

RANCANG BANGUN PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN pH LIMBAH CAIR DENGAN METODE FUZZY SECARA WIRELESS

Sandy Tyas Wahyu Apriyanto¹⁾, Fachrudin Hunaini²⁾, Dedi Usman Effendy³⁾

^{1,2,3)} Teknik Elektro, Universitas Widyagama, Malang
Email: sandigear@gmail.com

ABSTRAK

Perubahan nilai pH air akibat limbah cair berdampak pada kehidupan biota di dalamnya. Semakin tidak terkontrol kadar pH dalam air limbah membuat air tersebut mudah tercemar. Tingginya pencemaran dapat diatasi dengan cara menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Di PT Malidas Sterilindo pengolahan limbah cair menggunakan sistem kontrol semi otomatis dimana pengukuran nilai pH dilakukan secara manual menggunakan pH meter. Apabila pH < 6 atau asam maka akan di tambahkan cairan NAOH, sedangkan apabila pH > 8 atau basa maka akan di tambahkan cairan H₂SO₄ secara manual. Dalam penelitian ini dikembangkan sistem kontrol pemantauan dan pengendalian pH limbah menggunakan arduino uno yang dikontrol dengan Fuzzy Logic Control (FLC) dan dioptimalkan menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO). Pengujian dilakukan menggunakan simulasi dari software matlab. Strategi optimasi sistem kontrol yang dikembangkan adalah optimalisasi tiga parameter FLC yaitu: error input, delta error dan output FLC. Parameter yang digunakan pada PSO terdiri dari: jumlah particle = 50, maksimum iterasi = 30. Hasil optimalisasi didapatkan bahwa PSO mencapai konvergen pada iterasi ke 17. Nilai Continuous root mean square (CRMS) menjadi lebih baik ketika menggunakan PSO yaitu sebesar 0.1987 sedangkan tanpa PSO 0.2172.

Kata kunci: pH Limbah Cair, Arduino, Fuzzy Logic Control, *Particle Swarm Optimization*

ABSTRACT

Changes in the pH value of liquid waste water will have an impact on the biota balance inside. the more uncontrolled pH levels in wastewater make the water easily polluted. to deal with increasingly pollution of wastewater, it can be controlled by using a wastewater treatment plant (WWTP). At PT Malidas Sterilindo, wastewater treatment uses a semi-automatic control system, measuring pH values manually using a pH meter. If a pH of the waste water was <6 or acid, then NAOH liquid will be added, whereas if the waste water pH was > 8 or became alkaline then H₂SO₄ liquid will be added manually. In this study, a control system will be developed to monitor and control pH waste water wirelessly using Arduino Uno and controlled by Fuzzy Logic Control (FLC) also optimized by using Particle Swarm Optimization (PSO). The test will be carried out using simulation software from Matlab. The control system optimization strategy will be developed by optimization of three FLC parameters which is: input error, delta error and FLC output. The parameters used in PSO consist of the particles number = 50 and maximum iteration = 30. The optimization results obtained from PSO reach convergence at 17th iteration. Continuous root mean square (CRMS) value is better when using PSO which is equal to 0.1987 while without PSO was 0.2172.

Keywords: *Liquid Waste pH, Arduino Uno, Fuzzy Logic Control, Particle Swarm Optimization*

PENDAHULUAN

Air merupakan komponen penting terhadap keberlangsungan hidup manusia. Apabila air tercemar maka keberlangsungan kehidupan manusia akan terganggu. Pencemaran air terbesar terjadi karena pembuangan limbah dari sektor industri, sementara sebagian lainnya berasal dari sektor rumah tangga. seringkali pengelolaan limbah yg kurang tepat menyebabkan semakin tingginya tingkat pencemaran. Dalam sektor industry, tingginya pencemaran limbah cair dapat diatasi dengan menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Parameter yang harus diperhatikan sebelum dibuang ke lingkungan antara lain yaitu pH, BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), DO (Dissolved Oxygen), padatan tersuspensi (TSS) dan kekeruhan air, dan Warna [1].

Di PT Malidas Sterilindo pengolahan limbah cair menggunakan sistem kontrol semi otomatis. Dimana cara pengolahan limbah cair dari sisa proses produksi menuju bak penampungan pengolahan limbah dilakukan secara otomatis. Akan tetapi pelepasan limbah cair menuju lingkungan masih menunggu hasil pengecekan pH secara manual. Dimana pH di ukur menggunakan pH meter. Apabila hasil yang didapatkan menunjukkan angka < 6 atau asam maka akan di tambahkan cairan NAOH, sedangkan apabila menunjukkan angka > 8 atau basa maka akan di tambahkan cairan H₂SO₄ secara manual kedalam cairan limbah. Nilai pH limbah cair yang di perbolehkan adalah 6 – 8 sesuai standar baku mutu limbah cair [2].

Dengan adanya teknologi masa kini, memungkinkan untuk pemantauan dan pengendalian nilai pH secara jarak jauh. Salah satunya dengan teknik mikrokontroler Arduino yang sudah memiliki banyak input dan output digital maupun analog. Dengan penambahan perangkat wireless maka pemantauan dan pengendalian nilai pH dapat dilakukan secara jarak jauh [3]. Aplikasi Artificial Intellegence berbasis perilaku (behavior-based controller) menjadi alternatif utama untuk digunakan sebagai sistem control. Salah satu aplikasi Artificial Intellegence yang telah digunakan pada sistem kontrol maupun optimisasi adalah Fuzzy Logic Control (FLC) [4].

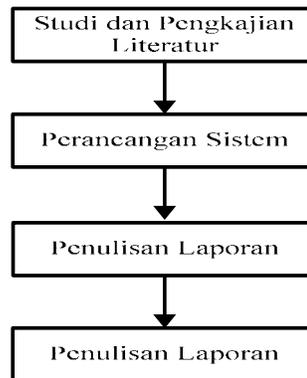
Fuzzy Logic Control (FLC) adalah peningkatan dari logika Boolean yang mengenalkan konsep logika klasik yang menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah binary 0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak. FLC menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran. Dimana dalam logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan berada diantara 0 dan 1. Artinya bisa saja suatu keadaan mempunyai nilai diantara “Ya dan Tidak”, “Benar dan Salah”, “Baik dan Buruk”, namun besarnya nilai tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya [5]. FLC merupakan metode sistem kontrol yang handal untuk mengendalikan sistem yang nonlinier tetapi untuk memperoleh parameter yang dibutuhkan pekerjaan mudah. Oleh karena itu, diperlukan proses dengan menggunakan metode optimisasi untuk menentukan parameter-parameter FLC [4].

Berdasarkan uraian tentang perkembangan sistem kontrol pada sistem pengolahan limbah, pemantauan dan pengendalian pH limbah secara manual dapat teratasi dengan perancangan alat sistem pemantauan dan pengendalian limbah cair

menggunakan metode fuzzy secara wireless untuk mempermudah pemantauan tanpa harus turun langsung ke area limbah. Untuk meningkatkan Performance Fuzzy Logic Control digunakan metode Particle Swarm Optimization (PSO). Ukuran performance dinyatakan dalam Continues Root Mean Error (C-RMS) [6].

METODE PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



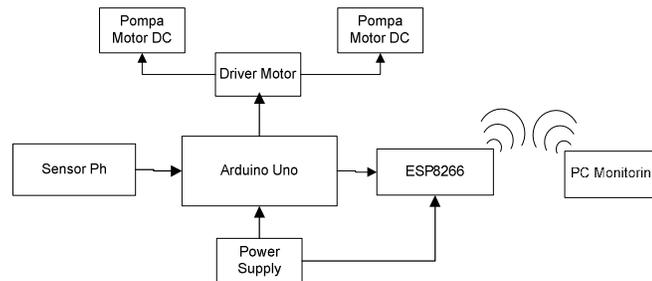
Gambar 1. Tahapan Penelitian

1. Studi Literatur

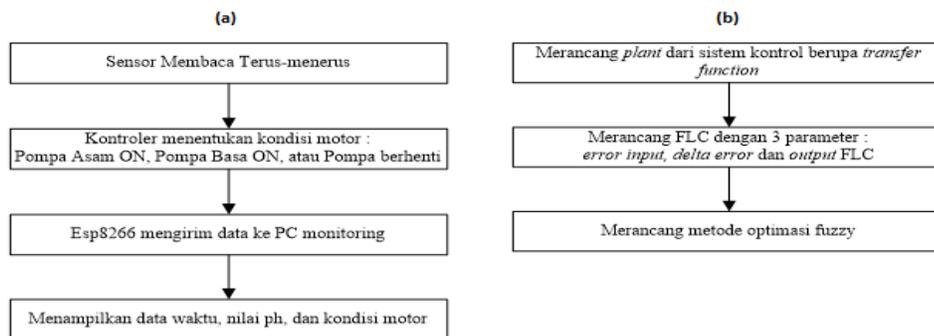
pengumpulan *literature* berkaitan dengan cara penentuan derajat keasaman (pH), pH sensor module, *fuzzy logic control*, *particle swarm optimization*, dll.

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini dijelaskan pada diagram dibawah ini.



Gambar 2. Perancangan Hardware



Gambar 3. Diagram Alur Perancangan Hardware(a), Diagram Alur Perancangan Software(b)

3. Pengujian Software dan Hardware

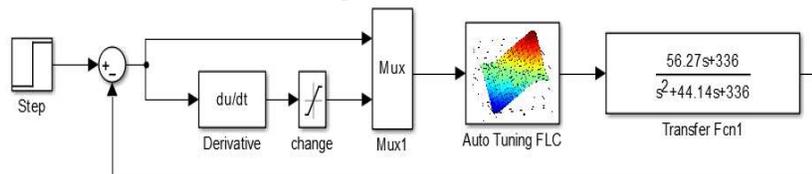
Pengujian Software merupakan pengujian secara simulasi menggunakan matlab dari model sistem kontrol yang telah dikembangkan yaitu menggunakan Fuzzy Logic Control (FLC). Parameter sistem kontrol terdiri dari tiga parameter FLC yaitu; faktor pengali dari error (ΔER); delta error ΔDE ; dan output FLC (ΔOT).

Pengujian Hardware merupakan pengujian yang melibatkan hardware dalam simulasinya. hal yang akan di uji dalam penelitian ini yaitu pengujian hasil pembacaan dari sensor, pengujian kemampuan jangkauan dari modul wifi esp8266, pengujian kecepatan motor pompa, dan pengujian hasil tampilan pada PC..

HASIL DAN PEMBAHASAN

FLC Sebagai Sistem Kontroler

Fuzzy Logic Cotror (FLC) yang digunakan berupa sebuah text file dari program aplikasi MATLAB yang disebut script files atau M-files yang tertanam pada system function (S-Function block) dari model simulink dan terdiri dari dua input yaitu error, delta error dan satu output FLC.



Gambar 4. Contoh Noise dan Perubahan Warna pada Citra

Perancangan strategi kontrol sistem pengendalian Ph pada mulanya dilakukan penyesuaian dengan tuning secara manual (trial and error) sampai diperoleh error yang terkecil. Tuning yang dilakukan adalah merubah nilai MF dari input dan output FLC.

Setelah dilakukan penyesuaian dengan tuning secara manual (trial and error) sehingga diperoleh nilai error yang terkecil. Hasil simulasi sistem kontrol dinyatakan dalam ukuran continues root mean square error (C-RMS), di tunjukkan pada table berikut:

Tabel 1. Hasil Simulasi Kontrol Δ manual tuned

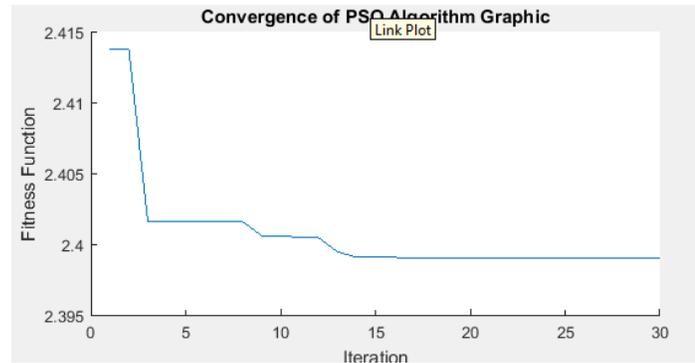
Parameter (Δ)			C-RMS error
ER	DE	OT	
1	1	1	0.2172

Optimalisasi Menggunakan PSO

PSO digunakan untuk mengoptimalkan parameter sistem kontrol dengan terlebih dahulu menentukan populasi awal partikel secara acak. Populasi partikel kemudian disebut sebagai swarm. Selanjutnya partikel akan diperbarui dan dievaluasi kembali pada sistem control. Hasil evaluasi dibandingkan dengan evaluasi sebelumnya untuk memilih error terkecil dan posisi partikel terbaik. Proses evaluasi yang diulang dan diperbarui sampai iterasi maksimum.

Parameter optimalisasi sistem kontrol menggunakan PSO adalah jumlah partikel ditentukan sebanyak 50 dan iterasi maksimum diatur sampai pada 30 iterasi.

Setiap partikel dievaluasi pada sistem kontrol untuk mendapatkan fitness dari setiap partikel. Selama proses iterasi berlangsung terjadi perubahan error hingga diperoleh nilai perubahan error konstan, ini berarti proses seleksi kesalahan telah mencapai konvergen, dengan kata lain, posisi partikel telah mencapai posisi terbaik.



Gambar 5 Grafik konvergensi dari algoritma PSO

Dari keseluruhan proses menunjukkan bahwa *the best global fitness* telah mencapai konvergensi pada iterasi 17 yang berarti posisi partikel telah optimal. Setelah proses selesai diperoleh nilai parameter yang diperlukan sebagaimana tabel 4.4 berikut :

Tabel 2. Hasil Optimalisasi PSO

Konvergen (Iterasi)	Parameter (Δ)		
	ER	DE	OT
17	2.0248	1.7079	1.0011

Nilai Δ_{ER} , Δ_{DE} and Δ_{OT} adalah parameter faktor pengali yang telah diperoleh untuk menentukan lebar dan titik tengah dari masing-masing MF pada *input* dan *output* FLC.

Setelah didapatkan nilai MF baru maka di lakukan penyesuaian dengan parameter FLC pada sistem simulasi. Hasil simulasi sistem kontrol dinyatakan dalam ukuran *continues root mean square error* (C-RMS), di tunjukkan pada table berikut :

Table 3. Hasil Simulasi Kontrol Δ manual tuned

Parameter (Δ)			C-RMS error
ER	DE	OT	
2.0248	1.7079	1.0011	0.1987

Dari hasil simulasi ini didapatkan hasil *continuous root mean square error* (CRMS) yang menjadi lebih baik setelah menggunakan PSO. Data yang di dapat sebelum menggunakan optimasi PSO mendapatkan nilai CRMS sebesar 0.2172. namun setelah menggunakan optimasi PSO, nilai CRMS dari sistem yang telah di buat menjadi lebih baik yaitu sebesar 0.1987.

Pengujian Hardware

Setelah mendapatkan parameter terbaik dari hasil simulasi sistem kontrol, selanjutnya data akan di konversi kedalam program hardware arduino uno. Beberapa pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Hasil Uji Pembacaan Sensor

Hasil output dari sensor pH berbentuk analog yang kemudian di konversi dalam bentuk tegangan digital 5V. Output tegangan tersebut selanjutnya di konversi kembali ke dalam bentuk nilai pH. Hasil pengujian pembacaan sensor ini di dapat dari membandingkan hasil pembacaan sensor pH dengan buffer pH yang di jadikan sebagai standart pembacaan. Nilai buffer yang di gunakan adalah nilai buffer yang umum di pasaran yaitu buffer 4, buffer 7, dan buffer 9. Sample yang di ambil adalah nilai pembacaan sensor setiap 5 detik. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4. Tabel Hasil Uji Pembacaan Sensor

Jumlah Sample	Pembacaan Sensor		
	Buffer 4	Buffer 7	Buffer 9
1	4.00	7.04	9.08
2	4.12	6.98	8.89
3	4.06	7.04	9.02
4	4.12	7.04	9.02
5	4.00	7.10	9.08
6	4.00	7.16	9.08
7	4.00	7.04	9.02
8	4.12	6.91	8.98
9	3.88	7.04	9.02
10	4.06	6.91	9.02
Rata-rata	4.04	7.03	9.02

Dari data yang di dapat di ketahui bahwa hasil pembacaan sensor tidak dapat stabil di satu titik nilai pembacaan saja. Namun nilai rata- rata dari data yang di dapat masih mendekati nilai standart buffer pH yang digunakan.

Hasil Uji Kecepatan Motor Pompa

Nilai output *Fuzzy Logic Control* (FLC) di konversi kedalam bentuk tegangan menggunakan PWM. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal dari motor pompa. Dari pengujian yang dilakukan di dapat nilai pwm terendah dari motor pompa adalah 150. Pada kondisi tersebut kondisi motor pompa masih dapat berputar dengan kecepatan rendah.

Hasil uji kecepatan motor pompa dapat dilihat dari jumlah cairan yang di pompa selama 5 detik. Nilai PWM yang digunakan yaitu 150 sebagai nilai terendah dan 255 sebagai nilai tertinggi.

Data diatas di dapat menggunakan gelas ukur untuk mengetahui jumlah cairan yang mampu di alirkan oleh pompa selama 5 detik dengan nilai pwm yang sudah di tentukan. Dari hasil yang di dapat, besaran nilai pwm mempengaruhi jumlah cairan yang di alirkan oleh pompa. Jumlah cairan yang dialirkan ke kolam penampungan akan mempengaruhi seberapa cepat perubahan nilai Ph yang akan di kendalikan.

Hasil Uji Jarak Jangkauan Esp8266

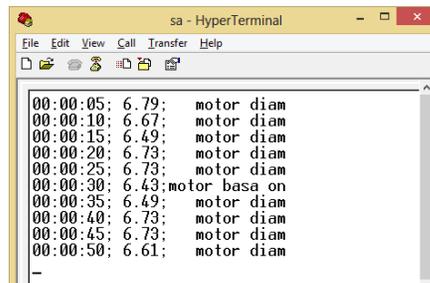
Hasil Pengujian jarak jangkauan dari Esp8266 ini di bagi menjadi dua yaitu pengujian di dalam ruangan dan pengujian di luar ruangan. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan jarak ideal yang dapat digunakan untuk menentukan lokasi alat yang di buat dengan lokasi dari PC yang digunakan untuk menerima data.

Dari data yang diperoleh, pengujian di dalam ruangan mampu mencapai jarak ± 15 meter. Sedangkan pengujian di luar ruangan kemampuan wifi mampu mencapai jarak ± 30 meter, akan tetapi di jarak ini wifi terkadang putus dengan

sendirinya. Dari hasil pengujian ini menunjukkan bahwa kemampuan jangkauan modul wifi esp8266 akan berkurang ketika berada di dalam ruangan. Hal ini disebabkan terdapat penghalang di dalam ruangan tersebut.

Hasil Uji Monitoring Data

Hasil uji ini adalah hasil pengujian monitoring data yang dikirimkan oleh esp8266 kemudian di terima oleh PC. Data tersebut di tampilkan menggunakan software hyperterminal yang sudah di siapkan.



Gambar 6. Hasil Pembacaan Data oleh Hyperterminal

Data yang ditampilkan oleh sistem yang telah di buat adalah waktu pengambilan data setiap 5 detik. Kedua adalah nilai pembacaan sensor Ph. Dan yang ketiga adalah kondisi motor pompa terhadap nilai Ph yang di dapat apakah motor diam, motor asam on, atau motor basa on.

KESIMPULAN

1. Struktur sistem kontrol yang dikembangkan untuk pengendalian pH limbah cair adalah *Fuzzy Logic Control* (FLC)
2. Strategi optimasi sistem kontrol yang dikembangkan adalah optimalisasi tiga parameter FLC yaitu: *error input*, *delta error* dan *output* FLC dengan menggunakan metode optimalisasi *Particle Swarm Optimization* (PSO).
3. Parameter yang digunakan pada PSO terdiri dari: jumlah particle = 50, maksimum iterasi = 30. Hasil optimalisasi didapatkan bahwa PSO mencapai konvergen pada iterasi ke 17.
4. Nilai *Continuous root mean square* (CRMS) menjadi lebih baik ketika menggunakan PSO yaitu sebesar 0.2172 tanpa PSO dan 0.1987 dengan menggunakan PSO.
5. Besaran nilai pwm mempengaruhi jumlah cairan yang di alirkan oleh pompa.
6. Kemampuan jangkauan modul wifi esp8266 akan berkurang ketika berada di dalam ruangan. Jarak yang diperoleh yaitu ± 15 meter didalam ruangan dan ± 30 meter di luar ruangan.
7. Monitoring data dari sistem kontrol yang telah di buat dapat di tampilkan menggunakan software hyperterminal.

REFERENSI

- F. Hunaini, I. Robandi, Dan N. Sutantra, *Modeling And Simulation Of Vehicle Steering Control On Steer By Wire System Using Fuzzy Logic And Pid Control Tuned By Particle Swarm Optimization (Pso)*. 2012.
- F. Hunaini, I. Robandi, Dan N. Sutantra, "Sistem Kontrol Optimal Fuzzy-Particle Swarm Optimization," *J. Intake J. Penelit. Ilmu Tek. Dan Terap.*, Vol. 9, Hlm. 1-5, Apr 2018.

- D. Ismawati, D. Syaury, Dan B. H. Prasetio, "Perbandingan Jumlah Membership Dan Model Fuzzy Terhadap Perubahan Suhu Pada Inkubator Penetas Telur," *J. Pengemb. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput. Vol 1 No 6 2017*, 2017.
- Kemen Lh, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014," *Ber. Negara Repub. Indones.*, Vol. 1815, 2014.
- S. Chotijah, D. Tuti Muryati, Dan T. Mukyani, "Implementasi Kebijakan Pengelolaan Limbah Rumah Sakit Di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Kota Semarang," *Huk. Dan Masy. Madani*, Vol. 7, Hlm. 223, Jun 2019.
- S. M. J. Lawalata, "Perancangan Sistem Pemantau Suhu Ruang Berbasis Wireless Sensor Network," Phd Thesis, Program Studi Teknik Informatika Fti-Uksw, 2015.