

Implementasi Kontrol Suhu pada Proses Penyulingan Pembuatan Bioetanol Berbahan Ecenggondok Menggunakan *Fuzzy Logic*

Bagus Prihantoro, Hari Kurnia Safitri, Tundung Subali

Abstrak Eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) adalah sejenis tanaman bakung yang hidupnya di atas permukaan air dan banyak tumbuh di perairan keruh seperti waduk, sungai dan rawa. Banyaknya tumbuhan eceng gondok yang hidup di daerah air keruh, padahal tanaman eceng gondok dari akar sampai daun dapat digunakan menjadi bioetanol sebagai pengganti bahan bakar dari fosil yang semakin habis di masa mendatang. Untuk mengatasi kendala yang terjadi di kota Sidoarjo terdapat mitra pembuatan bioetanol. Mitra tersebut masih menggunakan cara manual untuk memproses eceng gondok agar menjadi bioetanol, pada mitra membutuhkan waktu yang cukup lama dikarenakan suhu pada penyulingan tidak stabil. Selain itu, kadar air yang masih banyak pada uap membuat proses penyulingan menyebabkan banyaknya wadah yang digunakan. Untuk itu proses penyulingan dengan mengatur suhu agar mendapatkan uap bioethanol yang minim kandungan air dan tidak banyak membutuhkan wadah pada proses penyulingan. Sehingga meningkatkan mutu pembuatan bioethanol dengan mempelajari pengaruh proses penyulingan terhadap pembuatan bioethanol. Sistem ini dikombinasikan dengan sensor MQ3 dan LM35 dengan aktuator heater. Nilai – nilai yang ada pada sistem ini dilihat pada LCD yang dipasang di panel box. Sistem kontrol yang digunakan yakni metode *Fuzzy Logic* yang digunakan untuk mengontrol heater. Saat suhu di atas set point, maka PWM pada driver heater akan turun begitupun sebaliknya. Sistem kontrol suhu ini mendapatkan hasil yakni pada suhu stabil pada angka 75-85°C. Dengan suhu yang sesuai titik didih bioethanol mendapatkan hasil Bioetanol maksimal dengan waktu yang cepat. Bioethanol yang dihasilkan dengan suhu 80°C yakni 90%.

Kata Kunci : *Eceng Gondok, Fuzzy Logic, Suhu, Penyulingan.*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada saat ini sangat maju di berbagai bidang. Teknologi yang canggih akan digunakan dalam mengembangkan hasil produksi industri di Indonesia salah satunya adalah produksi bioethanol karena dapat mengganti BBM dari fosil yang semakin habis di masa ke depan. Ecenggondok (*Eichhornia Crassipes*)

merupakan salah satu hama air tawar yang dapat menghasilkan bioetanol, baik sebagai sumber pendapatan petani. Saat ini bioetanol banyak digunakan sebagai campuran parfum.

Pada proses penyulingan, pengaturan suhu pada hasil fermentasi ecenggondok merupakan salah satu faktor yang terpenting dalam proses destilasi. Pengontrolan suhu pada hasil fermentasi ecenggondok perlu dilakukan karena suhu merupakan salah satu parameter yang sangat mudah berubah tergantung pada lingkungan sekitar. Suhu pada hasil fermentasi yang tidak dikontrol sesuai dengan titik didih bioetanol akan menghasilkan kadar air lebih banyak dari pada kadar *etanol*. Selama ini penyulingan bioetanol yang dilakukan oleh mitra di Sidoarjo banyak menggunakan peralatan yang sederhana (teknologi konvensional) sehingga hasil yang didapat kurang efektif dan efisien, akibatnya kualitas bioethanol kurang memenuhi yang di syarkan..

Proses penyulingan pada alat ini menggunakan Arduino Uno sebagai kontroler serta menggunakan metode kontrol *fuzzy*. Kontrol *fuzzy* digunakan karena kontrol *fuzzy* merupakan jenis kontrol yang sangat cocok digunakan pada pengaturan suhu memiliki karakteristik respon yang sedikit lebih lambat tetapi tidak memiliki *overshoot* dan stabil sehingga dapat digunakan untuk mengontrol suhu agar tetap terjaga sesuai dengan *set point* yang diinginkan.

Tujuan pada skripsi ini adalah dapat merancang serta mengontrol suhu pada proses penyulingan agar tetap dalam kondisi yang stabil. Dengan pengaturan daya pada *heater* dalam proses pembuatan bioetanol sesuai dengan nilai titik didih bioethanol menggunakan metode *fuzzy* dan mengurangi wadah untuk proses penyulingan yang terdapat pada mitra.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioetanol

Bioetanol adalah *etanol (etil alkohol)* yang dibuat dengan menggunakan bahan alami contohnya tetes tebu dan singkong berbeda dengan etanol sintetik yang didapatkan dari sintesis kimiawi senyawa hidrokarbon[1]. Etanol yang digunakan sebagai bahan bakar kendaraan mempunyai struktur kimia yang sama persis dengan etanol yang digunakan pada minuman keras. *Etanol* yang digunakan pada bahan bakar adalah *Fuel Grade Ethanol (FGE)* dengan tingkat kemurnian 99.5%.

2.2 Penyulingan

Distilasi atau penyulingan merupakan suatu metode untuk memisahkan bahan kimia berdasarkan perbedaan

Bagus Prihantoro adalah Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Politeknik

Negeri Malang email: bagusprihantoro35@gmail.com

Hari Kurnia Safitri dan Tundung Subali adalah Dosen Jurusan Teknik

ElektroPoliteknik Negeri Malang email: tundung.subali@polinema.ac.id.

kecepatan atau kemudahan menguap (*volatilitas*) bahan Dalam proses penyulingan bahan yang akan di *extract* dididihkan sampai menguap, dan uap ini akan didinginkan kembali pada kondensor hingga menjadi tetesan cairan. Uap etanol memiliki titik didih lebih rendah sehingga lebih cepat menguap. metode Destilasi ini termasuk sebagai jenis perpindahan massa Penerapan pada proses ini didasarkan pada teori suatu larutan masing-masing bahan yang akan di *extract* akan menguap pada titik didihnya. Model ideal distilasi atau penyulingan didasarkan pada Hukum Raoult dan Hukum Dalton

2.3 Arduino

Arduino Uno adalah arduino *board* yang menggunakan mikrokontroler ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 pin *input/output* digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 *input* analog, sebuah 16 MHz quartzkristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah *header* ICSP, dan sebuah tombol *reset*. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuatnya bekerja. Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai *USB-to-serial converter* untuk komunikasi serial ke computer melalui *port* USB.

Arduino Uno memiliki 6 masukan analog yang diberi label A0 sampai A5, setiap pin menyediakan resolusi sebanyak 10 bit (1024 nilai yang berbeda). Secara default pin mengukur nilai tegangan dari *ground* (0V) hingga 5V, walaupun begitu dimungkinkan untuk mengganti nilai batas atas dengan menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference* (). Sebagai tambahan beberapa pin masukan analog memiliki fungsi khusus yaitu pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL) yang digunakan untuk komunikasi *Two Wire Interface* (TWI) atau *Inter Integrated Circuit* (I2C) dengan menggunakan *Wire library*.



Gambar 1. Arduino Uno

2.4 Kontrol Fuzzy

Logika *fuzzy* jika diartikan kedalam Bahasa Indonesia adalah suatu metode atau teknik yang dipakai untuk mengatasi hal yang tidak pasti pada masalah-masalah yang mempunyai banyak jawaban. Logika *fuzzy* adalah peningkatan dari logika Boolean dengan konsep kebenaran sebagian. Saat logika klasik memberikan pernyataan bahwa semua hal dapat diekspresikan dalam istilah biner (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika *fuzzy* menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran. Logika *fuzzy* memiliki nilai

keanggotaan antara 0 atau 1. Logika *fuzzy* yang berhubungan dengan set *fuzzy* dan teori kemungkinan.

Telah banyak aplikasi sistem kontrol dengan menggunakan sistem *fuzzy*, karena proses kendali ini relatif mudah dan fleksibel dirancang dengan tidak melibatkan model matematis yang rumit dari sistem yang akan di kendalikan. Dalam mendesain sistem kontrol logika *fuzzy* memiliki tiga proses yaitu fuzzifikasi (*fuzzification*), evaluasi rule (*rule evaluation*) dan defuzzifikasi (*defuzzification*). Dari setiap proses tersebut akan mempengaruhi respon sistem yang dikendalikan. Sistem logika *fuzzy* model Mamdani dapat menggunakan beberapa metode defuzzifikasi, yaitu metode COA (*center of area*), bisektor, MOM (*mean of maximum*), LOM (*largest of maximum*), dan SOM (*smallest of maximum*).

2.5 Sensor Suhu LM35

Sensor suhu adalah suatu komponen yang dapat mendeteksi perubahan suhu pada objek tertentu dengan merubah besaran panas menjadi besaran listrik. Pada penelitian ini, sensor suhu yang digunakan adalah LM35. Sensor LM35 dapat mengubah perubahan temperature menjadi perubahan tegangan pada bagian outputnya. Sensor suhu memiliki keakuratan tinggi dan mudah dalam perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, sensor LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kontrol khusus serta tidak memerlukan *setting* tambahan karena output dari sensor LM35 memiliki karakter yang linier dengan perubahan 10 mV/°C. Sensor suhu LM35 juga memiliki jangkauan pengukuran -55°C sampai +150°C dengan akurasi $\pm 0,5^\circ\text{C}$ (Hadiyoso, 2015).

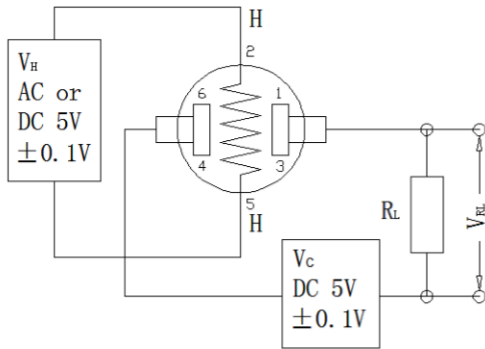
2.6 Heater Element Water

Elemen Panas Listrik (*Electrical Heating Element*) pada water heater yaitu suatu alat elektrik yang bisa memanaskan air dengan gampang serta cepat. Sumber panas elemen bisa didapatkan dari kawat yang memiliki tahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*), karena kawat itu tidak dapat meleleh atau terbakar saat terkena panas. Niklin yaitu bahan yang sering digunakan pada elemen pemanas, lalu di lapiasi oleh bahan isolasi yang bisa mengaliri panas, jadi sangat aman untuk digunakan. Cepat atau lambat *water heater* dalam memanaskan air di tetapkan oleh besar kecilnya watt yang ada pada elemen. Tetapi, harus juga di cocokkan dengan tabung water heater berpa liter air yang bakal di panasi.

2.7 Sensor MQ3

Sensor MQ-3 adalah sensor yang dapat di gunakan untuk mendeteksi konsentrasi *alcohol* di udara secara langsung. Keluaran dari sensor berupa tegangan analog yang sebanding dengan alkohol yang diterima. Driver yang di gunakan pada sensor MQ-3 ini sangat sederhana, hanya memerlukan 1 buah resistor variabel. Output sensor MQ-3 yaitu berupa tegangan analog yang sama dengan kadar alkohol yang diterima. Interfaxe yang diperlukan juga cukup sederhana, bisa menggunakan ADC yang dapat merespon tegangan 0 volt - 3,3 volt. Nilai resistor yang dipasang pada sensor MQ-3 harus dibedakan terhadap berbagai jenis dan konsentrasi gas yang ada dalam udara bersih, sehingga pada

saat menggunakannya perlu dilakukan penyesuaian. Jadi pada sensor ini untuk keakuratan pembacaan perlu kalibrasi untuk 0,4 mg / L (sekitar 200 ppm) konsentrasi alkohol di udara dan pada resistansi output sekitar 200 KΩ (100 KΩ s/d 470 KΩ).



Gambar 2. Sensor MQ3

2.8 LCD (Liquid Cristal Display)

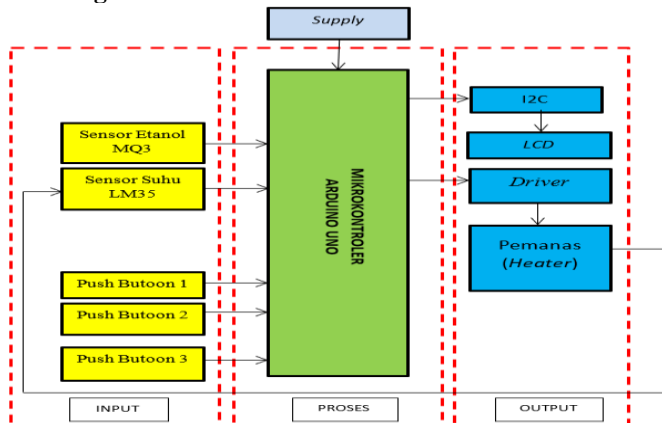
Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD adalah jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya. Tetapi memantulkan cahaya yang ada pada sekitarnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.



Gambar 3. LCD 16x2

III. METODE PENELITIAN

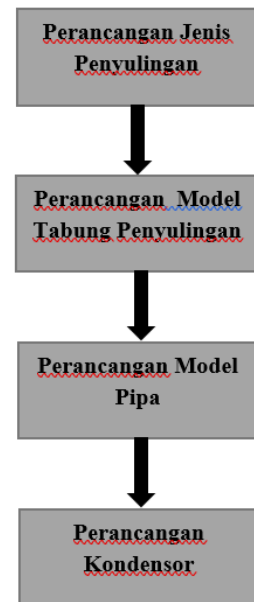
3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 3. Diagram Blok Sistem

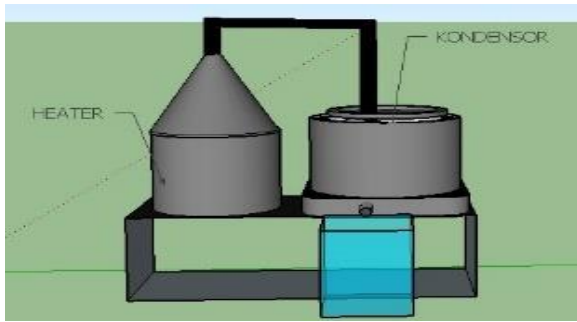
Dari gambar 4 dapat dijelaskan prinsip kerja dari alat ini adalah mengatur suhu pada proses penyulingan untuk mencapai titik didih etanol agar mendapatkan uap etanol. Pengaturan suhu dilakukan dengan mengatur *output heater* yang ada pada sisi bawah tabung. Suhu yang stabil di gunakan untuk penguapan *etanol* yakni 78°C. Pada saat suhu kurang atau lebih dari set point maka sensor LM35 akan mendeteksi suhu dan memberi input pada mikrokontroller. Mikrokontroller akan memberikan sinyal pada *driver* yang berupa PWM untuk pengaturan heater menaikkan dan menurunkan elemen

3.2 Desain Penyulingan



Gambar 4. Alur Perencanaan Penyulingan

Berdasarkan Gambar 4, alur perancangan mekanik penyulingan dibagi menjadi 4 bagian. Hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan jenis dari penyulingan. Tipe penyulingan yang paling cocok digunakan yaitu menggunakan sistem rebus. Maksimal perebusan dari fermentasi ecenggondok lebih mudah di ketahui titik didih bioetanol. Perancangan tabung yang akan dibuat yaitu bundar dengan tutup kerucut dan 1 kondensor. Bahan yang digunakan pada tabung penyulingan adalah besi dengan diameter 30 cm, tinggi 50 cm dan ketebalan besi 8 mm. Kemudian langkah selanjutnya adalah merancang bentuk pipa yang akan digunakan. Jenis pipa yang digunakan adalah besi 2 dim yang kemudian akan di sambung dengan pipa *staindless steel* 1 inc berbentuk spiral. Jenis pipa spiral ini juga yang paling sering digunakan pada proses penyulingan. Perancangan selanjutnya adalah perancangan kondensor berfungsi untuk menjamin air mengalir pada dinding luar *spiral* dan melintasi dalam tabung kondensor, sehingga spiral akan tetap dingin. Karena untuk merubah uap menjadi cairan di butuhkan kondensor untuk mendinginkan spiral agar uap mencair menjadi tetesan embun. Kondensor akan dibuat sebagai bagian penting dalam proses penyulingan yang akan di pasang di sebelah tabung penyulingan. Bahan kondensor menggunakan tabung besi dengan tebal 5 mm, diameter 40cm dan tinggi 60cm. Perancangan mekanik dapat dilihat pada Gambar 5.

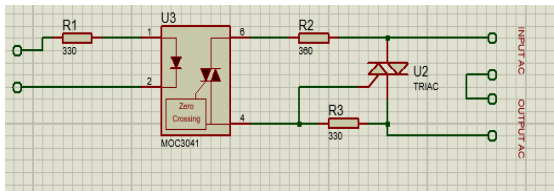


Gambar 5. Perencanaan Mekanik

3.3 Driver Heater

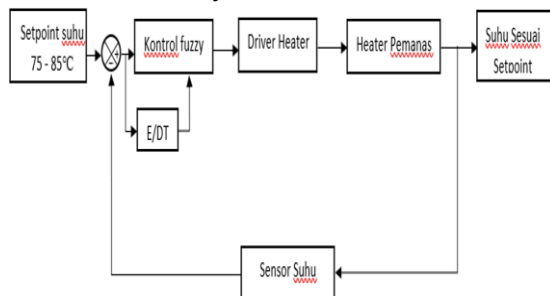
Heater merupakan *actuator* yang digunakan untuk memanaskan cairan ecenggondok yang sudah di fermentasi. Heater yang digunakan ialah jenis heater 220VAC/1200W. Pengontrolan suhu digunakan agar nilai suhu dapat sesuai dengan nilai set point yang ditentukan. Ketika suhu melebihi nilai set point, maka control suhu akan menurunkan daya heater dengan mengatur keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*). Kontrol ini diatur melalui pin ADC pada mikrokontroler Arduino berupa tegangan antara 0-5 volt yang nanti akan mengatur penyalan heater.

Gambar 6. Rangkaian Driver Heater



Pada gambar 6, dapat dilihat rangkaian driver heater memanfaatkan masukan dengan arus searah 15 mA untuk menyalakan LED MOC3041 (sesuai datasheet), selanjutnya LED akan mengaktifkan DIAC dan kemudian memicu TRIAC yang berfungsi sebagai saklar elektronik yang dapat melewati arus AC. Keluaran optocoupler berhubungan langsung dengan sumber tegangan AC pada beban yang akan dikendalikan, akibatnya TRIAC akan terpicu sehingga heater akan teraliri arus listrik. Dengan diaturnya waktu pemberian sinyal pemicuan, maka besarnya tegangan yang diterima heater juga akan bervariasi, maksudnya adalah pulsa PWM yang dikeluarkan oleh mikrokontroler untuk mengatur tingkat kepanasan dari heater.

3.4 Kontrol Fuzzy



Gambar 7 Diagram Blok Kontrol Fuzzy

Pada perancangan dan pembuatan kontrol *Fuzzy Logic* yang akan diproses menggunakan rumus dibutuhkan umpan balik berupa pembacaan suhu yang diperoleh dari sensor suhu LM35. Diagram blok kontrol *Fuzzy Logic* ditunjukkan oleh Gambar 8. Dari Gambar 8 dapat dijelaskan bahwa:

- Mikrokontroler digunakan sebagai otak dari sistem. Mikrokontroler berfungsi untuk pengolahan data. Suhu sistem bekerja dengan *setpoint* 80°C.
- Suhu dari sensor LM35 kurang dari *setpoint*, maka nilai PWM yang masuk ke driver heater akan membesar dan heater akan cepat memanasi.
- Suhu dari sensor LM35 lebih dari *setpoint*, maka nilai PWM yang masuk ke driver heater akan mengecil dan heater akan meredup.

Untuk mencari *error* dan *delta error*, heater akan di maksimalkan dengan PWM high 255. Gambar kurva reaksi yang dihasilkan oleh heater yang di beri nilai PWM 255 oleh driver heater.

3.5 Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi adalah proses yang dilakukan untuk mengubah variabel nyata menjadi variabel fuzzy agar masukan kontrol fuzzy dapat dipetakan menuju jenis yang sesuai dengan himpunan fuzzy. (E) dan $\Delta Error(\Delta E)$ dengan satu output yaitu dalam bentuk tegangan yang digunakan untuk mengatur besar kecilnya nilai PWM yang terhubung dengan Heater. Penentuan fungsi keanggotaan pada variabel input dan variabel output didasarkan pada metode *try and error*. Error (E) dan $\Delta Error(\Delta E)$ dapat didefinisikan sebagai berikut:

- $Error = Setpoint - Nilai\ suhu\ actual$

$$MFP = Stpoint - suhu\ minimal = 80 - 20 = 60$$

$$MFN = Stpoint - Suhu\ max = 80 - 140 = -60$$

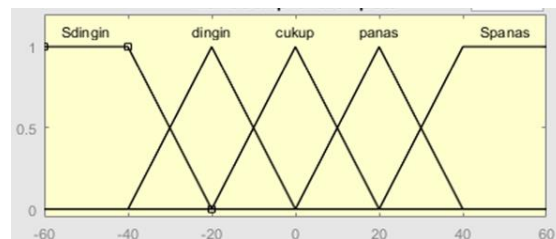
- DE = Stpoint - suhu di bawah setpoint

$$MFP = Stpoint - suhu\ minimal = 80 - 75 = 5$$

$$MFN = Stpoint - Suhu\ max = 80 - 85 = -5$$

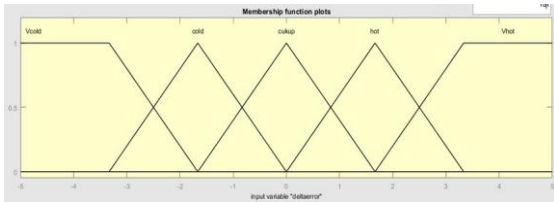
A. Input

Variabel nilai input error akan bernilai negative jika suhu yang terbaca oleh sensor lebih besar daripada nilai set point. Begitu pula sebaliknya, variabel nilai input error akan bernilai positif apabila suhu yang terbaca oleh sensor lebih kecil daripada nilai setpoint. Fungsi keanggotaan error terdiri dari 5 kondisi yaitu Sdingin, Dingin, Cukup, Panas, dan Spanas.



Gambar 8. Membership Function Error

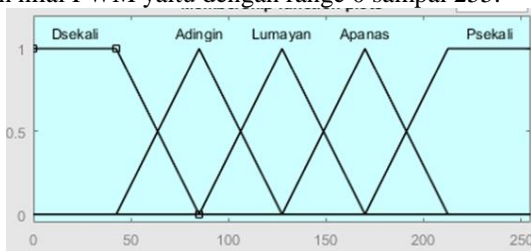
Fungsi keanggotaan $\Delta Error(dE)$ menggunakan nilai -5 sampai 5 di karenakan agar cepat perubahan suhu menuju stabil didapatkan dari perhitungan (MFP dan MFN). Fungsi keanggotaan ini di gunakan untuk perbandingan antara *error* dan *delta error* jika nilai error sudah sama dengan nilai *delta error* yaitu (0) maka sistem akan stabil. *Delta error* terdiri dari 5 kondisi yaitu *Vcold*, *Cold*, *Cukup*, *Hot*, dan *Vhot*.



Gambar 9. Membership Function delta Error

B. Output

Variabel *output fuzzy* berupa sinyal PWM yang memiliki 5 kondisi pada fungsi keanggotaannya yaitu *Dsekali*, *Adingin*, *Lumayan*, *Apanas*, dan *Psekali* seperti pada Gambar 3.20. Seperti fungsi keanggotaan *input*, fungsi keanggotaan *output* pun juga berbentuk triangular dan pada *output Fuzzy* dengan nilai PWM yaitu dengan range 0 sampai 255.



Gambar 10. Membership Function Output

3.6 Rule Base

Fuzzy rule base berisi pernyataan-pernyataan logika *fuzzy*. *Fuzzy rule base* berbentuk pernyataan *IF-Then* yang menyatakan pernyataan kondisi. Penyusunan *Fuzzy Rule Base* ini sangat berpengaruh pada tahap pengambilan keputusan yang dilakukan oleh *plant*.

Error dError	Sdingin	Dingin	Cukup	Panas	Spanas
Vcold	Dsekali	Dsekali	Dsekali	Cold	Lumayan
Cold	Dsekali	Dsekali	Adingin	Lumayan	Apanas
Cukup	Sdingin	Adingin	Lumayan	Apanas	Spanas
Hot	Adingin	Lumayan	Apanas	Psekali	Psekali
Vhot	Lumayan	Apanas	Psekali	Psekali	Psekali

Gambar 11. Rule Base

Pada perancangan *rule base* dapat dilihat dari *membership*, jika *membership* menggunakan 5 kondisi maka *rule base* menggunakan 5x5 dapat di lihat pada gambar 11.

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Sensor Suhu LM35

Pengujian sensor suhu LM35 dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor suhu yang ditampilkan pada LCD dengan hasil pembacaan dengan alat ukur *thermometer*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai *error* yang dibaca oleh sensor dengan alat ukur.

Tabel 1. Perbandingan Pembacaan Sensor Suhu dan Termometer

Suhu termometer (°)	Suhu Sensor (°)	Hasil Pengujian (V)	Error (%)
90	90.59	90	0,59
80	80.62	80	0,62
70	70.36	70	0,36
60	60.1	60	0,01
50	50.32	50	0,32
40	40.54	40	0.54

Dari tabel 1 hasil pengujian sensor suhu LM35 dengan menggunakan arduino dapat dilihat bahwa terdapat selisih kecil antara pembacaan sensor dan termometer dari perbandingan antara sensor dan termometer dengan perhitungan 0.01% sampai 0,62%. Error tersebut masih dalam batas toleransi sehingga tidak merubah pembacaan sensor suhu LM35.

4.2 Pengujian Sensor MQ3

Pengujian sensor suhu MQ3 ini dilakukan untuk mengetahui kadar etanol yang ada pada output hasil penyulingan dengan suhu yang ada pada alat ukur. Pengujian dilakukan dengan membandingkan alkohol yang terbaca pada *alcohol meter* dengan hasil yang didapatkan dari pembacaan sensor MQ3 yang ditampilkan pada LCD berupa suhu aktual. Pada tabel di bawah dapat dilihat perbandingan pembacaan sensor MQ3 dengan *alcohol meter* dapat di lihat pada tabel.

Tabel 2. Perbandingan Pembacaan Sensor Suhu dan Alkohol Meter

Alcohol meter	MQ3	Volt
96%	96%	3,02

Pada Tabel 2 proses kalibrasi sensor MQ3 dengan alkohol meter. Proses kalibrasi di dapatkan pembacaan sensor MQ3 dan alkohol meter sesuai yaitu 96% . Tegangan pada sensor MQ3 jika alkohol 96% tegangan 3,02 V.

4.3 Pengujian Rangkaian Driver Heater

Pengujian rangkaian *driver* ini dilakukan dengan menggunakan lampu AC sebagai beban pengganti *heater*, agar perubahan dapat dilihat. Pada *driver* dilakukan perubahan nilai PWM dari Mikrokontroler Arduino dari 0 hingga 255, dan lampu diberi tegangan 220 VAC. *Driver heater* pada sistem ini digunakan untuk mengatur tingkat kepanasan dari pemanas (*heater*).

Tabel 3 Hasil Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Driver Heater

PWM	Duty Cycle %	Volt
25	10	31
50	20	57
75	30	67
100	40	88

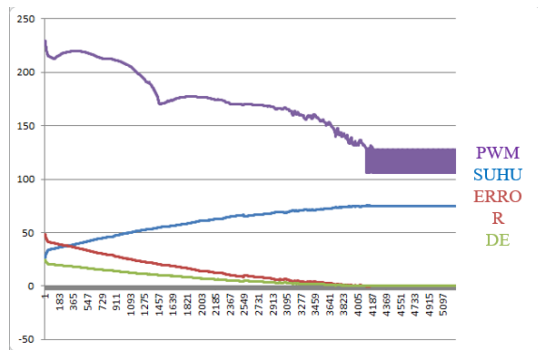
125	50	96
150	60	116
175	70	149
200	80	206
225	90	223
255	100	232

Pada Tabel 3 dapat diketahui Tegangan rangkaian *driver* bekerja sesuai dengan lebar pulsa. ketika *driver heater* diberikan nilai PWM 25 maka tegangan kecil yaitu 31 V dan apabila diberikan 255 maka tegangan akan tinggi atau 220 V. Setiap PWM yang diatur oleh mikrokontroler memiliki tegangan keluaran yang berbeda-beda semakin besar nilai PWM maka gelombang sinus dan sinyal PWM semakin rapat.

4.4 Pengujian Kontrol Fuzzy

Pengujian kontrol *Fuzzy* dilakukan untuk mengetahui prinsip kerja dari kontrol *Fuzzy* serta memastikan kontrol bekerja sesuai dengan yang ditentukan. Pengujian dilakukan dengan cara mengambil sampel data dari pengujian respon suhu terhadap waktu menggunakan kontroler *Fuzzy*.

A. Pengujian dengan suhu 75°C Suhu awal pada pengujian terbaca 26 °C.



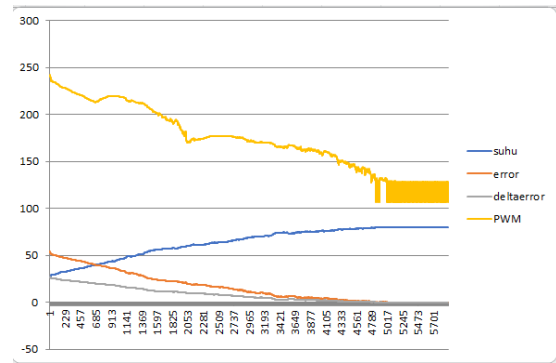
Gambar 12. Grafik Pengujian Fuzzy 75°C

Berdasarkan grafik kontrol *fuzzy* dan prinsip kerja, kontrol *fuzzy* dipastikan dapat bekerja dengan baik dalam mengatur daya untuk penyalan *heater*. Dengan mengatur besar tegangan *heater*, *fuzzy* dapat mengontrol suhu agar tetap dalam kondisi yang stabil sesuai dengan *set point* yaitu 75°C.

Tabel 4. Respon Sistem Hasil Pengujian Suhu 75°C

Performa Respon Kurva	Hasil
td (<i>time delay</i>)	2.110s / 35 m
tr (<i>rise time</i>)	4.220 s / 1.18 jam
ts (<i>settling time</i>)	4.325 s / 1.20 jam

B. Pengujian dengan suhu 80°C dengan suhu awal 26°C.



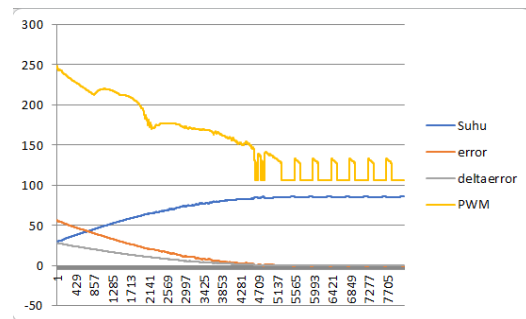
Gambar 13. Grafik Pengujian Fuzzy 80°C

Berdasarkan grafik kontrol *fuzzy* dan prinsip kerja, kontrol *fuzzy* dipastikan dapat bekerja dengan baik dalam mengatur daya untuk penyalan *heater*. Dengan mengatur besar tegangan *heater*, *fuzzy* dapat mengontrol suhu agar tetap dalam kondisi yang stabil sesuai dengan *set point* yaitu 80°C.

Tabel 5 Respon Sistem Hasil Pengujian Suhu 80°C

Performa Respon Kurva	Hasil
td (<i>time delay</i>)	2.534 s / 42 m
tr (<i>rise time</i>)	5.069 s / 1.40 jam
ts (<i>settling time</i>)	5.314 s / 1.47 jam

C. Pengujian dengan suhu 85°C dengan suhu awal 26°C.



Gambar 14 Grafik Pengujian Fuzzy 85°C

Berdasarkan grafik kontrol *fuzzy* dan prinsip kerja, kontrol *fuzzy* dipastikan dapat bekerja dengan baik dalam mengatur daya untuk penyalan *heater*. Dengan mengatur besar tegangan *heater*, *fuzzy* dapat mengontrol suhu agar tetap dalam kondisi yang stabil sesuai dengan *set point* yaitu 80°C.

Tabel 6.Respon Sistem Hasil Pengujian Suhu 85°C

Performa Respon Kurva	Hasil
td (<i>time delay</i>)	2.737 s / 45 m
tr (<i>rise time</i>)	5.475 s / 1.52 jam
ts (<i>settling time</i>)	5.792 s / 1.60 jam

4.5 Pengujian Kinerja Sistem Keseluruhan

Pengujian kinerja sistem keseluruhan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai titik didih bioethanol yang sesuai agar mendapatkan bioethanol.



Gambar 15 Hasil Bioethanol

Setelah melakukan ketiga pengujian sistem keseluruhan, didapatkan pada pengujian ketiga dengan nilai *set point* yang sesuai dengan titik didih bioethanol dengan suhu pada pemanas 80°C mendapatkan hasil bioethanol 90%. Sehingga *set point* tersebut dapat diaplikasikan pada mesin destilasi bioethanol menggunakan bahan ecenggondok.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penyulingan pembuatan bioethanol telah berhasil dibuat dan sesuai harapan. Berdasarkan pengujian penyulingan ecenggondok, dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa:

- Pada pengujian menggunakan metode *fuzzy* untuk mengatur *heater*. Kontrol *fuzzy* menggunakan *error range* = -60 – 60 dan *delta error* = -5 – 5. Dengan menggunakan *error* dan *delta error* tersebut didapatkan grafik respon sistem yang di harapkan yaitu grafik yang tidak memiliki overshoot yang tinggi walaupun respon untuk menuju *steady state* membutuhkan waktu yang lama.
- Kontrol suhu menggunakan algoritma *fuzzy* berjalan dengan baik dimana suhu dapat stabil pada setpoint 75-85 °C sesuai dengan titik didih bioethanol.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian masih banyak kekurangan untuk memperbaiki dan menyempurnakan alat ini yaitu:

- Delta error* dapat diganti agar lebih cepat menuju suhu stabil.
- Desain mekanik agar bisa disempurnakan sehingga keamanan rangkaian dari resiko konsleting akibat hubungan arus pendek (*grounding* buruk).
- Dibutuhkannya *sub system* tambahan untuk mengatur pendingin kondensor.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, Apip dan Bobi Yanuar. (2015). Uji Eksperimental Kadang Bioethanol Eceng Gondok Hasil Destilasi Dengan Variasi Waktu Fermentasi. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin*.
- Anindyawati T. (2009). Prospek Enzim dan Limbah Lignoselulosa Untuk Produksi Bioethanol. 49-56.
- Dehani F. R. (2013). Pemanfaatan Radiasi Gelombang Mikro Untuk Memaksimalkan Proses Pretreatment Degradasi Lignin Jerami Padi (Pada Produksi Bioethanol). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*.
- Elwin. (2014). *Analisa Pengaruh Waktu Pretreatment dan Konsentrasi Naoh Terhadap Kandungan Selulosa, Lignin dan Hemiselulosa Eceng Gondok pada Proses Pretreatment Pembuatan Bioethanol*. Malang: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.
- Gravitech. liquid crystal display.2014. HANWEI ELETRONICS.sensor MQ-3 datasheet. 2014:1 - 2.
- Handoko, Prio. (2017). Sistem Kendali Perangkat elektronika monolitik berbasis arduino uno R3. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. 2017:1 – 2.
- Hidayat S. (1999). *Peranan Eceng Gondok (Eirchornia Crassipes Mart) dan Kangkung Ir (ipomoea Aquatica Poir) Terhadap Peningkatan Kualitas Air Limbah Tesis*. Yogyakarta: Program Studi Ilmu Tanaman, Jurusan Ilmu Pertanian.
- Kardono, Broto L. S.,Yanni Sudiyani, Tami Idiyanti, Sudiyarmanto, dan Waluyo J. (2010). Teknologi Pembuatan Etanol Berbasis Lignoselulosa Tumbuhan Tropis Untuk Produksi Biogasoline. *Laporan Akhir Program Insentif Peneliti dan Perekayasa LIPI*.
- Rasubala, delfhia, Anita Yuliviana, Ery S. R., dan Aylilianawati. (2013). Pengaruh Suhu dan Waktu Fermentasi Bioethanol dari Tongkol Jagung dengan Perlakuan Awal Steam Explosion. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, Vol. 11, No. 6,283-292.
- Rohmadi, Ndan Nuria A. S. (2010). Pembuatan Bioethanol dari Ubi Jalar Putih. *Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kimia UNS*.
- Seftian D., Ferdinand Antonius, dan Faizal M. (2012). Pembuatan Etanol dari Kulit Pisang Mengguakan Metode Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 10-16.
- Sukaryo dan Hargono. (2013). *Pembuatan Bioethanol dari Pati Umbi Kimpul (Xanthosoma Sagittifolium)*.
- Sukowati, A., Sutikno dan Samsul Rizal. (2014). Produksi Bioethanol dari Kulit Pisang Melalui Hidrolisis Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, Volume 19.
- Winsen,zhengzhou. (2014) Alcohol Gas Sensor
- Yurida Tri W. (2001). Pembuat Bioethanol Dari Buah Salak dengan Proses Fermentasi dan Destilasi. *Program Diploma Universitas Diponegoro*.