



Prototype Water Level Control Using Fuzzy Logic Control Optimized With Cuckoo Search Algorithm Method

Prototipe Water Level Control Menggunakan Fuzzy Logic Control Dioptimalkan Dengan Metode Algoritma Cuckoo Search

*Farid Yanuar*¹⁾, *Fachrudin Hunaini*²⁾, *Gigih Priyandoko*³⁾

^{1,2)} Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Widyagama University Malang, Malang, Indonesia

³⁾ Informatics Engineering, Faculty of Engineering, Widyagama University Malang, Malang, Indonesia

¹⁾ faridyanuar3@gmail.com

²⁾ fachrudin.h@widyagama.ac.id

³⁾ gigih@widyagama.ac.id

Abstract. A boiler is a vessel used to produce water vapor which will be used as heating or propulsion. In the process industry, there are usually boilers that can produce steam to be used to transfer heat to a process. The steam produced by this boiler comes from water that is fed to the boiler and then boiled. After being raised at a certain temperature, the steam is ready to flow to the plant, such as a heater or turbine. In the process of converting water into steam, there are often problems so that the output is not what you want, such as the volume of water that is too large or below the setpoint. The volume of water that does not match the setpoint will cause many problems such as overpressure and overheat which causes the vapor pressure not to the desired specifications. In addition, failure in the control process can also result in system failure which can be fatal, such as damage to the vessel due to poorly controlled feed water which can even cause an explosion because the vessel is not strong enough to withstand the pressure generated. The problems that arise at this time are the Fuzzy method in the Water Level Control System prototype to adjust the long time parameters and poor control accuracy, one of the efforts that is still very likely to be developed is; build an optimization method to solve the complexity of the optimization process, adjust the value of Fuzzy control parameters for a short time and have good control accuracy. The right method is the Cuckoo Search Algorithm (CSA).

Keywords: Boiler; Water Level; Fuzzy Logic Control; Cuckoo Search Algorithm.

Abstrak. Boiler adalah bejana yang digunakan untuk menghasilkan uap air yang akan digunakan sebagai pemanas atau tenaga penggerak. Pada industri proses biasanya terdapat boiler yang dapat menghasilkan steam untuk digunakan mengalirkan panas ke suatu proses. Steam yang dihasilkan oleh boiler ini berasal dari air yang diumpun pada boiler kemudian di didihkan. Setelah di didikan dalam temperatur tertentu uap siap dialirkan ke plant, seperti pemanas atau turbin. Dalam proses mengubah air menjadi uap sering terjadi kendala sehingga keluaran tidak sesuai dengan yang dikehendaki, seperti volume air yang terlalu besar atau dibawah setpoint. Volume air yang tidak sesuai dengan setpoint akan menyebabkan banyak masalah seperti terjadinya overpressure dan overheat yang menyebabkan tekanan uap tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Selain itu kegagalan dalam proses kontrol juga dapat mengakibatkan kegagalan sistem yang dapat berakibat fatal, seperti rusaknya bejana karena air umpun yang tidak dikontrol dengan baik bahkan bisa menyebabkan terjadinya ledakan karena bejana tidak kuat menahan tekanan yang dihasilkan. Permasalahan yang muncul saat ini adalah pada metode Fuzzy di prototype Sistem Water Level Control untuk menyesuaikan parameter waktu lama serta akurasi kontrol yang tidak baik, salah satu usaha yang masih sangat mungkin dikembangkan adalah; membangun metode optimisasi untuk mengatasi permasalahan kompleksitas proses optimisasi, menyesuaikan nilai parameter kontrol Fuzzy untuk waktu singkat dan akurasi kontrol yang baik. Metode yang tepat yaitu Cuckoo Search Algorithm (CSA).

Kata Kunci: Boiler; Ketinggian Air; Kontrol Logika Fuzzy; Algoritma Pencarian Cuckoo.

PENDAHULUAN

Boiler adalah bejana yang digunakan untuk menghasilkan uap air yang akan digunakan sebagai pemanas atau tenaga penggerak. Steam yang dihasilkan oleh boiler ini berasal dari air yang diumpun pada boiler kemudian di didihkan. Setelah di didikan dalam temperatur tertentu uap siap dialirkan ke plant, seperti pemanas atau turbin. Dalam proses mengubah air menjadi uap sering terjadi kendala sehingga keluaran tidak sesuai dengan yang dikehendaki, seperti volume air yang terlalu besar atau dibawah setpoint. Volume air yang tidak sesuai dengan setpoint akan menyebabkan banyak masalah seperti terjadinya overpressure dan overheat yang menyebabkan tekanan uap tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Selain itu kegagalan dalam proses kontrol juga dapat mengakibatkan kegagalan sistem yang dapat berakibat fatal, seperti rusaknya bejana karena air umpun yang tidak dikontrol dengan baik bahkan bisa menyebabkan terjadinya ledakan karena bejana tidak kuat menahan tekanan yang dihasilkan [1].

Untuk menyelesaikan masalah diatas maka akan dibuat eksperimen pengendalian ketinggian air dengan metode kendali logika fuzzy [2]. Pengendali logika fuzzy tidak memiliki ketergantungan pada variabel-variabel proses kendali sehingga pengendali ini banyak digunakan pada sistem yang memiliki sifat tidak linear dan perilaku dinamik [3]. Kelemahaan metode ini sulit untuk menyesuaikan parameter, yang membutuhkan waktu lama serta akurasi kontrol yang tidak optimal. Sehingga dibutuhkan metode cerdas (*Artificial Intelligent*) untuk mengatasi hal tersebut [4].

Cuckoo Search Algorithm (CSA) adalah metode cerdas (*Artificial Intelligent*) dengan teknik optimasi dengan mensimulasikan burung cuckoo dalam berkembangbiak memiliki cara yang beragam dan unik. Dari sekian spesies cuckoo diketahui bahwa 59 diantaranya merupakan cuckoo yang bersifat parasit dalam berkembangbiak yaitu mereka memanfaatkan sarang burung lain yang berbeda spesies untuk menetas telur mereka [5]. Bahkan tak jarang burung cuckoo yang menaruh telur pada sarang burung cuckoo yang lain. Ada beberapa jenis cuckoo yang membuang telur dari induk asli pada sarang untuk meningkatkan kemungkinan menetas telur mereka [6]. Mungkin saja terjadi konflik antara burung host dan burung cuckoo pada saat burung cuckoo menaruh telurnya, sehingga burung host membuang telur cuckoo tersebut atau meninggalkan sarang mereka kemudian membuang sarang yang baru [7]. Perilaku parasit yang lain adalah saat burung cuckoo menetas, biasanya telur burung cuckoo menetas lebih awal dari telur burung host, telur burung yang belum menetas tadi dibuang dari sarang agar anak cuckoo tersebut mendapatkan lebih banyak makanan [8].

Permasalahan yang muncul saat ini adalah pada metode Fuzzy di prototipe Sistem *Water Level Control* untuk menye-

suaikan parameter waktu lama serta akurasi kontrol yang tidak baik, salah satu usaha yang masih sangat mungkin dikembangkan adalah; membangun metode optimisasi untuk mengatasi permasalahan kompleksitas proses optimisasi, menyesuaikan nilai parameter kontrol Fuzzy untuk waktu singkat dan akurasi control yang baik. Metode yang tepat yaitu *Cuckoo Search Algorithm* (CSA).

DASAR TEORI

Boiler

Boiler adalah suatu alat berupa tanki/drum tertutup yang terbuat dari baja yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap atau dengan kata lain mentransfer panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar (baik dalam bentuk padat, cair atau gas) sehingga air berubah wujud menjadi uap [9]. Tanki Boiler dapat dilihat pada Gambar 1.

[Figure 1 about here.]

Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan salah satu tipe sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor. Sensor ini mampu mendeteksi jarak tanpa sentuhan langsung dengan akurasi yang tinggi dan pembacaan yang stabil. Sensor ultrasonik HC-SR04 ini dapat mendeteksi jarak objek dengan memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz dan kemudian mendeteksi pantulannya. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur jarak benda dari 2 cm – 4 m dengan akurasi 3 mm. Alat ini memiliki 4 pin, pin Vcc, Gnd, Trigger, dan Echo. Bentuk sensor ultrasonic dapat dilihat di Gambar 2.

[Figure 2 about here.]

Prinsip pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 adalah ketika pulsa trigger diberikan pada sensor, *transmitter* akan mulai memancarkan gelombang ultrasonic [10].

RTD PT 100

Resistance Temperature Detector (RTD) atau dikenal dengan Detektor Temperatur Tahanan adalah sebuah alat yang digunakan untuk menentukan nilai atau besaran suatu temperatur/suhu dengan menggunakan elemen sensitif dari kawat platina, tembaga, atau nikel murni, yang memberikan nilai tahanan yang terbatas untuk masing-masing temperature di dalam kisaran suhunya. Semakin panas benda tersebut, semakin besar atau semakin tinggi nilai tahanan listriknya, begitu juga sebaliknya. PT100 merupakan tipe RTD yang paling populer yang digunakan di industri [11]. Bentuk sensor RTD Pt100 dapat dilihat dari Gambar 3.

[Figure 3 about here.]

Lcd Display

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah lapisan kaca berstruktur bening yang mempunyai campuran organik kaca itu sendiri dan elektroda transparan indium, bentuk tersebut mempunyai tampilan seven segment yang mana ketika elektroda diaktifkan dengan tegangan (medan listrik). Zat organik molekul yang Panjang dan silindris akan menyesuaikan diri dengan elektroda dari seven segment [11]. Bentuk LCD dapat dilihat dari Gambar 4.

[Figure 4 about here.]

Arduino UNO

Arduino Uno adalah Arduino board yang menggunakan mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6input analog, sebuah 16 MHz osilator Kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header *In-Circuit Serial Programming* (ICSP), dan sebuah tombol re-set [12]. Bentuk Arduino Uno dapat dilihat dari Gambar 5.

[Figure 5 about here.]

Pompa motor DC pump 12 volt

Pompa motor DC *pump* 12 volt adalah sebuah alat mikrokontroler yang dapat memompa air dengan kejauhan 1 meter. Alat ini di kontrol driver motor L298N dimana driver ini dapat mengontrol kecepatan menggunakan PWM. Pompa ini dapat mendorong air dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi begitu pula sebaliknya pompa pun dapat menurunkan air dari tempat yang tinggi menuju tempat yang rendah [13]. Bentuk Pompa Air dapat dilihat dari Gambar 6.

[Figure 6 about here.]

Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki nilai keaburan atau kesamaran (fuzziness) antara benar dan salah. Logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1 [14]. Fuzzy dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama [15].

Cuckoo Search Alogaritma

Burung cuckoo dalam berkembangbiak memiliki cara yang beragam dan unik. Dari sekian spesies cuckoo diketahui bahwa 59 diantaranya merupakan cuckoo yang bersifat parasite dalam berkembangbiak yaitu mereka memanfaatkan sarang

burung lain yang berbeda spesies untuk menetas telur mereka. Bahkan tak jarang burung cuckoo yang menaruh telur pada sarang burung cuckoo yang lain. Ada beberapa jenis cuckoo yang membuang telur dari induk asli pada sarang untuk meningkatkan kemungkinan menetas telur mereka. Mungkin saja terjadi konflik antara burung host dan burung cuckoo pada saat burung cuckoo menaruh telurnya, sehingga burung host membuang telur cuckoo tersebut atau meninggalkan sarang mereka kemudian membuat sarang yang baru [16]. Perilaku parasit yang lain adalah saat burung cuckoo menetas, biasanya telur burung cuckoo menetas lebih awal dari telur burung host, telur burung yang belum menetas tadi dibuang dari sarang agar anak cuckoo tersebut mendapatkan lebih banyak makanan.

1. Setiap cuckoo meletakkan satu telur pada satu waktu dan membuang telur didalamnya pada sarang yang dipilih acak.
2. Sarang terbaik dengan kualitas telur tertinggi akan dilanjutkan ke generasi berikutnya.
3. Jumlah sarang burung yang tersedia berjumlah tetap, dan peluang telur yang diletakkan oleh cuckoo yang ditemukan burung inang sebesar $p \in [0,1]$. Dalam kasus ini, burung dapat membuang telur cuckoo atau meninggalkan sarang, lalu membuat sarang baru [17].

METODE PENELITIAN

Tahap Pembuatan Sistem

Tahap Pembuatan sistem terdiri atas sensor ultrasonic, sensor RTD PT100, pompa dc, mikrokontroller, program fuzzy logic control dan program cuckoo search algoritma. Sensor ultrasonic berfungsi membaca nilai level air dan sensor RTD PT100 berfungsi untuk membaca nilai temperature air. Sensor tersebut akan terhubung ke mikrokontroler yang berfungsi sebagai prosesor untuk melakukan proses *ADC (Analog to Digital Converter)* serta mengatur kecepatan pompa dc berdasarkan durasi yang sesuai agar kondisi level air berada pada nilai set-point yang diinginkan serta dikontrol dengan fuzzy logic yang nilai parameternya dioptimisasi dengan *cuckoo search algoritma*. Diagram blok sistem keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.

[Figure 7 about here.]

Perancangan Hardware

Blok-blok sistem mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 8 Sensor akan membaca kondisi level air pada tanki secara kontinyu. Kemudian mikrokontroler mengambil data sensor ini juga secara terus menerus. Data sensor selanjutnya akan diolah

oleh mikrokontroler untuk diproses sebagai output pompa dc dan LCD. Pada pompa dc, kecepatan putaran akan dikontrol dengan fuzzy logic.

[Figure 8 about here.]

Perencanaan Dan Pembuatan Fuzzy Logic Control (FLC)

Sistem *Fuzzy Logic Control* (FLC) dibuat dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB.

Adapun langkah langkah pembuatannya :

1. Mengidentifikasi nilai input dan output pada sensor ultrasonic dan pompa dc.
2. Menghitung transfer function dari hasil identifikasi nilai input dan output.
3. Membuat Simulasi sistem Fuzzy Logic control dengan Simulink pada matlab.
4. Membuat script m-file dari fuzzy logic control mamdani yang dibangun pada Simulink menggunakan toolbox library s-function.
5. Setelah dirunning maka akan memperoleh nilai E (error) , DE (beda error) dan U (keluaran pengendali).
6. Pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan harga-harga masukan error dan beda error untuk menghasilkan suatu keputusan berupa perintah atau tindakan pada pompa dc agar melaksanakan mengendalikan yang diinginkan.

Berikut keputusan perancangan pengendalian logika fuzzy :

Jika Er TINGGI dan De NORMAL maka OT CEPAT

Jika Er SEDANG dan De NORMAL maka OT SEDANG

Jika Er RENDAH dan De NORMAL maka OT LAMBAT

Jika Er SEDANG dan De NEGATIF maka OT AGAK

CEPAT

Jika Er SEDANG dan De NORMAL maka OT AGAK LAMBAT

BAT

Perencanaan Pembuatan Cuckoo Search Alogaritma

Untuk pembuatan program Cuckoo Search Alogaritma dibuat script di matlab dan dihubungkan ke Simulink untuk mengoptimasi nilai E , De , U pada *Fuzzy Logic Control* untuk mendapat kan nilai nilai E , De , U yang lebih baik. Pada program *Cuckoo Search Alogaritma* langkah-langkah yang harus dilakukan yaitu :

1. Studi literatur dengan mengumpulkan teori-teori yang berkaitan dengan algoritma Cuckoo Search melalui buku ataupun refrensi jurnal dan artikel. Hal ini bertujuan agar

lebih memahami berbagai teori yang digunakan dalam penelitian ini serta sebagai pedoman dalam pengerjaannya. Setelah melakukan studi literatur maka dilakukan pengambilan data untuk optimisasi nilai E ,De dan U pada Fuzzy Logic Control Mamdani.

2. Melakukan perhitungan dengan mengoptimisasi nilai E ,De dan U pada Fuzzy Logic Control Mamdani menggunakan algoritma Cuckoo Search berdasarkan data yang diperoleh dengan mencari nilai optimisasi terbaik. Adapun langkah-langkah penyelesaian optimasi Fuzzy Logic Control Mamdani menggunakan algoritma Cuckoo Search adalah sebagai berikut:

a) Inisialisasi beberapa parameter diantaranya parameter Levy yaitu α , β , γ dan δ (yang selanjutnya disebut Lévy (α , β , γ , δ)), parameter stepsize dan parameter peluang (Pa).

b) Insialisasi jumlah populasi dengan menggunakan nilai vektor acak. Dimana memiliki ketentuan jumlah populasi sebagai jumlah baris.

- 1) Bangkitkan x secara acak
- 2) Lakukan proses diskritisasi (indeks)
- 3) Hitung nilai E ,De , U pada setiap baris
- 4) Hitung nilai fitness
- 5) Solusi dengan fitness terbesar ditetapkan sebagai Best-So-Far.

$$Fitness = \frac{1}{(E, De, U)} \dots\dots\dots (4)$$

3. Bangkitkan Cuckoo i secara acak dan pilih sarang j secara acak, dengan ketentuan j tidak sama dengan i

a) Lakukan proses diskritisasi pada masing-masing Cuckoo dan sarang

b) Hitung nilai makespan pada setiap baris pada masing-masing Cuckoo dan sarang

c) Hitung nilai fitness (fungsi tujuan) pada masing-masing Cuckoo dan sarang

4. Bandingkan nilai fungsi fitness Cuckoo i dan Cuckoo j. Jika fitness Cuckoo i lebih dari fitness Cuckoo j, maka Cuckoo j sama dengan Cuckoo i (pergantian dilakukan pada setiap nilai x bilangan acak).

5. Urutkan nilai fitness dari yang terbesar (terbaik).
6. W sebagai banyaknya solusi terburuk ditentukan melalui persamaan

$$W = Pa * n \dots\dots\dots (5)$$

7. Solusi terburuk adalah sejumlah W yang dimulai dari urutan terbawah

8. Lakukan perbaikan populasi dengan membangkitkan Lévy ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$) secara acak. Gantikan solusi terburuk untuk memperoleh x yang baru dengan menggunakan persamaan (2)

9. Evaluasi fitness dari masing-masing solusi yang diperoleh

10. Jika generasi Cuckoo (t) mencapai generasi maksimal, maka cuckoo dengan fitness terbesar adalah solusi akhir.

11. Pembuatan program menggunakan software Matlab sesuai dengan algoritma yang digunakan. Pada langkah ini penulis akan membuat skrip program dan desain tampilan pada program menggunakan GUI Matlab.

12. Penyelesaian masalah optimisasi menggunakan program yang dilakukan dengan menerapkan data yang telah didapat pada langkah dalam program yang telah dibuat.

13. Menganalisis hasil yang telah dijalankan oleh program berdasarkan nilai E, De dan U terbaik yaitu dengan melihat nilai E, De dan U yang dihasilkan pada iterasi keberapa yang

datanya menunjukkan nilai yang konstan

14. Penarikan kesimpulan dengan menjawab rumusan masalah yang telah dibuat sebelumnya serta membuat saran-saran untuk penelitian selanjutnya. Diagram alir CSA dapat dilihat dari Gambar 9 dan Gambar 10.

[Figure 9 about here.]

[Figure 10 about here.]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelaan Matematika Tanki

Pemodelan matematika ialah model yang dibuat dengan konsep matematika seperti fungsi dan persamaannya. Pemodelan matematika ini dibuat berdasarkan proses input dan output dari plant tanki water level dan spesifikasi dimensi pada tanki. Pemodelan sistem ini digunakan sebagai pendekatan real plant tanki untuk kebutuhan simulasi agar dapat mengetahui respon plant. Wiring diagram dapat dilihat dari Gambar 11.

[Figure 11 about here.]

Pada wiring diagram diatas tanki utama berbentuk tabung dengan diameter 16 cm dan tinggi 22 cm .Input dan output tanki diuji dengan tegangan 12v untuk menghidupkan pompa in dan pompa out. Pada pompa in saat diberi tegangan 12 v agar pompa berputar dengan kecepatan penuh untuk mengisi air pada tanki utama dan mendapkan hasil untuk mencapai ketinggian air 14 cm pompa dengan kecepatan penuh memerlukan waktu 58.14 detik. Pada pompa out yaitu berfungsi untuk mengurangi air pada tanki utama dan pada pengurangan level sebesar 7 cm pompa memerlukan waktu 48.7 detik. Jadi bias dicari nilai flow in dan flow out nya sebagai berikut.

$$Q = V/t$$

Q = flow air yang mengalir

V = volume tanki

T = waktu yang diperlukan

Flow in :

$$Q = \frac{(3.14 \times 8 \times 14)}{58.14}$$

$$Q = 48.3 \text{ cm}^2/\text{s}$$

Jadi didapat kan nilai untuk flow yang masuk pada tanki utama yaitu 48.3 cm²/s.

Flow out :

$$Q = \frac{(3.14 \times 8 \times 7)}{48.7}$$

$$Q = 28.8 \text{ cm}^2/\text{s}$$

Untuk flow yang keluar dari tanki utama yaitu 28.8 cm²/s.

Dari pencarian flow diatas bias mendapatkan nilai ketinggian dengan rumus :

$$H = \sqrt[1]{(Q_{in} - Q_{out})^1}$$

H = ketinggian air (cm)

A= luas penampang tanki (cm²)

Qin = Flow yang masuk pada tanki (cm²/s)

Qout = Flow yang keluar (cm²/s)

s = level awal (cm)

Fuzzy Logic control

Simulasi plant pada Simulink dapat dilihat dari Gambar 12.

[Figure 12 about here.]

Pemodelaan pompa pada Simulink dapat dilihat dari Gambar 13 .

[Figure 13 about here.]

Simulasi Keseluruhan WLC Simulink dapat dilihat dari Gambar 14.

[Figure 14 about here.]

Fuzzy Logic ini digunakan untuk controller pompa input pada sistem water level control . Pemodelan *fuzzy logic control* ini dilakukan menggunakan bantuan m-file pada matlab. Pada proses ini memasukan nilai input dan output pada script mamdani yang dibuat. Sebelum memasukan nilai input dan outpu harus membuat inisialisasi delta (Er , De ,OT) untuk perkalian dari nilai MF yang nantinya pekalian tersebut akan dioptimasi dengan *Cuckoo Search Alogaritm*.

Script Fuzzy

%inisialisasi MF

A=1*ER; % delta masing-masing MF dari pusat untuk error

B=1*DE; % delta masing-masing MF dari pusat untuk derror

C=1*OT; % delta masing-masing MF dari pusat untuk output

SCRIPT ERROR

a=newfis('Kendali Fuzz.y');

a=addvar(a,'input','ER',[2*A 23*A]);

a=addmf(a,'input',1,'TINGGI','trapmf',[2*A 2*A 8*A

13*A]);


```
a=addmf(a,'input',1, 'SEDANG','trimf', [8*A 13*A 18*A]);
```

```
a=addmf(a,'input',1, 'RENDAH','trapmf',[13*A 18*A 22*A 22*A]);
```

Pada script error nilai range nya 2-23 cm yaitu nilai ketinggian dari tanki dan selanjutnya untuk nilai mf tinggi , sedang dan rendah menggunakan trapezium (trapmf) dan segitiga (trimf). Nilai parameter diambil dari percobaan sensor ultrasonic yang kemudian dikalikan dengan A sebagai delta untuk error.

SCRIPT DELTA ERROR

```
a=addvar(a,'input','DE',[-50*B 50*B]);
a=addmf(a,'input',2, 'NEGATIF','trimf',[-50*B -25*B 0*B]);
a=addmf(a,'input',2, 'NORMAL','trimf', [-25*B 0*B 25*B]);
a=addmf(a,'input',2, 'POSITIF','trimf',[0*B 25*B 50*B ]);
```

Pada Script delta eror ialah selisih antara nilai eror pada waktu t dan roro pada t-1 yang diambil dari nilai ultrasonic. Input parameter dari delta error berupa negatif ,normal dan positif untuk nilai ketinggian air di tanki terhadap waktu yang dikalikan dengan B.

SCRIPT OUTPUT

```
a=addvar(a,'output','OT',[120*C 255*C]);
a=addmf(a,'output',1, 'LAMBAT','trapmf',[120*C 120*C 135*C 150*C]);
a=addmf(a,'output',1, 'AGAK.LAMBAT','trimf', [142.5*C 157.5*C 172.5*C]);
a=addmf(a,'output',1, 'SEDANG','trimf', [165*C 180*C 195*C]);
a=addmf(a,'output',1, 'AGAK.CEPAT','trimf', [202.5*C 217.5*C 232.5*C]);
a=addmf(a,'output',1, 'CEPAT','trapmf',[225*C 240*C 255*C 255*C]);
```

Pada script output ini yaitu parameter dari pwm pompa dengan range 120-255 yang berarti pompa baru menyalakan pompa pada pwm 120 dan 255 untuk kecepatan penuh. Output ini berupa nilai parameter lambat , agak lambat , sedang , agak cepat dan cepat kemudian nilai dari parameter itu dikalikan dengan nilai C.

SCRIPT RULE

```
Aturan=[%Basis Aturan
1 2 5 1 1
2 2 3 1 1
3 2 1 1 1
2 1 4 1 1
2 3 2 1 1];
a=addrule(a,Aturan);
```

Pada script rule bias diartikan :

- Jika Er TINGGI dan De NORMAL maka OT CEPAT
- Jika Er SEDANG dan De NORMAL maka OT SEDANG
- Jika Er RENDAH dan De NORMAL maka OTLAMBAT
- Jika Er SEDANG dan De NEGATIF maka OT AGAK CEPAT
- Jika Er SEDANG dan De NORMAL maka OT AGAK LAMBAT

Optimisasi Nilai Fuzzy Logic Control dengan Cuckoo Searchr Alogaritm (CSA).

Pengujian ini menggunakan Matlab sebagai media pembantu untuk mengoptimasi nilai ER, DE, dan OT. Pada script cuckoo search alogaritma nilai parameter yang dimasukan pada Tabel 1 yaitu :

[Table 1 about here.]

[Figure 15 about here.]

Pada Gambar 15 ialah hasil optimisasi dari nilai MF fuzzy logic control mamdani yaitu nilai delta Er , De dan OT. Cuckoo mendapatkan nilai fmin yaitu = 1.000000000000000e+10 , nilai Er = 0.8 , nilai De = 0.94 dan nilai OT = 0.98.

Analisis dan Hasil

Analisis dan hasil akan menampilkan hasil level pada tanki dengan menggunakan fuzzy logic control manual dan *fuzzy logic control* yang niali parameter Er , De dan OT yang dioptimasi dengan cuckoo.

[Figure 16 about here.]

Pada Gambar 16 menunjukkan Tuning manual fuzzy logic control untuk tangki pengisian air. Air pada tanki menunjukkan ketidak stabilan pada saat menuju set point.

[Figure 17 about here.]

Pada Gambar 17 menunjukaan respon fuzzy logic control terhadap level tangki stabil dan tidak ada goyang saat penurunan saat mencapai set point.

[Figure 18 about here.]

Dari Gambar 18 Repon *Fuzzy Logic Control* Manual dengan garis merah sedangkan optimasi dengan CSA garis berwarna biru dan diberi set point 10 cm untuk level dan waktu 200 s, dilihat dari perbedaan level CSA sangat stabil pada set point 10 cm sedangkan respon manual saat nilai mencapai set point , level naik mencapai 11 cm.

Dari hasil penerapaaan optimisasi *fuzzy logic control* menggunakan *cuckoo search alogaritma* bisa didapatkan nilai setpoint

yang diinginkan seperti Tabel II.

[Table 2 about here.]

Hasil dari optimisasi *fuzzy logic control* dengan cuckoo search algoritma terdapat perbedaan eror 0.007619 % antara level dengan set point. Dari hasil perbedaan tersebut dapat disimpulkan bahwa tingkat keakuratan fuzzy logic control yang dioptimisasi dengan cuckoo sebesar 99,9992381%.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

1. Sistem prototype water level control menggunakan Fuzzy Logic Control yang dioptimisasi dengan CSA dibangun dari sebuah controller FLC pada Arduino. Agar mendapatkan parameter Er, De dan OT yang optimal, controller diintegrasikan dengan metode CSA yang dirancang pada software Matlab.
2. Sistem prototipe dapat menjalankan pompa yang diatur dengan FLC sesuai nilai pembacaan level pada sensor Ultrasonik.
3. Dari hasil optimisasi Fuzzy Logic Control dengan CSA mendapatkan nilai f_{min} yaitu = $1.0000000000000000e+10$, nilai Er = 0.8, nilai De = 0.94 dan nilai OT = 0.98.
4. Presentase penyimpangan error pada pengukuran jarak level pada tanki dengan set point mempunyai rata rata sebesar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. S. Montolalu, F. Y. Suratman, & P. Pangaribuan, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Level Dan Temperatur Boiler Dengan Metode Pid Dan Kontrol Dua Posisi (Design And Implementation For Controlling Boiler Water Level And Temperature Using Pid Method And On- Off Control)," *E-Proceeding Of Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 2262–2269, 2015.
- [2] W. Zulaikah & T. A., "Aplikasi Teknik Kendali Fuzzy Pada Pengendalian Level Cairan," *Repostory Universitas Diponegoro*, pp. 1–11, 2011.
- [3] E. Yazid, "Penerapan Kendali Cerdas Pada Sistem Tangki Air Menggunakan Logika Fuzzy," *Jurnal Fisisika Himpunan Fisika Indonesia*, vol. 9, no. 2, pp. 11–23, 2009.
- [4] M. Dahria, "Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence)," *Jurnal Saintikom*, vol. 5, no. 2, pp. 185–197, 2008.
- [5] M. R. Djalal, D. Ajiatmo, A. Imran, & I. Robandi, "Desain Optimal Kontroler Pid Motor Dc Menggunakan Cuckoo Search Algorithm," *Sentia Polinema*, 2014.
- [6] M. R. Djajal, D. Ajiatmo, & I. Robandi, "Frequency Control Pltmh Dengan Capacitive Energy Storage Menggunakan Cuckoo Search Algorithm," *Repostory Universitas*, 2015.
- [7] Ardiansyah, "Rancang Bangun Sistem Pemberian Pakan Ternak (Sapi) Dan Pengadukannya Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *Repostori Uin Alauddin*, 2018.
- [8] N. P. Wong & D. Suwandi, "Penerapan Algoritma Cuckoo Search Pada Travelling Salesman Problem," *Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia*, pp. 2–4, 2013.
- [9] Singgih, "Analisis Performa Water Tube Boiler Kapasitas 115 Ton / Jam Di Pt . Pertamina Refinery Unit Vi Balongan-Indramayu," *Jurnal Unnes*, 2016.
- [10] I. K. Missa & E. Al, "Rancang Bangun Alat Pasang Surut Air Laut Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04," *Jurnal Fisika Sains*, vol. 3, no. 2, pp. 102–105, 2018.
- [11] I. Arifin, "Automatic Water Level Control Berbasis Mikrocontroller Dengan Sensor Ultrasonik," *Jurnal Unnes*, 2015.
- [12] A. Megindo, E. Ariyanto, & Vokasi, "Sistem Kontrol Suhu Air Menggunakan Pengendali Pid. Dan Volume Air Pada Tanki Pemanas Air Berbasis Arduino Uno," *Gema Teknologi*, vol. 18, no. 4, pp. 21–28, 2016.
- [13] M. Irwansyah & D. Istarti, "Pompa Air Aquarium Menggunakan Solar Panel," *Jurnal Polibatam*, vol. 5, no. 1, pp. 85–90, 2013.
- [14] A. Sofwan, "Penerapan Fuzzy Logic Pada Sistem Pengaturan Jumlah Air Berdasarkan Suhu Dan Kelembaban," *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, pp. 2005–2005, 2005.
- [15] F. Hunaini, I. Robandi, & N. Sutantra, "Lateral And Yaw Motion Control Of The Vehicle Using Fuzzy Logic And Pid Being Optimized By Firefly Algorithm," *Journal Of Theoreted And Applied Information Technology*, vol. 87, no. 1, pp. 16–24, 2016.
- [16] R. Andiyani, "Penerapan Alogartima Cuckoo Search Dalam Permasalahan Penjadwalan Flowshop," 2017.
- [17] M. Riduwan, F. Hunaini, & M. Mukhsim, "Sistem Kontrol Governor Menggunakan Pid Yang Dioptimasi Dengan Metode Cuckoo Search Algorithm (Csa) (Governor Control System Using Pid Optimized With the Cuckoo

Search Algorithm (Csa),” *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 3, no. 1, pp. 162–162, 2019. [Online]. Available: [10.21070/jeeeu.v3i1.2090](https://doi.org/10.21070/jeeeu.v3i1.2090); <https://dx.doi.org/10.21070/jeeeu.v3i1.2090>

Conflict of Interest Statement: The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2020 Author [s]. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Received: 2020-09-04

Accepted: 2020-09-10

Published: 2020-10-31

DAFTAR TABEL

I	Parameter CSA	159
II	Set Point dan Actual Level	159

TABEL I. PARAMETER CSA

PARAMETER	NILAI
Number of nets (n)	25
Discovery rate of alien eggs / solution (pa)	0.25
Number of iterations	100
Beta	3/2
Batas Atas Er (LB)	[0.7 0.5 0.7]
Batas Bawah Er (Ub)	[1.3 1.5 1.4]

TABEL II. SET POINT DAN ACTUAL LEVEL

SET POINT	LEVEL TAIR	t	ERROR %
2	2	14.55	0
3	2.9	21.55	0.1
4	4	28	0
5	5	36	0
6	6	40	0
7	7	46	0
8	8	50	0
9	9	56	0
10	10	61	0
11	11	66.7	0
12	12	73	0
13	13	80	0
14	14	87	0
15	15	94	0
16	16	100	0
17	17	105	0
18	18	110	0
19	18.99	115.9	0.01
20	19.99	122.9	0.01
21	21	130.3	0
22	21.96	138.5	0.04
RATA-RATA ERROR %			0.007619

DAFTAR GAMBAR

1	Boiler	161
2	Sensor ultrasonik HC-SR04	161
3	Sensor RTD PT100	161
4	LCD Display	162
5	Arduino Uno	162
6	Pompa Air	162
7	Diagram Alir Sistem Keseluruhan.....	163
8	Skema Sistem WLC	163
9	Diagram Alir Sistem CSA.....	164
10	Diagram Alir FLC-CSA	165
11	<i>Wiring</i> Diagram Tanki	165
12	Simulasi Plant pada Simulink	166
13	Pemodelaan Pompa	166
14	Simulasi Keseluruhan FLC	166
15	Hasil Optimasi FLC-CSA	167
16	Respon Tuning FLC Manual.....	167
17	Respon Tuning FLC-CSA.....	167
18	Respon Tuning FLC Manual dan FLC-CSA.....	168



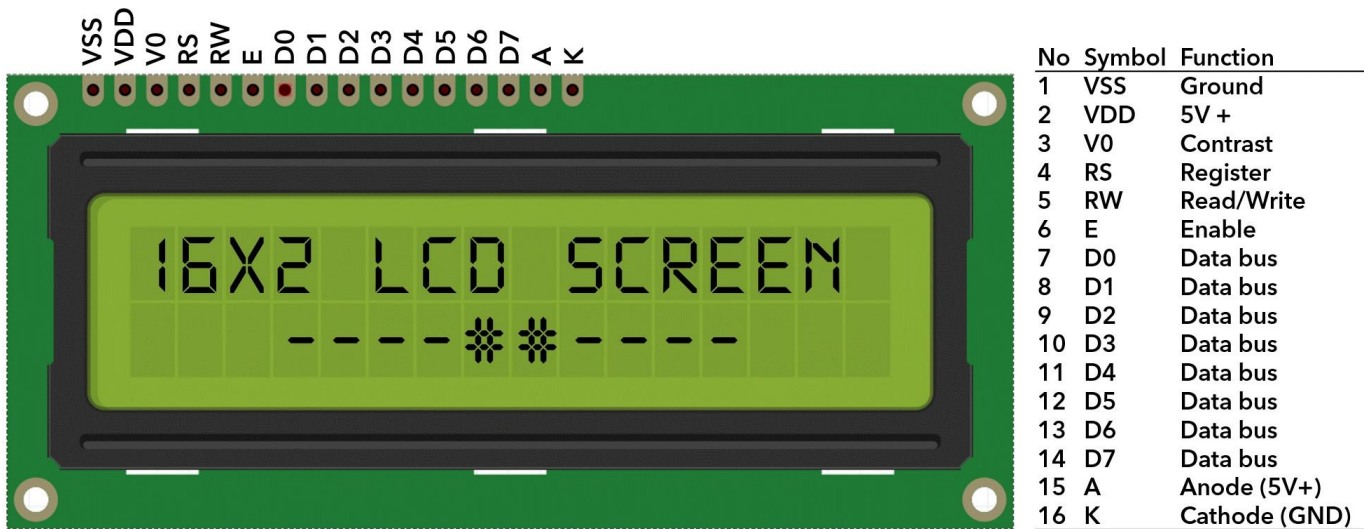
Gambar 1. Boiler



Gambar 2. Sensor ultrasonik HC-SR04



Gambar 3. Sensor RTD PT100



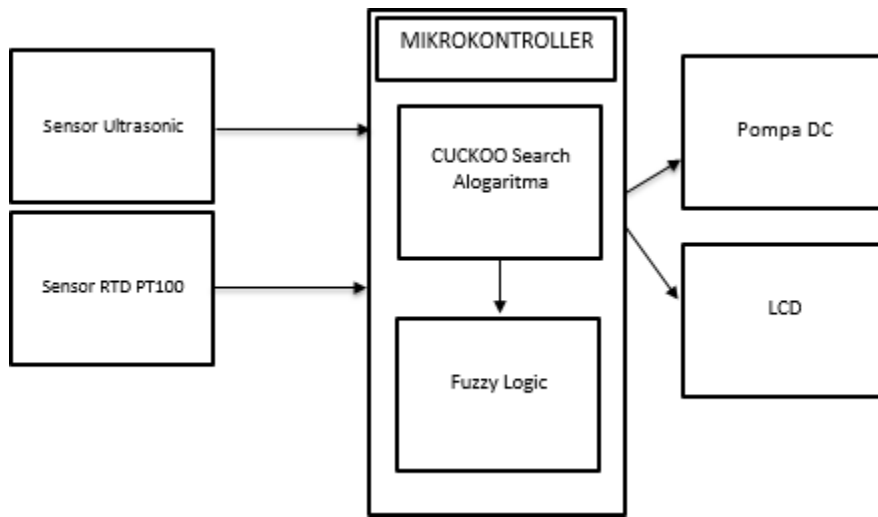
Gambar 4. LCD Display



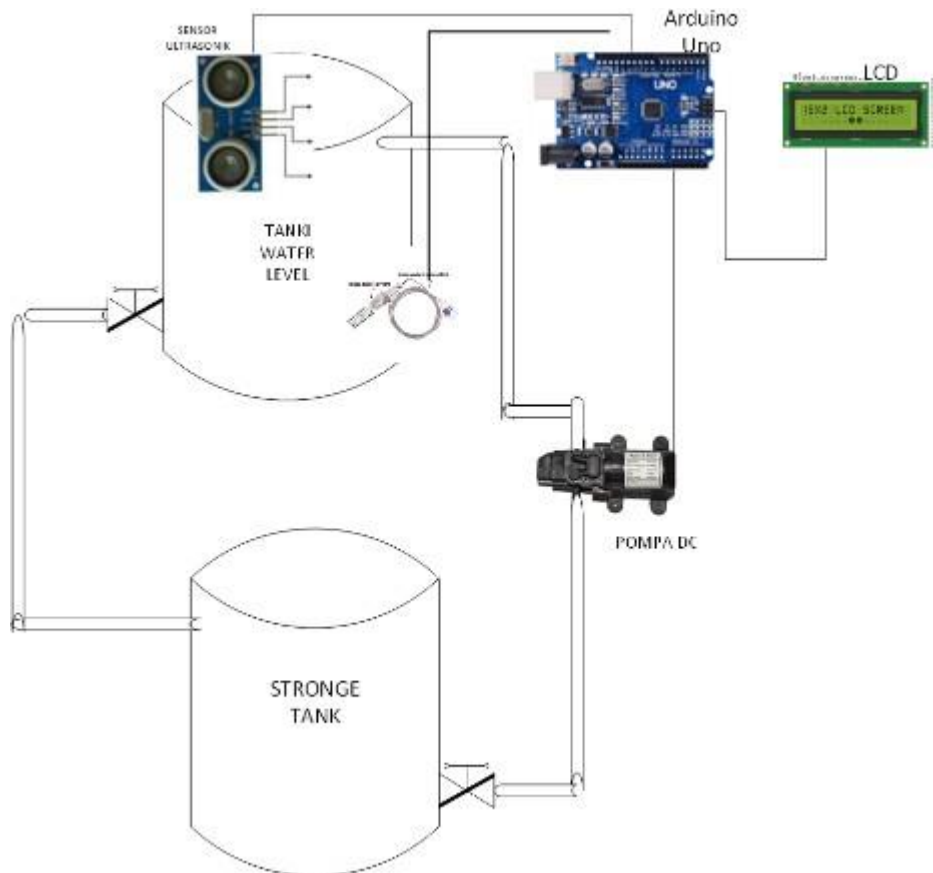
Gambar 5. Arduino Uno



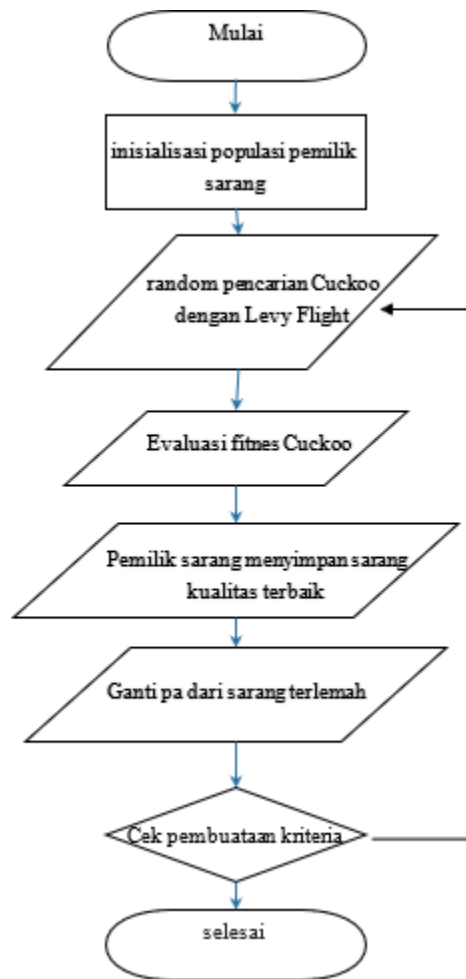
Gambar 6. Pompa Air



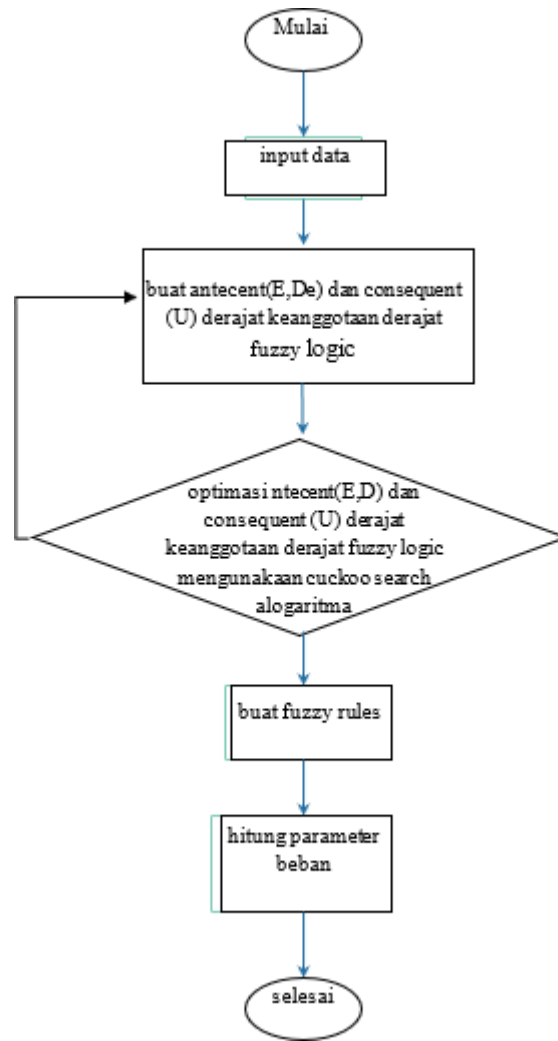
Gambar 7. Diagram Alir Sistem Keseluruhan



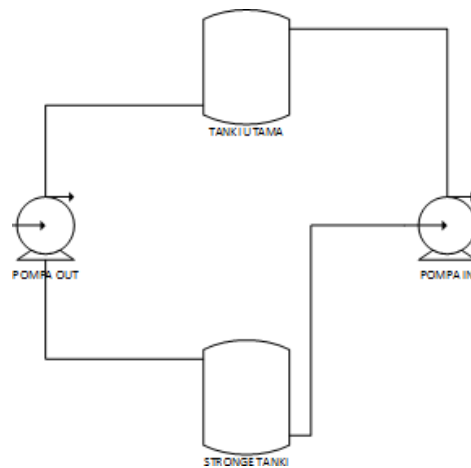
Gambar 8. Skema Sistem WLC



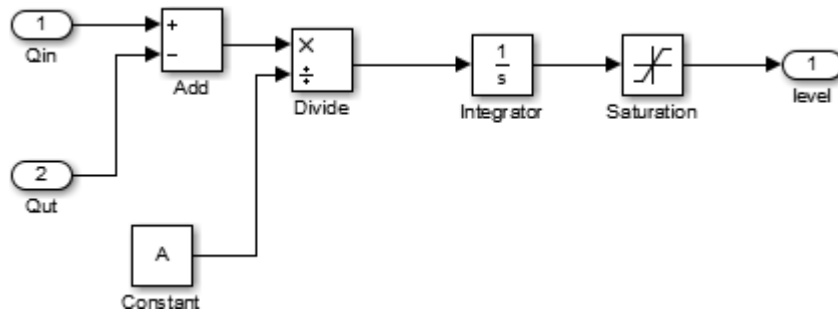
Gambar 9. Diagram Alir Sistem CSA



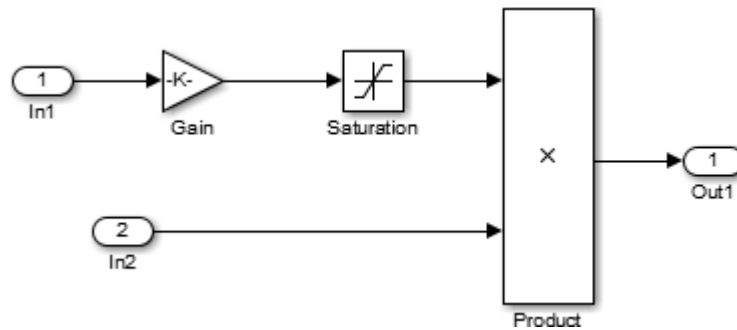
Gambar 10. Diagram Alir FLC-CSA



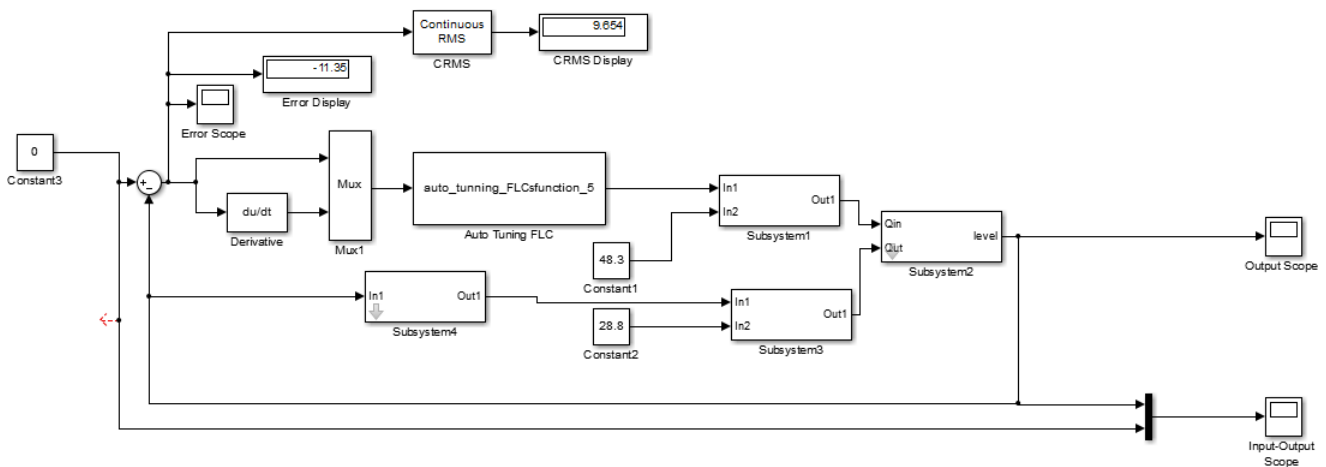
Gambar 11. Wiring Diagram Tanki



Gambar 12. Simulasi Plant pada Simulink



Gambar 13. Pemodelaan Pompa



Gambar 14. Simulasi Keseluruhan FLC

```
>> cuckoo_search_spring
=====
PROTOTYPE WATER LEVEL CONTROL DGN FLC DI OPTIMASI CSA
FARID YANUAR , TEKNIK ELEKTRO , 16120201915005
UNIVERSITAS WIDYAGAMA MALANG
=====

Computing ... it may take a few minutes.
Total number of iterations=5000

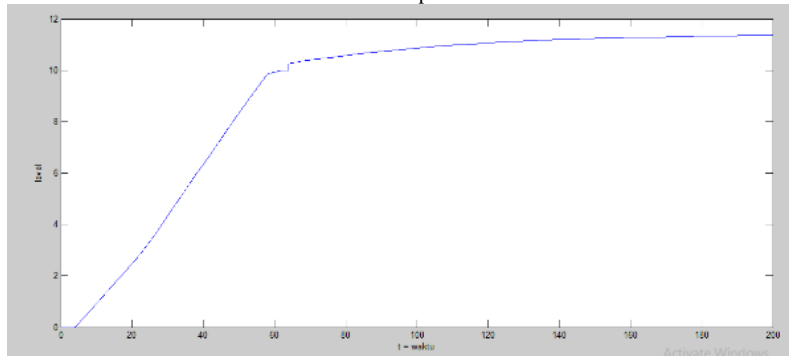
fmin =

1.0000000000000000e+10

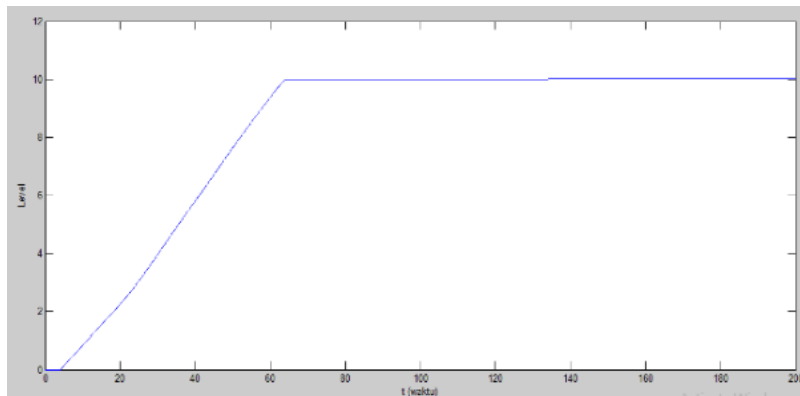
bestnest =

0.803327758990356    0.945087302110699    0.982278474719995
.
```

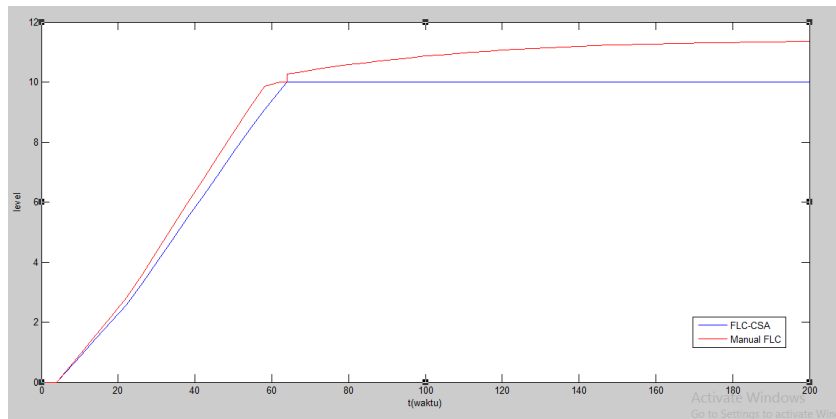
Gambar 15. Hasil Optimasi FLC-CSA



Gambar 16. Respon Tuning FLC Manual



Gambar 17. Respon Tuning FLC-CSA



Gambar 18. Respon Tuning FLC Manual dan FLC-CSA