



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**EKUIVALENSI DAN TUNING METODE
KONTROL FUZZY-PID BERDASARKAN
PARAMETER KONTROL PID DI PDAM KOTA
PONTIANAK BERBASIS MATLAB**

TESIS

**POLITEKNIK
NEGERI
ADE RACHMAWAN
1909511002
JAKARTA**

PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO

PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

DEPOK

AGUSTUS 2022



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**EKUIVALENSI DAN TUNING METODE
KONTROL FUZZY-PID BERDASARKAN
PARAMETER KONTROL PID DI PDAM
KOTA PONTIANAK BERBASIS MATLAB**

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Mencapai Derajat Magister Terapan dalam Bidang Rekayasa Tenaga Listrik

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

ADE RACHMAWAN

1909511002

PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO

PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

DEPOK

AGUSTUS 2022



Hak Cipta :

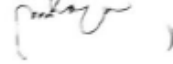
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini yang diajukan oleh:

Nama : Ade Rachmawan
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Judul Tesis : Ekuivalensi dan Tuning Metode Kontrol Fuzzy-PID Berdasarkan Parameter Kontrol PID Di PDAM Kota Pontianak Berbasis Matlab

Telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Kamis tanggal 9 Agustus tahun 2022 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh Derajat Gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.


Pembimbing I : Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D. ()
Pembimbing II : Mohamad Fathurahman, S.T., M.T ()
Penguji I : Dra. Bernadeta Siti Rahayu Purwanti, M.Si ()
Penguji II : Dr. Drs. Aminuddin Debataraja, S.T., M.Si ()
Penguji III : Dr. Handri Santoso, M.Eng ()

Depok, 27 Agustus 2022

Disahkan oleh

Kepala Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta




Dr. Isdawimah, S.T., M.T.
NIP. 196305051988112001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

Depok, 3 Agustus 2022

Ade Rachmawan

NIM : 1909511002

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Ade Rachmawan

NIM : 1909511002

Tanda Tangan :



Tanggal : 3 Agustus 2022



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas rahmat dan ridho Allah SWT yang telah memberikan karunia kesehatan, waktu, ilmu, kekuatan, dan kesempatan, sehingga dapat menyelesaikan karya ilmiah yang berjudul “Ekuivalensi Dan Tuning Metode Kontrol Fuzzy-PID Berdasarkan Parameter Kontrol PID Di PDAM Kota Pontianak Berbasis Matlab”.

Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Ucapan terima kasih tak terhingga kepada :

1. Orangtuaku Ayah **Sensuirman, Ibu Lindawita**, keluarga besar, kakak dan adik tercinta, yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan do'a yang tidak ada henti-hentinya.
2. Bapak **Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D.** selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dalam menyusun laporan tesis ini.
3. Bapak **Fathurrahman S.T., M.T.** selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dalam menyusun laporan tesis ini.
4. Bapak Poniman selaku Kepala Produksi PDAM Kota Pontianak yang telah mengizinkan dan membantu proses pengumpulan data.
5. Segenap Dosen dan Staff Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro atas kontribusinya baik secara langsung, maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu selama penyusunan laporan tesis ini.
6. Rekan-rekan Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Program Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta Angkatan Ketiga.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hasil penelitian ini tentu masih banyak kekurangan, dan jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan masukan yang dapat memperkaya khazanah keilmuan di dalam laporan tesis ini.

Semoga laporan ini bermanfaat, khususnya bagi penulis dan masyarakat pada umumnya, karena sebaik baiknya ilmu adalah ilmu yang bermanfaat bagi orang lain.

Depok, 31 Juli 2022

Ade Rachmawan

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Pengolahan air bersih di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) melalui proses Koagulasi. Koagulasi adalah proses netralisasi antara ion negatif air baku dengan ion positif sebagai media koagulan. Di PDAM Tirta Khatulistiwa Pontianak proses koagulasi menggunakan metode kontrol PID pada pengaturan stroke pompa tawas. Pengaturan kontrol PID pada PDAM Pontianak selama ini dibuat konstan untuk menghindari perubahan kualitas air. Hal ini sebenarnya tidak efektif karena kekeruhan air baku sangat dipengaruhi musim dan lingkungan. Penelitian ini melakukan desain kontrol Fuzzy yang memanfaatkan data existing PID hasil pengukuran di PDAM Pontianak. Desain Fuzzy yang dirancang adalah konversi dari data parameter PID konvensional pada mesin pompa tawas di PDAM Pontianak. Konversi dari PID *controller* ke Fuzzy menggunakan sebuah persamaan yang memetakan gain parameter PID ke dalam *operating range* parameter FLC. Jumlah *input* fungsi keanggotaan Fuzzy menyesuaikan jumlah *input* PID *controller* yang terdiri dari *error*, *integral error*, dan *differential error* sebanyak 3 *input* dan 1 *output*. Jumlah *input* fungsi keanggotaan Fuzzy ditetapkan sebanyak 5 dan jumlah *output membership function* nya sebanyak 13. Jumlah Fuzzy *rules* dari 3 *input* dan 5 fungsi keanggotaan didapatkan 125 *rules*. Metode *tuning* Fuzzy menggunakan *tuning operating range* dan mengubah dimensi bentuk fungsi keanggotaan. Hasil riset menunjukkan *tuning* nilai *Operating Range (OR) error*, *integral error*, dan *derivative error* yaitu [-55 55], [-900 900], dan [-400 400] mengalami perbaikan *settling time* mencapai 95,5% dan *percent overshoot* berkurang sebesar 57,42 %. Hasil *tuning* mengubah dimensi bentuk fungsi keanggotaan juga mengalami perbaikan *settling time* mencapai 29,62% dan *percent overshoot* berkurang sebesar 36,85%.

Kata kunci : PID, Fuzzy-PID, Tuning



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

Clean water treatment at regional drinking water companies (PDAMs) through the coagulation process. Coagulation is the process of neutralization between negative ions of raw water and positive ions as a coagulant medium. At PDAM Tirta Khatulistiwa Pontianak, the coagulation process uses the PID control method in the alum pump stroke setting. The PID control arrangements at PDAM Pontianak have been made constant to avoid changes in water quality. This is actually ineffective because the turbidity of raw water is greatly influenced by the season and the environment. This study carried out a Fuzzy control design that utilized existing PID data from measurements at PDAM Pontianak. The Fuzzy design designed is a conversion of conventional PID parameter data on the alum pump machine at PDAM Pontianak. Conversion from a PID controller to Fuzzy uses an equation that maps the gain of PID parameters into the operating range of FLC parameters. The number of inputs of the Fuzzy membership function adjusts the number of Inputs of PID controller consisting of error, integral error, and differential error by 3 inputs and 1 output. The number of inputs of the Fuzzy membership function is set at 5 and the number of outputs of the membership function is 13. The number of Fuzzy rules from 3 inputs and 5 membership functions is obtained 125 rules. The Fuzzy tuning method uses tuning the operating range and changes the form dimensions of the membership function. The results showed tuning operating range (OR) values, namely obtained error values, integral errors, and derivative errors, namely [-55 55], [-900 900], and [-400 400] experienced an improvement in settling time reaching 95.5% and percent overshoot reduced by 57.42%. The tuning results changed the dimensions of the form of the membership function also experienced an improvement in settling time reaching 29.62% and percent overshoot was reduced by 36.85%.

Keywords : PID, Fuzzy-PID, Tuning



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	3
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
HALAMAN SIMBOL DAN SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.5.1 Manfaat Teoritis.....	4
1.5.2 Manfaat Praktis	4
1.6 Sistematika Penyajian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Klasifikasi Mutu Air.....	6



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2 Kontroler PID	7
2.3 Fuzzy Logic Controller (FLC)	8
2.4 Ekuivalensi Fuzzy-PID.....	9
2.5 Kajian Penelian Terdahulu	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Ruang Lingkup Penelitian	15
3.2 Pendekatan Penelitian.....	16
3.3 Perancangan Dan Cara Kerja.....	17
3.3.1 Menentukan <i>Plant</i> Sistem.....	18
3.3.2 Melakukan Simulasi Kontrol PID.....	18
3.3.3 Menentukan Nilai Error	18
3.3.4 Ekuivalensi PID—Fuzzy-PID.....	19
3.3.5 Tuning Fuzzy-PID	20
3.4 Pengujian	20
3.5 Metode dan Teknik Analisis Data	20
3.6 Metode dan Teknik Penyajian Hasil	21
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Hasil Penelitian.....	22
4.1.1 Ekuivalensi PID dan Fuzzy-PID.....	24
4.1.2 Hasil Tuning Fuzzy-PID	27
4.2 Pembahasan	55
4.2.1 Ekuivalensi Fuzzy-PID dan PID.....	55
4.2.2 Tuning PID vs Fuzzy-PID	55
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1 Simpulan.....	61



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN I. BLOK DIAGRAM SISTEM PDAM PONTIANAK	65
LAMPIRAN II. SURAT IZIN PENELITIAN	66
LAMPIRAN III. DOKUMENTASI DI PDAM PONTIANAK	67





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan Kualitas Air Minum.....	7
Tabel 3.2 Analisa Kebutuhan Penelitian.....	16
Tabel 4.1 Perbandingan Data Ekuivalensi PID vs Fuzzy-PID.....	55
Tabel 4.2 Perbandingan Data Tuning PID vs Fuzzy-PID.....	56
Tabel 4.3 Perbandingan Data Tuning PID vs Fuzzy-PID.....	56
Tabel 4.4 Perbandingan Data Tuning PID vs Fuzzy-PID.....	56
Tabel 4.5 Perbandingan Data Tuning PID vs Fuzzy-PID.....	57
Tabel 4.6 Perbandingan Data Tuning PID vs Fuzzy-PID.....	57
Tabel 4.7 Perbandingan Data Tuning PID vs Fuzzy-PID.....	58
Tabel 4.8 Perbandingan Data Tuning PID vs Fuzzy-PID.....	58
Tabel 4.9 Perbandingan Data Tuning PID vs Fuzzy-PID.....	58
Tabel 4.10 Perbandingan Data Tuning PID vs Fuzzy-PID.....	59
Tabel 4.11 Perbandingan Data Tuning PID vs Fuzzy-PID.....	59
Tabel 4.12 Perbandingan Data Tuning PID vs Fuzzy-PID.....	60
Tabel 4.13 Perbandingan Respon Masing-Masing Controller.....	60

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok Diagram Sistem Kontrol PID.....	8
Gambar 2.2 Blok Diagram <i>Fuzzy Logic Controller</i>	9
Gambar 2.3 Pemetaan Input/Output MF Dari Variabel FLC.....	10
Gambar 2.4 Irisan Kubik Dari FAM.....	11
Gambar 2.5 Struktur Fuzzy PID Controller.....	12
Gambar 2.6 Fuzzy Rules.....	12
Gambar 3.1 Proses Pengolahan Air di PDAM Tirta Khatulistiwa.....	15
Gambar 3.2 Blok Diagram Penelitian.....	16
Gambar 3.3 Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>) Penelitian.....	17
Gambar 3.4 Blok Diagram PID <i>Controller</i> Sistem Orde Dua.....	18
Gambar 3.5 Perancangan Fuzzy-PID <i>Controller</i>	19
Gambar 4.1 Respon Kontrol PID.....	22
Gambar 4.2 Aktuator Stroke Pompa Tawas.....	23
Gambar 4.3 Tingkat Keckeruhan Air.....	23
Gambar 4.4 Nilai <i>Error</i> Sistem.....	24
Gambar 4.5 <i>Membership Function</i> “ <i>Error</i> ”.....	25
Gambar 4.6 <i>Membership Function</i> “ <i>Integral Error</i> ”.....	25
Gambar 4.7 <i>Membership Function</i> “ <i>Derivative Error</i> ”.....	25
Gambar 4.8 <i>Membership Function</i> “ <i>Output</i> ”.....	26
Gambar 4.9 Grafik Ekuivalensi PID vs Fuzzy-PID.....	26
Gambar 4.10 Tampilan Surface View Fuzzy-PID Controller.....	27
Gambar 4.11 <i>Membership Function</i> “ <i>Error</i> ” OR [-100 100].....	27
Gambar 4.12 <i>Membership Function</i> “ <i>Integral Error</i> ” OR [-26.95 26.95].....	28
Gambar 4.13 <i>Membership Function</i> “ <i>Derivative Error</i> ” OR[-105 105].....	28
Gambar 4.14 <i>Membership Function</i> “ <i>Output</i> ”.....	28
Gambar 4.15 Respon Tuning PID Vs Fuzzy-PID.....	29
Gambar 4.16 Tampilan Surface View Fuzzy-PID Controller Setelah <i>Tuning</i>	29
Gambar 4.17 <i>Membership Function</i> “ <i>Error</i> ” OR [-55 55].....	30
Gambar 4.18 <i>Membership Function</i> “ <i>Integral Error</i> ” OR [-26.95 26.95].....	30
Gambar 4.19 <i>Membership Function</i> “ <i>Derivative Error</i> ” OR[-105 105].....	30
Gambar 4.20 <i>Membership Function</i> “ <i>Output</i> ”.....	31
Gambar 4.21 Respon Tuning PID Vs Fuzzy-PID.....	31



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.22 Tampilan Surface View Fuzzy-PID Controller Setelah <i>Tuning</i>	32
Gambar 4.23 <i>Membership Function</i> “Error” OR [-50 50].....	32
Gambar 4.24 <i>Membership Function</i> “Integral Error” OR [-26.95 26.95].....	33
Gambar 4.25 <i>Membership Function</i> “Derivative Error” OR[-105 105].....	33
Gambar 4.26 <i>Membership Function</i> “Output”.....	33
Gambar 4.27 Respon Tuning PID Vs Fuzzy-PID.....	34
Gambar 4.28 Tampilan Surface View Fuzzy-PID Controller Setelah <i>Tuning</i>	34
Gambar 4.29 <i>Membership Function</i> “Error” OR [-55 55].....	35
Gambar 4.30 <i>Membership Function</i> “Integral Error” OR [-100 100].....	35
Gambar 4.31 <i>Membership Function</i> “Derivative Error” OR[-105 105].....	35
Gambar 4.32 <i>Membership Function</i> “Output”.....	36
Gambar 4.33 Respon Tuning PID Vs Fuzzy-PID.....	36
Gambar 4.34 Tampilan Surface View Fuzzy-PID Controller Setelah <i>Tuning</i>	37
Gambar 4.35 <i>Membership Function</i> “Error” OR [-55 55].....	37
Gambar 4.36 <i>Membership Function</i> “Integral Error” OR [-500 500].....	38
Gambar 4.37 <i>Membership Function</i> “Derivative Error” OR[-105 105].....	38
Gambar 4.38 <i>Membership Function</i> “Output”.....	38
Gambar 4.39 Respon Tuning PID Vs Fuzzy-PID.....	39
Gambar 4.40 Tampilan Surface View Fuzzy-PID Controller Setelah <i>Tuning</i>	39
Gambar 4.41 <i>Membership Function</i> “Error” OR [-55 55].....	40
Gambar 4.42 <i>Membership Function</i> “Integral Error” OR [-900 900].....	40
Gambar 4.43 <i>Membership Function</i> “Derivative Error” OR[-105 105].....	40
Gambar 4.44 <i>Membership Function</i> “Output”.....	41
Gambar 4.45 Respon Tuning PID Vs Fuzzy-PID.....	41
Gambar 4.46 Tampilan Surface View Fuzzy-PID Controller Setelah <i>Tuning</i>	42
Gambar 4.47 <i>Membership Function</i> “Error” OR [-55 55].....	42
Gambar 4.48 <i>Membership Function</i> “Integral Error” OR [-900 900].....	43
Gambar 4.49 <i>Membership Function</i> “Derivative Error” OR[-200 200].....	43
Gambar 4.50 <i>Membership Function</i> “Output”.....	43
Gambar 4.51 Respon Tuning PID Vs Fuzzy-PID.....	44
Gambar 4.52 Tampilan Surface View Fuzzy-PID Controller Setelah <i>Tuning</i>	44
Gambar 4.53 <i>Membership Function</i> “Error” OR [-55 55].....	45
Gambar 4.54 <i>Membership Function</i> “Integral Error” OR [-900 900].....	45
Gambar 4.55 <i>Membership Function</i> “Derivative Error” OR[-400 400].....	45
Gambar 4.56 <i>Membership Function</i> “Output”.....	46
Gambar 4.57 Respon Tuning PID Vs Fuzzy-PID.....	46
Gambar 4.58 Tampilan Surface View Fuzzy-PID Controller Setelah <i>Tuning</i>	47



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.59 MF "Error".....	47
Gambar 4.60 MF "Integral Error".....	48
Gambar 4.61 MF "Derivative Error".....	48
Gambar 4.62 Membership Function "Output".....	48
Gambar 4.63 Respon Tuning PID Vs Fuzzy-PID.....	49
Gambar 4.64 Tampilan Surface View Fuzzy-PID Controller Setelah Tuning.....	49
Gambar 4.65 MF "Error".....	50
Gambar 4.66 MF "Integral Error".....	50
Gambar 4.67 MF "Derivative Error".....	50
Gambar 4.68 Membership Function "Output".....	51
Gambar 4.69 Respon Tuning PID Vs Fuzzy-PID.....	51
Gambar 4.70 Tampilan Surface View Fuzzy-PID Controller Setelah Tuning.....	52
Gambar 4.71 MF "Error".....	52
Gambar 4.72 MF "Integral Error".....	53
Gambar 4.73 MF "Derivative Error".....	53
Gambar 4.74 Membership Function "Output".....	53
Gambar 4.75 Respon Tuning PID Vs Fuzzy-PID.....	54
Gambar 4.76 Tampilan Surface View Fuzzy-PID Controller Setelah Tuning.....	54
Gambar 4.77 Respon Tuning PID Vs Fuzzy-PID.....	55

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Blok Diagram Sistem PDAM Pontianak.....	64
Lampiran 2 Surat Izin Penelitian.....	65
Lampiran 3 Dokumentasi Di PDAM Kota Pontianak.....	66





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN SIMBOL DAN SINGKATAN

FAM	Fuzzy Associative Memory
FIS	Fuzzy Inference System
FLC	Fuzzy Logic Controller
IPA	Instalasi Pengolahan Air
MF	Membership Function
OR	Operating Range
PDAM	Perusahaan Daerah Air Minum
PID	Proportional, Integral, and Derivative
PLC	Programmable Logic Controller
SCM	Streaming Current Monitor
WTP	Water Treatment Plant

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebanyakan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di Indonesia menggunakan air sungai sebagai air bakunya. Air sungai tersebut sangat dipengaruhi oleh tingkat kekeruhan yang setiap saat akan berbeda akibat dari material yang terlarutkannya. Dengan demikian maka air sungai tersebut tidak bisa langsung diproses untuk dijadikan bahan baku air minum. Air sungai tersebut harus dilakukan proses penjernihan terlebih dahulu berdasarkan standar baku yang sudah ditentukan. Air sungai banyak mengandung campuran bahan organik/anorganik serta banyak mengandung bakteri, virus, dan protozoa yang dapat menimbulkan penyakit jika langsung dikonsumsi [1]. Kebanyakan sungai juga menjadi tempat penampungan akhir berbagai jenis limbah baik limbah rumah tangga maupun limbah industri sehingga air sungai tidak dapat langsung di konsumsi [2].

Ada beberapa proses tahapan penjernihan sebelum air sungai dijadikan air baku antara lain: *Intake*, Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi, Filtrasi, *Clear Well*, dan *Reservoir*. Proses utama dalam pengolahan air bersih ini terdapat pada proses Koagulasi, karena pada proses ini terjadi pembubuhan air baku dengan zat kimia tawas menggunakan pompa tawas sebagai *plant* nya. Tujuan penambahan tawas agar menimbulkan ketidakstabilan partikel koloid dalam air baku sehingga menyebabkan pemisahan antara partikel padat dan air [1]. Salah satu faktor terpenting dalam proses pengolahan air bersih adalah pembubuhan dosis koagulan pada proses koagulasi [3]. Pembubuhan tawas yang berlebihan akan mengakibatkan munculnya *Moringan Oleifera THM* (Trihalometana) yang dapat menyebabkan penyakit kanker [4]. Penggunaan zat kimia yang berlebihan akan mengakibatkan disinfeksi seperti triklorometana, tetraklorometana, dan lainnya [5]. Pembubuhan yang berlebihan pada proses koagulasi akan mengakibatkan meningkatnya biaya produksi dan munculnya trihalometana yang dapat menyebabkan penyakit kanker [6]



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PDAM Pontianak menggunakan sungai Kapuas sebagai sumber air baku yang memiliki kapasitas produksi 300 liter/detik. Proses pengolahan air ini terdiri dari area *intake* dengan 2 pompa yang beroperasi secara bergantian, flokulasi terdiri dari 12 bak, sedimentasi terdiri dari 2 bak, filtrasi terdiri dari 8 bak dan *reservoir* untuk penampungan air bersih. Proses pengolahan air ini menggunakan metode kontrol (Proportional Integral and Derivative) PID pada proses Koagulasi. Pengaturan kontrol PID ini dibuat konstan untuk menghindari perubahan kualitas air dimana hal ini sebenarnya tidak efektif. Kekeruhan air baku sangat dipengaruhi oleh musim dan lingkungan. Akibatnya ketika terjadi hujan deras menimbulkan kekeruhan air yang lebih tinggi akibat tecampur dengan lumpur. Metode kontrol PID juga memiliki kelemahan utama yaitu tidak mampu menghadapi gangguan non linear [7] [8]. Untuk mengatasi masalah dalam gangguan non linear, metode kontrol Fuzzy-PID dapat menjadi salah satu alternatif. Perbandingan antara respon kontrol PID dengan metode Fuzzy-PID telah dilakukan simulasi kontrol motor DC menggunakan *software* Labview. Hasil yang didapatkan respon kontrol Fuzzy-PID mampu mengurangi *rise time* 30%, *settling time* berkurang sebesar 20% dan *peak time* berkurang sebesar 25% dibandingkan dengan metode kontrol PID [9]. Jurnal lainnya juga menyebutkan implementasi Fuzzy-PID pada motor DC mampu mengurangi nilai *percent overshoot* sebesar 7,867% serta memperbaiki nilai *settling time* sebesar 15,8% [10]. Perbandingan nilai *tuning Operator Range* antara Fuzzy-PID dengan PID juga telah dilakukan pada sistem persamaan differensial orde tiga. Hasil yang didapatkan yaitu perbaikan nilai *settling time* sebesar 75,3%, mengurangi *percent overshoot* sebesar 57,7% dan nilai *output* amplitudonya sebesar 32,53 terhadap metode kontrol PID [11].

Adapun solusi yang sudah pernah ditawarkan untuk mengatasi kelemahan kontrol PID pada proses koagulasi yaitu menggunakan metode “Cascade Fuzzy Self-Tuning PID”. Desain ini menggunakan 2 *input* dan 3 *output* menggunakan *fuzzy model* Mamdani [12]. Metode kontrol Fuzzy Logic juga sudah diimplementasikan pada proses Koagulasi menggunakan PLC Siemens Simatic200PLC untuk proses pengolahan air dengan kapasitas 7 Liter/detik,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

akan tetapi metode kontrol ini hanya diimplementasikan selama 90 menit [13]. Metode lain juga telah dilakukan [14], yaitu dengan memanfaatkan data aktual (pH, suhu, kekeruhan air, dan pompa dosing) yang diklasifikasikan menggunakan metode *Fuzzy C-Means* untuk mendapatkan *Class Center* dengan mengombinasikan dengan metode *K-Nearest Neighbor*. Hasil percobaan didapatkan nilai *Mean Square Error* (MSE) sebesar 3,0249. Skema penggabungan metode kontrol antara skema model *Rain Forest* (RF) dengan *Second-Order Sliding Mode* (SOSM) *controller* juga sudah dilakukan, dimana RF berperan sebagai kontrol *Feedforward* untuk pengontrolan dosis koagulan berdasarkan kualitas dari air baku. SOSM berperan untuk menyesuaikan dengan nonlinearitas serta ketidakpastian pada proses koagulasi serta menjadi *feedback controller*. Hasil yang didapatkan mempunyai kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap perubahan kualitas air baku jika dibandingkan dengan kontrol PID konvensional [7].

Berdasarkan uraian yang disampaikan, terkait kasus yang terjadi pada PDAM Kota Pontianak dilakukan ekuivalensi (konversi) dan *tuning* menggunakan metode kontrol Fuzzy Logic berbasis *software* Matlab. Konversi yang dilakukan dengan pemetaan *error*, *integral error*, *derivative error* dan *output* PID ke dalam OR dari MF *input* dan *output*. Data parameter PID existing (K_p , K_i , dan K_d) akan menjadi acuan untuk melakukan ekuivalensi berdasarkan persamaan dan *plant* pompa tawas diasumsikan sama. *Fuzzy logic* ini akan menggunakan *fuzzy model* sugeno dgn *membership function* 5 pada masing-masing *input*. *Fuzzy Logic Controller* (FLC) sugeno yg diusulkan ini adalah *fuzzy 3 input 1 output* [15]. Penelitian akan berfokus bagaimana cara *tuning fuzzy*.

1.2 Perumusan Masalah

1. Mencari pemodelan plant yang mirip dengan PDAM Pontianak dengan memanfaatkan data-data lapangan
2. Bagaimana mendesain Fuzzy Inferens System (FIS) untuk controller fuzzy
3. Bagaimana membuat konversi dari PID controller ke Fuzzy Logic



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Bagaimana melakukan tuning dan analisis hasil simulasi fuzzy berdasarkan hasil konversi.

1.3 Tujuan Penelitian

Usulan penelitian yang diajukan saat ini yaitu melakukan konversi data parameter PID *existing* ke dalam metode kontrol *fuzzy logic*. Pertanyaan dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mendesain *system control fuzzy logic* nya ?
2. Apakah desain fuzzy yang dirancang dapat diaplikasikan dengan nilai *set point* negative (-) ?
3. Bagaimana penentuan parameter dan *tuning membership fuzzy* FLC nya ?

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Desain Fuzzy-PID berdasarkan parameter kontrol PID *existing*.
2. *Tuning* Fuzzy-PID.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan-batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi kasus yang dilakukan yaitu di PDAM Kota Pontianak.
2. *Plant* antara *existing* PID dan Fuzzy-PID diasumsikan sama.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1.5.1 Manfaat Teoritis

1. Perbandingan sistem kontrol PID di PDAM Pontianak dengan sistem kontrol *fuzzy logic*.

1.5.2 Manfaat Praktis

1. Laporan Thesis.
2. Publikasi ilmiah

1.6 Sistematika Penyajian

Sistematika penelitian dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut :



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian yang digunakan, serta manfaat penelitian dan *outline* tesis.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini dijelaskan teori-teori terkait dengan topik penelitian, dan juga *literatur review* dari penelitian yang sudah pernah dilakukan peneliti lain sebelumnya.

Bab 3 Metode Penelitian

Pada bab ini berisi metodologi penelitian, dan proses analisa kebutuhan penelitian, pendekatan, desain yang dibuat serta .

Bab 4 Pembahasan Hasil Penelitian

Dalam bab ini akan dipaparkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan serta pembahasan dan analisa secara mendalam berdasarkan data yang diperoleh berupa grafik dan tabel.

Bab 5 Simpulan dan Saran

Berisi hasil dari penelitian berupa simpulan hasil penelitian dan beberapa saran yang diajukan untuk memajukan penelitian ini lebih lanjut



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

- a. *Tuning* nilai OR pada Fuzzy-PID menggunakan parameter $OR_e = (-55, 55)$, $OR_{ie} = (-900, 900)$, dan $OR_{de} = (-400, 400)$. Nilai *overshoot* yang didapatkan sebesar -79.93 mV dengan nilai T_r sebesar $0,4$ detik, nilai T_s sebesar $0,6$ detik, nilai *percent overshoot* sebesar $0,08$ %, dan nilai E_{ss} sebesar $+ 0,07$. Apabila nilai OR_e kurang dari 55 akan mengakibatkan fenomena *clamping* hal ini mengakibatkan respon sinyal terpotong sehingga menunjukkan nilai 0 .
- b. *Tuning* MF pada Fuzzy-PID dengan mempertahankan nilai $OR_e = (-126, 126)$, $OR_{ie} = (-26.95, 26.95)$, dan $OR_{de} = (-105, 105)$ dengan mempersempit MF pada parameter a_e dan a_d serta memperlebar MF pada parameter a_i masih memiliki *overshoot* sebesar -96.52 mV dengan nilai T_r sebesar $1,189$ detik, nilai T_s sebesar $9,5$ detik, nilai *percent overshoot* sebesar $20,65$ %, dan nilai E_{ss} sebesar $-16,52$
- c. Metode kontrol Fuzzy-PID yang dirancang relevan dengan nilai *set point* negatif (-). Asalkan parameter error pengukuran diketahui serta dilakukan pengukuran nilai tertinggi pada sumbu negatif (-) dan nilai tertinggi pada sumbu positif (+).

5.2 Saran

- a. Sebaiknya penelitian dilanjutkan dengan mengimplementasikan langsung di Plant PDAM Tirta Khatulistiwa Pontianak serta memperhitungkan respon atau gangguan dari luar.
- b. Untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dapat dipertimbangkan menggunakan metode *Genetic Algorithm* atau metode lainnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Dunne and S. Newell, "The use of Streaming Current Monitors in optimising coagulant dosage in Water Treatment Plants The use of Streaming Current Monitors in optimising coagulant dosage in Water Treatment Plants .," no. September, 2018.
- [2] R. Purnaini, S. Sudarmadji, and S. Purwono, "Pemodelan Sebaran Bod Di Sungai Kapuas Kecil Bagian Hilir Menggunakan Wasp," *J. Teknosains*, vol. 8, no. 2, p. 148, 2019, doi: 10.22146/teknosains.34921.
- [3] M. R. Wiesner, C. R. O'Melia, and J. L. Cohon, *Optimal Water Treatment Plant Design*, vol. 113, no. 3. 1987. doi: 10.1061/(asce)0733-9372(1987)113:3(567).
- [4] A. A. Okoya, O. O. Olaiya, A. B. Akinyele, and N. O. Ochor, "Efficacy of Moringa oleifera Seed Husk as Adsorptive Agent for Trihalomethanes from a Water Treatment Plant in Southwestern, Nigeria," *J. Chem.*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/3450954.
- [5] D. Wang and H. Xiang, "Composite Control of Post-Chlorine Dosage During Drinking Water Treatment," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 27893–27898, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2901059.
- [6] L. Godo-Pla *et al.*, "Control of primary disinfection in a drinking water treatment plant based on a fuzzy inference system," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 145, pp. 63–70, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.psep.2020.07.037.
- [7] D. Wang, J. Wu, L. Deng, Z. Li, and Y. Wang, "A real-time optimization control method for coagulation process during drinking water treatment," *Nonlinear Dyn.*, vol. 105, no. 4, pp. 3271–3283, 2021, doi: 10.1007/s11071-021-06794-5.
- [8] A. J. Muñoz-Vázquez, A. Sánchez-Orta, and V. Parra-Vega, "A novel PID control with fractional nonlinear integral," *Nonlinear Dyn.*, vol. 94, no. 4, pp. 3041–3052, 2018, doi: 10.1007/s11071-018-4543-0.
- [9] D. Somwanshi, M. Bundele, G. Kumar, and G. Parashar, "Comparison of fuzzy-PID and PID controller for speed control of DC motor using LabVIEW," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 152, pp. 252–260, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.05.019.
- [10] K. Sharma and D. K. Palwalia, "A modified PID control with adaptive fuzzy controller applied to DC motor," *IEEE Int. Conf. Information, Commun. Instrum. Control. ICICIC 2017*, vol. 2018-January, no. 1, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ICOMICON.2017.8279151.
- [11] N. Sutarna and B. S. R. Purwanti, "Metode Tuning Operating Range Fuzzy PID Controller pada Sistem Orde Tiga," 2020. doi:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 10.15294/jte.v12i1.24050.
- [12] L. Hua, L. Changtao, L. L. Cui, and L. Tuo, "Research of fuzzy control in coagulation progress for tap water," *Proc. - 2015 Chinese Autom. Congr. CAC 2015*, vol. 2015-Janua, pp. 170–173, 2016, doi: 10.1109/CAC.2015.7382490.
 - [13] H. Bai, "A fuzzy logic based coagulant real time control scheme for water purification system," *2009 IEEE Int. Conf. Mechatronics Autom. ICMA 2009*, pp. 2123–2127, 2009, doi: 10.1109/ICMA.2009.5246439.
 - [14] W. Tang, Z. Rui, H. Jiang, and H. Gao, "Coagulation control fuzzy modeling based on cluster analysis and optimization technique," *Chinese Control Conf. CCC*, vol. 2016-Agus, pp. 2154–2159, 2016, doi: 10.1109/ChiCC.2016.7553687.
 - [15] C. T. Chao, N. Sutarna, J. S. Chiou, and C. J. Wang, "An optimal fuzzy PID controller design based on conventional PID control and nonlinear factors," *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 6, 2019, doi: 10.3390/app9061224.
 - [16] Menteri Kesehatan RI, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tentang Persyaratan Kualitas Air Minum," 2010.
 - [17] T. N. Manik, N. Sari, and N. Aina, "Simulasi Proses Pengisian Bak Pengumpul PDAM dari Raw Water Intake dengan Kontrol PID," pp. 37–48, 2008.
 - [18] S. Kawamura, "A review of: 'Integrated Design of Water Treatment Facilities' SUSUMA KAWAMURA, 1991 New York, John Wiley & Sons ISBN 0 47 161 5919 £55.15," *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 16, no. 4, pp. 387–393, Jan. 1991, doi: 10.1080/03043799108939544.
 - [19] R. Novitasari, I. Apriani, S. MSi, T. Anita Zahara, and Ss. MSi, "EVALUASI DAN OPTIMALISASI KINERJA IPA I PDAM KOTA PONTIANAK," 2013.
 - [20] C. T. Chao, N. Sutarna, J. S. Chiou, and C. J. Wang, "Equivalence between fuzzy PID controllers and conventional PID controllers," *Appl. Sci.*, vol. 7, no. 6, Jun. 2017, doi: 10.3390/app7060513.
 - [21] A. A. Al-Salman, G. Abukhanafer, and H. M. Salman, "Evaluating the Performance of Water Treatment Plant Water Treatment Plant View project Noise pollution View project," 2018. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/328583958>
 - [22] H. Gustinawati, "Evaluasi dan Optimalisasi Sistem Pengolahan Air Minum Pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Jaluko Kapasitas 50 L/S Kabupaten Muaro Jambi," *J. Daur Lingkung.*, vol. 1, no. 1, p. 29, 2018, doi: 10.33087/daurling.v1i1.6.
 - [23] C. M. Kim and M. Parnichkun, "Prediction of settled water turbidity and



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

optimal coagulant dosage in drinking water treatment plant using a hybrid model of k-means clustering and adaptive neuro-fuzzy inference system,” *Appl. Water Sci.*, vol. 7, no. 7, pp. 3885–3902, 2017, doi: 10.1007/s13201-017-0541-5.

- [24] J. Gamiz, J. Gamiz, R. Vilanova, H. Martinez-Garcia, Y. Bolea, and A. Grau, “Fuzzy Gain Scheduling and Feed-Forward Control for Drinking Water Treatment Plants (DWTP) Chlorination Process,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 110018–110032, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3002156.
- [25] O. Bello, Y. Hamam, and K. Djouani, *Modelling of a coagulation chemical dosing unit for water treatment plants using fuzzy inference system*, vol. 19, no. 3. IFAC, 2014. doi: 10.3182/20140824-6-za-1003.02225.
- [26] X. Li-jun and L. Zi, *Proceedings - 2012 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, FSKD 2012*. 2012.





LAMPIRAN I. BLOK DIAGAM SISTEM PDAM PONTIANAK.

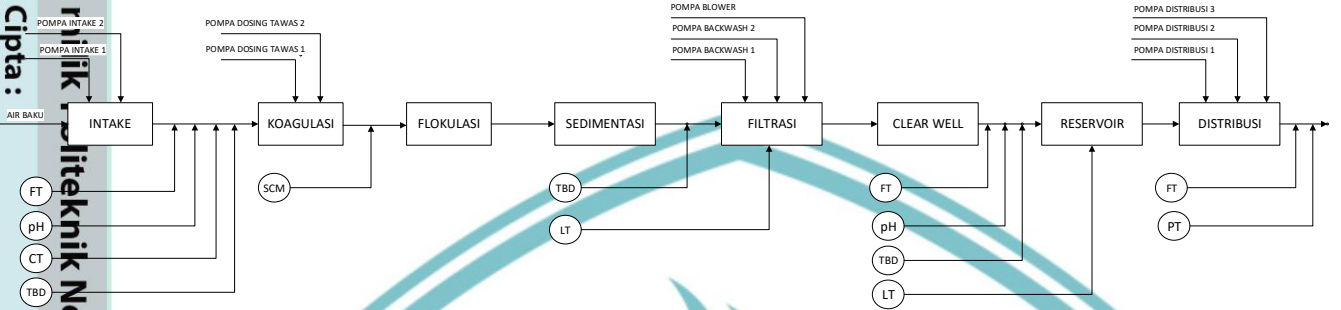
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN II. SURAT IZIN PENELITIAN



PEMERINTAH KOTA PONTIANAK PERUSAHAAN UMUM DAERAH AIR MINUM TIRTA KHATULISTIWA



Nomor : 328/SDM-K/IV-70/2022
Sifat : Biasa
Lampiran : -

Pontianak, 26 April 2022

Kepada Yth:

Ketua Program Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
Di
Jakarta

Perihal : Izin Pengambilan Data Sensor IPA V

Membalas Surat Saudara Nomor : 111/PL3.36/DA/2022 tanggal 20 April 2022, Perihal Permohonan Pengambilan Data Sensor IPA V, bersama ini disampaikan hal - hal sebagai berikut :

1. Bahwa permohonan mahasiswa yang bernama **Ade Rachmawan, NIM 1909511002**, untuk melakukan pengambilan data IPA V Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa dalam rangka penelitian **dapat disetujui, sebatas data yang bersifat umum dan tidak mengganggu Operasional IPA V Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa;**
2. Berkaitan dengan hal tersebut diatas, hendaknya yang bersangkutan agar berkoordinasi dengan Kepala Bagian Produksi Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa;
3. Bahwa pemberian izin pengambilan data IPA V untuk penelitian tersebut pada prinsipnya adalah untuk menunjang proses belajar mahasiswa dan sebatas hanya untuk kepentingan ilmiah;
4. Kepada yang bersangkutan wajib menyerahkan 1 (satu) eksamplar laporan hasil penelitian yang disahkan oleh pejabat yang berwenang kepada Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa.

Demikian kami sampaikan atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.



Tembusan :

1. Direktur Utama Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa;
2. Direktur Teknik Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa;
3. Sekretaris Perusahaan Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa;
4. Kepala Bagian Produksi Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa;
5. Arsip.

Jl. Imam Bonjol No. 430 Pontianak, 78123 Telp. (0561) 769999 (Hunting) Fax. (0561) 736057
Website : www.pdamtirtakhatulistiwa.com



LAMPIRAN III. DOKUMENTASI DI PDAM PONTIANAK



Gambar 1. Pompa Intake

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. Bak Koagulasi



Gambar 3. Bak Flokuasi



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. Bak Sedimentasi

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 5. Bak Filtrasi

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 6. Bak Reservoir

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA