



**Pemodelan Sistem Pada Pengaturan *Valve* Pembangkit Listrik
Tenaga Panas Matahari Dengan Kontrol *Fuzzy Logic***

SKRIPSI

Oleh

**Dede Ade Candra
NIM 131910201098**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**Pemodelan Sistem Pada Pengaturan *Valve* Pembangkit Listrik
Tenaga Panas Matahari Dengan Kontrol *Fuzzy Logic***

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Dede Ade Candra
NIM 131910201098**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Dengan ini saya persembahkan skripsi kepada:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Kedua orang tua saya ayahanda Siswanto dan ibunda Nuryati yang tercinta, terimakasih yang sangat berlimpah karena telah mendidik, membesarkan, memberi cinta dan kasih sayang serta doa yang tiada putus hingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dan saya persembahkan gelar yang saya dapatkan untuk mereka;
3. Kakak saya Fandi Angga Saputra dan Adik saya Dana Diaksa Hernando Yusuf terkasih;
4. Dosen Pembimbing Utama Bapak Samsul Bachri dan Bapak Bambang Sujanarko atas kesabaran dan keikhlasan dalam membimbing saya menyelesaikan skripsi ini;
5. Rekan-rekan yang membantu saya, Totok, Teo Aska, Dahlia Fatmawati, Melyana Dwi, Welli Agustina, Errina, Anjar yang berjuang bersama dan memberikan motivasi.
6. Keluarga Intel 2013 yang selalu membantu, menyemangati dan selalu mendampingi saya selama pengerjaan skripsi ini.
7. Almamater Teknik Elektro Universitas Jember.

MOTTO

Karena pertolongan Allah. Dia menolong siapa yang dikehendaki-Nya. Dan Dialah
Maha Perkasa lagi Penyayang.

(QS. Ar-Rum: 5)

“Barang siapa yang mempermudah urusan orang yang mengalami kesulitan,
maka Allah akan mempermudah urusannya di dunia dan di akhirat”

(HR. Ibnu Majah).

“Sesungguhnya Allah Ta’Ala tidak melihat pada bentuk-bentuk (lahiriah) dan
harta kekayaanmu. Tapi, Dia melihat pada hati dan amalmu skalian.”

(H.R. Muslim)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Dede Ade Candra

NIM : 131910201098

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Pemodelan Sistem Pada Pengaturan *Valve* Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Dengan Kontrol *Fuzzy Logic*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 12 Oktober 2017

Yang menyatakan,

Dede Ade Candra

NIM 131910201098

SKRIPSI

**Pemodelan Sistem Pada Pengaturan *Valve* Pembangkit Listrik
Tenaga Panas Matahari Dengan Kontrol *Fuzzy Logic***

Oleh

Dede Ade Candra
NIM 131910201098

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : H. Samsul Bachri M, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul ” Pemodelan Sistem Pada Pengaturan *Valve* Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Dengan Kontrol *Fuzzy Logic*” karya Dede Ade Candra telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Kamis, 12 Oktober 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

H. Samsul Bachri M, S.T., M.T.
NIP 1964403171998021001

Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.
NIP 196312011994021002

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.
NIP 197104022003121001

Dr. Triwahju Hardianto S.T., M.T.
NIP 197008261997021001

Mengesahkan
Dekan,

Dr.Ir. Entin Hidayah M.U.M
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Pemodelan Sistem Pada Pengaturan *Valve* Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Dengan Kontrol *Fuzzy Logic* : Dede Ade Candra, 131910201098: 2017: 59 halaman: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kehidupan yang berkembang ini, kita tidak lepas dari lingkungan sekitar. Kebutuhan energi pun semakin kedepannya juga akan semakin banyak dibutuhkan dan tiada habisnya dan akan semakin berkurang. Di Indonesia sumber energi utama tidaklah terbarukan, dan yang digunakan yaitu berbahan fosil. Bahan fosil tersebut lama – lama akan habis pada masa yang akan datang, jika kehidupan di Indonesia semakin boros pada energi yang tidak terbarukan. Energi tak terbarukan ini pada akhirnya akan habis dan butuh waktu ratusan tahun untuk menghasilkannya kembali. Peningkatan konsumsi tersebut jika dibiarkan dapat memperpendek umur ketersediaan energi fosil Indonesia dan membuatnya semakin langka.

Pembangkit di dunia beberapa tahun terakhir ini, terasa semakin banyak keprihatin anak akibat belum terpecahkannya masalah-masalah utama pembangkitan. Masalah-masalah utama pembangkitan tersebut diantaranya masalah lingkungan berupa penggunaan bahan bakar fosil yang terkandung di bumi sampai pada pembuangan limbah hasil pembakaran ke udara maupun di darat. Perkembangan kebutuhan energi listrik dunia di masa depan perlu dirubah dan diantisipasi karena makin terbatasnya sumber daya alam yang dapat dijadikan sumber daya energi listrik, oleh karena itu harus dicari solusi lain yaitu energi terbarukan yang sesuai dengan kondisi masa depan.

Energi matahari merupakan energi yang bersih, energi matahari yang berlimpah gratis dianggap sebagai sumber tak habis-habisnya untuk pembangkit listrik. Di tugas akhir ini akan mencoba simulasi pembangkit energi panas matahari yaitu *Concentrated Solar Power* (CSP). CSP tersebut diketahui memiliki luas pemantulan sebesar $2,12 \text{ m}^2$, dan dari panas matahari akan dipantulkan oleh CSP tersebut untuk menuju ke satu titik yang berada tepat

diatasnya yaitu pipa tembaga yang didalamnya berupa air. Pantulan panas matahari tersebut digunakan untuk memanaskan air yang akan menghasilkan uap yang akan digunakan untuk memutar turbin. Pada *parabolic trough* ini akan didapatkan panas untuk mendidihkan air didalam pipa absorber, air uapan tersebut digunakan untuk memutar turbin pada pembangkit tersebut. Di pembangkit tersebut berupa *valve*, dan akan dikontrol menggunakan *fuzzy logic controller* yang nantinya dijadikan *output* fuzzy dengan *input* intensitas matahari dan tekanan uap. *Valve* yang akan dikontrol menggunakan fuzzy tersebut akan dibuka setengah pada awalnya yang bertujuan untuk bisa menambah tekanan dengan cara membuka sedikit *valve* dan bisa juga untuk mengurangi tekanan dengan cara membuka secara lebar atau penuh. Dengan adanya *valve* tersebut yang dikontrol dengan fuzzy guna untuk mengatur uap yang sudah dihasilkan oleh CSP untuk memutar turbin uap agar stabil dan efisien. Turbin yang sudah disediakan akan memutar generator yang nantinya akan menghasilkan listrik.

Dengan menggunakan fuzzy di pembangkit tenaga panas matahari ini rata-rata *valve* terbuka pada hari pertama yaitu 54% dengan rata-rata nilai radiasi 609.25 W/m², dengan nilai tekanan uap 6.20 Psi, dan rata-rata nilai tegangan yang didapat 1.54 Volt. Dengan adanya fuzzy di pembangkit tersebut sangatlah bermanfaat untuk menstabilkan tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit tersebut, jika nilai tekanan yang dihasilkan oleh pembangkit rendah maka fuzzy akan memerintah *valve* untuk membuka sedikit guna untuk menaikkan tekanan yang dihasilkan, begitu sebaliknya, dan jika tekanan berada pada tekanan normal maka *valve* akan terbuka setengah.

Pada perbedaan eksperimen tanpa kontrol fuzzy dengan intensitas cahaya 639,76 dengan *valve* dibuka setengah didapatkan nilai tegangan sebesar 1,6 Volt dan simulasi tanpa kontrol fuzzy didapatkan nilai tengan dengan *valve* terbuka setengah sebesar 1,56 Volt dan menggunakan fuzzy dengan *valve* terbuka 59% didapatkan nilai tegangan sebesar 1,53 Volt.

SUMMARY

System Modeling On Valve Setup Solar Hot Power Plant With Fuzzy Logic Control : Dede Ade Candra, 131910201098: 2017: 59 pages: Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Life evolves, we are not separated from the surrounding environment. Needs more energy in the future will also be more and more needed and endless and will be on the wane. In Indonesia the main source of energy is not renewable, and used that is made of fossils. The fossil material is long – long will run out in the foreseeable future, if life in Indonesia increasingly wasteful on energy is not renewable. Energy is not renewable at the end will be exhausted and it took hundreds of years to return it generated. The consumption increase if left can shorten the lifespan of the availability of fossil energy Indonesia and make it more rare.

Power plants in the world these last few years, feels more and more keprihatin child result has not terpecahkannya the main generation problems. The main problems include the generation of environmental issues in the form of fossil fuel use embodied on earth comes to the disposal of waste combustion results in the air or on the ground. The development of the world's electrical energy needs in the future needs to be revamped and anticipated due to the more limited natural resources that can be used as electrical energy resources, therefore have to look for another solution, namely the appropriate renewable energy with the conditions of the future.

Solar energy is a clean energy, solar energy abundant free is considered inexhaustible source for electricity generation. In this final task will try a simulation of a solar thermal energy plant that is Concentrated Solar Power (CSP). CSP is known to have extensive reflection of 2.12 m², and from the heat of the Sun would be reflected by the CSP to one point is right on top of it that is copper pipe which is water. Reflection of solar heat is used to heat water that will generate steam that will be used to spin the turbine. On parabolic trough this will heat to boil water obtained in the pipe the absorber, water uapan is used to

spin the turbine at the plant. The plant in the form of valve, and will be controlled using fuzzy logic controller that will be used as the output of the fuzzy input with the intensity of the Sun and the vapor pressure. The valve will be controlled using fuzzy will be opened half initially aimed at could add pressure by opening a valve and can be a bit to reduce the pressure by opening in width or full. The existence of the valve that is controlled by the fuzzy to to regulate the steam already produced by the CSP to turn a steam turbine in order to be stable and efficient. The turbines are already provided will spin the generator that will generate electricity.

By using fuzzy in this solar thermal power plants an average of valve open on the first day that is 54% with an average value of radiation 609.25 W/m², with a value of vapor pressure of 6.20 Psi, and the average value of voltage which gained 1.54 volts. The existence of the plant in fuzzy is very beneficial for stabilizing the voltage generated by the generator, if the value of the pressure generated by the plant is low then the fuzzy will rule the valve to open up a little bit in order to the resulting pressure increase, so instead, and if the pressure is at normal pressure then the valve will open in half.

On deverification experiment without controls light intensity with fuzzy 639.76 with valve opened half voltage value obtained of 1.6 volts and simulation of fuzzy controlis obtained without this value with the valve open half of 1.56 Volt and using fuzzy with valve open 59% obtained the value of voltage 1.53 Volt.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Orientasi dan Sudut Kemiringan Panel Surya di Gedung CDAST Universitas Jember”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr.Ir. Entin Hidayah M.U.M. selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak H. Samsul Bachri M, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M., selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku dosen penguji utama dan Bapak Dr. Triwahju Hardianto S.T., M.T., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
4. Bapak M. Agung Prawira N., S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan memotivasi penulis selama perkuliahan.
5. Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T., selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif.
6. Kedua orang tua tercinta, Ayah Siswanto dan Ibu Nuryati serta kakakku Fandi Angga Saputra, adikku Dana Diaksa Hernando Yusuf atas kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
7. Kepada teman-teman seperjuangan se-DPU Heri, Teo, Ginanjar, Yogi, Tetuko yang selalu saling mendukung satu sama lain dalam penyusunan skripsi.

8. Teman-teman kontrakan POJOK Heri Santoso, Faisal Ali, Mohamad Choirul Anwar, Ahmad Iqbal Nasrudin, Budi Santoso, Andika Wahyu P, Achmad Fitoyo dan M. Nuri Bachrudin saling membantu.
9. Rekan-rekan Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2013 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, selama ini telah memberikan pengalaman hidup selama penulis menjadi keluarga Fakultas Teknik Universitas Jember.
10. Serta seluruh pihak yang telah membantu dalam mengerjakan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 12 Oktober 2017

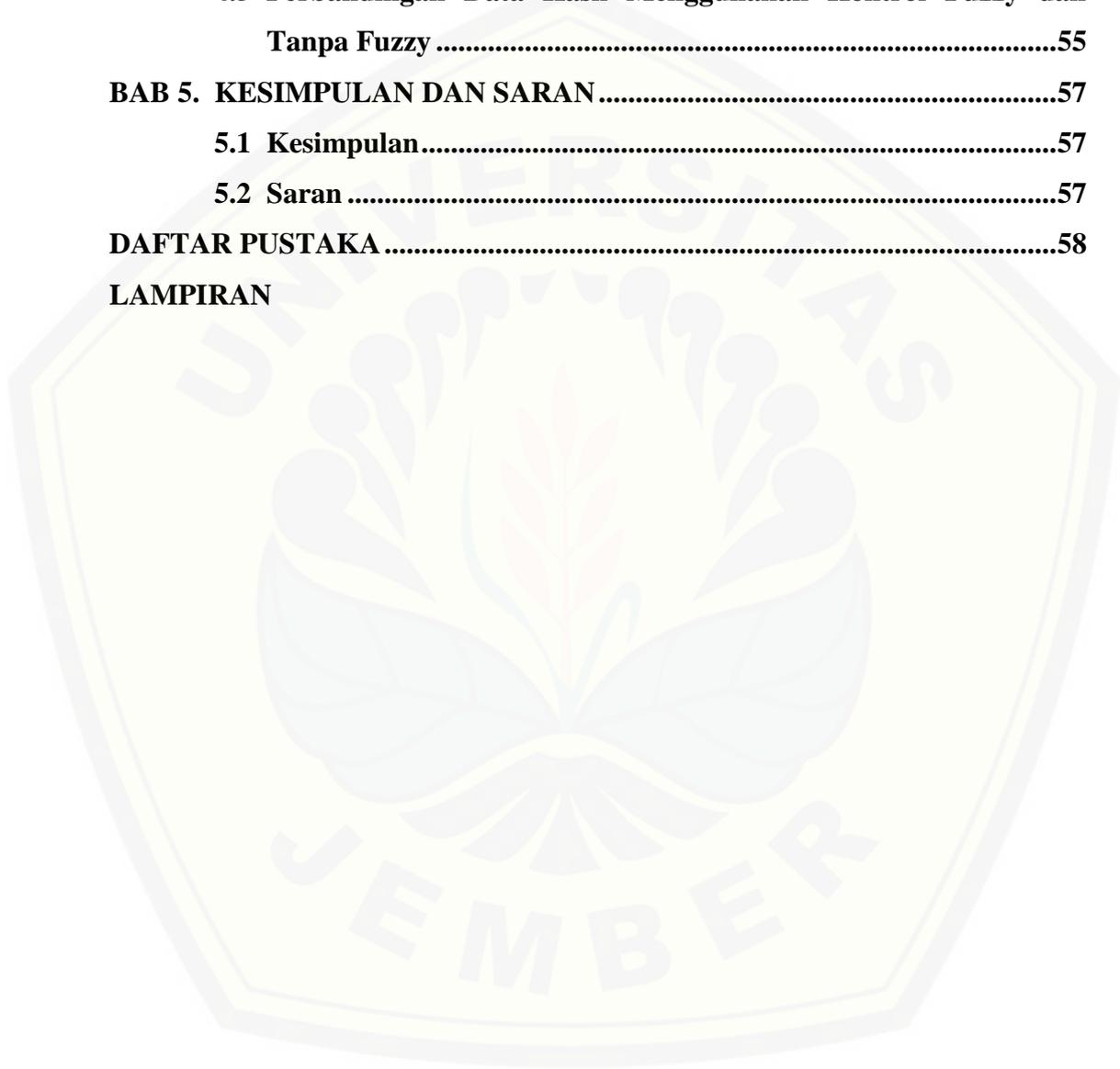
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
<i>SUMMARY</i>	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Energi Surya.....	4
2.2 Pemanasan Air	5
2.3 Produksi Listrik	5
2.4 Pemantulan Cahaya.....	6
2.5 Turbin Uap	7
2.5.1 Siklus Renkine	7
2.5.2 Prinsip Kerja Turbin Uap.....	9
2.6 Generator DC	10

2.6.1	Konstruksi Generator DC	11
2.6.2	Prinsip Kerja Generator DC.....	12
2.7	Logika Fuzzy (<i>Fuzzy Logic</i>).....	13
2.7.1	Klasifikasi Fuzzy	14
2.7.2	Himpunan Crisp dan Himpunan Fuzzy	16
2.8	Parameter Rancangan Solar Kolektor.....	17
2.8.1	Daya Output	17
2.8.2	Daya Input.....	17
2.8.3	Tekanan Uap	18
2.9	Sensor	18
2.9.1	Sensor Tekanan.....	18
2.9.2	Sensor Suhu	18
2.10	Concentrated Solar Power	19
BAB 3.	METODE PENELITIAN.....	22
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.2	Konsep Penelitian	22
3.3	Desain Penelitian.....	23
3.3.1	Diagram Blok Sistem Pengujian.....	23
3.3.2	Flowchart	25
3.3.3	Simulink Matlab	26
3.4	Pemodelan Sistem Concentrated Solar Power(CSP)	27
3.5	Metode Pengumpulan Data.....	28
3.4.1	Perancangan Simulasi	28
3.6	Perancangan Logika Fuzzy.....	30
3.5.1	Fuzzyfikasi.....	31
3.5.2	Inferensi	32
3.5.3	Defuzzyfikasi	33
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1	Simulasi Matlab	36
4.2	Simulasi Pembangkit Tenaga Panas Matahari Tanpa Menggunakan Fuzzy.....	39

4.3 Simulasi Pembangkit Tenaga Panas Matahari Menggunakan Fuzzy	44
4.4 Simulasi Pembangkit Tenaga Panas Matahari Menggunakan Beban.....	54
4.5 Perbandingan Data Hasil Menggunakan Kontrol Fuzzy dan Tanpa Fuzzy	55
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

	Halaman
3.2 Data Geomatrik Desain CSP.....	27
4.1 Hasil Simulasi Tekanan Uap dengan Tegangan Hari Pertama Tanpa Menggunakan Fuzzy.....	39
4.2 Hasil Simulasi Tekanan Uap dengan Tegangan Hari Kedua Tanpa Menggunakan Fuzzy.....	41
4.3 Hasil Simulasi Tekanan Uap dengan Tegangan Hari Ketiga Tanpa Menggunakan Fuzzy.....	43
4.4 Hasil Simulasi Tekanan Uap dengan Tegangan Hari Pertama Menggunakan Fuzzy.....	45
4.5 Hasil Simulasi Tekanan Uap dengan Tegangan Hari Kedua Menggunakan Fuzzy.....	47
4.6 Hasil Simulasi Tekanan Uap dengan Tegangan Hari Ketiga Menggunakan Fuzzy.....	49
4.7 Data Sample Dari Simulasi Menggunakan Beban.....	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Pemanasan Air Surya Terhadap Matahari Untuk Memaksimalkan Penyerapan.....	5
2.2 Pemandangan Sistem Pembangkit Listrik Surya.....	6
2.3 Pemantulan cahaya : Sudut datang sama dengan sudut pantul.....	7
2.4 Siklus rankine	8
2.5 Diagram Temperatur (T) – Entropi (S).....	9
2.6 Konstruksi Generator DC	11
2.7 Struktur Generator DC.....	12
2.8 Sistem Kendali Fuzzy	14
2.9 Sistem Klasifikasi Fuzzy	15
2.10 Sistem Diagnosis Fuzzy.....	15
2.11 Parabolic trough.....	20
2.12 Parabolic Dish.....	20
2.13 Solar Ponds	20
2.14 Solar Chimney Central Receiver	20
3.1 Blok Diagram Sistem.....	21
3.2 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	22
3.3 <i>Flowchart</i> Program.....	23
3.4 Simulink Matlab	24
3.5 Blok Sistem Logika Fuzzy.....	31
3.6 <i>Membership Function</i> Intensitas Matahari	31
3.7 <i>Membership Function</i> Tekanan Uap	32
3.8 <i>Rule Base</i>	33
3.9 Himpunan Defuzzyfikasi	33
4.1 Simulink Keseluruhan pada Matlab	36
4.2 Simulasi Blok pada CSP.....	37
4.3 Simulasi Blok Daya ke Suhu Air.....	37
4.4 Simulasi Blok pada Suhu Air ke Tekanan Uap	38

4.5	Data Keseluruhan Intensitas Cahaya dan Tekanan Uap pada Hari Pertama Tanpa Menggunakan Fuzzy.....	40
4.6	Data keseluruhan Tekanan Uap, Tegangan pada Hari Pertama Tanpa Menggunakan Fuzzy.....	40
4.7	Data Keseluruhan Intensitas Cahaya dan Tekanan Uap pada Hari kedua Tanpa Menggunakan Fuzzy.....	42
4.8	Data keseluruhan Tekanan Uap, Tegangan pada Hari Kedua Tanpa Menggunakan Fuzzy.....	42
4.9	Data Keseluruhan Intensitas Cahaya dan Tekanan Uap pada Hari ketiga Tanpa Menggunakan Fuzzy.....	43
4.10	Data keseluruhan Tekanan Uap, Tegangan pada Hari Ketiga Tanpa Menggunakan Fuzzy.....	44
4.11	Data Keseluruhan Intensitas Cahaya dan Tekanan Uap pada Hari Pertama Menggunakan Fuzzy.....	46
4.12	Data Keseluruhan Tekanan Uap pada Hari Pertama Menggunakan Fuzzy .	46
4.13	Data Keseluruhan Persentase Valve pada Hari Pertama Menggunakan Fuzzy	47
4.14	Data Keseluruhan Tegangan pada Hari Pertama Menggunakan Fuzzy	47
4.15	Data Keseluruhan Intensitas Cahaya dan Tekanan Uap pada Hari ketiga Menggunakan Fuzzy.....	49
4.16	Data keseluruhan Tekanan Uap pada Hari Kedua Menggunakan Fuzzy	49
4.17	Data Keseluruhan Persentase Valve pada Hari Kedua Menggunakan Fuzzy	50
4.18	Data Keseluruhan Tegangan pada Hari Kedua Menggunakan Fuzzy	50
4.19	Data Keseluruhan Intensitas Cahaya dan Tekanan Uap pada Hari Ketiga Menggunakan Fuzzy.....	52
4.20	Data Keseluruhan Tekanan Uap pada Hari Ketiga Menggunakan Fuzzy ...	52
4.21	Data Keseluruhan Persentase Valve pada Hari Ketiga Menggunakan Fuzzy	53
4.22	Data Keseluruhan Tegangan pada Hari Ketiga Menggunakan Fuzzy	53
4.23	Simulasi Menggunakan Beban	54

4.24 Perbandingan Hasil Tegangan Dengan Menggunakan Kontrol Fuzzy dan
Tanpa Menggunakan Kontrol Fuzzy 56



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kehidupan yang berkembang ini, kita tidak lepas dari lingkungan sekitar. Kebutuhan energi pun semakin kedepannya juga akan semakin banyak dibutuhkan dan tiada habisnya dan akan semakin berkurang. Di Indonesia sumber energi utama tidaklah terbarukan, dan yang digunakan yaitu berbahan fosil. Bahan fosil tersebut lama – lama akan habis pada masa yang akan datang, jika kehidupan di Indonesia semakin boros pada energi yang tidak terbarukan. Energi tak terbarukan ini pada akhirnya akan habis dan butuh waktu ratusan tahun untuk menghasilkannya kembali. Peningkatan konsumsi tersebut jika dibiarkan dapat memperpendek umur ketersediaan energi fosil Indonesia dan membuatnya semakin langka.

Energi matahari merupakan energi yang bersih, energi matahari yang berlimpah gratis dianggap sebagai sumber energi terbarukan. Di Indonesia melimpahnya cahaya matahari yang merata dan dapat ditangkap di seluruh kepulauan Indonesia hampir sepanjang tahun merupakan sumber energi listrik yang sangat potensial. Di Indonesia yang merupakan daerah tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5-4,8 KWh/m² / hari, setara 112.000 GWp jika dibandingkan dengan potensi luasan lahan di Indonesia atau sepuluh kali lipat dari potensi Jerman dan Eropa. (Subekti Yuliananda, 2015)

Pembangkit di dunia ini masih banyak yang belum terbarukan, dengan pemanfaatan energi matahari ini kita bisa membuat pembangkit listrik energi terbarukan. Pembangkit listrik energi panas matahari ini akan memanfaatkan panas matahari untuk memanaskan air yang ada di pembangkit menjadi tekanan uap. Pembangkit listrik yang dibuat yaitu CSP (*Constrained Solar Power*) ini akan memantulkan intensitas cahaya matahari ke satu titik, yaitu pipa kolektor yang berbahan kuningan yang didalamnya berupa air, dan lama-lama air itu suhunya akan menjadi tinggi dan akan menghasilkan tekanan uap. CSP ini berbentuk *parabolic trough*, dan pada dasarnya berbentuk seperti cermin

lengkung yang akan bisa memantulkan intensitas cahaya matahari ke satu titik. Tekanan uap tersebut dimanfaatkan untuk memutar turbin yang sudah dikopel dengan generator yang akan menghasilkan listrik. (M.A. Daneshwar, 2013)

Pembangkit listrik tenaga panas matahari ini masih punya kelemahan yaitu intensitas cahaya matahari pada dasarnya tidak terus menerus dalam keadaan terik atau dalam keadaan panas terus-menerus. Pada pembangkit tersebut berupa *valve* yang akan bisa dikontrol oleh fuzzy logic. Dengan adanya fuzzy logic tersebut maka kelemahan pada pembangkit listrik tersebut masih bisa ditanggulangi oleh kontrol fuzzy tersebut. Pada fuzzy logic tersebut berupa dua buah input dan satu buah output, dua buah input tersebut adalah intensitas cahaya matahari dan tekanan uap, dan output berupa persentase buka atau tutup pada *valve* yang ada pada pembangkit listrik. Dengan adanya *valve* tersebut yang dikontrol dengan fuzzy guna untuk mengatur uap yang sudah dihasilkan oleh CSP untuk memutar turbin uap agar stabil dan efisien. Turbin yang sudah disediakan akan memutar generator yang nantinya akan menghasilkan listrik yang stabil. (Gritli, Gharsallaoui, & Benrejeb, 2016).

Dengan beberapa penelitian tersebut pada tugas akhir ini yaitu menggunakan kontrol pada *valve* pembangkit listrik tenaga panas matahari menggunakan *fuzzy logic* untuk mengatur kestabilan pada pembangkit yang bertujuan untuk mengefisienkan dan menstabilkan keluaran uap yang akan dihasilkan pembangkit listrik tenaga panas matahari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kontrol *fuzzy* pada *valve* pembangkit tenaga panas matahari menggunakan simulink matlab?
2. Bagaimana perbandingan *valve* menggunakan kontrol *fuzzy* dan tanpa kontrol *fuzzy*?
3. Bagaimana pengaruh tekanan uap dan intensitas cahaya matahari terhadap *valve*?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ada tersebut, maka pembahasan pada skripsi dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Desain pembangkit tidak dibahas secara detail.
2. Pengaturan tekanan untuk memutar turbin agar stabil dan efisien.
3. Masukan pada kontrol fuzzy hanya intensitas cahaya matahari dan tekanan uap.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang diusulkan dalam proposal ini memiliki beberapa tuuandiantaranya :

1. Dapat merancang kontrol *fuzzy* pada matlab untuk menstabilkan pembangkit tenaga panas matahari.
2. Dapat memahami perbedaan pengaturan putaran kontrol menggunakan *fuzzy* maupun tanpa kontrol fuzzy.
3. Dapat mengetahui pengaruh tekanan uap dan intensitas cahaya matahari terhadap valve.

1.5 Manfaat

Dengan penelitian yang diusulkan dalam tugas akhir ini memiliki beberapa manfaat diantaranya mengetahui pengaplikasian kontrol *fuzzy* pada *valve* dan untuk dapat berinovasi di dalam peningkatan efisiensi pembangunan pembangkit tenaga matahari dengan *parabolic trough* pada penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Surya

Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Energi ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan serangkaian teknologi seperti pemanas surya, fotovoltaik surya, listrik panas surya, arsitektur surya, dan fotosintesis buatan.

Teknologi energi surya secara umum dikategorikan menjadi dua kelompok, yakni teknologi pemanfaatan pasif dan teknologi pemanfaatan aktif. Pengelompokan ini tergantung pada proses penyerapan, pengubahan, dan penyaluran energi surya. Contoh pemanfaatan energi surya secara aktif adalah penggunaan panel fotovoltaik dan panel penyerap panas. Contoh pemanfaatan energi surya secara pasif meliputi mengarahkan bangunan ke arah matahari, memilih bangunan dengan massa termal atau kemampuan dispersi cahaya yang baik, dan merancang ruangan dengan sirkulasi udara alami.

Pada tahun 2011, Badan Energi Internasional menyatakan bahwa "perkembangan teknologi energi surya yang terjangkau, tidak habis, dan bersih akan memberikan keuntungan jangka panjang yang besar. Perkembangan ini akan meningkatkan keamanan energi negara-negara melalui pemanfaatan sumber energi yang sudah ada, tidak habis, dan tidak tergantung pada impor, meningkatkan kesinambungan, mengurangi polusi, mengurangi biaya mitigasi perubahan iklim, dan menjaga harga bahan bakar fosil tetap rendah dari sebelumnya. Keuntungan-keuntungan ini berlaku global. (Susanto, 2009)

Di Indonesia melimpahnya cahaya matahari yang merata dan dapat ditangkap di seluruh kepulauan Indonesia hampir sepanjang tahun merupakan sumber energi listrik yang sangat potensial. Di Indonesia yang merupakan daerah tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5-4,8 KWh/m² / hari, setara 112.000 GWp jika dibandingkan dengan potensi luasan lahan di Indonesia atau sepuluh kali lipat dari potensi Jerman dan Eropa. (Subekti Yuliananda, 2015)

2.2 Pemanasan Air

Sistem air panas surya menggunakan sinar matahari untuk memanaskan air. Di daerah dengan lintang bujur geografis rendah (di bawah 40 derajat), 60% - 70% air panas untuk keperluan rumah tangga dengan temperatur sampai dengan 60 °C dapat diperoleh dengan menggunakan sistem pemanasan surya. Jenis pemanas air surya yang umum digunakan adalah kolektor buluh (44%) dan plat datar dengan kaca (34%) untuk kebutuhan air panas rumah tangga; kolektor plastik tanpa kaca (21%) digunakan untuk memanaskan kolam renang.



Gambar 2.1 Pemanas Air Surya Terhadap Matahari Untuk Memaksimalkan Penyerapan (<http://mdvseia.org/concentrated-solar-power/>)

Sampai dengan tahun 2007, kapasitas total terpasang dari sistem air panas surya adalah sekitar 154 GW. Tiongkok memimpin dalam hal ini dengan kapasitas terpasang 70 GW sampai dengan tahun 2006 dan memiliki target jangka panjang 210 GW menjelang tahun 2020. Israel dan Siprus merupakan negara dengan tingkat penggunaan sistem air panas surya per kapita tertinggi, dengan lebih dari 90% rumah menggunakannya. Di Amerika Serikat, Kanada, dan Australia, pemanasan kolam renang adalah aplikasi utama air panas surya dengan kapasitas terpasang 18 GW sampai dengan tahun 2005. (Susanto, 2009)

2.3 Produksi Listrik

Tenaga surya adalah proses pengubahan cahaya matahari menjadi listrik, baik secara langsung menggunakan fotovoltaik, atau secara tak langsung menggunakan tenaga surya terpusat (*concentrated solar power*, CSP). Sistem CSP menggunakan lensa atau cermin dan sistem lacak untuk memfokuskan paparan

cahaya matahari yang luas menjadi seberkas sinar yang kecil. PV mengubah cahaya menjadi aliran listrik menggunakan efek fotolistrik. (Ghalya Pikra, 2011)



Gambar 2.2 Pemandangan Sistem Pembangkit Listrik Surya
(https://id.wikipedia.org/wiki/Energi_surya)

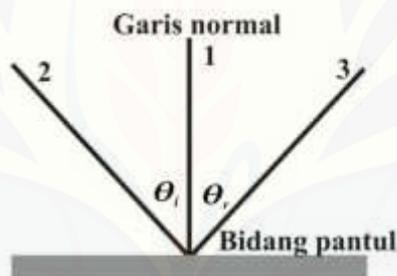
Pembangkit CSP komersial pertama kali dikembangkan pada tahun 1980an. Sejak tahun 1985, pemasangan SEGS CSP berkapasitas 354 MW di gurun Mojave, California adalah pembangkit listrik surya terbesar di dunia. Pembangkit listrik CSP lain meliputi pembangkit listrik tenaga surya Solnova berkapasitas 150 MW dan pembangkit listrik tenaga surya Andasol berkapasitas 100 MW; keduanya berada di Spanyol. Proyek Surya Agua Caliente berkapasitas 250 MW di Amerika Serikat dan Lahan Surya Charanka berkapasitas 221 MW di India adalah pembangkit fotovoltaik terbesar di dunia. Proyek surya melebihi 1 GW sedang dikerjakan, tapi kebanyakan fotovoltaik dipasang di atap-atap dengan ukuran kapasitas kecil, yakni kurang dari 5 kW, yang terhubung dengan saluran listrik menggunakan meteran net dan/atau tarif feed-in. (Michaelnavin, 2015).

2.4 Pemantulan Cahaya

Cahaya adalah gelombang elektromagnetik yang memiliki ciri utama bahwa ia tak pernah diam, sebaliknya cahaya selalu bergerak. Benda-benda yang

memancarkan cahaya mereka sendiri seperti matahari dan filament lampu listrik. Gelombang tipe apapun apabila mengenai sebuah penghalang datar seperti sebuah cermin maka akan muncul gelombang-gelombang baru yang bergerak menjauhi penghalang tersebut, fenomena ini disebut pemantulan. Pemantulan akan terjadi pada suatu bidang batas antara dua medium berbeda seperti sebuah permukaan udara kaca, dalam hal ini sebagian energi datang akan dipantulkan dan sebagian akan ditransmisikan (Susanto, 2009).

Pada saat sinar datang pada permukaan cermin datar, cahaya akan dipantulkan, garis tegak lurus bidang pantul disebut garis normal. Pengukuran sudut datang dan sudut pantul dapat dilihat dari garis normal. Sudut datang (θ_i) adalah sudut yang dibentuk oleh garis normal (1) dan sinar datang (2), sedangkan pada sudut pantul (θ_r) adalah sudut yang dibentuk oleh garis normal (1) dan sinar pantul (3).



Gambar 2.3 Pemantulan cahaya : Sudut datang sama dengan sudut pantul.

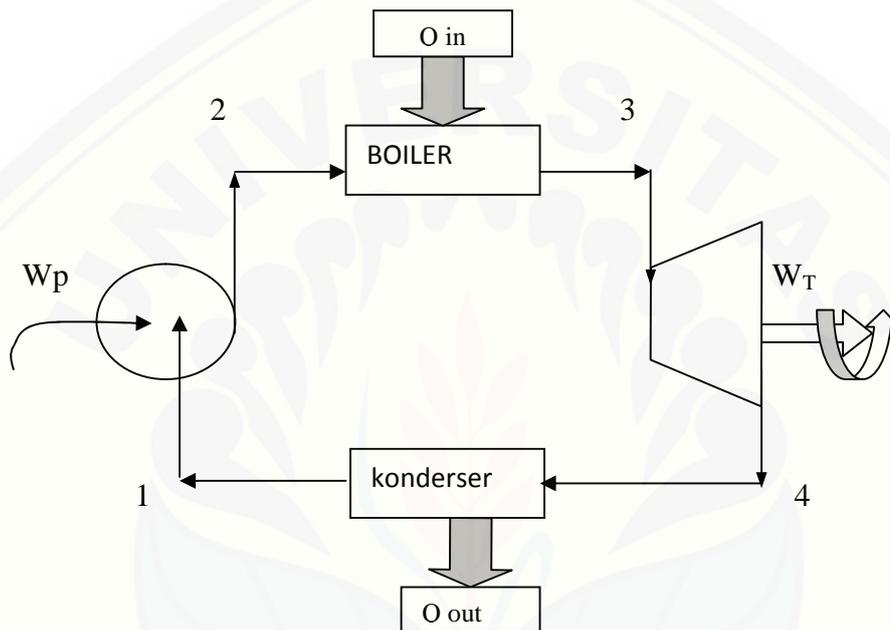
Berdasarkan gambar 2.4.1 diketahui bahwa sinar datang, sinar pantul dan garis normal terletak pada bidang yang sama, dan besar sudut datang (θ_i) sama besar sudut pantul (θ_r). Sehingga pernyataan diatas dikenal dengan hukum pemantulan cahaya.

2.5 Turbin Uap

2.5.1 Siklus Renkine

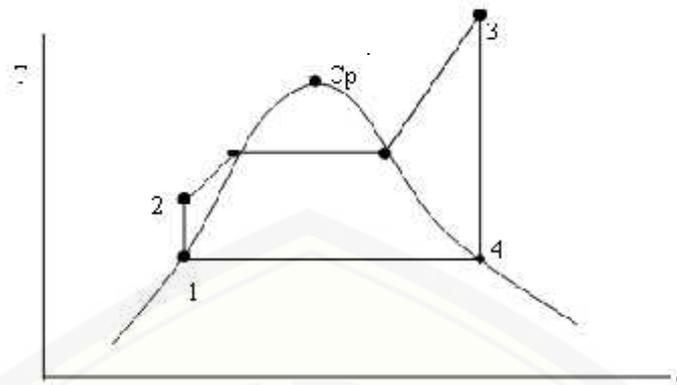
Siklus Renkine setelah diciptakan langsung diterima sebagai standar untuk pembangkit daya yang menggunakan uap (steam). Siklus Renkine nyata yang digunakan dalam instalasi pembangkit daya jauh lebih rumit dari pada siklus renkine ideal asli yang sederhana. siklus ini merupakan siklus yang paling banyak

digunakan untuk pembangkit daya listrik sekarang ini. Turbin Uap adalah salah satu komponen dasar dalam pembangkit listrik tenaga uap. Dimana komponen utama dari sistem tersebut yaitu : Ketel, kondensor, pompa air ketel, dan turbin itu sendiri. Uap yang berfungsi sebagai fluida kerja dihasilkan oleh ketel uap, yaitu suatu alat yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. (Hermawan, 2016)



Gambar 2.4 Siklus rankine

Siklus ideal yang terjadi didalam turbin adalah siklus Renkine ; Air pada siklus 1 dipompakan, kondisinya adalah isentropik $s_1 = s_2$ masuk ke boiler dengan tekanan yang sama dengan tekanan di kondenser tetapi Boiler menyerap panas sedangkan kondenser melepaskan panas, kemudian dari boiler masuk ke turbin dengan kondisi super panas $h_3 = h_4$ dan keluaran dari turbin berbentuk uap jenuh dimana laju aliran massa yang masuk ke turbin sama dengan laju aliran massa keluar dari turbin, ini dapat digambarkan dengan menggunakan diagram T-s berikut:



Gambar 2.5 Diagram Temperatur (T) – Entropi (S)

Menurut Hukum pertama Thermodinamika, kerja yang dihasilkan oleh suatu proses siklus adalah sama dengan Jumlah Perpindahan Kalor pada fluida kerja selama proses siklus tersebut berlangsung. Jadi untuk proses Siklus

$1 - 2 - 2' - 3 - 3' - 4 - 1$

Dengan rumus:

$$W = \oint T dS \dots\dots\dots (2.1)$$

W = Kerja per satuan berat fluida kerja

Ds = Luas $1 - 2 - 2' - 3 - 4 - 1$ pada diagrapham ($T - s$)

Dalam kenyataan Siklus sistem Turbin Uap menyimpang dari Siklus Ideal (Siklus Rankine) antara lain karena faktor tersebut dibawah ini :

1. Kerugian dalam pipa atau saluran fluida kerja, misalnya kerugian gesekan dan kerugian kalor ke atmosfer disekitarnya .
2. Kerugian tekanan dalam ketel uap
3. Kerugian energi didalam turbin karena adanya gesekan pada fluida kerja dan bagian-bagian dari turbin.

2.5.2 Prinsip Kerja Turbin Uap

Secara singkat prinsip kerja turbin uap adalah sebagai berikut :

1. Uap masuk kedalam turbin melalui nosel. Didalam nosel energi panas dari uap dirubah menjadi energi kinetis dan uap mengalami pengembangan.

Tekanan uap pada saat keluar dari nosel lebih kecil dari pada saat masuk ke dalam nosel, akan tetapi sebaliknya kecepatan uap keluar nosel lebih besar dari pada saat masuk ke dalam nosel.

Uap yang memancar keluar dari nosel diarahkan ke sudu-sudu turbin yang berbentuk lengkungan dan dipasang disekeliling roda turbin. Uap yang mengalir melalui celah-celah antara sudu turbin itu dibelokkan kearah mengikuti lengkungan dari sudu turbin. Perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya yang mendorong dan kemudian memutar roda dan poros turbin.

2. Jika uap masih mempunyai kecepatan saat meninggalkan sudu turbin berarti hanya sebagian yang energi kinetis dari uap yang diambil oleh sudu-sudu turbin yang berjalan. Supaya energi kinetis yang tersisa saat meninggalkan sudu turbin dimanfaatkan maka pada turbin dipasang lebih dari satu baris sudu gerak. Sebelum memasuki baris kedua sudu gerak. Maka antara baris pertama dan baris kedua sudu gerak dipasang satu baris sudu tetap (guide blade) yang berguna untuk mengubah arah kecepatan uap, supaya uap dapat masuk ke baris kedua sudu gerak dengan arah yang tepat.
3. Kecepatan uap saat meninggalkan sudu gerak yang terakhir harus dapat dibuat sekecil mungkin, agar energi kinetis yang tersedia dapat dimanfaatkan sebanyak mungkin. Dengan demikian efisiensi turbin menjadi lebih tinggi karena kehilangan energi relatif kecil.

2.6 Generator DC

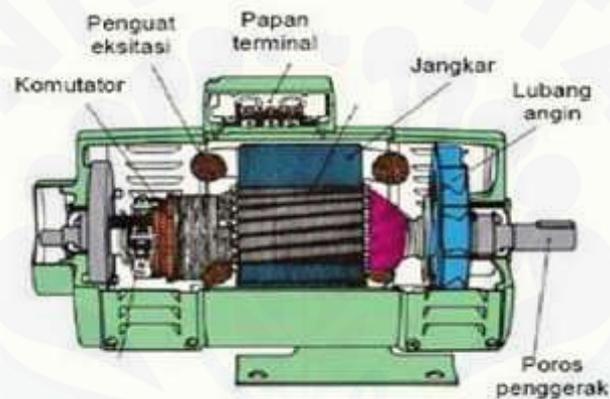
Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC / arus searah. Generator DC dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan dari rangkaian belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar (anker), jenis generator DC yaitu:

1. Generator penguat terpisah
2. Generator shunt

3. Generator kompon

2.6.1 Konstruksi Generator DC

Pada umumnya generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanent dengan 4-kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casis, serta bagian rotor. Gambar 1 menunjukkan gambar potongan melintang konstruksi generator DC. (Hermawan, 2016)



Gambar 2.6 Konstruksi Generator DC

Generator DC terdiri dua bagian, yaitu stator, yaitu bagian mesin DC yang diam, dan bagian rotor, yaitu bagian mesin DC yang berputar. Bagian stator terdiri dari: rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri dari: komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor.

2.7 Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*)

Orang yang belum pernah mengenal logika fuzzy pasti akan mengira bahwa logika fuzzy adalah sesuatu yang amat rumit dan tidak menyenangkan. Namun, sekali seseorang mulai mengenalnya, ia pasti akan sangat tertarik dan akan menjadi pendatang baru untuk ikut serta mempelajari logika fuzzy. Logika fuzzy dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu tentang logika fuzzy modern dan metodis baru ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal sebenarnya konsep tentang logika fuzzy itu sendiri sudah ada pada diri kita sejak lama. (Hermawan, 2016)

Logika fuzzy adalah suatu cara pandang yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Ada beberapa cara untuk memetakan input ke output diantaranya,

1. Sistem fuzzy
2. Sistem linear
3. Sistem pakar
4. Jaringan syaraf
5. Persamaan differensial
6. Tabel interpolasi multi-dimensi
7. dll

Meskipun ada beberapa cara, namun fuzzy akan memberikan solusi yang paling baik .

Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika fuzzy, antara lain :

1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat
4. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.

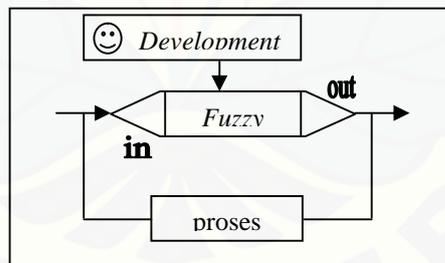
5. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

2.7.1 Klasifikasi Fuzzy

Sistem fuzzy memiliki beberapa jenis klasifikasi, yaitu : sistem kendali fuzzy, sistem klasifikasi fuzzy dan sistem diagnosis fuzzy. Pada ruang lingkup yang lebih luas lagi, masih ada sistem lainnya yang dapat digunakan dan terbukti cukup sukses diantaranya, sistem pakar fuzzy, sistem analisa data fuzzy, sistem pengolahan citra fuzzy dan berbagai ragam aplikasi sistem fuzzy yang sudah ada.

Pada tulisan ini akan diterangkan perbedaan antara sistem kendali fuzzy, sistem klasifikasi fuzzy dan sistem diagnosis fuzzy.

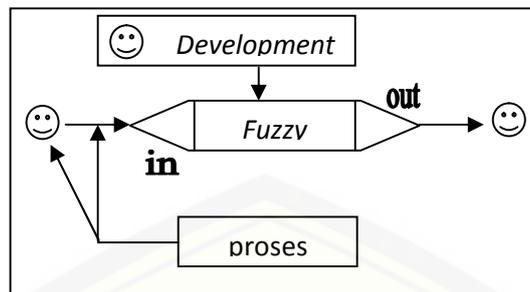
1. Sistem Kendali Fuzzy



Gambar 2.8 Sistem Kendali Fuzzy

Sistem kendali fuzzy yang digambarkan, gambar 2.8 merupakan suatu sistem lingkaran tertutup, dimana tidak terdapat operator yang menjadi bagian dari sistem lingkaran kendali (*control loop*). Contoh dari sistem ini adalah *vacuum cleaner*, dimana sistem pada alat ini mengatur daya motor penghisap tergantung dari banyaknya debu.

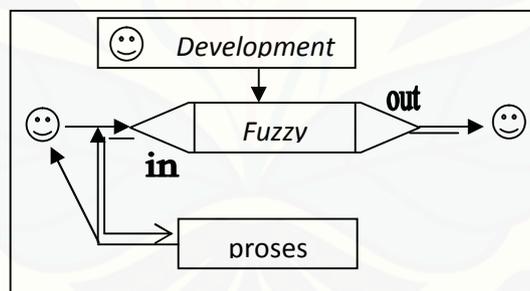
2. Sistem Klasifikasi Fuzzy



Gambar 2.9 Sistem Klasifikasi Fuzzy

Sistem klasifikasi fuzzy yang digambarkan, gambar 2.9 bukan merupakan suatu sistem lingkaran tertutup, sistem ini hanya menerima masukan dan memberi keluaran dari proses untuk selanjutnya memberikan informasi berupa kondisi (*state*), dari proses tadi informasi kondisi ini digunakan untuk mengendalikan sistem atau memberikan tanggung jawab kendali kepada operator. Contoh dari sistem ini adalah : mesin cuci fuzzy.

3. Sistem Diagnosis Fuzzy



Gambar 2.10 Sistem Diagnosis Fuzzy

Pada sistem ini, gambar 2.10 peranan manusia atau operator lebih dominant. Ketika sistem memerlukan data tambahan maka, pengiriman data akan dilaksanakan oleh operator, selain itu operator dapat meminta atau menanyakan informasi dari sistem diagnosis berupa hasil koklusi diagnosis atau prosedur detail hasil diagnosis oleh sistem. Dilihat dari sifatnya, sistem diagnosis fuzzy dapat digolongkan ke dalam sistem pakar fuzzy.

Sistem pakar fuzzy menggunakan notasi fuzzy pada aturan-aturan dan proses inferensi (logika keputusan).

2.7.2 Himpunan Crisp Dan Himpunan Fuzzy

Himpunan Crisp didefinisikan oleh item-item yang ada pada himpunan itu. Jika a anggota dari A , maka nilai yang berhubungan dengan a adalah 1. Namun, jika a bukan anggota dari A , maka nilai yang berhubungan dengan a adalah 0. Notasi $A = \{x \mid P(x)\}$ menunjukkan bahwa A berisi item x dengan $P(x)$ benar. Jika X_A merupakan fungsi karakteristik A dan properti P , maka dapat dikatakan bahwa $P(x)$ benar, jika dan hanya jika $X_A(x) = 1$.

Himpunan fuzzy didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian sehingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval $[0,1]$. Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada 0 atau 1, namun juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata lain, nilai kebenaran suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah.

Beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy :

1. Variabel Fuzzy

Merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy, contoh : umur, temperature, permintaan dan sebagainya.

2. Himpunan Fuzzy

Merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy, contoh :

- Variabel umur dibagi menjadi 3 himpunan fuzzy : muda, parobaya, tua
- Variabel temperature dibagi menjadi 5 himpunan fuzzy : dingin, sejuk, normal, hangat dan panas.

3. Semesta Pembicaraan

Keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy, contoh : semesta pembicaraan untuk variabel temperature : $[0 \ 40]$

4. Domain

Keseluruhan nilai yang diinginkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy.

5. Nilai Ambang *Alfa-Cut*

Merupakan nilai ambang batas domain yang didasarkan pada nilai keanggotaan untuk tiap-tiap domain, dimana *r-cut* memiliki 2 kondisi.

r-cut lemah dapat dinyatakan sebagai : $\sim (x) \geq r$ (2.3)

r-cut kuat dapat dinyatakan sebagai : $\sim (x) > r$ (2.4)

2.8 Parameter Rancangan Solar Kolektor

2.8.1 Daya Output

Daya yang dihasilkan oleh CSP dapat dihitung dengan rumus (Ghalya Pikra, 2011) sebagai berikut :

$$Q_{out} = I \times A \text{(2.6)}$$

Dimana,

- Q_{out} = daya output (W)
- I = intensitas matahari (W/m²)
- A = luas *aperture* (m²)

2.8.2 Panas Input

Selanjutnya untuk daya yang dapat ditangkap oleh *solar collector* dan dalam perhitungan tersebut akan menghasilkan suhu yang dicari, dapat dihitung dengan persamaan (Ghalya Pikra, 2011) sebagai berikut :

$$Q_{in} = \frac{\rho_f \alpha V_f \alpha_{cpf} \Delta T}{\tau} \text{(2.7)}$$

Dimana,

- Q_{in} = panas input (W)
- ρ_f = densitas fluida (kg/m³)
- V_f = volume fluida (m³)
- C_{pf} = panas spesifik fluida (J/kg°C)

ΔT = temperature ($^{\circ}\text{C}$)

t = waktu pengujian (detik)

2.8.3 Tekanan Uap

Dan persamaan tekanan yang dihasilkan dari suhu yang sudah didapat dengan perhitungan dan hasil sebagai berikut :

$$PV = nRT \dots \dots \dots (2.8)$$

T = Suhu air (Kelvin)

n = Jumlah mol

R = Konstanta gas

V = Volume air

2.9 Sensor

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Sensor ada pada pembahasan proposal ini ada dua yaitu sensor tegangan dan sensor arus.

2.9.1 Sensor Tekanan

Sensor tekanan adalah sensor untuk mengukur tekanan suatu zat. Tekanan (p) adalah satuan fisika untuk menyatakan gaya (F) per satuan luas (A). Satuan tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan atau gas. Satuan tekanan (Pa = Pascal) dapat dihubungkan dengan satuan volume (isi) dan suhu. Semakin tinggi tekanan di dalam suatu tempat dengan isi yang sama, maka suhu akan semakin tinggi. Dipenelitian ini sensor tekanan digunakan untuk mengetahui tekanan uap yang dikeluarkan dari pembangkit, dan nilai tekanan tersebut akan dijadikan input dari kontrol fuzzy pada *valve 2*.

2.9.2 Sensor suhu

Sensor suhu yang digunakan pada penelitian nantinya yaitu Termokopel. Termokopel (Thermocouple) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk

mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “*Thermo-electric*”. Efek *Thermo-electric* pada Termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama *Thomas Johann Seebeck* pada Tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan Tegangan listrik diantara dua persimpangan (junction) ini dinamakan dengan Efek “*Seeback*”.

Prinsip kerja Termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya Termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada Termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas.

2.10 Concentrated Solar Power (CSP)

Concentrated Solar Power (CSP) adalah sistem yang memanfaatkan teknologi dengan prinsip mengumpulkan cahaya matahari dalam suatu media yang kemudian dikonversikan menjadi energi panas yang mana dalam proses selanjutnya dapat digunakan dalam suatu sistem yang menghasilkan listrik . Negara-negara yang telah mengembangkan teknologi CSP ini adalah Algeria, Mesir, Yunani, India, Italia, Meksiko, Maroko, Spanyol, dan Amerika (Ghalya Pikra, 2011).

Beberapa jenis *collector* lain yang ada diantaranya kolektor plat datar, *solar ponds*, *solar chimney central receiver system* tetapi masing-masing yang disebut memiliki kelemahan dan kelebihan. Pada kolektor parabola radiasi matahari (W/m^2) cukup untuk memanaskan fluida kerja sampai berubah bentuk menjadi uap. Pada kolektor plat datar tidak dapat menghasilkan suhu yang dapat merubah fluida kerja hingga menjadi uap sehingga kolektor jenis ini digunakan untuk fluida organik dan efisiensi dari kolektor ini hanya 2% dengan harga yang mahal. Dan juga *solar chimney* secara keseluruhan memiliki efisiensi yang rendah, terlalu

kecil untuk digunakan sebagai pembangkit dan tidak ekonomis. Sedangkan jenis parabola piring memiliki kelemahan yaitu biaya konstruksi yang tinggi dan kehandalan rendah (Michaelnavin, 2015).



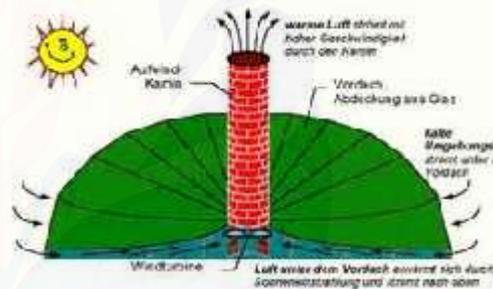
Gb. 2.11 *Parabolic Trough*
(Sumber :google.com)



Gb. 2.12 *Parabolic Dish*
(Sumber : google.com)



Gb. 2.13 *Solar Ponds*
(Sumber : solarflairlighting.com)



Gb. 2.14 *Solar Chimney Central Receiver*
(Sumber :pinstake.com)

Kehandalan dari *parabolic trough* yaitu memiliki suhu sistem sampai dengan 400°C , lebih tinggi jika dibandingkan dengan *parabolic dish* dan *central concentrators* dengan efisiensi yang lebih baik dari pada *plate collector*, *solar ponds* dan *solar himney* memiliki temperature yang rendah sampai 100°C . Sehingga dengan alasan tersebut dipilih *parabolic trough* sebagai kolektor yang memiliki suhu sistem sedang (Michaelnavin, 2015).

Pada penelitian sebelumnya *parabolic trough collector* dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu *reflector* (pemantul), *absorber*, dan kaki penyangga. Plat dari *reflector* terpasang dengan bingkai persegi panjang, bingkai plan dan kaki penyangga tersusun oleh besi pipih dengan ukuran 90 cm, lebar 2 cm, dan tebal

2mm. Bingkai untuk plat *reflector* berukuran 105 cm, lebar 60 cm, plat seng yang dilapisi dengan polet crom mengkilat untuk meningkatkan kemampuan pantul plat. Pipa *absorber* menggunakan bahan aluminium berukuran diameter luar dalam secara berurutan 1.25 cm dan 1 cm dan panjang 115 cm. Pipa *absorber* ditopang menggunakan besi pipih, besi penopang *absorber* ini berukuran panjang total 20 cm (Lintang Ratri Prastika, 2015).

Tekanan yang diperoleh dari penelitian sebelumnya adalah 2 bar saat suhu maksimum *outlet* sebesar 123°C dengan keadaan air mengalir, tekanan maksimum 1.4 bar dalam suhu yang kurang dari 100 °C dikarenakan tekanan yang terukur oleh barometer tersebut merupakan tekanan udara dalam pipa yang terpanaskan, karena pipa tidak terisi penuh oleh air. Untuk mencapai 1.4 bar diperlukan waktu pemanasan 09.30 hingga 11.00. Dilakukan pengukuran intensitas radiasi matahari secara langsung saat melakukan pemanasan PTC supaya dihasilkan nilai efisiensi yang lebih akurat (Lintang Ratri Prastika, 2015).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

“Kontrol Fuzzy Logic Pada Pengaturan Valve Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari”

ini dilaksanakan di :

Tempat : CDAST (Center for Development of Advance Science
and Tecnology) Universitas Jember
Alamat : Jl. Kalimantan 37 Jember 68121 Jawa Timur, Indonesia
Waktu : Februari – Agustus 2017

3.2 Konsep Penelitian

Konsep penelitian ini adalah membangun simulink pembangkit tenaga panas matahari yaitu CSP dan kontrol fuzzy pada matlab. Pada blog simulink tersebut berupa persamaan dari panas hari yang akan dipantulkan oleh CSP dan akan ditangkap oleh kolektor yang di dalamnya berupa air. Pada suhu tertentu akan menghasilkan tekanan yang nantinya akan ditahan oleh *valve* yang dikontrol oleh fuzzy untuk membuka atau menutup yang berfungsi untuk mengontrol tekanan yang dikeluarkan agar tegangan yang diperoleh turbin stabil dan efisien.

Simulasi yang dilakukan ini adalah rata-rata nilai yang terbaik untuk menjadi suatu *input* dan *output* yang nantinya menjadi masukan dari fuzzy tersendiri. Intensitas matahari dan tekanan akan menjadi suatu input dari fuzzy dan yang dikontrol yaitu buka atau tutupnya *valve* yang akan mengeluarkan tekanan. Pada tegangan stabil *valve* akan terbuka setengah dengan tujuan, jika tekanan yang dikeluarkan melebihi angka stabil yang ditentukan maka akan terbuka secara penuh guna untuk mengurangi tekanan yang diinginkan, dan jika tekanan yang dihasilkan kurang dari angka stabil yang diinginkan maka *valve* akan terbuka sedikit guna untuk mendapatkan kestabilan tegangan yang diinginkan.

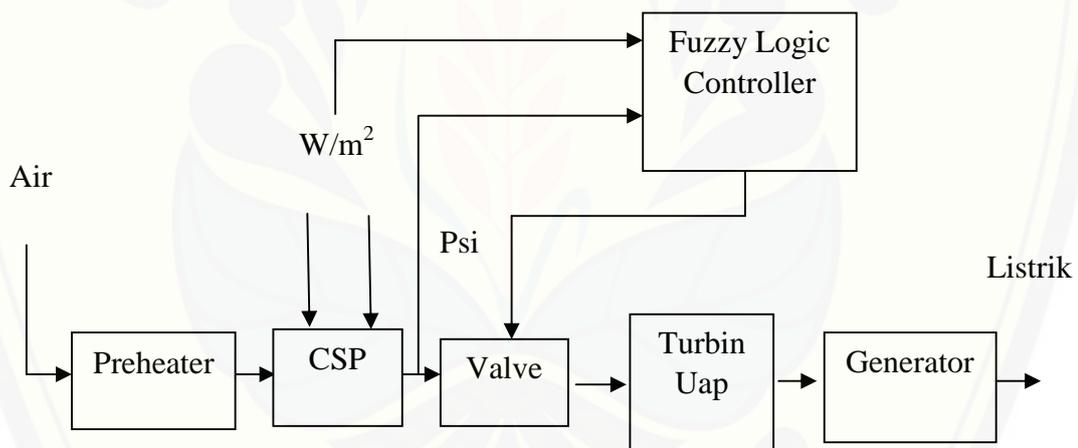
Parameter-parameter pengukuran yang dilakukan adalah intensitas matahari, suhu air pada kolektor, tekanan uap, persentase *valve* dan tegangan.

Intensitas matahari dan tekanan yang nantinya di jadikan acuan untuk persentase *valve*.

3.3 Desain Penelitian

3.3.1 Diagram Blok Pemodelan Sistem

Dari pembangunan simulink dimulai dari intensitas matahari yang akan dimanfaatkan untuk persamaan dari panas yang ditangkap oleh CSP, Dari persamaan tersebut akan keluar yang di serap oleh kolektor yang akan mengubah air menjadi tekanan uap, tekanan uap tersebut akan dikontrol fuzzy yang nantinya akan menentukan tegangan agar stabil dan efisien. Variabel nilai intensitas cahaya matahari berpengaruh juga terhadap tekanan uap yang di dihasilkan, dan dua-duanya dijadikan *input* oleh kontrol fuzzy untuk mengatur buka tutupnya *valve*.

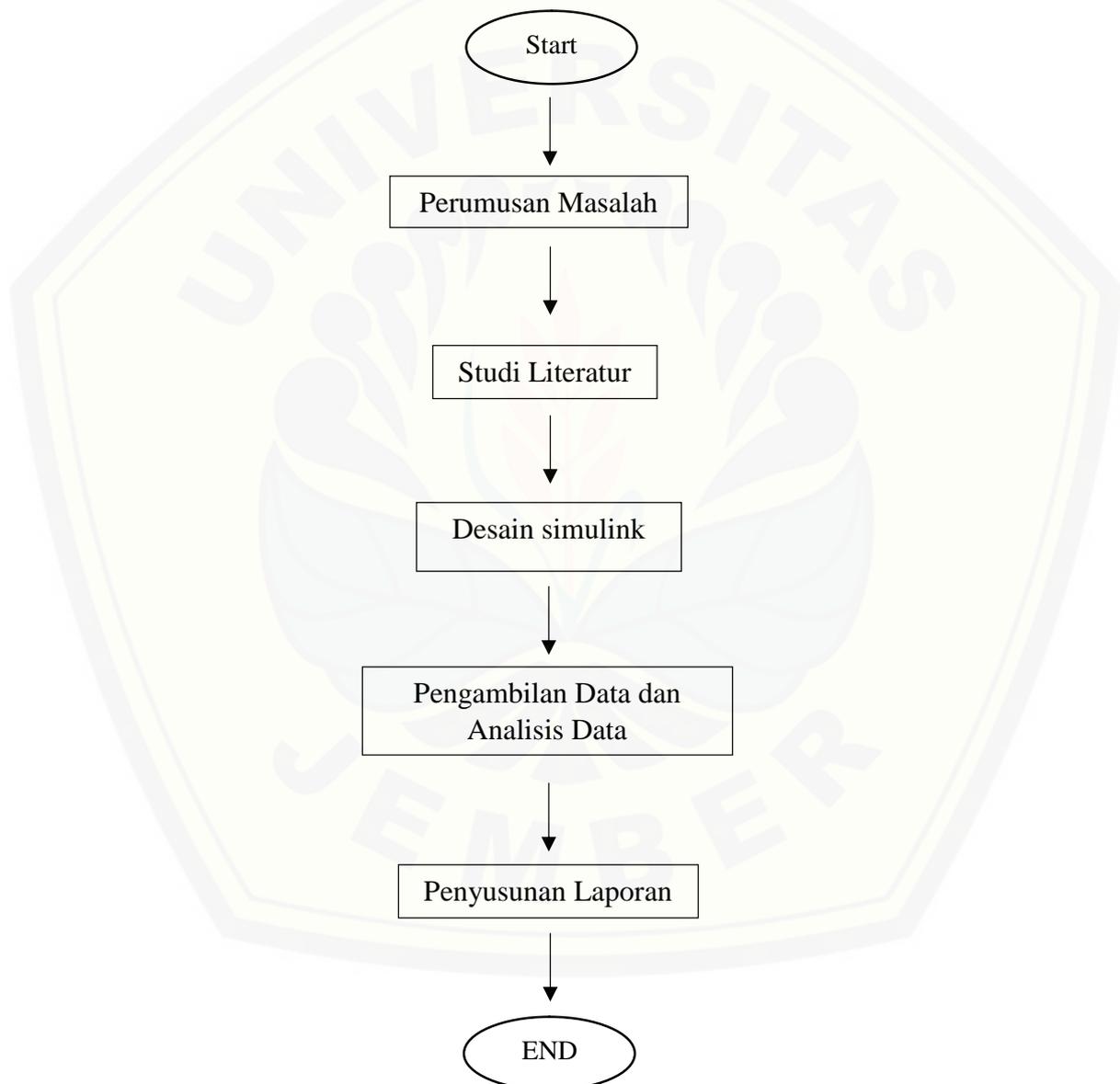


Gambar 3.1 Blok Diagram Pemodelan Sistem

3.3.2 Flowchart

1. Flowchart penelitian

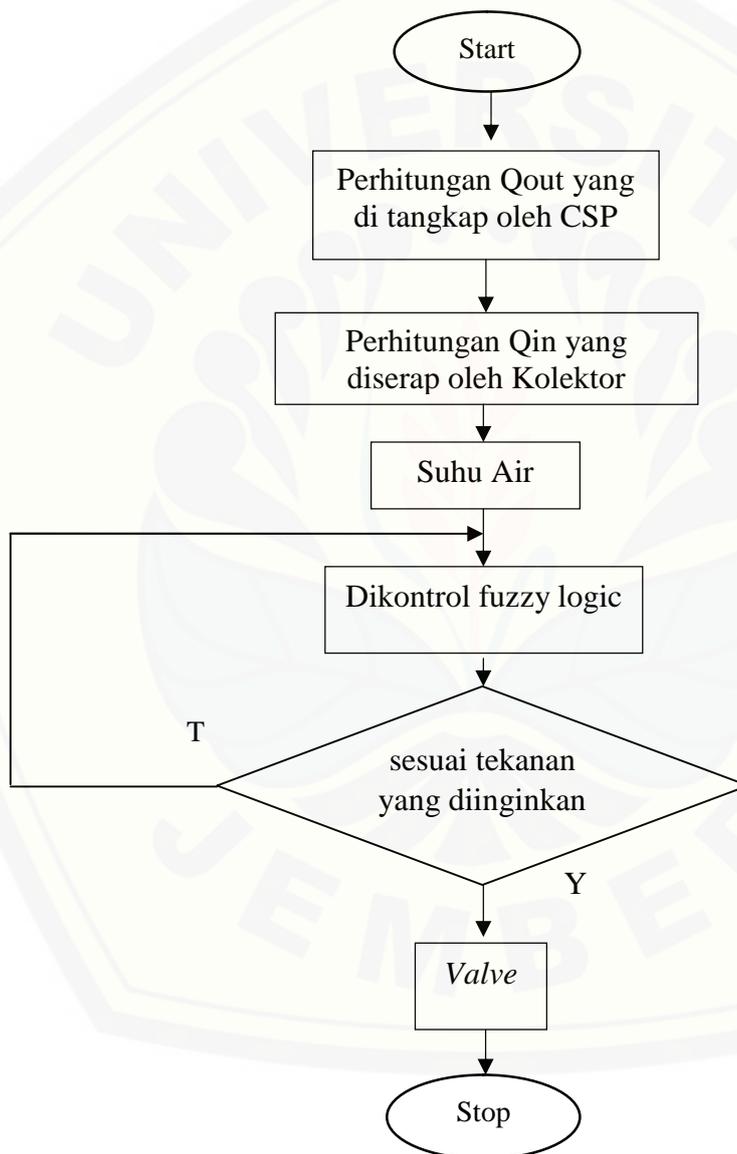
Flowchart atau diagram yang akan digunakan pada penelitian dengan judul “Kontrol *Fuzzy Logic* Pada Pengaturan *Valve* Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari” ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Flowchart Penelitian

2. Flowchart Program

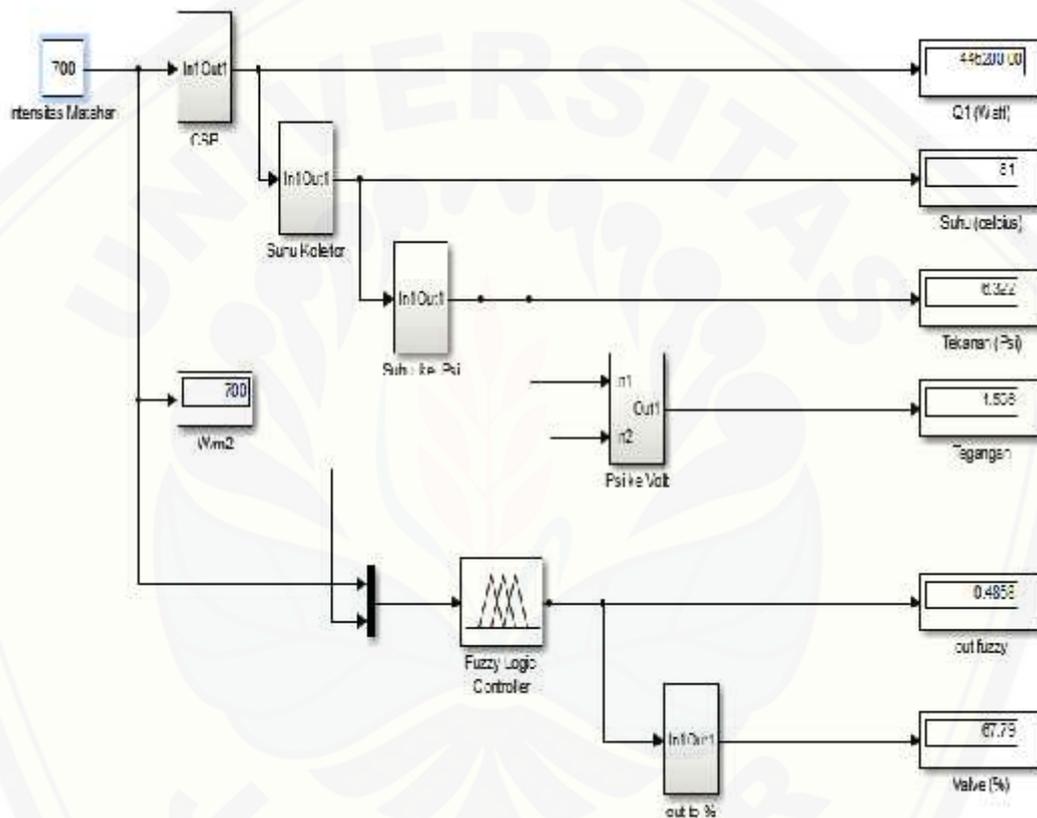
Flowchart program ini yang nantinya sebagai masukan untuk membuat simulink pada matlab dengan masukan intensitas matahari yang nantinya akan digunakan mencari suhu lalu berubah ke tekanan, lalu berapa *valve* yang dibutuhkan untuk membuat tegangan stabil dan efisien.



Gambar 3.3 Flowchart Program

3.3.3 Simulink Matlab

Pada simulink ini yang pertama yaitu ada intensitas cahaya matahari, dan didapatkan nilai suhu yang nantinya akan menghasilkan tekanan uap. Dari tekanan uap itu nantinya akan mengatur masukan fuzzy yang akan mengatur *valve* yang akan menstabilkan tegangan yang didapat. Di bawah adalah simulink matlab yang sudah dibuat :



Gambar 3.4 Simulink Matlab

3.4 Pemodelan Sistem *Concentrated Solar Power* (CSP)

Pemodelan sistem CSP ini yaitu pembuatan pembangkit yang nantinya akan dikontrol oleh fuzzy. Sebelum membuat kita sudah pastikan berapa ukuran dari CSP tersebut, mulai dari *parabolic trough*, kolektor, absorber, dll. Dibawah ini adalah tabel dari ukuran pembangkit yang nantinya akan dibuat dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data geometris desain CSP

Bagian CSP	Besaran	Ukuran
Bingkai Reflector	Panjang	212 cm
	Lebar	100 cm
Kaki Penyangga	Panjang	210 cm
	Lebar	110 cm
	Tinggi	30 cm
Penyangga Absorber	Panjang	50 cm
Pipa Absorber	Diameter luar/dalam	0.85 cm /0.65 cm
	Panjang	220 cm

Diatas ini adalah desain CSP yang akan dimasukkan kedalam rumus yang nantinya akan dimasukkan kedalam simulasi yang ada di matlab.

3.5 Metode Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan dan analisis data ini adalah melakukan perhitungan awal dari rancangan *collector* dengan luasan yang akan digunakan, kemudian melakukan perhitungan nilai kalor yang dapat dihasilkan CSP yang nantinya akan ditangkap oleh *collector* dan akan menghasilkan suhu air. Selanjutnya melakukan perhitungan tekanan yang nantinya akan dikontrol oleh fuzzy.

Pengambilan data nantinya akan diambil secara manual dengan melihat secara langsung pada simulasi yang sudah dibuat. Data yang akan diambil ada beberapa yaitu, intensitas matahari, tekanan uap, persentase *valve*, dan tegangan.

3.6.1 Perancangan Simulasi

perhitungan pertama mencari daya yang dihasilkan oleh CSP, lalu daya tersebut digunakan untuk perhitungan suhu yang akan dihasilkan oleh kolektor, dan selanjutnya perhitungan tekanan uap yang akan dihasilkan oleh air.

Perhitungan :

A. Perhitungan Teori

Daya kalor output adalah daya yang dihasilkan oleh CSP dengan perhitungan dan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{out} &= I \times A \\ I &= 700 \text{ Watt/m}^2 \\ A &= 2,12 \text{ m}^2 \\ \text{maka} \\ Q_{out} &= 700 \times 2,12 \\ Q_{out} &= 1484 \text{ Watt} \end{aligned}$$

B. Perhitungan Teori

Daya kalor input adalah daya yang dihasilkan oleh *collector* dan akan dihasilkan suhu yang didapat oleh air dengan perhitungan dan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{in} &= \frac{\rho_f \times V_f \times C_{pf} \times \Delta T}{t} \\ \rho_f &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ V_f &= 2 \text{ liter} = 0.002 \text{ m}^3 \\ C_{pf} &= 4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \\ Q_{in} &= 1484 \text{ Watt} \\ t &= 5 \text{ menit} = 300 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$t_0 = 28^{\circ}\text{C}$$

maka :

$$Q_{in} = \frac{\rho_f \times V_f \times C_{pf} \times \Delta T}{t}$$

$$\Delta T = \frac{Q_{in} \times t}{\rho_f \times V_f \times C_{pf}}$$

$$\Delta T = \frac{1484 \times 300}{1000 \times 0,002 \times 4200}$$

$$\Delta T = \frac{445,200}{8,400}$$

$$\Delta T = 53$$

$$\Delta T = t_1 - t_2$$

$$53 = t_1 - 28$$

$$t_1 = 53 + 28$$

$$t_1 = 81^{\circ}\text{C}$$

C. Perhitungan Teori

Tekanan yang dihasilkan dari suhu yang sudah didapat dengan perhitungan dan hasil sebagai berikut :

$$T = 81^{\circ}\text{C} = 354 \text{ Kelvin}$$

$$M_{r\text{H}_2\text{O}} = (2 \times A_{r\text{H}}) + (1 \times A_{r\text{O}})$$

$$= (2 \times 1) + (1 \times 16)$$

$$= 18$$

$$m = \rho \times V$$

$$= 1000 \times 0,002$$

$$= 2 \text{ Kg}$$

$$n = \frac{m}{M_{r\text{H}_2\text{O}}}$$

$$= \frac{2}{18}$$

$$= 0,11 \text{ mol}$$

$$R = 0,08205$$

$$V = 0,000073 \text{ m}^3$$

maka :

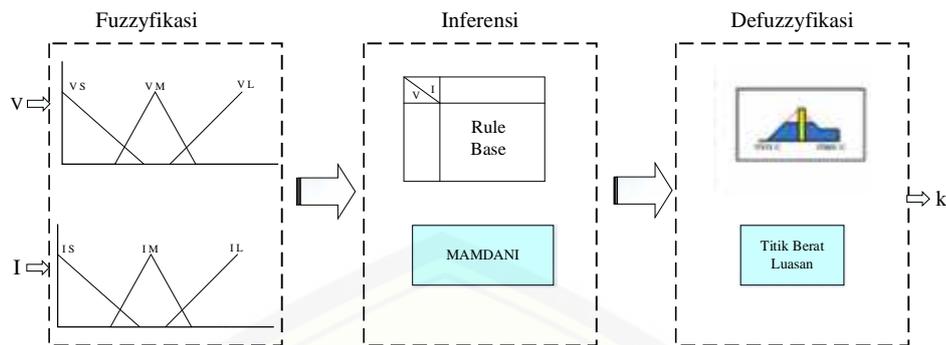
$$PV = nRT$$

$$\begin{aligned}P &= \frac{nRT}{V} \\P &= \frac{0,11 \times 0,08205 \times 354}{0,000073} \\P &= 43588,36 \text{ Pa} \\P &= 6,322 \text{ Psi}\end{aligned}$$

3.6 Perancangan Logika Fuzzy

Perancangan logika fuzzy pada sistem ini akan diimplementasikan secara simulasi kedalam matlab. Tahap pembuatan logika fuzzy ini dilakukan melalui beberapa tahap yaitu dimulai dari tahap fuzzyfikasi dimana terdiri dari pembuatan *membership function*, kemudian dilanjutkan ketahap *inferent* dimana pada tahap ini merupakan proses pembuatan *rule base* dan kemudian ketahap defuzzyfikasi yaitu proses *output* yang diperoleh dari keseluruhan proses.

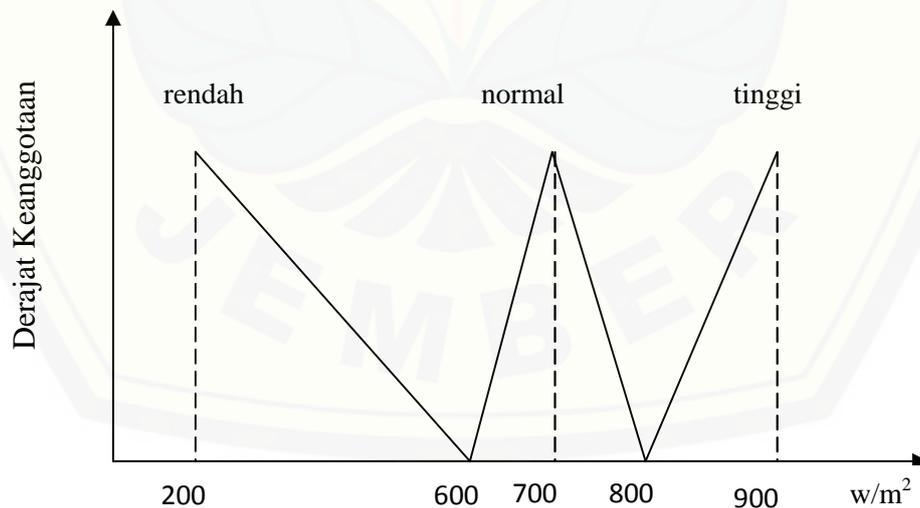
Penerapan logika fuzzy yang digunakan memiliki *input* berupa intensitas matahari dan tekanan uap, *output* dari *valve* dengan nilai *output* berupa nilai persentase. Untuk menentukan *membership function* dari *input* data maupun *output* data diperlukan pengujian intensitas matahari dan tekanan uap. Pengujian dilakukan dengan mengambil data berupa nilai intensitas matahari dan tekanan uap dari simulasi yang sudah dibuat sehingga nantinya akan ditentukan berapa persentase membuka ataupun membuka sedikit pada *valve*. Pengambilan data-data tersebut akan digunakan untuk menentukan *membership function* dari *input* maupun *output* dari fuzzy yang akan digunakan untuk menentukan tekanan yang akan dikeluarkan untuk memutar tubin. Tahapan-tahapan logika fuzzy dapat ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Blok Sistem Logika Fuzzy

3.5.1 Fuzzyfikasi

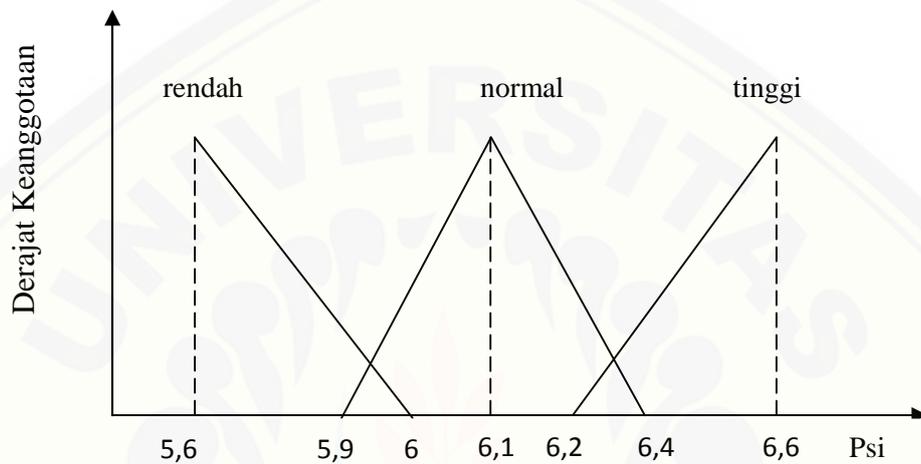
Tahap awal pembuatan fuzzy diawali dengan proses fuzzyfikasi. Pada tahap ini dilakukan terhadap nilai intensitas matahari dan tekanan uap, yaitu dengan membuat himpunan keanggotaan untuk intensitas matahari dan tekanan uap, dan kemudian menentukan derajat keanggotaan masing-masing nilai tekanan dan tegangan. Untuk *membership function* dari nilai intensitas matahari dapat diketahui seperti pada gambar 3.7.

Gambar 3.6 *Membership Function* Intensitas Cahaya Matahari

Batas maksimal intensitas matahari yang digunakan dalam fuzzy sebesar 900 W/m^2 karena dalam pengujian nilai intensitas matahari tidak bisa melebihi

nilai tersebut meskipun dalam terik matahari yang tinggi. Untuk perhitungan *membership function*. Dan nilai intensitas matahari terendah yaitu 200 W/m^2 karena pada saat mendung intensitas masih diatas tyang sudah ditentukan.

Selanjutnya menentukan derajat keanggotaan dari tekanan uap. Untuk *membership function* dari nilai tekanan uap dapat ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 *Membership Function* Tekanan Uap

Batas maksimal tekanan yang digunakan dalam fuzzy sebesar 6,592 Psi karena dalam pengujian nilai tekanan tidak bisa melebihi nilai tersebut meskipun dalam suhu yang sangat tinggi sekalipun. Dan untuk batas tekanan uap terendah yaitu 5,646 Psi karena meskipun dalam suhu yang kecil nilai tekanan masih diatas nilai yang sudah ditentukan.

3.5.2 Inferensi

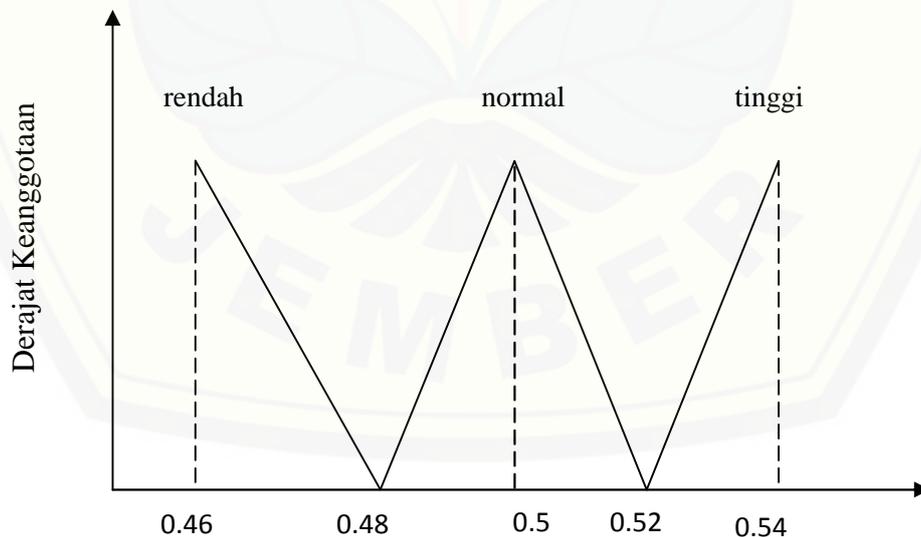
Inferensi dimulai dengan memetakan nilai derajat keanggotaan dari masing-masing intensitas matahari dan tekanan uap ke sebuah tabel yang berisi basis aturan yang dipilih (*rule base*) dan menggunakan sebuah metode untuk pemilihan nilai dari dearajat keanggotaan. Dengan demikian terlebih dahulu harus dibuat matrik atau tabel *rule base*. *Rule base* dapat ditunjukkan pada gambar 3.8.

T \ I	R	N	T
R	BS	BS	BS
N	SB	SB	SB
T	B	B	B

Gambar 3.8 *Rule Base*

3.5.3 Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi dilakukan dengan memetakan nilai-nilai U ke himpunan defuzzyfikasi yang dinyatakan dengan persamaan-persamaan garis. Berbeda dengan fuzzyfikasi, defuzzyfikasi akan menghasilkan luasan-luasan yang dibatasi dengan tinggi masing-masing nilai U dan garis yang dihasilkan dari pemetaan ke *rule base*. Untuk himpunan keanggotaan defuzzyfikasi dapat ditunjukkan pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Himpunan Defuzzyfikasi

Penentuan nilai persentase *valve* ditentukan dengan nilai intensitas matahari dan tekanan uap yang akan menghasilkan berapa nilai yang akan dikeluarkan, dan akan menghasilkan nilai tegangan stabil yang sebesar kurang lebih 1,5 Volt. Selanjutnya akan menghasilkan persentase *valve* membuka atau menutup atau terbuka setengah.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil-hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai dasar untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan analisa pada penelitian yang berjudul “Kontrol *Fuzzy Logic* Pada Pengaturan *Valve* Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari” didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Dengan menggunakan kontrol fuzzy pada pembangkit ini sangat berpengaruh untuk menstabilkan tegangan, hal ini dibuktikan pada tabel 4.8.
2. Pada perbedaan simulasi tanpa menggunakan kontrol fuzzy didapatkan nilai tegangan dengan *valve* terbuka setengah sebesar 1,56 Volt dan menggunakan fuzzy dengan *valve* terbuka 59% didapatkan nilai tegangan sebesar 1,53 Volt.
3. Pengaruh intensitas cahaya matahari dan tekanan sangatlah berpengaruh, pada intensitas cahaya $534,30 \text{ W/m}^2$ tekanan sebesar 6,10 Psi dan *valve* membuka 50%, dan dengan tekanan lain yang sebesar $749,71 \text{ W/m}^2$ tekanan 6,39 didapatkan nilai persentase *valve* 68% membuka.

5.2 Saran

Setelah melakukan pemodelan, penulis memberikan saran untuk mengembangkan penelitian berikutnya, antara lain.

1. Kontrol fuzzy dapat diganti dengan kontrol *neural network* sebagai perbandingan.
2. Kontrol fuzzy ini bisa diterapkan ke pembangkit lain selain pembangkit tenaga panas matahari seperti pada penelitian yang menggunakan *valve*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvaro Luiz G. Carneiro, A. c. (2014). An Integrated Approach for Process Control Valves Diagnosis Using Fuzzy Logic. *World Journal of Nuclear Science and Technology* , 148-157.
- Cai jingwe, S. I. (2015). Direct Fuzzy Backstepping Control for Turbine Main Steam Valve of Multi-machine Power System. *CSP* , 702-706.
- Ghalya Pikra, A. S. (2011). Uji Coba Awal Parabolic Trough Solar Collector. *Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology Vol. 02, No 2, pp 57-64, 57-64.*
- Gritli, W., Gharsallaoui, H., & Benrejeb, M. (2016). PID type fuzzy scaling factors tuning using genetic algorithm and simulink design optimization for electronic throttle valve. *CoDIT* , 216-221.
- Hermawan, R. A. (2016). *Rancang Bangun Speed Observer Pada Generator DC Menggunakan logika Fuzzy*. Jember: Universitas Jember.
- Hongbo Liang, m. f. (2017). A Monte Carlo method and finite volume method coupled optical simulation method for parabolic trough solar collectors. *elsevier* , 62-68.
- Li-zhan Li, L.-y. S. (2013). Direct Fuzzy Backstepping Control for Turbine Main Steam Valve. 171-174.
- M.A.Daneshwar, N. M. (2013). Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Identification Model for Smart Control Valves with Static Friction . 122-126.
- Mushiri, c. m. (n.d.). A study into the role of fuzzy logic systems in condition based maintenance for control of the pneumatic valve of bottle washer in beverage companies, specifically the Kronos group of companies. 1-5.

Thae Thae Ei Aung, M. M. (n.d.). Design and Development of Fuzzy Logic Controller for Liquid Flow Control . *IJECSE* , 208-218.

Wafa gritli, h. g. (2015). A PID-type Fuzzy Logic Controller Based on Flatness for Electronic Throttle Valve. *IEE* , 1-5.



LAMPIRAN

A. Data Percobaan Pertama Tanpa Fuzzy

Tabel A

Jam	Radiasi Matahari (W/m²)	Tekanan (Psi)	Valve (%)	Tegangan (Volt)
10:00	528.25	6.09	50	1.52
10:05	522.19	6.08	50	1.52
10:10	550.63	6.12	50	1.53
10:15	534.30	6.10	50	1.52
10:20	796.06	6.45	50	1.61
10:25	763.93	6.41	50	1.60
10:30	768.14	6.41	50	1.60
10:35	773.67	6.42	50	1.61
10:40	749.71	6.39	50	1.60
10:45	770.51	6.42	50	1.60
10:50	796.06	6.45	50	1.61
10:55	802.38	6.46	50	1.62
11:00	602.51	6.19	50	1.55
11:05	614.62	6.21	50	1.55
11:10	793.69	6.45	50	1.61
11:15	580.65	6.16	50	1.54
11:20	610.41	6.20	50	1.55
11:25	470.31	6.01	50	1.50
11:30	438.45	5.97	50	1.49
11:35	807.64	6.47	50	1.62
11:40	589.87	6.17	50	1.54
11:45	818.97	6.48	50	1.62

Tabel A (Lanjutan)

11:50	828.71	6.50	50	1.62
11:55	650.43	6.26	50	1.56
12:00	393.68	5.91	50	1.48
12:05	811.59	6.47	50	1.62
12:10	832.66	6.50	50	1.63
12:15	826.34	6.49	50	1.62
12:20	628.05	6.22	50	1.56
12:25	822.39	6.49	50	1.62
12:30	635.69	6.24	50	1.56
12:35	595.13	6.18	50	1.55
12:40	380.52	5.89	50	1.47
12:45	400.00	5.92	50	1.48
12:50	455.04	5.99	50	1.50
12:55	402.64	5.92	50	1.48
13:00	328.90	5.82	50	1.46
13:05	307.31	5.79	50	1.45
13:10	535.88	6.10	50	1.53
13:15	393.95	5.91	50	1.48
13:20	589.34	6.17	50	1.54
13:25	578.81	6.16	50	1.54
13:30	557.48	6.13	50	1.53
13:35	645.96	6.25	50	1.56
13:40	623.31	6.22	50	1.55
13:45	374.99	5.88	50	1.47
13:50	470.31	6.01	50	1.50
13:55	541.68	6.11	50	1.53
14:00	559.58	6.13	50	1.53

B. Data Percobaan Kedua Tanpa Fuzzy

Tabel B

Jam	Radiasi Matahari (W/m²)	Tekanan (Psi)	Valve (%)	Tegangan (Volt)
10:00	722.06	6.35	50	1.59
10:05	715.74	6.34	50	1.59
10:10	730.75	6.36	50	1.59
10:15	736.28	6.37	50	1.59
10:20	730.75	6.36	50	1.59
10:25	755.27	6.40	50	1.60
10:30	698.87	6.32	50	1.58
10:35	589.09	6.17	50	1.54
10:40	612.34	6.20	50	1.55
10:45	678.46	6.29	50	1.57
10:50	734.12	6.37	50	1.59
10:55	739.43	6.38	50	1.59
11:00	267.56	5.74	50	1.43
11:05	299.08	5.78	50	1.44
11:10	398.51	5.91	50	1.48
11:15	387.09	5.90	50	1.47
11:20	476.55	6.02	50	1.50
11:25	413.98	5.94	50	1.48
11:30	536.67	6.10	50	1.53
11:35	539.63	6.11	50	1.53
11:40	629.75	6.23	50	1.56
11:45	698.98	6.32	50	1.58
11:50	700.83	6.32	50	1.58
11:55	898.56	6.59	50	1.65
12:00	865.46	6.55	50	1.64

Tabel B (Lanjutan)

12:05	812.45	6.47	50	1.62
12:10	498.67	6.05	50	1.51
12:15	596.56	6.18	50	1.55
12:20	628.57	6.23	50	1.56
12:25	386.35	5.90	50	1.47
12:30	268.89	5.74	50	1.43
12:35	509.76	6.06	50	1.52
12:40	466.43	6.01	50	1.50
12:45	309.65	5.79	50	1.45
12:50	298.56	5.78	50	1.44
12:55	507.57	6.06	50	1.52
13:00	583.44	6.16	50	1.54
13:05	667.45	6.28	50	1.57
13:10	684.57	6.30	50	1.58
13:15	344.56	5.84	50	1.46
13:20	569.65	6.15	50	1.54
13:25	669.46	6.28	50	1.57
13:30	532.12	6.10	50	1.52
13:35	445.36	5.98	50	1.49
13:40	465.74	6.01	50	1.50
13:45	567.34	6.14	50	1.54
13:50	356.13	5.86	50	1.46
13:55	436.03	5.97	50	1.49
14:00	412.43	5.93	50	1.48

C. Data Percobaan Ketiga Tanpa Fuzzy

Tabel C

Jam	Radiasi Matahari (W/m²)	Tekanan (Psi)	Valve (%)	Tegangan (Volt)
10:00	203.45	5.65	50	1.41
10:05	376.43	5.88	50	1.47
10:10	257.68	5.72	50	1.43
10:15	485.46	6.03	50	1.51
10:20	857.24	6.53	50	1.63
10:25	890.67	6.58	50	1.64
10:30	834.54	6.50	50	1.63
10:35	823.66	6.49	50	1.62
10:40	876.89	6.56	50	1.64
10:45	845.67	6.52	50	1.63
10:50	646.71	6.25	50	1.56
10:55	739.43	6.38	50	1.59
11:00	267.56	5.74	50	1.43
11:05	538.01	6.10	50	1.53
11:10	638.33	6.24	50	1.56
11:15	734.56	6.37	50	1.59
11:20	789.54	6.44	50	1.61
11:25	851.34	6.53	50	1.63
11:30	811.05	6.47	50	1.62
11:35	834.21	6.50	50	1.63
11:40	723.53	6.35	50	1.59
11:45	744.56	6.38	50	1.60
11:50	712.91	6.34	50	1.58
11:55	755.67	6.40	50	1.60
12:00	865.46	6.55	50	1.64

Tabel C (Lanjutan)

12:05	812.45	6.47	50	1.62
12:10	634.67	6.23	50	1.56
12:15	678.99	6.29	50	1.57
12:20	845.16	6.52	50	1.63
12:25	854.11	6.53	50	1.63
12:30	745.23	6.38	50	1.60
12:35	455.72	5.99	50	1.50
12:40	456.77	5.99	50	1.50
12:45	309.65	5.79	50	1.45
12:50	765.14	6.41	50	1.60
12:55	623.97	6.22	50	1.55
13:00	544.58	6.11	50	1.53
13:05	634.18	6.23	50	1.56
13:10	456.23	5.99	50	1.50
13:15	674.03	6.29	50	1.57
13:20	745.22	6.38	50	1.60
13:25	623.53	6.22	50	1.55
13:30	612.76	6.20	50	1.55
13:35	642.15	6.24	50	1.56
13:40	613.54	6.21	50	1.55
13:45	315.68	5.80	50	1.45
13:50	441.73	5.97	50	1.49
13:55	436.03	5.97	50	1.49
14:00	322.01	5.81	50	1.45

D. Data Percobaan Pertama Menggunakan Fuzzy

Tabel D

Jam	Radiasi Matahari (W/m²)	Tekanan (Psi)	Valve (%)	Tegangan (Volt)
10:00	528.25	6.09	50	1.52
10:05	522.19	6.08	50	1.52
10:10	550.63	6.12	50	1.53
10:15	534.30	6.10	50	1.52
10:20	796.06	6.45	75	1.55
10:25	763.93	6.41	68	1.56
10:30	768.14	6.41	68	1.56
10:35	773.67	6.42	68	1.56
10:40	749.71	6.39	68	1.55
10:45	770.51	6.42	75	1.54
10:50	796.06	6.45	75	1.55
10:55	802.38	6.46	89	1.51
11:00	602.51	6.19	56	1.53
11:05	614.62	6.21	56	1.54
11:10	793.69	6.45	89	1.51
11:15	580.65	6.16	50	1.54
11:20	610.41	6.20	56	1.53
11:25	470.31	6.01	32	1.55
11:30	438.45	5.97	32	1.53
11:35	807.64	6.47	89	1.52
11:40	589.87	6.17	53	1.54
11:45	818.97	6.48	89	1.52
11:50	828.71	6.50	89	1.52
11:55	650.43	6.26	56	1.55
12:00	393.68	5.91	9	1.57

Tabel D (Lanjutan)

12:05	811.59	6.47	89	1.52
12:10	832.66	6.50	89	1.52
12:15	826.34	6.49	89	1.52
12:20	628.05	6.22	56	1.54
12:25	822.39	6.49	89	1.52
12:30	635.69	6.24	56	1.54
12:35	595.13	6.18	51	1.54
12:40	380.52	5.89	25	1.53
12:45	400.00	5.92	32	1.52
12:50	455.04	5.99	32	1.54
12:55	402.64	5.92	32	1.52
13:00	328.90	5.82	9	1.55
13:05	307.31	5.79	9	1.54
13:10	535.88	6.10	50	1.53
13:15	393.95	5.91	9	1.57
13:20	589.34	6.17	50	1.54
13:25	578.81	6.16	51	1.54
13:30	557.48	6.13	50	1.53
13:35	645.96	6.25	56	1.55
13:40	623.31	6.22	56	1.54
13:45	374.99	5.88	9	1.57
13:50	470.31	6.01	32	1.55
13:55	541.68	6.11	50	1.53
14:00	559.58	6.13	50	1.53

E. Data Percobaan Kedua Menggunakan Fuzzy

Tabel E

Jam	Radiasi Matahari (W/m²)	Tekanan (Psi)	Valve (%)	Tegangan (Volt)
10:00	722.06	6.35	69	1.54
10:05	715.74	6.34	69	1.54
10:10	730.75	6.36	69	1.54
10:15	736.28	6.37	69	1.54
10:20	730.75	6.36	69	1.54
10:25	755.27	6.40	75	1.54
10:30	698.87	6.32	68	1.54
10:35	589.09	6.17	56	1.53
10:40	612.34	6.20	56	1.54
10:45	678.46	6.29	68	1.53
10:50	734.12	6.37	69	1.54
10:55	739.43	6.38	69	1.55
11:00	267.56	5.74	9	1.53
11:05	299.08	5.78	9	1.54
11:10	398.51	5.91	10	1.57
11:15	387.09	5.90	10	1.57
11:20	476.55	6.02	38	1.54
11:25	413.98	5.94	38	1.51
11:30	536.67	6.10	50	1.53
11:35	539.63	6.11	50	1.53
11:40	629.75	6.23	56	1.54
11:45	698.98	6.32	68	1.54
11:50	700.83	6.32	68	1.54
11:55	898.56	6.59	90	1.54
12:00	865.46	6.55	90	1.53

Tabel E (Lanjutan)

12:05	812.45	6.47	89	1.52
12:10	498.67	6.05	50	1.51
12:15	596.56	6.18	54	1.54
12:20	628.57	6.23	56	1.54
12:25	386.35	5.90	32	1.52
12:30	268.89	5.74	9	1.53
12:35	509.76	6.06	50	1.52
12:40	466.43	6.01	38	1.53
12:45	309.65	5.79	10	1.54
12:50	298.56	5.78	10	1.54
12:55	507.57	6.06	50	1.52
13:00	583.44	6.16	54	1.53
13:05	667.45	6.28	63	1.54
13:10	684.57	6.30	63	1.54
13:15	344.56	5.84	10	1.55
13:20	569.65	6.15	53	1.53
13:25	669.46	6.28	63	1.54
13:30	532.12	6.10	50	1.52
13:35	445.36	5.98	35	1.53
13:40	465.74	6.01	35	1.54
13:45	567.34	6.14	53	1.53
13:50	356.13	5.86	10	1.56
13:55	436.03	5.97	34	1.53
14:00	412.43	5.93	34	1.52

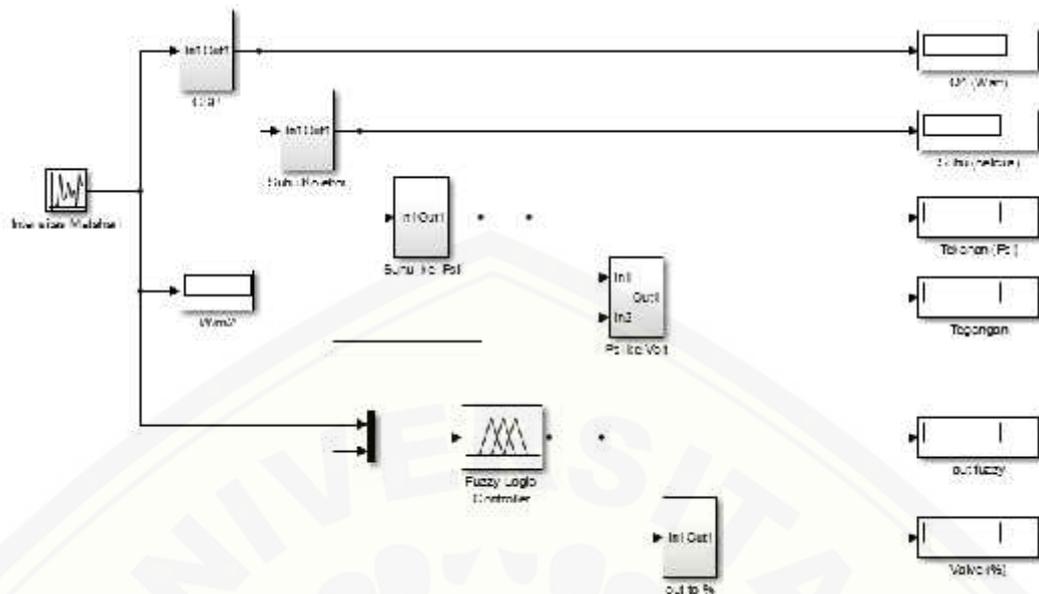
F. Data Percobaan Ketiga Menggunakan Fuzzy

Tabel F

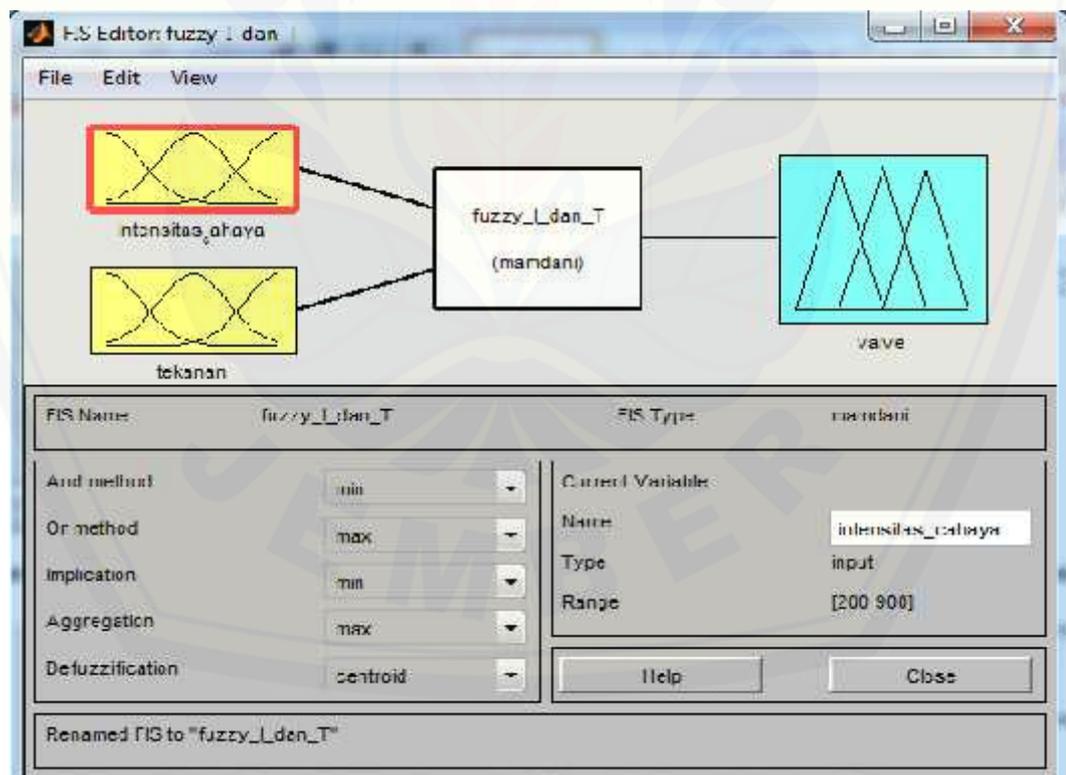
Jam	Radiasi Matahari (W/m²)	Tekanan (Psi)	Valve (%)	Tegangan (Volt)
10:00	203.45	5.65	8	1.51
10:05	376.43	5.88	25	1.53
10:10	257.68	5.72	10	1.52
10:15	485.46	6.03	38	1.54
10:20	857.24	6.53	90	1.53
10:25	890.67	6.58	91	1.54
10:30	834.54	6.50	89	1.53
10:35	823.66	6.49	89	1.52
10:40	876.89	6.56	89	1.54
10:45	845.67	6.52	89	1.53
10:50	646.71	6.25	59	1.54
10:55	739.43	6.38	75	1.53
11:00	267.56	5.74	9	1.53
11:05	538.01	6.10	50	1.53
11:10	638.33	6.24	58	1.54
11:15	734.56	6.37	69	1.54
11:20	789.54	6.44	75	1.55
11:25	851.34	6.53	90	1.53
11:30	811.05	6.47	90	1.51
11:35	834.21	6.50	90	1.52
11:40	723.53	6.35	69	1.54
11:45	744.56	6.38	69	1.55
11:50	712.91	6.34	69	1.54
11:55	755.67	6.40	69	1.55
12:00	865.46	6.55	90	1.53

Tabel F (Lanjutan)

12:05	812.45	6.47	90	1.51
12:10	634.67	6.23	60	1.53
12:15	678.99	6.29	60	1.55
12:20	845.16	6.52	90	1.53
12:25	854.11	6.53	90	1.53
12:30	745.23	6.38	69	1.55
12:35	455.72	5.99	38	1.53
12:40	456.77	5.99	38	1.53
12:45	309.65	5.79	13	1.54
12:50	765.14	6.41	69	1.55
12:55	623.97	6.22	60	1.53
13:00	544.58	6.11	50	1.53
13:05	634.18	6.23	58	1.54
13:10	456.23	5.99	38	1.53
13:15	674.03	6.29	63	1.54
13:20	745.22	6.38	75	1.53
13:25	623.53	6.22	63	1.52
13:30	612.76	6.20	56	1.54
13:35	642.15	6.24	59	1.54
13:40	613.54	6.21	59	1.53
13:45	315.68	5.80	11	1.54
13:50	441.73	5.97	38	1.52
13:55	436.03	5.97	38	1.52
14:00	322.01	5.81	13	1.54



Gambar 6 Rangkaian simulasi pada matlab



Gambar 7 Membership fuction kontrol fuzzy