

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN PARAMETER FISIS DI ANAEROBIC BAFFLED REACTOR (ABR) BERBASIS PERANGKAT LUNAK LABVIEW

Design of Monitoring and Control System for Physical Parameters in Anaerobic Baffled Reactor (ABR) based on LabVIEW Software

Bahtiar Yoga Prasetyo¹, M. Ramdhan Kirom, S.Si., M.Si.², Dr. Eng. Asep Suhendi, S.Si., M.Si.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹bahtiar.yoga.p@gmail.com ²jakasantang@gmail.com ³as.suhendi@gmail.com

Abstrak

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) merupakan sub – reaktor dari sistem plant penghasil biogas dengan metode Temperature Phased Anaerob Digester (TPAD). Proses pembentukan biogas dari reaktor tersebut adalah penguraian bahan – bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi langka oksigen (*anaerobic digester*). Proses tersebut memiliki beberapa tahapan proses antara lain hidrolisis, asidogenesis, dan metanogenesis. Tahapan proses yang terjadi pada reaktor ABR adalah tahap metanogenesis. Pada tahapan ini dibutuhkan pengkondisian temperatur pada kondisi mesofilik (35°C), serta pemantuan parameter lain seperti tekanan gas parsial, nilai pH dan hydraulic retention time (HRT). Pada penelitian ini telah dibuat suatu sistem yang mengintegrasikan pemantauan parameter (temperatur, tekanan gas parsial dan nilai pH awal) menggunakan modul akuisisi data mikrokontroler STM32F103RBT6 dengan hasil karakterisasi pada setiap sensor antara lain : sensor temperatur (DS18B20) = akurasi 99.68 %; presisi ± 0.13 °C; sensitivitas 0.999 °C/°C; resolusi 0.009 °C; , sensor tekanan (MPX5100) = akurasi 99.64 %; presisi 0.03 psi; sensitivitas 0.004 psi/mV; resolusi 0.003 psi; , dan sensor pH (SEN1601) = akurasi 99.64 %; presisi 0.003 pH; sensitivitas 0.004 pH/mV; resolusi 0.003 pH . Setiap hasil pemantauan akan ditampilkan pada media *user interface* yang dibuat menggunakan program LabVIEW di komputer. Selain itu diterapkan sistem kontrol temperatur dengan kendali PID menggunakan metode Ziegler Nichols yang dapat diatur pada LabVIEW. Hasil dari pengujian kontrol hasil terbaik didapatkan pada kendali PID dengan hasil pengujian kontrol temperatur substrat pada set point 35°C antara lain : *rise time* = 128.13 menit, *settling time* = 829.2 menit, *overshoot* = 5.5% dan *error steady state* = 0.3%. Hasil penelitian terbatas pada uji pemantauan dan uji pengendalian parameter tanpa adanya proses hasil gas yang diproduksi.

Kata Kunci : reaktor; akuisisi data; *user interface*; LabVIEW; kendali PID.

Abstract

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) is a sub-reactor of biogas producing plant system with Temperature Phased Anaerobic Digester (TPAD) method. The process of biogas formation of the reactor is the decomposition of organic materials by microorganisms in rare oxygen conditions (*anaerobic digester*). The process has several stages of the process including hydrolysis, asidogenesis, and metanogenesis. Stages of the process that occurs in the reactor ABR is the stage of metanogenesis. At this stage temperature conditioning is required on mesophilic conditions (35°C), as well as the monitoring of other parameters such as partial gas pressure, pH value and hydraulic retention time (HRT). In this research, a system that integrates parameter monitoring (temperature, partial gas pressure and initial pH value) using STM32F103RBT6 microcontroller data acquisition module with characterization result on each sensor such as temperature sensor (DS18B20) = 99.68% accuracy; precision ± 0.13 °C; sensitivity 0.999 °C / °C; resolution 0.009 °C; , pressure sensor (MPX5100) = 99.64% accuracy; precision 0.03 psi; sensitivity 0.004 psi / mV; resolution 0.003 psi; , and pH sensor (SEN1601) = 99.64% accuracy; precision 0.003 pH; sensitivity 0.004 pH / mV; resolution 0.003 pH. Each monitoring result will be displayed on the media user interface created using the LabVIEW program on the computer. In addition, a temperature control system with PID control is adopted using the Ziegler Nichols method that can be set in LabVIEW. The results of the best result control test were obtained on PID control with the result of testing the control of substrate temperature at 35°C set point: *rise time* = 128.13 minutes, *settling time* = 829.2 minutes, *overshoot* = 5.5% and *steady state error* = 0.3%. The result of research are limited to monitoring and controlling of physical parameters in the absence of process produced gas.

Keywords : ABR; data acquisition; *user interface*; LabVIEW; PID control

1. PENDAHULUAN

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) merupakan sub – reaktor dari sistem plant penghasil biogas dengan metode Temperature Phased Anaerob Digester (TPAD). Proses pembentukan biogas dari reaktor tersebut adalah penguraian bahan – bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi langka oksigen (*anaerobic digester*). Proses tersebut memiliki beberapa tahapan proses antara lain hidrolisis, asidogenesis, dan metanogenesis. Tahapan proses yang terjadi pada reaktor ABR adalah tahap metanogenesis [1]. Pada tahapan ini dibutuhkan pengkondisian temperatur pada kondisi mesofilik (35°C), serta pemantuan parameter lain seperti tekanan gas parsial, nilai pH dan hydraulic retention time (HRT) [3]. Pada penelitian sebelumnya telah dibuat sistem pengkondisian temperatur

pada reaktor ABR, akan tetapi belum terdapat pemantauan parameter lain dan setiap pemantauan dilakukan dalam penelitian terpisah. Pada reaktor ABR, telah dibuat sistem pemantauan dan pengendalian parameter temperatur akan tetapi belum terdapat sistem untuk memantau parameter lain. Oleh karena itu diperlukan penelitian dan pengembangan lebih lanjut pada sistem guna mengintegrasikan semua parameter tersebut. Untuk membuat sistem pemantauan dan pengendalian yang terintegrasi maka diperlukan sistem akuisisi data yang berfungsi sebagai pengumpul data dan sistem antarmuka (*interface*) yang berfungsi sebagai pengolah data serta sebagai media operasi bagi pengguna (*user*) [5].

Pada penelitian ini untuk perangkat keras akan dirancang sebuah modul akuisisi data dengan menggunakan mikrokontroler STM32F103RBT6. Sedangkan untuk perangkat lunak yang sekaligus sebagai media *interface* yang digunakan adalah LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*). Pemrograman LabVIEW tidak menggunakan basis teks seperti pada *Visual Basic* atau *Delphi* melainkan menggunakan grafik dan *diagram block* [7]. Selain itu pada LabVIEW dilengkapi dengan berbagai jenis *tool control*, sehingga akan memudahkan pengguna untuk merancang sebuah sistem kendali. Salah satunya adalah kendali PID metode *Ziegler-Nichols* dan pada penelitian akan diterapkan sebagai pengendali temperatur pada reaktor ABR. Dengan dilakukannya penelitian ini maka diharapkan dapat dibuat suatu sistem yang bisa mendapatkan data pemantauan secara *realtime* dari setiap parameter dalam satu media *interface* dan memudahkan operasi pada reaktor ABR dengan proses kendali yang terintegrasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Temperature Phased Anaerobic Digester*(TPAD)

Metode TPAD (*Temperature Phased Anaerobic Digester*) merupakan suatu *multi stage reactor* yang berfungsi untuk memproduksi biogas dengan metode fermentasi anaerob, dimana tiap proses dipisahkan dalam bejana tersendiri dan dengan perlakuan yang berbeda untuk setiap prosesnya [2]. Tingkat produktifitas bakteri anaerob bergantung pada beberapa parameter, antara lain temperatur, nilai pH, tekanan parsial dan *hydraulic retention time* (HRT) [3]. Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya merupakan kesatuan dari beberapa penelitian yang mengadaptasi metode TPAD yang dilakukan oleh Chung Feng Chu dkk [2]. Tahapan proses dan sub – reaktor tersebut sebagai berikut :

1. Proses Hidrolisis

Proses penguraian bahan - bahan organik yaitu berupa karbohidrat yang merupakan polimer akan dihidrolisis oleh mikroorganisme fermentatif atau mikroorganisme hidrolitik menjadi glukosa [9].

2. Proses Asidogenesis

Pada proses ini, produk dari proses hidrolisis diubah oleh bakteri Asidogenik menjadi substrat metanogenik. Gula sederhana, asam amino dan asam lemak didegradasi menjadi asetat, karbon dioksida dan hidrogen (70%) juga menjadi asam lemak yang mudah menguap atau *volatile fatty acid* (VFA) dan alkohol (30%) [10].

3. Proses Metanogenesis

Proses metanogenesis adalah proses dimana bakteri metanogenik akan mengkonversi asam organik VFA menjadi gas metan (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) [9].

2.2. *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) atau dikenal juga dengan *Anaerobic Baffled Septic Tank* (ABST) adalah salah satu reaktor hasil modifikasi *septic tank* dengan penambahan sekat-sekat. Reaktor ABR merupakan bagian dari reaktor TPAD. Pada penelitian yang dilakukan oleh Biantoro K. [4] telah dibuat sistem ABR seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Sistem penghasil hidrogen ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*)

Pada reaktor ABR telah dirancang sistem pengkondisian suhu substrat menggunakan metode *thermal water jacket*. Pada proses metanogenesis memiliki hasil akhir berupa gas metana. Untuk pengkondisian temperatur pada reaktor ABR dijaga pada rentang mesofilik ($\pm 35^{\circ}\text{C}$).

2.3. Parameter yang Mempengaruhi Proses Anaerobik Digester

Seperti yang telah dijelaskan di 2.1. dan 2.3 bahwa proses digester anaerob pada reaktor untuk menghasilkan biogas bergantung pada parameter antara lain :

1. Temperatur

Berdasarkan penelitian sebelumnya, pada reaktor ABR telah dibuat pengkondisian temperatur optimal untuk produksi biogas pada temperatur mesofilik adalah 35°C [4].

2. Tekanan gas parsial
Proses produksi biogas akan berpengaruh pada tingkat ketahanan reaktor ABR yang telah dilakukan uji kebocoran dengan memberikan tekanan udara kedalam reaktor, dengan hasil maksimum 3psi.
3. Derajat keasaman
Rentang pH optimum bakteri metanogenesis adalah 7-8, pada pencernaan anaerobik dengan pengkondisian mesofilik rentang pH optimum adalah 6,5-8 dan proses produksi biogas terhambat pada pH dibawah 6 atau diatas 8,3 [11].
4. Hydraulic retention time (HRT)
HRT adalah interval waktu rata-rata selama substrat yang diproses di dalam reaktor. Pada penelitian yang telah dilakukan waktu retensi subtrat selama 7 hari, dalam hal ini merupakan satu siklus proses produksi gas metana [4]. Pada penelitian parameter ini tidak termasuk dalam sistem dikarenakan siklus produksi tersebut.

2.4. Sistem Kendali PID

Secara umum definisi dari sebuah Kontroler *Proportional, Integral dan Derivative (PID Controller)* adalah sistem kontrol generik dari mekanisme umpan balik. Kontroler akan mencoba meminimalisir kesalahan dengan menyesuaikan input proses kontrol. Skema kontrol PID diberi nama sesuai dengan tiga komponen pengoreksi utama (*Proportional, Integral, Derivative*), dimana jumlah ketiganya merupakan jumlah dari variabel termanipulasi (*Manipulated Variable / MV*). Nilai proporsional, integral dan derivatif dijumlahkan untuk menghitung nilai output dari kontroler PID tersebut [5]. Dengan mendefinisikan $\mu(t)$ sebagai output dari kontroler, bentuk akhir dari algoritma PID adalah :

$$\mu(t) = MV(t) = Kp \cdot e(t) + Ki \int_0^t e(t)dt + Kd \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

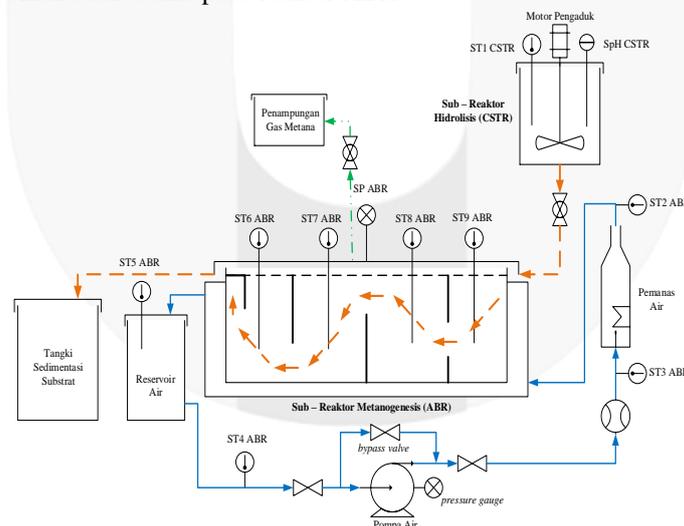
Pada penelitian akan dirancang pengaturan PID pada LabVIEW dengan mengetahui respon sistem, kemudian akan ditentukan setiap nilai parameter yang dibutuhkan.

3. METODOLOGI DAN PERANCANGAN SISTEM

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Langkah yang dilakukan penelitian dan pengembangan akan selalu mengacu pada pada hasil langkah sebelumnya hingga akhirnya akan diperoleh suatu produk baru.

3.1. Mekanisme Kerja dari Reaktor ABR

Untuk dapat merancang sistem pemantauan dan pengendalian pada reaktor ABR maka diperlukan tinjauan dari setiap komponen – komponen utama yang dipakai dalam penelitian seperti terlihat pada Gambar 3.1. merupakan komponen pemantauan utama pada reaktor ABR.



Gambar 3. 1. Mekanisme kerja reaktor ABR

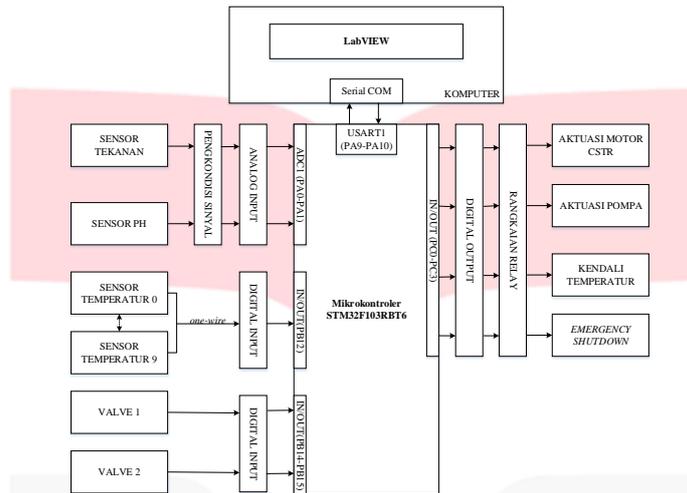
Berdasarkan Gambar 3.1. berikut merupakan sensor yang digunakan dalam reaktor ABR :

1. Sensor temperatur DS18B20 (ST)
Penggunaan sensor ini untuk pengukuran temperatur di beberapa titik yaitu air 4 buah, substrat 4 buah, substrat awal 1 buah dan lingkungan 1 buah. Sedangkan untuk sensor temperatur yang digunakan sebagai acuan kontrol adalah di titik pengukuran air dan pengukuran substrat. Sensor ini merupakan sensor *analog digital* dengan protokol *one-wire*.
2. Sensor pH tipe tabung SEN: SEN0161 (SpH)
Pada penelitian digunakan satu buah sensor pH yang berfungsi untuk pengukuran nilai keasaman pada substrat awal yang terpasang di sub reaktor CSTR. Sensor ini merupakan sensor *analog output* dengan rentang output tegangan 0 V – 5 V (0 – 14 pH).

3. Sensor tekanan MPX5100 (SP)
 Pada penelitian digunakan satu buah sensor tekanan yang berfungsi untuk pengukuran nilai tekanan gas yang dihasilkan dari proses yang terjadi di reaktor ABR. Sensor ini merupakan sensor *analog output* dengan rentang output tegangan 0.2 V – 4.7 V (0 – 14.5 psi).
4. Pemanas Air
 Pemanas elektrik berfungsi untuk memanaskan air yang mengalir menyelubungi reaktor. Pengontrolan temperatur menggunakan pemanas air.
5. Pompa Air
 Pompa digunakan untuk mensirkulasikan air pemanas untuk mengelilingi reaktor.

3.2. Rancangan Perangkat Keras (hardware)

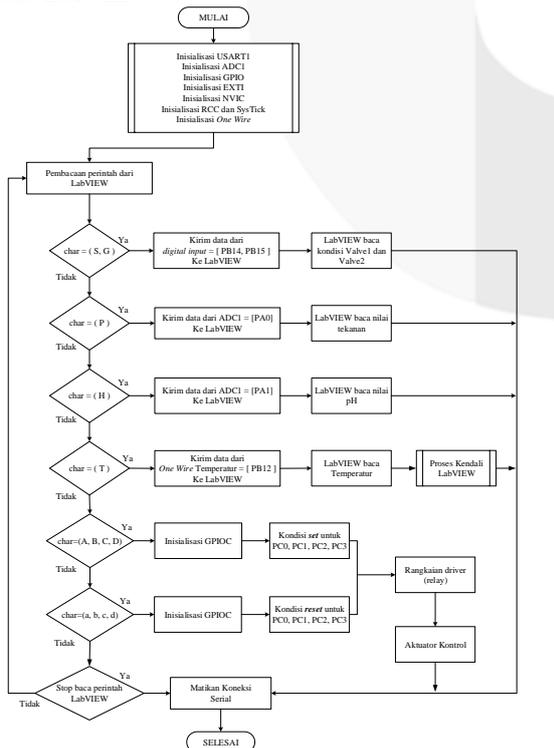
Pada penelitian dirancang modul akuisisi data menggunakan mikrokontroler STM32F103RBT6 dan komputer sebagai media *user interface* menggunakan software LabVIEW. Perancangan sistem akuisisi data seperti terlihat pada Gambar 3.2.



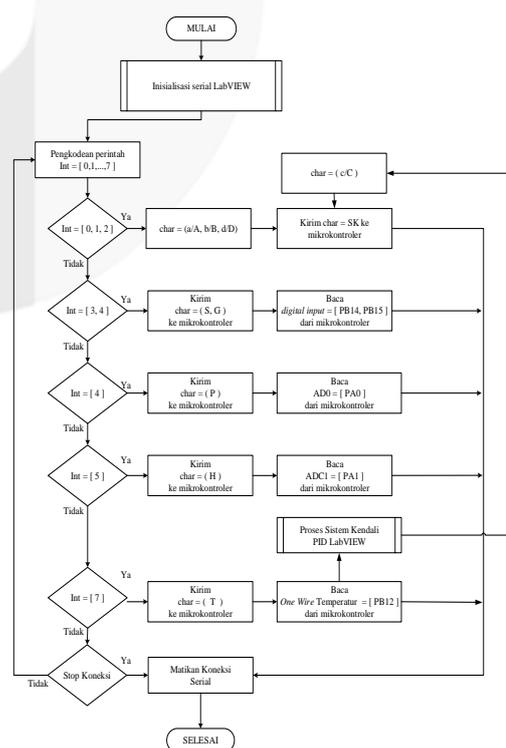
Gambar 3. 2. Diagram blok sistem akuisisi data

3.3. Rancangan Perangkat Lunak (software)

Perancangan algoritma program untuk sistem akuisisi dibagi menjadi dua, yaitu algoritma program pada mikrokontroler dan algoritma program pada LabVIEW. Dalam perancangan algoritma program akuisisi ini, mikrokontroler difungsikan untuk *slave* dan LabVIEW difungsikan sebagai *master*. Mikrokontroler difungsikan sebagai *slave* karena tugas dari mikrokontroler hanya mengirimkan data ADC dan menerima sinyal kendali. Tugas dari mikrokontroler ini akan berfungsi jika mendapat perintah dari LabVIEW, dengan begitu fungsi *master* berada pada LabVIEW.



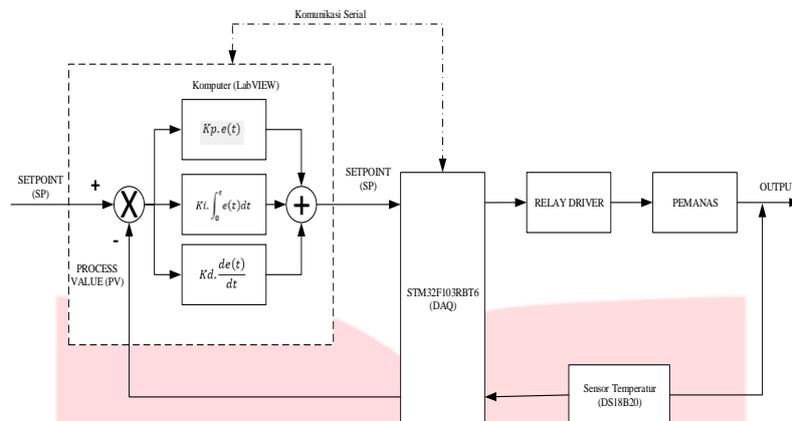
Gambar 3. 3. Diagram alir program mikrokontroler



Gambar 3. 4. Diagram alir program LabVIEW

3.4. Rancangan Sistem Kendali Temperatur

Pada pengontrolan temperatur reaktor ABR akan digunakan sistem control PID. Penggunaan kontrol ini akan mengacu pada pendekatan *tuning* metode Ziegler Nichols. Dalam hal ini akan dilakukan beberapa percobaan untuk mendapatkan konstanta (K_p , T_i , T_d). Untuk setpoint yang digunakan adalah rentang *setpoint* temperature termofilik (35°C), dengan menggunakan relay sebagai aktuator untuk pemanas air. Pada Gambar 3.5. Merupakan diagram blok perancangan sistem kontrol PID untuk reaktor ABR.



Gambar 3. 5. Sistem kendali PID

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah suatu instrumen akuisisi data dengan komputer dengan menggunakan modul mikrokontroler STM32F103RBT6 dan *user interface* menggunakan LabVIEW. Instrumen ini memiliki fungsi memberikan informasi tentang parameter yang dipantau secara *real time* serta aksi kendali temperatur pada reaktor ABR. Bentuk dari implementasi penelitian seperti terlihat pada Gambar 4.1



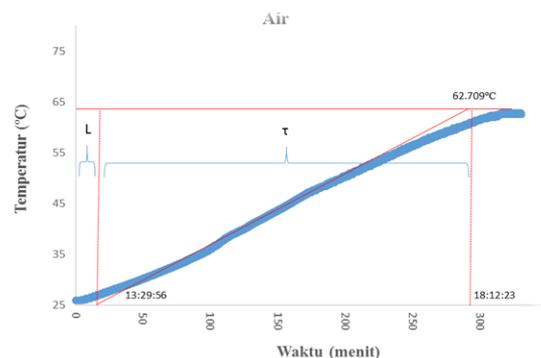
Gambar 4. 1. Proses pengujian sistem pemantauan dan pengendalian reaktor ABR

4.1. Kalibrasi dan Karakterisasi sensor

Proses kalibrasi tersebut bertujuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dan faktor koreksi dengan membandingkan dengan alat ukur yang telah terkalibrasi. Selanjutnya dari proses ini akan didapatkan persamaan yang akan digunakan di program LabVIEW. Pengujian karakterisasi instrumen bertujuan meliputi uji ketelitian, ketepatan, sensitivitas dan resolusi dari setiap sensor yang digunakan.

4.2. Uji Kendali Temperatur dengan metode PID Ziegler Nichols

Pada penelitian digunakan metode PID Ziegler Nichols untuk menentukan aksi pengendalian agar dapat menjaga temperatur tersebut. Gambar 4.2. merupakan hasil uji respon sistem *open loop* pada reaktor ABR.



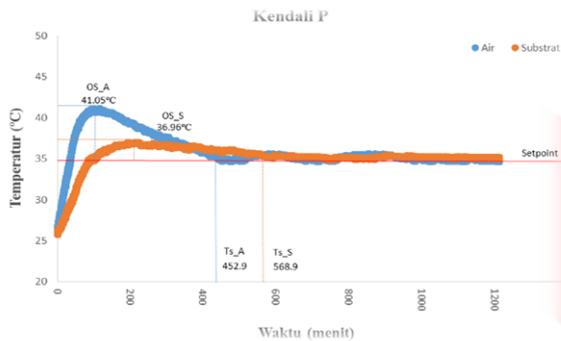
Gambar 4. 2. Analisa respon *steady state* temperatur air

Uji sistem terbuka merupakan peninjauan parameter dengan memanfaatkan kondisi steady state sistem dan berdasarkan acuan yang digunakan peninjauan tersebut digunakan untuk sistem orde satu, oleh karena itu dalam hal ini akan dipakai kondisi steady state pada air. Pada uji sistem terbuka dengan tinjauan temperatur air dapat diketahui untuk nilai time delay (L) sebesar 19.9 menit dan nilai time constant (τ) sebesar 282.5 menit mencapai steady state pada temperatur 62.709°C. Selanjutnya akan didapatkan parameter PID mengacu pada aturan Ziegler Nichols orde satu seperti pada Tabel 4.1.

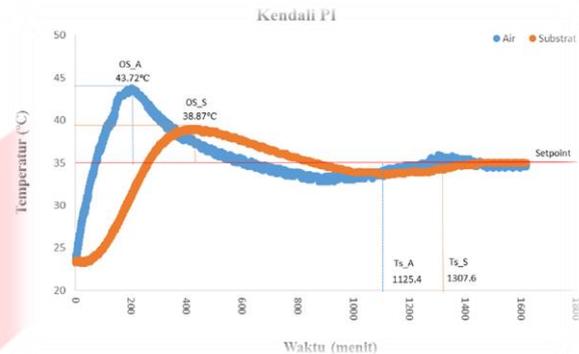
Tabel 4. 1. Hasil tuning parameter PID Ziegler Nichols orde satu

Tipe Pengendali	Kp	Ti	Td
P	14.16	0	0
PI	12.74	0.05	0
PID	15.57	0.03	0.1

4.3. Uji Masukan PID (acuan Ziegler Nichols)



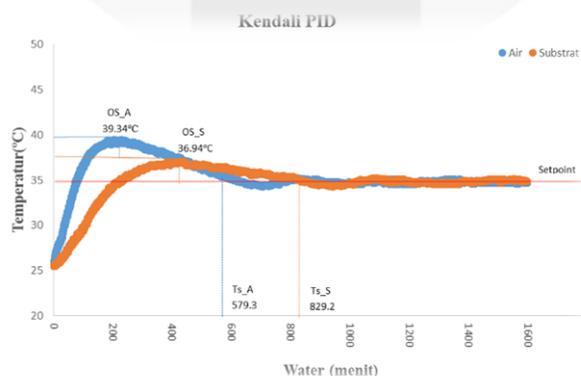
Gambar 4. 3. Pengujian Kontrol Proportional



Gambar 4. 4. Pengujian Kontrol Proportional dan Integral

Pada pengujian kendali P digunakan nilai $K_p = 14.16$, dengan respon sistem ditunjukkan pada Gambar 4.3. Dari respon tersebut untuk air diketahui waktu naik sistem adalah 19.6 menit dan mengalami puncak pertama pada 41.055°C (17.3% dari setpoint) lalu turun menuju setpoint dan naik kembali ke 36.606°C lalu kembali turun kembali. Secara keseluruhan untuk respon air mengalami kondisi steady pada menit ke – 452.97 dengan nilai error steady state sebesar 1.7%. Sedangkan pada respon susbrat diketahui waktu naik sistem adalah 51.3 menit dan mengalami puncak pertama pada 36.969°C (5.6% dari setpoint) lalu turun menuju setpoint dan naik kembali ke 35.226°C lalu kembali turun kembali. Secara keseluruhan untuk respon substrat mengalami kondisi steady pada menit ke – 568.9 dengan nilai error steady state sebesar 1.08%.

Hasil dari kendali P masih memiliki overshoot sebesar 17.3% untuk air dan 5.6% untuk susbrat, selain itu waktu untuk mencapai steady state cukup lama. Oleh karena itu akan dilakukan pengujian respon sistem dengan jendali PI. Dari hasil Tabel 4.1, parameter kendali PI akan digunakan nilai $K_p = 12.74$ dan $T_i = 0.05$. Gambar 4.4. menunjukkan hasil respon kendali PI. Dari respon tersebut untuk air diketahui waktu naik sistem adalah 43.95 menit dan mengalami puncak pertama pada 43.719°C (24.9% dari setpoint) lalu turun melewati setpoint (32.736°C) dan naik kembali ke 35.761°C lalu kembali turun kembali. Secara keseluruhan untuk respon air mengalami kondisi steady pada menit ke – 1125.35 dengan nilai error steady state sebesar 1.8%. Sedangkan pada respon susbrat diketahui waktu naik sistem adalah 206.36 menit dan mengalami puncak pertama pada 38.868°C (11.1% dari setpoint) lalu turun melewati setpoint (33.568°C) dan naik kembali ke 35.226°C lalu kembali turun kembali. Secara keseluruhan untuk respon substrat mengalami kondisi steady pada menit ke – 1307.55 dengan nilai error steady state sebesar 1.7%.



Gambar 4. 5. Pengujian Kontrol Prorportional, Integral dan Derifatif

Hasil dari kendali PI menghasilkan nilai overshoot yang lebih tinggi dari kendali P yaitu 24.9% untuk air dan 11.1% untuk substrat, selain itu waktu untuk mencapai steady state menjadi semakin lama. Oleh karena itu

akan dilakukan pengujian respon sistem dengan jendali PID. Dari hasil Tabel 4.1., parameter kendali PID akan digunakan nilai $K_p = 15.57$, $T_i = 0.03$ dan $T_d = 0.1$. Gambar 4.5. menunjukkan hasil respon kendali PID. Dari respon tersebut untuk air diketahui waktu naik sistem adalah 47.25 menit dan mengalami puncak pertama pada 39.340°C (12.4% dari setpoint) lalu turun melewati setpoint (34.232°C) dan naik kembali ke 35.04°C lalu kembali turun kembali. Secara keseluruhan untuk respon air mengalami kondisi steady pada menit ke – 579.25 dengan nilai error steady state sebesar 0.1%. Sedangkan pada respon substrat diketahui waktu naik sistem adalah 128.13 menit dan mengalami puncak pertama pada 36.938°C (5.5% dari setpoint) lalu turun melewati setpoint (34.568°C) dan naik kembali ke 35.113°C lalu kembali turun kembali. Secara keseluruhan untuk respon substrat mengalami kondisi steady pada menit ke – 829.2 dengan nilai error steady state sebesar 0.3%.

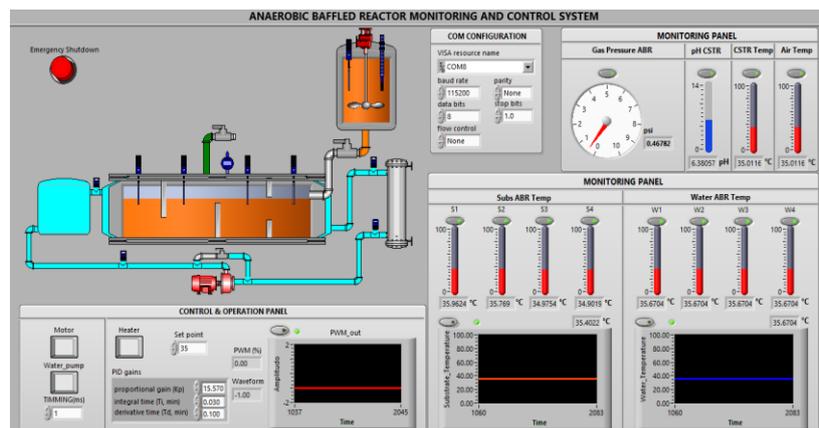
Dari ketiga jenis pengendali tersebut menghasilkan respon sistem yang berbeda. Waktu naik tercepat diperoleh dengan kendali P, sedangkan yang terlama pada kendali PI, namun nilai overshoot dan error steady state dari kedua pengendali tersebut masih lebih tinggi daripada pengendali PID. Dari perbandingan ketiga respon tersebut maka pengguna dapat menentukan jenis pengendali yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Tabel 4.2. menunjukkan data perbandingan respon sistem terhadap ketiga pengendali.

Tabel 4. 2. Hasil analisa pengujian sistem kontrol Ziegler Nichols orde satu

Tipe Kendali	Rise Time		Settling Time		Overshoot		Error Steady	
	(menit)		(menit)		(%)		State (%)	
	Air	Subs	Air	Subs	Air	Subs	Air	Subs
P	19.6	51.3	452.97	568.9	17.3	5.6	1.7	1.08
PI	43.95	206.38	1125.35	1307.55	24.9	11.1	1.8	1.7
PID	47.25	128.13	579.25	829.2	12.4	5.5	0.1	0.3

4.4. Uji Pemantauan Operasi Reaktor ABR

Uji pemantaun bertujuan untuk mengetahui kehandalan sistem yang dirancang sesuai dengan tujuan penelitian yaitu didapatkan sistem yang dapat melakukan pemantauan parameter yang ditinjau serta sistem kendali yang terintegrasi.



Gambar 4. 6. Tampilan operasi reaktor ABR pada komputer (LabVIEW)

Seperti terlihat pada Gambar 4.6. LabVIEW dapat melakukan pemantauan dengan nilai pembacaan ditunjukkan dalam bentuk nilai (*point*) serta grafik, selain itu terdapat *panel control* yang berfungsi untuk proses operasi dan pengaturan kendali dari reaktor ABR

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Telah dirancang dan diimplementasikan sebuah modul akuisisi data menggunakan mikrokontroler serta program *user interface* menggunakan LabVIEW pada pemantauan dan pengendalian reaktor ABR.
2. Telah didapatkan hasil integrasi setiap parameter fisis setiap sensor temperatur (DS18B20), sensor tekanan (MPX5100) dan sensor pH (SEN1601) seperti ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1. Hasil Karakterisasi Sensor

Sensor	Akurasi (%)	Presisi (\pm)	Sensitivitas (<i>output/input</i>)	Resolusi
DS18B20	99.68	0.13 $^\circ\text{C}$	0.999 $^\circ\text{C}/^\circ\text{C}$	0.009 $^\circ\text{C}$
MPX5100	99.64	0.03 psi	0.004 psi/mV	0.003 psi
SEN1601	99.64	0.003 pH	0.004 pH/mV	0.003 pH

3. Sistem kendali PID untuk temperatur dengan pendekatan Ziegler Nichols, didapatkan hasil terbaik pada kontrol PID dengan hasil capaian sebagai berikut : *rise time* = 128.13 menit, *settling time* = 829.2 menit, *overshoot* = 5.5% dan *error steady state* = 0.3% untuk substrat.

5.2. Saran

Adapun saran dan masukan dari penulis untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penggantian bahan dasar dari reaktor ABR, dikarenakan pada pengujian tekanan, reaktor hanya mampu menahan tekanan maksimum 3 psi.
2. Perlu ditambahkan sumber pemanas, dikarenakan pada pengujian kontrol *settling time* yang dicapai masih lama. Hal ini akan sangat berpengaruh untuk optimalisasi kontrol temperatur.
3. Perlu ditambahkan sistem pengkondisian *flowrate* agar proses pemanasan dapat lebih baik.
4. Perlu ditambahkan tabung untuk penampung gas hasil reaktor ABR.
5. Adanya penelitian lebih lanjut tentang pengaruh kendali PID pada proses produksi gas serta implementasi penerapan sistem secara keseluruhan pada reaktor TPAD.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. C. Chun, Y. L. Yu, Q. X. Kai, E. Yoshitaka, I. Yuhei dan N. K. Hai, "A pH- and Temperature-Phases Two-Stage Process For Hydrogen and Methane Production From Food Waste," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 33, pp. 4739-4746, 2008.
- [2] G. Balachandar, N. Khanna dan D. Das, "'Biohydrogen Production from Organic Waste by Dark Fermentation'," *Biohydrogen*, pp. 103-144, 2013.
- [3] B. K. Setiawan, "Sistem Pengkondisi Suhu Substrat Limbah Organik di Subreaktor Metanogenesis Temperature Phased Anaerobic Digestion," *Tugas Akhir*, 2016.
- [4] W. Bolton, "Mechatronics, Electronic Control System in Mechanical and Electrical Engineering," *Prentice Hall*, 1998.
- [5] STMicroelectronic, "STM32F10xx Reference Manual," STMicroelectronic, 2010.
- [6] Sumanti, "LabVIEW based Advanced Instrumentation System," *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 2007.
- [7] T. Haryati, "Biogas : Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif," *Wartazoa*, vol. 16, 2006.
- [8] D. Das, N. Khanna dan C. N. Dasgupta, "Biohidrogen Production Fundamentals and Technology Advances," *New York: CRC Press*, 2014.
- [9] T. A. Seadi, "Biogas Handbook," *Denmark: University of Shouthern Denmark Esbjerg*, 2008.
- [10] F. R. Silmi, "Analisis Pengaruh Pengontrolan Tekanan terhadap Produksi Gas Hidrogen pada Reaktor Temperature Phased Anaerobic Digester (TPAD)," *Tugas Akhir*, 2016.
- [11] M. Integrated, "Datasheets: Maxim Integrated," 2015. [Online]. Available: <https://datasheets.maximintegrated.com>. [Diakses 12 January 2017].
- [12] Farnell, "Farnell : Conditioned, Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal," 2008. [Online]. Available: <https://farnell/datasheets.com>. [Diakses 12 11 2016].
- [13] DFRobot, "www.dfrobot.com," 2016.[Online]. Available: [http://dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU:_SEN0161\)](http://dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161)). [Diakses 27 juni 2016].
- [14] ST-Microelectronics, "http://www.st.com," ST-Microelectronics, 2010. [Online]. Available: http://www.st.com/content/st_com/en/products/embedded-software/mcus-embedded-software/. [Diakses 24 November 2015].
- [15] D. Kusanto, "Perancangan Sistem Akuisisi Data Sebagai Alternatif Modul DAQ LabVIEW Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA8535," *ITS*, 2010.
- [16] Happyanto dan C. Dedid, "SENSOR," *PENS Surabaya*, 2005.