

## Rancang Bangun *Fermentor* Kapasitas 2 Liter

M Indra Rahmansyah<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

Email: [m.indrarahmansyah@gmail.com](mailto:m.indrarahmansyah@gmail.com)

### Abstrak

Fermentasi merupakan salah satu proses yang membutuhkan kestabilan kondisi operasi. Jika kondisi operasi tidak terpenuhi maka akan mempengaruhi produk fermentasi tersebut. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan konstruksi *fermentor* dengan pengendali pH dan temperatur. Sensor pH menggunakan analog sensor DF-Robot SKE 169. Pengendalian pH digunakan pompa dosing untuk mengalirkan asam atau basa yang terhubung melalui *relay* yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Sedangkan sensor suhu menggunakan termokopel PT-100 dengan selisih pengukuran terbesar 3°C. Tujuan pembuatan alat ini adalah untuk mengoptimalkan proses fermentasi. Nilai kestabilan proses pengendalian pH adalah -0.06 sampai 0.08 dengan toleransi pengukuran pH 0.1.

**Kata kunci:** *Fermentasi, Microcontorller, Pengendalian pH, Pengendalian Temperatur.*

## *Design of Fermentor Capacity 2 Liter*

### Abstract

*Fermentation is one of the processes that requires operational stability. If the operational conditions are not met, it will affect the fermentation product. This research focuses on the design and construction of a fermentor with pH and temperature control. The pH sensor uses an analog sensor DF-Robot SKE 169. pH control uses a dosing pump to flow acid or base connected through a relay controlled by a microcontroller. Meanwhile, the temperature sensor uses a PT-100 thermocouple with a maximum measurement difference of 3°C. The purpose of creating this device is to optimize the fermentation process. The stability value of the pH control process is -0.06 to 0.08 with a pH measurement tolerance of 0.1.*

**Keywords:** *Fermentation, Microcontroller, pH Control, Temperature Control*

## 1. PENDAHULUAN

Fermentasi dalam kamus besar bahasa Indonesia didefinisikan sebagai proses penguraian metabolik senyawa organik oleh mikroorganisme yang menghasilkan energi yang pada umumnya berlangsung dengan kondisi anaerobik dan dengan pembebasan gas[1][2]. Pada prosesnya, fermentasi membutuhkan waktu inkubasi yang cukup lama untuk memproses bahan baku menjadi produk. Untuk menghasilkan jumlah produk yang optimum maka pada proses fermentasi harus dilakukan pengendalian. Adapun parameter pengendalian yang mempengaruhi proses fermentasi itu sendiri seperti konsentrasi glukosa/molase, pH, temperature, kecepatan pengadukan, supply udara (untuk fermentasi aerobik) dll (Yan Lin, et al.2012)[3].

Karena prosesnya yang lama, serta membutuhkan observasi yang rutin untuk menjaga parameter proses agar tetap pada range optimum sesuai keinginan. Maka dibutuhkan waktu yang tidak sedikit bagi peneliti menjaga proses fermentasi agar berjalan sesuai dengan parameter proses yang diinginkan. Pada proses fermentasi sering terjadi perubahan suhu dan pH akibat dekomposisi bahan baku oleh mikroba untuk menghasilkan produk yang diinginkan[2]. Perubahan terhadap pH dan temperature ini tidak bisa terus diawasi oleh peneliti. Untuk mempermudah pengamatan fermentasi serta pengendalian proses fermentasi maka diperlukan suatu peralatan yang disebut fermentor. Menurut John A. William (2002) Fermentor merupakan sejenis bioreaktor yang berfungsi sebagai tempat terjadinya fermentasi dan mengendalikan mikroorganisme selama proses fermentasi[4].

*Fermentor* yang dilengkapi sistem otomasi yang dijual dipasaran memiliki harga yang sangat mahal. Biaya yang mahal ini akan membebani peneliti yang masih dalam tahap penelitian selain itu dengan merancang fermentor sendiri peneliti dapat menyesuaikan fungsi dan fitur alat sesuai dengan keperluan peneliti. Oleh karena

itu penulis membuat suatu rancang bangun alat fermentor. Dimana pada alat ini terdapat alat ukur pH, temperatur, dan agitator dilengkapi dengan proses kendali otomatis terhadap pH dan suhu [5][6].

Pembuatan alat *fermentor* ini bertujuan memudahkan peneliti untuk menjaga kestabilan parameter proses dari fermentasi tanpa harus terus menerus melakukan pengamatan selama proses fermentasi berlangsung serta meminimalisir biaya dalam proses fermentasi terintegrasi otomatis. [7].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Pendekatan Fungsional

Pada pendekatan ini setiap alat dalam rancangan *fermentor* yang dibuat memiliki kegunaannya masing-masing. Terdapat 3 jenis tangki yaitu tangki utama yang menampung bahan baku yang akan difermentasi dan 2 tangki lainnya berfungsi menampung larutan asam dan basa yang digunakan untuk menjaga PH bahan baku selama proses fermentasi. Didalam tangki utama dilengkapi.

1. Sensor suhu untuk mengukur suhu.
2. Sensor pH untuk mengukur pH.
3. Heating element sebagai pemanas dalam proses fermentasi.
4. Agitator berfungsi sebagai pengaduk bahan baku fermentasi.

Tangki penampung larutan asam dan basa dilengkapi dengan pipa dan pompa yang berfungsi mengatur dan mengalirkan larutan asam/basa kedalam tangki utama. Untuk menjaga parameter proses yaitu PH, suhu dan kecepatan agitasi. Sensor dan pompa terhubung ke microcontroller AT MEGA 16U yang telah diprogram sehingga secara otomatis akan mengatur peralatan seperti pompa, motor agitator serta aerator untuk menjaga parameter proses seperti yang kita inginkan. [8].

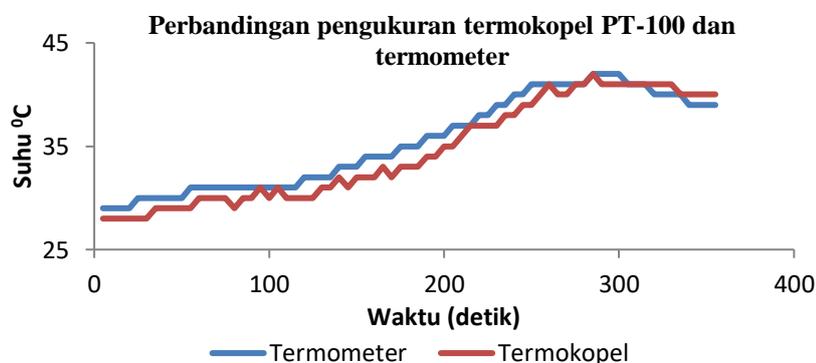
### 2.2. Pendekatan Struktural

Pada pendekatan alat dalam rancangan *fermentor* memiliki spesifikasinya masing-masing sebagai pertimbangan terhadap parameter proses. *Fermentor* ini didesign untuk fermentasi cairan dengan proses aerob dimana parameter proses yang dikendalikan adalah PH dan suhu range PH yang mampu dikendalikan berkisar 3-10 dengan hysteresis maksimum 0,1. Sedangkan untuk suhu yang mampu dikendalikan adalah berkisar 25°C-55°C. dengan hysteresis maksimum 2°C. fungsi hysteresis adalah untuk menjaga umur alat terutama relay agar tidak terlalu sering hidup dan mati dalam jangka waktu yang singkat [9][10].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pengujian sensor temperatur

Sebelum pengukuran dimulai maka dilakukan uji banding antara termokopel PT-100 sebagai sensor dengan termometer yang dianggap sebagai kalibrator. Hasil ukur masing-masing alat tersebut dapat dibaca dan dilihat pada gambar 1.

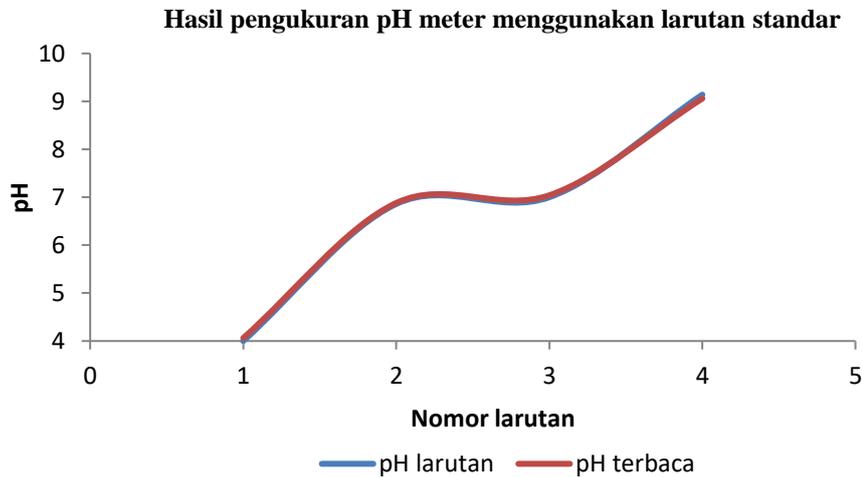


Gambar 1. Perbandingan pengukuran termokopel PT-100 dan termometer

Pada gambar 1 terlihat hasil pengukuran dari sensor temperature termokopel PT-100 menunjukkan hasil yang hampir sama dengan termometer dengan selisih pengukuran terbesar sebesar 2°C. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil pengukuran oleh termokopel PT-100 dapat digunakan [11][12].

### 3.2. Pengujian sensor pH

Pada pengukuran sensor pH ini dilakukan dengan menggunakan sensor pH DF-Robot SEN 169 dengan range pH yang dapat diukur yaitu 1-14. Sebelum digunakan untuk pengukuran maka sensor pH dikalibrasi terlebih dahulu. Untuk menguji akurasi pH meter yang digunakan. Maka dilakukan pengukuran pH larutan standar yang telah diketahui pHnya. Hasil pengukuran pH meter dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil pengukuran pH meter menggunakan larutan standar

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran pH meter mendekati nilai sesungguhnya dari larutan standar dengan selisih pengukuran terbesar adalah 0,1. Selisih pengukuran ini dikarenakan setiap alat memiliki karakteristik yang berbeda. Selain itu pH larutan standar pun memiliki toleransi hasil analisa  $pH \pm 0,05$ . pengukuran menggunakan alat instrument merupakan metode pendekatan yang mengubah sinyal tertentu dalam hal ini arus yang diterima elektroda menjadi sinyal digital. untuk mendapat pembacaan yang diinginkan maka dilakukan kalibrasi dengan menggunakan larutan standar yang dari larutan standar tersebut kemudian dibuat suatu persamaan linear yang nanti digunakan untuk menghitung nilai hasil pembacaan.

### 3.3. Pengujian pengendalian pH

Pengujian pengendalian pH dilakukan pada pH 4, 4.5 ,5, 5.5 dan 6. Pada pengendalian pH ini.set point pH yang dikendalikan memiliki histerisis  $\pm 0,1$ . Tujuan penggunaan histerisis adalah untuk menjaga umur pompa dosing, karena tanpa histerisis maka pompa asam basa akan terus hidup untuk menjaga pH tepat pada set point dikarenakan adanya process lag yang menyebabkan pH yang dikendalikan tidak sesuai dengan set point . Hasil pengujian pengendalian pH dapat dilihat pada tabel 1.

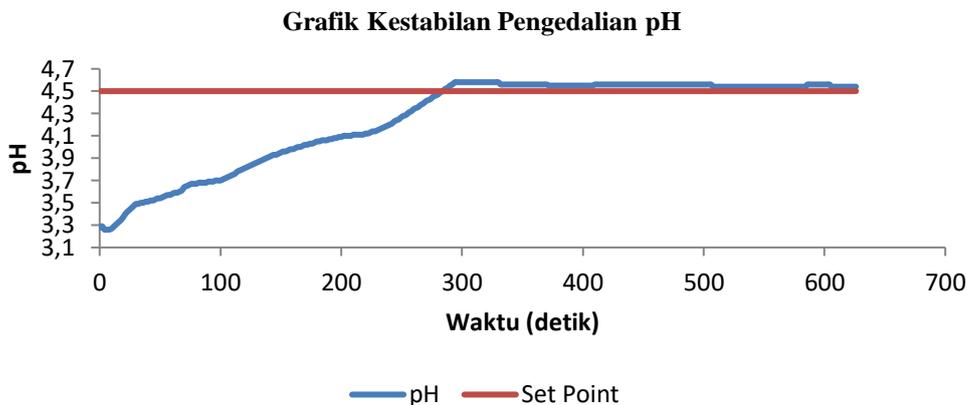
Tabel 1. Pengujian pengendalian pH

<i>Set point</i> pH	pH setelah dikendalikan	Toleransi
4	4.08	0.08
4.5	4.58	0.08
5	5.06	0.06
5.5	5.46	-0.04
6	5.96	-0.04

Berdasarkan tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil pengendalian pH mendekati set point pH yang diinginkan dengan toleransi -0,06 sampai 0,08 dari set point yang diinginkan. Toleransi ini disebabkan histerisis  $\pm 0,1$ . Yang menyebabkan pompa asam dan basa akan berhenti pada saat pembacaan  $pH \pm 0,1$  dari set point yang diinginkan. Semakin jauh rentang pH larutan dan pH umpun. Maka toleransi pH setelah dikendalikan akan semakin besar. Semakin dekat rending pH larutan dengan pH umpun. Maka toleransi pH setelah dikendalikan semakin kecil.

### 3.4. Pengujian kestabilan pengendalian pH

Pada pengujian pH ini, dilakukan dengan memperhatikan perubahan pH terhadap waktu dan *set point* yang diinginkan. Hasil pengujian kestabilan pH dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik kestabilan pengendalian pH

Program yang dibuat untuk mengendalikan pH dibuat pada rentang histerisis  $\pm 0,1$ , sehingga jika pH sudah mencapai  $\pm 0,1$  dari pH yang diinginkan maka pompa dosing tidak akan menambahkan cairan asam atau basa lagi. Pada saat pengujian pH diatur pada set point 4.5 dan pengendalian dimulai dari pH 3.3. Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat bahwa pengendalian pH cukup stabil dengan toleransi  $-0,06$  sampai  $0,08$ . Toleransi ini disebabkan histerisis  $\pm 0,1$ . Untuk pH 4 – 5 Pada saat pembacaan pH  $-0,1$  dari set point maka pH pompa basa akan berhenti. Namun pH akan tetap naik dikarenakan masih ada sisa cairan yang masuk ke dalam fermentor. Untuk pH 4, 4.5 dan 5. pH setelah dikendalikan lebih besar dari set point hal ini disebabkan oleh rentang pH antara larutan basa dan pH umpan masih terlalu jauh sehingga sedikit penambahan larutan basa cukup mempengaruhi pH umpan. Sedangkan untuk pH 5,5 dan 6. pH setelah dikendalikan dibawah set point. Hal ini disebabkan oleh rentang pH antara larutan basa dan pH umpan sudah tidak terlalu besar. Sehingga sedikit penambahan larutan basa tidak terlalu banyak mempengaruhi pH umpan [11][12].

### 3.5. Pengukuran kecepatan agitator

Motor *agitator* yang digunakan pada rancang bangun *fermentor* ini memiliki kecepatan putaran motor 450 rpm dengan *gear ratio* 1 : 9,6 dengan diameter *shaft* 4 mm. untuk *shaft agitator* memiliki diameter 8 mm. dengan diameter *agitator* 40 mm. maka *gear ratio* menjadi 1:10. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan pengukuran kecepatan pengaduk pada persentase kecepatan 0% sampai 50 % dari kecepatan maksimum agitator. Pengukuran dilakukan dengan cara menghitung manual banyaknya putaran blade per satu menit. Hasil pengukuran kecepatan motor dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran kecepatan agitator

Persentase kecepatan motor (%)	Kecepatan pengaduk aktual (rpm)	Kecepatan pengaduk teoritis (rpm)
0	0	43.2
10	0	86.4
20	67	129.6
30	122	172.8
40	186	216
50	252	269.2

Pembatasan pengukuran hanya sampai 50% dikarenakan keterbatasan kemampuan panca indra dalam menghitung kecepatan motor. Selain itu kecepatan 250 rpm dianggap sudah lebih dari cukup untuk proses fermentasi guna proses homogenisasi serta pemerataan distribusi keasaman, nutrisi dan suhu. Pada persentase kecepatan motor 0% dan 10%, agitator belum berputar hal ini dikarenakan kurangnya *duty cycle* minimum yang diperlukan untuk menggerakkan *blade agitator*. Selain itu kecepatan pengaduk yang tidak sesuai dengan teori dikarenakan adanya perbedaan lebar *pulse (PWM)* yang berbeda pada setiap persentase kecepatan motor [13].

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan bahwa, telah berhasil dirancang dan dikonstruksi *fermentor* dengan system pengendali pH dan temperatur dengan sensor pH DF-robot

SEN 169 dengan selisih pengukuran terbesar 0.1 dan sensor suhu termokopel PT-100 dengan selisih pengukuran terbesar 3°C. serta dilengkapi dengan pengaduk. Dengan pengendalian metode *on-off*, pH dapat dikendalikan dengan histerisis  $\pm 0,1$  dengan toleransi terbesar -0,06 sampai 0,08. Dengan pengendalian metode *on-off*, suhu dapat dikendalikan dengan histerisis  $\pm 1$  dengan toleransi -2°C sampai 4°C.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. R. Rahayu, *Makanan Fermentasi dan Probiotik*, Pusat Studi Pangan dan Gizi, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta, 2004
- [2] A. Yulianto, *Fermentasi alkohol*. Laporan Praktikum Microbiology UGM. Yogyakarta, 2010.
- [3] Y. Lin, et al. "Factor affecting ethanol fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* BY4742," *Biomass and Energy*, 2012.
- [4] J. A. William, *Key Of Bioreactor Selection, Enviromental and Production Selection*, 2002.
- [5] C. Gao, G. H. Fleet, "The effects of temperature and pH on the ethanol tolerance of the wine yeasts: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida stellata* and *Kloeckera apiculata*," *J Appl Bacteriol*, vol. 65, no. 5, pp. 405-409, 2008.
- [6] G. Frans, *Filsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses*, Jakarta: PT. Media Elex Computindo, 1997.
- [7] A. Pandey, "Aspects of Fermenter Design for Solid-State Fermentation," *Elsevier Process Biochemistry* vol. 26, no. 6, pp. 355-361, 1991.
- [8] J. Potvin, E. B. Fonchy, J. A. Conway, C. Champagne, P. Claude, "An Automatic turbidimetric method to screen yeast extracts as fermentation nutrient ingredients," *Elsevier Journal of Microbiological Method*, vol. 29, no. 3, pp. 153-360, 1997.
- [9] F. Micolucci, M. Gattardo, D. Bolzonella, and P. Pavan, "Automatic process control for stable bio-hythane production in two-phase thermophilic anaerobic digestion of food waster," *Elsevier International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 39, No. 31, pp. 355-361, 2014.
- [10] D. Balzer, J. Hesse, and A. Schmidt, "Automatic Computer Control of Fermentation Process," *Engineering in Life Science*, Vol. 4, No. 11, pp. 11-16, 1984.
- [11] Wunschel, S. David, E. A. Hill, and J. S. McLean, "Effect of varried pH, growth rate and temperature using controller on matrix assited laser desorption/Ionization whole cell protein fingerprints," Vol. 62, No. 13, pp.259-271, 2005.
- [12] A. Schoug, J. Fischer, and H. J. Heipieper, "Impact of fermentation pH and temperature on freeze-drying survival and membrane lipid composition on *Lactobacillus coryniformis* Si3", Vol. 35, No. 3, pp. 175-181, 2008.
- [13] S. Rollero, S. Roberts, and F. F. Bauer, "Agitation impacts fermentation performance as well as carbon and nitrogen metabolism in *saccharomyces cerevisiae* under winemaking condition", Vol. 24, No. 3, pp. 360-367.