

Pengontrolan pH Menggunakan Algoritma Logika *Fuzzy* pada Pengolahan Limbah Cairan Kimia

Vany Isnainy, Edi Sulistio Budi, Hardjono

Abstrak — Laboratorium Pengolahan Limbah Cairan Kimia merupakan tempat untuk melakukan kegiatan praktikum, eksperimen, penelitian, dan pembelajaran. Limbah dari Laboratorium Pengolahan Limbah Cairan Kimia bisa menyebabkan pencemaran lingkungan. Untuk menghasilkan pH normal yaitu 7, dibutuhkan sistem kontrol pH air. Aplikasi dari *fuzzy logic controller* diharapkan untuk memecahkan masalah pH air dalam sistem penetralan cairan limbah. Kebutuhan sistem pengendalian pH pada pengolahan limbah di Laboratorium pengolahan limbah cairan kimia menjadi sangat penting. Proses netralisasi pH adalah pencampuran antara larutan asam dan basa supaya dapat menghasilkan pH 7 yang baik dan tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.

Sensor yang digunakan adalah pH probe untuk pH air, pompa yang digunakan adalah pompa dosing yang bisa otomatis dengan motor servo 180°. Sensor pH dan pompa dosing di kontrol dengan *arduino nano* berbasis logika *fuzzy*. *Fuzzy Logic* yang diterapkan memiliki 9 aturan, yang diperoleh dari 3 fungsi keanggotaan *error* dan 3 fungsi keanggotaan *deltaerror*. Dari pengujian pH cairan dengan menggunakan metode *fuzzy* maka hasil yang didapat adalah cairan limbah netral dengan waktu 60 detik dengan laju aliran pembukaan servo 76.4 derajat. Untuk pengujian ini limbah cairan kimia harus di campur air terlebih dahulu dengan perbandingan 1: 10. Dan pada penelitian kali ini dilakukan pada gelas ukur 250 ml.

Kata kunci : *arduino* , sensor pH, *fuzzy*, limbah cairan kimia

I. PENDAHULUAN

Limbah ialah cairan, padatan, dan gas dalam suatu wilayah atau tempat tertentu yang mengalami penyimpangan dari keadaan normal akibat adanya bahan – bahan kimia yang telah dipergunakan untuk berbagai kegiatan. Limbah laboratorium merupakan limbah dalam lingkup kecil

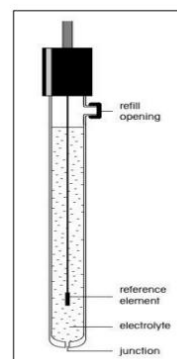
yang terkandung banyak senyawa logam berat dan bahan organik di dalamnya. Hal-hal tersebut bisa mencemari dan membahayakan lingkungan di sekitarnya, seperti tumbuh – tumbuhan, hewan, dan manusia yang berada di sekitar laboratorium tersebut. Sumber pencemaran lingkungan diantaranya berasal dari air, tanah dan udara. Salah satu faktor pencemaran tersebut disebabkan oleh limbah yang berasal dari industri, domestik, pertanian, laboratorium, dan lain sebagainya [7].

Pada penelitian ini dilakukan pengontrolan pH limbah cair menggunakan algoritma logika *fuzzy* yang diharapkan mampu mengatasi pencemaran lingkungan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor Derajat Keasaman (pH)

Sensor merupakan alat yang digunakan pada saat mendeteksi suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. pH yang merupakan singkatan dari power of hydrogen yang mempunyai arti sebagai ukuran kekuatan suatu asam. pH meter merupakan alat elektroda (probe pengukur) yang terhubung pada sebuah alat elektronik yang mengukur dan bisa menampilkan nilai pH air. Prinsip kerja pH meter ialah terletak pada sensor probe yang berupa elektrode kaca (glass electrode) dengan jalan mengukur jumlah ion H_3O^+ di dalam larutan [6].



Gambar 1 Bagian - bagian Elektroda Referensi [6].

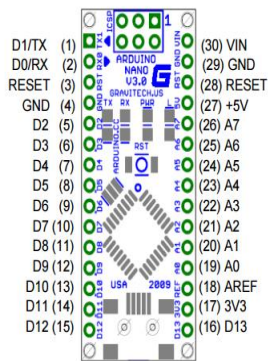
2.2 Arduino Nano

Arduino adalah papan elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah *chip* mikrokontroler Atmega328 dari jenis AVR dari perusahaan

Vany Isnainy adalah Mahasiswa D4 Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email: vanyisnainy22@gmail.com.
Edi Sulistio Budi, dan Ir. Hardjono adalah dosen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang.

Atmel. Arduino Nano bisa diaktifkan menggunakan koneksi USB Mini-B, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6-20 Volt yang dihubungkan melalui pin 30 atau pin VIN, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 volt melalui pin 27 atau pin 5V. ATmega328 memiliki flash memory sebesar 32 KB, 2 KB memory pada SRAM dan 1 KB pada EEPROM. Masing-masing dari 14 pin digital pada Arduino Nano dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digitalRead(). Semua pin beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal (yang terputus secara default) sebesar 20-50 Kohm [1].

Arduino Nano Pin Layout



Gambar 2. Arduino Nano[1]

2.3 LCD (Liquid Crystal Display)

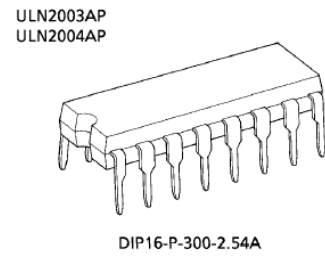


Gambar 3. LCD 16x2 [1]

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Cahaya dalam sebuah perangkat LCD merupakan lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair. LCD 16x2 menandakan bahwa LCD dapat menampilkan sebanyak 16 kolom dan 2 baris [1].

2.4 IC ULN-2003Ap

IC ULN 2003 merupakan IC dengan memiliki ciri input 7 bit , dengan tegangan maksimal 50 volt dan arus 500 ma. IC ini jenis TTL. Didalam IC ini terdapat transistor darlington. Transistor darlington merupakan 2 buah transistor yang dirangkai dengan konfigurasi khusus untuk mendapatkan penguatan ganda sehingga dapat menghasilkan penguatan arus yang besar [12].



Gambar 4. Bentuk fisik IC ULN 2003 [12]

2.5 Algoritma Logika Fuzzy

Logika fuzzy terdiri dari 3 proses utama, yaitu fuzzifikasi, Inferensi fuzzy dan defuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah pengubahan seluruh variabel input/output ke bentuk himpunan fuzzy. Rentang nilai variabel input dikelompokkan menjadi beberapa himpunan fuzzy dan tiap himpunan mempunyai derajat keanggotaan tertentu. Derajat keanggotaan himpunan fuzzy dihitung dengan menggunakan rumus fungsi keanggotaan dari segitiga fuzzifikasi [10]

Tahap inferensi, yakni bagian penentuan aturan dari sistem logika fuzzy. Sejumlah aturan dapat dibuat untuk menentukan aksi pengendali fuzzy. Pada basis aturan, aturan If-Then tersebut dapat menghubungkan banyak variabel masukan dan keluaran [10].

Proses yang terakhir adalah defuzzifikasi, yaitu kerja yang mengubah aksi dari himpunan fuzzy menjadi suatu nilai tunggal. Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy. Sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Maka dari itu jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, dapat diambil suatu nilai tegas (crisp) tertentu sebagai output [10].

2.6 Solenoid Valve

Solenoid adalah peralatan yang dipakai untuk mengkonversi signal elektrik atau arus listrik menjadi gerak linear mekanik Kekuatan menarik dan mendorong ditentukan oleh jumlah lilitan pada kumparan. Solenoid valve ini bekerja tegangan yang diterima pada solenoidnya kurang lebih 24 volt. Solenoid valve berfungsi menghentikan atau meneruskan aliran air, dimana pengaturannya dilakukan oleh arus listrik [3]



Gambar 5 Solenoid valve [3]

2.7 Pompa Dosing (Dosing Pump)

Merupakan peralatan untuk menginjeksi bahan kimia Dosing Pump Atau Metering Pump Adalah Pompa Khusus Untuk Menginjeksikan Chemical Secara Terukur Dan

Akurat dengan pengaturan laju alir dan konsentrasi tertentu untuk mengatur dosis bahan kimia tersebut. Cocok untuk Water Treatment, waste water treatment, Boiler, cooling tower, hydroponic pertanian, peternakan, perikanan, industri, dll [2].

2.8 Motor Servo

Motor servo merupakan motor yang diatur dan dikontrol menggunakan pulsa. Motor standard ini memiliki tiga posisi yaitu posisi 0 derajat, posisi 90 derajat, dan posisi 180 derajat. Misalnya diberikan pulsa lebar dengan 1.5ms maka motor servo akan berputar 90 derajat, dengan pulsa 1.75ms akan membuat motor servo menuju 180 derajat, sedangkan pulsa dengan lebar 1.25ms akan membuat motor servo bergerak menuju 0 derajat,



Gambar 6 Motor Servo

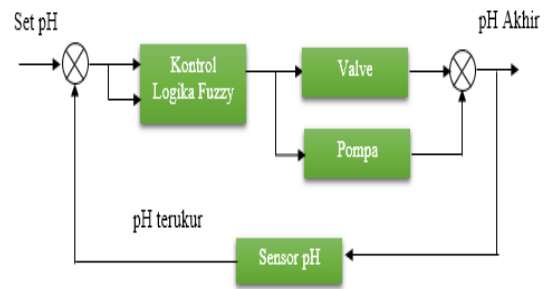
III. METODOLOGI

3.1 Spesifikasi Alat :

- a. Tegangan Kerja Mikrokontroller = 5VDC
- Actuator = Pompa dan Valve (220AC)
- b. Sumberdaya = 5VDC

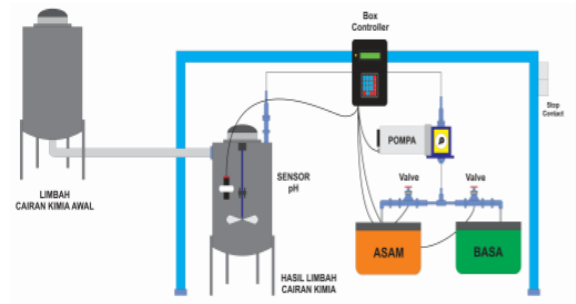
3.2 Prinsip Kerja Alat

Alat ini digunakan untuk mengontrol kadar keasaman pada pengolahan limbah cairan kimia. Langkah awal membuka penutup limbah cairan kimia supaya cairan pada tabung pertama mengalir menuju tabung limbah cairan kimia yang ke 2. Setelah itu atur set point menggunakan keypad yang sudah disediakan yaitu tombol 6 untuk indikator cairan asam, tombol 7 untuk indikator cairan netral dan tombol 8 untuk indikator cairan basa. Lalu setelah cairan limbah sudah ditabung ke 2 sensor pH akan mendeteksi kadar keasaman pada cairan limbah kimia tersebut. Dari data yang diperoleh sensor pH, akan dijadikan input dalam sistem kontrol logika fuzzy pada arduino untuk menggerakkan aktuator. Alat ini, menggunakan valve solenoid yang berfungsi mengalirkan larutan (asam dan basa) penstabil pH dan mengatur pompa menggunakan motor servo untuk mencampuran hingga kadar keasamaan mencapai pH = 7 (netral).



Gambar 7. Diagram Blok Sistem

3.3 Perancangan dan Pembuatan Mekanik

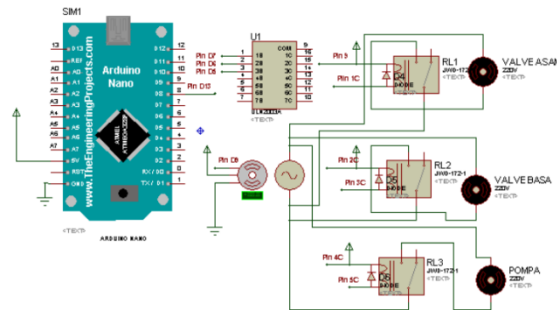


Gambar 8. pH Control

pH Control terdiri dari Tabung, Pompa dosing, Valve asam, Valve Basa dan Sensor pH. Volume Tabung adalah 100 liter dan volume adalah 100 liter.

3.4 Perancangan dan Pembuatan Elektrik

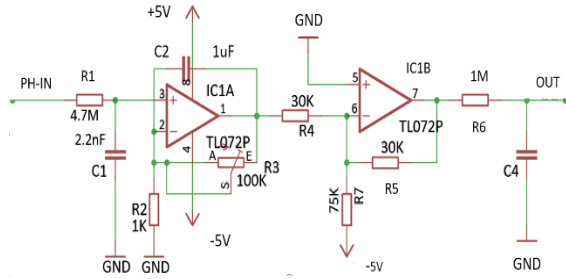
3.4.1 Rangkaian Driver Motor DC



Gambar 9. Rangkaian Driver Valve dan Pompa

Pembuatan driver ini saya menggunakan IC ULN 2003Ap yang merupakan IC penguat driver valve dan pompa. IC uln3003Ap adalah IC dengan ciri memiliki 7 bit input, tegangan maksimal 50V dan arus 500mA. Didalam IC ini terdapat transistor darlington. Transistor darlington merupakan 2 buah transistor yang dirangkai dengan konfigurasi khusus untuk mendapatkan penguatan ganda sehingga dapat menghasilkan penguatan arus yang besar. Fungsi IC ini sebagai driver untuk mencatu daya pada relay, karena keluaran dari Arduino tidak dapat mencatu daya yang terdapat pada relay secara langsung. Semua unit memiliki clamp dioda integral untuk mengganti beban induktif. Aplikasi meliputi driver valve asam, driver valve basa dan driver pompa.

3.4.2 Rangkaian Modul Sensor pH



Gambar 10. Bentuk Fisik Modul Sensor pH

Rangkaian diatas menggunakan Op-Amp TL072 sehingga membutuhkan catu daya simetris -5V GND dan +5V. Untuk itu bisa membuat catu daya dengan menggunakan LM7905 dan LM7805. Prinsip kerja rangkaian diatas adalah terdiri rangkaian Low Pass Filter dengan komponen resistor 4.7M Ohm dan kapasitor 2.2nF. Fungsinya adalah untuk meloloskan sinyal dibawah frekuensi cut offnya bisa menggunakan rumus berikut :

$$Fc = \frac{1}{2\pi \times R \times C9} \quad (1)$$

$$Fc = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 4,7M \times 2,2nF} \quad (2)$$

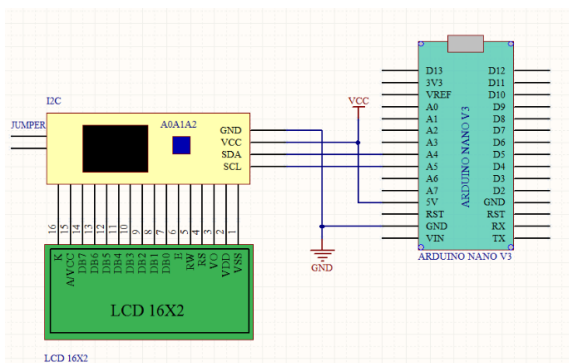
$$Fc = 15,39Hz \quad (3)$$

Sedangkan untuk Aktif Low Pass Filter berikutnya adalah menggunakan komponen resistor variabel 100K dan kapasitor 1uF, bisa juga menghitung sendiri dengan rumus seperti diatas, Tetapi dalam Aktif Low Filter ada penguatan (Amplifier) dengan besarnya penguatan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Af = 1 + \left(\frac{Rvar}{1K}\right) \quad (4)$$

Jika resistor variabel nilainya 100K, ketika resistor variabel ditune maksimal maka akan terjadi penguatan sebesar 101x.

3.4.3 Rangkaian LCD-I2C



Gambar 11. Rangkaian LCD-I2C ke Arduino Nano

Fungsi rangkaian modul I2C (Inter Integrated Circuit) disini adalah menghemat penggunaan pin pada

Arduino Nano. 16 pin pada LCD dihubungkan dengan 16 pin I2C selanjutnya output pin dari I2C yang terhubung pada pin Arduino Nano hanya berjumlah 4 buah. Berikut tabel wiring LCD-I2C ke Arduino Nano.

Tabel 1. Penjelasan Pin LCD-I2C ke Arduino Nano

| PIN | ARDUINO |
|-----|---------|
| Gnd | Gnd |
| Vcc | 5V |
| SDA | A4 |
| SCL | A5 |

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor elektroda pH dilakukan dengan menggunakan beberapa sampe larutan yang berbeda. Sebelum dilakukan pengukuran tegangan keluaran sensor pH probe sebagai acuan pengukuran menggunakan pH meter PH-009(I)A. Hasil dari pengujian sensor pH probe ditunjukkan pada tabel 4.1. Untuk modul analog pH meter ditunjukkan pada gambar 4.1.

Tabel 2. Tabel Hasil Pengujian Sensor pH

| No | Larutan Buffer (pH) | Sensor pH (pH) | Tegangan Sensor pH (V) | Error (%) |
|----|---------------------|----------------|------------------------|-----------|
| 1. | Buffer 4 | 4.01 | 3.1 | 0 |
| 2. | 7 | 7.00 | 2.5 | 0 |

a. Pengujian Rangkaian Driver Valve dan Rangkaian Driver Pompa

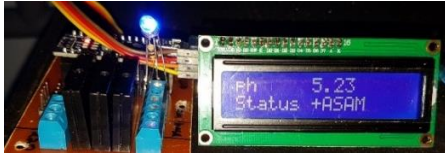
Penguat driver valve dan pompa menggunakan IC ULN 2003Ap, menggunakan SSR (Solid State Relay) untuk menjalankan valve dan pompa. SSR (Solid State Relay) berfungsi merubah sinyal DC to AC, karena pada alat ini valve dan pompa daya sumbernya 220VAC. Jika diberi tegangan maka valve dan pompa akan ON. Jika tidak diberi tegangan valve dan pompa akan OFF.

b. Pengujian Rangkaian LCD 16x2 dan LED

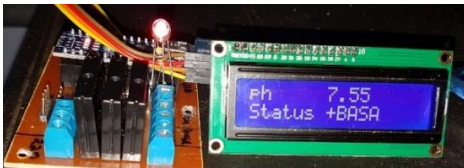
Pengujian ini sebatas pengeluaran data dari mikrokontroller untuk ditulis di LCD berupa pH status dan nama pemilik. Pengujian ini juga untuk menghidupkan LED akan hidup sesuai cairan larutan yang dibaca oleh sensor pH yaitu larutan asam = LED hijau, larutan basa = LED merah dan larutan netral = LED biru. Sebelumnya program ditulis dengan bahasa C menggunakan software Arduino Nano.



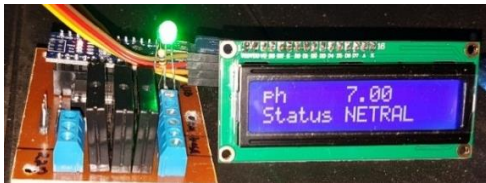
Gambar 12. Pengujian LCD



Gambar 13 Pengujian LED dan LCD Saat Larutan Asam



Gambar 14 Pengujian LED dan LCD Saat Larutan Basa



Gambar 15 Pengujian LED dan LCD Saat Larutan Netral

c. Pengujian Keypad

Pengujian Keypad ini hanya sebatas mengecek apakah tombol pada keypad sudah berfungsi dengan baik atau tidak. Keypad yang digunakan pada alat ini ada tombol 6 untuk setpoint asam, 7 untuk setpoint netral dan 8 untuk setpoint basa. Pada Pengujian keypad ini berjalan menggunakan program ditulis dengan bahasa C menggunakan software Arduino Nano. Tombol Angka 6, 7, 8 berfungsi untuk menentukan setpoint pH yang kita inginkan.. Misalnya jika kita menekan tombol 6 maka yang keluar pada tampilan adalah larutan asam, bila mekan tombol 7 maka keluaran lcd adalah larutan netral, dan bila menekan tombol 8 maka keluaran lcd adalah larutan basa.



Gambar 16 Pengujian Keypad

d. Pengujian Penambahan Larutan Larutan Asam dan Basa
 Pengujian penambahan larutan asam basa dalam sripsi ini bertujuan supaya kita dapat mengetahui berapa banyak larutan penetralan yang dibutuhkan. Rumus yang digunakan adalah

$$V_{\text{asam}} \times M_{\text{asam}} = V_{\text{basa}} \times M_{\text{basa}} \quad (5)$$

Larutan penetralan yang digunakan dalam skripsi ini adalah larutan basa menggunakan NaOH dan larutan asam menggunakan HCl. Semakin besar konsentrasi larutan maka yang dibutuhkan larutan penetralan semakin sedikit. Berdasarkan perhitungan berikut :

$$V_{\text{asam}} \times M_{\text{asam}} = V_{\text{basa}} \times M_{\text{basa}}$$

$$100L \times 0.01 = V_{\text{basa}} \times 0.1$$

$$V_{\text{basa}} = \frac{1L}{0.1} = 10L$$

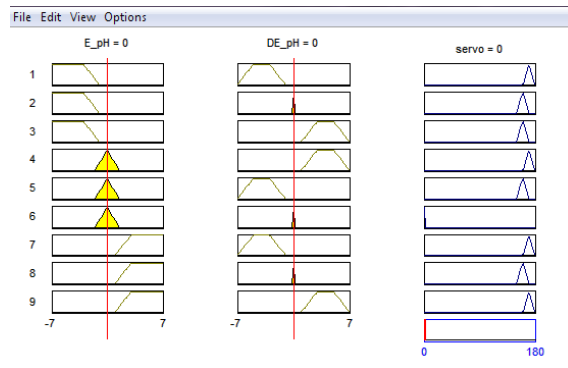
Keterangan :

V = Volume yang ada di dalam tabung.

M = Molaritas yang terkandung dalam larutan.

e. Hasil Defuzzyfikasi *Fuzzy* Pada Matlab

Defuzzyfikasi merupakan proses perubahan keluaran *fuzzy* menjadi nilai *crisp*. Hasil keluaran defuzzyfikasi digunakan untuk mengatur besaran sudut putaran servo. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah LOM (*Largest Of Maximal*). Hasil perhitungan dengan menggunakan matlab ditunjukkan pada gambar 16.

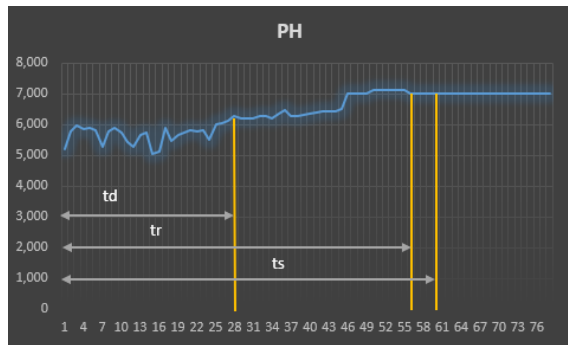


Gambar 16 Hasil Perhitungan Menggunakan Matlab

f. Pengujian Program *Fuzzy* Pada Kontrol pH

Tujuan dari pengujian program *fuzzy* adalah untuk mengetahui kinerja dari kontrol tersebut apakah sudah bekerja dengan baik atau belum. Pada pengujian program *fuzzy* setiap sistem yang dikontrol dilakukan dengan kasus dari fungsi keanggotaan masukan error, deltaerror dan fungsi keanggotaan keluaran.

Hasil pengujian fuzzy dari sistem kontrol pH air untuk mengatur uji kasus dengan setpoint 7. Hasil respon dari pengujian tersebut ditampilkan secara grafik untuk kasus uji dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 17 Grafik hasil respon pengaturan pH air 7 terhadap waktu

Dari hasil respon yang telah dilakukan pada gelas ukur untuk cairan limbah dengan volume 250 ml ditampilkan pada gambar 4.9 dapat dianalisa bahwa respon uji memiliki respon $t_d = 28$ detik, $t_r = 56$ detik dan $t_s = 60$ detik. Berdasarkan gambar grafik dan memperhitungkan data – data yang dijadikan parameter serta tanggapan respon maka fungsi keanggotaan fuzzy yang dipilih untuk kontrol pH air adalah fungsi keanggotaan fuzzy.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Untuk tegangan input dari *power supply* sebesar 6-14 volt, maka *converter* yang akan aktif adalah mode *boost* yang akan menaikkan tegangan sebesar 15 volt. Dan untuk tegangan input dari *power supply* berkisar 16-25 volt, maka *converter* yang aktif adalah mode *buck* yang akan menurunkan tegangan sebesar 15 volt.
2. Pengaturan *setpoint* tegangan output sebesar 15 volt dengan perubahan rentang tegangan input *power supply* antara 6-25 volt dapat dilakukan dengan mengatur frekuensi dan duty cycle pada PWM.
3. Untuk *ripple* tinggi itu sendiri didapatkan dari selisih antara tegangan input dan tegangan output yang diinginkan yakni 15 volt. Semakin besar selisih yang didapat, maka semakin tinggi ripple-nya. Begitu pula sebaliknya, untuk *ripple* rendah itu sendiri didapatkan dari selisih antara tegangan input dan tegangan output yang diinginkan yakni 15 volt. Semakin kecil selisih yang didapat, maka semakin rendah ripple-nya.

5.2 Saran

Rancangan penelitian yang telah dibuat ini perlu adanya perbaikan agar dapat bekerja secara efektif dan efisien. Oleh sebab itu, ada beberapa saran untuk melakukan perbaikan dan pengembangan lebih lanjut diantaranya :

1. Dari segi mekanik sebaiknya perlu dipertimbangkan lagi dari segi ekonomis dengan lebih memperkecil box tempat elektrik dan elektroniknya. Lalu penambahan pengunci box agar tidak mudah terlepas.

2. Untuk pemilihan kapasitor sebagai komponen elektronik perlu diperhatikan sesuai kebutuhan karena kapasitor bersifat sebagai filter guna memperkecil nilai *ripple*.
3. Diharapkan untuk kedepannya penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut karena masih terdapat kekurangan seperti box mekanik yang masih kurang proporsional, pemasangan sensor suhu yang kurang baik, mosfet yang seringkali panas dan kurangnya kelengkapan hasil data pengujian beserta grafik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Septiani, Dwi Anita. 2015. *Perancangan Alat Pemantau Kondisi Kesehatan Manusia* : Universitas Negeri Semarang.
- [2] Said, Idaman Nusa. 2010. *Metode Penghilang Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni, Dan Zn) Di Dalam Air Limbah Industri* : Pusat Teknologi Lingkungan, Bppt, Jakarta Pusat.
- [3] Fredy, J Regha. 2015. *Rancang Bangun Alat Pengontrolan Aliran Air Pada Pipa Pelanggan Pdam Menggunakan Solenoid Berbasis Mikrokontroler* : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [4] Tahir, Iqmal. 2015. *Arti Penting Kalibrasi Pada Proses Pengukuran Analitik: Aplikasi Pada Penggunaan Phmeter Dan Spektrofotometer Uv-Vis* : Universitas Gajah Mada (Ugm).
- [5] Ari, Andian. 2008. *Bahan Ajar Kimia Dasar* : Universitas Negeri Yogyakarta
- [6] Azmi, Zulfian dkk. 2016. *Sistem Penghitung Ph Air Pada Tambak Ikan Berbasis Mikrokontroler* : Jurnal Ilmiah Saindikom (Sains Dan Komputer).
- [7] Oktavia, Djiah Prastiwi dkk. 2013. *Perancangan Model Simulasi Sistem Kontrol Ph Pada Pengolahan Limbah Di Reject Treatment Plant Pt. Krakatau Steel Dengan Metode Fuzzy Logic* : Universitas Sultan Agung Tirtayasa Cilegon, Indonesia.
- [8] Dwiana, Chandra dkk. 2012. *Rancang Bangun Kontrol Ph Berbasis SelfTuning Pid Melalui Metode Adaptive Control* : Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).
- [9] Yulianto, Sri dkk. 2008. *Aplikasi Pendukung Keputusan Dengan Menggunakan Logika Fuzzy* : Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- [10] Purwanto. 2009. *Pengendali motor servo dc standard dengan berbasis mikrokontroler avr atmega8535* : Universitas Gunadarma.
- [11] Ramdhani, Nirwan. 2012. *"Aplikasi Driver Relay ULN2803 Sebagai Penggerak Konveyor pada Otomatis Pengelompokan Buku Menggunakan Inialisasi Barcod.*