

Prototype Alat Fermentor *Stater Modified Cassava Flour* Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

Widjonarko

Widjonarko.teknik@
unej.com
Universitas Jember

Sumardi

sumardi@unej.ac.id
Universitas Jember

Khairul Anam

khairul@unej.ac.id
Universitas Jember

Sherly Mutiara Cahyani

Sherly.mutiara19@
gmail.com
Universitas Jember

Abstrak

Stater MOCAF adalah benih yang difermentasi selama pembuatan MOCAF yang dimodifikasi secara biologis. Pembuatan alat *stater* MOCAF dapat membantu para pengusaha tepung MOCAF untuk menggunakan alat otomatis dalam memproduksi *stater*. Perancangan ini menggunakan Arduino Mega2560 sebagai mikrokontroler untuk mengontrol sistem tangki fermentasi. Parameter temperatur pada *heater* digunakan untuk menstabilkan suhu dengan *set point* 37°C. Sedangkan untuk *set point* pH 5,5. Gunakan asam sitrat untuk cairan asam, dan gunakan air pH 8+ untuk larutan basa. Bakteri yang digunakan untuk membuat *stater* MOCAF adalah *lactobacillus plantarum*. Pengujian pertama adalah menguji motor PWM PG45, yang digunakan untuk menggerakkan mixer yang berupa *duty cycle*. Pengujian sensor meliputi pengujian sensor suhu *waterproof* DS18B20 dan pengujian sensor pH. Selain itu, metode Fuzzy Mamdani digunakan untuk menguji alat secara keseluruhan. Kontrol fuzzy ini digunakan untuk mengontrol suhu dan nilai pH pada fermentor MOCAF. Jika suhu dan nilai pH tidak sesuai dengan parameter yang dibutuhkan, maka terdapat aktuator suhu dan aktuator pH untuk menstabilkan parameter. Fermentasi dilakukan selama 24 jam, dan suhu serta nilai pH dikontrol agar tetap stabil pada suhu 37°C dan kisaran pH 4-6. Setelah sekitar 4 jam pengukuran, suhu baru turun. Namun, setelah 10 menit, suhu stabil pada 37°C. Sedangkan untuk nilai pH, karena respon pembacaan sensor pH sekitar 2 menit maka nilai tersebut akan berubah.

Kata Kunci — *Stater* MOCAF, sensor suhu *waterproof* DS18B20, sensor pH.

Abstract

Stater MOCAF is a seed fermented during the manufacture of biologically modified MOCAF. The manufacture of MOCAF *stater* tools can help MOCAF flour entrepreneurs to use automated tools in producing *stater*s. The design used the Arduino Mega2560 as a microcontroller to control the fermentation tank system. Temperature parameters in the heater are used to stabilize the temperature with a set point of 37°C. As for the set point pH 5.5. Use citric acid for acidic liquids, and use water pH 8+ for alkaline solutions. The bacteria used to make *moCAF stater*s is *lactobacillus plantarum*.

The first test was to test the PWM PG45 motor, which is used to drive a mixer in the form of a *duty cycle*. Sensor testing includes DS18B20 *waterproof* temperature sensor testing and pH sensor testing. In addition, the Fuzzy Mamdani method is used to test the tool as a whole.

This fuzzy control is used to control the temperature and pH value of the MOCAF fermentor. If the temperature and pH values do not match the required parameters, then there are temperature actuators and pH actuators to stabilize the parameters. Fermentation is carried out for 24 hours, and the temperature and pH value are controlled to remain stable at 37°C and the pH range of 4-6. After about 4 hours of measurement, the new temperature drops. However, after 10 minutes, the temperature stabilizes at 37°C. As for the pH value, because the pH sensor reading response is about 2 minutes then the value will change.

Keywords — MOCAF *stater*, DS18B20 *waterproof* temperature sensor, pH sensor

I. PENDAHULUAN

Tepung MOCAF berasal dari singkong hasil fermentasi. Fermentasi makanan adalah hasil dari aktivitas berbagai jenis mikroorganisme, termasuk bakteri, ragi, dan kapang^[1]. MOCAF adalah tepung ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) yang diproses dengan prinsip memodifikasi sel ubi kayu melalui fermentasi, dimana mikroorganisme BAL (bakteri asam laktat) mendominasi proses fermentasi tepung ubi kayu^[2]. Proses fermentasi ubi kayu mampu menghilangkan aroma ubi kayu dan hasilnya lebih putih. Selain tidak ada kandungan gluten, asam sianida mudah dicerna oleh tubuh.

Penelitian ini sebelumnya dilakukan oleh Rahmanto Fajarianto pada tahun 2018, Tinton Hariawan Taka pada tahun 2019, dan Novita Murti Hernandes pada tahun 2019 oleh mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember. Ketiga studi ini menggunakan alat yang sama, tetapi metode penelitiannya berbeda. Pada penelitian pertama menggunakan metode kontrol PID, yang kedua adalah kontrol fuzzy, dan yang terakhir adalah pakar PID. Menurut penelitian sebelumnya, kekurangan dari alat ini adalah pemanasnya harus diletakkan di bagian bawah, dan stainless steel dapat digunakan untuk menggantikan desain wadah untuk memaksimalkan proses pemanasan. Dalam studi yang dilakukan oleh Novita Murti Hernandes, hanya air suling yang digunakan sebagai bahan awal MOCAF, dan hanya suhunya yang dikontrol^[3]. Pada penelitian yang akan saya lakukan, saya akan mengupdate desain alat sebelumnya dan menggunakan metode Fuzzy tipe Mamdani untuk mengontrol suhu dan pH pada proses pembuatan khamir MOCAF. Supina

Batubara menerapkan metode fuzzy tipe Mamdani pada tahun 2017 yang disebut "Analisis perbandingan metode Fuzzy Mamdani dan metode Fuzzy Sugeno untuk menentukan kualitas beton instan pengecoran" [4]. Dalam penelitian ini, untuk menganalisis perbandingan antara fuzzy mamdani dan fuzzy Sugeno, diperoleh hasil bahwa kedua metode tersebut dapat digunakan untuk menentukan kualitas, namun metode mamdani lebih direkomendasikan karena hasil yang dihitung lebih mendekati hasil yang sebenarnya daripada Sugeno. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan tipe Mamdani Fuzzy untuk pengaturan suhu dan pH. Produksi starter MOCAF sebelumnya dilakukan oleh Dani Setiawan dengan judul "Produksi protein al halal (Mysis, Sp) dengan cara hidrolisis udang kering sebagai sumber nitrogen untuk pertumbuhan bakteri asam laktat [5]". Dalam penelitian ini dijelaskan tahapan-tahapan pembuatan starter MOCAF. Tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah menghasilkan hasil akhir dari inisiator MOCAF bersifat asam yaitu pH 4 sampai 6, dan warna inisiator MOCAF berwarna kuning muda. Diharapkan untuk menghasilkan perkakas yang lebih efisien dan tidak memakan tempat dibanding perkakas sebelumnya, karena perkakas desain ini dapat dirakit dan dirakit sehingga memudahkan untuk berpindah posisi.

II. METODE PENELITIAN

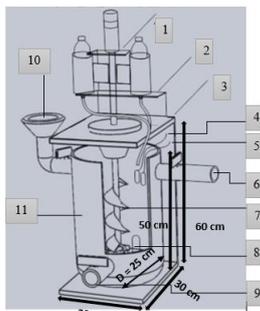
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode fuzzy mamdani untuk mengontrol suhu dan pH. Dalam melakukan penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, antara lain:

A. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini Arduino Mega 2560 digunakan sebagai mikrokontroler. Sensor pH, modul sensor pH V1.1 (digunakan untuk mengukur keasaman) dan sensor suhu waterproof DS18B20 (digunakan untuk mengukur suhu starter MOCAF). Terdapat dimmer sebagai pengatur suhu, dan katup solenoid sebagai pengatur pH. Motor PG45 dan driver motor BTS7960. Motor servo dan modul relay 5V. Kemudian ada catu daya switching, LCD 16x2, pemanas dan modul step-down.

B. Desain Alat

Gambar 1 menunjukkan desain alat yang digunakan, dan berikut keterangan desain alat:



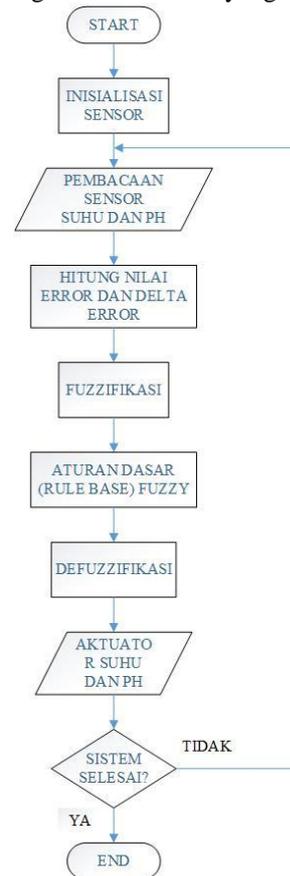
Gbr. 1 Desain Alat Stater Fermentor Stater Modified Cassava Flour (MOCAF) dengan Fuzzy

Keterangan:

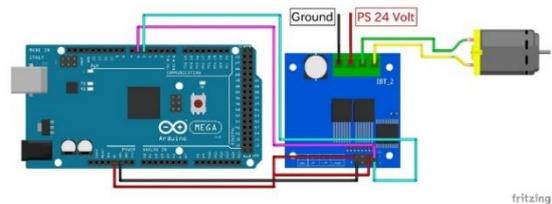
1. Motor PG45
2. Wadah Cairan Asam dan Basa Wadah Cairan Asam dan Basa
3. Penyangga Wadah Fermentor
4. Sensor Suhu Waterproof DS18B20
5. Sensor pH Value V1.1
6. Pipa Keluaran Hasil Fermentor Stater MOCAF
7. Pengaduk
8. Pemanas (Heater)
9. Pipa Pembuangan
10. Tempat Masukan Bahan Fermentor Stater MOCAF
11. Tempat stainless steel Fermentor Stater MOCAF

C. Diagram Alir

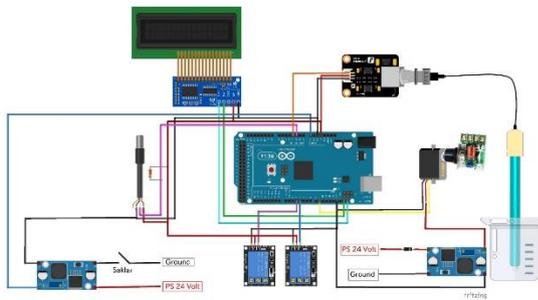
Gambar 2 adalah diagram alir sedangkan Gambar 3 dan Gambar 4 adalah rangkaian elektronik yang digunakan.



Gbr. 2 Diagram Alir Alat Stater Modified Cassava Flour (MOCAF) dengan Fuzzy



Gbr. 3 Diagram Blok Sistem Elektrik Pengaduk



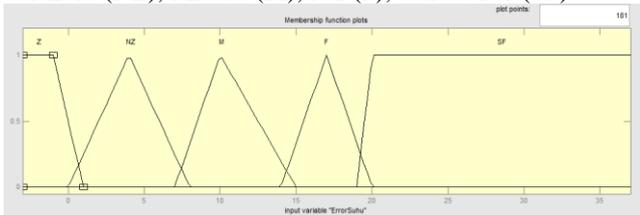
Gbr. 4 Diagram Blok Sistem Elektrik Keseluruhan

Pada penelitian ini temperatur dikontrol agar tetap stabil pada suhu 37°C dan nilai pH 4 sampai 6 untuk pengujian. Metode yang digunakan adalah tipe fuzzy mamdani. Cara mendapatkan nilai keluaran fuzzy adalah sebagai berikut:

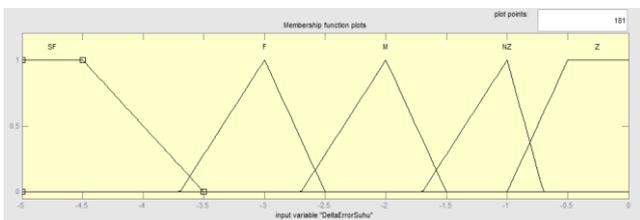
1) Pembentukan Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan fuzzy merupakan langkah awal untuk mendapatkan keluaran fuzzy. Fungsi keanggotaan atau membership function digunakan sebagai masukan dan keluaran dari nilai fermentor. Input ada 2 yaitu temperatur dan pH. Error dari pembacaan sensor suhu digunakan sebagai fungsi keanggotaan dalam input suhu.

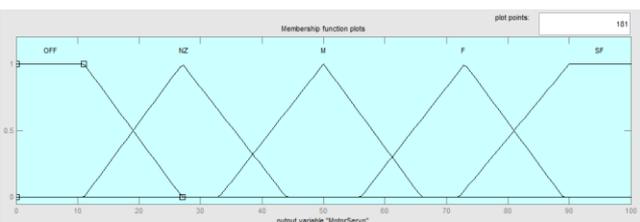
Pada Gambar 5 dan Gambar 6 nilai error dan delta error input suhu terdapat 5 kondisi. Domain fungsi keanggotaan yaitu: Zero (Z), Near Zero (NZ), Middle (M), Far (F), dan So Far (SF). Pada Gambar 7 nilai output suhu yang terdapat 5 kondisi. Domain fungsi keanggotaan fuzzy yaitu: O (Off), Near Zero (NZ), Middle (M), Far (F), dan So Far (SF).



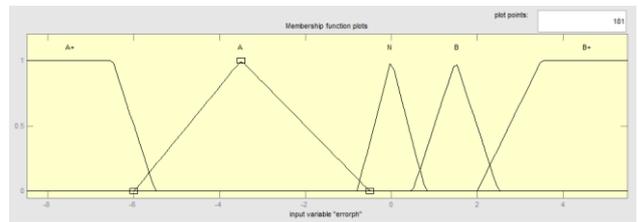
Gbr.5 Fungsi Keanggotaan Error Input Suhu



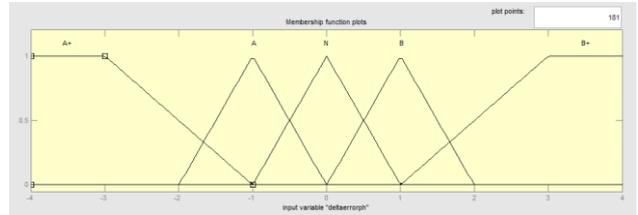
Gbr. 6 Fungsi Keanggotaan Delta Error Suhu



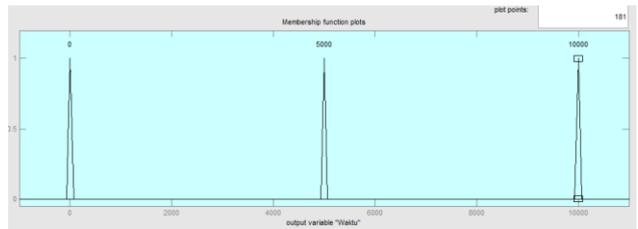
Gbr. 7 Himpunan Keanggotaan Motor Servo



Gbr. 8 Fungsi Keanggotaan Error Input pH



Gbr. 9 Fungsi Keanggotaan Delta Error pH



Gbr. 10 Himpunan Keanggotaan Selenoid Valve

Pada Gambar 8 dan Gambar 9 nilai error dan delta error pH terdapat 5 kondisi. Domain fungsi keanggotaan yaitu : Lebih Asam (A+), Asam (A), Netral (N), Basa (B), dan Lebih Basa (B+). Pada Gambar 10 nilai output waktu yang terdapat 3 kondisi dengan parameter -1000 sampai 11000 ms.. Domain fungsi keanggotaan fuzzy yaitu : 0, 5000, dan 10000. Domain fungsi tersebut menandakan lamanya kran terbuka.

2) Pembentukan Rule Base Fuzzy

TABEL I
RULE BASE FUZZY MOTOR SERVO UNTUK HEATER

dE \ E	Z	NZ	M	F	SF
Z	OFF	NZ	M	F	SF
NZ	OFF	NZ	M	F	SF
M	OFF	NZ	M	F	SF
F	OFF	NZ	M	F	SF
SF	OFF	NZ	M	F	SF

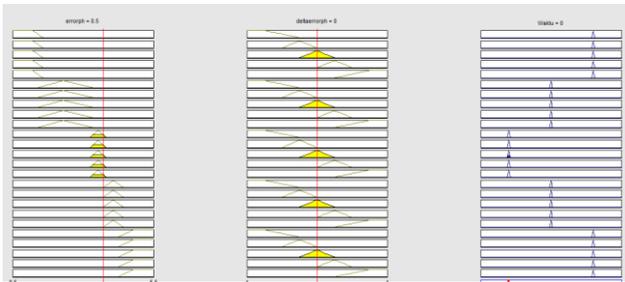
TABEL III
RULE BASE FUZZY SELENOID VALVE UNTUK CAIRAN PH

dE \ E	A+	A	N	B	B+
A+	10000	5000	0	5000	10000
A	10000	5000	0	5000	10000
N	10000	5000	0	5000	10000
B	10000	5000	0	5000	10000
B+	10000	5000	0	5000	10000

3) Pembentukan Defuzzyfikasi



Gbr. 11 Defuzzyfikasi Motor Servo untuk Heater



Gbr. 12 Defuzzyfikasi Selenoid Valve untuk Cairan pH

Pada Gambar 11, ini adalah contoh defuzzyfikasi motor servo untuk pemanas dengan nilai *error* suhu 37 dan delta *error* -1. Motor servo telah bergerak 90,1% dari sudut 180 derajat. Pada Gambar 12 merupakan contoh solenoid valve, solenoid valve memiliki nilai *error* 0,5 dan delta *error* 0, sehingga solenoid tidak aktif atau 0 ms

III. HASIL PENELITIAN

Pengujian pertama adalah pengujian sensor, meliputi pengujian sensor suhu dan pengujian sensor pH. Setelah itu digunakan metode Fuzzy Mamdani untuk menguji seluruh alat. Kontrol fuzzy ini dapat digunakan untuk mengontrol suhu dan pH pada fermentor Mocaf.

A. Pengujian Sensor Suhu DS18B20 dan Sensor pH

TABEL IIIII
PENGUJIAN SENSOR SUHU SETELAH KALIBRASI

No	Termometer (°C)	Sensor Suhu DS18B20 (°C)	E% (%)
1	26	26,39	1,50
2	28	28,67	2,39
3	30	30,24	0,80
4	32	32,68	2,13
5	34	34,13	0,38
6	36	36,35	0,97
7	38	38,24	0,63
8	40	40,49	1,23
9	42	42,75	1,79
10	44	44,81	1,84
11	46	46,94	2,04
12	48	48,06	0,13
13	50	50,19	0,38

TABEL IVV
PENGUJIAN SENSOR PH SETELAH KALIBRASI

No	Cairan	Sensor pH	pH Meter	E%
1	Jeruk Nipis	2,49	2,5	0,40
2	Cuka Apel	3,31	3,3	0,30
3	Buffer Powder 4,00@25°C	4,39	4,4	0,23
4	Buffer Powder 6,86@25°C	6,96	7	0,57
5	Air 8+	8,78	8,8	0,23
6	Buffer Powder 9,18@25°C	9,27	9,3	0,32
7	Air Detergen	10,52	10,5	0,19

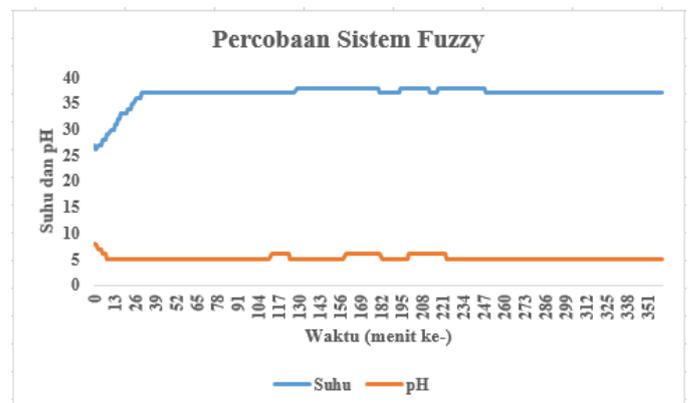
Tabel III adalah tabel hasil kalibrasi sensor suhu *waterproof* DS18B20. Nilai R^2 yang diperoleh = 0,9714 menunjukkan bahwa data yang diperoleh sudah baik dengan nilai y yakni, $y = 1,042x - 2,2749$.

Tabel IV adalah tabel hasil kalibrasi sensor pH dengan 7 jenis cairan. Nilai R^2 yang diperoleh $R^2 = 0,9999$ menunjukkan bahwa data yang diperoleh sudah baik dengan nilai y yakni, $y = 0,1208x + 5,7297$.

B. Pengujian Sistem Fuzzy

Pengujian alat secara keseluruhan ini menggunakan kontrol Fuzzy tipe Mamdani. Pada pengujian tahap awal, seluruh alat akan diuji dengan air selama 6 jam untuk mengetahui cara kerja sistem.

Berdasarkan Gambar 13, data percobaan diperoleh dengan menggunakan media air. Pada data ini pH mencapai *set point* selama 15 menit dan suhu mencapai *set point* selama 30 menit. Suhu awal 27°C, pH awal 8, dan volume air 15L. Nilai *duty cycle* awal adalah 50%, dan ketika nilai yang ditetapkan tercapai, itu menjadi 11% untuk distabilkan pada suhu 37°C. Langkah selanjutnya adalah menguji seluruh alat.



Gbr. 13 Grafik Respon Sistem Suhu dan pH pada Media Air

C. Pengujian Alat Keseluruhan

Berdasarkan makalah Dani Setiawan “Produksi protein halal hasil hidrolisat udang rebon (*Mysis*, SP.) kering sebagai sumber nitrogen untuk pertumbuhan bakteri asam laktat” maka dilakukan proses pembuatan starter MOCAF. Penjelasan. Bahan baku yang dibutuhkan adalah aquades 9,8 liter, *lactobacillus plantarum* 800 ml, susu skim 800 gram, dan gula halus 600 gram.

Langkah pertama adalah menuangkan air aquades ke dalam tabung *stainless steel*. Kemudian nyalakan sistem dan tunggu hingga suhu dan pH terukur pada 37°C dan 5,5. Kemudian masukkan bakteri *lactobacillus plantarum*, 400 gram susu skim dan 600 gram gula halus. Langkah terakhir adalah melakukan fermentasi selama 24 jam, serta mengontrol suhu dan pH agar tetap stabil pada suhu 37°C dan kisaran pH 4-6. Berikut ini adalah data yang diperoleh selama proses fermentasi 24 jam.

Proses fermentasi starter MOCAF dimulai pada pukul 13.25.00. Dapat dilihat dari pembacaan pada Gambar 14 bahwa pH mencapai nilai yang ditetapkan selama 30 menit, dan pH awal adalah 10,1 hingga 5,5. Cairan asam yang digunakan adalah asam sitrat dan air dengan pH 8+. Cairan asam dan basa ke dalam bejana fermentasi setiap 5 menit, dengan volume 10 ml selama 10 detik, dan 5 ml selama 5 detik. Hasil pembacaan sensor pH tidak stabil karena respon pembacaan dari sensor pH sekitar 2 menit.

Pada Gambar 14 diketahui temperatur mencapai *set point* selama 25 menit pada temperatur awal 24°C hingga 37°C. Selain suhu pada pukul 21:20 hingga 21:25 dan pukul 5:45 hingga 5:50, proses tersebut mencapai *set point* tercepat dari temperatur 36°C selama 5 menit dari pukul 19:40 hingga 19:45. Suhu yang terlama mencapai *set point* dalam proses ini adalah 36°C, yang berlangsung selama 10 menit pada 16:40 hingga 16:50. Pengaduk berkerja setiap 5 menit sekali saat cairan ditambahkan. Gambar 15 adalah hasil akhir proses fermentasi *stater* MOCAF.



Gbr. 15 Hasil akhir fermentasi *stater* MOCAF

IV. KESIMPULAN (PENUTUP)

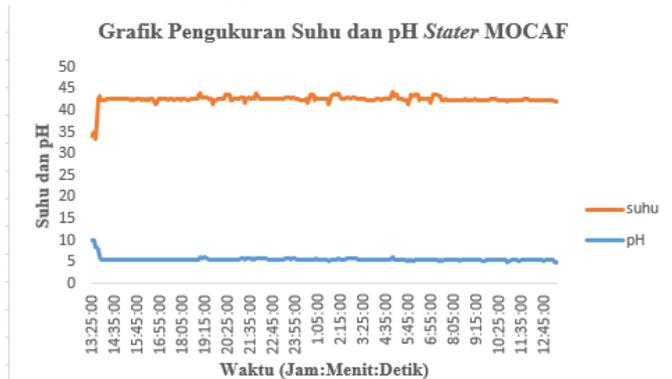
Dapat disimpulkan dari penelitian bertajuk “Rancang Prototype Alat Fermentor Stater Modified Cassava Flour (MOCAF) dengan Fuzzy” bahwa Kontrol Fuzzy *temperature* dan desain kontrol pH dengan *set point temperature* 37°C, pH 5,5. Jika suhu stabil, nilai *duty cycle* pemanas adalah 11%. Saat pengukuran awal adalah 24°C, nilai *duty cycle* adalah 50%.

Untuk rata-rata nilai pH dan suhu yang diperoleh selama proses fermentasi 24 jam yaitu 5,62 dan 36,91°C, metode kontrol logika fuzzy ini memberikan hasil yang lebih stabil. Sedangkan untuk pH, nilai tersebut berubah karena respon pembacaan sensor pH selama kurang lebih 2 menit. Namun, kisaran pH yang dibutuhkan adalah 4 hingga 6.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, pengukuran suhu lebih efektif. Pada percobaan sebelumnya menggunakan kontrol expert PID, temperatur awal dari 26,5°C sampai 37°C membutuhkan waktu 17 menit, sedangkan pada metode fuzzy sebelumnya dari 27°C sampai 33°C membutuhkan waktu 30 menit. Sementara itu, untuk penelitian yang dilakukan ini dibutuhkan waktu 25 menit dari suhu 24°C hingga 37°C.

REFERENSI

- [1] Suprihatin. 2010. TEKNOLOGI PERPINDAHAN MASSA DALAM PERANCANGAN PROSES REAKSI. Edisi 1. Surabaya: UNESA Press.
- [2] Subagio, A., Wiwik Siti Windrawati dan, dan H. Didiak. 2011. Pengembangan Zero Waste Processing Dari Modified Cassava Flour (MOCAF) Guna Meningkatkan Spinoff Klaster Kepada Masyarakat Sekitar
- [3] Hernandes, N. M. 2019. DESAIN sistem kontrol suhu dan ph untuk fermentor stater mocaf dengan menggunakan expert pid controller
- [4] Suprina Batubara. (2017). No Title. Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan, 2(Vol.2, No.1, Agustus 2017), 9.
- [5] Setiawan, Dani. (2015). Produksi Pepton Halal Hasil Hidrolisat Udang Rebon (*Mysis*, Sp.) Kering Sebagai Sumber Nitrogen Bagi Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat



Gbr. 14 Grafik Pembacaan Sensor Suhu DS18B20 dan Sensor pH Fermentasi *Stater* MOCAF