



PROPOSAL TUGAS AKHIR - EE184701

**PERANCANGAN KONTROLLER PID ANFIS UNTUK
PENGATURAN CASCADE LEVEL-FLOW PADA TANGKI
PCT-100**

HAKHI GYA YEKTianto

NRP 07111940000022

Dosen Pembimbing

Eka Iskandar, ST,.MT.

NIP 198005282008121001

Mohamad Abdul Hady, ST,.MT.

NIP 198904132015041002

Program Studi Teknik Sistem Pengaturan

Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Elektro dan Informatika Cerdas

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Tahun 2022

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN KONTROLLER PID ANFIS UNTUK PENGATURAN CASCADE LEVEL-FLOW PADA TANGKI PCT-100

PROPOSAL TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Elektro
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : Hakhi Gya Yektianto

NRP. 07111940000022

Disetujui oleh Tim Penguji Proposal Tugas Akhir :

1. Eka Iskandar, S.T., M.T.

Pembimbing



2. Mohamad Abdul Hady, S.T., M.T.

Ko-pembimbing



3. Nama dan gelar penguji

Penguji

4. Nama dan gelar penguji

Penguji

5. Nama dan gelar penguji

Penguji

SURABAYA

Desember, 2022

ABSTRAK

PERANCANGAN KONTROLLER PID ANFIS UNTUK PENGATURAN *CASCADE LEVEL - FLOW* PADA TANGKI PCT-100

Nama Mahasiswa / NRP : Hakhi Gya Yektianto / 07111940000022
Departemen : Teknik Elektro FTEIC - ITS
Dosen Pembimbing : Eka Iskandar, S.T., M.T.
Mohamad Abdul Hady, S.T., M.T.

Abstrak

Di Industri proses, seperti industri pembangkit listrik dan kimia, memerlukan PENGATURAN *level* dan debit atau *flow* pada tangki. Umumnya PID merupakan teknik pengendali yang sering dijumpai dalam dunia industri. Akan tetapi kontrol PID saja terkadang tidak cukup untuk merespon gangguan yang terjadi pada sistem. Untuk mengatasi hal tersebut digunakan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) sebagai tambahan untuk memperbaiki hasil respon dari sistem. Akan tetapi dalam mendesain *Fuzzy Logic Controller* tidak memiliki sifat adaptif dimana ketika nilai input diluar batas parameter yang telah ditentukan maka output menjadi tidak stabil. Untuk membantu penentuan parameter FLC menjadi adaptif digunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) yang dapat membantu proses adaptasi dalam pengaturan parameter *membership function* pada FLC seperti parameter titik tengah, dan lebar dari *input membership function* yang nantinya akan dipakai dalam logika *Fuzzy*. Dalam proposal tugas akhir ini menggunakan beberapa peralatan seperti modul *plant* PCT-100, modul I/O, model *simulink*. Dengan menggunakan metode PID-ANFIS diharapkan diperoleh respon sistem yang lebih tahan terhadap gangguan dan memiliki respon sistem yang lebih baik.

Kata kunci: PCT-100, Pengaturan level - flow, *Fuzzy Logic*, ANFIS

ABSTRACT

DESIGN OF ANFIS PID CONTROLLER FOR CASCADE LEVEL - FLOW CONTROL IN TANK PLANT PCT-100

Student Name / NRP : Hakhi Gya Yektianto / 07111940000022
Department : Electrical Engineering FTEIC - ITS
Advisor : Eka Iskandar, S.T., M.T.
Mohamad Abdul Hady, S.T., M.T.

Abstract

In the process industry, such as the power generation and chemical industries, it is necessary to control the level and discharge or flow in the tank. Generally PID is a control technique that is often found in the industrial world. However, the PID control alone is sometimes not enough to respond to disturbances that occur in the system. To overcome this, Fuzzy Logic Controller (FLC) is used as an addition to improve the response results from the system. However, in designing the Fuzzy Logic Controller it does not have Adaptive properties where when the input value is outside the specified parameter limits, the output becomes unstable. To help determine FLC parameters to be Adaptive, the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) method is used which can assist the adaptation process in setting membership function parameters in FLC such as the midpoint parameter, and the width of the input membership function which will later be used in Fuzzy logic. This final project proposal uses several tools such as PCT-100 plant modules, I/O modules, simulink models. By using the PID-ANFIS method, it is hoped that a system response that is more resistant to disturbances and has a better system response is obtained.

Keywords: PCT-100, Level – flow Control, *Fuzzy Logic*, ANFIS

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	1
1.4 Tujuan	1
1.5 Manfaat	1
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1 Hasil Penelitian Terdahulu	2
2.2 Dasar Teori	2
2.2.1 Pengenalan <i>Plant</i> PCT 100	2
2.2.2 Pemodelan Matematis Sistem Pengaturan <i>Level</i> Pada Tangki PCT-100	4
2.2.3 Kontroller PID	6
2.2.4 <i>Fuzzy</i> Logic	7
2.2.5 <i>Adaptive</i> Neuro-Fuzzy <i>Inference</i> <i>System</i>	8
BAB 3 METODOLOGI	10
3.1 Metode yang digunakan	10
3.2 Bahan dan peralatan yang digunakan	10
3.3 Urutan pelaksanaan penelitian	11
DAFTAR PUSTAKA	12
LAMPIRAN	13

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tampilan PCT-100.....	3
Gambar 2.2 Skema Proses Pengaturan Level pada Tangki	4
Gambar 2.3 Ilustrasi Sistem Pengaturan Level pada Tangki.....	5
Gambar 2.4 Ilustrasi Fuzzy Logic.....	7
Gambar 2.5 Arsitektur ANFIS	9
Gambar 3.1 Ilustrasi Rancangan Metode yang Digunakan	10

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bagian Process rig PCT 100	4
Tabel 2.2 Penjelasan Fault Switch Control Module PCT	4
Tabel 3.1 Uraian Jadwal Kegiatan	11

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kontrol proses industri, variabel yang sering dikontrol adalah *level* cairan, laju aliran, suhu, tekanan, dan massa. Salah satu masalah dasar pada industri adalah pengaturan *level* dan flow suatu cairan pada tangki. Sistem pengaturan *level* fluida merupakan salah satu aplikasi sistem kontrol pada proses industri. Fluida dipompa dan ditampung dalam tangki/bejana khusus yang memerlukan PENGATURAN batas *level* yang diperbolehkan. Umumnya, *level* air dianalisis dengan mengestimasi model linear yang merepresentasikan sifat dinamis dari *level* terhadap titik setimbangnya.

. Dalam pengaturan *level* dan *flow*, untuk mendapatkan kinerja yang optimal banyak proses industri yang menggunakan PID controller. Akan tetapi kontrol PID saja terkadang tidak cukup untuk merespon gangguan yang terjadi pada sistem. Untuk mengatasi hal tersebut digunakan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) sebagai tambahan untuk memperbaiki hasil respon dari sistem. Akan tetapi dalam mendesain *Fuzzy Logic Controller* tidak memiliki sifat adaptif dimana ketika nilai input diluar batas parameter yang telah ditentukan maka output menjadi tidak stabil. Untuk membantu penentuan parameter FLC menjadi adaptif digunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) yang dapat membantu proses adaptasi dalam pengaturan parameter *membership function* pada FLC seperti parameter titik tengah, dan lebar dari *input membership function* yang nantinya akan dipakai dalam logika *Fuzzy*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah memperoleh, memodelkan, dan merancang controller PID *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* yang diterapkan pada *plant* PCT-100 untuk sistem pengaturan ketinggian dan laju aliran pada tangki.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini membahas mengenai pengaturan *level* pada tangki dengan gangguan pada *flow input* dan *flow output* tangki. *Plant* yang digunakan ialah PCT-100 dengan menggunakan controller PID *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*. Batasan yang lain yaitu mengabaikan efek temperature dan pressure dalam tangki.

1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang diatas, tujuan dari penelitian pada proposal tugas akhir ini, yakni untuk mendapatkan rancangan kontroler PID *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* dalam PENGATURAN *level* dan flow air pada *plant* PCT-100. Serta mengimplementasikan langsung pada *plant*.

1.5 Manfaat

Manfaat yang ingin didapatkan melalui tugas akhir ini ialah memperoleh metode kontrol *Fuzzy* yang *Adaptive* yang dapat mengkoreksi kesalahan lebih baik.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai *plant* PCT-100 oleh Rachmad dwi Rahardjo (2014) dilakukan dengan metode PID gain Scheduling untuk mengontrol *level* proses. Identifikasi system dilakukan dengan metode Harriot dan divalidasi menggunakan ISE/Integral Square Error. Hasil yang diperoleh yakni controller PID gain scheduling dapat mengendalikan respon dinamis dalam simulasi dengan rata-rata *error* waktu tunak 0.06% dan 0.12% pada implementasi. Namun, nilai gain PID masih dipengaruhi variable tertentu yang berubah kontinu atau dengan kata lain gain scheduling hanya cocok untuk variasi yang terprediksi.(Devritama, 2016).

Penelitian *level* proses kemudian disempurnakan oleh penelitian M. Zakki Ghufon (2016) yang menggunakan self-tuning PID dengan pendekatan adaptif. Controller adaptif dapat memperbaiki kelemahan metode gain scheduling, dimana dapat bekerja pada variasi tak terprediksi. Nilai gamma memengaruhi kecepatan adaptasi controller self-tuning PID. Kriteria square time-square error/STSE unggul karena memberikan *error* terkecil 3.64% saat simulasi dan 0.093% bila diberikan beban. Namun, implementasinya masih memerlukan waktu learning yang lama dan memerlukan otomatisasi penentuan nilai gamma (Ghufon, 2016).

Penelitian *Level* Proses juga disempurnakan oleh Dwi Arkin Pritandi (2016) menggunakan metode PID *fuzzy* untuk *Process rig* 38-100. Controller *fuzzy* PID dapat mengoreksi kesalahan pada sistem dengan lebih cepat dan sistem menjadi lebih tahan terhadap perubahan parameter *plant* daripada menggunakan metode PID konvensional. Hal ini dibuktikan dengan RMSE pada sistem yang menggunakan kontroler PID-Fuzzy adalah 16,85 dan sistem yang menggunakan kontroler PID konvensional adalah 16,91. Namun dalam implementasi metode *fuzzy* sulit untuk menentukan batasan dalam keanggotaan membership dan rule base yang tepat berdasarkan data yang diperoleh.(Pritandi, 2016).

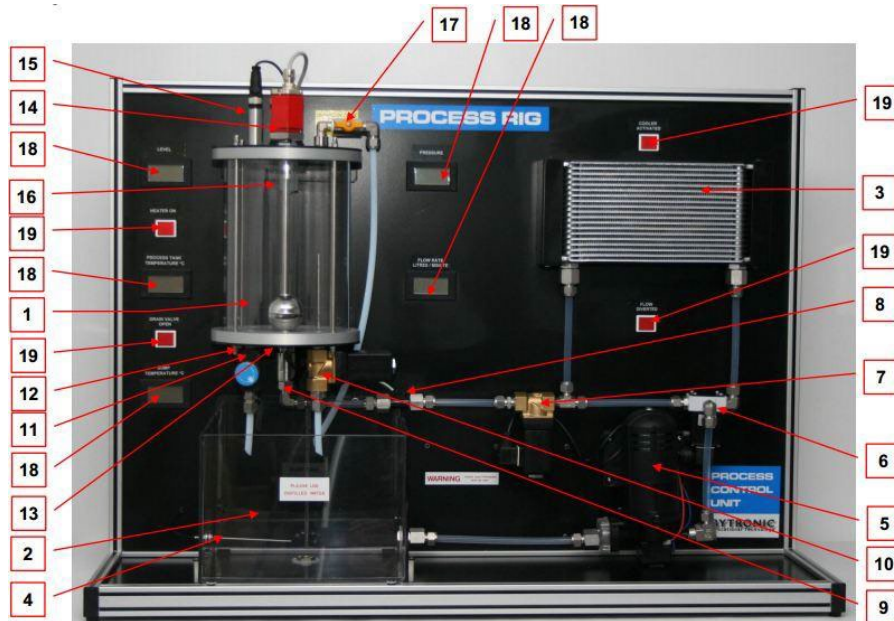
Penelitian *Level* Proses juga dilakukan oleh Machrus Ali (2020) menggunakan metode PID ANFIS. Controller PID ANFIS dapat mengoreksi kesalahan pada sistem dengan lebih baik terhadap respon overshoot dan undershoot daripada menggunakan metode PID konvensional dan Fuzzy-PID. Metode ANFIS dapat mengatasi kesulitan pada metode *fuzzy* dalam menentukan batas keanggotaan membership dan rule base dalam, dimana penentuan parameter *fuzzy* akan dilakukan dalam sistem jaringan saraf tiruan yang dapat mempelajari data *input* dan output dari sistem (Muhlasin et al., 2020).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengenalan *Plant* PCT 100

PCT 100 merupakan sebuah model sistem yang mengimplementasikan proses kontinu pada fluida yang merepresentasikan proses yang terjadi di industri. Pada PCT 100, terdapat komponen-komponen, baik berupa hardware maupun software yang berfungsi untuk melakukan pengaturan pada proses yang terjadi di fluida, diantaranya pengaturan *level*, flow, temperatur, dan tekanan.pada fluida. PCT 100 terdiri dari dua komponen, yaitu *Process rig* dan control module. Secara umum *Process rig* merupakan tempat berlangsungnya proses, sedangkan control module berfungsi untuk melakukan pengaturan pada sistem.

Process rig pada PCT 100 berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses pengaturan fluida. Terdapat beberapa komponen pada *Process rig* mulai dari pompa untuk mensirkulasikan air, hingga heater dan fan untuk mengatur temperatur air. Tampilan dari *Process rig* ditampilkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.1 Tampilan PCT-100

Process rig pada PCT 100 terdiri dari komponen-komponen yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya pengaturan *level*, *flow*, temperatur, dan tekanan. Pada Gambar 2.3, terdapat Sembilan belas komponen yang mempunyai fungsi masing-masing. Komponen utama yang terdapat pada Process Rig, seperti pompa dan *valve* sebagai aktuator, dan beberapa jenis sensor. Bagian-bagian dari *Process rig* yang terdapat pada Gambar 2.3 ditampilkan pada Tabel 2.1.

No	Keterangan
1	<i>Process Tank</i>
2	<i>Sump Tank</i>
3	<i>Cooler Unit</i>
4	<i>Thermocouple Sump Tank</i>
5	<i>Pump</i>
6	<i>3/2 Diverter Valve</i>
7	<i>2/2 Proportional Drain Valve</i>
8	<i>Sensor Flow</i>
9	<i>One way Check valve</i>
10	<i>2/2 Proportional drain valve</i>
11	<i>Needle valve</i>
12	<i>Pressure relief valve</i>
13	<i>Heater</i>
14	<i>Sensor Level</i>
15	<i>Pressure transducer</i>
16	<i>Float switch</i>
17	<i>Overflow/Vent valve</i>

18	<i>Digital LCD displays</i>
19	<i>Indicator lights</i>

Tabel 2.1 Bagian Process rig PCT 100

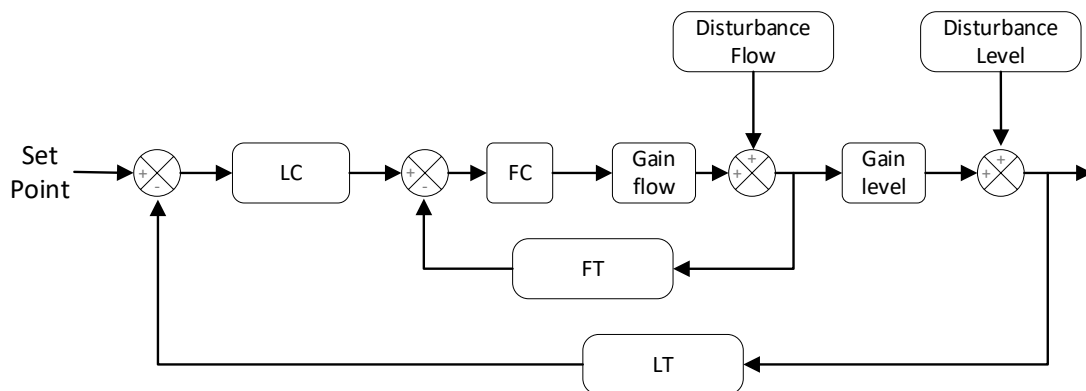
Control Module pada PCT 100 berisi rangkaian-rangkaian elektronik untuk menghubungkan *Process rig* dengan kontroler. Control module pada PCT 100 dilengkapi dengan tombol fault, di mana penjelasan untuk setiap fungsi dari setiap tombol fault ditampilkan pada Tabel 2.2 (Bytronics, 2015).

Fault	Fungsi	Efek
F1	A/D Fault	<i>ADC lock up</i>
F2	Pump	Pompa tidak dapat aktif
F3	Temperature	<i>Display</i> Pembacaan Temperature maksimal
F4	Cooler	<i>Cooler</i> menyala terus menerus
F5	Heater	<i>Display heat</i> menampilkan pembacaan yang salah
F6	Flow meter	Tidak ada <i>flow feedback</i>

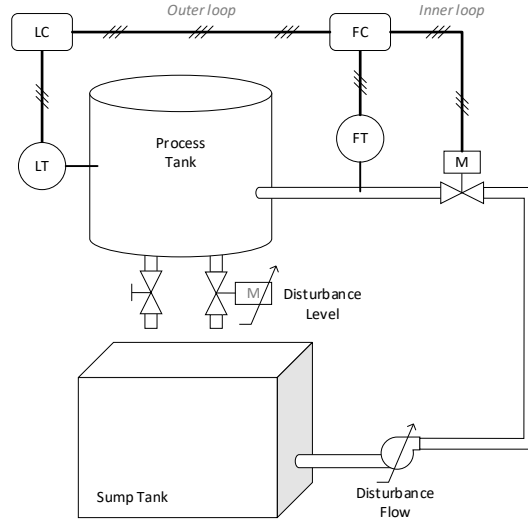
Tabel 2.2 Penjelasan Fault Switch Control Module PCT

2.2.2 Pemodelan Matematis Sistem Pengaturan Level Pada Tangki PCT-100

Perancangan sistem selanjutnya dilakukan dengan melakukan pemodelan matematis dari sistem pengaturan *level* cairan pada tangki. Secara umum prinsip dari pengaturan *level* pada tangki adalah dengan menjaga debit air yang masuk ke tangki bernilai sama dengan debit air yang keluar dari tangki. Sistem pada pengaturan *level* air tangki pada dasarnya berupa sistem orde satu. Akan tetapi jika dirangkai secara *cascade* maka sistem dapat menjadi sistem orde dua. Tangki diibaratkan seperti kapasitor di mana air mengalir dari dalam dan ke dalam tangki. Proses yang terjadi pada pengaturan *level* air tangki dapat dilihat seperti ilustrasi pada Gambar berikut (Raharjo, 2014).



Gambar 2.2 Skema Proses Pengaturan Level pada Tangki



Gambar 2.3 Ilustrasi Sistem Pengaturan Level pada Tangki

$$Q_{in} - Q_{out} = C \frac{dh}{dt} \quad (2.1)$$

2.2.2.1 Pemodelan Tangki dan Control Valve

Komponen utama dalam pemodelan tangki adalah tangki itu sendiri dan control valve. Tangki diasumsikan seperti kapasitor dikarenakan kemiripan sifat. Ketika proses pengisian air seperti proses pengisian muatan sedangkan proses pembuangan air seperti proses pembuangan muatan pada kapasitor. Sehingga Kapasitansi tangki dapat didekati dengan luas alas tangki yang berupa lingkaran seperti Persamaan berikut.

$$C = \frac{\text{perubahan volume air (cm}^3\text{)}}{\text{perubahan ketinggian air (m)}} = \frac{\pi d^2}{4} = A \quad (2.2)$$

Untuk menjaga flow air masuk dan keluar tangki bernilai sama, digunakan hukum kekekalan massa.

$$Q_{in} - Q_{out} = Q_{tangki} \quad (2.3)$$

Laju volume air per satuan waktu atau dapat dirumuskan sebagai

$$Q_{in} - Q_{out} = C \frac{dh}{dt} \quad (2.4)$$

Adanya control valve memengaruhi jumlah debit volume tangki. Penguatannya dapat diibaratkan sebagai nilai hambatan R, yaitu perubahan ketinggian tiap perubahan debit. Variable R dapat dirumuskan sebagai fungsi level air pada tangki h_{out} dan debit air keluar Q_{out} .

$$R = \frac{h_{out}}{Q_{out}} \quad (2.5)$$

Substitusi ke persamaan debit:

$$R Q_{in} - h = RC \frac{dh}{dt} \quad (2.6)$$

Dengan menggunakan transformasi laplace, diperoleh transfer function ketinggian tangki terhadap debit masukan. R ialah konstan.

$$\frac{H(s)}{Q_{in}(s)} = \frac{R}{RCs + 1} \quad (2.7)$$

2.2.2.2 Pemodelan Gain Pompa

Pada sistem terdapat pompa yang perlu dimodelkan untuk mencari penguatan dari pompa dengan menggunakan persamaan berikut.

$$K_{pump} = \frac{\text{debit air output pompa (cm}^3/\text{s)}}{\text{tegangan input pompa (V)}} \quad (2.8)$$

2.2.2.3 Pemodelan Pipa

Pada sistem terdapat pipa yang perlu dimodelkan untuk mencari waktu tunda dari proses akibat panjang pipa dengan menggunakan persamaan berikut

$$\theta = \frac{\text{volume pipa (cm}^3\text{)}}{\text{debit pipa (cm}^3/\text{s)}} \quad (2.9)$$

Jika dihubungkan dengan sistem pengaturan *level* huungan antara debit air yang dikeluarkan pompa dan debit air yang masuk ke tangki merupakan suatu waktu tunda seperti persamaan 2.10

$$\frac{Q_{in}T}{Q_{out}P} = e^{-\theta s} \quad (2.10)$$

2.2.2.4 Pemodelan Gain Sensor

Pada sistem terdapat sensor yang mempunyai penguatan yang dirumuskan dengan rentang kerja dari pompa terhadap masukan berupa tegangan .seperti pada Persamaan 2.11

$$K_{sensor} = \frac{\text{rentang kerja sensor (V)}}{\text{rentang ketinggian air (cm)}} \quad (2.11)$$

2.2.3 Kontroler PID

Kontroler PID merupakan salah satu kontroler yang banyak digunakan untuk memperbaiki performa sistem di industri. Struktur kontroler PID yang sederhana menjadi salah satu faktor kontroler tersebut diminati. Parameter kontroler PID adalah penguatan proporsional K_p , waktu integral τ_i , dan waktu derivatif τ_d . Algoritma kontroler PID dapat dijelaskan pada Persamaan 2.12

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{\tau_i} \int_0^\infty e(\tau) d\tau + \tau_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (2.12)$$

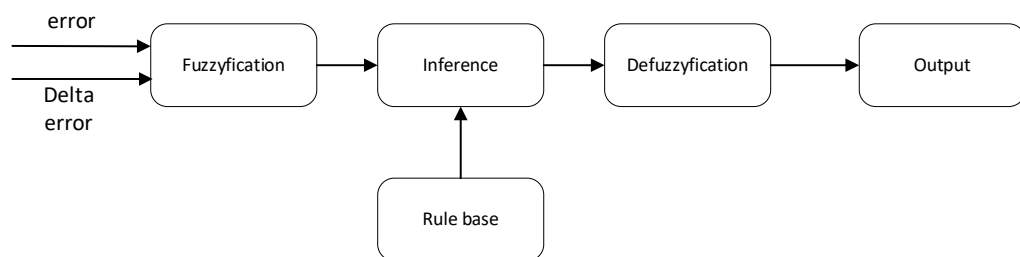
$u(t)$ merupakan sinyal kontrol dan $e(t)$ adalah sinyal kesalahan. Sinyal kontrol dari kontroler tersebut merupakan penjumlahan dari 3 aksi yaitu, aksi proporsional (P), integral (I) dan derivatif (D). Kontroler PID memiliki fungsi untuk memperbaiki

kesalahan melalui aksi proporsional, menghilangkan kesalahan pada keadaan tunak melalui aksi integral dan mengantisipasi kesalahan akan datang melalui aksi derivatif (Ghufron, 2016).

2.2.4 Fuzzy Logic

Fuzzy Logic ditemukan oleh profesor L. A Zadeh dari University of California di Berkeley pada 1965. Ciptaannya tidak terlalu dikenali sampai Dr. E.H. Mamdani yang dimana 20 adalah profesor dari London Univerisity, mengaplikasikan kontrol pada mesin uap otomatis. Dan pada 1976, Blue Circle Cement dan SIRA di Denmark mengembangkan pada pengaplikasiannya di dunia industri. Setelah tahun 1980 di beritakan bahwa pengaplikasian Logika *Fuzzy* sendiri sudah banyak tersebar pada industri manufaktur, kontrol otomatis, produksi, bank, dan sebagainya.

Fuzzy logic mempunyai nilai dimana diantara 0 dan 1, dikenal dengan nilai membership. *Fuzzy Logic* dapat mengatasi ketidakpastian dari sebuah sistem melewati aturan IF-THEN, dengan ini mengeliminasi kebutuhan akan model matematika dari sebuah sistem. Ini sangat membantu untuk model matematika yang kompleks dan yang bahkan tidak dapat di representasikan. Namun, kekompleksan dari *fuzzy logic* akan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah *input* dan ouput(Adil et al., 2015).



Gambar 2.4 Ilustrasi Fuzzy Logic

Logika *Fuzzy* terdiri dari empat komponen: *fuzzification*, *Fuzzy rule base*, *Fuzzy inference mekanisme*, dan *defuzzifier*

- *Fuzzyfication*

Fuzzyfication proses pengubahan nilai numerik (tegas) ke dalam fungsi keanggotaan *Fuzzy*. Di dalam *fuzzyfication*, terdapat komponen-komponen dari logika *Fuzzy*, yaitu :

1. Variabel *Fuzzy*

Variabel *Fuzzy* merupakan variabel yang digunakan dalam logika *Fuzzy*. Sebagai contoh variabel *Fuzzy* adalah *error* “e” dan *delta error* “de”.

2. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *Fuzzy* merupakan grup yang mewakili kondisi tertentu dalam suatu variabel *Fuzzy*. Sebagai contoh, variabel *error* dibagi menjadi tiga, dengan himpunan *Fuzzy*: rendah, sedang, tinggi

3. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *Fuzzy*. Sebagai contoh, semesta pembicaraan variabel *error* adalah $[-1,1]$

4. Domain

Domain merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan *Fuzzy*. Sebagai contoh, *error* rendah = $[-1;-0,5]$; *error* sedang = $[0,5;0,5]$; *error* tinggi = $[0,5;1]$

5. Membership function

Fungsi keanggotaan *Fuzzy* merupakan hubungan antara nilai derajat keanggotaan dengan variabel *Fuzzy* (numerik). Fungsi keanggotaan *Fuzzy* juga dapat menentukan nilai derajat keanggotaan dengan himpunan *Fuzzy* berdasarkan variabel *Fuzzy* (numerik)

- *Rule base*

Rule base merupakan suatu bentuk aturan relasi/implikasi sebab akibat (*if-then*). Di dalam *rule base* logika *Fuzzy* terdapat operasi himpunan *Fuzzy*, yaitu operasi yang mengombinasikan dan memodifikasi dua atau lebih himpunan *Fuzzy*. Terdapat tiga operasi dasar pada himpunan *Fuzzy* yaitu *OR* (*union*) dan *AND* (*intersection*). Hasil dari dua atau lebih himpunan *Fuzzy* akan mempunyai nilai keanggotaan baru hasil operasi dua himpunan yang disebut *firing strength* atau α predikat.

- *Inference System*

Inference system merupakan proses implikasi dalam menalar nilai masukan untuk menentukan nilai keluaran sebagai bentuk pengambil keputusan. *Inference system* terdiri dari proses implikasi dan agregasi. Implikasi yaitu proses menentukan derajat keanggotaan keluaran dari masing-masing kaidah dengan menggunakan operator himpunan *Fuzzy*. Proses selanjutnya adalah agregasi yaitu proses mengkombinasikan semua derajat keanggotaan keluaran masing-masing kaidah menjadi derajat keanggotaan tunggal

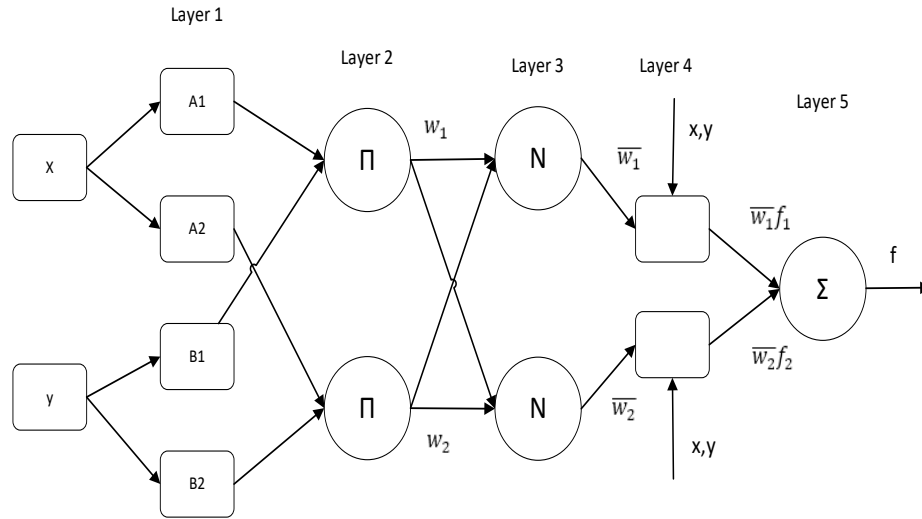
- *Defuzzification*

Defuzzification merupakan proses mengubah derajat keanggotaan hasil agregasi menjadi nilai analog keluaran. *Input* dari proses *defuzzification* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada *domain* himpunan *fuzzy* tersebut, sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai keluarannya. Ada beberapa metode *defuzzifikasi* yang umum digunakan yaitu metode COA dan MOM (Raafiu, 2018).

2.2.5 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah penggabungan mekanisme *fuzzy inference system* yang dimasukkan dalam arsitektur jaringan syaraf. Sistem *inference fuzzy* yang digunakan adalah sistem *inference fuzzy* model Tagaki-Sugeno yang setidaknya memiliki lima lapisan yang memiliki jenis node sendiri. Ada dua jenis node

yang disebut node adaptif (simbol persegi) dan node tetap (simbol lingkaran) seperti yang ditunjukkan Gambar 2.5 (Muhlasin et al., 2020)



Gambar 2.5 Arsitektur ANFIS

Layer pertama merupakan layer adaptif yang melambungkan metode fuzzyfication membership function dari himpunan fuzzy. Dimana nilai x dan y merupakan input yang dimasukkan kedalam logika fuzzy. Layer kedua merupakan layer yang memiliki jumlah node tetap. Dimana pada output layer kedua merupakan proses dari inference system. Hasil perkalian dari membership function yang dihasilkan pada layer pertama dengan rule base yang ditetapkan sehingga

$$O_{2,i} = w_1 = \mu_{A_i}(x) \mu_{B_i}(y), \quad i = 1, 2 \quad (2.13)$$

Layer ketiga merupakan layer yang memiliki jumlah node tetap, dimana layer ketiga adalah proses normalisasi dari jumlah inference sehingga

$$O_{2,i} = w_1 = \mu_{A_i}(x) \mu_{B_i}(y), \quad i = 1, 2 \quad (2.14)$$

Layer keempat merupakan layer Adaptive. dimana layer keempat adalah proses defuzzyfication

$$O_{4,i} = \bar{w}_1 f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (2.15)$$

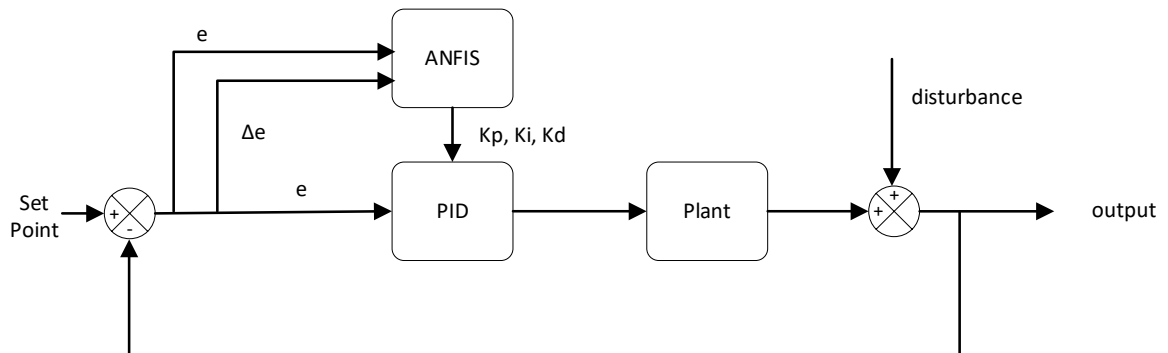
Layer kelima merupakan layer tetap yang menjumlahkan semua sinyal yang diperoleh sehingga diperoleh sebagai berikut (Jang et al., 2000).

$$O_{5,i} = \sum_i \bar{w}_1 f_1 = \frac{\sum_i w_i f_1}{\sum_i w_i} \quad (2.16)$$

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Metode yang digunakan

Pada proposal tugas akhir ini, penulis berencana menggunakan *PID Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* untuk mengendalikan *level* dan laju aliran air pada *plant* tangki PCT-100 dan meningkatkan performansi sistemnya berdasarkan nilai *error* yang minimal. Metode yang digunakan.



Gambar 3.1 Ilustrasi Rancangan Metode yang Digunakan

Pengerjaan tugas akhir ini diawali dengan studi literatur yang bersumber dari buku, panduan manual alat, dan jurnal penelitian sebelumnya. Terdapat 2 metode eksperimen yang digunakan, yakni simulasi dan implementasi. Metode simulasi dilakukan melalui permodelan sistem, perancangan Kontroler, dan pengambilan data simulasi. Apabila *error* simulasi sudah memenuhi batas yang dibuat, diperlukan implementasi pada *plant* sebagai penerapan dari model simulasi. Tahapan pada implementasi meliputi perancangan alat dan *wiring*, penerapan program pada PCT, pengambilan data penerapan program, dan analisis data pengujian. Terakhir, buku TA disusun berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh.

1. Studi literatur
2. Pengambilan data *plant*
3. Penyusunan model *plant*
4. Simulasi pada MATLAB
5. Implementasi pada *plant*
6. Analisis data Pengujian
7. Penyusunan Tugas akhir

3.2 Bahan dan peralatan yang digunakan

Pengerjaan tugas akhir ini memerlukan bahan dan peralatan sebagai berikut.

1. Modul *plant* PCT100
Sebagai *Plant* yang akan diamati dalam pengerjaan tugas akhir
2. Data Acquisition ADAM5000
Pada Tugas Akhir ini ADAM 5000L digunakan sebagai *Input Output Module* untuk menghubungkan komputer untuk kontrol dan *plant*. Fungsi dari ADAM sendiri untuk memberi sinyal perintah berupa

3. MATLAB 2021b

Matlab digunakan untuk simulasi program dan desain kontroler PID ANFIS

3.3 Urutan pelaksanaan penelitian

Penjadwalan pengerjaan tugas akhir disusun berdasarkan perkiraan bobot pengerjaan dan disajikan pada tabel di bawah.

No.	Kegiatan	Januari	Februari	Maret	April	Mei
1	Studi literatur					
2	Pengambilan data <i>plant</i>					
3	Penyusunan model <i>plant</i>					
4	Simulasi pada MATLAB					
5	Implementasi program pada PCT100					
6	Analisis data pengujian					
7	Penyusunan Tugas Akhir					
8	Penyusunan buku TA					

Tabel 3.1 Uraian Jadwal Kegiatan

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, O., Ali, M., Ali, A. Y., & Sumait, B. S. (2015). Comparison between the Effects of Different Types of Membership Functions on Fuzzy Logic Controller Performance. *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, 3(3), 76.
- Bytronics. (2015). *Process Control Technology PCT-100 Datasheet*. <http://www.bytronic.net/wp-content/uploads/2015/04/PCT100-PL0214.pdf>
- Devritama, A. (2016). *ADAPTIVE CONTROL METHOD ANALYSIS FOR AUTO TUNING PID CONTROLLER PARAMETER IN SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION (SCADA) SYSTEM*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ghufron, M. (2016). *DESAIN DAN IMPLEMENTASI KONTROLER SELF-TUNING PID DENGAN PENDEKATAN INTERAKSI ADAPTIF PADA SISTEM PENGATURAN LEVEL*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Jang, R. J. S., Sun, C. T., & Eiji, M. (2000). "*Neuro-Fuzzy and Soft Computing*." Pretince Hall.
- Muhlasin, Budiman, Ali, M., Parwanti, A., Firdaus, A. A., & Iswinarti. (2020). Optimization of Water Level Control Systems Using ANFIS and Fuzzy-PID Model. *Proceeding - 2020 3rd International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering: Strengthening the Framework of Society 5.0 through Innovations in Education, Electrical, Engineering and Informatics Engineering, ICVEE 2020*. <https://doi.org/10.1109/ICVEE50212.2020.9243229>
- Pritandi, D. A. P. A. (2016). Perancangan Kontroler PID-Fuzzy untuk Sistem Pengaturan Cascade Level dan Flow pada Basic Process Rig 38-100. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.16179>
- Raafiu, B. (2018). *Implementasi Fuzzy-PID untuk Kendali Four-Wheeled Mobile Robotic : Studi Kasus Pada Jalan Tanjakan*. Institut teknologi Sepuluh Nopember.
- Raharjo, R. D. (2014). DESAIN DAN IMPLEMENTASI KONTROLER PID GAIN SCHEDULING UNTUK SISTEM PENGATURAN PROSES LEVEL PADA PROCESS CONTROL TECHNOLOGY - 100. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

LAMPIRAN