



TUGAS AKHIR - TF 141581

PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN pH LARUTAN $\text{CH}_3\text{COOH-NaOH}$ DENGAN LOGIKA FUZZY

DIMAS PASCA WURAGIL

NRP. 0231 1140 000092

Dosen Pembimbing

Hendra Cordova, S.T., M.T.

NIPN. 19690530 1994

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



FINAL PROJECT - TF 141581

*DESIGN pH CONTROL SYSTEM OF CH₃COOH-
NaOH USING FUZZY LOGIC METHOD*

DIMAS PASCA WURAGIL

NRP. 0231 1140 00092

Supervisor

Hendra Cordova, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dimas Pasca Wuragil

NRP : 02311140000092

Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul **PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN pH LARUTAN CH₃COOH-NaOH DENGAN LOGIKA FUZZY** adalah bebas dari plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 25 Juli 2018

Yang membuat pernyataan,

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN pH
CH₃COOH-NaOH DENGAN LOGIKA FUZZY**

TUGAS AKHIR

Oleh :



Dimas Pasca Wuragil
NRP : 0231114000092

Mengetahui/Menyetujui
Dosen Pembimbing



Hendra Cordova. ST, MT
NIPN. 19690530 199412 1 001

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Fisika FTI-ITS



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

Surabaya, Juli 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN pH CH₃COOH-NaOH DENGAN LOGIKA FUZZY

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Dimas Pasca Wuragil
NRP. 0231114000092

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Hendra Cordova, ST., MT.. *h*..... (Pembimbing)
2. Totok Ruki Biyanto, Ph.D *TKH*..... (Ketua Penguji)
3. Ir Matradji, MSc. *IRJ*..... (Penguji 1)

SURABAYA
Juli, 2018

PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN pH CH₃COOH-NaOH DENGAN LOGIKA FUZZY

Nama Mahasiswa : Dimas Pasca Wuragil
NRP : 02311140000092
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Hendra Cordova, ST. MT

Abstrak

Pengendalian pH merupakan suatu komponen penting pada suatu proses kimia di industri. Salah satu cara untuk menganalisa perubahan nilai pH dengan merancang simulasi *software*. CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*) dan *inline mixer* adalah contoh peralatan yang digunakan dalam industri. Pada penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengendalian pH larutan CH₃COOH-NaOH pada CSTR menggunakan *fuzzy logic*. Dari hasil perancangan didapat hasil respon pada *set point* 9 yaitu dengan *settling time* 50 detik dan didapatkan 0,04% error pengukuran dari *set point*. Adapun untuk pengaruh *disturbance* didapatkan nilai pH yang bernilai 9,012 dengan *settling time* 40 detik dan memiliki error 0,15.

Kata Kunci: CSTR, pengendalian pH, *Fuzzy*

***DESIGN pH CONTROL SYSTEM OF CH₃COOH-NaOH
USING FUZZY LOGIC METHOD***

Name : Dimas Pasca Wuragil
NRP : 02311140000092
Department : Teknik Fisika FTI-ITS
Supervisor : Hendra Cordova, ST. MT

Abstract

PH control is one of the important process for chemical process in the industry. One way to analyze the changing of pH value is designed by software simulation. CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor) and inline mixer are the example of tools in the chemical industry. In this experiment is about how to design a pH control system of CH₃COOH-NaOH liquids in CSTR using fuzzy logic as a control. The result of control system of pH at set point 9 can get the best settling time in 50 second with 0,04% error measurement. However, plant gets disturbance and has a pH of 9,012 with settling time 40 second and has 0,12% error measurement.

Keywords: CSTR, pH control system, fuzzy

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan YME, karena rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyusun laporan tugas akhir ini. Tidak lupa juga penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada keluarga dan para sahabat. Oleh karena dukungan mereka, penulis mampu menyusun laporan tugas akhir yang berjudul:

“PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN pH CH₃COOH-NaOH DENGAN LOGIKA FUZZY ”

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam Program Studi S-1 Teknik Fisika FTI-ITS. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Hendra Cordova, S.T, M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir ini, yang selalu memberikan bimbingan dan semangat pada penulis.
2. Totok Ruki Biyanto, Ph.D selaku ketua bidang minat rekayasa instrumentasi dan kontrol sekaligus dosen wali yang telah banyak membantu penulis.
3. Agus M. Hatta, S.T., M.Si, Ph.D selaku ketua departemen Teknik Fisika ITS.
4. Teman – Teman Teknik Fisika yang telah banyak membantu menulis.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih ada kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran penulis terima. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Surabaya, 25 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
Abstrak.....	xi
Abstract	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Laporan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 PH (Keasaman)	7
2.2 Titrasi Asam Basa	9
2.3 CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor).....	10
2.4 Logika Fuzzy	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Diagram Alir Penelitian	19
3.2. Model Dinamik dan Statik CH_3COOH dan NaOH	20
3.3 Perancangan Sistem Pengendalian	22
3.4 Pengujian <i>Open Loop</i> Model.....	24
3.5 Pengujian <i>Close Loop</i> Model	25
3.6 Perancangan Logika Fuzzy	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Uji <i>Open Loop</i> Sistem	29
4.2. Uji <i>Closetloop</i> sistem	30

4.3 Pembahasan.....	32
BAB V PENUTUP.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined. 37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Penjelasan asam basa konjugasi	9
Gambar 2.2	Kurva Titration Asam Basa	10
Gambar 2.3	<i>Continuous stirred tank reactor</i>	10
Gambar 2.4	Contoh Himpunan Fuzzy	12
Gambar 2.5	Arsitektur logika fuzzy mamdani	14
Gambar 2.6	Fungsi Segitiga.....	15
Gambar 2.7	Fungsi Trapesium.....	16
Gambar 2.8	Representasi kurva MOA	18
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian Tugas Akhir	19
Gambar 3.2	<i>Continuous stirred tank reactor</i>	20
Gambar 3.3	tampilan dari FIS.....	26
Gambar 3.4	<i>input error</i>	26
Gambar 3.5	<i>Input delta error</i>	27
Gambar 3.6	<i>Output</i> bukaan valve	27
Gambar 4.1	Hasil uji open loop sistem	30
Gambar 4.2	Grafik respon dengan <i>Set point</i> 9	31
Gambar 4.5	Grafik respon dengan <i>disturbance</i>	31

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 rules base	28
Tabel 4.1 Karakteristik respon dengan berbagai macam perlakuan	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Asam dan basa atau tingkat keasamaan yang kemudian biasa kita kenal dengan pH merupakan besaran yang sering digunakan atau dijumpai dalam pengolahan suatu zat, baik dalam skala kecil (percobaan di laboratorium), dalam kehidupan sehari-hari (keperluan untuk tanaman, ikan, dll)^[5], sampai dengan bidang industri. Pada industri dan terkhususkan industri yang berhubungan langsung dengan bahan kimia, tingkat keasamaan merupakan variabel yang menentukan, mulai dari pengolahan bahan baku, kualitas produksi yang ditentukan sesuai yang diharapkan sampai dengan hasil limbah pembuangan industri yang sering menjadi masalah dan perlu adalahnya pengendalian agar pada saat pembuangan tidak terjadi pencemaran lingkungan. Pada penggunaan sehari-hari, nilai pH digunakan untuk mengukur tingkat keasamaan air pada tanaman terutama yang sekarang sedang berkembang adalah teknologi hidroponik dimana air harus tetap terjaga kualitasnya^[2].

Tingkat keasamaan atau pH memiliki berbagai faktor yang mempengaruhi nilainya salah satunya konsentrasi dari masing-masing senyawa baik asam maupun basa. Senyawa itu sendiri juga bereaksi bila di beri senyawa lain dan nantinya akan memiliki konsentrasi campuran atau produk hasil percampuran

dua senyawa tersebut. Dalam proses pencampuran senyawa dan reaksinya tentu terdapat kendala baik dari external maupun internal atau dalam dunia kontrol dikenal sebagai Disturbance. Disturbance yang biasa dijumpai dalam reaksi asam dan basa antara lain perubahan suhu, perubahan konsentrasi, dan sifat zat pereaktan^[9].

Logika fuzzy diyakini dapat menganalisa, mengendalikan dan mengevaluasi nilai pH yang sesuai dalam skala industri khususnya. Logika fuzzy merupakan suatu cara untuk memetakan permasalahan dari ruang input menuju ke ruang output yang diharapkan. Logika fuzzy sekarang sudah mulai diterapkan pada berbagai sektor seperti dunia industri maupun sektor bisnis. Berbagai teori di dalam perkembangan logika fuzzy dapat digunakan memodelkan berbagai sistem. Bahkan sekarang ini aplikasi logika fuzzy semakin menjamur seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi komputasi^[9].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang sebuah sistem pengendalian pH dengan logika fuzzy?
- b. Bagaimana pengaruh *disturbance* atau gangguan terhadap performansi dari sistem pengendalian pH?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Merancang sebuah sistem pengendalian dengan logika fuzzy.
- b. Memahami pengaruh *disturbance* atau gangguan terhadap performansi dari sistem pengendalian pH.

1.4 Manfaat

Manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

- a. Mengetahui pengaruh *disturbance* terhadap proses kimia pada tangki reaktan.
- b. Mengetahui dan mampu merancang pengendalian PH dengan *software* simulink matlab.

1.5 Lingkup Kerja

Lingkup kerja yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perancangan dilakukan dengan *software* Matlab 2015a.

1.6 Sistematika Laporan

Laporan penelitian tugas akhir ini akan disusun secara sistematis dibagi dalam beberapa bab, dengan perincian sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab I berisi latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab II berisi secara singkat teori penunjang yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa teori yang dijelaskan pada bab ini antara lain Teori asam dan basa, perhitungan dan pemodelan matematika dari asam basa, dan teori tentang Sistem Fuzzy.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab III berisi tahapan yang dilakukan pada penelitian ini. Bab ini menyajikan juga tahapan simulasi mulai penentuan model matematis sampai dengan pengolahan data hasil simulasi.

Bab IV Analisa Data dan Pembahasan

Bab IV berisi analisa data dan pembahasan hasil pengolahan data simulasi

Bab V Penutup

Bab V berisi kesimpulan hasil analisa data dan pembahasan yang berkaitan dengan tujuan penelitian. Bab ini berisikan juga saran

yang dapat dijadikan sebagai pengembangan penelitian selanjutnya.

Halaman ini Sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PH (Keasaman)

PH atau derajat keasamaan biasa digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan, maupun benda. pH dikatakan normal bila memiliki nilai 7, pH dikatakan kurang dari 7 maka disebut asam dan bila lebih dari 7 maka dikatakan basa (skala 0 - 14).

PH sendiri memiliki beberapa teori pendukung dimana dikembangkan oleh ilmuwan bernama Svante Arrhenius. Arrhenius sendiri memiliki beberapa pernyataan terkait teori asam basa, antara lain :

- Asam adalah senyawa yang jika dilarutkan dalam air terionisasi menghasilkan ion H^+ . Berdasarkan banyaknya ion H^+ yang dihasilkan senyawa asam dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:
 - a) *Asam monoprotik*, yaitu senyawa asam yang bila dilarutkan dalam air hanya menghasilkan satu ion H^+ .
Contoh: HCl , CH_3COOH
 - b) *Asam diprotik*, yaitu senyawa asam yang bila dilarutkan dalam air menghasilkan dua ion H^+ .
Contoh: H_2SO_4

Secara umum senyawa asam yang menghasilkan dua, tiga ion H^+ atau lebih disebut asam *poliprotik*

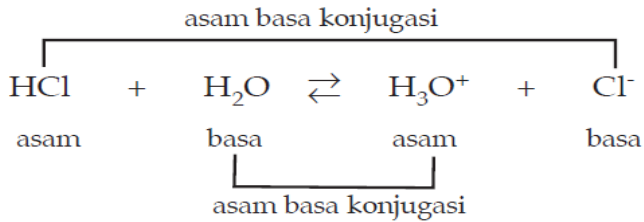
- Basa adalah senyawa yang jika dilarutkan dalam air menghasilkan ion OH^- . Sebagaimana pengelompokan asam, maka basa dapat dikelompokkan berdasarkan gugus OH^- yang diikatnya, yaitu:
 - a) Basa *monohidroksi*
 - b) Basa *dihidroksi*

Selain *Arrhenius*, ada teori lain yang membicarakan tentang asam basa yang kemudian teori ini terkenal dengan teori *Bronsted-Lowry*. Teori *Bronsted-Lowry* menyatakan bahwa asam merupakan zat yang dalam reaksi memberi ion H^+ (bertindak sebagai pendonor), sedangkan basa adalah merupakan zat yang dalam reaksi menerima ion H^+ (bertindak sebagai aseptor). contoh terdapat reaksi sebagai berikut :



Dalam reaksi tersebut :

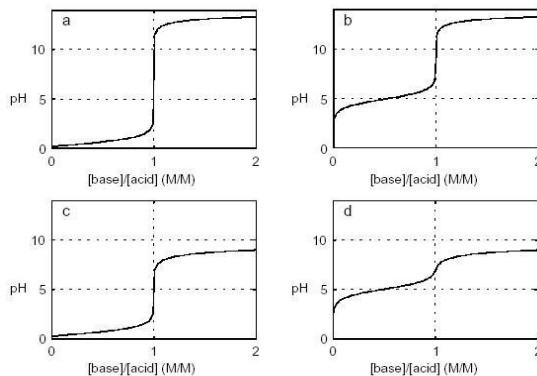
- HCl diubah menjadi Cl^- , jadi HCl sebagai donor proton (memberikan ion H^+) \rightarrow HCl asam
- H₂O diubah menjadi H₃O⁺, jadi H₂O sebagai akseptor proton (menerima ion H⁺) \rightarrow H₂O basa
- HCl dan Cl^- \rightarrow disebut pasangan asam – basa konjugasi
- H₂O dan H₃O⁺ \rightarrow disebut pasangan basa – asam konjugasi



Gambar 2.1 Penjelasan asam basa konjugasi

2.2 Titrasi Asam Basa

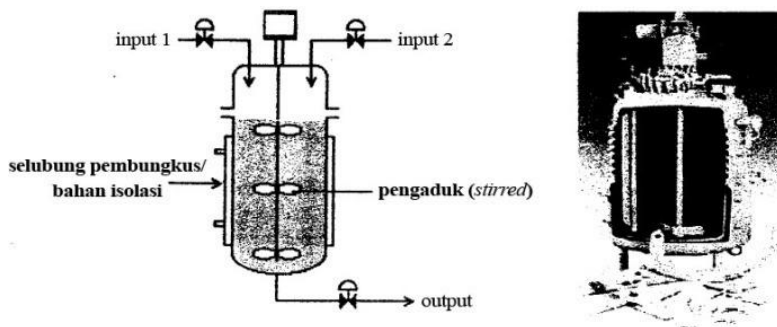
Titration merupakan metode analisis kuantitatif untuk menentukan konsentrasi suatu larutan. Pencampuran larutan ini kemungkinan melibatkan kombinasi antara asam - basa kuat, asam lemah - basa kuat, asam kuat - basa lemah, dan asam - basa lemah. Titik akhir titrasi diharapkan mendekati titik ekuivalen yaitu kondisi pada saat larutan asam tepat bereaksi dengan larutan basa. Titik akhir titrasi adalah kondisi pada saat terjadi perubahan warna dari indikator^[8].



Gambar 2.2 Kurva Titrasi Asam Basa

Kurva titrasi dapat digunakan sebagai acuan ketika kita akan merancang pemodelan pH. Hal ini karena kurva tersebut menggambarkan pH sebagai fungsi dari perbedaan asam dan basa. Berdasarkan eksperimen nilai pH ditentukan oleh volume yang mengalami penambahan dari asam basa dengan skala nilai pH yang ditentukan oleh perbedaan asam dan basa yang ditambahkan. Kurva titrasi ditentukan oleh partisipasi masing-masing komponen kimia. Secara teoritisnya, kurva titrasi memerlukan pengetahuan tentang konstanta kesetimbangan dan konsentrasi total asam dan basa. Kurva tersebut dapat dibentuk berdasarkan kesetimbangan muatan yang dihitung dari total ion yang bermuatan di dalam larutan^[9].

2.3 CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor)



Gambar 2.3 *Continuous stirred tank reactor*

Continuous stirred tank reactor (CSTR) adalah suatu wadah atau tangki yang berbentuk silinder dengan diameter tertentu. Dimana pada sekeliling tangki dikondisikan terbuka (terjadi

konveksi bebas antara tangki dan udara di kelilingnya), atau bias dikondisikan terisolasi dengan bahan tertentu, atau bias dengan dialiri fluida cair sebagai pendingin atau pemanas sebagai penyerap panas atau dingin pada sekitar tangki. Berperan menjadi salah satu reactor kimia, di dalam CSTR terjadi reaksi kimiawi baik pembentukan maupun penguraian. Dimana aliran massa terjadi secara kontinyu. Reaksi yang terjadi didalam CSTR bias berbagai macam mulai dari reaksi berantai, reaksi searah, maupun reaksi bolak balik. Sebagai salah satu reactor kimia, di dalam CSTR terjadi reaksi kimia pembentukan atau penguraian. Sesuai namanya yaitu *stirred*, CSTR memiliki ciri utama yaitu adanya proses pengadukan atau *stirred*. Proses pengadukan ini nantinya diharapkan akan terjadi adanya pendistribusian sifat kimiawi dan fisis yang terjadi secara merata dari zat yang tereaksikan didalam reactor. CSTR dapat dijumpai di dunia industry proses, seperti produksi polimer atau penanganan limbah^[9].

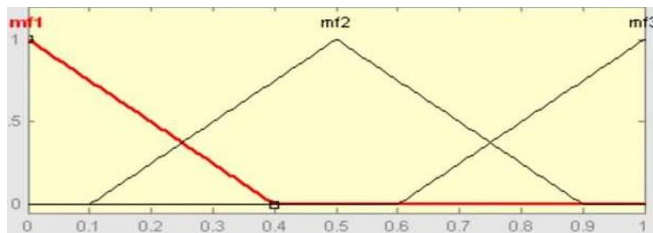
2.4 Logika Fuzzy

2.4.1. Konsep Logika Fuzzy

Konsep mengenai logika fuzzy diawali pada tahun 1965, saat seorang professor bernama Lutfi A Zadeh memodifikasi teori himpunan dimana setiap anggotanya memiliki derajat keanggotaan yang bernilai kontinu antara 0 sampai 1. Himpunan keanggotaan ini kemudian disebut sebagai *fuzzy set*. Himpunan

ini diinspirasi dari kehidupan sehari-hari, dimana sulit untuk memutuskan masalah dengan jawaban "ya" atau "tidak". Contohnya pada kasus untuk menyatakan seseorang itu "tinggi" atau "pendek". Misalkan, jika orang berbadan pendek memiliki kisaran nilai tinggi badan dari 0-100cm, maka bila orang tersebut memiliki tinggi badan 100,2cm akan dikatakan sebagai "tinggi", sedangkan orang yang bertinggi 100cm makan akan dianggap "pendek". Anggapan-anggapan tersebutlah yang menjadikan landasan dasar ilmu fuzzy lahir, sebagai representasi dari estimasi manusia yang ambigu.

Logika fuzzy, atau yang lebih dikenal sebagai himpunan fuzzy, haruslah bersifat saling overlap satu sama lain. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut:



Gambar 2.4 Contoh Himpunan Fuzzy

Pada **Gambar 2.4** merepresentasikan tiga buah himpunan fuzzy ($mf1$, $mf2$, $mf3$) yang posisinya saling *overlap*. *Overlap* yang dimaksud disini adalah bahwa nilai $mf1$ akan turun pada suatu titik dan dimana pada saat itu juga nilai $mf2$ akan naik yang mana menandakan adanya pergantian kondisi dari kondisi $mf1$ menuju $mf2$, dan begitu seterusnya

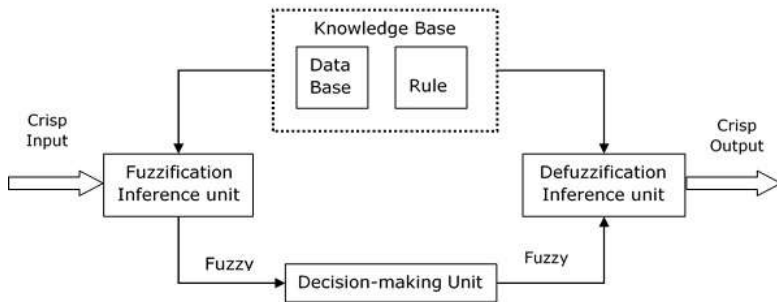
sampai pada mf3. Lebih mudah lagi bila mengganti mf1, mf2, dan mf3 dengan kondisi suhu udara yang memiliki 3 kondisi yaitu DINGIN (mf1), HANGAT (mf2), dan PANAS (mf3). Jika 3 himpunan fuzzy tidak saling *overlap*, maka hubungan antara DINGIN, HANGAT, dan PANAS tidak ada, sedangkan bila berbicara suhu udara semakin naik maka semakin menjauhi kondisi DINGIN dan akan cenderung HANGAT.

Logika fuzzy menjadi alternatif dari berbagai sistem yang ada dalam pengambilan keputusan karena logika fuzzy mempunyai kelebihan sebagai berikut:

- a) Logika fuzzy memiliki konsep yang sangat sederhana sehingga mudah untuk dimengerti.
- b) Logika fuzzy sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan dan ketidakpastian.
- c) Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat.
- d) Logika fuzzy mampu mensistemkan fungsi-fungsi non-linier yang sangat kompleks.
- e) Logika fuzzy dapat mengaplikasikan pengalaman atau pengetahuan dari para pakar.
- f) Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
- g) Logika fuzzy didasarkan pada bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

2.3.2. Perancangan Logika Fuzzy.

Logika fuzzy terdiri dari dua metode yaitu Logika fuzzy metode Mamdani dan Sugeno. Perbedaan mendasar antara metode Mamdani dan Sugeno adalah bila Mamdani memiliki nilai keluaran berupa angka atau numerik sedangkan metode Sugeno memiliki nilai keluaran berupa fungsi. Metode Mamdani dipilih pada penelitian ini. Hal yang mendasari pemilihan tersebut karena output dari pengendali yang kita inginkan adalah berupa numerik. Adapun metode Mamdani dapat direpresentasikan dalam gambar berikut :



Gambar 2.5 Arsitektur logika fuzzy mamdani

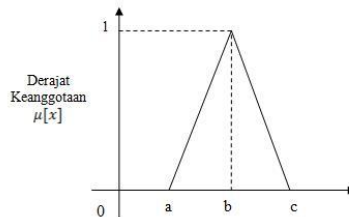
Nama metode mamdani sendiri didapatkan dari seorang ilmuwan yang menemukan metode logika fuzzy pada tahun 1975. Yang memperkenalkan metode ini adalah Ebrahim Mamdani.

Terdapat tiga tahapan penting dalam metode mamdani ini, tahapan tersebut antara lain.

a. *Fuzzifikasi*

Fuzzifikasi sebagai tahapan awal yang berfungsi yaitu merubah nilai crisp (non-fuzzy) menjadi himpunan anggota fuzzy. Dalam prosesnya nilai crisp akan di petakan sesuai dengan fungsi keanggotaannya. Sedangkan untuk representasi dari fungsi keanggotaan, dibuatlah kurva fungsi keanggotaan untuk memetakan setiap variable fuzzy yang ada. Ada dua jenis kurva yang sering dijumpai dalam pemetaan anggota fuzzy.

- Fungsi Segitiga

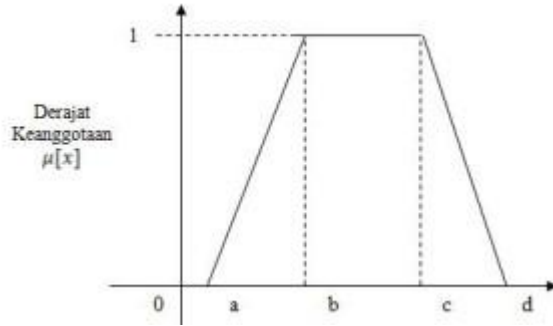


Gambar 2.6 Fungsi Segitiga

Fungsi ini bergantung pada tiga parameter yang berbeda, dimana memiliki perumusan sebagai berikut

$$\mu [x, a, b, c] = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ (c-x) / (c-b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

- Fungsi trapezium



Gambar 2.7 Fungsi Trapezium

Fungsi trapezium ini memiliki kemiripan dengan segitiga. Hal yang membedakan antara trapezium dan segitiga adalah fungsi trapezium bergantung pada empat parameter dimana beberapa diantaranya memiliki kemungkinan nilai 1. Perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut

$$\mu[x, a, b, c, d] \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d-x) / (d-c); & c \leq x \leq d \\ 0; & x \geq d \end{cases}$$

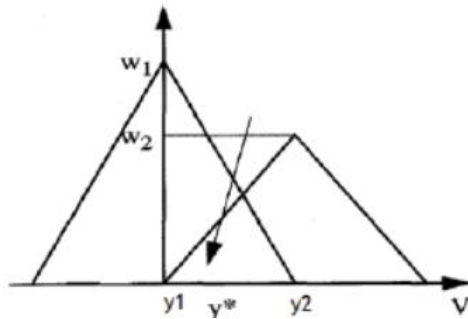
b. *Knowledge Base (Rules Base)*

Rules base atau aturan dibuat untuk menghubungkan hubungan antara *input* dan *output*. Aturan itu dibuat untuk mengambil kesimpulan (implikasi) berdasarkan

input yang diberikan. Setiap hubungan *input* dan *output* dalam *rules base* dihubungkan dengan operator matematis seperti and, or, dan not. Setelah identifikasi dan pemetaan *input* selanjutnya diolah dalam *fuzzy inference engine*. Fungsi implikasi sebagai penentu *output fuzzy set* terakhir pada tiap-tiap rules base dimana selanjutnya akan masuk fungsi agregasi, fungsi agregasi sendiri digunakan untuk mengombinasikan seluruh *output* yang sebelumnya diolah dalam fungsi implikasi yang dibuat (fungsi *IF-THEN*) menjadi keluaran fuzzy tunggal. Fungsi implikasi yang digunakan adalah metode Min, dan fungsi agregasi yang digunakan adalah metode Max.

c. Defuzzifikasi

Keluaran dari fungsi agregasi masi berupa Linguistik sehingga perlu diubah menjadi Numerik sehingga selanjutnya bias di olah oleh sistem. Defuzzifikasi memiliki fungsi merubah nilai Linguistik menjadi Numerik. Metode yang dikenal pada Defuzzifikasi adalah MOM (*Middle of Maximum*), LOM (*Largest of Maximum*), dan COA (*Center of Area*).



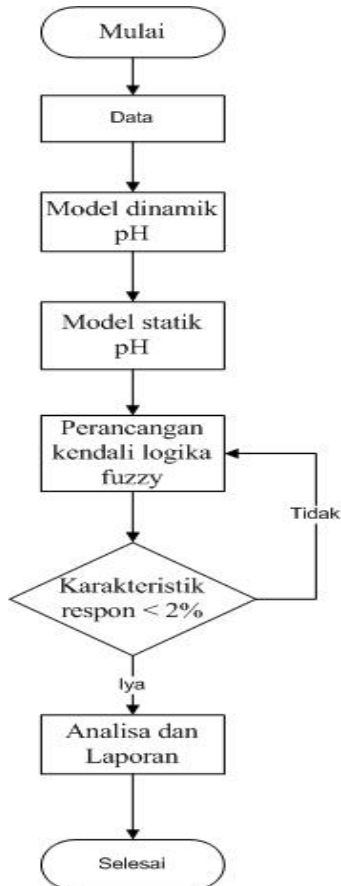
Gambar 2.8 Representasi kurva MOA

Pada Penelitian ini digunakan MOA sebagai metode defuzzifikasinya. Metode ini sering digunakan pada beberapa penelitian tentang logika fuzzy.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

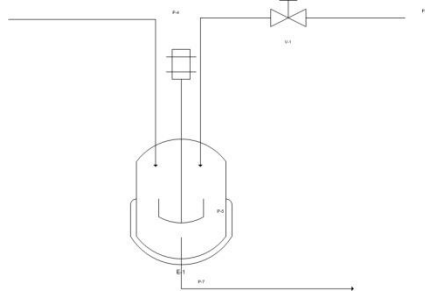
3.1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian Tugas Akhir

3.2. Model Dinamik dan Statik CH_3COOH dan NaOH



Gambar 3.2 *Continuous stirred tank reactor*

Proses pencampuran CH_3COOH dan NaOH ditunjukkan pada gambar 3.1 dimana terdapat dua *input* dan satu *ouput*. Dua aliran *input* berupa aliran asam A (CH_3COOH yang berpengaruh) dan aliran basa B (NaOH titrasi). Maka persamaan yang menunjukkan untuk kondisi diatas adalah :

$$V \frac{dx_a}{dt} = F_a C_a - (F_a + F_b) x_a \quad (3.1)$$

$$V \frac{dx_b}{dt} = F_b C_b - (F_a + F_b) x_b \quad (3.2)$$

Dimana :

- V = Volume campuran (L/det)
- X_a = konsentrasi asam dalam Larutan CH_3COOH (Mol)
- X_b = konsentrasi basa dalam larutan NaOH (Mol)
- F_a = Laju aliran asam (L/s)
- F_b = Laju aliran basa (L/s)

- Ca = Konsentrasi asam (Mol)
- Cb = Konsentrasi basa (Mol)

Sedangkan untuk pemodelan statik yang digunakan pada plant ini adalah pemodelan statik antara reaksi CH_3COOH dan NaOH , dimana :



Dan untuk membuat persamaan statiknya kita memerlukan beberapa persamaan antara lain persamaan kesetimbangan. Adapun persamaan kesetimbangan yang digunakan adalah :

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (3.4)$$

$$K_b = \frac{[\text{Na}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NaOH}]} \quad (3.5)$$

Selanjutnya reaksi kimia yang digunakan untuk menentukan pemodelan statik adalah konsep reaksi *invariant*, adapun reaksi *invariant* yang digunakan adalah :

$$X_a = [\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{CH}_3\text{COOH}] \quad (3.6)$$

$$X_b = [\text{Na}^+] + [\text{NaOH}] \quad (3.7)$$

Selanjutnya empat persamaan diatas (3.4 sampai 3.7) disubstitusikan dalam satu persamaan, adapun persamaannya adalah sebagai berikut :

$$[H^+] + xb - \frac{kw}{[H^+]} - xa = 0$$

$$[H^+]^2 + [H^+](xb - xa) - kw = 0$$

Sehingga penyelesaian akhir yang didapatkan dari substitusi persamaan di atas adalah

$$[H^+]^2 + [H^+](xb - xa) - kw = 0 \quad (3.8)$$

3.3 Perancangan Sistem Pengendalian

Pada penelitian ini actuator yang digunakan sebagai elemen yang dikendalikan adalah *control valve*. Adapun bentuk umum fungsi transfer dari persamaan *control valve* adalah sebagai berikut :

$$Fb(s) = \frac{K_{tot}U(s)}{\tau_{cv}s + 1} \quad (3.9)$$

Dimana :

$Fb(s)$ = *manipulated variable* (L/s)

K_{tot} = *gain total control valve*

$U(s)$ = sinyal *input control valve* (mA)

τ_{cv} = *time constant* dari *control valve* (s)

Control valve bekerja dengan merubah nilai *input* berupa arus dengan range 4 – 20 mA menjadi tekanan dengan range nilai 3 – 15 psi yang kemudian tekanan tersebut digunakan untuk menggerakkan *actuator*.

$$K_{tot} = K_{i/p} K_{actuator} \quad (3.10)$$

$$K_{i/p} = \frac{\text{span pressure ke aktuator}}{\text{span sinyal kontrol}} \quad (3.11)$$

$$K(\text{act}) = \frac{d}{dx} f(x) \frac{Fb(\text{max})}{\text{span pressure dari } i/p} \quad (3.12)$$

Dimana :

K_{act} = gain katub kendali *control valve*

$K_{i/p}$ = karakteristik *control valve* = a^{x-1}

$Fb(\text{max})$ = laju aliran maksimal (L/s)

Laju aliran maksimal memiliki nilai 50 L/s. Sedangkan untuk *time constant* dari *control valve* menggunakan persamaan berikut.

$$\tau_{cv} = T_v + (\Delta V + R_v) \quad (3.13)$$

Dimana :

τ_{cv} = *time constant* dari *control valve* (s)

Rv = perbandingan time konstan inherent

= 0,03 untuk actuator jenis diafragma

= 0,3 untuk actuator jenis piston

ΔV = perubahan nilai *control valve*, dimana $F_b(\text{max}) - F_b(\text{min})/F_b(\text{max})$

Nilai T_v didapat dari persamaan sebagai berikut :

$$T_v = \frac{Y_c}{C_v}$$

Dimana :

Y_c = factor stroking time valve = 0,676

C_v = koefisien aliran dari valve = 0,39

Setelah semua persamaan didapat, maka kita bisa merancang sebuah system kendali PH. Kontrol yang digunakan dalam perancangan system pengendalian PH ini adalah Kontrol Fuzzy, Kontrol fuzzy diharapkan dapat mengatasi karakteristik PH yang cenderung non-linier.

3.4 Pengujian *Open Loop Model*.

Dilakukan pengujian open loop dengan menggunakan *software* simulink matlab. Data yang digunakan dalam pengujian kali ini antara lain data *flow* dan konsentrasi larutan asam dan

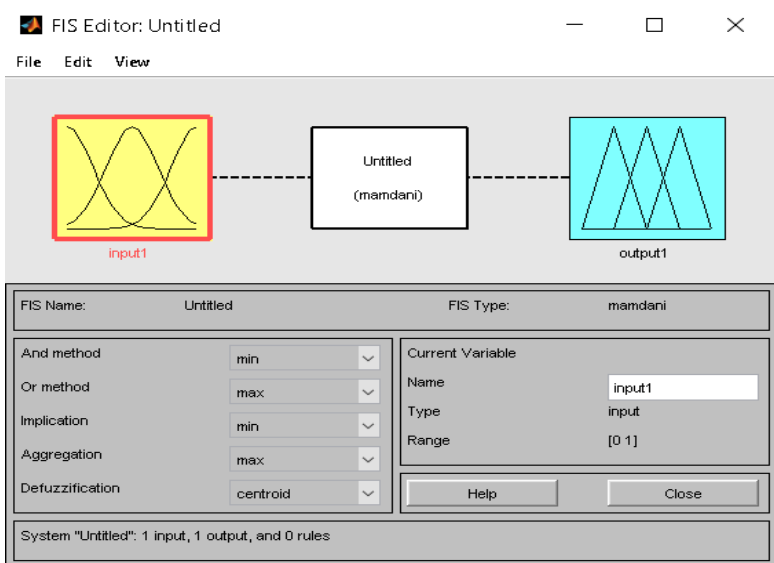
basa yang dicampurkan pada *mixing tank*. Hasil pengujian open loop ditunjukkan dengan grafik pada *scope* simulink, grafik tersebut berisi informasi tentang titrasi pencampuran antara larutan asam lemah dan basa kuat.

3.5 Pengujian *Close Loop* Model

Pengujian close loop dilakukan dengan penambahan berupa *controller* yaitu *fuzzy logic controller* yang diharapkan sebagai pengendali dari bukaan valve untuk memanipulasi nilai *flow*. Adapaun *input* dari fuzzy berupa nilai delta error dan error pengukuran.

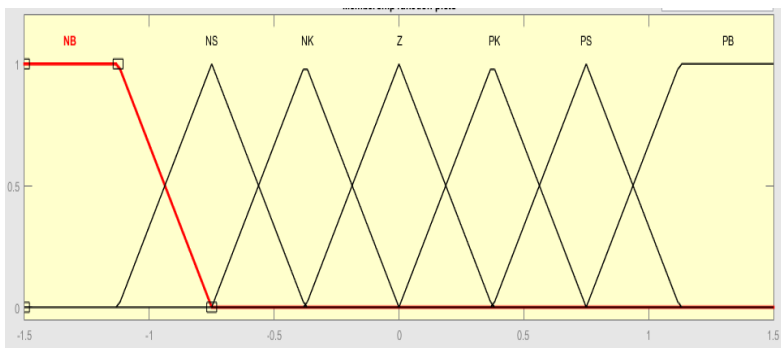
3.6 Perancangan Logika Fuzzy

Perancangan pengendali dengan logika fuzzy dilakukan pada *software* matlab dengan menggunakan salah satu tools dari matlab yaitu FIS (*Fuzzy Inference System*)



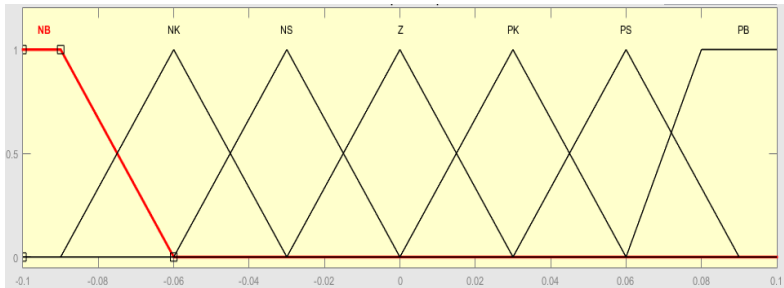
Gambar 3.3 tampilan dari FIS

Pada nilai *input* pertama yaitu *error*, kita merancang nilai *error* dengan 7 *membership function* yaitu Negaatif Besar (NB), Negaatif Sedang (NS), Negaatif Kecil (NK), Nol/Zero (Z), Positif Kecil (PK), Positif Sedang (PS), Positif Besar (PB).



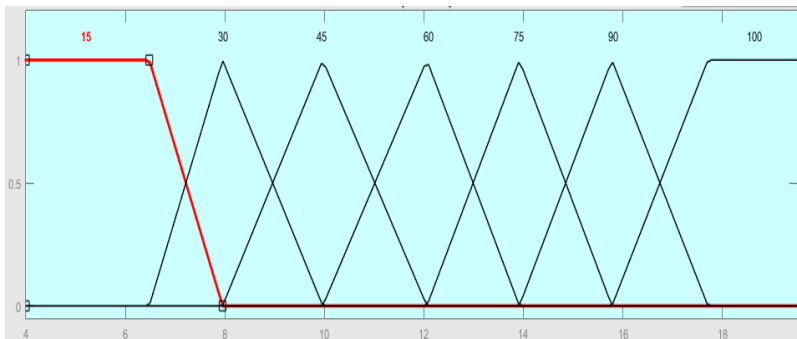
Gambar 3.4 *input error*

Pada nilai *input* yang kedua adalah *delta error* dimana juga memiliki 7 *membership function* yaitu Negatif Besar (NB), Negatif Sedang (NS), Negatif Kecil (NK), Nol/Zero (Z), Positif Kecil (PK), Positif Sedang (PS), Positif Besar (PB).



Gambar 3.5 *Input delta error.*

Sedangkan untuk *outputnya* adalah nilai dari bukaan valve yang memiliki 5 *membership function* dengan masing-masing memiliki nilai persentase disetiap bukaannya dimuali dari 20% berturut-turut naik dengan interval 20 hingga mencapai 100%.



Gambar 3.6 *Output bukaan valve*

Adapun *rules base* yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 rules base

Δe	e							
	%CV	NB	NS	NK	Z	PK	PS	PB
NB	15	15	15	15	15	30	45	60
NS	15	15	15	30	45	60	75	75
NK	15	15	30	45	60	75	90	90
Z	15	30	45	60	75	90	100	100
PK	30	45	60	75	90	100	100	100
PS	45	60	75	90	100	100	100	100
PB	60	75	90	100	100	100	100	100

BAB IV

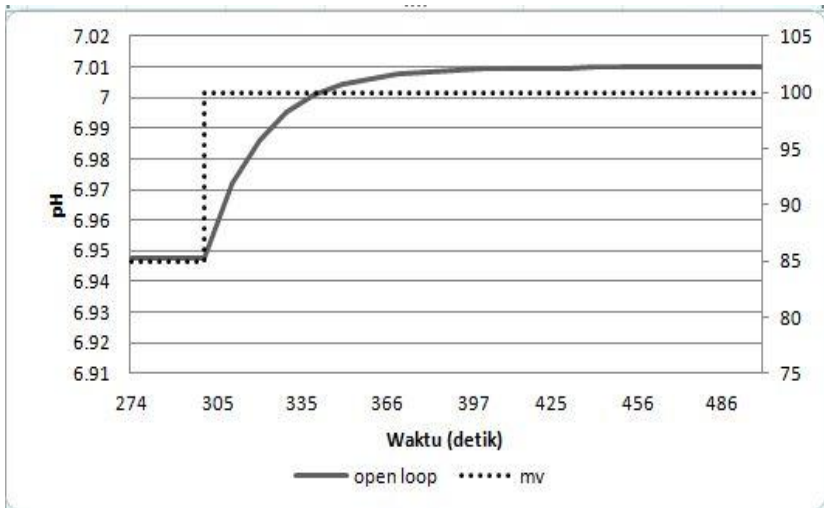
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan ditunjukkan hasil perancangan sistem pengendalian ph pada larutan CH_3COOH dan NaOH . Adapun hasil dan analisa dari performansi sistem yang telah dirancang. Adapun parameter-parameter yang digunakan pada perancangan pengendalian ph ini adalah sebagai berikut :

- Konsentrasi dari CH_3COOH adalah 0,00001M
- Konsentrasi dari NaOH adalah 0,0001M
- *Volume* larutan memiliki besar yang sama yaitu 11L
- Laju aliran NaOH konstan yaitu 5,5 l/s

4.1. Uji *Open Loop* Sistem

Open loop didapatkan dari pemodelan static dan dinamik dimana yang telah dijelaskan pada bab III, adapun hasil respon yang didapatkan dari uji open loop sistem tersebut adalah sebagai berikut :

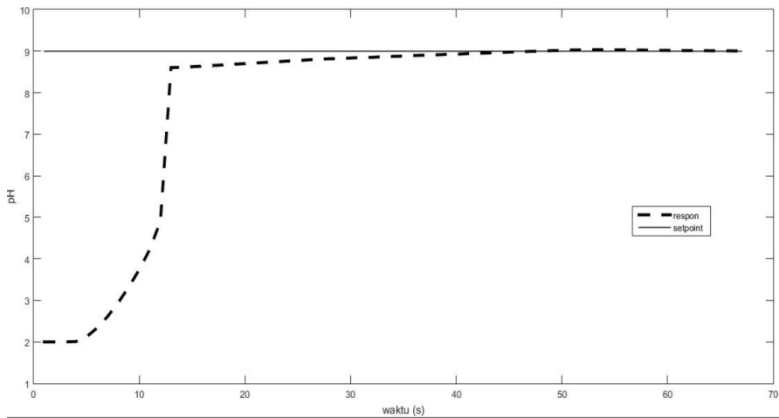


Gambar 4.1 Hasil uji open loop sistem

Pada gambar 4.1 didapatkan grafik respon *openloop* dari sistem yang telah dirancang. Bila mengacu pada grafik titrasi, maka grafik respon pada Gambar 4.1 bisa disebut valid karena sesuai dengan grafik titrasi asam basa yang ditunjukkan pada bab II.

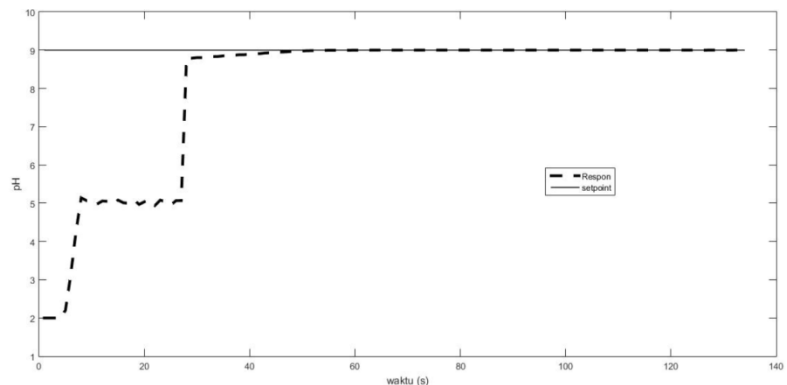
4.2. Uji *Close Loop* sistem

Pengujian closeloop sistem dilakukan dengan analisa respon dengan berbagai perlakuan, antara lain uji respon normal, pengujian dengan gangguan atau disturbance, pengujian dengan tracking set poin naik dan turun. Adapun pengujian pertama dengan pengujian respon normal, adapun grafiknya sebagai berikut.



Gambar 4.2 Grafik respon dengan *Set point 9*

Selanjutnya dilakukan pengujian respon dengan gangguan. Gangguan yang digunakan berupa perubahan flow larutan basa yang memiliki *range* nilai 50 – 150 l/s. Adapun grafik hasil pengujian dengan gangguan atau *disturbance* adalah sebagai berikut.



Gambar 4.3 Grafik respon dengan *disturbance*.

Setelah dilakukan pengujian dengan berbagai macam perlakuan, tabel perbandingan performansi yang dihasilkan berdasarkan pada grafik respon, adapun tabelnya sebagai berikut.

Tabel 4.1 Karakteristik respon dengan berbagai macam perlakuan

Jenis Uji	Bagian yang diamati	Nilai
Set point	Nilai pH	9,004
	<i>Settling time</i>	50 detik
	<i>Error</i>	0,04%
<i>Disturbance</i>	Nilai pH	9,001
	<i>Settling time</i>	40 detik
	<i>Error</i>	0,13%

4.3 Pembahasan

Dari hasil simulasi yang dilakukan, pada pengujian normal didapat nilai pH sebesar 9,004. Nilai yang didapat masi sedikit di atas *set point*. Hal ini terjadi karena berbagai factor, antara lain perbedaan konsentrasi, dan pengaruh dari komposisi asam dan basa. NaOH berperan sebagai basa kuat memberikan dampak lebih kuat dari pada CH₃COOH sebagai asam lemah, sehingga nilai yang didapatkan cenderung sedikit di atas *set point*. Pengujian dengan *disturbance* yang dilakukan adalah dengan

perubahan nilai laju aliran larutan basa. Didapatkan nilai sebesar 9.001 dengan nilai *settling time* yang lebih pendek sekitar 40 detik. Hal ini terjadi karena adanya *disturbance* berupa perubahan nilai laju aliran basa dimana pada saat masuk waktu 40 detik mulai terjadi perubahan reaksi, karena pH memiliki karakteristik selalu mengalami perubahan bila di beri masukan sedikit saja, maka grafik akan cenderung berosilasi karena perubahan nilai laju aliran basa tersebut..

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

- Sistem pengendalian ph pada larutan titrasi CH_3COOH dan NaOH telah dilakukan dengan pengendali logika fuzzy telah dirancang pada simulasi *simulink matlab*.
- Hasil pengujian *closeloop* telah dilakukan dan menghasilkan nilai pH pada uji respon normal yaitu 9,004 dan memiliki error 0,04% dan pada uji respon dengan gangguan didapatkan nilai 9,012 dan error 0,13%. Error yang di dapatkan kurang dari 2%,

5.2. Saran

- Saran untuk percobaan berikutnya dibuat variasi dari larutan yang berbeda dengan perubahan nilai konsentrasi yang berbeda.
- Penambahan nilai laju reaksi bisa dijadikan pertimbangan untuk pengembangan penelitian berikutnya.

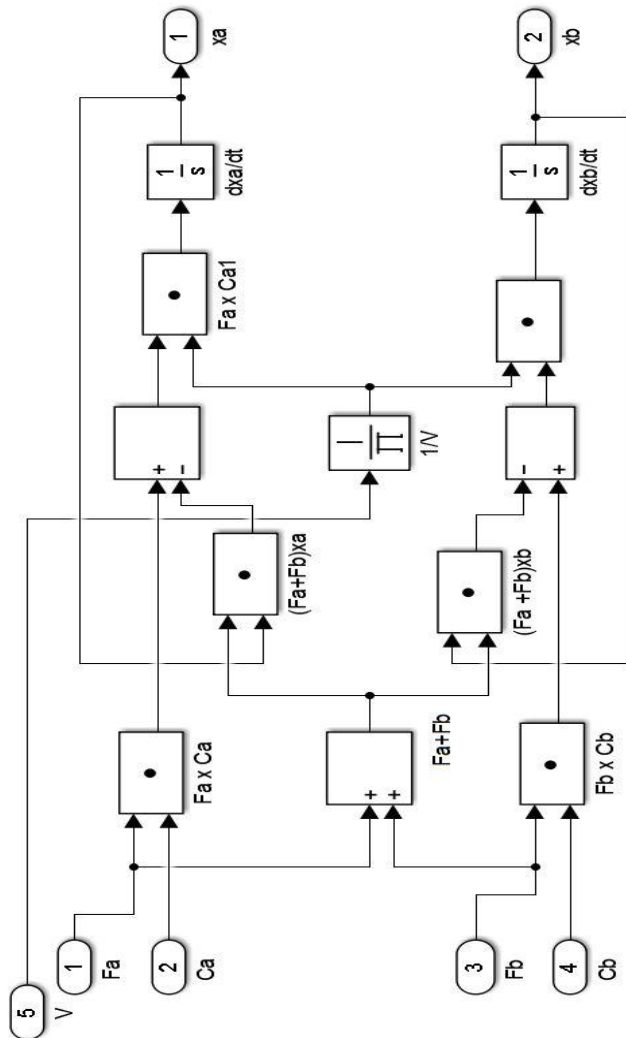
Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

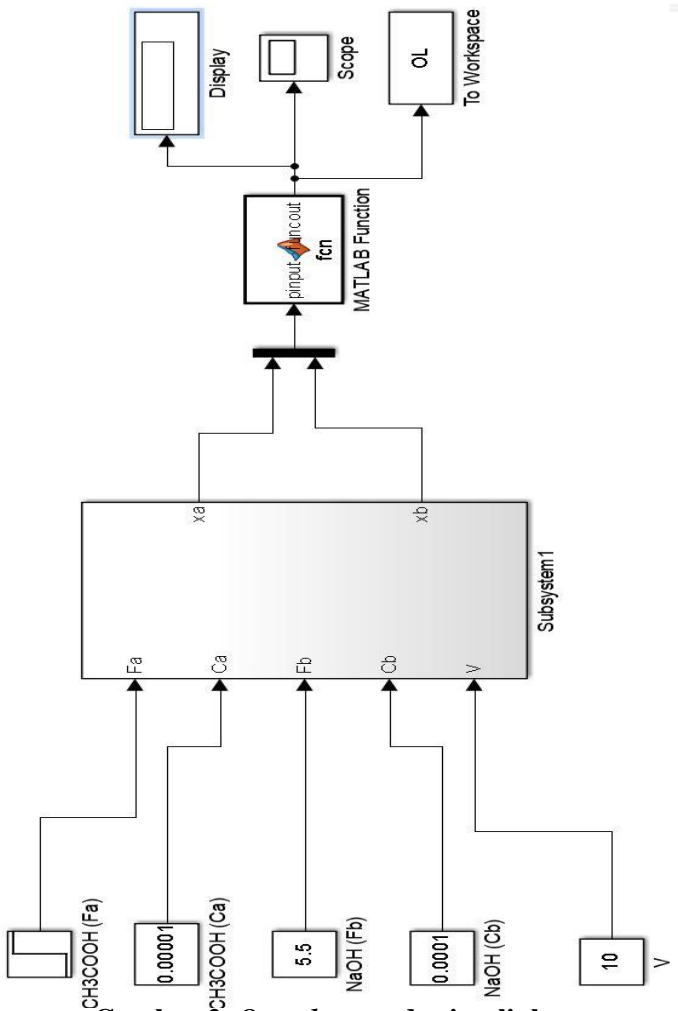
- [1] Sianipar R H, SIMULINK MATLAB Belajar Dari Contoh, Yogyakarta, 2015
- [2] J M Mendel, *Uncertain rule-based Fuzzy System*, IEEE, 2015
- [3] H Cordova, Modul pH Modelling, Surabaya, 2010
- [4] W Gusena, H Cordova, Rancang bangun pengendalian pH pada Inline Flash Mixing Menggunakan Metode *Neural Network Controller*, POMITS, Surabaya, 2013
- [5] M J Fuente, *Fuzzy Control of a Neutralization process*, Valladolid, 2005
- [6] Anonim, *Acid Base Chemistry*, 2010
- [7] *Measuring, Modelling, and Controlling the pH Value and The Dynamic Chemical State*, Jean-Peter Yeln, Helsinki University of technology, 2001.
- [8] Fihir, Hendra Cordova, “Perancangan PID Sebagai Pengendali pH pada *Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)*”, Program Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2010.
- [9] Syaifur Rizal, Hendra Cordova, “PERANCANGAN SISTEM KONTROL pH BERBASIS SINTESA

REAKSI INVARIAN DENGAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY PADA STUDI KASUS TITRASI ASAM HCl DAN BASA NaOH”, Program Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2011

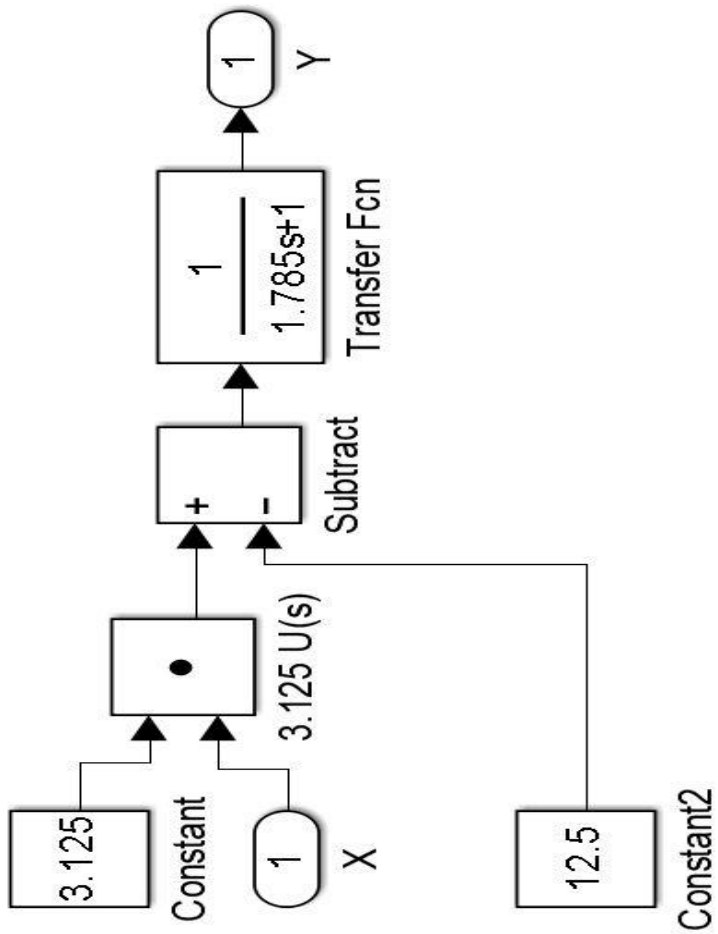
LAMPIRAN



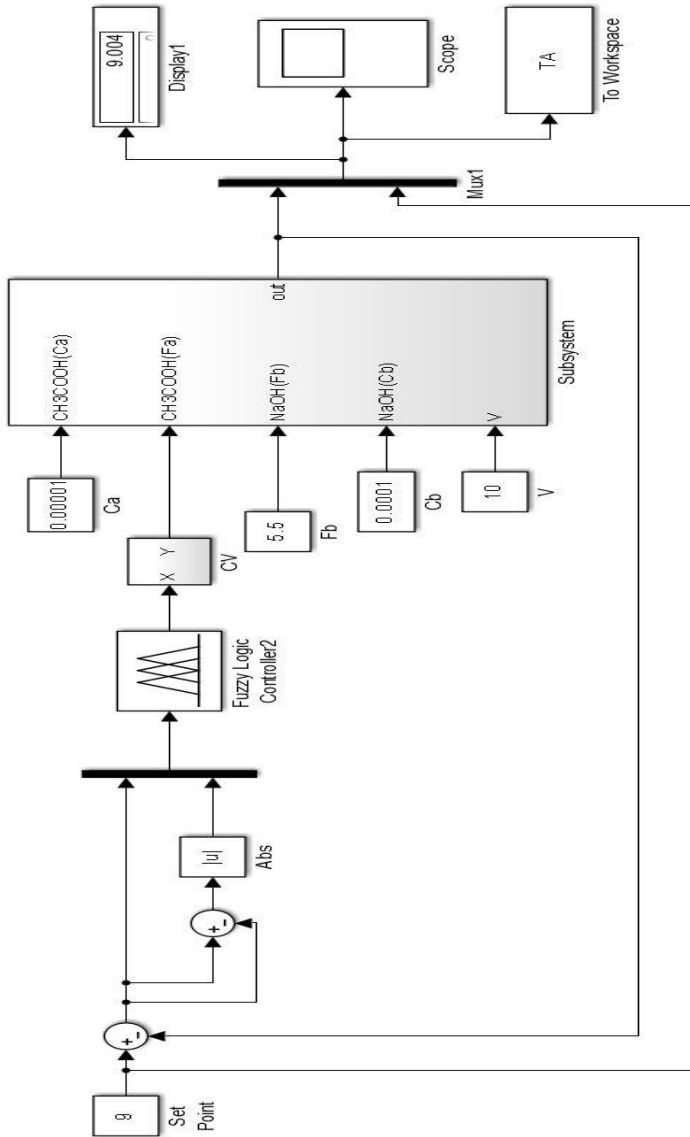
Gambar 1. Persamaan dinamik pada simulink



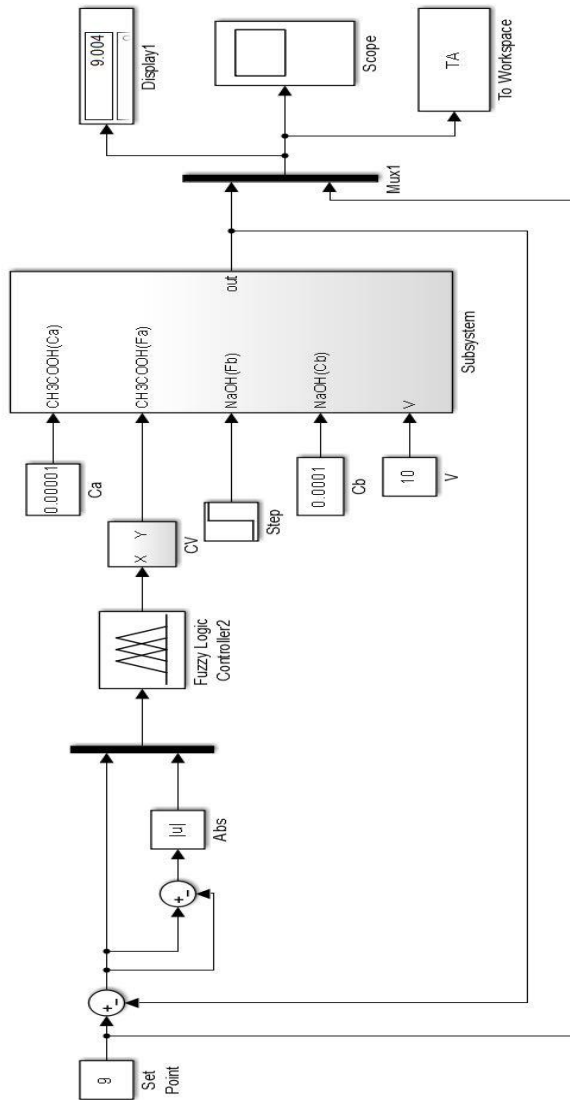
Gambar 2. *Open loop pada simulink*



Persamaan *control valve* pada simulink



Gambar 1. Simulink uji *set point*



Gambar 2. Simulink uji *Disturbance*

List code persamaan static pada matlab

```
function funcout = fcn(pinput)
yl=pinput(:);
xa=yl(1);
xb=yl(2);
kw=1e-14;
a = 1;
b = (xb-xa);
c = (-kw);
d = b^2-4*a*c
H = (-b+sqrt(d))/2*a
pH = -log10(H);
funcout = pH;
```