



TUGAS AKHIR - TF 141581

**KARAKTERISASI KECEPATAN PUTARAN
BERDASARKAN RASIO INPUT BAHAN BAKAR PADA
GENERATOR SET LISTRIK DUAL FUEL (GASOLINE -
BIOGAS) MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF
TIRUAN**

**DHIRGA KURNIAWAN
NRP 02311645000016**

**Dosen Pembimbing
Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, S.T.,M.T
NIP. 19690507 199512 1 001**

**Arief Abdurrahman, S.T., M.T.
NIP. 19870712 201404 1 002**

**PROGRAM STUDI S1
DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



TUGAS AKHIR - TF 141581

**KARAKTERISASI KECEPATAN PUTARAN
BERDASARKAN RASIO INPUT BAHAN BAKAR
PADA GENERATOR SET LISTRIK DUAL FUEL
(GASOLINE - BIOGAS) MENGGUNAKAN
JARINGAN SYARAF TIRUAN**

**DHIRGA KURNIAWAN
NRP 02311645000016**

**Dosen Pembimbing
Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, S.T.,M.T
NIP. 19690507 199512 1 001**

**Arief Abdurrahman, S.T., M.T.
NIP. 19870712 201404 1 002**

**PROGRAM STUDI S1
DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



FINAL PROJECT TF 141581

***CHARACTERIZATION OF ROUND SPEED
BASED ON FUEL INPUT RATIO IN GENERATOR
SET ELECTRICAL DUAL FUEL (GASOLINE -
BIOGAS) USING ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK***

**Dhirga Kurniawan
NRP. 02311645000016**

***Supervisor*
Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, S.T.,M.T
NIP. 19690507 199512 1 001**

**Arief Abdurrahman, S.T., M.T.
NIP. 19870712 201404 1 002**

***DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018***

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : DHIRGA KURNIAWAN
NRP : 02311645000016
Departemen/ Prodi : Teknik Fisika/ SI Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul
“KARAKTERISASI KECEPATAN PUTARAN
BERDASARKAN RASIO INPUT BAHAN BAKAR PADA
GENERATOR SET LISTRIK DUAL FUEL (GASOLINE -
BIOGAS) MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN”
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, Juli 2018
Yang membuat
pernyataan,



Dhirga Kurniawan

**KARAKTERISASI KECEPATAN PUTARAN
BERDASARKAN RASIO INPUT BAHAN BAKAR
PADA GENERATOR SET LISTRIK DUAL FUEL
(GASOLINE - BIOGAS) MENGGUNAKAN
JARINGAN SYARAF TIRUAN**

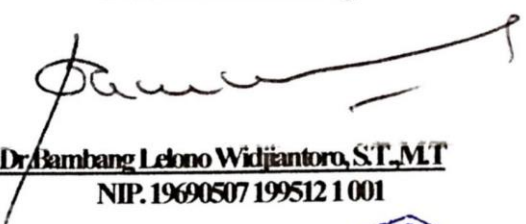
TUGAS AKHIR

Oleh:

**Dhirga Kurniawan
NRP. 0231165000016**

**Surabaya, Juli 2018
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing I


Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, ST., MT
NIP. 19690507 199512 1 001

Dosen Pembimbing II


Arief Abdurrahman, ST., MT.
NIP. 19870712 201404 1 002



**KARAKTERISASI KECEPATAN PUTARAN
BERDASARKAN RASIO INPUT BAHAN BAKAR
PADA GENERATOR SET LISTRIK DUAL FUEL
(GASOLINE - BIOGAS) MENGGUNAKAN
JARINGAN SYARAF TIRUAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Sarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**Dhirga Kurniawan
NRP. 0231165000016**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- | | | |
|---|---|-----------------|
| 1. Dr.Bambang Lelono Widjiantoro,S.T.,M.T |  | (Pembimbing) |
| 2. Arief Abdurrahman, S.T.,M.T. |  | (Pembimbing) |
| 3. Ir. Ya'umar,M.T. |  | (Ketua Penguji) |
| 4. Katherin Indriawati, ST, MT |  | (Penguji I) |
| 5. Dr.-Ing. Doty Dewi Risanti, ST, MT |  | (Penguji II) |

**SURABAYA
JULI 2018**

KARAKTERISASI KECEPATAN PUTARAN BERDASARKAN RASIO INPUT BAHAN BAKAR PADA GENERATOR SET LISTRIK DUAL FUEL (GASOLINE-BIOGAS) MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Nama Mahasiswa : Dhirga Kurniawan
NRP : 02311645000016
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, ST, MT
Arief Abdurrahman, S.T., M.T

Abstrak

Konsumsi energi di Indonesia mengalami peningkatan, hal tersebut membuat peranan energi terbarukan lebih dikembangkan dengan salah satu sumber energi yang sedang digencarkan penggunaannya adalah biogas, khususnya untuk skala rumah tangga. Generator set bahan bakar ganda gasoline-biogas menghemat penggunaan gasoline sebagai bahan bakar dan biaya produksi dapat ditekan. Rasio campuran gasoline-biogas berpengaruh terhadap performansi engine salah satunya pada kecepatan putar, untuk itu perlu adanya *software* jaringan syaraf tiruan untuk mencari rasio terbaik agar mendapatkan karakterisasi kecepatan putar generator set dengan nilai performansi *engine* terbaik. Sebanyak 300 data diolah menggunakan JST 75% untuk *training* dengan jumlah *hidden node* 100, nilai $\text{net.trainParam.goal} = 0.0001$, $\text{net.trainParam.lr} = 0.01$, dan $\text{net.trainParam.epochs} = 1000$, serta 25% untuk uji, menghasilkan nilai RMSE *training* 10,4812 (0,34%) pada *node* ke 55 dan nilai RMSE uji 5,8301 (0,18%) dengan hasil kecepatan putar pada GUI mencapai 3445,87 mendapatkan rasio terbaik pada gasoline 0,015 l/menit dan biogas 5 l/menit.

Kata kunci : Jaringan Syaraf Tiruan (JST) , Generator-set Bahan Bakar Ganda, Bensin-Biogas.

**CHARACTERIZATION OF ROUND SPEED BASED ON
FUEL INPUT RATIO IN GENERATOR SET ELECTRICAL
DUAL FUEL (GASOLINE - BIOGAS) USING
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

Student Name : Dhirga Kurniawan
NRP : 02311645000016
Major : Engineering Physic FTI-ITS
Advisor Lecturer : Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, ST, MT
Arief Abdurrahman, S.T., M.T

Abstract

Energy consumption in Indonesia has increased, it makes the role of renewable energy more developed with one of the energy sources that is being intensified its use is biogas, especially for household scale. The gasoline-biogas dual fuel generator set saves the use of gasoline as fuel and the cost of production can be reduced. The ratio of gasoline-biogas mixture influences the performance of the engine one of them at the speed of rotation, for it needs artificial neural network software to find the best ratio to get the characterization of rotational speed generator set with the best engine performance value. A total of 300 data is processed using JST 75% for training with number of hidden node 100, $net.trainParam.goal = 0.0001$, $net.trainParam.lr = 0.01$, and $net.trainParam.epochs = 1000$, and 25% for test value RMSE training 10,4812 (0,34%) at node 55 and RMSE value of 5,8301 (0,18%) with result of rotation speed at GUI reach 3445,87 get best ratio at gasoline 0,015 l / min and biogas 5 l / min.

Keyword : Artificial neural network (ANN), Generator-set Dual Fuel, Gasoline-Biogas.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT penulis panjatkan karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“KARAKTERISASI KECEPATAN PUTARAN BERDASARKAN RASIO INPUT BAHAN BAKAR PADA GENERATOR SET LISTRIK DUAL FUEL (GASOLINE - BIOGAS) MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN”** dengan tepat waktu. Laporan ini dapat terselesaikan dengan dukungan dan peran serta dari berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Keluarga penulis yang selalu mendukung dan memberikan semangat untuk belajar.
2. Agus Muhamad Hatta, ST.,M.Si.,Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Fisika FTI-ITS.
3. Dr.Bambang Lelono Widjiantoro,S.T.,M.T selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah membina dan memberikan banyak ilmu serta pengalaman.
4. Arief Abdurrahman, S.T., M.T. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah membina dan memberikan banyak ilmu serta pengalaman.
5. Dyah Sawitri S.T, M.T selaku Dosen Wali penulis. Terima kasih atas bantuan, arahan, dan nasehat yang telah diberikan.
6. Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua laboratorium rekayasa instrumentasi dan kontrol.
7. Biogas TF Team yang telah berjuang bersama dalam pengerjaan tugas akhir.
8. Para dosen dan karyawan Departemen Teknik Fisika FTI -ITS.
9. Teman-teman lintas jalur teknik fisika FTI-ITS angkatan 2016.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima segala masukan berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laporan ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis maupun bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN I	iii
LEMBAR PENGESAHAN II	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Sistematika Laporan	5
BAB II TEORI PENUNJANG	
2.1. Biogas	7
2.2. Generator Set	10
2.3. <i>Flowmeter</i>	10
2.4. Sensor Rpm	13
2.5. Jaringan Syaraf Biologi	14
2.6. Jaringan Syaraf Tiruan	15
2.7. <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Alur Penelitian	21
3.2. Jaringan Syaraf Tiruan	24
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1. Analisa Data	29
4.2. Karakteristik Kecepatan Putar Rasio <i>Input</i>	33
4.3. Kecepatan Putaran pada Generator	34
4.4. Pembahasan	35
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	37
5.2. Saran	37

DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A DATA <i>INPUT OUTPUT</i>	
LAMPIRAN B 10% DATA MENGGUNAKAN GUI	
LAMPIRAN C <i>COODING</i> DATA LATIH	
LAMPIRAN D <i>COODING</i> DATA UJI	
LAMPIRAN E <i>COODING</i> GUI	
LAMPIRAN F GRAFIK KECEPATAN PUTAR	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Plant Biogas</i>	7
Gambar 2.2. Generator Set	10
Gambar 2.3. <i>Flowmeter Gas MF5706</i>	11
Gambar 2.4. <i>Flowmeter Water S401</i>	12
Gambar 2.5. Sensor RPM (<i>Rotary Encoder E40</i>)	13
Gambar 2.6. Jaringan syaraf biologis	14
Gambar 2.7. Ilustrasi Fungsi Sigmoid Biner range (0,1)	17
Gambar 2.8. Ilustrasi Fungsi Sigmoid Bipolar Range(-1,1)	17
Gambar 2.9. Arsitektur Jaringan Backpropagation	19
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Penelitian	22
Gambar 3.2. Desain Sistem Keseluruhan pada Generator Set <i>Dual Fuel</i> (Gasoline dan Biogas)	23
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> pembuatan program JST	24
Gambar 3.4. Arsitektur JST pada matlab	26
Gambar 3.5. Grafik Keluaran JST dan Target	27
Gambar 3.6. GUI Karakterisasi Kecepatan Putar Rasio Input	27
Gambar 4.1. Grafik <i>Training Data</i> 75%	30
Gambar 4.2. Arsitektur JST dengan konfigurasi 2–100-1	30
Gambar 4.3. Grafik Keluaran JST dan Target	31
Gambar 4.4. Tampilan GUI Karakteristik <i>Rasio Input</i>	37
Gambar 4.5. <i>Rasio input</i> Gasoline-Biogas Memperoleh Kecepatan Putar Terbaik	33
Gambar 4.6. Grafik laju aliran terhadap kecepatan putar	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Biogas	8
Tabel 3.1 Data input gasoline-biogas	23
Tabel 3.1 Parameter pelatihan Levenberg marquardt	25
Tabel 4.1 Rasio input kecepatan putaran Terbaik	33
Tabel 4.2 Laju aliran terhadap kecepatan putar	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Konsumsi energi final di Indonesia mengalami peningkatan dari 79 juta TOE menjadi 134 juta TOE (*Tonnes Oil Equivalent*) atau tumbuh rata-rata sebesar 5,5% per tahun dalam sepuluh tahun terakhir (2003-2013). Sejalan dengan meningkatnya konsumsi energi tersebut, maka penyediaan energi primer juga mengalami kenaikan. Namun upaya untuk memenuhi kebutuhan energi di dalam negeri antara lain terkendala oleh ketersediaan infrastruktur energi seperti pembangkit listrik, kilang minyak, pelabuhan, serta transmisi dan distribusi.[1]

Melonjaknya harga minyak bumi dunia dan diikuti dengan meningkatnya harga bahan bakar fosil lain. Di sisi lain, isu lingkungan global yang menuntut tingkat kualitas lingkungan yang lebih baik, mendorong berbagai pakar energi untuk mengembangkan energi yang lebih ramah lingkungan dan mendukung keamanan pasokan berkesinambungan. Saat ini cadangan energi fosil sudah semakin menipis dan pencarian sudah sangat sulit dilakukan, bahkan diprediksi 2030 akan betul-betul menjadi nett importer energi, sebab keseimbangan antara produksi dan konsumsi energi domestik terjadi di tahun 2030. Mulai tahun ini produksi energi dalam negeri (fosil dan EBT) sudah tidak mampu lagi memenuhi konsumsi domestik dan Indonesia berubah status menjadi negara pengimpor energi.[2]

Hal tersebut membuat peranan energi terbarukan lebih dikembangkan apalagi Indonesia memiliki potensi besar untuk itu. Berdasarkan jenisnya, Indonesia dianugerahi kekayaan sumber daya energi mulai dari hydro, panas bumi, biomassa, surya, angin, hingga samudra. Namun yang disayangkan kekayaan tersebut belum banyak dimanfaatkan sebagai sumber energi yang dapat menggantikan sumber-sumber energi fosil yang semakin lama sudah semakin menipis. Salah satu sumber energi terbarukan yang sedang digencarkan penggunaannya adalah biogas, khususnya untuk skala rumah tangga. Namun

pengembangan biogas di Indonesia masih relatif lambat karena berbagai faktor, mulai dari masyarakat yang masih kurang nyaman dengan energi dari kotoran hingga masalah pemurnian biogas serta pengimplementasian pada generator set.[3]

Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, angka sementara jumlah sapi potong pada tahun 2015 mencapai 15 juta ekor. Satu ekor sapi mampu menghasilkan kotoran padat dan cair sebanyak 23,6 kg/hari dan 9,1 kg/hari. Dalam 1 kg kotoran ternak sapi/kerbau menghasilkan 0,023 – 0,040 m³ biogas. Sehingga nilai maksimal potensi biogas dari kotoran sapi adalah sebesar 14,16 juta m³/hari. Metana sebesar 9,912 juta m³/hari dan CO₂ sebesar 4,248 juta m³/hari. Dengan kata lain, dalam waktu setahun Indonesia akan menyumbang CO₂ sebesar 1,55 milyar m³ atau setara 2,77 juta ton per tahun dan metana sebesar 3,617 milyar m³ atau setara 6,466 juta ton per tahun. Efek gas rumah kaca pada gas metana setara dengan 21 kali CO₂. Artinya dengan adanya sumbangan gas metana ini, akan setara dengan CO₂ sebesar 135,8 juta ton per tahun, dan jika ditotal Indonesia akan menyumbang CO₂ sebesar 138,573, yang berarti jika kotoran sapi di Indonesia tidak dimanfaatkan, maka akan sangat berdampak negatif bagi keberlangsungan makhluk hidup karena efek dari semakin menipisnya ozon.[4]

Generator set bahan bakar ganda (dual fuel) adalah mesin standar gasoline yang ditambahkan bahan bakar lain yang dalam hal ini adalah biogas pada *intake manifold* dan penyalaan bahan bakar dilakukan oleh semprotan gasoline yang disebut pilot fuel. Secara sederhana bahan bakar cair atau gas dapat dimasukkan dengan membuat lubang pada *intake manifold* mesin gasoline. Tergantung dari jenis bahan bakar yang ditambahkan, apabila jenis liquid/cair yang digunakan seperti ethanol atau methanol maka perlu dibuatkan karburator seperti pada mesin gasoline atau dipompa dengan tekanan tertentu dan dikabutkan saat masuk ke saluran udara masuk mesin diesel. Sedangkan untuk bahan bakar gas tidak diperlukan lagi karburator karena bahan bakar gas sudah mempunyai tekanan sendiri.[5]

Sistem dual fuel selain menghemat penggunaan gasoline sebagai bahan bakar, biaya produksi dapat ditekan, juga biaya modifikasi generator set relatif lebih murah dibanding mengkonversi ke mesin gas (gas engine). Lebih jauh lagi, penerapan biogas dengan sistem dual fuel pada generator set dapat meningkatkan unjuk kerja dan efisiensi mesin.[6] Pemanfaatan biogas ke generator set tidak akan mengubah komposisi peralatan mesin dan hanya menambah peralatan sistem *mixer ventury* pada saluran isap. Sedangkan penggunaan dual fuel dimaksudkan untuk mengurangi penggunaan gasoline pada proses pembakaran serta meningkatkan performansi dari genset yang dapat diukur pada daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), Rasio perbandingan udara bahan bakar (AFR) , efisiensi thermal, dan emisi gas buang.

Pada percobaan yang telah dilakukan oleh Su Chu-wang and Ye Shu-jian dengan menggunakan rasio *input* gasoline-biogas dengan rasio biogas sebesar 0% 20% 40% 60% 80% dan 100% menunjukkan hasil uji pada torsi dan daya terhadap kecepatan putar (Rpm) sedikit lebih rendah dari *generator set* konvensional (single fuel).[10] Pada percobaan lain yang dilakukan oleh Yudai Yamasaki dengan menggunakan rasio biogas sebesar 0%, 20%, 55%, 75%, dan 100%. Dalam percobaan tersebut, komposisi gas biomassa adalah 63% metana dan 37% CO₂ menunjukkan hasil uji respon mencapai target kecepatan putar 1700rpm lebih lambat jika dibandingkan dengan single fuel.[11] Pada percobaan yang lainnya oleh Awogbemi dkk dengan kandungan biogas sebesar 65,25%, 0,65%, 1,63%, 1,76%, dan 30,71% etana CH₄, ammonia NH₃, karbon monoksida CO, H₂S hidrogen sulfida, dan CO₂ karbon dioksida dengan perpaduan gasoline - biogas pada kecepatan 1000rpm dan 3500rpm pengambilan data *output* pada torsi dan suhu pembuangan, menunjukkan peningkatan torsi antara 6.2Nm-8.7Nm pada kecepatan maksimal, suhu gas buang meningkat seiring dengan kenaikan putaran mesin hal tersebut disebabkan nilai kalor gasoline sedikit lebih rendah dari pada campuran gasoline biogas. [12]

Pada penerapan sistem *dual fuel fluida* gasoline dan biogas ini masih terdapat beberapa kekurangan, salah satunya yaitu kurang optimalnya operasional dari genset ketika memakai campuran input dual fuel. Dimana campuran input dual fuel ini sangat berpengaruh dalam peningkatan unjuk kerja generator set seperti peningkatan efisiensi torsi, daya, tegangan dan kecepatan putar pada generator set.

Terdapat beberapa rasio campuran gasoline-biogas yang dipergunakan untuk mendapatkan hasil peningkatan efisiensi torsi, daya, tegangan dan kecepatan putar yang mendekati performa dari generator set konvensional. Maka dari itu diperlukan adanya suatu sistem yang dapat dipergunakan untuk mengetahui karakterisasi kecepatan putaran berdasarkan *rasio input* pada generator-set listrik *dual fuel* (gasoline-biogas) menggunakan jaringan syaraf tiruan untuk mencapai nilai *performansi engine* terbaik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang terdapat pada tugas akhir ini adalah bagaimana cara untuk menentukan karakterisasi kecepatan putaran berdasarkan rasio *input* pada generator-set listrik *dual fuel* (gasoline-biogas) menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan untuk mencapai nilai *performansi engine* terbaik ?

1.3. Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang ada didapatkan tujuan dari tugas akhir ini yaitu menentukan karakterisasi kecepatan putaran berdasarkan rasio *input* pada generator-set listrik *dual fuel* (gasoline-biogas) menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan untuk mencapai nilai *performansi engine* terbaik.

1.4. Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada penelitian tugas akhir ini maka batasan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut:

1. Daya yang digunakan sebesar 900 watt.
2. Rasio hanya pada gasoline dan biogas.
3. Aliran udara yang masuk ke dalam generator set diasumsikan konstan.
4. Buka *valve* biogas dan gasoline pada *input* generator set diasumsikan konstan.
5. *Top dead center*/titik mati atas dan *Bottom dead center*/titik mati bawah diasumsikan konstan
6. Kandungan biogas diasumsikan homogen persatuan waktu dengan nilai metan sebesar 65,32%.

1.5. Sistematika Laporan

Sistematika laporan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan
Berisi tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, batasan masalah, dan sistematika laporan
2. Bab II Teori Penunjang
Berisi tentang teori yang berhubungan dengan proses yang terjadi pada generator set, laju aliran gasoline dan biogas, sistem jaringan syaraf tiruan, arsitektur jaringan syaraf tiruan, serta metode *training* dari jaringan syaraf tiruan.
3. Bab III Metodologi
Berisi tentang metode yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir dan pengolahan data.
4. Bab IV Analisa Data dan pembahasan
Berisi tentang evaluasi pengolahan data dari generator set, hasil rancangan arsitektur sistem jaringan syaraf tiruan, proses *training* dan validasi dari sistem jaringan syaraf tiruan yang telah dibuat.
5. Bab V Penutup

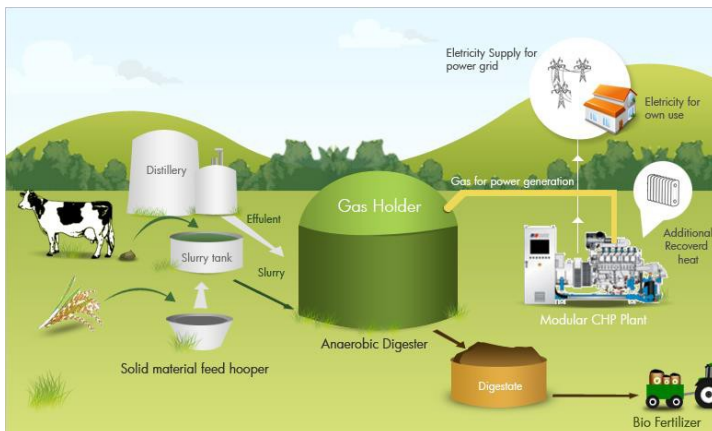
Berisi tentang hasil penelitian, kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran sebagai bentuk keberlanjutan dan pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1. Biogas

Biogas mulai dikembangkan sejak abad 17 tepatnya di negara Perancis. Biogas sendiri merupakan gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik dalam kondisi anaerobik atau bisa disebut minim oksigen. Bahan-bahan organik tersebut antara lain dapat berupa daun-daun yang telah membusuk, kotoran manusia, kotoran ternak, dan masih banyak lagi selama masih tergolong bahan organik. Akan tetapi kotoran manusia sangat sulit untuk dijadikan biogas karena manusia merupakan makhluk yang memakan segala macam makanan tidak hanya satu jenis makanan saja. Di Indonesia bahan organik untuk biogas yang paling banyak digunakan adalah dari kotoran hewan karena masih banyaknya peternakan. Selain itu sebab lain di Indonesia menggunakan kotoran ternak adalah ternak merupakan makhluk yang hanya memakan satu jenis makanan saja, seperti tumbuh-tumbuhan. Sehingga potensi peternakan di Indonesia selain untuk kebutuhan pangan, juga bisa untuk pengembangan sumber daya terbarukan seperti biogas.



Gambar 2.1 *Plant Biogas*[9]

Tabel 2.1 Komposisi Biogas

No.	Gas	Hadi (1981)	Price(1981)
1.	Metana (CH_4)	54% -70 %	65%-75%
2.	Karbondioksida(CO_2)	27% - 35%	25% - 30%
3.	Nitrogen (N_2)	0.5% - 20%	< 1.0%
4.	Hidrogen (H_2)	-	< 1.0%
5.	Karbon Monoksida (CO)	0.1%	-
6.	Hidrogen Sulfida (H_2S)	Kecil	< 1.0 ppm

Biogas merupakan gas yang sangat mudah terbakar. Unsur-unsur utama biogas diantaranya metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), beberapa unsur lain seperti amonia (NH_3), hidrogen sulfida (H_2S), karbon monoksida (CO), hidrogen (H_2), nitrogen (N_2), dan oksigen (O_2). Komposisi biogas yang dihasilkan dari pencernaan anaerobik biasanya sekitar 60 - 70 % CH_4 , sekitar 30 - 40% CO_2 , kurang dari 1% N_2 , dan sekitar 10 - 2000 ppm[13]. Biogas mudah terbakar karena kandungan gas metana didalamnya. Gas metana memiliki nilai kalor yang tinggi. Untuk gas metan murni (100%) nilai kalor 8900 Kkal/ m^3 . Ketika dibakar 1 ft^3 biogas menghasilkan sekitar 10 BTU (2,52 Kkal) energi panas per persentase komposisi metan.[9]

Biogas memiliki berbagai keunggulan dibanding dengan bahan bakar lain. Biogas lebih ramah lingkungan karena tidak seperti bahan bakar dari fosil yang jika dilakukan pembakaran menghasilkan gas CO_2 . Sampah-sampah organik yang dibiarkan membusuk bisa menjadi gas metana yang berbahaya jika langsung lepas ke udara, sehingga dengan pemanfaatannya sebagai biogas bisa menekan polusi udara yang ditimbulkan oleh gas metana. Selain itu, dengan memanfaatkan kotoran hewan peternakan sebagai biogas, otomatis dapat menambah penghasilan para peternak atau bisa mensejahterakan hidup para peternak dengan memanfaatkan biogas tersebut sendiri.

Penerapan biogas sebagai bahan bakar motor bensin biogas di dunia internasional telah banyak dikembangkan khususnya

sebagai bahan bakar dalam motor bakar baik bensin maupun diesel. Pada umumnya penerapan biogas cenderung menggunakan motor diesel dibandingkan motor bensin, namun penerapan biogas relatif lebih mudah dikembangkan pada motor bensin karena pengubahan dari konstruksi standar tidak banyak. Pada dasarnya modifikasi pada motor bakar dilakukan pada bagian pencampuran bahan bakar dan udara, bagian rasio kompresi, dan sistem pengapian. Pencampuran bahan bakar dan udara dilakukan dengan menyesuaikan nilai perbandingan stoikiometri dari proses pembakaran udara dan biogas, Rasio kompresi pada motor bensin yang diterapkan bahan bakar biogas perlu dilakukannya modifikasi konstruksi dari rasio kompresi standar. Rasio kompresi yang diubah menyesuaikan sifat bahan bakar biogas. Perubahan rasio kompresi yang digunakan diantara 10-12. [14]

Kecepatan pembakaran biogas adalah 290 m/s. Kemampuan-bakarannya adalah 4% hingga 14%. Dua hal ini menjadikan biogas dapat memiliki efisiensi pembakaran yang tinggi. Biogas memiliki angka oktan yang tinggi yaitu 130. Sebagai perbandingan bensin memiliki angka oktan 90 hingga 94, sementara alkohol terbaik hanya 105 saja. Nilai oktan sangat mempengaruhi dalam peningkatan rasio kompresi pada motor bensin.

Penelitian biogas sebagai bahan bakar motor bensin pernah dilakukan oleh Hery AF, Septiropa Z, dan Romadhi F di Indonesia pada penelitian dengan judul “Penerapan Bahan Bakar Biogas Sebagai Bahan Bakar Motor Bensin 1 Silinder 4 Langkah”. Kegiatan penelitian tersebut telah dilakukan pembuatan proses pencampuran udara dan bahan bakar dengan pipa T yang dihubungkan langsung ke lubang pemasukan (intake manifold) kepala silinder, tidak menggunakan karburator. Bahan bakar biogas dialirkan dari digester melalui selang dengan bantuan blower untuk menghisap.hingga masuk ke dalam intake manifold motor bensin. Pada ruang pembakaran kotoran ternak dan air dengan perbandingan 1:2, hasil penelitian mengatakan bahwa motor bensin dapat menggunakan bahan bakar biogas sebagai bahan bakar, dengan penambahan regulator sederhana

untuk biogas, dan mixer udara - biogas, sekalipun kineja maksimal belum dapat diperoleh. Mesin dapat dihidupkan menggunakan biogas dengan kandungan metana 56%–60%. Mesin atau motor bakar berbahan bakar biogas yang dipergunakan dalam percobaan dapat menghasilkan listrik untuk menghidupkan lampu hingga 250 Watt.

2.2 Generator Set

Generator set adalah suatu mesin listrik yang merubah energi kimia pada bahan bakar ke bentuk energi listrik dan panas. Gabungan antara engine, generator, dan kontrolernya disebut juga generator set (genset). Dalam sebuah pembangkit, putaran engine harus konstan agar frekuensi yang dikeluarkan generator selalu konstan 50 Hz atau 60 Hz. Engine merubah campuran udara dan bahan bakar gasoline-biogas (energi kimia) kedalam energi mekanik.

Generator set yang dipergunakan dalam tugas akhir ini adalah generator set konvensional pada umumnya dengan bahan bakar utama adalah gasoline, dengan adanya bahan bakar lain yang ingin diujikan pada generator set maka ditambahkan (modifikasi) satu inputan tambahan agar dapat dipergunakan secara dual fuel bahan bakar yang berbeda, bahan bakar yang dimaksud adalah gasoline dan biogas.



Gambar 2.2 Generator Set

2.3 Flowmeter

a. Flowmeter (MF5706)

Flowmeter merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur laju aliran atau Jumlah suatu fluida yang bergerak mengalir dalam suatu pipa tertutup atau saluran. Jenis fluida yang melalui atau diukur oleh flow meter bisa berupa cairan, gas maupun solid. Dalam Aplikasinya penggunaan flow meter untuk mengukur aliran baik berupa kecepatan aliran, kapasitas aliran maupun volumenya atau beratnya fluida mempunyai aplikasi yang bermacam macam. Aplikasi penggunaan flow meter tergantung pada tujuan, manfaat, kendala yang tergantung pada situasi yang dibutuhkan rekayasa sehingga pemasangan flow meter tersebut sesuai dengan tujuan dan manfaatnya. Paling banyak flow meter digunakan untuk mengukur aliran air dan gas karena itu istilah flow meter air dan gas meter cukup populer di masyarakat. Namun flowmeter yang digunakan pada tugas akhir ini adalah flowmeter massa udara 25 l/min flow meter MF5706 dimana ukuran mass flow MF5706 memiliki daya ultra rendah yang efektif pada 4 baterai AA. Desain portabel memiliki adaptor mekanis yang dapat ditukar dengan baik, data mudah diakses dan kemampuan yang dapat diprogram pengguna. Penyimpanan data internal juga dapat membantu aplikasi aliran tujuan.



Gambar 2.3 Flowmeter Gas MF5706

Berikut ini merupakan spesifikasi dari flowmeter gas :

- *Flow Range* : 0-25 l/min
- *Accuracy* : $\pm (2.0 + 0,5 \text{ FS})\%$

- *Repeatability* : 0,2 %
- *Response Time* : 2 sec
- *Display* : LCD
- *Display Unit* : *flowrate*:SLPM(l/min)
- *Flow accumulation* : 0,001 NCM
- *Continuous working time* : >60 days
- *Max. Pressure* : ≤ 0,8 MPa
- *Working temperature* : -10 ~ 55⁰ C
- *Storage temperature* : -20 ~ 65⁰ C
- *Humidity* : <95%
- *User Interface* : Mini USB
- *Calibration* : Air@20 C, 101.325 Kpa
- *DN* : 6 mm
- *Mechanical Connection* : NPT 1/4
- *Weight* : 350 g

b. Water Flowmeter

Jenis water flowmeter yang digunakan adalah flowmeter turbin yang menggunakan energi mekanik dari cairan yang mengalir guna memutar sebuah “pinwheel” (rotor). Blades pada rotor dibuat miring dengan sudut tertentu layaknya baling-baling, untuk mengubah energi dari aliran fluida menjadi energi rotasi. Poros rotor berputar pada bushing/bearing dimana ketika liquid bergerak lebih cepat pada flowmeter turbin, maka akan lebih banyak menghasilkan pulsa yang akan sebanding dengan kecepatan aliran fluida. Sensor pick-up pada flowmeter turbin akan memproses sinyal pulsa untuk menentukan aliran fluida.



Gambar 2.4 Flowmeter Water S401

Spesifikasi flowmeter water S401 inch flow sensor :

- Error $\pm 2\%$
- Output pulse 0,5 – 4,7 V
- Maksimum suhu air 120°C
- Resistant pressure 0,35 MPa
- Maksimum suhu operasional 80°C
- Rentang tegangan operasional antara 5 ~ 24 Volt DC
- Rentang kelembapan operasional antara 35% ~ 90% RH

2.4 Sensor RPM (Autonic Rotary Encoder)

Sensor diperlukan untuk mengetahui kecepatan poros. Perangkat yang digunakan untuk tujuan ini adalah shaft encoders, sensor kedekatan, dan fotolistrik sensor. Masing-masing perangkat ini mengirimkan data kecepatan dalam bentuk pulsa. Dua faktor tersebut mempengaruhi kualitas data ini:

- a. Jumlah pulsa per putaran poros (disebut sebagai PPR). Nilai PPR yang lebih tinggi menghasilkan resolusi yang lebih baik.
- b. Simetri pulsa. Simetri dari satu denyut nadi ke selanjutnya bisa berperan dalam seberapa konsisten RPM bacaannya. Pulsa simetris memberi lebih banyak data yang akurat.
- c. Shaft encoders adalah solusi terbaik untuk penginderaan alat. Mereka menawarkan resolusi tinggi (biasanya 1 sampai 5000PPR) dan pulsa simetris yang jelas. Sensor kedekatan memberikan resolusi menengah atau rendah, tergantung dari jumlah pulsa yang diukur per revolusi.

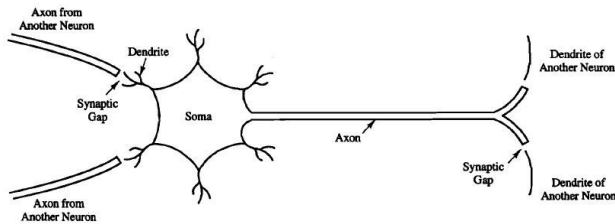
Penginderaan biasanya memiliki pilihan untuk 60, 120, atau 240 PPR, dan Pulsa relatif jelas dan simetris. Jika gigi tidak tersedia, sensor jarak dapat digunakan untuk merasakan kepala baut yang menempel pada poros.



Gambar 2.5 Sensor RPM (Rotary Encoder E40)

2.5 Jaringan Syaraf Biologi

Otak manusia tersusun atas kumpulan sel syaraf yang disebut neuron. Neuron-neuron saling terhubung satu sama lain membentuk jaringan yang sangat kompleks. Hal tersebut memungkinkan otak mengerjakan tugas-tugas rumit seperti melakukan perhitungan, mengenali objek dan mengendalikan aktivitas tubuh.



Gambar 2.6 Jaringan syaraf biologis

Gambar 2.6 di atas menunjukkan strukur jaringan syaraf biologis. Neuron tersusun atas tiga komponen utama yaitu akson, dendrit dan soma (badan sel). Dendrit berfungsi untuk menerima sinyal yang berasal dari neuron lain. Sinyal masukan berupa impuls listrik tersebut mengalami modifikasi (penguatan atau pelemahan) oleh proses kimia yang berlangsung di celah sinaptik. Selanjutnya, sinyal diteruskan ke badan sel. Badan sel menjumlahkan seluruh sinyal yang masuk. Jika sinyal masukan

tersebut cukup kuat maka akan diteruskan ke neuron lain melalui akson .

Sistem jaringan syaraf biologis memiliki karakteristik yang disebut fault tolerant. Hal ini memungkinkan neuron untuk mengenali berbagai sinyal masukan yang sedikit berbeda dengan sinyal masukan yang pernah diterima sebelumnya. Selanjutnya, jaringan syaraf biologis masih dapat bekerja meskipun terdapat beberapa neuron yang rusak. Otak masih dapat dilatih meskipun beberapa neuron mengalami kerusakan. Selain itu, pada kasus yang cukup parah dimana neuron mengalami kerusakan yang cukup banyak, neuron lain dapat pula dilatih untuk menggantikan fungsi dari neuron yang rusak tersebut.

2.6 Neural Network (Jaringan Syaraf Tiruan)

Jaringan syaraf tiruan adalah paradigma pemrosesan suatu informasi yang terinspirasi oleh sistem sel syaraf biologi, sama seperti otak yang memproses suatu informasi. Elemen mendasar dari paradigma tersebut adalah struktur yang baru dari sistem pemrosesan informasi. Jaringan Syaraf Tiruan (Neural Network), seperti manusia, belajar dari suatu contoh. Jaringan Syaraf Tiruan (Neural Network) dibentuk untuk memecahkan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola atau klasifikasi karena proses pembelajaran. Model jaringan syaraf ditunjukkan dengan kemampuannya dalam emulasi, analisis, prediksi dan asosiasi. Kemampuan yang dimiliki jaringan syaraf tiruan dapat digunakan untuk belajar dan menghasilkan aturan atau operasi dari beberapa contoh atau input yang dimasukkan dan membuat prediksi tentang kemungkinan output yang akan muncul atau menyimpan karakteristik input yang diberikan kepada jaringan syaraf tiruan. Salah satu organisasi yang sering digunakan dalam paradigma jaringan syaraf tiruan adalah perambatan galat mundur atau backpropagation.

Penyelesaian masalah dengan jaringan syaraf tiruan tidak memerlukan pemrograman. Jaringan syaraf tiruan menyelesaikan masalah melalui proses belajar dari contoh-contoh pelatihan yang diberikan. Biasanya pada jaringan syaraf tiruan diberikan sebuah

himpunan pola pelatihan yang terdiri dari sekumpulan contoh pola. Proses belajar jaringan syaraf tiruan berasal dari serangkaian contoh-contoh pola yang diberikan. metode pelatihan yang sering dipakai adalah metode belajar terbimbing. Selama proses belajar itu pola masukan disajikan bersama-sama dengan pola keluaran yang diinginkan. Jaringan akan menyesuaikan nilai bobotnya sebagai tanggapan atas pola masukan dan sasaran yang disajikan tersebut.[7]

2.6.1 Faktor Bobot

Bobot merupakan suatu nilai yang mendefinisikan tingkat atau kepentingan hubungan antara suatu node dengan node yang lain. Semakin besar bobot suatu hubungan menandakan semakin pentingnya hubungan kedua node tersebut. Bobot merupakan suatu hubungan berupa bilangan real maupun integer, tergantung dari jenis permasalahan dan model yang digunakan. Bobot-bobot tersebut bisa ditentukan untuk berada didalam interval tertentu. selama proses pelatihan, bobot tersebut dapat menyesuaikan dengan pola-pola input. Jaringan dengan sendirinya akan memperbaiki diri terus-menerus karena adanya kemampuan untuk belajar. Setiap ada suatu masalah baru, jaringan dapat belajar dari masalah baru tersebut, yaitu dengan mengatur kembali nilai bobot untuk menyesuaikan karakter nilai.[8]

2.6.2 Fungsi Aktivasi

Setiap neuron mempunyai keadaan internal yang disebut level aktivasi atau level aktivitas yang merupakan fungsi input yang diterima. Secara tipikal suatu neuron mengirimkan aktivitasnya kebeberapa neuron lain sebagai sinyal. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa neuron hanya dapat mengirimkan satu sinyal sesaat, walaupun sinyal tersebut dapat dipancarkan ke beberapa neuron yang lain. Ada beberapa pilihan fungsi aktivasi yang digunakan dalam metode backpropagation, seperti fungsi sigmoid biner, dan sigmoid bipolar. Karakteristik yang harus dimiliki fungsi fungsi aktivasi tersebut adalah kontinue, diferensiabel, dan tidak menurun secara monoton. Fungsi aktivasi

diharapkan dapat mendekati nilai-nilai maksimum dan minimum secara baik. Berikut ini adalah fungsi aktivasi yang sering digunakan yaitu:

1. Fungsi Sigmoid Biner

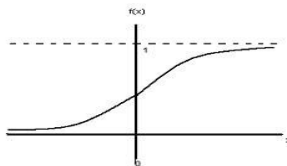
Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metode backpropagation. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada range 0 sampai 1. Fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai output yang terletak pada interval 0 sampai 1. Definisi fungsi sigmoid biner adalah sebagai berikut:

$$f1(x) = 1/(1 + e^{-x}) \quad (2.1)$$

dengan turunan

$$f1'(x) = f1(x) (1 - f1(x)) \quad (2.2)$$

berikut ini ilustrasi fungsi sigmoid biner



Gambar 2.7 Ilustrasi Fungsi Sigmoid Biner dengan range (0,1)
[8]

2. Fungsi Sigmoid Bipolar

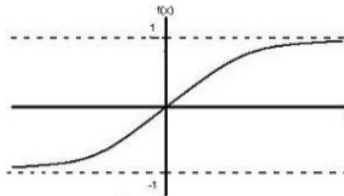
Fungsi sigmoid bipolar hampir sama dengan fungsi sigmoid biner, hanya saja output dari fungsi ini memiliki range antara 1 sampai -1. Definisi fungsi sigmoid bipolar adalah sebagai berikut :

$$f2(x) = 2 f1(x) - 1 \quad (2.3)$$

dengan turunan

$$f_2'(x) = \frac{1}{2} (1 + f_2(x)) (1 - f_2(x)) \quad (2.4)$$

berikut ini adalah ilustrasi fungsi sigmoid bipolar



Gambar 2.8 Ilustrasi Fungsi Sigmoid Bipolar dengan Range $(-1,1)$ [8]

2.6.3 Bias

Bias adalah salah satu node input dari BP yang sifatnya khusus, karena selalu bernilai 1. Penggunaan Bias dapat mempercepat pelatihan, hal ini dapat terjadi karena keberadaan Bias berguna sebagai faktor koreksi terhadap kecukupan variabel-variabel input yang telah kita tetapkan. Misalkan saja kita telah menetapkan bahwa output Y dipengaruhi oleh variabel input X1 dan X2, apakah tidak ada variabel input yang lain selain X1 dan X2? Mungkin saja masih ada, namun belum kita ketahui, inilah fungsi dari Bias. Perhatikan rumusan matematis berikut $Y = a.X1 + b.X2$, bila terdapat variabel selain X1 dan X2, maka akan terjadi selisih antara Y dan hasil dari $a.X1 + b.X2$, yang biasanya disebut sebagai error (e). Bila kita ingin agar kedua sisi memiliki nilai yang sama, maka rumusan akan menjadi $Y = a.X1 + b.X2 + e$. Dengan mengasosiasikan bahwa X1 dan X2 adalah variabel input dari BP, nilai a dan b adalah nilai bobot dari X1 dan X2, maka diketahui bahwa e adalah nilai bobot dari sesuatu yang bernilai 1 Bias.

Jadi pada saat pelatihan bilamana, nilai bobot dari bias menjadi sangat besar sekali bila dibandingkan dengan nilai bobot variabel input, maka dapat disimpulkan bahwa masih terdapat variabel input lainnya yang cukup menentukan output yang belum diketahui dan ditetapkan sebagai variabel input.

2.6.4 Model Jaringan Syaraf backpropagation

Backpropagation cocok digunakan untuk JST jenis feedforward, yaitu jaringan yang tidak memiliki feedback. Backpropagation sebenarnya kependekan dari “backwards propagation of errors”. Backpropagation digunakan untuk mencari error gradient dari jaringan terhadap bobot-bobot jaringan yang dapat dimodifikasi. Error gradient ini yang akan digunakan untuk mencari nilai bobot yang akan meminimalkan eror.

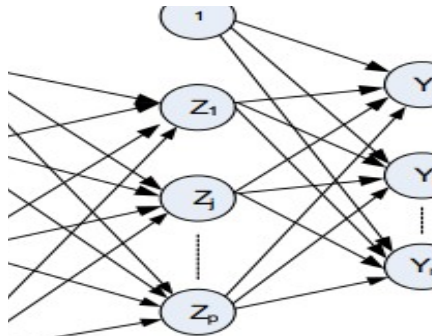
Contoh aplikasi JST Backpropagation antara lain :

- Pengenalan Huruf Cetak pada Citra Digital
- Memprediksi Tingkat Suku Bunga Bank

2.6.5 Arsitektur Jaringan Backpropagation

Setiap unit dari layer input pada jaringan backpropagation selalu terhubung dengan setiap unit yang berada pada layer tersembunyi, demikian juga setiap unit layer tersembunyi selalu terhubung dengan unit pada layer output. Jaringan backpropagation terdiri dari banyak lapisan (multilayer network) yaitu:

1. Lapisan input (1 buah), yang terdiri dari 1 hingga n unit input.
2. Lapisan tersembunyi (minimal 1 buah), yang terdiri dari 1 hingga beberapa unit tersembunyi.
3. Lapisan output (1 buah), yang terdiri dari 1 hingga m unit output.



Gambar 2.9 Arsitektur Jaringan Backpropagation

2.6.6 Pelatihan Lavenberg-Marquardt (LM)

Pelatihan Levenberg - Marquardt merupakan pengembangan dari algoritma pelatihan backpropagation standar. Tujuannya adalah untuk mencapai nilai error yang kecil dengan jumlah iterasi yang lebih sedikit sehingga komputasi berlangsung dalam waktu yang relatif lebih cepat. Aturan perubahan bobot pada algoritma LM dinyatakan oleh persamaan (2.5) berikut:

$$x_{k+1} = x_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad (2.5)$$

keterangan :

- x_k = bobot pada iterasi ke – k
- x_{k+1} = bobot pada iterasi ke – k+1
- J = matriks Jakobi
- μ = Koefisien kombinasi
- I = Matriks identitas
- e = Vektor error jaringan

2.7 Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi nilai hasil dari pengamatan / pengukuran terhadap nilai sebenarnya atau nilai yang dianggap benar [8]. RMSE didapatkan dari akar MSE hasil pelatihan JST.

$$RMSE = \sqrt{1/n \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2} = \sqrt{1/n \sum E_i^2} \quad (2.6)$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (2.7)$$

Keterangan:

n	= Jumlah data
Y_i	= Output JST tiap data
$\hat{Y}_i$	= Target JST tiap data
i	= 1, 2, 3,..., n
E_i	= Error tiap data
MSE	= Mean Square Error

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

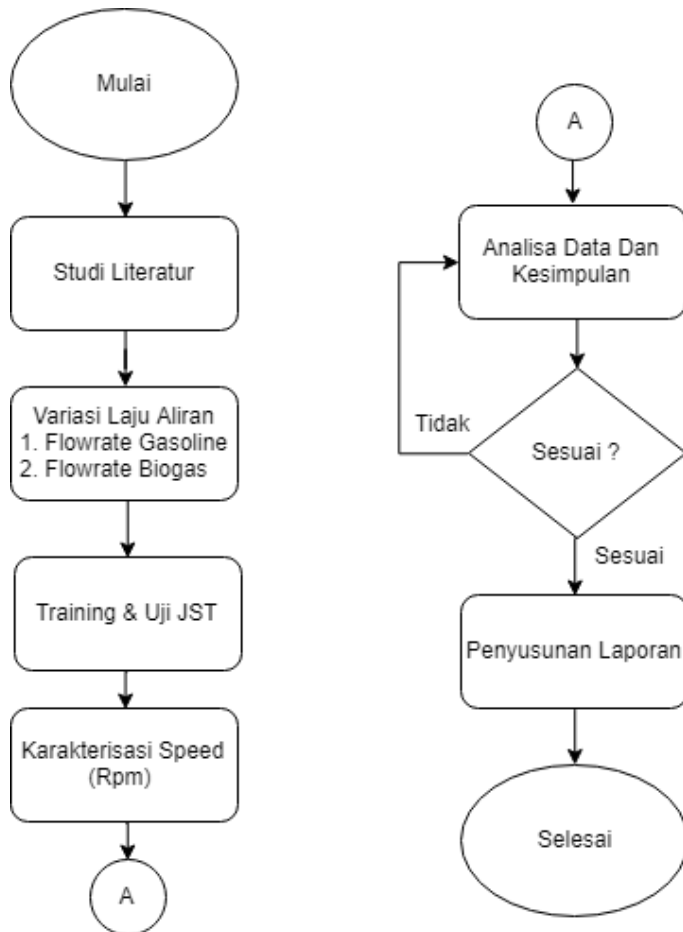
Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang akan dilakukan pada penelitian tugas akhir ini. Metodologi penelitian ini digunakan sebagai acuan sehingga penelitian dapat berjalan secara sistematis sesuai dengan *framework* penelitian.

3.1. Alur Penelitian

Pada bab ini akan dijelaskan metode penelitian yang dilaksanakan pada Tugas Akhir ini. Metode yang dilaksanakan dijelaskan melalui tahap-tahap berikut:

- a) Pengambilan data berupa data *Input-Output* yaitu *flowrate inlet* gasoline dan biogas , dan kecepatan putar pada generator set.
- b) Pengelompokan data *Input* dan *Output* untuk sistem jaringan syaraf tiruan yang akan dirancang. *Flowrate inlet* gasoline dan biogas sebagai input dan kecepatan putaran generator set yang akan dicari karakternya sebagai *Output*.
- c) Perancangan arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan, dimana arsitektur model yang digunakan adalah jaringan syaraf tiruan *Multi Layer Perceptron*. Dimana perancangan arsitektur yaitu dengan *multi input* dan *single output* jaringan syaraf tiruan sebagai karakterisasi kecepatan putar generator set.
- d) Training Jaringan Syaraf Tiruan dengan metode *Levenberg-Marquadt*. Algoritma *Levenberg-Marquardt* merupakan pengembangan dari algoritma *error backpropagation*.
- e) Melakukan pengujian dan testing terhadap sistem jaringan syaraf tiruan yang telah ditraining.
- f) Pembagian *training* pada jaringan syaraf tiruan sebanyak 75% dari data yang diperoleh, pembagian uji pada jaringan syaraf tiruan sebanyak 25% dari data yang diperoleh.
- g) Analisis hasil berupa kecepatan putar generator set, dan karakterisasi putaran generator set.
- h) Kesimpulan dan saran.

Flowchart pengerjaan tugas akhir ditunjukkan pada **Gambar 3.1**

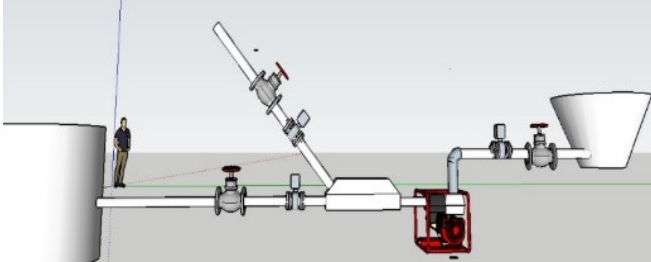


Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

III.1.1 Literatur

Berikut merupakan desain sistem secara keseluruhan, dari adanya input berupa gasoline dan biogas yang berfungsi

sebagai input dan kecepatan putaran yang berfungsi sebagai target atau keluaran dari suatu sistem



Gambar 3.2 Desain Sistem Keseluruhan pada Generator Set *Dual Fuel* (Gasoline dan Biogas)

III.1.2 Variasi laju aliran

Terdapat beberapa variabel dalam penelitian kali ini yang terdiri dari laju aliran gasoline dan laju aliran biogas. Dari dua bahan bakar tersebut akan dilakukan beberapa variasi sebagai nilai inputan pada generator-set dual fuel untuk mendapatkan nilai output berupa torsi, daya, tegangan dan kecepatan putar. Maka akan didapatkan seperti **Tabel 3.1** , dengan hasil dari perolehan data dapat dilihat pada **Lampiran A**

Tabel 3.1 Data *input* gasoline-biogas

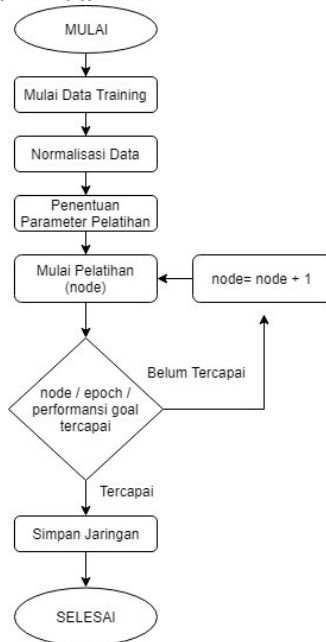
No.	<i>input generator-set</i>		<i>output generator-set</i>
	<i>Flowrate gasoline (l/menit)</i>	<i>Flowrate biogas (l/menit)</i>	kecepatan putar (rpm)
1			
2			

3.1.3 Karakterisasi kecepatan putar *rasio input* gasoline biogas

Menentukan karakterisasi nilai *output* pada kecepatan putar generator-set , yang berasal dari dua inputan *flowrate* gasoline dan *flowrate* biogas. Kedua nilai *input* tersebut nantinya akan memiliki suatu nilai output yang dapat menghasilkan nilai

kecepatan putar pada generator-set. Dari perbedaan nilai *flowrate* setiap pengambilan data akan menghasilkan nilai *output* kecepatan putar yang berbeda juga

3.2. Jaringan Syaraf Tiruan



Gambar 3.3 *Flowchart* pembuatan program JST

Pembuatan program JST dilakukan dengan menggunakan *software Matlab R2016a*. *Neural Network Toolbox* pada Matlab menyediakan berbagai fungsi yang mendukung pembuatan dan pengembangan JST. **Gambar 3.3** di atas menunjukkan diagram alir pembuatan program JST. Berikut ini merupakan penjabaran masing-masing langkah pada diagram alir tersebut tersebut:

- Data Training JST (*input* dan *output*)

Database JST (*Input* dan *target*) disimpan pada sheet 2 dalam file Microsoft Excel.

- Normalisasi Data

Digunakan untuk melakukan normalisasi data ke dalam rentang nilai 1 dan 0.

- Penentuan Parameter Pelatihan

Pada fungsi pelatihan *trainlm*, terdapat 12 parameter pelatihan yang dapat diatur sesuai keperluan. Parameter tersebut memiliki nilai default seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 3.2** di bawah. Pada penelitian ini, parameter pelatihan yang ditentukan adalah *epoch*, dan *performance goal*, sementara parameter lain dibiarkan memiliki nilai *defaultnya*. *Epoch* menentukan jumlah *epoch* maksimum pelatihan, sementara *performance goal* menentukan nilai *minimum Mean Square Error* (MSE) yang hendak dicapai.

Tabel 3.2 Parameter pelatihan *Levenberg marquardt*

Fungsi	Nilai
net.trainParam.epochs	1000 default=1000
net.trainParam.goal	1e-5 (default=0)
net.trainParam.max_fail	10 (<i>default = 6</i>)
net.trainParam.min_grad	1e-7 (<i>default</i>)
net.trainParam.mu	0.001 (<i>default</i>)
net.trainParam.mu_dec	0.1 (<i>default</i>)
net.trainParam.mu_inc	10 (<i>default</i>)
net.trainParam.mu_max	1e10 (<i>default</i>)
net.trainParam.show	25 (<i>default</i>)
net.trainParam.show	<i>False</i> (<i>default</i>)
net.trainParam.showWindows	<i>True</i> (<i>default</i>)
net.trainParam.time	<i>Inf.</i> (<i>default</i>)

Pada penelitian ini, sebanyak 75% dari total data digunakan untuk keperluan training, sedangkan sisanya sebanyak 25% digunakan untuk keperluan uji.

- Memulai Pelatihan

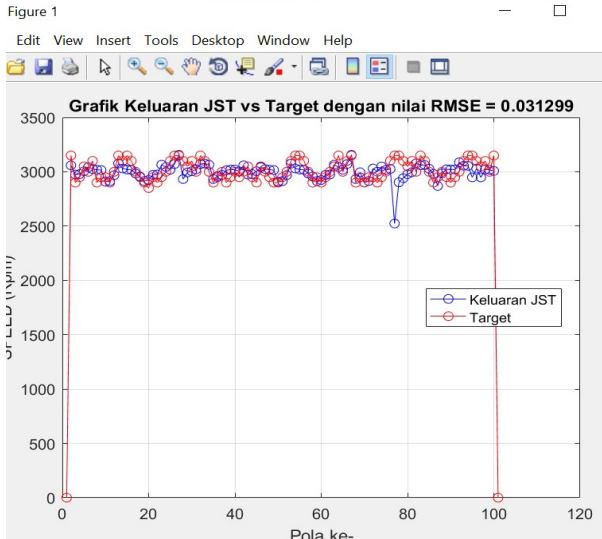
Pelatihan dimulai dengan menggunakan data *input* gasoline dan biogas dengan keluaran berupa kecepatan putar dengan menggunakan jumlah variasi node untuk dapat memilih berapa nilai RMSE terbaik dari jumlah node yang dipergunakan, setelah mendapatkan RMSE terbaik

Berikut merupakan arsitektur dari pelatihan jst dengan menggunakan variasi node pada program jst



Gambar 3.4 Arsitektur JST pada matlab

Setelah mendapat RMSE terbaik dari pelatihan menggunakan variasi node, diperoleh RMSE terbaik dan selanjutnya membandingkan pafa grafik keluaran antara nilai target yang diperoleh dengan data keluaran JST, seperti pada **gambar 3.5** berikut :



Gambar 3.5 Grafik Keluaran JST dan Target

langkah selanjutnya yaitu pembuatan GUI pada Matlab agar dapat menentukan inputan rasio gasoline biogas dengan perolehan kecepatan putar beserta karakternya, yang dapat dilihat pada **gambar 3.6** berikut :



Gambar 3.6 GUI Karakterisasi Kecepatan Putar *Rasio Input*

- Simpan Jaringan

Perintah di bawah digunakan untuk menyimpan jaringan yang telah dilatih. Jaringan tersebut dapat dimuat kembali ke dalam *Workspace* untuk dievaluasi satu persatu setelah seluruh proses pelatihan selesai

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang karakterisasi kecepatan putaran berdasarkan rasio input bahan bakar pada generator-set listrik dual fuel (gasoline-biogas) menggunakan jaringan syaraf tiruan, berdasarkan eksperimen secara langsung dengan daya yang dipergunakan pada daya sebesar 900W. Selain itu dijelaskan mengenai hasil simulasi menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan perolehan data pada training dan uji memperoleh nilai campuran rasio terbaik dan nilai error pada kecepatan putar generator set listrik dual fuel (gasoline-biogas) dengan kecepatan putar genset konvensional (gasoline).

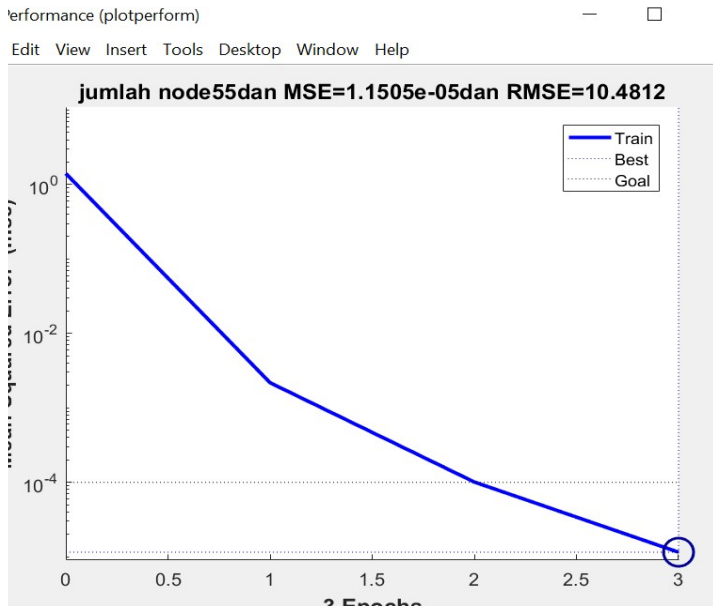
4.1. Analisa Data

Berdasarkan hasil experiment secara langsung diperoleh data input laju aliran gasoline dan biogas dengan kecepatan putaran generator set pada **Lampiran A**, masing masing variable memiliki 300 data yang telah divariasi sehingga dapat digambarkan seperti pada **Lampiran F** diperoleh data rasio dari inputan laju aliran Gasoline dan laju aliran Biogas terhadap perubahan kecepatan putaran dengan perolehan kecepatan putaran dari 2900 rpm hingga kecepatan putaran mencapai 3090 rpm.

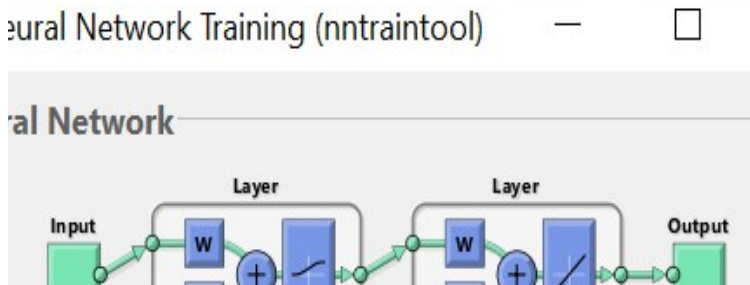
4.1.1 Jaringan Syaraf Tiruan

Hasil Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan Pelatihan terhadap model JST dengan jumlah hidden node sebanyak 100 dengan nilai `net.trainParam.goal = 0.0001` , `net.trainParam.lr = 0.01` , dan `net.trainParam.epochs = 1000` memberikan hasil training JST dengan 100 hidden node menghasilkan RMSE yang bernilai paling kecil pada node ke 55 yaitu sebesar 10,4812 (0,34%).

Dengan perolehan nilai RMSE terkecil pada pelatihan dapat dilihat pada **Gambar 4.1** berikut ini yang digambarkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Training Data 75%

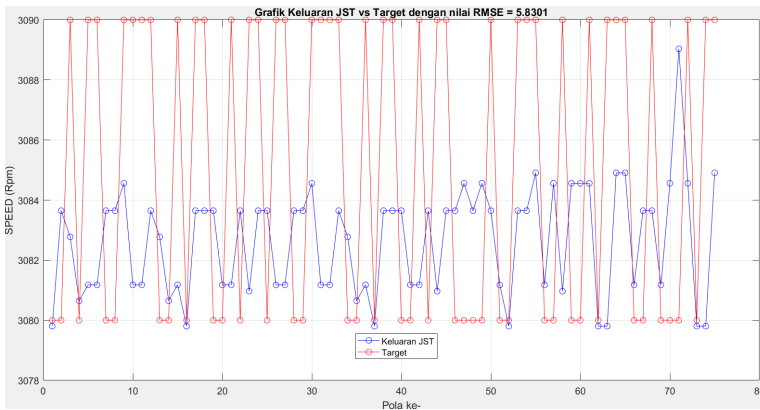


Gambar 4.2 Arsitektur JST dengan konfigurasi 2–100–1

Pada **Gambar 4.2** menunjukkan model JST yang dipilih untuk keperluan pengujian. JST tersebut memiliki 100 hidden node sehingga konfigurasi JST tersebut adalah 2 – 100 – 1.

Setelah memperoleh nilai RMSE pada pelatihan, dilanjutkan dengan pengujian data menggunakan perbandingan antara data yang diperoleh dengan menggunakan data yang telah diolah

menggunakan JST dengan nilai RMSE sebesar 5,8301 (0,18%), pada grafik terdapat garis berwarna merah dan garis berwarna biru, warna merah menunjukkan target yang diinginkan dan warna biru merupakan keluaran dari pengolahan program JST yang telah dibuat yang dapat dilihat pada **Gambar 4.3** berikut ini :



Gambar 4.3 Grafik Uji Keluaran JST dan Target

Pengujian data pada GUI yang telah dibuat dengan cara memasukkan nilai input secara manual untuk dapat membandingkan nilai input output yang diperoleh dengan input output dari program jaringan syaraf tiruan yang telah dibuat. Perbandingan nilai input output dilakukan pada semua variasi data dengan perolehan dari data JST tersebut, berikut merupakan tampilan dari GUI yang telah dibuat untuk memasukkan input data dan menghasilkan nilai kecepatan putaran yang telah diolah menggunakan program jst, yang dapat dilihat pada **Gambar 4.4**



Gambar 4.4 Tampilan GUI Karakteristik Rasio Input

Data awal yang telah diperoleh dimasukkan sebagai inputan pada GUI untuk mendapatkan hasil kecepatan putaran yang telah diolah dengan menggunakan program JST, dari 10% data yang telah diperoleh dari input dengan menggunakan olahan program JST, didapatkan karakter kecepatan putar terbaik sebesar 3445,86 rpm pada rasio gasoline 0,015 l/menit dan biogas 5 l/menit yang terdapat pada **Lampiran B**.

4.2. Karakteristik Kecepatan putar Rasio Input Gasoline-Biogas

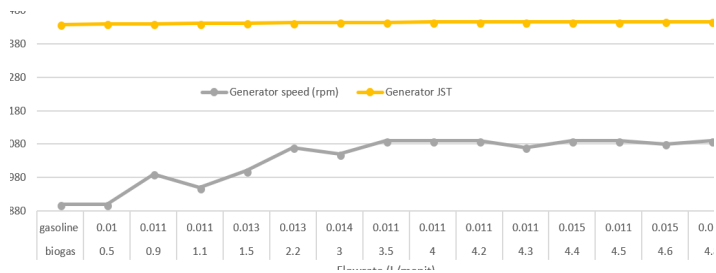
Dari perolehan data rasio input Gasoline-Biogas, memperoleh data kecepatan putaran tanpa menggunakan JST dengan hasil minimum sebesar 2900 rpm pada rasio gasoline 0,01 l/menit dan biogas 0,5 l/menit, hasil maksimum kecepatan putar sebesar 3090 rpm pada gasoline 0,16 l/menit dan biogas 5 l/menit. Pada percobaan menggunakan GUI terhadap kecepatan putaran terendah hingga tertinggi dari masukan rasio input Gasoline-Biogas yang diperoleh menggunakan JST mendapatkan hasil speed minimum sebesar 3438,02 rpm pada campuran Gasoline 0,01 l/menit dan Biogas 0,5 l/menit dan hasil kecepatan putaran maksimum sebesar 3445,86 rpm pada campuran Gasoline 0,012 l/menit dan Biogas 5 l/menit. Dengan keseluruhan data rasio input kecepatan putaran terbaik dapat dilihat pada **Tabel 4.1**

Dari data yang telah diperoleh, dengan adanya penambahan flow biogas setiap l/menitnya berpengaruh terhadap data keluaran dari GUI yang dibuat, dimana semakin meningkatnya laju aliran biogas terhadap rasio gasoline maka semakin tinggi hasil keluaran kecepatan putaran yang didapatkan.

Tabel 4.1 Rasio input kecepatan putaran Terbaik

Flow rate (l/mnt)		Rasio	Kecepatan Putar (RPM)		error
Biogas	Gasoline	Bio : Gas	Konvensional	JST	
0,5	0,01	50	2900	3438,0 2	538,0 2
0,9	0,011	81,8181 8	2900	3439,3 7	539,3 7
1,1	0,011	100	2990	3439,6 9	449,6 9
1,5	0,013	115,384 6	2950	3440,3 2	490,3 2
2,2	0,013	169,230 8	3000	3441,4 3	441,4 3
3	0,014	214,285 7	3070	3442,7	372,7
3,5	0,011	318,181 8	3050	3443,5	393,5
4	0,011	363,636 4	3090	3444,2 9	354,2 9
4,2	0,011	381,818 2	3090	3444,6	354,6
4,3	0,011	390,909 1	3090	3444,7 6	354,7 6
4,4	0,015	293,333 3	3070	3444,9 1	374,9 1
4,5	0,011	409,090 9	3090	3445,0 8	355,0 8
4,6	0,015	306,666	3090	3445,2	355,2

		7		3	3
4,8	0,016	300	3080	3445,5 4	365,5 4
5	0,012	416,666 7	3090	3445,8 7	355,8 7



Gambar 4.5 Rasio Kecepatan Putaran Terbaik

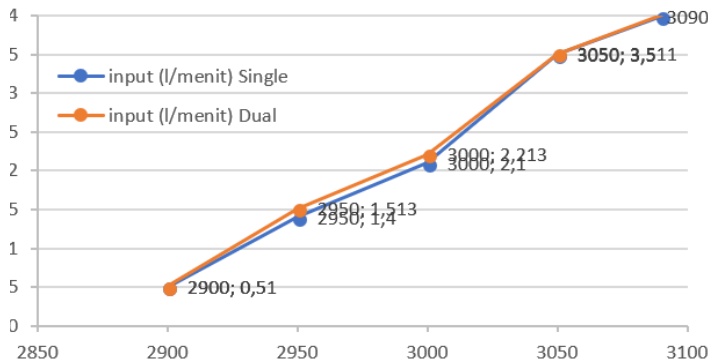
4.3. Kecepatan Putaran pada generator

Pengujian kecepatan putaran generator set dilakukan dengan membandingkan antara input laju aliran single fuel dan input laju aliran dual duel terhadap nilai kecepatan putar yang sama , dengan perolehan data dapat dilihat pada **Tabel 4.2** berikut :

Tabel 4.2 Laju aliran terhadap kecepatan putar

Kecepatan putar (rpm)	Flow rate (l/mnt)	
	Single	Dual
2900	0,5	0,51
2950	1,4	1,513
3000	2,1	2,213
3050	3,5	3,511
3090	3,99	4,011

Perolehan data dari kedua laju aliran terhadap kecepatan putar dapat digambarkan pada **Gambar 4.6**



Gambar 4.6 Grafik laju aliran terhadap kecepatan putar

4.4. Pembahasan

Pada percobaan karakterisasi rasio input bahan bakar pada generator-set listrik dual fuel (gasoline-biogas) menggunakan jaringan syaraf tiruan dipergunakan beban 9 bola lampu dengan masing-masing lampu memiliki daya 100W dengan total daya sebesar 900W, pada percobaan kali ini diperlukan data berupa laju aliran gasoline(l/menit) dan laju aliran biogas(l/menit) dengan output berupa kecepatan putaran, kandungan biogas yang digunakan memiliki kandungan metan sebesar 65,32%, pengambilan data awal diperoleh laju aliran biogas sebesar 0,5l/menit tanpa campuran gasoline dengan perolehan kecepatan putaran sebesar 2900Rpm, selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan menggunakan fungsi waktu dengan kenaikan laju aliran pada setiap inputan, pada hasil percobaan yang diperoleh mendapatkan laju aliran biogas pada range 0,5 l/menit sampai 5 l/menit dan pada laju aliran gasoline berada pada range 0,01 l/menit hingga 0,016l/menit, dengan percobaan yang diambil sebanyak 300 variasi data yang dapat dilihat pada **Lampiran A**.

Setelah memperoleh data hasil percobaan, selanjutnya membuat jaringan syaraf tiruan untuk mencari rasio input dari gasoline dan biogas, pada jaringan syaraf tiruan yang dibuat terdiri dari training data, uji data, dan tampilan gui. Dari 300 data yang diperoleh sebanyak 75% dipergunakan untuk proses training

, untuk 25% data digunakan pada proses uji. Untuk proses training data digunakan percobaan dengan ketentuan nilai `net.trainParam.goal = 0.0001` , `net.trainParam.lr = 0.01` , dan `net.trainParam.epochs = 1000` dengan jumlah hidden node 1 sampai 100 dengan pemilihan nilai rmse terkecil, sehingga memperoleh nilai rmse sebesar 10,4812 (0,34%) pada hidden node ke 55. Untuk 15% data yang di ujikan memperoleh nilai rmse 5,8301 (0,18%) dan 10% data yang diujikan pada gui mendapatkan hasil kecepatan putar tertinggi sebesar 3445,87 rpm.

Pada pengujian karakteristik rasio input Gasoline-Biogas terhadap kecepatan putaran tanpa menggunakan JST mendapatkan hasil minimum sebesar 2900 rpm hasil maksimum 3090 rpm, pada percobaan menggunakan GUI/JST mendapatkan hasil kecepatan putaran minimum sebesar 3438,73 dan hasil kecepatan putaran maksimum sebesar 3438,86 dengan perolehan data kecepatan putaran dengan rasio input terbaik ada pada **Tabel 4.1**. Kecepatan putar pada generator antara single fuel dan dual fuel pada kedua laju aliran bahan bakar mengalami peningkatan, pada kecepatan 2950-3000 rpm single fuel memerlukan laju aliran yang lebih sedikit dibandingkan dengan dual fuel

Dari data yang telah diolah, dengan adanya penambahan laju aliran biogas setiap l/menitnya berpengaruh terhadap data keluaran dari GUI/JST yang dibuat, dimana semakin meningkatnya laju aliran biogas yang diberikan terhadap rasio gasoline maka semakin tinggi juga hasil keluaran kecepatan putaran yang didapatkan, sehingga untuk mencapai nilai performansi engine terbaik biogas bisa dijadikan untuk bahan bakar penunjang yang baik bagi kinerja generator-set yang akan dipergunakan.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Karakterisasi kecepatan putaran berdasarkan rasio *input* terbaik menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan untuk menggunakan 300 data dengan 75% untuk training dengan 100 hidden node dan 25% untuk uji , nilai `net.trainParam.goal = 0.0001` , `net.trainParam.lr = 0.01` , dan `net.trainParam.epochs = 1000`.
- Hasil training JST memperoleh nilai *rmse* sebesar 10,4812 (0,34%) pada *node* ke 55 dan hasil uji memperoleh nilai *rmse* sebesar 5,8301 (0,18%).
- Setiap penambahan *flowrate* biogas dari 0,5 l/menit hingga 5 l/menit yang diberikan dengan rasio gasoline pada range 0.01 l/menit hingga 0,016 l/menit hasil JST menunjukkan kecepatan putar mengalami kenaikan dengan kecepatan putaran tertinggi sebesar 3445,87 rpm.

5.2. Saran

Adapun saran yang didapatkan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Pengujian yang dilakukan sebaiknya membuat alat purifikasi yang minimalis dan praktis agar mudah dalam pengaplikasian secara langsung dari sumber biogas ke generator-set.
- Segala alat ukur (sensor) yang dipergunakan sebaiknya terpasang dengan baik agar pembacaan hasil uji memperoleh nilai terbaik untuk dijadikan Analisa.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zed, F., Suharyani, Y.D., Rasyid, A., Rosdiana, D., dkk, (2014), outlook energi indonesia 2014, Jakarta, Dewan Energi Nasional prokum.esdm.go.id
- [2] Abdurrahman, A., Soehartanto, T., (2014), Analisis Karakterisasi Water Scrubber pada Alat Purifikasi Biogas Tipe Kombinasi Spray Tower dan Tray Tower. Seminar Nasional Teknologi Terapan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [3] Abdurrahman, A., Soehartanto, T., Sudarmanta, B., (2013), Rancang Bangun Alat Purifikasi Biogas dengan Menggunakan CaO dan Water Scrubber, Seminar Nasional Pascasarjana XIII – ITS, Surabaya.
- [4] Setiawan, A. I., (2002), Memanfaatkan Kotoran Ternak. Jakarta : Cetakan Ketiga Penebar Swadya.
- [5] Widodo, T. W., Nurhasanah, A., (2004), “Kajian Teknis Teknologi Biogas dan Potensi Pengembangannya di Indonesia”, Prosiding seminar nasional mekanisasi pertanian. Hal 189 – 202.
- [6] Tamam Zuhri. 2015. “Karakterisasi Unjuk Kerja Mesin Diesel *Generator Set* Sistem *Dual Fuel* Solar dan *Syngas* Batubara”. *Tesis*. Pascasarjana Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [7] Hermawan, Arief. 2006. “Jaringan Syaraf Tiruan Teori dan Aplikasi”. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- [8] Puspaningrum. 2006. “Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan”. Yogyakarta : Andi *offset*.
- [9] Harahap, F., (1980), “Teknologi Gas Bio”, Pusat Teknologi Pembangunan ITB, Bandung.
- [10] Su Chu-wang and Ye Shu-jian, Wei Chao-yi and Xie Mei-zhi. 2011. “The Design and Study on The Mixture Control System of the Biogas-gasoline Dual-fuel Engine”. Guangxi University-Nanning, China.
- [11] Yudai Yamasaki, Masanobu Kanno, Yoshitaka Suzuki, Shigehiko Kaneko. 2013. “Development of an engine

control system using city gas and biogas fuel mixture”.
Dept. of Mechanical Engineering, The University of Tokyo,
7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan.

- [12] Awogbemi, Omojola, Adeyemo, Sunday Babatunde, 2015, “Development And Testing Of Biogas-Petrol Blend As An Alternative Fuel For Spark Ignition Engine”, INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 4. www.indjst.org.
- [13] Osorio, F. & Torres, J.C., 2009. "Biogas purification from anaerobic digestion in a wastewater treatment plant for biofuel production," Renewable Energy, Elsevier, vol. 34(10).
- [14] Klaus von Mitzlaff, 1988, 'Engines for biogas', Zentrum für Entwicklungstechnologien GATE , a Division of the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.

LAMPIRAN A

DATA INPUT OUTPUT

<i>flow rate</i> (l/mnt)		Generator
gasoline	biogas	<i>speed</i> (rpm)
0,01	0,5	2900
0,01	0,5	2900
0,012	0,9	2900
0,011	0,9	2900
0,011	1,1	2990
0,013	1,5	2950
0,013	2,2	3000
0,013	2,5	3000
0,012	2,5	3000
0,012	2,5	3000
0,014	2,5	3030
0,014	3	3070
0,014	3	3070
0,014	4	3090
0,013	5	3080
0,013	4	3090
0,012	4,2	3090
0,013	4,3	3080
0,011	4,5	3090
0,013	4,8	3090
0,014	5	3090
0,014	5	3090
0,014	5	3090
0,013	5	3080
0,013	4	3090
0,012	4,2	3090
<i>flow rate</i> (l/mnt)		Generator

gasoline	biogas	<i>speed</i> (rpm)
0,013	4,3	3080
0,014	4	3050
0,015	4	3050
0,011	3,5	3050
0,012	4,2	3090
0,013	4,3	3080
0,014	3	3050
0,015	3	3050
0,012	5	3090
0,016	3	3050
0,015	3	3070
0,013	4	3090
0,012	4,2	3090
0,012	4	3080
0,011	4,2	3090
0,011	4,3	3090
0,013	4,5	3080
0,014	4,8	3070
0,014	5	3050
0,015	5	3090
0,016	3,5	3090
0,015	4,2	3080
0,015	4,3	3080
0,014	4	3050
0,014	4	3090
0,013	4	3070
0,011	4,2	3070
0,013	4,3	3090
0,014	5	3090
<i>flow rate</i> (l/mnt)		Generator
gasoline	biogas	<i>speed</i> (rpm)

0,014	3,5	3050
0,015	3	3030
0,016	4,2	3070
0,015	4,3	3080
0,015	4	3050
0,014	5	3090
0,014	5	3080
0,013	4	3090
0,011	4	3090
0,013	4	3080
0,014	4,2	3070
0,014	4	3080
0,015	5	3090
0,016	5	3060
0,015	3,5	3030
0,015	3,5	3030
0,014	4	3040
0,015	4,2	3050
0,013	4,3	3070
0,012	4	3080
0,012	5	3070
0,011	4	3090
0,011	4,2	3080
0,013	4,5	3060
0,014	4,8	3070
0,014	5	3090
0,015	5	3090
0,016	3,5	3050
0,015	3,5	3050
<i>flow rate</i> (l/mnt)		Generator
gasoline	biogas	<i>speed</i> (rpm)
0,015	4	3070

0,014	4,2	3080
0,015	4,3	3050
0,013	4	3070
0,012	4	3090
0,012	5	3090
0,011	4,2	3060
0,011	4,3	3070
0,013	4	3070
0,014	4	3080
0,014	5	3090
0,015	3	3040
0,015	3,5	3050
0,014	4	3060
0,015	4,2	3070
0,013	4,3	3070
0,012	4	3080
0,014	4	3050
0,015	5	3090
0,015	4,4	3000
0,015	4,4	3070
0,015	5	3090
0,015	4	3080
0,015	4	3090
0,016	4,5	3090
0,016	4,5	3090
0,016	4	3080
0,016	5	3080
0,016	5	3090
<i>flow rate (l/mnt)</i>		Generator
gasoline	biogas	<i>speed (rpm)</i>
0,016	4	3080
0,016	4,5	3090

0,016	4	3080
0,016	4,8	3080
0,016	5	3090
0,016	4,8	3090
0,015	4,6	3090
0,015	4	3090
0,015	5	3080
0,016	4	3080
0,016	5	3090
0,016	4,5	3080
0,016	4	3090
0,015	5	3080
0,015	5	3080
0,015	4	3090
0,016	4,5	3090
0,016	4	3080
0,016	4,8	3080
0,016	5	3090
0,016	4,8	3090
0,015	4,6	3090
0,015	4	3090
0,015	4	3080
0,016	5	3080
0,016	4,5	3090
0,016	4	3080
0,016	5	3090
0,016	5	3080
<i>flow rate</i> (l/mnt)		Generator
gasoline	biogas	<i>speed</i> (rpm)
0,015	4	3080
0,015	4,5	3090
0,015	4	3090

0,016	5	3090
0,016	4,8	3090
0,016	4,6	3080
0,016	4	3080
0,016	4	3090
0,016	5	3080
0,015	4,5	3080
0,015	4	3080
0,015	5	3080
0,016	5	3090
0,016	4	3090
0,016	4	3080
0,016	5	3090
0,016	4,8	3080
0,015	4,6	3080
0,015	4	3090
0,015	4	3090
0,016	5	3090
0,016	4,5	3090
0,016	4	3080
0,015	5	3080
0,015	4,8	3090
0,015	4,6	3080
0,016	4	3090
0,016	4	3090
0,016	5	3080
<i>flow rate</i> (l/mnt)		Generator
gasoline	biogas	<i>speed</i> (rpm)
0,016	4,5	3080
0,016	4	3090
0,016	5	3090
0,015	5	3090

0,015	4	3090
0,015	4	3080
0,016	5	3080
0,016	4,8	3090
0,016	4,6	3080
0,016	4	3080
0,016	5	3090
0,016	4,8	3080
0,015	4,6	3080
0,015	4	3090
0,015	4	3090
0,016	5	3090
0,016	4,5	3090
0,016	4	3080
0,015	5	3080
0,015	4,8	3090
0,015	4,6	3080
0,016	4	3090
0,016	4	3090
0,016	5	3080
0,016	4,5	3080
0,016	4	3090
0,016	5	3090
0,015	5	3090
0,015	4	3090
<i>flow rate</i> (l/mnt)		Generator
gasoline	biogas	<i>speed</i> (rpm)
0,015	4	3080
0,016	5	3080
0,016	4,8	3090
0,016	4,6	3080
0,016	4	3090

0,016	4	3090
0,016	5	3080
0,016	5	3080
0,015	5	3090
0,016	4	3090
0,016	4	3090
0,016	5	3090
0,016	4,8	3080
0,016	4,6	3080
0,016	4	3090
0,015	4	3080
0,016	5	3090
0,016	5	3090
0,016	5	3080
0,016	4	3080
0,016	5	3080
0,016	4,5	3080
0,016	4	3090
0,016	5	3090
0,015	5	3090
0,015	4	3090
0,015	4	3080
0,016	5	3080
0,016	4,8	3090
<i>flow rate (l/mnt)</i>		Generator
gasoline	biogas	<i>speed (rpm)</i>
0,016	4,6	3080
0,016	4	3090
0,016	4	3090
0,016	5	3080
0,016	5	3080
0,015	5	3090

0,016	4	3090
0,016	4	3090
0,016	5	3090
0,016	4,8	3080
0,016	4,6	3080
0,016	4	3090
0,015	4	3080
0,016	5	3090
0,016	5	3090
0,016	5	3080
0,016	4	3080
0,016	4	3090
0,016	5	3080
0,015	4,8	3090
0,016	5	3090
0,016	5	3080
0,016	4	3090
0,016	4	3090
0,016	5	3080
0,016	5	3080
0,015	5	3090
0,016	4	3090
0,016	4	3090
<i>flow rate</i> (l/mnt)		Generator
gasoline	biogas	<i>speed</i> (rpm)
0,016	5	3090
0,016	4,8	3080
0,016	4,6	3080
0,016	4	3090
0,015	4	3080
0,016	5	3090
0,016	5	3090

0,016	5	3080
0,016	4	3080
0,016	4	3090
0,016	5	3080
0,015	4,8	3090
0,016	5	3090
0,016	5	3080
0,015	5	3080
0,016	5	3080
0,015	5	3080
0,016	5	3090
0,016	4	3080
0,015	4	3080
0,016	5	3090
0,016	5	3090
0,016	4,5	3090
0,016	4	3080
0,015	5	3080
0,015	4,8	3090
0,015	5	3080
0,015	5	3080
0,015	5	3090
<i>flow rate</i> (l/mnt)		Generator
gasoline	biogas	<i>speed</i> (rpm)
0,015	4	3080
0,015	4	3090
0,016	4,5	3090
0,016	4,5	3090
0,016	4	3080
0,016	5	3080
0,016	5	3090
0,016	4	3080

0,015	5	3080
0,016	4,4	3080
0,015	5	3090
0,015	4	3080
0,015	4	3090
0,016	4,5	3090

LAMPIRAN B
HASIL 10% DATA MENGGUNAKAN GUI

<i>flow rate</i> (l/mnt)		Generator	
biogas	gasoline	<i>speed</i> (rpm)	JST
0,016	5	3080	3445,86
0,015	5	3080	3445,86
0,016	5	3080	3445,86
0,015	5	3080	3445,86
0,016	5	3090	3445,86
0,016	4	3080	3444,28
0,015	4	3080	3444,28
0,016	5	3090	3445,86
0,016	5	3090	3445,86
0,016	4,5	3090	3445,07
0,016	4	3080	3444,28
0,015	5	3080	3445,86
0,015	4,8	3090	3445,55
0,015	5	3080	3445,86
0,015	5	3080	3445,86
0,015	5	3090	3445,86
0,015	4	3080	3444,28
0,015	4	3090	3444,28
0,016	4,5	3090	3445,07
0,016	4,5	3090	3445,07
0,016	4	3080	3444,28
0,016	5	3080	3445,86
0,016	5	3090	3445,86
0,016	4	3080	3444,28
0,015	5	3080	3445,86
0,016	4,4	3080	3444,91
<i>flow rate</i> (l/mnt)		Generator	

biogas	gasoline	biogas	gasoline
0,015	5	3090	3445,86
0,015	4	3080	3444,28
0,015	4	3090	3444,28
0,016	4,5	3090	3445,07

LAMPIRAN C

CODING DATA LATIH

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

% Proses membaca data latih dari excel
filename = 'D:\KULIAH\LINTAS JALUR S1 ITS\TUGAS
AKHIR\DATA\data rasio dual.xlsx';
sheet = 2;
xlRange = 'A3:C228'; %75persen data yang diperoleh

Data = xlsread(filename, sheet, xlRange);
bensin = Data(:,1);
biogas = Data(:,2);
rpm = Data(:,3);

%normalisasi
bensin = bensin/max(bensin);
biogas = biogas/max(biogas);
rpm = rpm/max(rpm);
data = [bensin,biogas,rpm];

data_uji=data(:,1:2);
rpm=data(:,3);
[m,n]=size(data_uji);

for jumlahnode=1:100
    % Pembuatan JST
    net = newff(minmax(data_uji),[jumlahnode1],
{'logsig','purelin'},'trainlm');
%logsig , merupakan fungsi aktivasi sigmoid bipolar (bineri 0-1)

    % Memberikan nilai untuk mempengaruhi proses pelatihan
    net.performFcn = 'mse';
    net.trainParam.goal = 0.0001; %rmse==sqrt(mse)
    net.trainParam.lr = 0.01; %alfa
```

```

net.trainParam.epochs = 1000;

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

% 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)*(3090); %denormalisasi

if(jumlahnode==1)
    RMSE_best=error_RMSE;
    node_best=1;
else
    if(error_RMSE<RMSE_best)
        RMSE_best=error_RMSE;
        node_best=jumlahnode;
        save('netbest.mat','net_keluaran');
    end
end
filename = sprintf('net%d.mat',jumlahnode);
save (filename,'net_keluaran');

figure
plotperform(tr)
title(strcat(['jumlah node',num2str(jumlahnode),'dan
RMSE=',num2str(error_RMSE)]))
end

```

LAMPIRAN D

CODING DATA UJI

```
clc;clear;close all;  
which all xlsread ;
```

```
% load jaringan yang sudah dibuat pada proses pelatihan  
load netbest.mat
```

```
% Proses membaca data uji dari excel  
filename = 'D:\KULIAH\LINTAS JALUR S1 ITS\TUGAS  
AKHIR\DATA\data rasio dual.xlsx';  
sheet = 2;  
xlRange = 'A229:C303';
```

```
Data = xlsread(filename, sheet, xlRange);  
bensin = Data(:,1);  
biogas = Data(:,2);  
rpm = Data(:,3);
```

```
%normalisasi  
bensin = bensin/max(bensin);  
biogas = biogas/max(biogas);  
rpm = rpm/max(rpm);  
data = [bensin,biogas,rpm]
```

```
data_uji=data(:,1:2);  
rpm=data(:,3);  
[m,n]=size(data_uji);
```

```
%Hasil karakter  
hasil_uji = sim(net_keluaran,data_uji);  
nilai_error = hasil_uji-rpm;  
hasil_uji = hasil_uji*3090;
```

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

```

error_RMSE = sqrt(error_MSE)*(3090); %denormalisasi

filename = 'D:\KULIAH\LINTAS JALUR SI ITS\TUGAS
AKHIR\DATA\data rasio dual.xlsx';
sheet = 2;
xlRange = 'C229:C303';

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 RMSE = ',...
num2str(error_RMSE)]))
xlabel('Pola ke-')
ylabel('SPEED (Rpm)')
legend('Keluaran JST','Target')

```

LAMPIRAN E

CODING GUI

```
function varargout = gui(varargin)
% GUIDETEMPLATE0 MATLAB code for guidetemplate0.fig
%   GUIDETEMPLATE0, by itself, creates a new
%   GUIDETEMPLATE0 or raises the existing
%   singleton*.
%   H = GUIDETEMPLATE0 returns the handle to a new
%   GUIDETEMPLATE0 or the handle to
%   the existing singleton*.
%   GUIDETEMPLATE0('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%   function named CALLBACK in GUIDETEMPLATE0.M
%   with the given input arguments.
%   GUIDETEMPLATE0('Property','Value',...) creates a new
%   GUIDETEMPLATE0 or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value
%   pairs are
%   applied to the GUI before guidetemplate0_OpeningFcn gets
%   called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes
%   property application
%   stop. All inputs are passed to guidetemplate0_OpeningFcn
%   via varargin.
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI
%   allows only one
%   instance to run (singleton)".
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
% Copyright 2002-2014 The MathWorks, Inc.

% Edit the above text to modify the response to help
% guidetemplate0
% Last Modified by GUIDE v2.5 30-Apr-2018 23:11:42
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
```

```

        'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
        'gui_OpeningFcn', @guidetemplate0_OpeningFcn, ...
        'gui_OutputFcn', @guidetemplate0_OutputFcn, ...
        'gui_LayoutFcn', [] , ...
        'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
% --- Executes just before guidetemplate0 is made visible.
function guidetemplate0_OpeningFcn(hObject, eventdata,
handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to guidetemplate0 (see
VARARGIN)
% Choose default command line output for guidetemplate0
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

myimage = imread('biogass.jpg');
guidata(hObject, handles);
axes(handles.axes1);
imshow(myimage);

```

```
myimage = imread('bio.jpg');  
guidata(hObject, handles);  
axes(handles.axes2);  
imshow(myimage);
```

```
myimage = imread('its.jpg');  
guidata(hObject, handles);  
axes(handles.axes3);  
imshow(myimage);
```

```
% UIWAIT makes guidata0 wait for user response (see  
UIRESUME)
```

```
% uiwait(handles.figure1);
```

```
% --- Outputs from this function are returned to the command  
line.
```

```
function varargout = guidata0_OutputFcn(hObject,  
eventdata, handles)
```

```
% varargout cell array for returning output args (see  
VARARGOUT);
```

```
% hObject handle to figure
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of  
MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Get default command line output from handles structure
```

```
varargout{1} = handles.output;
```

```
% --- Executes on button press in bensin.
```

```
function bensin_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to bensin (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of  
MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% --- Executes on button press in biogas.
```

```
function biogas_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to biogas (see GCBO)
```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit2
as a double

```

```

bensin=str2double(get(hObject, 'String'));
if isnan(bensin);
    set(hObject, 'String',0);
    errordlg('input must be a number','error');
end

```

```

%save the new bensin value
handles.dt.bensin=bensin;
guidata(hObject,handles);

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns
called
% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3
as a double

```

```

biogas=str2double(get(hObject, 'String'));
if isnan (biogas);
    set(hObject, 'String',0);
    errordlg('input must be a number','error');
end
%save the new bensin value
handles.dt.biogas=biogas;
guidata(hObject,handles);

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called
% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
% --- Executes on button press in hasil.
function hasil_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to hasil (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

load netbest.mat;
data_uji= [handles.dt.bensin/3090; handles.dt.biogas/3090];
%dibagi paling besar untuk normalisasi
%hasil diagnosis
hasil_uji=sim(net_keluaran,data_uji);
set(handles.hasil_uji, 'String', hasil_uji);

%dikali ke pembagi yang paling besar
out = hasil_uji*3090;
%karakterisasi
if (out<=2000)
    status = 'BURUK';
elseif((out>2000)&&(out<=2500));
    status = 'NORMAL';
else
    status='BAIK';
end
set(handles.hasil_uji,'string',out);
set(handles.status,'string',status);
% --- Executes on button press in reset.
function reset_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to reset (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
initialize_gui(gcf,handles,true);
% -----
function initialize_gui(fig_handle, handles, isreset)
% If the metricdata field is present and the reset flag is false, it
means
% we are we are just re-initializing a GUI by calling it from the
cmd line

```

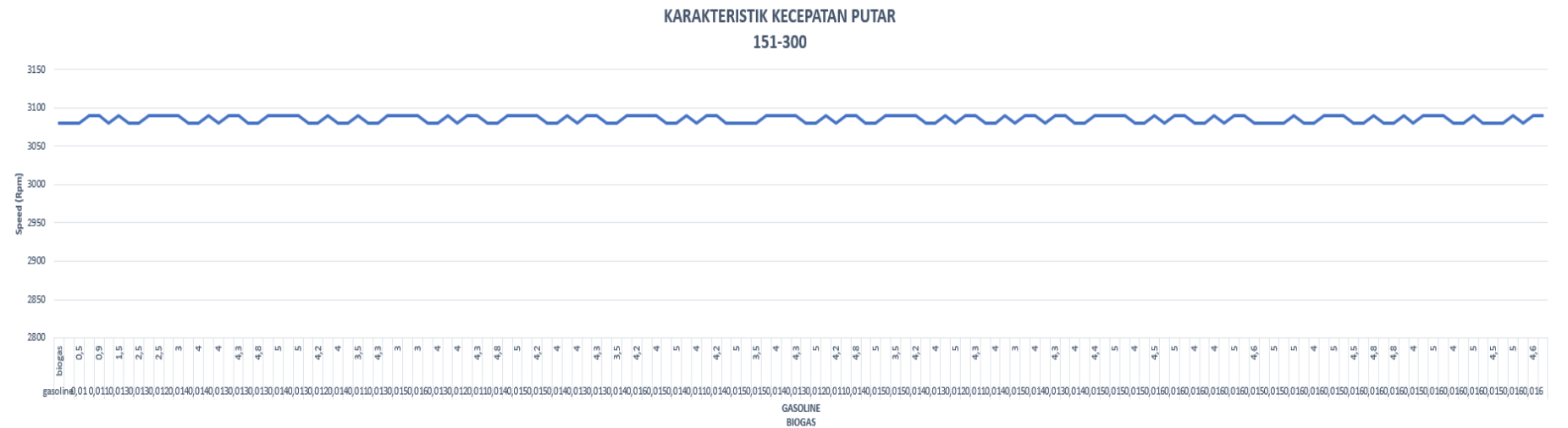
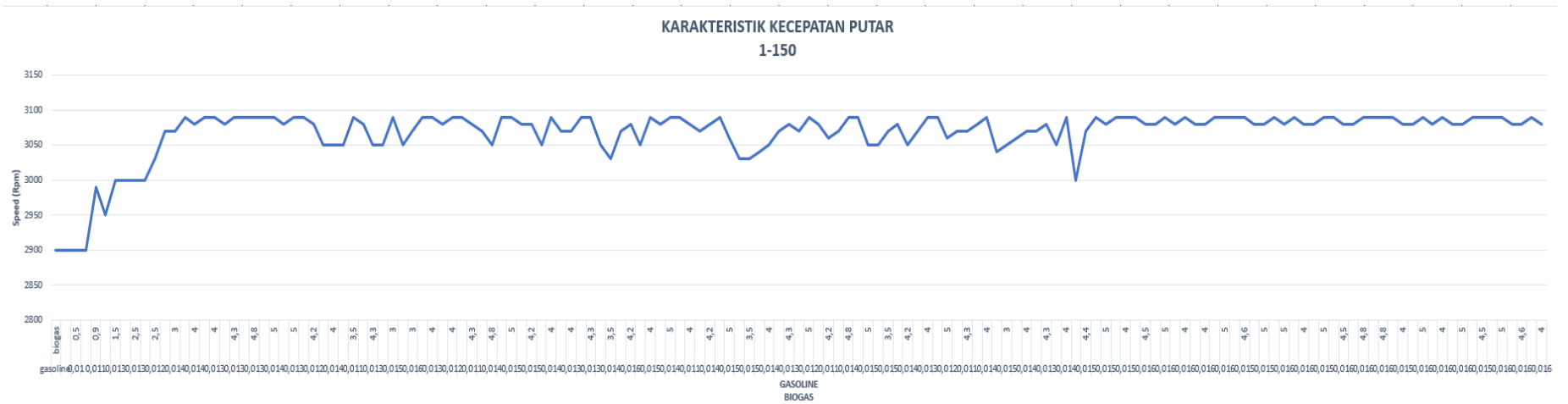
```

% while it is up. So, bail out as we dont want to reset the data.
if isfield(handles, 'dt') && ~isreset
    return;
end
handles.dt.bensin = 0;
handles.dt.biogas = 0;
handles.dt.status = 0;
handles.dt.hasil_uji = 0;
set(handles.edit2, 'String', handles.dt.bensin);
set(handles.edit3, 'String', handles.dt.biogas);
set(handles.hasil_uji, 'String', 0);
set(handles.status, 'String', handles.dt.status);
% Update handles structure
guidata(handles.figure1, handles);
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function hasil_uji_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to hasil_uji (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function uipanel1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to hasil_uji (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function axes1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to axes1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called
% Hint: place code in OpeningFcn to populate axes

```

LAMPIRAN F

GRAFIK KECEPATAN PUTAR DUAL FUEL



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Surabaya, 24 Desember 1994. Diberi nama Dhirga Kurniawan. Bapak bernama Prajitno, Ibu bernama Sunarti. Merupakan anak bungsu dari 4 bersaudara. Alamat asli rumah di Surabaya Jl. Medayu Utara Gg xiii No. 13 Surabaya Timur. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar pada tahun 2007 di SDN Kalirungkut II/514 Surabaya, tahun 2010 penulis menamatkan SMP N 35 Surabaya dan pada tahun 2013 penulis menamatkan sekolah menengah di SMA N 16 Surabaya pada tahun 2013 dan penulis menamatkan Diploma (D3) Metrologi & Instrumentasi di ITS pada tahun 2016.

Penulis mempunyai minat terhadap bidang riset teknologi dan karya tulis ilmiah, penulis berhasil menjadi juara 1 LKTI UNEJ CREATIVE COMPETITION di Universitas Jember pada tahun 2015, juara harapan 1 LKTI KATULISTIWA9 di Universitas Brawijaya pada tahun 2017, juara 3 LKTI HN EXPO di Universitas Sumatra Utara pada tahun 2017 dan sebagai peserta PIMNAS 30 di Universitas Muslim Indonesia Makassar pada tahun 2017, Serta telah mengikuti seminar internasional ASTECHNOVA pada tahun 2016 dan ICAMIMIA pada tahun 2017. Penulis juga memiliki paper pada www.ieee.org dengan judul RELATIVE HUMIDITY MONITORING SYSTEM IN TRAY TRAP OF CaCl_2 WATER SCRUBBER COLUMN SYSTEM IN BIOGAS PURIFICATION.

Penulis berhasil menyelesaikan Skripsi dengan judul “KARAKTERISASI KECEPATAN PUTARAN RASIO INPUT BAHAN BAKAR PADA GENERATOR SET LISTRIK DUAL FUEL (GASOLINE-BIOGAS) MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Skripsi ini, dapat menghubungi penulis melalui email dhirgak@gmail.com