dengan:

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

Untuk membandingkan nilai RMSE pada data yang berbeda ukuran [20], maka dapat dilakukan dengan menormalisasi RMSE yang dikenal sebagai *normalized* RMSE (nRMSE). Persamaan untuk menghitung nilai nRMSE yaitu

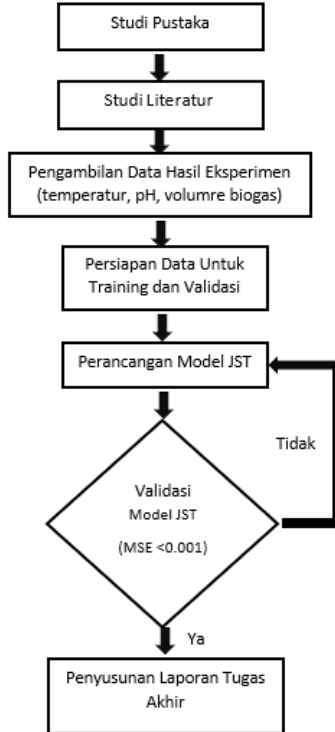
$$nRMSE = \frac{RMSE}{y_{max} - y_{min}} \times 100 \% \quad (2.10)$$

dengan:

y_{max} = data maksimum aktual
 y_{min} = data minimum aktual

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

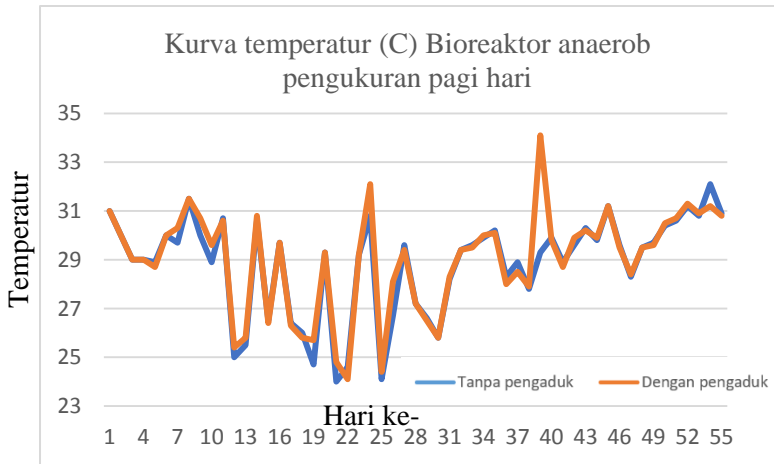


Gambar 3. 1 Alur Pengerjaan Tugas Akhir

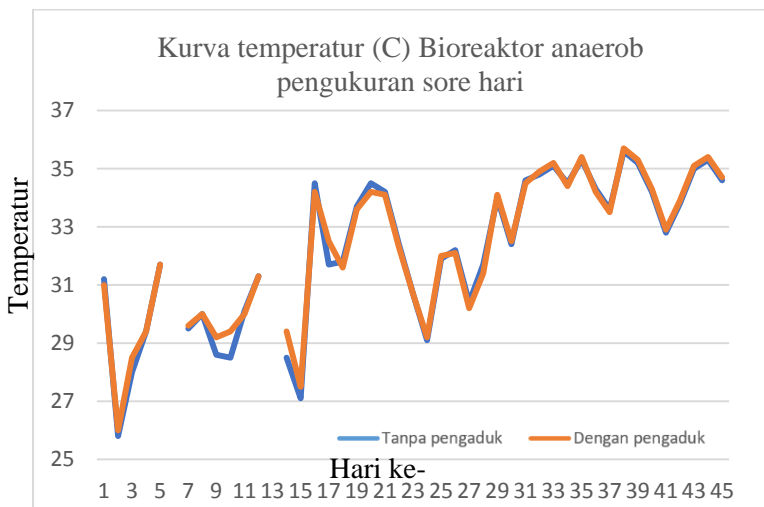
3.1 Pengumpulan Data Hasil Eksperimen

Pengumpulan data yang dibutuhkan pada penelitian ini berupa temperatur, pH, serta volume biogas yang diukur pada 2 jenis bioreaktor anaerob dengan pengaduk dan tanpa

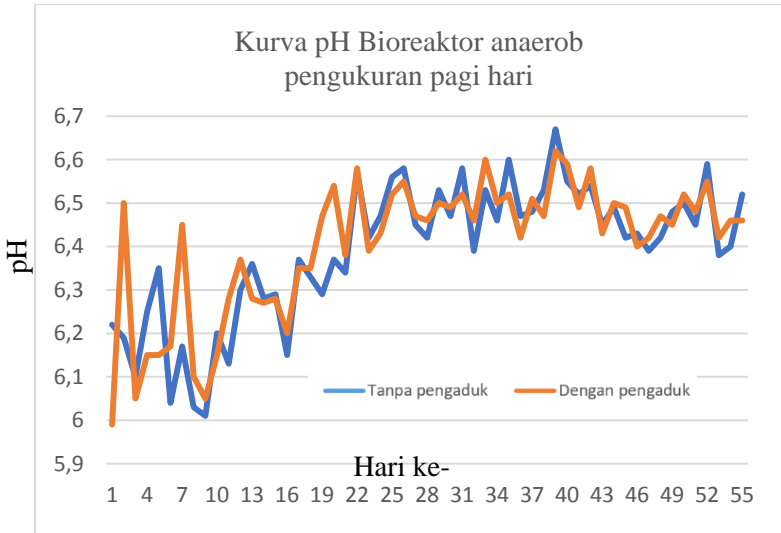
pengaduk. Dimana data – data tersebut diambil pada dua zona waktu berbeda yaitu pagi dan sore hari. Data diambil setiap hari selama 55 hari sehingga didapatkan 110 pasang data.



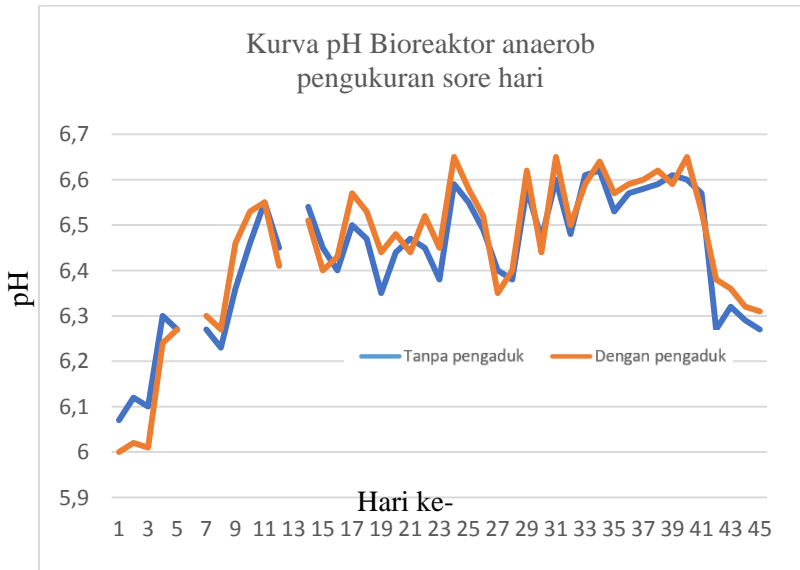
Gambar 3. 2 Grafik temperatur bioreaktor anaerob pagi hari



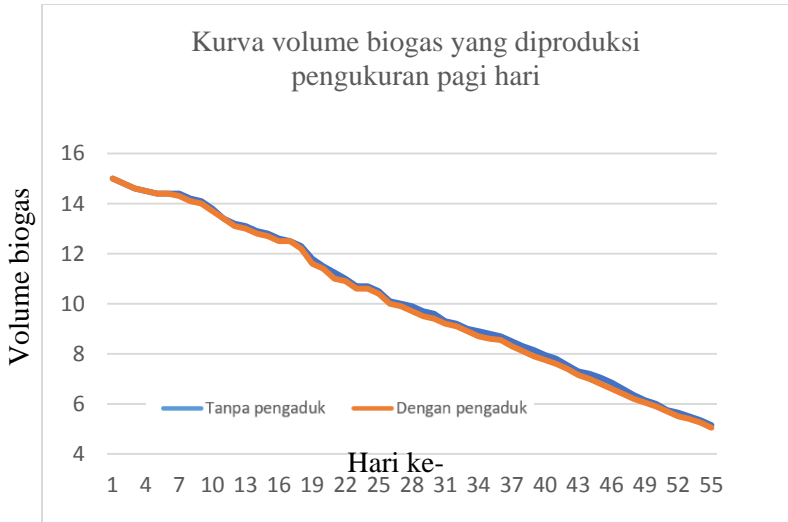
Gambar 3. 3 Grafik temperatur bioreaktor anaerob sore hari



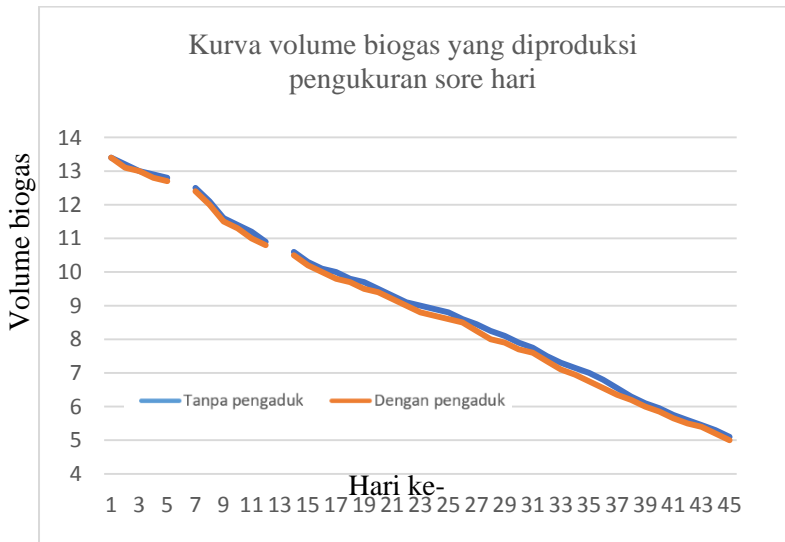
Gambar 3. 4 Grafik pH bioreaktor anaerob pagi hari



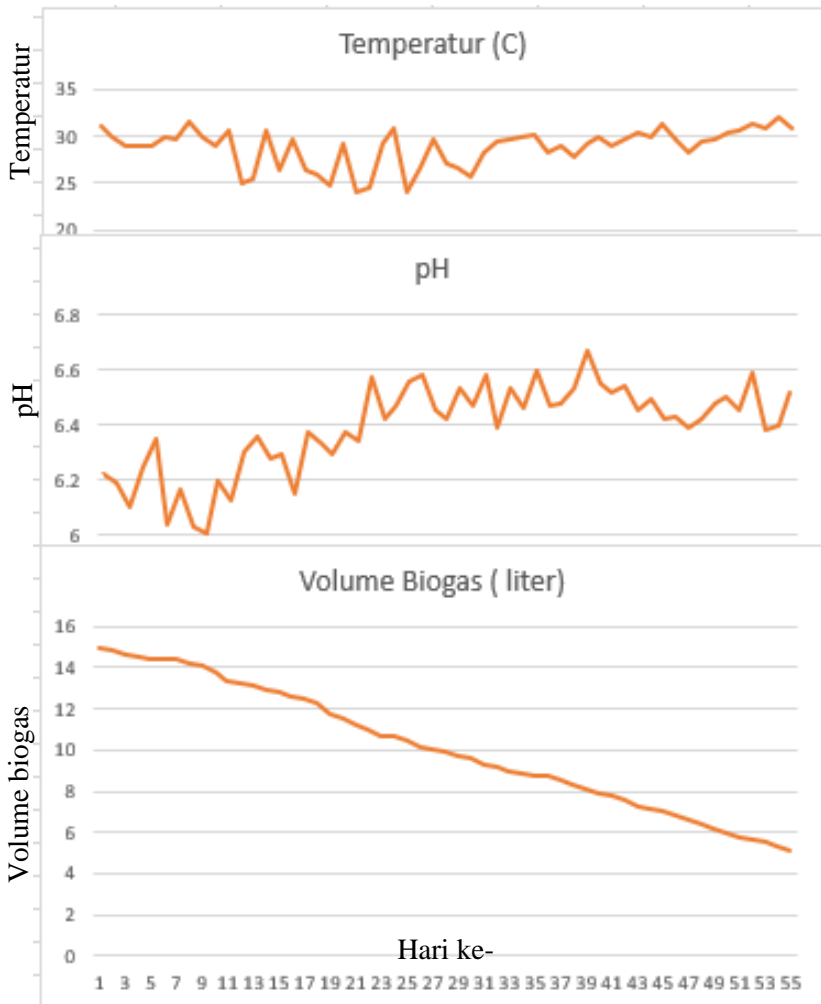
Gambar 3. 5 Grafik pH bioreaktor anaerob sore hari



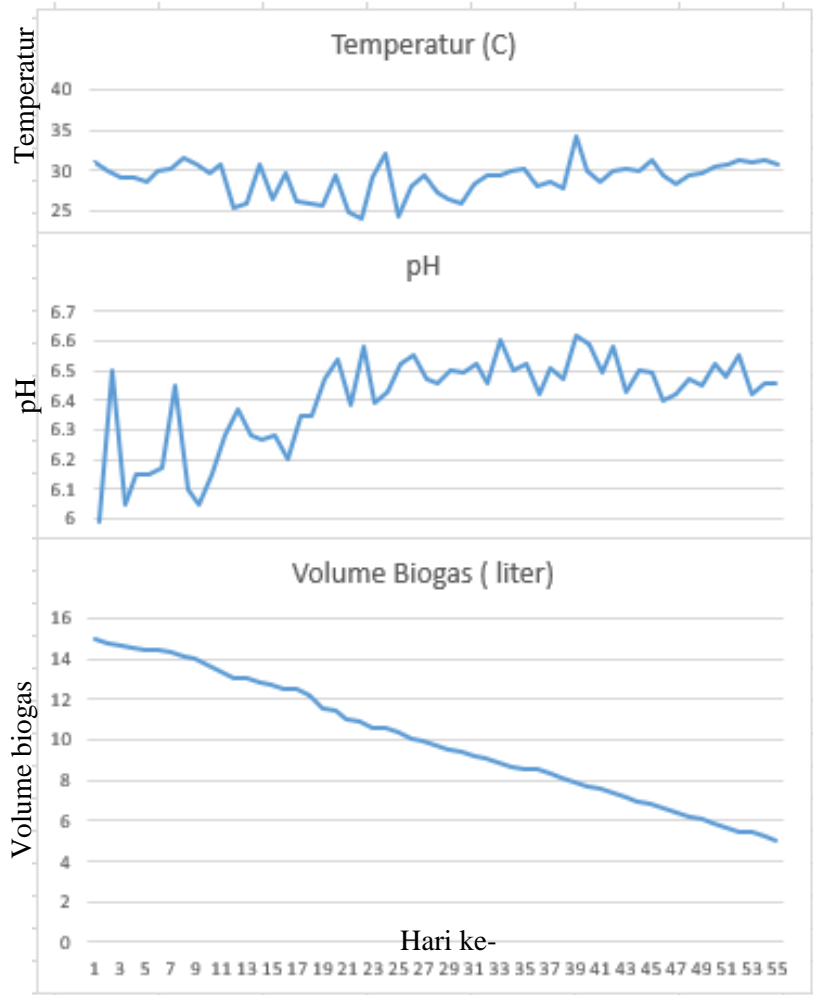
Gambar 3. 6 Grafik volume biogas pagi hari



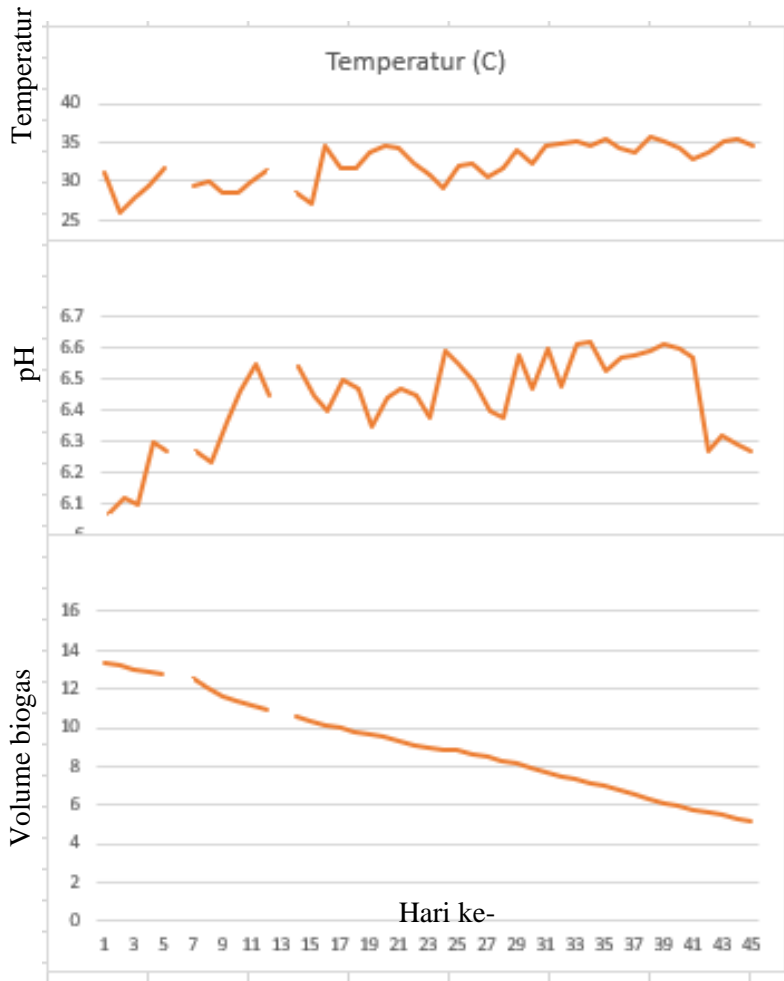
Gambar 3. 7 Grafik volume biogas sore hari



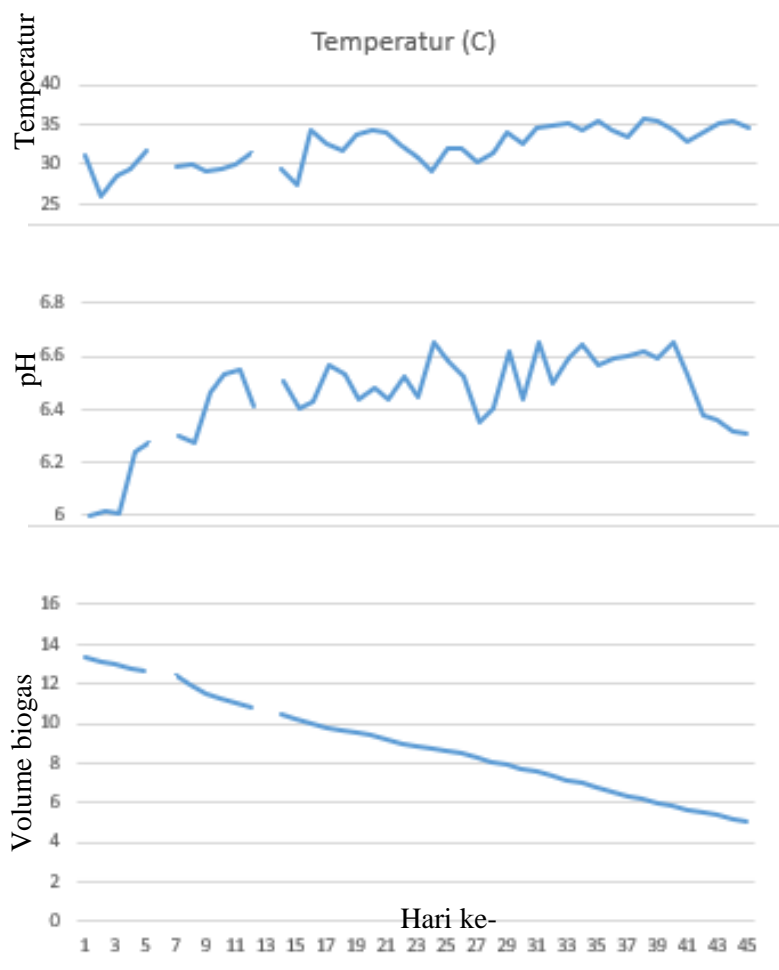
Gambar 3. 8 Hubungan pH, temperatur dan volume biogas pada bioreaktor anaerob tanpa pengaduk pagi hari



Gambar 3. 9 Hubungan pH, temperatur dan volume biogas pada bioreaktor anaerob dengan pengaduk pagi hari



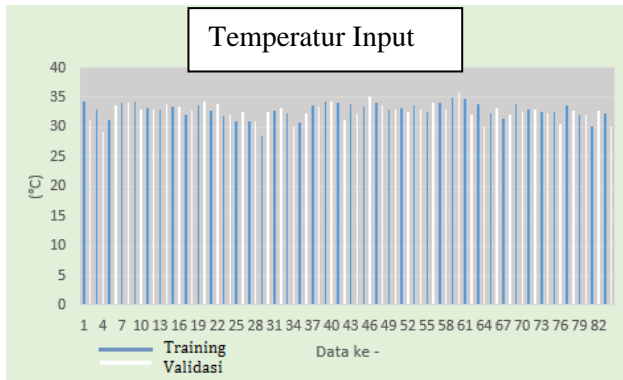
Gambar 3. 10 Hubungan pH, temperatur dan volume biogas pada bioreaktor anaerob tanpa pengaduk sore hari



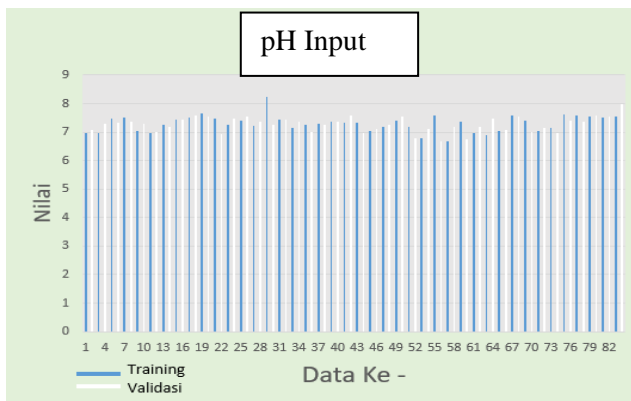
Gambar 3. 11 Hubungan pH, temperatur dan volume biogas pada bioreaktor anaerob dengan pengaduk sore hari

3.2 Persiapan Data Untuk *Training* dan *Validasi*

Data yang didapat akan dipergunakan untuk *training* dan *validasi* pemodelan JST. Total data yang didapat adalah 110 pasang data selama 55 hari, dari total data tersebut dibagi untuk *training* dan *validasi* (50: 50) seperti yang ditunjukkan gambar di bawah



Gambar 3. 12 Pembagian data temperatur input untuk *training* dan *validasi*



Gambar 3. 13 Pembagian data pH input untuk *training* dan *validasi*

Berdasarkan gambar 3.12 dan 3.13 di atas dapat ditunjukkan data *training* (warna biru) dan validasi (warna putih). Pembagian data *training* dan validasi tersebut masing-masing akan diperoleh sama dengan jumlah data. Pembagian data dilakukan agar JST lebih terlatih terhadap masukkan data yang berbeda.

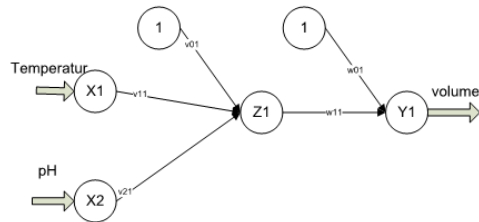
3.3 Perancangan Model Jst

Pemodelan JST pada Bioreaktor Anaerob didasarkan pasangan data input dan output untuk JST sebagai “blackbox” [5]. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB dengan menentukan terlebih dahulu parameter simulasi seperti tabel 3.1 Parameter model JST berikut,

Tabel 3. 2 Parameter Model JST

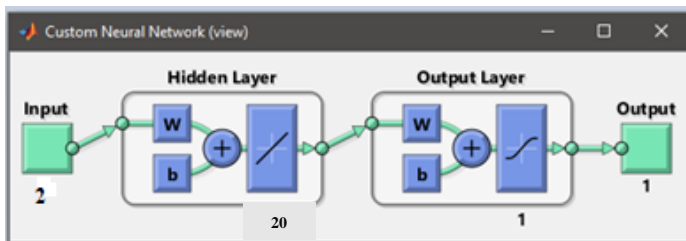
No	Parameter	Keterangan
1	Arsitektur	<i>backpropagation</i>
2	Algoritma pelatihan	Levenberg-Marquardt
3	Jumlah <i>hidden layer</i>	1 (Var. 20 <i>hidden node</i>)
4	Epoch maksimum	250
5	Fungsi aktivasi	Tangen sigmoid, linier

Hasil pelatihan berdasarkan parameter model tabel 3.1 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 3.14 berikut,



Gambar 3. 14 Arsitektur JST pada keluaran volume

Berdasarkan gambar 3.14 ditunjukkan pemodelan JST terbaik pada bioreaktor anaerob memiliki struktur 2-20-1 yaitu 2 input, 20 *hidden node*, dan 1 output. Sehingga akan tampil seperti yang ditunjukkan gambar 3.15 pemodelan tersebut akan dipergunakan untuk menguji data validasi pada *bioreaktor anaerob*.



Gambar 3. 15 Arsitektur JST pada keluaran Volume

Dari gambar 3.13 ditunjukkan struktur JST yang dirancang dengan terdapat 4 input pada *input layer*, 20 *hidden node* pada *hidden layer* dan 1 output pada *output layer*.

3.4 Validasi Model JST

Pemodelan Bioreaktor Anaerob berbasis jaringan syaraf tiruan yang sudah dirancang, divalidasi menggunakan *software* Matlab. Validasi model JST dilakukan dengan data

yang belum pernah dilatih sebelumnya. Dari total data, dibagi masing-masing untuk *training* dan validasi.

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

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

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

filename = 'simulasi1.xlsx';
sheet = 4;
xlRange = 'W5:W46';

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

Gambar 3. 16 Script Koding MATLAB

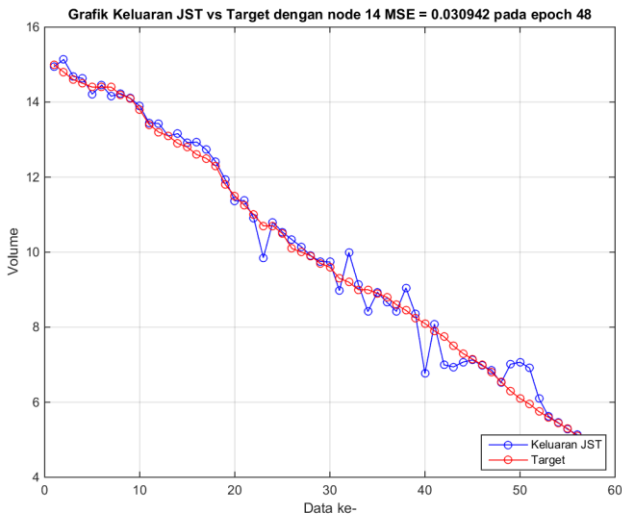
Model JST yang didapatkan akan divalidasi menggunakan data validasi bioreaktor anaerob sehingga didapatkan keluaran JST hasil validasi. Hasil validasi didapatkan dengan mensimulasikan script koding MATLAB yang ditunjukkan gambar 3.16 di atas.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pelatihan JST

4.1.1 Bioreaktor Tanpa Pengaduk

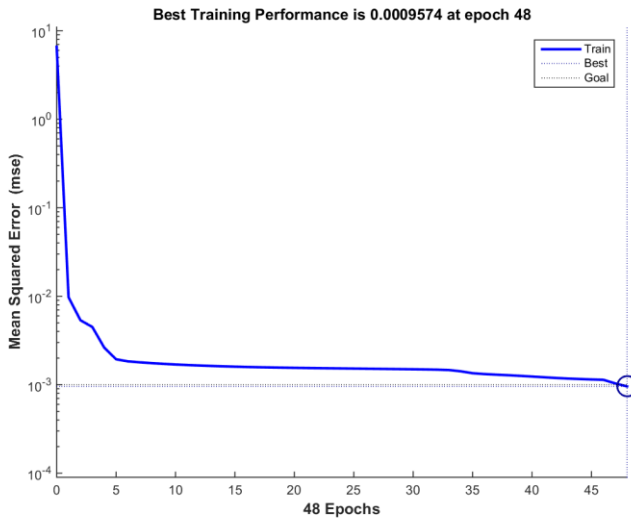
Training dilakukan dengan variasi 20 *hidden node* untuk mendapatkan model JST terbaik mempergunakan *software* Matlab *neural network toolbox* (nntrain tool). Nntarintool performansi pelatihan terbaik pada node 14 terdapat pada epoch ke 48 yang mana pada epoch ini target error sudah tercapai, dengan kondisi tersebut dihasilkan grafik respon perbandingan nilai target terhadap keluaran JST untuk parameter keluaran volume biogas. Grafik tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 4.2 berikut,



Gambar 4. 1 Hasil training keluaran JST terhadap Target bioreaktor anaerob tanpa pengaduk

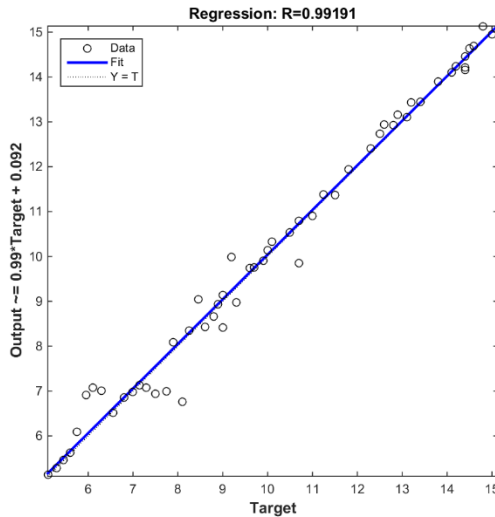
Berdasarkan gambar 4.2 ditunjukkan perbandingan nilai target volume output biogas tanpa pengaduk terhadap nilai volume

keluaran JST bahwa JST telah menghasilkan nilai keluaran volume biogas yang mendekati nilai target, dengan error MSE normalisasi 0.030942. Gambar 4.3 merupakan grafik yang menunjukkan nilai MSE yang dicapai 0.0009574 pada epoch 48 dibandingkan dengan nilai *goal* yang ditentukan pada proses *training* Matlab.



Gambar 4. 2 Error MSE pada JST dengan 20 Hidden Node

Pada gambar 4.4, juga diperlihatkan hasil regresi pada struktur JST setelah dilatih



Gambar 4. 3 Hasil Regresi JST bioreaktor tanpa pengaduk

Dari gambar 4.4 terlihat bahwa nilai R setelah uji regresi mendapatkan nilai 0.99191, yang mana menunjukkan bahwa struktur JST yang dibuat telah dapat mengikuti keluaran bioreaktor anaerob. Dikarenakan nilai R yang mendekati nilai 1, maka dapat dikatakan model JST yang telah dirancang mampu melakukan estimasi dengan sangat baik.

Pelatihan data untuk pemodelan bioreaktor tanpa pengaduk 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 4.1 dibawah ini

Tabel 4. 1 Hasil Training Model JST Tanpa Pengaduk

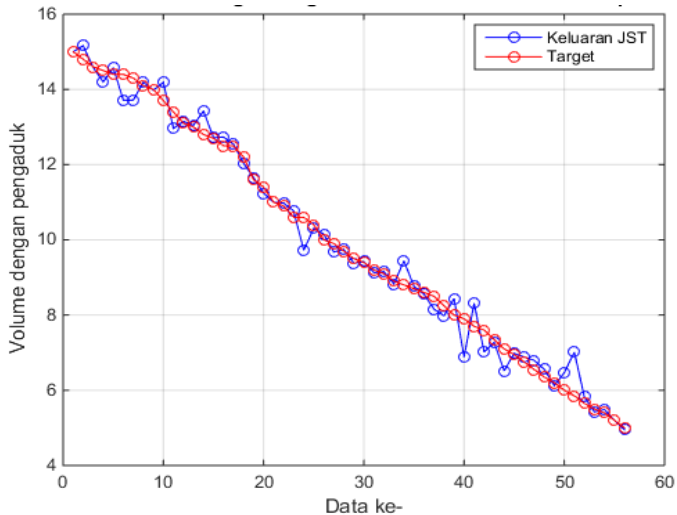
No	Hidden Node	MSE	RMSE
1	1	1.8998	1.3783
2	2	1.2745	1.1289
3	3	0.7855	0.8863

4	4	0.6423	0.8014
5	5	0.402	0.634
6	6	0.2693	0.5189
7	7	0.3897	0.6243
8	8	0.2444	0.4944
9	9	0.2105	0.4588
10	10	0.1512	0.3889
11	11	0.1946	0.4411
12	12	0.153	0.3912
13	13	0.1527	0.3908
14	14	0.1466	0.3829
15	15	0.1514	0.3891
16	16	0.1503	0.3876
17	17	0.1514	0.3891
18	18	0.1471	0.3836
19	19	0.1499	0.3872
20	20	0.1528	0.3909

Berdasarkan tabel 4.1, ditunjukkan bahwa nilai error MSE yang terbaik dari seluruh variasi *hidden node* adalah 14 dengan nilai 0.1466. Nilai tersebut kemudian didapatkan RMSE nya dengan nilai 0.3829.

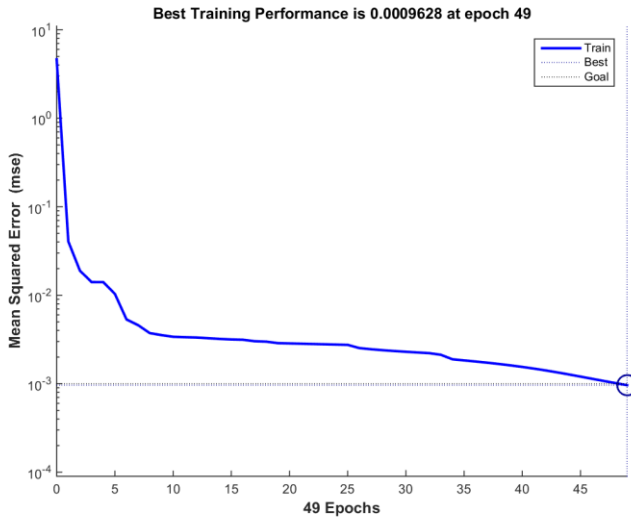
4.1.2 Bioreaktor Dengan Pengaduk

Berdasarkan Nntarintool peformansi pelatihan terbaik pada node 16 terdapat pada epoch ke 49 yang mana pada epoch ini target error sudah tercapai, dengan kondisi tersebut dihasilkan grafik respon perbandingan nilai target terhadap keluaran JST untuk parameter keluaran volume biogas. Grafik tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut,



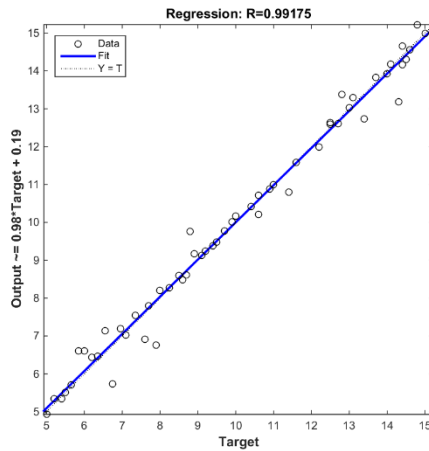
Gambar 4. 4 Hasil training keluaran JST terhadap Target bioreaktor anaerob dengan pengaduk

Berdasarkan gambar 4.6 ditunjukkan perbandingan nilai target volume output biogas tanpa pengaduk terhadap nilai volume keluaran JST bahwa JST telah menghasilkan nilai keluaran volume biogas yang mendekati nilai target, dengan error MSE normalisasi 0.00086504 dan denormalisasi 0.1352 untuk *training* yang selesai pada epoch 49. Gambar 4.7 merupakan grafik yang menunjukkan nilai MSE yang dicapai 0.00086504 pada epoch 49 dibandingkan dengan nilai *goal* yang ditentukan pada proses *training* Matlab.



Gambar 4. 5 Error MSE pada JST dengan 16 Hidden Node

Pada gambar 4.8, juga diperlihatkan hasil regresi pada struktur JST setelah dilatih



Gambar 4. 6 Hasil Regresi JST bioreaktor dengan pengaduk

Dari gambar 4.8 terlihat bahwa nilai R setelah uji regresi mendapatkan nilai 0.99175, yang mana menunjukkan bahwa struktur JST yang dibuat telah dapat mengikuti keluaran bioreaktor anaerob dengan. Dikarenakan nilai R yang mendekati nilai 1, maka dapat dikatakan model JST yang telah dirancang mampu melakukan estimasi dengan sangat baik.

Pelatihan data untuk pemodelan bioreaktor dengan pengaduk 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 4.2 dibawah ini

Tabel 4. 2 Hasil Training Model JST Dengan Pengaduk

No	Hidden Node	MSE	RMSE
1	1	2.7748	1.6658
2	2	1.8111	1.3458
3	3	1.2491	1.1176
4	4	1.3766	1.1733
5	5	1.151	1.0729
6	6	0.7518	0.8671
7	7	0.8096	0.8998
8	8	0.4895	0.6996
9	9	0.1907	0.4367
10	10	0.2047	0.4525
11	11	0.156	0.395
12	12	0.2262	0.4756
13	13	0.4437	0.6661
14	14	0.1584	0.398
15	15	0.1555	0.3944
16	16	0.1557	0.3946
17	17	0.1545	0.3931
18	18	0.1562	0.3952
19	19	0.1508	0.3883

20	20	0.1377	0.3711
----	----	--------	--------

Berdasarkan tabel 4.2, ditunjukkan bahwa nilai error MSE yang terbaik dari seluruh variasi *hidden node* adalah 16 dengan nilai 0.1352. Nilai tersebut kemudian didapatkan RMSE nya dengan nilai 0.3676.

4.2 Validasi JST

4.2.1 Bioreaktor Tanpa Pengaduk

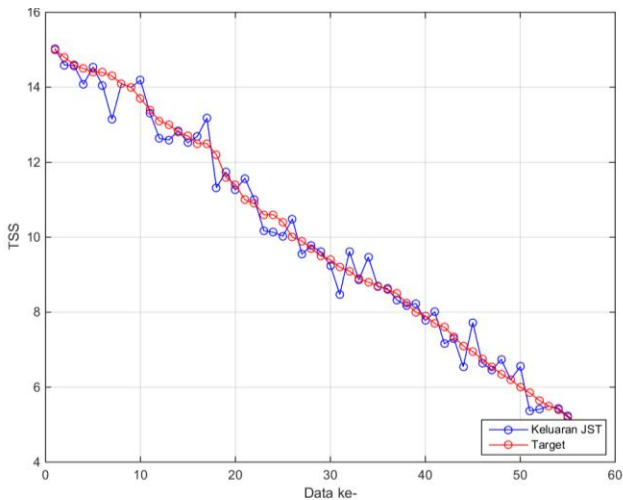
Setelah dilakukan *training* JST, validasi dilakukan dan didapat hasil pada tabel 4.3 berikut,

Tabel 4. 3 Hasil Validasi Model JST Tanpa Pengaduk

No.	Hidden Node	MSE	RMSE
1	1	3.358056	1.8325
2	2	4.566342	2.1369
3	3	4.09172	2.0228
4	4	4.770293	2.1841
5	5	747.8147	27.3462
6	6	5.171076	2.274
7	7	79.50932	8.9168
8	8	202.234	14.2209
9	9	6.111773	2.4722
10	10	9.038441	3.0064
11	11	6.006911	2.4509
12	12	5.506532	2.3466
13	13	10.20355	3.1943
14	14	29.77776	5.4569
15	15	14.073	3.7514

16	16	6.108312	2.4715
17	17	10.6074	3.2569
18	18	7.918596	2.814
19	19	6.37613	2.5251
20	20	6.368557	2.5236

Setelah dilakukan validasi didapatkan RMSE pada tabel 4.3 dan dapat diketahui ternyata *hidden node* yang terbaik pertama dengan nilai RMSE terkecil 1.83. Grafik perbandingan nilai keluaran JST dengan target asli hasil uji validasi ditunjukkan gambar 4.5 berikut,



Gambar 4. 7 Hasil validasi Model JST tanpa pengaduk

Model JST yang dihasilkan diuji validasi, dan pada gambar 4.9 ditunjukkan perbandingannya, dengan nilai target asli. Telah didapatkan MSE normalisasi 0.00094423.

Model JST yang telah didapatkan dipergunakan untuk mendapatkan nilai volume tanpa pengaduk baru ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 Hasil Uji JST Data 1 – 55 Tanpa Pengaduk

Data ke	Keluaran JST	Target	Error	Error ²
1	12.47603474	15	2.523965	6.370401
2	13.19197209	14.8	1.608028	2.585754
3	13.49641419	14.6	1.103586	1.217902
4	13.10419262	14.5	1.395807	1.948278
5	11.86557916	14.4	2.534421	6.423289
6	13.5045236	14.4	0.895476	0.801878
7	13.33400468	14.4	1.065995	1.136346
8	13.45677537	14.2	0.743225	0.552383
9	13.51614866	14.1	0.583851	0.340882
10	13.35342098	13.8	0.446579	0.199433
11	13.41491316	13.4	-0.01491	0.000222
12	13.52946852	13.2	-0.32947	0.10855
13	13.51638643	13	-0.51639	0.266655
14	12.36337981	12.9	0.53662	0.287961
15	10.74450262	12.8	2.055497	4.225069
16	13.38938706	12.6	-0.78939	0.623132
17	12.71603898	12.5	-0.21604	0.046673
18	12.90042471	12.1	-0.80042	0.64068
19	11.93882005	11.6	-0.33882	0.114799
20	9.570007132	11.4	1.829993	3.348874
21	7.381123897	11.2	3.818876	14.58381

22	7.644806348	10.9	3.255194	10.59629
23	11.30976908	11	-0.30977	0.095957
24	8.024654256	10.6	2.575346	6.632406
25	11.46411224	10.3	-1.16411	1.355157
26	7.241060974	10.1	2.858939	8.173532
27	7.303824383	10	2.696176	7.269363
28	7.392787333	9.8	2.407213	5.794673
29	7.578252174	9.7	2.121748	4.501814
30	7.186559993	9.5	2.31344	5.352005
31	7.172659701	9.3	2.12734	4.525577
32	7.363832325	9.1	1.736168	3.014278
33	7.622941441	9	1.377059	1.89629
34	8.257046332	8.9	0.642954	0.413389
35	7.232548209	8.8	1.567452	2.456905
36	9.546917664	8.7	-0.84692	0.71727
37	8.704717221	8.5	-0.20472	0.041909
38	8.703525986	8.3	-0.40353	0.162833
39	7.192742095	8.15	0.957258	0.916343
40	7.420535401	7.95	0.529465	0.280333
41	8.048526702	7.8	-0.24853	0.061766
42	7.552086974	7.55	-0.00209	4.36E-06
43	8.136263756	7.3	-0.83626	0.699337
44	7.915044876	7.2	-0.71504	0.511289
45	7.130841231	7.15	0.019159	0.000367
46	7.992065179	7.05	-0.94207	0.887487
47	9.09189793	6.85	-2.2419	5.026106
48	11.59065626	6.6	-4.99066	24.90665
49	9.435768127	6.35	-3.08577	9.521965
50	8.097856852	6.15	-1.94786	3.794146

51	7.576994686	6	-1.57699	2.486912
52	7.958305518	5.75	-2.20831	4.876613
53	7.186385405	5.65	-1.53639	2.36048
54	8.991881703	5.5	-3.49188	12.19324
55	7.763811742	5.35	-2.41381	5.826487
56	7.356751255	5.15	-2.20675	4.869751
Jumlah Error ²				188.0419
MSE				3.357891
RMSE				1.832455

Berdasarkan tabel 4.3 dan tabel 4.4 dapat ditunjukkan nilai volume tnapa pengaduk baru keluaran JST. Model JST yang telah dibuat telah mampu mengikuti target keluaran walaupun masih besar nilai *error* nya. 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 data yang digunakan pada pelatihan terlalu akurat, sehingga pada pelatihan mampu menghasilkan *error* yang kecil tetapi saat diberikan data selain data pelatihan tidak bisa menghasilkan *error* yang kecil. Hal ini dibuktikan dari nilai RMSE yang dihasilkan dari pengujian lebih besar dari pelatihan.

4.2.1 Bioreaktor Dengan Pengaduk

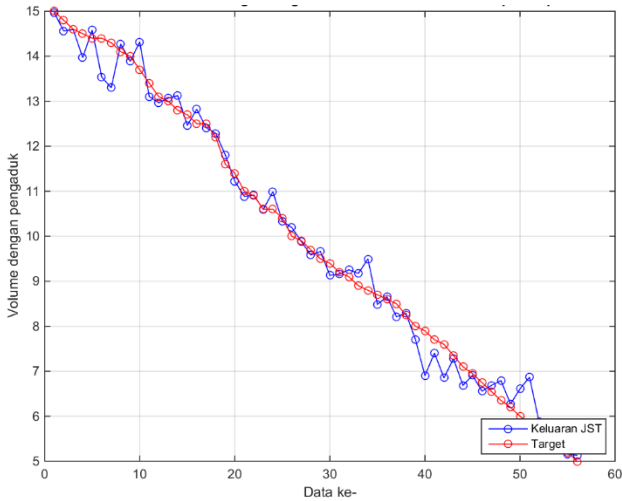
Setelah dilakukan *training* JST, validasi dilakukan dan didapat hasil pada tabel 4.3 berikut,

Tabel 4. 5 Hasil Validasi Model JST Dengan Pengaduk

No	Hidden Node	MSE	RMSE
1	1	5.0386781	2.2447
2	2	6.3872453	2.5273

3	3	6.2875563	2.5075
4	4	7.6496496	2.7658
5	5	8.130482	2.8514
6	6	807.41791	28.4151
7	7	1300.0207	36.0558
8	8	11.988214	3.4624
9	9	1465.2206	38.2782
10	10	14.529057	3.8117
11	11	21.200499	4.6044
12	12	19.618698	4.4293
13	13	12.205241	3.4936
14	14	27.324665	5.2273
15	15	49.519369	7.037
16	16	19.978218	4.4697
17	17	15.690313	3.9611
18	18	35.851354	5.9876
19	19	24.188691	4.9182
20	20	112.9969	10.63

Setelah dilakukan validasi didapatkan RMSE pada tabel 4.3 dan dapat diketahui ternyata *hidden node* yang terbaik pertama dengan nilai RMSE terkecil 2.2447. Grafik perbandingan nilai keluaran JST dengan target asli hasil uji validasi ditunjukkan gambar 4.5 berikut,



Gambar 4. 8 Hasil validasi Model JST dengan pengaduk

Model JST yang dihasilkan diuji validasi, dan pada gambar 4.10 ditunjukkan perbandingannya, dengan nilai target asli. Telah didapatkan MSE normalisasi 0.00088134.

Model JST yang telah didapatkan dipergunakan untuk mendapatkan nilai volume tanpa pengaduk baru ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 6 Hasil Uji JST Data 1 – 55 Dengan Pengaduk

Data ke	Keluaran JST	Target	Error	Error ²
1	14.47165435	15	0.528346	0.279149
2	8.917730715	14.8	5.882269	34.60109
3	14.78869786	14.6	-0.1887	0.035607
4	13.65117567	14.5	0.848824	0.720503
5	13.81099887	14.4	0.589001	0.346922

6	12.85549347	14.4	1.544507	2.3855
7	9.29434382	14.3	5.005656	25.05659
8	12.8946569	14.1	1.205343	1.452852
9	13.93883223	14	0.061168	0.003741
10	13.32589932	13.7	0.374101	0.139951
11	14.35995918	13.4	-0.95996	0.921522
12	16.29241237	13.1	-3.19241	10.1915
13	15.41801279	13	-2.41801	5.846786
14	12.30815059	12.8	0.491849	0.241916
15	10.64084056	12.7	2.059159	4.240138
16	12.64596735	12.5	-0.14597	0.021306
17	11.43196147	12.4	0.968039	0.937099
18	11.58593579	12	0.414064	0.171449
19	9.720105029	11.5	1.779895	3.168026
20	8.885451559	11.3	2.414548	5.830044
21	8.441867031	11	2.558133	6.544044
22	9.245933188	10.8	1.554067	2.415124
23	10.53728278	10.6	0.062717	0.003933
24	9.08714425	10.5	1.412856	1.996161
25	11.35161189	10.2	-1.15161	1.32621
26	7.874346563	10	2.125653	4.518403
27	7.410083766	9.8	2.389916	5.7117
28	8.001126476	9.7	1.698874	2.886171
29	8.007837551	9.5	1.492162	2.226549
30	7.506427538	9.4	1.893572	3.585617
31	7.831328848	9.2	1.368671	1.873261
32	7.83330218	9	1.166698	1.361184
33	8.197924799	8.9	0.702075	0.49291

34	8.917730715	8.7	-0.21773	0.047407
35	8.679289249	8.6	-0.07929	0.006287
36	10.82418761	8.55	-2.27419	5.171929
37	9.512238408	8.3	-1.21224	1.469522
38	10.27344617	8.1	-2.17345	4.723868
39	6.723296883	7.9	1.176703	1.38463
40	8.169175436	7.75	-0.41918	0.175708
41	9.634197193	7.6	-2.0342	4.137958
42	8.216476453	7.4	-0.81648	0.666634
43	9.558265571	7.15	-2.40827	5.799743
44	8.96234336	7	-1.96234	3.850791
45	8.501117716	6.8	-1.70112	2.893801
46	10.25760031	6.6	-3.6576	13.37804
47	10.60599945	6.4	-4.206	17.69043
48	9.462324889	6.2	-3.26232	10.64276
49	6.420391237	6.2	-0.22039	0.048572
50	9.632779015	6.05	-3.58278	12.83631
51	8.51224528	5.9	-2.61225	6.823825
52	8.807112387	5.7	-3.10711	9.654147
53	7.947822798	5.5	-2.44782	5.991836
54	9.328836865	5.4	-3.92884	15.43576
55	8.784759871	5.25	-3.53476	12.49453
56	8.961058767	5.05	-3.91106	15.29638
Jumlah Error ²				282.1538
MSE				5.038461
RMSE				2.244652

Berdasarkan tabel 4.5 dan tabel 4.6 dapat ditunjukkan nilai volume dengan pengaduk baru keluaran JST. Model JST yang

telah dibuat telah mampu mengikuti target keluaran walaupun nilai *error* masih lebih besar dibanding dengan nilai pelatihan. Masih terdapat data yang menyimpang cukup tinggi. 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 data yang digunakan pada pelatihan terlalu akurat, sehingga pada pelatihan mampu menghasilkan *error* yang kecil tetapi saat diberikan data selain data pelatihan tidak bisa menghasilkan *error* yang kecil. Hal ini dibuktikan dari nilai RMSE yang dihasilkan dari pengujian lebih besar dari pelatihan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan dari tugas akhir ini.

1. Dari tugas akhir ini dapat diketahui bahwa produksi biogas dipengaruhi oleh dua parameter, yaitu temperatur bioreaktor dan pH *bioslurry*.
2. Data yang dipersiapkan untuk mentraining, dan memvalidasi JST didapat hasil (tanpa pengaduk) untuk pelatihan nilai MSE 0.00094 pada node 14 epoch 48, dan (dengan pengaduk) nilai MSE 0.00088 pada node 16 epoch 49.
3. Telah dilakukan perancangan model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk estimasi volume biogas sebagai fungsi temperatur dan pH dengan jumlah *node* terbaik sebanyak 2 *node* masukan (temperatur dan pH) , 20 *hidden node*, dan 1 *node* keluaran, yakni volume biogas.

5.2 Saran

Dari tugas akhir ini terdapat saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya,

1. Pengukuran temperatur, volume, dan pH lebih baik jika dilakukan tidak hanya pada dua bioreaktor, sehingga didapat variasi nilai parameter yang lebih bervariasi.
2. Pengukuran akan lebih baik jika ditambah dua zona waktu lagi, yaitu pada siang hari jam 12.00 WIB dan malam hari jam 00.00 sehingga ada data di temperatur terendah dan tertinggi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Deublein, A. Steinhauser, *Biogas from Waste and Renewable Resources: an Introduction*, Wiley-VCH, Weinheim, 2008, p. 10.
- [2] P. Weiland, *Biogas production: current state and perspectives*, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 85 (2010).
- [3] C. Visvanathan, A. Abeynayaka, *Developments and future potentials of anaerobic membrane bioreactors (AnMBRs)*, *Membr. Water Treat.* 3 (1) (2012) 1e23.
- [4] I. Angelidaki, L. Ellegaard, B.K. Ahring, *A mathematical model for dynamic simulation of anaerobic digestion of complex substrates: focusing on ammonia inhibition*, *Biotechnol. Bioeng.* 42 (1993) 159e166.
- [5] Anggakara. P., Sudarno, dan I.W. Wardhana. 2013. Pengaruh Pengenceran dan Pengadukan Terhadap Produksi Biogas Pada Limbah Industri Kecil Pengasapan Ikan Dengan Menggunakan Ekstrak Rumen Sapi Sebagai Starter. Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan* 2(3): 1-7.
- [6] Bousková A, Dohányos M, Schmidt JE, Angelidaki I. Strategies for changing temperature from mesophilic to thermophilic conditions in anaerobic CSTR reactors treating sewage sludge. *Water Res* 2005;39:1481–8.
- [7] Y. Dawei, L. Jibao, *Formation and characteristics of ternary pH buffer system for in-situ biogas upgrading in two-phase anaerobic membrane bioreactor treating starch wastewater* (2017).
- [8] S. Aminatus, H. Ridho, *Analisis Produktivitas Reaktor Biogas Tipe Kubah Tetap [Fixed Dome] Menggunakan Model Matematis Monod Type Kinetic* (2018).

- [9] Weiland, Biogas From Jakarta Crop Digestion. IEA Bioenergy. Impressum vol. 31, pp. 87-97, 2008.
- [10] S. Karellas, Development of an investment decision tool for biogas production from agricultural waste. Renewable and Sustainable Jakarta Reviews 14, 2010 : 1273–1282
- [11] S. Strevett, A. Keith. Chemo-autotrophic biogas purification for methane enrichment: mechanism and kinetics. The Chemical Engineering Journal, 1995 ; 58 : 71-79.
- [12] S. Mulato, Biogas. Lecture handout : Technology of Renewable Jakarta. Institute of Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya (2013).
- [13] M. Krishania, Analysis of different techniques used for improvement of biomethanation process : A review. Fuel 106, 2013 : 1–9.
- [14] H Singh, R. Maheshwari. Indian advances in biogas technology – review of work done under aicrp on res. Biogas, Forum 1995 ; 60 (I) :4–16.
- [15] S. Gholamifard, Modeling anaerobic bioreactor landfills in methanogenic phase: Long term and short term behaviors. Water research 42, 2008 : 5061–5071.
- [16] D. Deublein, A. Steinhauser, Biogas from Waste and Renewable Resource. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA. Weinheim. 443 hlm (2013).
- [17] Suyitno. 2010. Teknologi Biogas. Jakarta: Graha ilmu
- [18] Trisno Saputra et al. “Produksi Biogas dari Campuran Feses Sapi dan Ampas Tebu dengan Rasio C/N”. Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada. 2010
- [19] S. Khavita et al. “Combined thermo chemo sonic disintegration of waste activated sludge for biogas production”.

- [20] Wahyuni, Sri. “Biogas”.Penebar Swadaya. Jakarta. 2009
- [21] Castalen GW. 1982. Physics Chemistry. Third Edition. New York : General Graphic Service
- [22] Nicholson, C. (2014). *Skymind*. (Skymind Inc.) Dipetik Maret Jumat, 2019, dari <https://skymind.ai/wiki/neural-network#define>
- [23] Puspitaningrum, D. (2006). *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta: Andi.

LAMPIRAN

PENGUKURAN PAGI HARI						
	Tanpa pengaduk			Dengan pengaduk		
No	T	pH	Vol	T	pH	Vol
1	31	6.22	15	31	5.99	15
2	30	6.19	14.8	30	6.5	14.8
3	29	6.1	14.6	29	6.05	14.6
4	29	6.25	14.5	29	6.15	14.5
5	28.9	6.35	14.4	28.7	6.15	14.4
6	30	6.04	14.4	30	6.17	14.4
7	29.7	6.17	14.4	30.3	6.45	14.3
8	31.5	6.03	14.2	31.5	6.1	14.1
9	30	6.01	14.1	30.7	6.05	14
10	28.9	6.2	13.8	29.6	6.15	13.7
11	30.7	6.13	13.4	30.6	6.28	13.4
12	25	6.3	13.2	25.4	6.37	13.1
13	25.5	6.36	13.1	25.8	6.28	13
14	30.6	6.28	12.9	30.8	6.27	12.8
15	26.5	6.29	12.8	26.4	6.28	12.7
16	29.7	6.15	12.6	29.7	6.2	12.5
17	26.4	6.37	12.5	26.3	6.35	12.5
18	26	6.33	12.3	25.8	6.35	12.2
19	24.7	6.29	11.8	25.7	6.47	11.6
20	29.3	6.37	11.5	29.3	6.54	11.4
21	24	6.34	11.25	24.8	6.38	11
22	24.6	6.57	11	24.1	6.58	10.9

23	29.2	6.42	10.7	29.2	6.39	10.6
24	30.8	6.47	10.7	32.1	6.43	10.6
25	24.1	6.56	10.5	24.4	6.52	10.4
26	26.7	6.58	10.1	28.1	6.55	10
27	29.6	6.45	10	29.4	6.47	9.9
28	27.2	6.42	9.9	27.2	6.46	9.7
29	26.6	6.53	9.7	26.5	6.5	9.5
30	25.8	6.47	9.6	25.8	6.49	9.4
31	28.2	6.58	9.3	28.3	6.52	9.2
32	29.4	6.39	9.2	29.4	6.46	9.1
33	29.6	6.53	9	29.5	6.6	8.9
34	29.9	6.46	8.9	30	6.5	8.7
35	30.2	6.6	8.8	30.1	6.52	8.6
36	28.3	6.47	8.7	28	6.42	8.55
37	28.9	6.48	8.5	28.5	6.51	8.3
38	27.8	6.53	8.3	27.9	6.47	8.1
39	29.3	6.67	8.15	34.1	6.62	7.9
40	29.9	6.55	7.95	29.8	6.59	7.75
41	28.9	6.52	7.8	28.7	6.49	7.6
42	29.6	6.54	7.55	29.9	6.58	7.4
43	30.3	6.45	7.3	30.2	6.43	7.15
44	29.8	6.49	7.2	29.9	6.5	7
45	31.2	6.42	7.05	31.2	6.49	6.8
46	29.6	6.43	6.85	29.5	6.4	6.6
47	28.3	6.39	6.6	28.4	6.42	6.4
48	29.5	6.42	6.35	29.5	6.47	6.2
49	29.7	6.48	6.15	29.6	6.45	6.05
50	30.4	6.5	6	30.5	6.52	5.9
51	30.6	6.45	5.75	30.7	6.48	5.7

52	31.2	6.59	5.65	31.3	6.55	5.5
53	30.8	6.38	5.5	30.9	6.42	5.4
54	32.1	6.4	5.35	31.2	6.46	5.25
55	30.9	6.52	5.15	30.8	6.46	5.05

PENGUKURAN SORE HARI						
No	Tanpa pengaduk			Dengan pengaduk		
	T	pH	Vol	T	pH	Vol
1	31.2	6.07	13.4	31	6	13.4
2	25.8	6.12	13.2	26	6.02	13.1
3	28	6.1	13	28.5	6.01	13
4	29.4	6.3	12.9	29.4	6.24	12.8
5	31.7	6.27	12.8	31.7	6.27	12.7
6	31.7	6.27	12.8	31.7	6.27	12.7
7	29.5	6.27	12.5	29.6	6.3	12.4
8	30	6.23	12.1	30	6.27	12
9	28.6	6.36	11.6	29.2	6.46	11.5
10	28.5	6.46	11.4	29.4	6.53	11.3
11	31.2	6.07	13.4	31	6	13.4
12	25.8	6.12	13.2	26	6.02	13.1
13	28	6.1	13	28.5	6.01	13
14	29.4	6.3	12.9	29.4	6.24	12.8
15	31.7	6.27	12.8	31.7	6.27	12.7
16	31.7	6.27	12.8	31.7	6.27	12.7
17	29.5	6.27	12.5	29.6	6.3	12.4
18	30	6.23	12.1	30	6.27	12
19	28.6	6.36	11.6	29.2	6.46	11.5
20	28.5	6.46	11.4	29.4	6.53	11.3
21	30.1	6.55	11.2	30	6.55	11

22	31.3	6.45	10.9	31.3	6.41	10.8
23	31.3	6.45	10.9	31.3	6.41	10.8
24	28.5	6.54	10.6	29.4	6.51	10.5
25	27.1	6.45	10.3	27.5	6.4	10.2
26	34.5	6.4	10.1	34.2	6.43	10
27	31.7	6.5	10	32.5	6.57	9.8
28	31.8	6.47	9.8	31.6	6.53	9.7
29	33.7	6.35	9.7	33.6	6.44	9.5
30	34.5	6.44	9.5	34.2	6.48	9.4
31	34.2	6.47	9.3	34.1	6.44	9.2
32	32.4	6.45	9.1	32.3	6.52	9
33	30.7	6.38	9	30.7	6.45	8.8
34	29.1	6.59	8.9	29.2	6.65	8.7
35	31.9	6.55	8.8	32	6.58	8.6
36	32.2	6.49	8.6	32.1	6.52	8.5
37	30.4	6.4	8.45	30.2	6.35	8.25
38	31.7	6.38	8.25	31.4	6.4	8
39	34	6.58	8.1	34.1	6.62	7.9
40	32.4	6.47	7.9	32.5	6.44	7.7
41	34.6	6.6	7.75	34.5	6.65	7.6
42	34.8	6.48	7.5	34.9	6.5	7.35
43	35.1	6.61	7.3	35.2	6.59	7.1
44	34.5	6.62	7.15	34.4	6.64	6.95
45	35.3	6.53	7	35.4	6.57	6.75
46	34.3	6.57	6.8	34.2	6.59	6.55
47	33.6	6.58	6.55	33.5	6.6	6.35
48	35.6	6.59	6.3	35.7	6.62	6.2
49	35.2	6.61	6.1	35.3	6.59	6
50	34.2	6.6	5.95	34.3	6.65	5.85

51	32.8	6.57	5.75	32.9	6.53	5.65
52	33.8	6.27	5.6	33.9	6.38	5.5
53	35	6.32	5.45	35.1	6.36	5.4
54	35.3	6.29	5.3	35.4	6.32	5.2
55	34.6	6.27	5.1	34.7	6.31	5

HASIL PENGUKURAN BIOREAKTOR							
Dengan pengaduk (Normalisasi)							
Data Training				Data Validasi			
No	Temp	pH	Vol	No	Temp	pH	Vol
1	0.5759	0.1	0.9	1	0.78304	0.88066	0.78657
2	0.5069	0.7182	0.884	2	0.78772	0.88912	0.77463
3	0.4379	0.1727	0.868	3	0.80175	0.89154	0.75672
4	0.4379	0.2939	0.86	4	0.83216	0.87462	0.74478
5	0.4172	0.2939	0.852	5	0.83216	0.87462	0.74478
6	0.5069	0.3182	0.852	6	0.78772	0.88671	0.72687
7	0.5276	0.6576	0.844	7	0.74327	0.87341	0.70896
8	0.6103	0.2333	0.828	8	0.9	0.87704	0.69701
9	0.5552	0.1727	0.82	9	0.86023	0.89396	0.68507
10	0.4793	0.2939	0.796	10	0.83918	0.88912	0.6791
11	0.5483	0.4515	0.772	11	0.82515	0.82508	0.9
12	0.1897	0.5606	0.748	12	0.70819	0.82749	0.88209
13	0.2172	0.4515	0.74	13	0.76667	0.82628	0.87612
14	0.5621	0.4394	0.724	14	0.78772	0.85408	0.86418
15	0.2586	0.4515	0.716	15	0.84152	0.8577	0.85821
16	0.4862	0.3545	0.7	16	0.84152	0.8577	0.85821
17	0.2517	0.5364	0.7	17	0.7924	0.86133	0.8403

18	0.2172	0.5364	0.676	18	0.80175	0.8577	0.81642
19	0.2103	0.6818	0.628	19	0.78304	0.88066	0.78657
20	0.4586	0.7667	0.612	20	0.78772	0.88912	0.77463
21	0.1483	0.5727	0.58	21	0.80175	0.89154	0.75672
22	0.1	0.8152	0.572	22	0.83216	0.87462	0.74478
23	0.4517	0.5848	0.548	23	0.83216	0.87462	0.74478
24	0.6517	0.6333	0.548	24	0.78772	0.88671	0.72687
25	0.1207	0.7424	0.532	25	0.74327	0.87341	0.70896
26	0.3759	0.7788	0.5	26	0.9	0.87704	0.69701
27	0.4655	0.6818	0.492	27	0.86023	0.89396	0.68507
28	0.3138	0.6697	0.476	28	0.83918	0.88912	0.6791
29	0.2655	0.7182	0.46	29	0.88596	0.87825	0.66716
30	0.2172	0.7061	0.452	30	0.9	0.88308	0.66119
31	0.3897	0.7424	0.436	31	0.89766	0.87825	0.64925
32	0.4655	0.6697	0.428	32	0.85556	0.88792	0.63731
33	0.4724	0.8394	0.412	33	0.85556	0.88792	0.63731
34	0.5552	0.6576	0.404	34	0.80175	0.8855	0.6194
35	0.4517	0.9	0.396	35	0.80409	0.88792	0.61343
36	0.6448	0.8152	0.388	36	0.75497	0.87583	0.61045
37	0.6517	0.7424	0.38	37	0.76667	0.88671	0.59552
38	0.5207	0.5364	0.36	38	0.75263	0.88187	0.58358
39	0.6034	0.597	0.34	39	0.89766	0.9	0.57164
40	0.7897	0.8636	0.332	40	0.79708	0.89637	0.56269
41	0.6793	0.6455	0.316	41	0.77135	0.88429	0.55373
42	0.8172	0.9	0.308	42	0.79942	0.89517	0.54179
43	0.8448	0.7182	0.288	43	0.80643	0.87704	0.52687
44	0.8655	0.8273	0.268	44	0.79942	0.8855	0.51791
45	0.8103	0.8879	0.256	45	0.82982	0.88429	0.50597
46	0.8793	0.803	0.24	46	0.79006	0.87341	0.49403

47	0.7966	0.8273	0.224	47	0.76433	0.87583	0.48209
48	0.7483	0.8394	0.208	48	0.79006	0.88187	0.47015
49	0.9	0.8636	0.196	49	0.7924	0.87946	0.46119
50	0.8724	0.8273	0.18	50	0.81345	0.88792	0.45224
51	0.8034	0.9	0.168	51	0.81813	0.88308	0.4403
52	0.7069	0.7545	0.152	52	0.83216	0.89154	0.42836
53	0.7759	0.5727	0.14	53	0.82281	0.87583	0.42239
54	0.8586	0.5485	0.132	54	0.82982	0.88066	0.41343
55	0.8793	0.5	0.116	55	0.82047	0.88066	0.40149
56	0.831	0.4879	0.1				

HASIL PENGUKURAN BIOREAKTOR

Tanpa pengaduk (Normalisasi)

Data Training				Data Validasi			
No	Temp	pH	Vol	No	Temp	pH	Vol
1	0.796629	0.846027	0.9	1	0.7404	0.8844	0.6653
2	0.774157	0.842429	0.889333	2	0.709	0.8736	0.6493
3	0.751685	0.831634	0.878667	3	0.8753	0.8676	0.6387
4	0.751685	0.849625	0.873333	4	0.8124	0.8796	0.6333
5	0.749438	0.861619	0.868	5	0.8146	0.876	0.6227
6	0.774157	0.824438	0.868	6	0.8573	0.8616	0.6173
7	0.767416	0.84003	0.868	7	0.8753	0.8724	0.6067
8	0.807865	0.823238	0.857333	8	0.8685	0.876	0.596
9	0.774157	0.82084	0.852	9	0.8281	0.8736	0.5853
10	0.749438	0.843628	0.836	10	0.7404	0.8844	0.6653
11	0.789888	0.835232	0.814667	11	0.8011	0.828	0.8147
12	0.661798	0.855622	0.804	12	0.6798	0.834	0.804
13	0.673034	0.862819	0.798667	13	0.7292	0.8316	0.7933

14	0.78764	0.853223	0.788	14	0.7607	0.8556	0.788
15	0.695506	0.854423	0.782667	15	0.8124	0.852	0.7827
16	0.767416	0.837631	0.772	16	0.8124	0.852	0.7827
17	0.693258	0.864018	0.766667	17	0.7629	0.852	0.7667
18	0.68427	0.85922	0.756	18	0.7742	0.8472	0.7453
19	0.655056	0.854423	0.729333	19	0.7427	0.8628	0.7187
20	0.758427	0.864018	0.713333	20	0.7404	0.8748	0.708
21	0.639326	0.86042	0.7	21	0.7764	0.8856	0.6973
22	0.652809	0.888006	0.686667	22	0.8034	0.8736	0.6813
23	0.75618	0.870015	0.670667	23	0.8034	0.8736	0.6813
24	0.792135	0.876012	0.670667	24	0.7404	0.8844	0.6653
25	0.641573	0.886807	0.66	25	0.709	0.8736	0.6493
26	0.7	0.889205	0.638667	26	0.8753	0.8676	0.6387
27	0.765169	0.873613	0.633333	27	0.8124	0.8796	0.6333
28	0.711236	0.870015	0.628	28	0.8146	0.876	0.6227
29	0.697753	0.883208	0.617333	29	0.8573	0.8616	0.6173
30	0.679775	0.876012	0.612	30	0.8753	0.8724	0.6067
31	0.733708	0.889205	0.596	31	0.8685	0.876	0.596
32	0.760674	0.866417	0.590667	32	0.8281	0.8736	0.5853
33	0.765169	0.883208	0.58	33	0.8281	0.8736	0.5853
34	0.789888	0.865217	0.58	34	0.7719	0.8748	0.5747
35	0.753933	0.890405	0.574667	35	0.7787	0.8916	0.5693
36	0.816854	0.885607	0.569333	36	0.736	0.876	0.564
37	0.823596	0.878411	0.558667	37	0.7494	0.8772	0.5533
38	0.783146	0.867616	0.550667	38	0.7247	0.8832	0.5427
39	0.81236	0.865217	0.54	39	0.7584	0.9	0.5347
40	0.864045	0.889205	0.532	40	0.7719	0.8856	0.524
41	0.82809	0.876012	0.521333	41	0.7494	0.882	0.516
42	0.877528	0.891604	0.513333	42	0.7652	0.8844	0.5027

43	0.882022	0.877211	0.5	43	0.7809	0.8736	0.4893
44	0.888764	0.892804	0.489333	44	0.7697	0.8784	0.484
45	0.875281	0.894003	0.481333	45	0.8753	0.894	0.4813
46	0.893258	0.883208	0.473333	46	0.8011	0.87	0.476
47	0.870787	0.888006	0.462667	47	0.7652	0.8712	0.4653
48	0.855056	0.889205	0.449333	48	0.736	0.8664	0.452
49	0.9	0.890405	0.436	49	0.7629	0.87	0.4387
50	0.891011	0.892804	0.425333	50	0.7674	0.8772	0.428
51	0.868539	0.891604	0.417333	51	0.7831	0.8796	0.42
52	0.837079	0.888006	0.406667	52	0.7876	0.8736	0.4067
53	0.859551	0.852024	0.398667	53	0.8011	0.8904	0.4013
54	0.886517	0.858021	0.390667	54	0.7921	0.8652	0.3933
55	0.893258	0.854423	0.382667	55	0.8213	0.8676	0.3853
56	0.877528	0.852024	0.372	56	0.7944	0.882	0.3747

Training Script Code

```

clc;clear;close all;warning off;

% Proses membaca data latih dari excel
filename = 'volumetp.xls';
sheet = 5;
xlRange = 'M68:O123';

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

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

```

```

    % Memberikan nilai untuk mempengaruhi
    proses pelatihan
    net.performFcn = 'mse';
    net.trainParam.goal =
0.001; %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_hidde
n','bobot_keluaran','bias_hidden','bias_kelua
ran');
    else
        if(error_RMSE<RMSE_best)
            RMSE_best=error_RMSE;
            node_best=jumlahnode;
            save('netbest.mat','net_keluaran'
);

```

```

        save('bobotbiasbest.mat', 'bobot_h
idden', 'bobot_keluaran', 'bias_hidden', 'bias_k
eluaran');
    end
end
    filename=sprintf('net%d.mat',
jumlahnode);
    save(filename, 'net_keluaran');

    % Hasil prediksi
    hasil_latih =
sim(net_keluaran, data_latih);
    max_data = 15;
    min_data = 5.1;
    hasil_latih = ((hasil_latih-
0.1)*(max_data-min_data)/0.8)+min_data;

    % Performansi hasil prediksi
    filename = 'volumetp.xls';
    sheet = 5;
    xlRange = '09:064';

    target_latih_asli = xlsread(filename,
sheet, xlRange);

    figure,
    plotregression(target_latih_asli, hasil_la
tih, '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,'bo-')
hold on
plot(target_latih_asli,'ro-')
hold off
grid on
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs
Target dengan node ',num2str(jumlahnode), '
MSE = ',num2str(error_RMSE), ' pada epoch
',num2str(jumlah_iterasi)]))
xlabel('Data ke-')
ylabel('Volume')
legend('Keluaran
JST','Target','Location','Best')

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

errorbaru=target_latih_asli'-hasil_latih;
MSE = (1/n)*sum(errorbaru.^2)
RMSE = sqrt(MSE)

end
node_best

```

Validation Script Code

```

clc;clear;

% load jaringan yang sudah dibuat pada proses
pelatihan
load net1.mat

```

```

% Proses membaca data uji dari excel
filename = 'volumetp.xls';
sheet = 5;
xlRange = 'U68:W123';

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

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

max_data = 15;
min_data = 5.1;
hasil_uji = ((hasil_uji-0.1)*(max_data-
min_data)/0.8)+min_data;

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

filename = 'volumetp.xls';
sheet = 5;
xlRange = 'W9:W64';

target_uji_asli = xlsread(filename, sheet,
xlRange);

figure,
plot(hasil_uji,'bo-')
hold on
plot(target_uji_asli,'ro-')
hold off
grid on
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target
dengan nilai MSE = ',...
num2str(error_RMSE)]))

```

```
xlabel('Data ke-')
ylabel('Volume tanpa pengaduk')
legend('Keluaran
JST', 'Target', 'Location', 'Best')
saveas(gcf, 'uji.png')

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

BIODATA PENULIS

Nama penulis Richardo Petricius Utoyo dilahirkan di Surabaya, 21 Maret 1998 dari ayah bernama Bambang Utoyo (Allahu yarham) dan ibu bernama Inawari Nurhayati. Saat ini penulis tinggal di Pumpungan IV/27, Kelurahan Menur Pumpungan, Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN Klampis Ngasem III pada tahun 2010, pendidikan di SMPN 1 Batu pada tahun 2013, pendidikan di SMAN 1 Batu pada tahun 2015, dan sedang menempuh pendidikan S1 Teknik Fisika FTI di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga sekarang. Pada bulan Juli 2019, penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Analisa Temperatur Serta PH Terhadap Produksi Biogas Pada Bioreaktor Anaerob**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, maupun ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini, maka dapat menghubungi penulis melalui email : richardo.petricius@gmail.com

