

## Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali Suhu untuk Sistem Bioreaktor

**Sumadi, Mario M. Gultom, Emir Nasrullah**

Laboratory of Control Engineering, EE Department

Faculty of Engineering – University of Lampung (Unila)

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandarlampung 35145 – Indonesia

Tel +62-721-701609, Fax +62-721-704947

Email: sumcsys@unila.ac.id,

**Abstrak**—Pada penelitian ini Sistem Pengendalian Suhu (SPS) telah dikembangkan dan diterapkan pada system bioreactor. Sistem bioreactor mempunyai kolom gelas berisi biomassa alga yang difungsikan sebagai bahan penyerap ion-ion logam berat. Pengendalian dilakukan untuk menjaga suhu didalam kolom gelas pada nilai yang sesuai untuk proses absorpsi. SPS untuk system bioreactor ini dibentuk dari Pengendali mikro ATMEGA 8535, sensor suhu LM 35DZ, dan Penampil kristal cair LCD 2 x16. Suhu untuk system kendali ini diatur untuk memperoleh nilai 10, 20, 27, 30, 40, dan 50 oC. SPS untuk system bioreakto dibentuk dengan pengendalian pada system pendingin (refrigerator), pemanas (heater) dan kipas angin. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap sistem kendali yang dihasilkan untuk melihat unjuk kerjanya.

**Kata kunci:** Sistem Bioreaktor, Biomassa Alga, Sistem Pengendalian Suhu.

**Abstract**—*In this study a temperature controlled system (TCS) has been developed and applied to Bioreactor System. The bioreactor system has a glass column filled by algae biomass as adsorbent material for heavy metal ions. The purpose controlled keeps the inner temperature of glass column in a suitable value for adsorption process. The TCS for Bioreactor system consist of ATMEGA 8535 microcontroller, LM35DZ temperature sensor, and LCD 2x16. The temperature controlled system is set to produce the result 10, 20, 27, 30, 40, and 50 centigrade. TCS for Bioreactor system is formed by controlling refrigerator, heater and fan system. Furthermore, the results of temperature controlled system were analyzed for their performance. The change voltage Vac of current detector resistor Rd as used current-Iac change. Vac as an analogue signal converted to a digital data by ADC (Analog To Digital Converter), and*

*then this data converted again by VCO ( Voltage Controlled Oscillator) that developed by microcontroller into frequency which varying follow the change Vac.*

**Keywords:** Bioreactor system, algae biomass, temperature controlled system

### A. Pendahuluan

Perkembangan sektor industri pada masa sekarang ini sangat meningkat dengan cepat dan berdampak bagi masyarakat luas. Selain menimbulkan dampak positif berupa peningkatan taraf hidup, juga menimbulkan dampak negatif yang merugikan. Pencemaran lingkungan adalah dampak negatif yang paling dirasakan[1].

Salah satu dari pencemaran lingkungan yang berasal dari industri adalah yang disebut sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (limbah B3). Definisi Limbah B3 menurut PP No. 18/1999 Jo. PP No. 85/1999 adalah “sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain”.

Berbagai cara penanggulangan pencemaran telah banyak dilakukan baik secara langsung pada sumber pencemaran maupun pada badan penerima limbah. Teknik pengurangan limbah atau penghilangan limbah pada prinsipnya

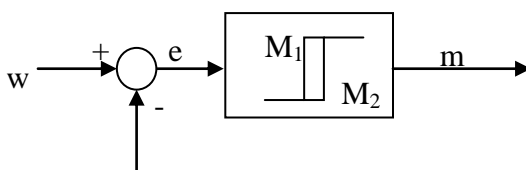
---

Naskah ini diterima pada tanggal 28 September 2009, direvisi pada tanggal 3 Nopember 2009 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 1 Desember 2009

dapat dibagi menjadi 4 (empat) cara, yaitu (1)Menghilangkan dan mengurangi limbah pada sumbernya, (2)Mendaur ulang atau menggunakan kembali limbah di lokasi kegiatan atau di luar lokasi kegiatan. (3)Mengolah limbah untuk mengurangi tingkat toksisitas, mobilitas, dan atau kuantitasnya, dan (4)Membuang limbah dengan cara yang aman seperti di lahan urug (*landfill*).

Dalam penelitian ini, biomassa alga terpilih dimanfaatkan sebagai filter aktif untuk menyerap kandungan ion-ion logam berat (*Cd, Cr, Hg dan Pb*) yang terkandung dalam limbah cair industri, melalui proses adsorpsi. Setelah limbah cair industri berhasil dikurangi kandungan ion-ion logam beratnya, maka biomassa alga terpakai dikembalikan ke kondisi mula melalui proses desorpsi, sehingga tidak menjadi limbah baru ke lingkungan[1],[2]. Dalam membuat sebuah alat pengolah limbah, terdapat beberapa faktor yang harus dipenuhi, diantaranya faktor suhu pada proses adsorpsi sehingga diketahui pada temperatur berapa suatu biomassa alga dapat melakukan penyerapan optimal terhadap ion logam berat. Dengan demikian pada alat pengolah limbah tersebut sangat perlu dirancang sistem kendali suhu[3]-[8].

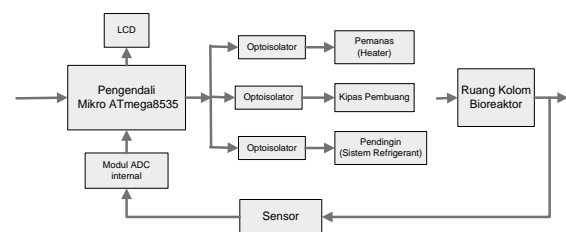
## B. Teori Dasar Kendali On-off dengan celah differensial



Gambar 1. Kendali on-off dengan celah differensial, dimana  $w$  = isyarat masukan,  $e$  = isyarat koreksi,  $m$  = isyarat ke aktuator, dan  $M_1, M_2$  = celah differensial (waktu tunda antara on dan off).

Metode pengendalian yang dipergunakan menggunakan metode kendali *on-off* dengan pemberian celah differensial. Celah differensial diberikan dengan tujuan untuk mengurangi mekanisme *on-off* yang terjadi, dan mengurangi osilasi yang terjadi. Diagram blok pengendali *on-off* dengan celah differensial diberikan pada gambar 1.

Secara fungsional sistem kendali yang akan diterapkan dalam sistem bioreaktor adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram fungsional sistem biraktor.

## C. Sistem Bioreaktor

Alat Pengolah limbah (skala laboratorium), yang selanjutnya disebut sistem bioreaktor ini terdiri dari tiga bagian, yaitu: (1)sistem kendali proses berbasis PLC, (2) sistem kendali suhu berbasis ATMEGA8535, dan (3) sistem kendali alir fluida berbasis ATMEGA8535.



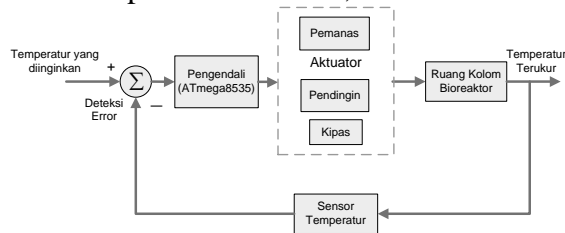
Gambar 3.. Sistem bioreaktor, bagian yang diberi anakpanah ( $\rightarrow$ ) adalah Ruang kolom bioreaktor.

Dalam ruang adsorpsi, didalamnya terdapat kolom gelas berisi biomassa alga terpilih

yang dialiri oleh limbah cair. Suhu ruang disekitar kolom bioreactor ini dijaga konstan melalui sistem kendali suhu.

### Sistem kendali suhu ruang adsorpsi

Secara garis besar, sistem kendali suhu ini terlihat seperti dibawah ini,



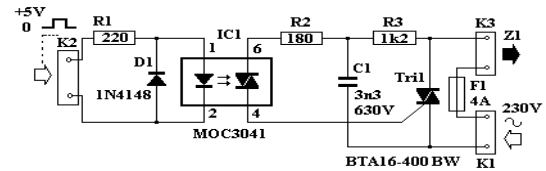
Gambar 4. Blok diagram sistem kendali suhu ruang adsorpsi.

Sistem ini terbagi menjadi 3 bagian, yaitu:

- Wahana yang dikendalikan, berupa ruang adsorpsi yang terbuat dari gelas (kaca).
- Pengendali, yaitu ATMEGA 8535, dengan aktuator yang terhubung ke pemanas lilit, refrigerator, dan kipas dc 12 volt untuk pengeluaran udara.
- Sensor suhu, yaitu LM35DZ.

ATMEGA 8535 adalah pengendali mikro (uC) jenis AVR (Alf and Vegard's Risc Proccesor) relatif murah dan andal. Kemampuan yang dimiliki uC jenis ini, yaitu sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan 16MHz, Flash memori 8 KB, SRAM 512 byte dan EEPROM 512 byte, memiliki, ADC internal 10 bit sebanyak 8 saluran, port komunikasi serial (USART) 2,5MBps dan 6 pilihan sleep mode untuk menghemat daya listrik.

Aktuator yang dipakai adalah *solid state relay (SSR)* untuk menjamin kontak rele yang aman terhadap heater dan refrigerator.



Gambar 5. Solid-state relay (SSR).

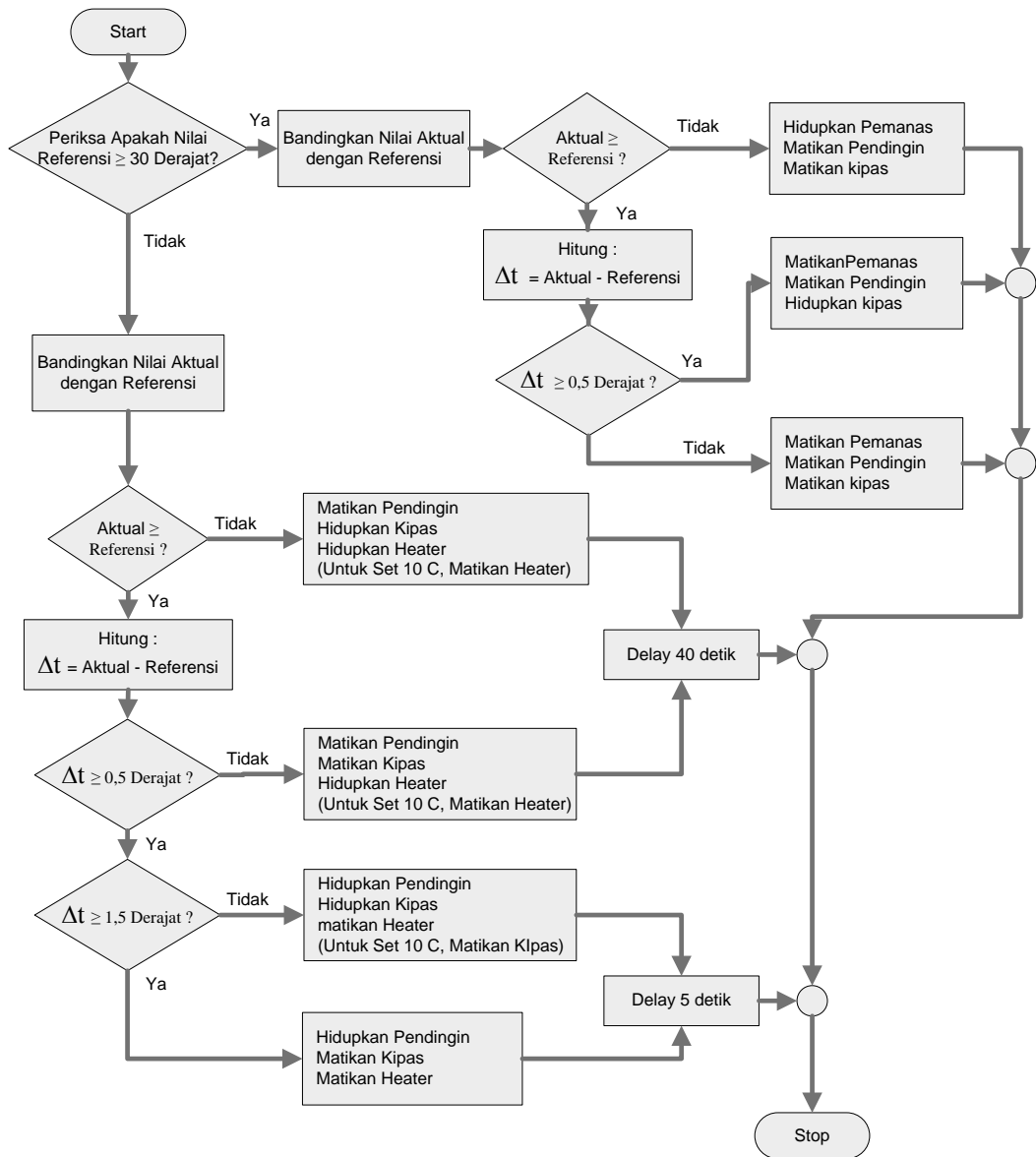
LED pada IC<sub>1</sub> butuh arus  $\geq 15\text{mA}$ . Nilai R<sub>1</sub> berguna untuk menjamin peralatan saat diberi tegangan 5V. Dioda D<sub>1</sub> mencegah LED terjadi kerusakan jika polaritas tegangan salah. Resistor R<sub>2</sub> dan R<sub>3</sub> membatasi arus penyalan ke gerbang (*gate*) *thyristor*. R<sub>3</sub>-C<sub>1</sub> membatasi faktor *du/dt* yang melintasi IC<sub>1</sub> sehingga penyalan spontan *thyristor* tidak terjadi. Penggunaan rangkaian memiliki kerugian yaitu arus *quiescent* yang mengalir sebesar 0,25mA. Ini berarti beban yang dapat dijalankan hanya beban yang menarik arus yang sangat besar. *Fuse* F<sub>1</sub> menjamin beban *triac* tidak *overloaded*.

Modul tampilan yang dipakai adalah LCD 2 x16 untuk menampilkan isyarat masukan dan isyarat keluaran. Pada sistem bioreaktor juga dilengkapi meter suhu digital sebagai indikator bagi user bahwa suhu dalam ruang adsorpsi sesuai dengan isyarat masukan.

### Diagram alir proses sistem kendali suhu.

Pada dasarnya teknik pengendalian yang digunakan adalah kendali on-off. Kemampuan pengolahan isyarat yang dari pengendali mikro dan aktuator SSR yang cepat memungkinkan penerapan kendali on-off dengan penambahan celah differensial karena adanya perbedaan respon yang cukup berarti antara heater sebagai pemanas dan refrigerator sebagai pendingin.

Pada gambar 6, diberikan diagram alir proses sistem kendali suhu,



Gambar 6. Diagram alir sistem kendali suhu.

### C. Hasil dan Pembahasan

#### Komponen kendali yang mempengaruhi hasil sistem kendali suhu ruang adsorpsi.

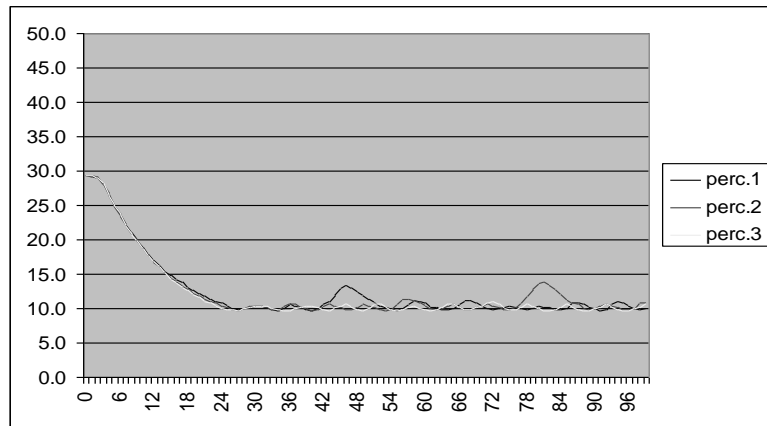
- Heater dalam sistem kendali suhu ruang adsorpsi ini difungsikan sebagai pemanas. Berdasarkan data percobaan mempunyai fungsi linear  $y = 7.8006\ln(x) + 21.026$ , dengan  $x =$  waktu (menit) dan  $y =$  suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- Refrigerator dalam sistem kendali suhu ruang adsorpsi ini difungsikan sebagai

pendingin. Berdasarkan data percobaan mempunyai fungsi eksponensial menurun, yaitu  $y = 23.349e^{-0.0078x}$ , dimana  $x =$  waktu (detik) dan  $y =$  suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ).

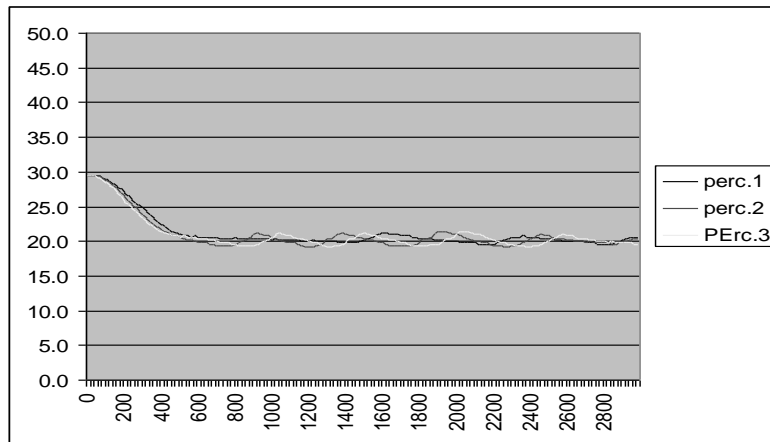
- Kipas dc 12v dalam sistem kendali suhu ruang adsorpsi ini difungsikan sebagai pembuang panas. Berdasarkan data percobaan mempunyai fungsi linear  $y = 0.0151x + 29.478$ , dimana  $x =$  waktu (detik) dan  $y =$  suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ).

**Hasil isyarat luaran dari sistem kendali suhu ruang Adsorpsi, dengan:**

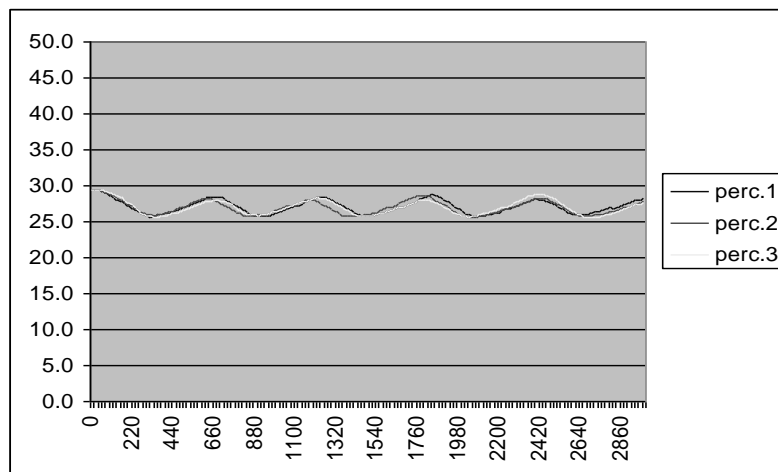
- a. Isyarat masukan 10 °C
- b. Isyarat masukan 20 °C
- c. Isyarat masukan 27 °C (suhu kamar)
- d. Isyarat masukan 30 °C
- e. Isyarat masukan 40 °C
- f. Isyarat masukan 50 °C



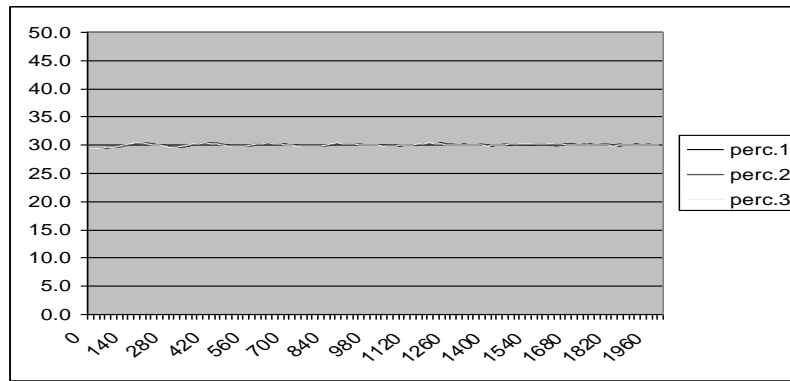
Gambar 7. Isyarat keluaran pada 10°C



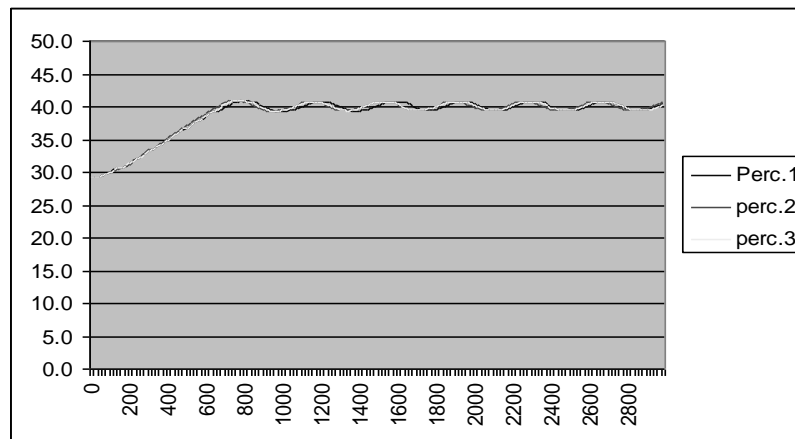
Gambar 8. Isyarat keluaran pada 20°C.



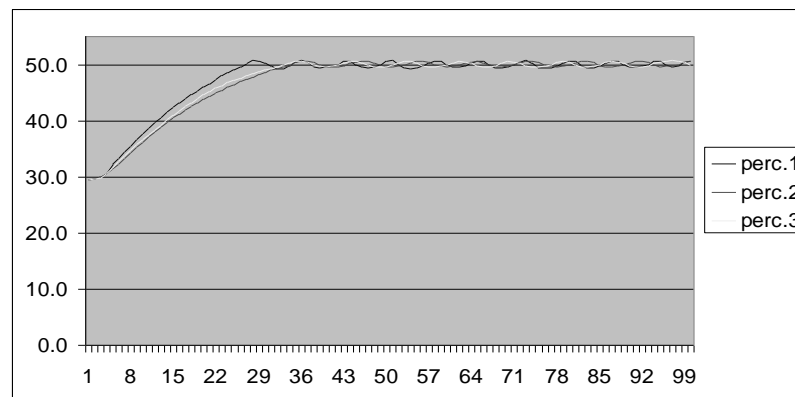
Gambar 9. Isyarat keluaran pada 27°C.



Gambar 10. Isyarat keluaran pada 30°C



Gambar 11. Isyarat keluaran pada 40°C.



Gambar 12. Isyarat keluaran pada 50°C.

Catatan:

Sumbu mendatar x = waktu (detik), dan sumbu tegak y = suhu (°C)

Berdasarkan respon dinamik yang kita peroleh dapat kita simpulkan bahwa isyarat keluaran dari sistem kendali suhu pada ruang adsorpsi ini sudah mencukupi. Lonjakan terjadi cukup tajam pada isyarat

masukannya pada dan dibawah suhu kamar (27°C) dikarenakan refrigerator tidak cukup cepat mengikuti perubahan suhu (+1.4°C dan -0.8°C). Pada isyarat masukannya 30°C, perubahan suhu berkisar

$\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada isyarat masukan 40 dan  $50^{\circ}\text{C}$  perubahan suhu sebesar  $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ . Waktu dimana isyarat keluaran mencapai keadaan stabil pada isyarat masukan yang dipilih menjadi acuan bagi user untuk menggunakan sistem bioreaktor ini.

Tabel 1. Waktu memulai sistem kendali proses pada sistem bioreaktor

No.	Isyarat masukan (oC)	Waktu memulai setelah
1.	10	30 detik
2.	20	600 detik
3	27	220 detik
4.	30	150 detik
5.	40	800 detik
6.	50	36 menit

Urutan yang dipakai untuk menggunakan sistem ini adalah: (1) menghidupkan sistem kendali suhu, (2) menghidupkan sistem kendali proses, dan (3) menghidupkan sistem kendali alir fluida.

#### D. Simpulan

Dalam merancang sistem kendali suhu, pengetahuan kita yang cukup terhadap dinamika komponen (heater, refrigerator dan kipas dc) yang secara langsung mempengaruhi suhu ruang akan memudahkan dalam menyusun skema kendali yang dilakukan.

Pada kendali on-off dengan celah differensial cukup mampu mengikuti perubahan suhu dibawah/diatas suhu kamar, sedangkan pada suhu kamar harus dilakukan kembali penyesuaian pada program agar diperoleh hasil yang lebih baik.

Perlu diujicobakan skema kendali yang lain, sehingga diperoleh waktu stabil yang sama, sehingga lebih memudahkan user.

#### E. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Depdiknas RI yang

telah membiayai penelitian ini pada Hibah Bersaing XIV tahap II, dengan no. kontrak: 028/SP2H/PP/DP2M/III/2007 tanggal 29 maret 2007. Juga terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, juga saran dan kritiknya hingga selesainya sistem bioreaktor ini.

#### F. Daftar Pustaka

- [1] Buhani, Z. Sembiring, Sumadi, 2006, "Immobilisasi Biomassa Alga dengan Polimer Pendukung sebagai Material Bioreaktor". Laporan Hibah Bersaing XIV Tahun I, Universitas Lampung.
- [2] Sumadi, H. Ariyanto, E. Nasrullah, Buhani, 2007, "Perancangan Alat Alat Proses Adsorpsi dengan Metode Kontinyu Berbasis Pengendali Logika Terprogram PLC Omron Zen 10C1AR-A", Jurnal Sains MIPA, Vol 13, No.3, hal 187-192.
- [3] H.W. Huang, 1996, "MC 68HC11 an Introduction: Software and Harware"., West. Publ. Comp, USA.
- [4] B.C. Kuo, 1998, "Teknik Kontrol Automatik", Prenhallindo, Jakarta.
- [5] M.A. Mazidi, J.G. Mazidi, 1997, "The 8051 Microcontroller and Embedded Systems, Prentice Hall, New Jersey.
- [6] K. Ogata, 1997, "Modern Control Engineering", 2<sup>nd</sup> edition, Prentice Hall Int. Inc.
- [7] S. Pamonangan, 2007, "Model Fisik Pengendalian Temperatur Ruang Germinator Perkecambahan Berbasis logika Fuzzy dengan Menggunakan Pengendali-mikro AT89C52", Skripsi, Universitas Lampung,.
- [7] L. Wardhana, 2002, "Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATMEga 8535: Simulasi, Hardware dan Aplikasi", C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- [8] Daryanto, 2006, "Teknik Pendingin – AC, Freezer, dan Kulkas", Yrama Widya, Bandung

