

# Aplikasi Logika *Fuzzy* pada Penurunan Kadar Air dalam Susu dengan Metode Evaporasi

Hamdan Cahyo Irianto, Hariyadi Singgih, Denda Dewatama

**Abstrak** — Pasteurisasi susu merupakan cara untuk mematikan bakteri patogen yang terdapat dalam susu, bakteri pembusuk mempertahankan semaksimal mungkin sifat fisik dan kadar gizi dari susu. Proses evaporasi atau penguapan merupakan pengambilan sebagian uap air yang bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi padatan dari suatu bahan makanan cair. Penghilangan kadar air pada susu digunakan untuk menghilangkan pertumbuhan mikroba yang menyebabkan daya simpan susu segar semakin singkat, karena aktifitas mikroba yang menyebabkan susu tersebut menjadi cepat basi. Pengontrol suhu dengan actuator kompor listrik menggunakan kontrol fuzzy dengan menggunakan metode mamdani dengan setpoint  $80^{\circ}\text{C}$ , diharapkan mampu menjaga kestabilan suhu agar sesuai dengan setpoint. Dari hasil pengujian didapatkan hasil susu kental terbaik yaitu pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$ . Warna susu yang dihasilkan coklat muda, kadar air 27% dan tekstur susu kental, dengan respon system yang dihasilkan (td) = 3,4 menit, (tr) = 60 menit, (ts) = 3,4 menit, (tp) = 3,8 menit, (Ess) = 0%

**Kata Kunci:** Susu, evaporasi, kontrol *fuzzy*

## I. PENDAHULUAN

Susu merupakan minuman yang baik bagi seluruh golongan umur terutama bagi anak-anak yang masih dalam proses pertumbuhan. Tingkat konsumsi susu di Indonesia masih rendah jika dibandingkan dengan Negara maju, padahal susu merupakan minuman yang mampu berperan untuk meningkatkan kecerdasan otak. Maka dari itu, kualitas susu dan pengolahan susu perlu lebih diperhatikan sebelum susu dikonsumsi. Pasteurisasi susu diperlukan untuk mematikan semua bakteri patogen. Hampir semua bakteri pembusuk dan mempertahankan semaksimal mungkin sifat fisik dan kadar gizi dari susu. Evaporasi adalah sebuah proses perubahan molekul di dalam keadaan cair dengan spontan menjadi gas. Proses ini adalah kebalikan dari kondensasi. Umumnya penguapan dapat dilihat dari kurangnya cairan secara berangsur-angsur ketika terpapar pada gas dengan volume signifikan. Salah satu tujuan lain dari operasi ini

adalah untuk mengurangi volume kadar air dari suatu produk sampai batas-batas tertentu tanpa menyebabkan kehilangan

zat-zat yang mengandung gizi. Pengurangan volume produk akan mengakibatkan turunnya biaya pengangkutan. Disamping itu juga akan meningkatkan kualitas penyimpanan dan dapat membantu dalam proses pengawetan atas dasar berkurangnya jumlah kadar air yang dapat digunakan oleh mikroba untuk kehidupannya [3].

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Proses Evaporasi Susu

Evaporasi adalah sebuah proses perubahan molekul di dalam keadaan cair dengan spontan menjadi gas. Proses ini adalah kebalikan dari kondensasi. Umumnya penguapan dapat dilihat dari kurangnya cairan secara berangsur-angsur ketika terpapar pada gas dengan volume signifikan. Salah satu tujuan lain dari operasi ini adalah untuk mengurangi volume kadar air dari suatu produk sampai batas-batas tertentu tanpa menyebabkan kehilangan zat-zat yang mengandung gizi. Pengurangan volume produk akan mengakibatkan turunnya biaya pengangkutan. Disamping itu juga akan meningkatkan kualitas penyimpanan yang dapat membantu dalam proses pengawetan atas dasar berkurangnya jumlah kadar air yang dapat digunakan pertumbuhan mikroba untuk kehidupannya [3].

### 2.2 LCD

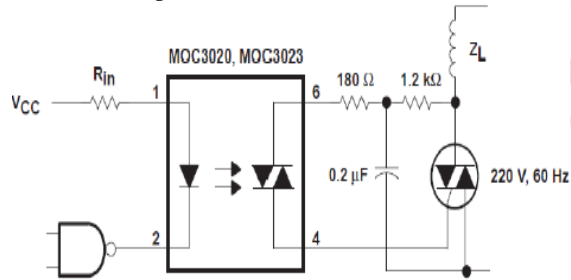
LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan salah satu jenis display elektronik yang menggunakan kristal cairan sebagai penampil utamanya. LCD ini berfungsi untuk menampilkan suatu data baik karakter, huruf, angka, ataupun grafik. LCD yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah LCD 2x16 yang dapat menampilkan 16 karakter dan 2 barisan.



Gambar 1 LCD

2.3 Pengendali beban AC

Pengendalian beban AC menggunakan komponen TRIAC. Komponen TRIAC ini berfungsi untuk mengatur keluaran tegangan AC dan tempat mengalirnya arus yang melewati beban. Sedangkan optotriac berfungsi sebagai penyalan TRIAC, sehingga keluaran tegangan yang melewati beban dapat dikendalikan.



Gambar 2 Rangkaian Pengendali beban AC

2.4 Kontrol Fuzzy Logic

Logika Fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu input kedalam suatu output. Titik awal dari konsep modern mengenai ketidak pastian adalah paper yang dibuat oleh Lofti A Zadeh (1965),

Fuzzy system (sistem kabur) adalah didasari oleh konsep himpunan kabur yang mementakan pada domain input kedalam domain output. Dari perbedaan mendasar himpunan tegas dengan himpunan kabur adalah nilai keluarannya. Himpunan tegas hanya memiliki dua nilai output yaitu nol atau satu, dan sedangkan himpunan kabur memiliki banyak nilai keluaran yang dikenal dengan nilai derajat keanggotaannya.

Logika Fuzzy adalah suatu peningkatan dari logika Boolean yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Dimana logika klasik (crisp) itu menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah nilai binary (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak).

Ada beberapa orang-orang yang menggunakan logika Fuzzy sebagian berikut alasannya:

1. Konsep logika Fuzzy mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran Fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti
2. Logika Fuzzy sangat fleksibel.
3. Logika Fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika Fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika Fuzzy yang dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman - pengalaman para pekerja dan secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika Fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika Fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

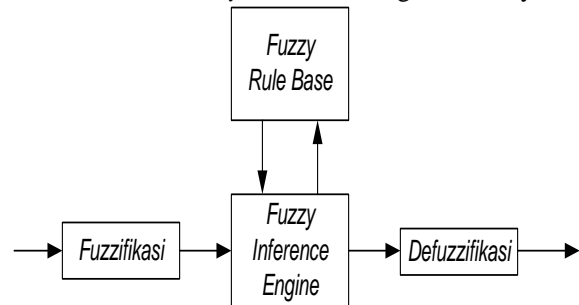
2.4.1 Konsep Fuzzy Logic

Teori logika Fuzzy yang diajukan oleh Zadeh pada pertengahan tahun 1960 (Nikola K, 1998 dari Setiyowati, M.I dan Seta, B.A, 2007), memberikan suatu pemecahan masalah terhadap persoalan yang tidak pasti ini. Sehingga sistem

informasi yang akan dibuat menggunakan model DBMS dan query yang berbasis Fuzzy karena model DBMS konvensional, non Fuzzy kurang dapat memenuhi kebutuhan sistem informasi ini. Banyak model DBMS dan query Fuzzy yang ada, salah satunya adalah model Tahani yang ditemukan pada tahun 1977. Prof. Lutfi Zadeh pernah berpendapat bahwa logika benar dan salah dari logika boolean/ konvensional dan tidak dapat mengatasi masalah gradasi untuk didalam dunia nyata. Untuk mengatasi masalah gradasi tersebut maka dia mengembangkan sebuah konsep himpunan samar (Fuzzy).

2.4.2 Struktur Dasar Fuzzy Logic

Struktur dasar sistem Fuzzy dapat dilihat pada Gambar 2.4. Sistem Fuzzy berisikan 4 bagian dasar, yaitu:



Gambar 3 Struktur Dasar Sistem Fuzzy

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah suatu proses yang dilakukan untuk mengubah sebuah variabel nyata yang akan menjadi sebuah variabel Fuzzy, ini ditujukan untuk masukan kontroler Fuzzy bisa dipetakan untuk menuju dijenis yang sesuai dengan himpunan Fuzzy. Terdapat beberapa jenis penggambaran fungsi keanggotaan, antara lain Gaussian, Segitiga, Trapesium, dan Bahu.

2. Fuzzy Rule Base

Merupakan kaidah dasar yang berisi aturan-aturan secara linguistik yang menunjukkan kepakaran terhadap plant. Banyak cara yang untuk menunjukkan suatu kepakaran ke dalam sebuah aturan, format yang paling umum digunakan adalah sebagai berikut:

(a) Format Aturan IF-THEN.

**IF** Premise **THEN** Conclusion

Premise berupa fakta dan Conclusion berupa keputusan yang akan diambil. Apabila pernyataannya lebih dari satu maka dapat digunakan logika "AND" atau "OR".

Contoh:

1. IF error is Neg THEN Output is NB
2. IF error is Zero THEN Output is Zero
3. IF error is Pos THEN Output is PB

(b) Format Hubungan

Pada dasarnya sama dengan aturan IF-THEN hanya saja tampilannya lebih sederhana karena menggunakan garis-garis yang saling berhubungan.

(c) Format Tabular

Format Tabular adalah format yang lebih sederhana dari pada format hubungan, dikarenakan variabel linguistik berada pada sisi luar dari tabel sedangkan yang berada disisi dalam berisi dari keputusannya.

3. Interferensi *Fuzzy Logic*

Inferensi *Fuzzy* adalah sebuah proses formulasi pemetaan masukan terhadap keluaran dengan menggunakan logika *Fuzzy*. Proses dari inferensi *Fuzzy* melibatkan fungsi keanggotaan operator logika *Fuzzy*, dan aturan *IF-THEN*. Terdapat dua metode inferensi yang paling dikenal yaitu metode inferensi Mamdani menggunakan fungsi keanggotaan *Fuzzy* pada bagian keluarannya. Sehingga setelah proses aturan telah diterapkan, terdapat himpunan *Fuzzy* yang harus didefuzzifikasi. Umumnya proses defuzzifikasi berlangsung lebih lambat akibat proses komputasi pada keluarannya. Metode Takagi-Sugeno menggunakan fungsi keanggotaan keluaran yang linier atau berupa konstanta. Sedangkan dua bagian pada proses inferensi yaitu *fuzzifikasi* dan penerapan operator *Fuzzy* sama dengan metode inferensi mamdani.

4. Defuzzifikasi

*Defuzzifikasi* merupakan cara untuk mendapatkan nilai tegas dari nilai *Fuzzy* secara representatif. Secara mendasar *defuzzifikasi* adalah pemetaan dari ruang aksi kendali *Fuzzy* yang didefinisikan dalam semesta pembicaraan keluaran ke dalam ruang aksi kendali nyata (non *Fuzzy*). Proses ini akan berfungsi untuk menentukan suatu nilai *crisp output*. Prosesnya adalah sebagai berikut: suatu nilai *Fuzzy output* yang berasal dari evaluasi *rule* diambil kemudian dimasukkan ke dalam suatu fungsi keanggotaan keluaran (*membership function output*). Proses *defuzzifikasi* diekspresikan sebagai berikut :

$$Z^* = defuzzifier (Z)$$

Dimana :

Z = Hasil penalaran *Fuzzy*

Z\* = Keluaran kontrol *Fuzzy logic*

Defuzzifier= Operasi *defuzzier*

III. METODOLOGI

3.1 Spesifikasi Alat

Pada perancangan pembuatan alat yang berjudul “Aplikasi Logika *Fuzzy* Pada Penurunan Kadar Air Dalam Susu Dengan Metode Evaporasi” ini memerlukan spesifikasi alat sebagai berikut :

1. Perancangan Mekanik

a. Dimensi Tangki

- Dimensi = 33 cm
- Tinggi = 57 cm
- Lebar = 33 cm

b. Berat = 20 kg

c. Bahan casing/base = Aluminium

2. Perancangan Elektrik

Pada perancangan rangkaian elektrik ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

a. Rancangan display LCD 16x2

b. Rancangan keypad 4x4

c. Rancangan Sensor suhu menggunakan sensor DS18B20

d. Rancangan Sensor arus menggunakan sensor ACS712



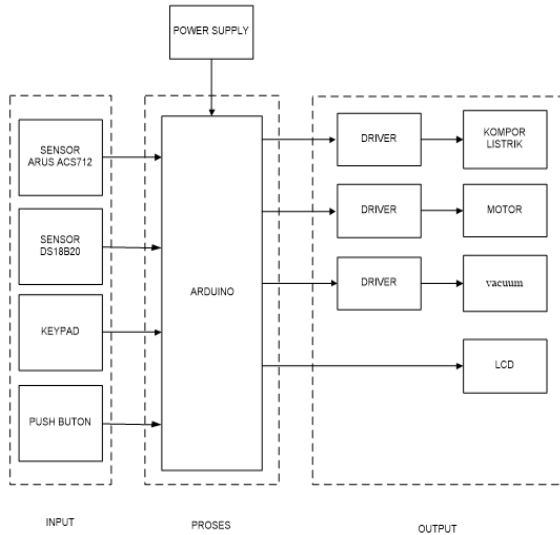
Gambar 4 Tampak Atas



Gambar 5 Tampak Samping

3.2 Prinsip kerja

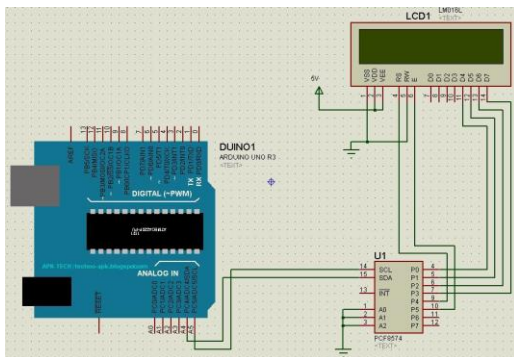
Prinsip kerja dari pengontrolan suhu kompor listrik pembuatan susu kental yaitu diawali dengan memasukkan nilai set point besar suhu yang diinginkan melalui keypad. Setelah nilai set point dimasukan maka *Arduino* akan mengolah data dengan membandingkan pembacaan variabel nilai suhu kompor listrik oleh sensor DS18B20 dengan nilai set point yang telah ditentukan. Kontrol *fuzzy* dalam *Arduino* digunakan untuk mengontrol panas kompor listrik berdasarkan set pint yang telah ditentukan. LCD digunakan sebagai tampilan saat memasukkan *setpoint* dan suhu susu yang tercapai. Perbandingan dari variabel suhu susu dan set point akan menghasilkan *error* yang membuat *Arduino* mengeluarkan sinyal untuk mengontrol suhu kompor listrik. Perubahan panas kompor listrik dilakukan secara otomatis dengan kontrol *fuzzy* dengan memperhitungkan suhu yang telah diukur oleh sensor. Kecepatan putaran motor dc akan terganggu Karena kecepatan putaran motor akan berubah ketika beban yang diaduk semakin berat (susu mengental menjadi susu kental). Motor DC akan berputaran sampai proses pengaduk selsai, yaitu saat sensor arus yang terhubung pada motor DC mencapai nilai yang telah ditentukan (batas kekentalan susu) maka semua *actuator* akan berhenti.



Gambar 6 Diagram Blok

1. Rangkaian LCD dan I2C

LCD merupakan suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD berfungsi untuk menampilkan data baik dalam bentuk angka, grafik, huruf maupun karakter. Pada alat untuk mengendalikan suhu pada proses pemanasan dalam pembuatan susu kental. LCD digunakan sebagai tampilan masukan set point selanjutnya digunakan sebagai tampilan set point dan suhu yang dibaca oleh sensor DS18B20. LCD yang digunakan adalah 16x2 ini memiliki 16 pin. Skema rangkaian LCD akan dihubungkan dengan I2C (Inter Intergrated Circuit) dapat dilihat pada gambar 7.

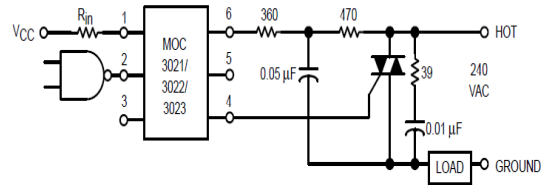


Gambar 7 Rangkaian LCD dan I2C

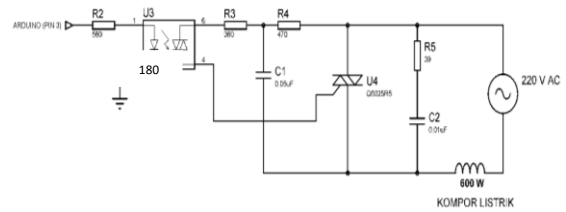
2. Rangkaian Driver Kompur

Rangkaian driver kompor ini terdiri dari dua rangkaian yaitu rangkaian zero crossing dan rangkaian pengendali tegangan AC untuk kompor listrik. Rangkaian zero crossing di sini berguna untuk start pemucuan rangkaian pengendali tegangan AC untuk kompor listrik. Input dari rangkaian zero crossing adalah tegangan 220 AC lalu tegangan akan masuk ke dioda bridge yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Lalu arus mengalir masuk ke IC opto-isolator 4N25

Rangkaian pengendali tegangan AC untuk kompor listrik ini berfungsi untuk mengendalikan nilai tegangan yang akan masuk ke beban yaitu kompor listrik. Semakin besar nilai tegangan maka kompor listrik akan semakin panas, dan jika nilai tegangannya kecil maka panas kompor listrik juga kecil. Pada rangkaian ini menggunakan triac BTA12 yang mempunyai kemampuan dilewati arus sebesar 12 A.



Gambar 8 Rangkaian Gate TRIAC

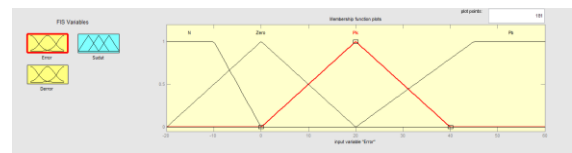


Gambar 9 Rangkaian Driver Kompur

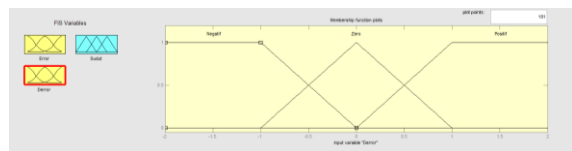
3.3 Perancangan Kontrol Fuzzy

3.3.1 Fungsi keanggotaan masukan

Fungsi keanggotaan masukan pada perancangan ini terdapat dua keanggotaan yaitu keanggotaan *error*(E) dan keanggotaan  $\Delta error$ ( $\Delta E$ ).



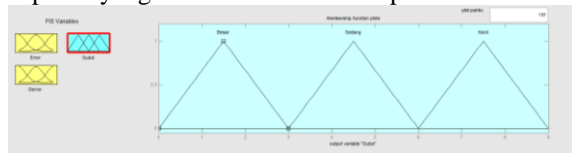
Gambar 10 Fungsi Keanggotaan Masukan *Error*



Gambar 11 Fungsi keanggotaan Masukan  $\Delta error$ ( $de$ )

3.3.2 Fungsi Keanggotaan keluaran

Fungsi keanggotaan keluaran yang nantinya diharapkan adalah panas yang dikeluarkan oleh kompor listrik



Gambar 12 Fungsi Keanggotaan Keluaran *Output*

Fuzzy Rule Base ini berisi pernyataan-pernyataan logika fuzzy. Fuzzy Rule Base ini mempunyai bentuk format tabular yang menyatakan pernyataan suatu kondisi. Penyusunan Fuzzy Rule Base ini akan sangat berpengaruh pada tahap pengambilan keputusan yang akan dilakukan oleh plant. Berdasarkan pada basis aturan fuzzy,

Tabel 1 Aturan Fuzzy

dE \ E	N	Zero	Pk	Pb
Negatif	Kecil	Kecil	Sedang	Besar
Zero	Kecil	Kecil	Sedang	Besar
Positif	Kecil	Kecil	Sedang	Besar

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian LCD

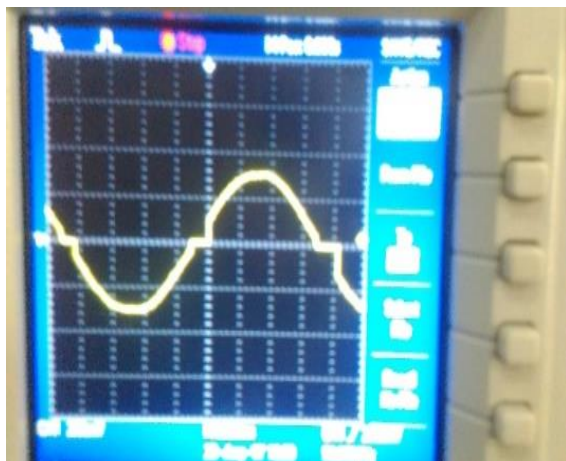
Pengujian pada display LCD 16x2 dilakukan untuk memastikan apakah LCD dapat menampilkan karakter sesuai dengan program yang ditanam pada mikrokontroler arduino dengan bahasa C. Berikut adalah program untuk menguji tampilan LCD.



Gambar 13 Pengujian LCD 16x2

4.2 Pengujian Driver Kompor

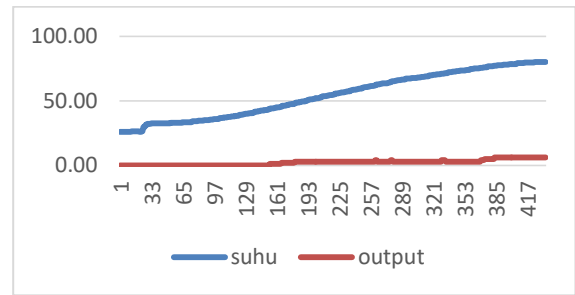
Pengujian driver kompor dilakukan dengan hasil dari sudut penyulutan sinyal berdasarkan waktu delay 1 ms,



Gambar 14 Hasil Pengeluaran Sinyal dari Driver Kompor

4.3 Pengujian Metode Kontrol Logika Fuzzy pada Proses Pemanasan dalam Pembuatan Susu

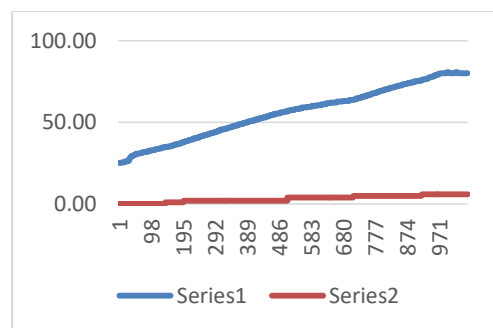
4.3.1 Set point 80°C, tanpa beban,



Gambar 15 Respon Sistem dengan Kontrol Logika Fuzzy Tanpa Beban

Gambar 15 merupakan respon system menggunakan KLF tanpa beban. Tanpa beban di sini menggunakan air biasa. Respon diberikan nilai set point 80°C. ketika suhu mendekati set point maka nilai suhu mulai stabil. Hal ini menunjukkan bahwa KLF bekerja dengan baik.

4.3.2 Set point 80°C, dengan susu 8 liter



Gambar 16 Respon Sistem Dengan Kontrol Logika Fuzzy Dengan Beban susu 8 liter Set Point 80°C

Gambar 16 diatas merupakan respon system menggunakan klf dengan beban yaitu berupa susu 8 liter. Respon diberikan set point 80°C system membutuhkan waktu 2 jam untuk mencapai nilai tersebut. Pada gambar 16 juga menunjukkan bahwa ketika suhu sudah mendekati set point 80°C maka nilai suhu mulai stabil yang menunjukkan bahwa KLF bias bekerja dengan baik.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil pengujian dan Analisa yang telah dilakukan, maka bisa diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor suhu yang digunakan DS18B20 bisa dilihat error jika tidak melebihi 0.9 untuk setiap suhu dengan range 5°C. Sensor suhu bisa dihitung dengan rata-rata error 0.324%, data error yang didapat masih terbilang kecil, sehingga DS18B20 ini masih bisa digunakan sebagai sensor suhu.

2. Penerapkan metode fuzzy logic pada susu kental didapatkan waktu kurang lebih 6 jam untuk mencapai susu kental, hasil pengentalan susu terbaik didapatkan dengan suhu  $80^{\circ}\text{C}$ , dan kadar air sebesar 27%, dan warna susu coklat kekuningan, tekstur susu kental.
3. Pada proses metode *fuzzy logic* dengan setpoint suhu  $80^{\circ}\text{C}$ , untuk mencapai suhu  $80^{\circ}\text{C}$  membutuhkan waktu 180 menit dan respon system yang dihasilkan ( $t_d$ ) = 3,4 menit, ( $t_r$ ) = 60 menit, ( $t_s$ ) = 3,4 menit, ( $t_p$ ) = 3,8 menit, (Ess) = 0%.

## 5.2 Saran

Dari hasil pengujian dan Analisa masih banyak kekurangan untuk memperbaiki dan menyempurnakan alat ini:

1. Untuk system controller dapat dikembangkan dengan controller lainnya yang lebih baik sehingga performasi kinerja alatnya diperoleh lebih baik lagi
2. Pada skripsi ini menggunakan metode fuzzy logic untuk kontrol suhu dengan output kontrol kompor listrik,
3. Motor DC untuk pengaduk susu dapat diganti dengan motor lain yang lebih kuat agar waktu mengaduk susu tetap constant

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amri Mutiara Nisa, Bambang Susilo, Yusuf Hendrawan. 2015, "*Pengaruh Pengendalian Suhu Berbasis Logika Fuzzy Dan Kecepatan Pengadukan Pada Evaporator Vakum Double Jacket Terhadap Karakteristik Fisik Permen Susu*"
- [2] Ahmad Muhlisin, Yusuf Hendrawan dan Rini Yulianingsih 2015, "*Uji Performansi dan Keseimbangan Massa Evaporator Vakum Double Jacket Tipe Water Jet dalam Proses Pengolahan Gula Merah Tebu*"
- [3] Nur Fadilla Rahma Sari, dkk, 2015, "*Susu Kental*"
- [4] Yusuf Hendrawan, dkk, 2016, "*Optimasi Dengan Algoritma Rsm-Ccd Pada Evaporator Vakum Waterjet Dengan Pengendali Suhu Fuzzy Pada Pembuatan Permen Susu*"
- [5] Moh. Andrianto, 2014. "*Kendali Kecepatan Motor Direct Currerent (DC) Menggunakan Proportional Integral Derivative (PID) Controller Terhadap Beban*".