

# Perancangan Sistem Pengontrolan *Water Treatment* Menggunakan Kontrol PID

Septian Syahputra<sup>1</sup>, HENDY SANTOSA<sup>1</sup>, FAISAL HADI<sup>1</sup>.

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

E-mail: [blastd14@gmail.com](mailto:blastd14@gmail.com)

## ABSTRAK

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Perusahaan daerah air minum (PDAM) sebagai perusahaan air minum belum dapat sepenuhnya menyediakan air bersih bagi masyarakat karena masih banyak mengalami kendala-kendala. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat *water treatment* menggunakan sistem kendali PID dengan metode *trial & error*. dengan melihat parameter kekeruhan dan pH pada air yang menjadi syarat air layak minum. Alat ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak, perangkat keras terdiri atas sensor pH, sensor kekeruhan, dan motor *servo*. Sedangkan perangkat lunak terdiri atas aplikasi arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Pada perancangan ini menerapkan kontroler PID sebagai pengatur bukaan motor *servo* sehingga sesuai dengan nilai yang diinginkan. Nilai yang ingin dicapai yaitu pH 7 dan kekeruhan <5 NTU (*nephelometric turbidity unit*). Pada pengujian sistem didapat nilai set PID dengan  $K_p=3$ ,  $K_i=1,5$  dan  $K_d=2$  yang dicapai untuk menetralkan air dengan rata-rata waktu selama 3,2 menit pada pengkondisian air asam. Sedangkan pada pengkondisian air basa, untuk menetralkan air dengan rata-rata waktu selama 4,2 menit. Untuk tingkat kekeruhan, telah didapat nilai yang dicapai untuk menjernihkan air dengan rata-rata waktu selama 6,6 menit pada pengkondisian air sampai 110 NTU yang diterapkan menggunakan kontroler PID. Untuk menetralkan air asam, digunakan bahan kimia *Natrium Hidroksida* (NaOH) dengan konsentrasi 0,07 M (Molaritas). Sedangkan untuk menetralkan air basa, digunakan asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH) dengan konsentrasi 0,06M.

**Kata kunci :** *Water treatment*, sensor pH, sensor turbiditas, motor *servo*, PID (Proporsional-Integral-Diferensial).

## 1. PENDAHULUAN

Air sangat penting dalam kehidupan manusia agar organ-organ yang terdapat di dalam tubuh bisa bekerja

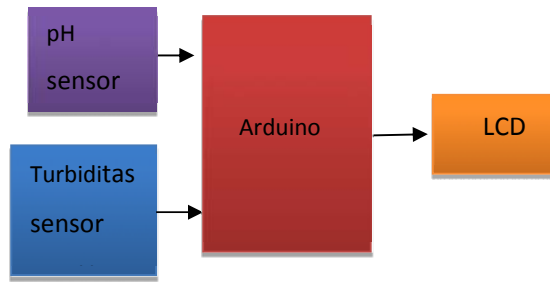
dengan baik. Manusia sangat membutuhkan air untuk bisa bertahan hidup, karena setiap harinya orang bisa memasukan air ke dalam tubuhnya namun disaat bersamaan juga kehilangan cairan melalui keringat, urin, feses bahkan saat bernafas hingga 1,5 per hari. Maka dari itu manusia sangat membutuhkan air minum sebagai kebutuhan Primer. (ISO., 1999)

Pada tahun 2016 telah dilakukan penelitian tentang “sistem penjernih air yang sudah ada dengan judul Perancangan Sistem Pengontrolan *Water Treatment* pada Tingkat Kejernihan dan pH Air Skala Rumah Tangga” Menggunakan *Fuzzy Logic Control* oleh Rahmadiansyah. Pada penelitian tersebut dirancang suatu alat yang berfungsi untuk mengontrol dan memonitor jumlah injeksi tawas secara otomatis pada penjernihan air yang ada di PDAM menggunakan mikrokontroler ATmega 328 yang dihubungkan ke LCD (*liquid crystal display*). Sensor yang digunakan adalah sensor pendeteksi kekeruhan (*turbidity sensor*) dan sensor pH (Rahmadiansyah., 2015).

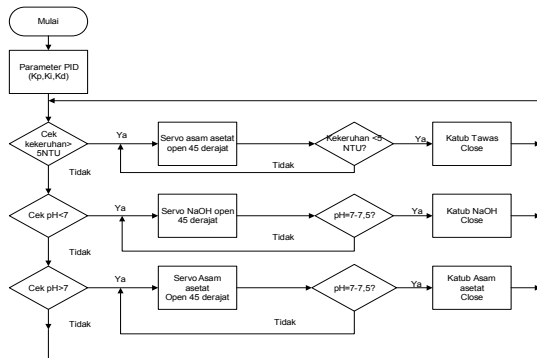
Penelitian pada tahun 2014 tentang “sistem penjernihan air secara otomatis” pernah dilakukan oleh Diko Susanto, tentang alat penyaringan air kotor menjadi air bersih menggunakan mikrokontroler atmega 32. Dalam penelitiannya ini didapatkan hasil proses penyaringan air sungai dengan proses penjernihan dan persentase kekeruhan, kejernihan dan tingkat keberhasilan di tampilkan pada LCD dan komputer sehingga proses penjernihannya dapat dievaluasi setiap saat (Susanto, Diko., 2014)

Pada tahun 2018 telah dilakukan penelitian tentang “Perancangan sistem pengontrolan *water treatment* pada tingkat kejernihan dan pH air untuk usaha tahu” dalam penelitiannya menggunakan tawas agar tingkat kejernihan dan pH air lebih optimal serta diharapkan dapat menghasilkan air yang lebih banyak dengan *setpoint* yang diinginkan dengan waktu yang lebih cepat. (Siwi, Raka., 2018)

Selanjutnya pada tahun 2018 dilakukan penelitian tentang “Rancang bangun alat pendeteksi keasaman (pH) air dengan SMS (*short message service*) Gateway, GPS (*global positioning system*) dan IoT (*internet of things*) sebagai *monitoring* pada depot air minum” dalam penelitiannya hasil pembacaan sensor pada air minum dapat di pantau melalui SMS, GPS dan IoT. (Darmawan, bayu., 2018)



Gambar 2.1 Sistem Blok Diagram



Gambar 2.2 Diagram Alir Secara Keseluruhan

Pada penelitian kali ini yaitu “perancangan sistem pengontrolan *water treatment* menjadi air layak minum menggunakan kontrol PID” diharapkan dapat mengurangi kesalahan pada penelitian sebelumnya dan menghasilkan air bersih yang memenuhi syarat air layak minum secara fisik dan kimiawi.

## 2. Metode Penelitian

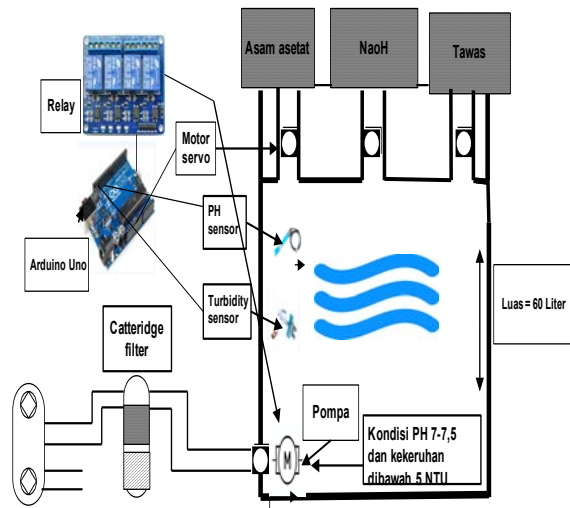
Berdasarkan Gambar 2.1 sensor turbiditas dan sensor pH merupakan masukan yang berupa nilai konsentrasi PM. Selanjutnya sistem control yang digunakan adalah mikrokontroler aduino UNO sehingga LCD sebagai tampilan keluaran dari sistem.

Gambar 2.1 menunjukkan diagram alir dari sistem *water treatment* secara keseluruhan. Program diawali dengan sensor mendeteksi kondisi air dalam keadaan keruh maupun pH tidak netral.

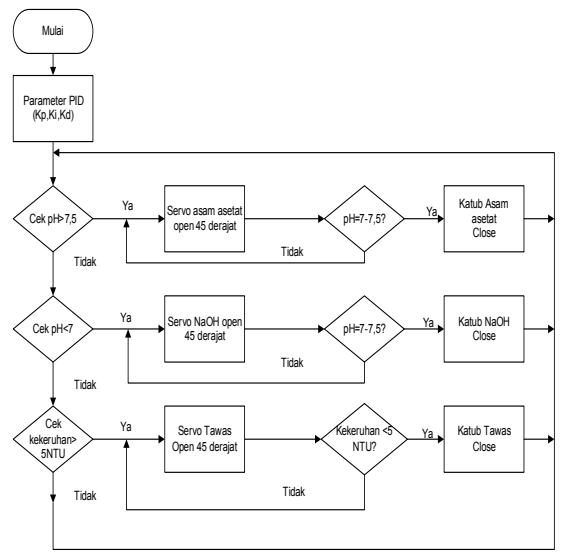
### 2.1 Rancangan Perangkat Keras

Perancangan alat sistem pengontrolan tingkat kejernihan dan pH air merupakan alat yang mampu memberikan solusi dalam mendapatkan pasokan air layak minum. Gambar 2.2 menunjukkan perancangan sistem keseluruhan sistem.

Penelitian ini dimulai dengan tahapan perancangan dan perangkat keras yaitu motor *servo*, *relay*, *power supply* dll.



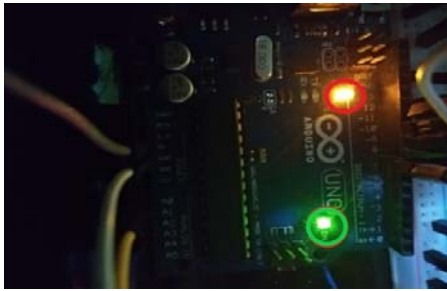
Gambar 2.3 Perancangan Sistem Keseluruhan



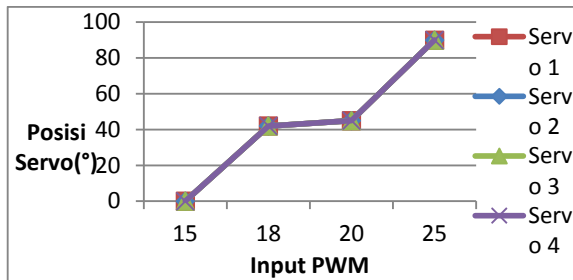
Gambar 2.4 Diagram Alir Sistem Perancangan

Dalam mekanisme pengaturan ini digunakan *sample* larutan yang berbeda untuk pembacaan pH dan kekeruhan. Pada perancangan alat asam asetat digunakan untuk menurunkan nilai pH air sedangkan NaOH yang mengandung basa kuat digunakan untuk menaikkan nilai pH air yang dimana kedua larutan tersebut akan keluar secara otomatis Sampai air netral. Pada pengujian ini digunakan sampel larutan yang berbeda untuk pembacaan pH asam dan pH Basa.

Sedangkan untuk kekeruhan digunakan tawas sebagai penetralisir kekeruhan dengan melihat nilai kekeruhan harus sampai 5 NTU agar mendapat nilai kejernihan yang diinginkan maka sistem automasi akan bekerja membuka katup pada kotak tawas apabila tingkat kejernihannya lebih dari 5 NTU.



Gambar 4.1 Tampilan lampu indikator “ON” pada Arduino uno. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 terdapat sebuah LED yang menyala. LED yang hidup merupakan indikator bahwa arduino keadaan hidup atau ON.



Gambar 4.2 Grafik pengujian motor servo

### 3. Hasil dan Pembahasan

Untuk memastikan sensitivitas sensor yang digunakan pada sistem *Water treatment* dapat berjalan dengan baik, perlu dilakukan beberapa tahapan pengujian pada komponen sistem yang digunakan. Hal ini dilakukan agar sensor yang terhubung tidak mengalami masalah, sehingga tidak mengganggu proses analisis rancangan *Water treatment* yang telah dibuat. Tahapan pengujian dimulai dari hasil pengujian mikrokontroler supaya bisa dioperasikan dengan baik.

#### 3.1 Hasil Pengujian Mikrokontroler

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keadaan tiap-tiap pin atau *port* I/O yang ada pada arduino. Pada Gambar 4.1 terdapat 2 buah LED yang menyala, LED kuning pertama yang ditunjukkan dengan lingkaran hijau merupakan indikator bahwa arduino dalam keadaan hidup atau ON, sedangkan LED kuning yang kedua yang ditunjukkan dengan lingkaran merah adalah LED dengan jalur pin 13 dalam keadaan HIGH sesuai dengan program yang dimasukkan ke dalam arduino. Dengan demikian, dapat dikatakan arduino uno yang digunakan masih dalam kondisi yang baik.

#### 3.2 Hasil Pengujian Motor Servo

Pengujian motor *servo* dilakukan untuk mengetahui apakah motor *servo* dapat bekerja menggerakkan mekanik *valve* atau keran dengan baik atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan mengakses setiap motor *servo* dengan masukan nilai pwm.



Gambar 3.3 Pengujian Sensor pH dan Turbiditas

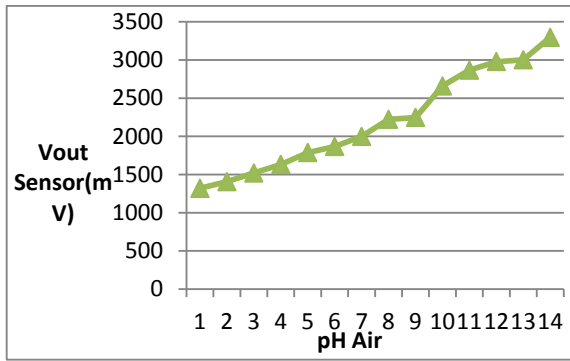
Berdasarkan Gambar 3.2 dapat dilihat pada grafik menunjukkan semakin dinaikkan nilai PWM maka semakin meningkat besaran sudut *servo* yang terbuka. Pada pengujian *servo* ini dilakukan maksimal *servo* hanya 90° karena *valve* yang dipakai maksimal putarannya 90°. Pada saat diberi masukan nilai pwm 15, katub *servo* masih dalam keadaan tertutup sedangkan saat diberi masukan nilai pwm 25 katub *servo* terbuka penuh.

#### 3.3 Hasil Pengujian Sensor

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai selisih antara sensor dengan alat ukur yang digunakan dalam mendeteksi nilai pH dan tingkat kekeruhan air yaitu pH meter digital. Untuk pembandingan sensor pH digunakan pH meter digital jenis ATC dengan rentang ukuran 0,0 hingga 14,0 dan tingkat ketelitiannya adalah  $\pm 0,1$ pH. sedangkan untuk sensor turbiditas cara pengujiannya dilakukan dengan mengukur tingkat kekeruhan air yang berbeda-beda yaitu 25, 50, dan 100NTU (*nephelometric turbidity unit*).

Pada pengujian ini digunakan sampel larutan yang berbeda untuk pembacaan pH dan tingkat kekeruhan. Pada pengujian sensor pH dengan pH meter digital, asam asetat digunakan untuk menurunkan nilai pH air dan NaOH yang mengandung basa kuat digunakan untuk menaikkan pH air yang dimana kedua larutan tersebut akan di tambahkan secara otomatis apabila air yang di uji mengandung pH asam maupun basa. Yang kemudian akan dicatat setiap selisih yang di dapat dari sensor pH dan pH meter digital dari setiap perubahan yang terjadi.

Untuk pengujian sensor turbiditas, dilakukan pengujian dengan memasukan tanah kedalam gelas ukur yang berisi air dengan volume 200 mL. tanah yang ditambahkan sebanyak 2 sendok untuk 25 NTU, 4 sendok untuk 50 NTU, dan 7 sendok untuk 100 NTU.



Gambar 3.4 Grafik Pengujian nilai pH sensor

### 3.4 Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH dilakukan dengan mengukur nilai tegangan keluaran pada beberapa nilai keasaman (pH) pada sampel air pengujian yang memiliki tingkat keasaman berbeda.

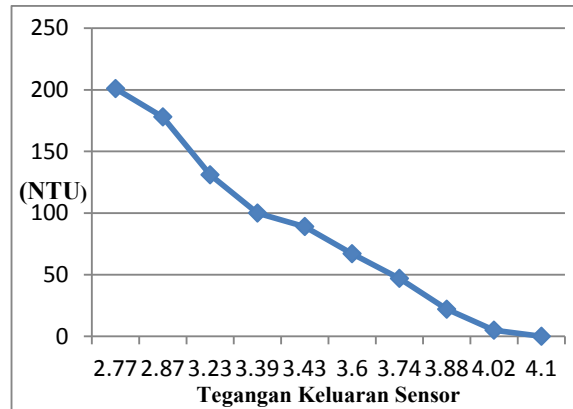
Dapat dilihat pada Gambar 3.4 untuk perbandingan sensor pH dengan tegangan keluaran dengan menggunakan larutan kimia NaOH untuk basa sedangkan asam asetat untuk asam dan juga mencari selisih antara pembacaan tegangan keluaran sensor yaitu didapat nilai *error* dari setiap percobaan yang dilakukan.

Berdasarkan Gambar 3.4 nilai pH ditentukan mulai dari 1 sampai dengan 14 kemudian diukur tegangan keluaran sensornya setiap kenaikan 1 nilai pH. dari grafik diatas dapat dilihat nilai tegangan keluaran sensor yang terendah yaitu 1320 mV untuk pH yang bernilai 1 sedangkan nilai tegangan keluaran sensor yang tertinggi yaitu 3297 mV untuk pH 14. Dapat disimpulkan bahwa kenaikan nilai pH mengakibatkan semakin tinggi nilai tegangan keluarannya dengan laju yang mendekati linear. Hubungan antara kenaikan pH air dan tegangan keluaran sensor kurang linear disebabkan oleh sensor lebih peka terhadap pH yang <7 daripada pH >7. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui perubahan tegangan keluaran dengan setiap kenaikan pH yang diukur karena sensitivitas sensor akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur.

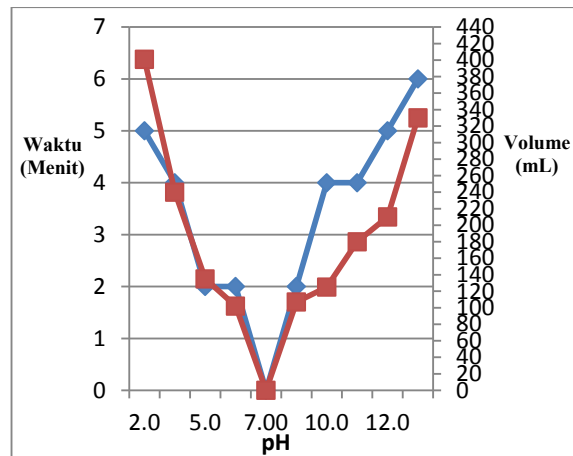
### 3.5 Pengujian Sensor Turbiditas

Pengujian sensor turbiditas adalah salah satu pengujian terpenting dalam perancangan dan pembuatan sistem penjernih, karena sensor merupakan komponen utama yang bertugas mengukur tingkat kekeruhan tertentu. Keakuratan sensor dalam membaca objek sangat mempengaruhi hasil pengukuran yang di dapat.

Pengujian dilakukan dengan pembuatan sampel air keruh yang selanjutnya dibaca oleh sensor yang hasilnya di tampilkan pada serial monitor dan LCD.



Gambar 3.5 Grafik Hasil pengujian sensor turbiditas



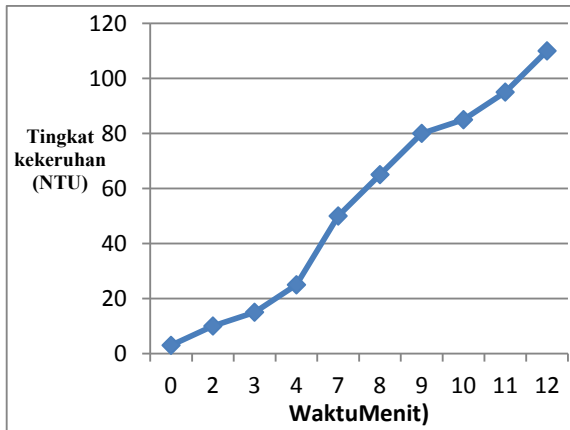
Gambar 3.6 Grafik durasi penetralan pH

kemudian hasil pembacaan sensor tersebut dilakukan sebanyak 10 kali dengan tingkat kekeruhan dari 0 NTU hingga 200 NTU. Pada Gambar 3.5 berikut:

Dari data hasil pengujian pada Gambar 3.5 dapat dilihat nilai tegangan keluaran tegangan keluaran pada sensor turbiditas dengan nilai tingkat kekeruhan pada sampel air. Grafik 3.5 memperlihatkan bahwa semakin tinggi tingkat kekeruhan air maka nilai tegangan keluaran yang keluar dari sensor turbiditas semakin kecil tegangannya.

### 3.6 Hasil Pengujian Pengkondisian pH

Pada pengujian ini digunakan air larutan asam asetat dengan volume ±60 liter yang akan divariasikan nilai pH nya. Kemudian sistem akan dinyalakan untuk mengatur bukaan *valve* dengan motor servo yang di atur oleh kontroler PID dengan bukaan katub sebesar 45° dari masing-masing *valve* asam maupun basa secara otomatis berdasarkan deteksi sensor untuk mengubah keadaan air yang awalnya asam maupun basa hingga berada pada nilai 7 dan berapa waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk menaikkan ataupun menurunkan nilai



Gambar 3.7 Grafik Durasi *valve* saat diberi variasi kekeruhan

pH air tersebut. Hasilnya dapat dilihat pada Grafik 3.6 yang menunjukkan durasi *valve* saat di beri pH asam maupun basa.

Berdasarkan Gambar 3.6 menunjukkan bahwa dari 10 kali percobaan yang dilakukan, motor *servo* asam mampu melakukan pengkondisian pH air paling lama Selama 5 menit dengan volume air 401 mL. Sedangkan motor *servo* basa mampu mengkondisikan air paling lama 6 menit dengan volume air 330 mL.

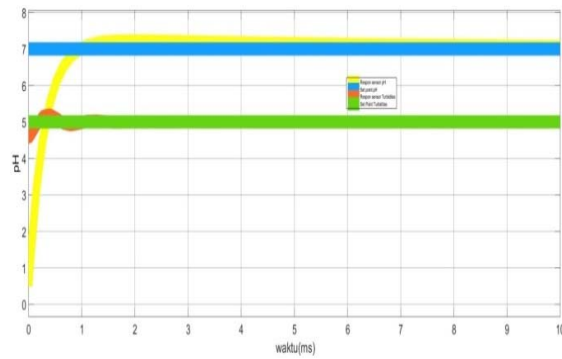
### 3.7 Hasil Pengujian Pengkondisian Kekeruhan

Kadar kekeruhan maksimum untuk air bersih yang sudah sesuai dengan nilai referensi yang sudah ditentukan. Untuk mendapatkan kualitas air yang bersih maka nilai *set point* kekeruhan diatur sebesar 5 NTU. Jika sensor turbiditas membaca tingkat kekeruhan air lebih dari *set point* maka sistem penjernih akan aktif atau solenoid *valve* akan membuka katub tawas. Pengujian dilakukan dengan 10 variasi tingkat kekeruhan yang berbeda NTU untuk mengetahui pengkondisian air keruh sampai mencapai *set point* 5 NTU. Untuk hasil dan penjelasannya dapat dilihat pada Gambar 3.7

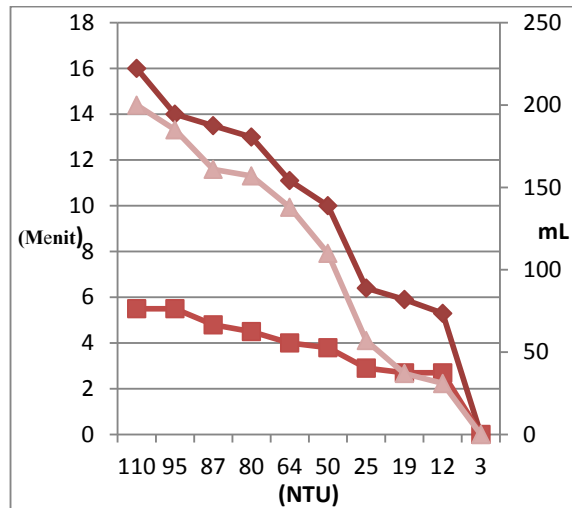
Gambar 3.7 merupakan data hasil pengujian dari 10 variasi tingkat kekeruhan yang berbeda. Dapat dilihat grafik menunjukkan pembacaan sensor turbiditas terhadap waktu pengkondisian air keruh selama motor *servo* dalam keadaan terbuka 45° untuk menurunkan tawas. Paling lama saat pengkondisian air keuh yaitu 12 menit. Dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata untuk menjernihkan air adalah 6,6 menit. Maka dapat dianalisa semakin tinggi tingkat kekeruhan air semakin lama juga waktu yang di butuhkan dari pembacaan sensor turbiditas untuk mengkondisikan air keruh yang terdeteksi.

### 3.8 Tuning Dan Pengujian Respon PID

Di dalam pengujian ini, dicari nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  dicari agar mengetahui sensitivitas tiap sensor ketika



Gambar 3.8 Hasil respon penggabungan 2 Gelombang



Gambar 3.9 Grafik Perbandingan durasi *valve* simulasi

diberi *set point*. Nilai *set point* berupa nilai pH dan tingkat kekeruhan sudah ditentukan pada simulasi MATLAB. Perancangan simulasi selanjutnya yaitu membuat simulasi sistem *closed loop*, dimana pada sistem ini akan dimasukan suatu *block controller* yang mendapatkan umpan balik dari respon sistem. Hasil dan penjelasan dapat dilihat pada Gambar 3.8 Diagram blok sistem *closed loop* dengan memasukan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang akan diuji dengan memasukan nilai satu persatu untuk dilihat seberapa besar kestabilan sensor dan mempercepat respon setelah dimasukan nilai yang dimasukan.

Dari Gambar 3.8 didapat hasil pengujian tingkat keasaman nilai yang paling baik dipilih yaitu  $k_p=3$ ,  $K_i=1.5$ , dan  $K_d=2$  dan untuk Turbiditas sensor nilai yang paling baik yaitu  $K_p=0.8$ ,  $K_i=1.5$ , dan  $K_d=0.5$ .

### 3.9 Pengujian Keseluruhan Hasil Perancangan

Pengujian ini dilakukan untuk melihat hasil kerja dari sistem perancangan alat secara keseluruhan dalam mencapai *set point* kekeruhan air dan pH dari segi tingkat akurasi pencapaian *set point* hingga untuk

mengetahui *error* dari sistem. *Set point* kekeruhan air ditetapkan 0 NTU sampai 5 NTU dan pH adalah 7 untuk



keasaman netral. Kemudian dibuatlah grafik perbandingan antara saat durasi *valve* aktif dengan dengan respon sensor pada simulasi PID

Dari Gambar 3.9 dapat dilihat perbandingan durasi *valve* aktif dengan respon turbiditas sensor pada simulasi. Pada durasi *valve* aktif nilai yang dikeluarkan lebih tinggi dari simulasi. Oleh sebab itu sensor sangat lama merespon proses penjernihan. Sedangkan pada saat simulasi PID, waktu yang dicapai lebih cepat karena pada saat simulasi tidak diberi gangguan. Dari perbandingan tersebut didapat nilai rata-rata error 6,87%.

## 4 Penutup

### 4.1 Kesimpulan

Secara keseluruhan dari Perancangan tuning dan pengujian sistem dapat ditarik Kesimpulan, antara lain :

1. Pada perancangan ini telah dibuat sebuah sistem kontrol *Water treatment* yang dapat digunakan untuk mengontrol keadaan air sesuai dengan syarat air layak minum yaitu secara fisik dan kimiawi.
2. Pada pengujian sistem didapat nilai set PID dengan  $Kp=3$ ,  $Ki=1,5$  dan  $Kd=2$  yang dicapai untuk menetralkan air dengan rata-rata waktu selama 3,2 menit pada pengkondisian air asam. sedangkan pada pengkondisian air basa untuk menetralkan air dengan rata-rata waktu selama 4,2 menit. Untuk tingkat kekeruhan, telah didapat nilai yang dicapai untuk menjernihkan air dengan rata-rata waktu 6,6 menit pada pengkondisian air sampai 110 NTU yang diterapkan menggunakan kontroler PID. Untuk menetralkan air asam, digunakan bahan kimia *Natrium Hidroksida*(NaOH) dengan konsentrasi 0,07 M(Molaritas). Sedangkan untuk

menetralkan air basa, digunakan asam asetat(CH<sub>3</sub>COOH) dengan konsentrasi 0,06M.

3. Pengujian keseluruhan sistem hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem mampu mencapai *set point* kekeruhan dan pH air untuk memenuhi syarat air layak minum dengan nilai set point pH 7 dan kekeruhan <5 NTU yang telah diterapkan pada kontroler PID. Maka dari itu, diperoleh hasil perbandingan antara aktual dengan simulasi pada MATLAB didapatkan hasil perbandingan dengan rata-rata *error* sebesar 6,87% untuk tingkat kekeruhan dan 5,88% untuk tingkat keasaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Standards Organization. (1999). “*Water Quality-Determination of Turbidity*”. ISO 7027, Geneva, Switzerland.
- [2] Rahmadiansyah. (2015). “*Pengontrolan water treatment kejernihan dan ph skala rumah tangga*”. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- [3] Susanto, Diko. 2014. *Alat Penyaringan Air Kotor Menjadi Air Bersih Menggunakan Mikrokontroler Atmega 32*. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dehasen Bengkulu.
- [4] Raka ,siwi (2018).“*Perancangan system pengontrolan water treatment pada tingkat kejernihan dan pH air untuk usaha tahu*”. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- [5] Bayu ,darmawan (2018). “*Rancang bangun alat pendeteksi keasaman (pH) air dengan SMS Gateway, GPS dan IoT*”. Bengkulu: Universitas Bengkulu.