

IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL PID UNTUK STABILISASI SUHU PADA ALAT PEMANAS SEMEN BEKU SAPI

Bayu Prasetyardi Wiratama, Eka Mandayatma, Edi Sulistio Budi

ABSTRAK - Dalam inseminasi buatan (IB) pada hewan, pemeriksaan keaktifan sel semen sangat diperlukan, demikian pula pada sapi. Berdasarkan proses pemeriksaan pada Balai Besar Inseminasi Buatan (BBIB), sel semen yang sebelumnya disimpan pada suhu rendah (-196°C) harus dipanaskan (37°C) saat diperiksa menggunakan mikroskop. Oleh sebab itu, perlu dibutuhkannya suatu alat *plate warmer*. Namun saat ini *plate warmer* tersebut masih terbatas dipasaran, dan dalam memperoleh alat tersebut masih harus *impor*. Berdasarkan sulitnya mendapat *plate warmer* semen beku sapi dipasaran, maka dibuatlah *prototype plate warmer* semen beku sapi dengan range suhu 29°C - 40°C dengan metode pengaturan kontrol PID menggunakan sensor suhu PT100 dan Mikrokontroler ATmega16, yang lebih *portable* dan mudah diperoleh dilingkungan lokal. Alat ini bekerja dengan cara mengatur suhu *plate warmer* sesuai kebutuhan. Dari hasil penelitian suhu yang dibutuhkan untuk memanaskan semen beku sapi ialah 37°C dan didapatkan nilai parameter PID sebesar $K_p = 30$, $K_i = 1.5$, $K_d = 150$ dengan metode *Tuning Ziegler-Nichols* dimana mampu menjaga kestabilan suhu dengan error 1,5%.

Bayu Prasetyardi Wiratama adalah Mahasiswa D4 Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email: baybull@ymail.com.

Eka Mandayatma adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

Edi Sulistio Budi adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.

Kata Kunci – *Plate Warmer*, PID, Mikrokontroler.

I. PENDAHULUAN

Inseminasi Buatan (IB) merupakan salah satu upaya pemanfaatan bibit pejantan unggul yang dilakukan secara maksimal dalam rangka perbaikan mutu genetik pada ternak.

Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional peternakan dan produk peternakan, faktor-faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan IB diantaranya ialah mutu semen beku sapi. Mutu semen beku sapi yang memenuhi standar harus didukung oleh penanganan yang baik dan benar agar mutu semen beku sapi dapat dipertahankan sehingga siap untuk diinseminasikan. [6]

Berdasarkan survei yang telah dilakukan, operator BBIB (Balai Besar Inseminasi Buatan) melakukan pemeriksaan pada semen beku sapi yang

dikemas dalam bentuk *straw* dengan cara dicairkan setelah mengalami pembekuan (*Post Thawing*) dengan suhu antara 37°C sampai 38°C selama 15 detik sampai dengan 30 detik untuk mengkondisikan keadaan semen sapi seperti didalam suhu badan sapi. Setelah proses pencairan (*Post Thawing*), operator BBIB melakukan pemeriksaan motilitas (keaktifan) sel semen sapi dengan suhu 37°C pada meja penghangat yang dilakukan dibawah mikroskop dimana proses tersebut bertujuan untuk mengetahui sel semen sapi tersebut masih bermutu dengan baik atau tidak.

Atas dasar pertimbangan dan alasan tersebut, penulis membuat suatu alat pemanas untuk semen beku sapi dengan suhu 37°C - 38°C yang akan digunakan operator untuk pemanas guna membantu proses pemeriksaan sel semen beku.

Untuk mendapatkan suhu sesuai dengan setpoint yang diinginkan maka pada alat ini menggunakan metode PID (*Propositional, Integral, dan Derivative*) sebagai kontrol suhu agar tetap stabil.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sel Semen Sapi Pada BBIB

Inseminasi Buatan (IB) adalah penyampaian selsemen sapi kedalam saluran reproduksi betina dengan bantuan alat-alat buatan manusia. Hal ini termasuk dalam kategori rekayasa genetik. Secara alami, semen disampaikan melalui perkawinan alam, dimana semen merupakan cairan spermatozoa dan plasma seminalis yang mengandung sel-sel kelamin jantan yang dapat digunakan untuk proses pembuahan.

Semen beku sapi memiliki dua kemasan penyimpanan, yaitu dalam bentuk *straw* (bentuk pipet) dengan ukuran mini *straw* volume 0,25ml dengan jumlah sel spermatozoa minimal 25 juta dan medium *straw* volume 0,25ml dengan jumlah sel spermatozoa minimal 30 juta. Pengemasan semen kedalam *straw* dilakukan didalam lemari es agar temperaturnya tetap pada 5°C . [6]

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, semen yang berasal dari pejantan unggul, sehat, bebas dari penyakit hewan menular yang diencerkan sesuai prosedur proses produksi dan dikemas dalam *straw*, kemudian didinginkan sehingga menjadi semen beku dan disimpan didalam rendaman nitrogen cair pada suhu -196°C dalam kontainer kriogenik.

Semen beku yang akan dipakai, dikeluarkan dari dalam kontainer dan harus dicairkan kembali sebelum disampaikan kedalam organ reproduksi betina pada saat inseminasi. Proses pencairan kembali biasa disebut *thawing* dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan memasukkan ke dalam bejana berisi air dengan temperature 40°C selama 35–40 detik. Kemudian *straw* dikduarkan dari dalam bejana, dikeringkan dan digenggam selama 35-40 detik. Kemudian pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan meja penghangat (*Plate Warmer*) dibawah Mikroskop dengan suhu 37°C-38 °C.

2.2 *Plate Warmer*

Plate Warmer adalah sebuah objek yang menghasilkan panas atau mampu memanaskan objek lain. Pemanas banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik pada kehidupan rumah tangga maupun pada industri. Bentuk dan tipenya pun beragam sesuai dengan fungsi, dan objek yang dipanaskan.

Plate Warmer merupakan pemanas yang dipakai untuk bekerja dibawah Mikroskop. Panas yang dihasilkan oleh *Plate Warmer* berasal dari kawat yang bertahanan (*resistance wire*) yang umunya menggunakan *nikelin* sebagai bahan. *Nikelin* tersebut dialiri arus listrik pada kedua ujungnya, dan dilapisi oleh isolator agar aman saat digunakan.

2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut *single chip mikrokomputer*. Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik, berbeda dengan PC (*Personal Computer*) yang memiliki beragam fungsi.[2]

ATmega 16 adalah salah satu jenis mikrokontroler CMOS 8-bit buatan ATMEL keluarga AVR. IC ATmega 16 mempunyai empat buah *port*. *Port A* sebagai *input* pengonversi dari sinyal analog menjadi sinyal digital. *Port B* dapat difungsikan sebagai *port download* dan *upload* program. *Port C* sebagai *port I/O* biasa. Dan *port D* dapat digunakan sebagai *port komunikasi serial*.

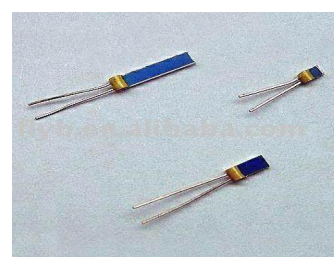
PDIP			
(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 2.1 Pin Konfigurasi ATmega 16

2.4 Sensor Suhu RTD

Resistance Thermal Detector (RTD) atau dikenal dengan Detektor Temperatur Tahanan adalah sebuah alat yang digunakan untuk menentukan nilai atau besaran suatu temperatur/suhu dengan menggunakan elemen sensitif dari kawat platina, tembaga, atau nikel murni, yang memberikan nilai tahanan yang terbatas untuk masing-masing temperatur di dalam kisaran suhunya.

PT100 adalah sensor temperatur digital yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler lewat antarmuka melalui pengkondisi sinyal. Sensor ini dikemas secara khusus sehingga cocok digunakan sebagai sensor di ruangan/pada lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi. [1]



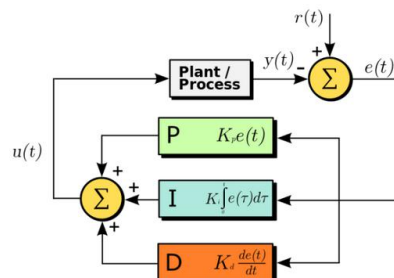
Gambar 2.2 Bentuk fisik sensor PT100

2.5 PID (*Proportional-Integral-Derivative*)

PID (dari singkatan bahasa *Proportional-Integral-Derivative controller*) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu Proportional, Integratif dan Derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari respon yang di inginkan terhadap suatu plant.

2.5.1 Struktur Dasar PID

Struktur dasar sistem PID dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.3 Struktur Dasar Sistem PID

*) Sumber : Hossain, 2012

- a. Pengontrol *Proportional* (P)
 Pengontrol *proportional* memiliki keluaran yang sebanding atau *proportional* dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang di inginkan dengan harga

aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran pengontrol *proportional* merupakan perkalian antara konstanta *proportional* dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengeluarkan *output* sinyal sebesar konstanta pengalinya. Sehingga pengaruhnya pada sistem sebagai berikut :

1. Menambah atau mengurangi kestabilan.
2. Dapat memperbaiki respon transien khususnya : *rise time, settling time.*
3. Mengurangi (bukan menghilangkan) *Error steady state.*

b. Pengontrol *Integral* (I)

Pengontrol *integral* berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan stabil nol. Jika sebuah *plant* tidak memiliki unsur integrator ($1/s$), pengontrol *proportional* tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan stabilnya nol. Dengan pengontrol *integral*, respon sistem dapat diperbaiki, yaitu mempunyai kesalahan keadaan stabilnya nol. Sehingga pengaruhnya pada sistem sebagai berikut :

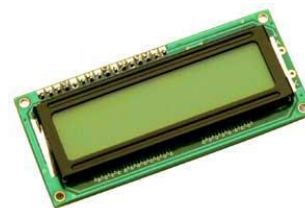
1. Menghilangkan *Error Steady State.*
2. Respon lebih lambat (dibandingkan dengan P).
3. Dapat Menambah Ketidakstabilan (karena menambah orde pada sistem).

c. Pengontrol *Derivative* (D)

Keluaran pengontrol *Derivative* memiliki sifat seperti halnya suatu operasi differensial. Perubahan yang mendadak pada masukan pengontrol, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Sehingga pengaruhnya pada sistem sebagai berikut :

1. Memberikan efek redaman pada sistem yang berosilasi sehingga bisa memperbesar pemberian nilai K_p .
2. Memperbaiki respon transien, karena memberikan aksi saat ada perubahan *error.*
3. D hanya berubah saat ada perubahan *error*, sehingga saat ada *error* statis D tidak beraksi. Sehingga D tidak boleh digunakan sendiri. [1]

2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

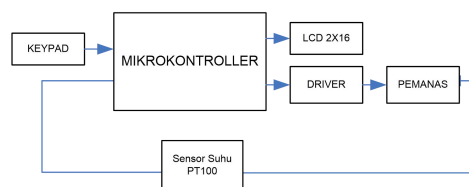


Gambar 2.4 Display LCD 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan suatu alat yang digunakan sebagai tampilan *display*. Yang mana *display* yang ditampilkan LCD ialah data yang dikirimkan oleh sistem. *Display* LCD akan menampilkan suhu pada Kontrolernya dilengkapi dengan karakter yang dapat dibuat sendiri.

III. METODOLOGI

3.1 Perancangan *Hardware*



Gambar 3.1 Diagram Blok Perancangan Hardware

Keterangan :

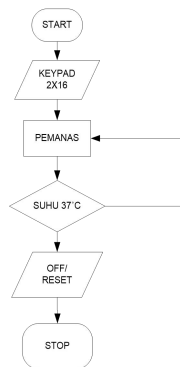
1. Sensor Suhu PT100
Sensor suhu PT100 berfungsi sebagai *feedback* dari pemanas jika suhu sudah sesuai dengan *setpoint* yang diberikan. Dalam perancangan ini sensor suhu PT100 yang digunakan berbahan *flat film* dikarenakan bentuk sensor yang kecil. Untuk melakukan *feedback*, sensor PT100 membutuhkan adanya pengkondisi sinyal dimana pengkondisi sinyal menjadikan sinyal-sinyal lemah dari sensor menjadi sinyal tegangan analog yang lebih kuat.
2. Mikrokontroller
Mikrokontroller digunakan sebagai pengontrol sistem secara keseluruhan. Pada perancangan alat pemanas ini, Mikrokontroller yang digunakan adalah ATmega16 dimana ATmega16 memiliki kecepatan pengolahan data hingga 16MHz.
3. Rangkaian *Driver*
Rangkaian ini berfungsi sebagai penggerak tegangan dan arus, sehingga suhu pemanas tetap terkontrol. Rangkaian *driver* pada perancangan alat pemanas ini menggunakan *Optocoupler* dan MOSFET.
4. LCD

Pada perancangan alat ini terdapat LCD2x16 yang berfungsi sebagai penampil suhu.

5. Pemanas (Heater)

Berfungsi sebagai output dari diagram blok ini. Dalam perancangan ini, pemanas menggunakan plat Alumunium, mika isolator, dan *nikelin*.

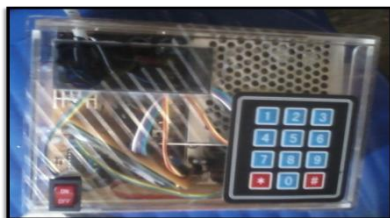
3.1.1 Prinsip kerja Alat



Gambar 3.2 Diagram alur sistem

Berdasarkan diagram alur sistem diatas adalah pertama operator menekan saklar guna menghidupkan pemanas, kemudian operator memasukkan data yang diinginkan pada keypad dan ATmega16 mengolah data untuk menampilkan data masukannya pada LCD2x16, kemudian pemanas mulai memanaskan hingga suhu yang telah dimasukkan operator. Suhu *real time* juga ditampilkan pada LCD2x16, agar operator dapat memantau suhu yang telah tercapai setelah suhu *real time* sesuai dengan *set point*, maka kita dapat meletakkan preparat untuk mengamati motilitas sel semen sapi.

3.1.2 Desain mekanik



Gambar 3.3 desain mekanik Box Plate Warmer



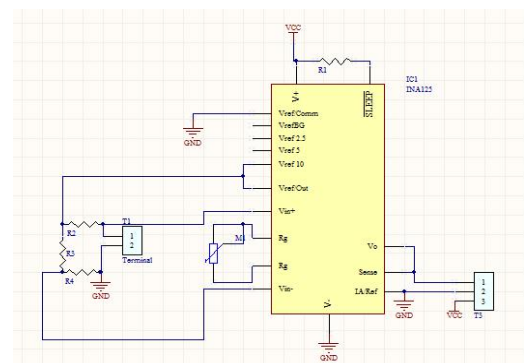
Gambar 3.4 desain mekanik Plate Warmer

Dimensi plat berukuran 12cm x 13cm, dengan diameter lubang tengah sebesar 3,2cm. Terbuat dari Alumunium untuk bagian pelindung luarnya, sedangkan bagian dalam terdapat 2 mika isolator dengan ukuran yang sama dan 1 mika isolator berbentuk bulat yang memiliki diameter lubang tengah sebesar 3,4cm diapit dikedua mika isolator lainnya.

3.1.3 Spesifikasi Alat

- a. Spesifikasi Elektronik
 1. Range suhu 29°C - 40°C
 2. Penggunaan diatas meja ukur mikroskop
 3. Set point Keypad
 4. Penampil LCD2x16
 5. Sumber jala-jala PLN 220V_{ac}
 6. Sensor suhu PT100
- b. Spesifikasi Box dan Plat Warmer
 1. Dimensi box alat berukuran panjang = 13 cm, lebar = 13 cm, dan tinggi = 6 cm.
 2. Dimensi plate warmer berukuran 12 cm x 13 cm.

3.1.4 Rangkaian Sensor Suhu



Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Suhu

Untuk dapat digunakan, sensor suhu PT100 yang outputnya berupa resistansi diintegrasikan dengan rangkaian jembatan *wheatstone* agar dapat menghasilkan output berupa tegangan dengan range yang sesuai dengan input yang dibutuhkan oleh IC INA125P sebagai pengkondisi dan penguat sinyal yang menghasilkan tegangan penguatan sesuai dengan range yang dapat menjadi input bagi mikrokontroler. Dengan rumus rangkaian jembatan *wheatstone* diperoleh nilai penyetimbang yaitu R4 yang dapat menyetimbangkan nilai resistansi PT100 yang diukur pada suhu 0° C dengan perhitungan:

$$R4 = \frac{R2}{R1} \times R3$$

$$R4 = \frac{100\Omega}{100\Omega} \times 100\Omega$$

$$R_4 = 100\Omega$$

Untuk menghasilkan penguatan bagi *output* sensor PT100 agar sesuai dengan kebutuhan Mikrokontroler, maka nilai penguatan harus diperhitungkan. Untuk menghitung nilai penguatan yang dibutuhkan menggunakan rumus persamaan berikut :

$$Gain = 4 + \frac{60K\Omega}{R_G}$$

Maka :

$$Gain = 4 + \frac{60K\Omega}{3750\Omega}$$

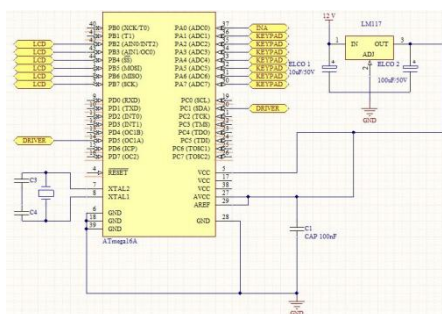
$$Gain = 20x \text{ penguatan}$$

Dimana :

Gain = nilai penguatan

R_G = nilai R penguatan

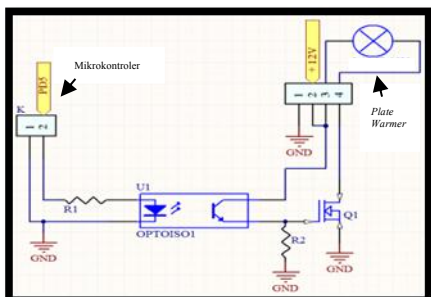
3.1.5 Skematik Rangkaian Mikrokontroler



Gambar 3.6 Skematik Rangkaian Mikrokontroler

3.1.6 Rangkaian *Driver* Pemanas

Rangkaian *Driver* ini memiliki 1 buah *Optocoupler* bertipe 4n25 dan 1 buah MOSFET bertipe IRF3205 yang memiliki peran yakni, *Optocoupler* sebagai penyambung arus listrik DC yang terhubung dengan MOSFET IRF3205 dan perangkat *output*.



Gambar 3.7 Rangkaian *Driver* Pemanas

3.1.7 Perancangan PID

Pada penelitian ini sistem kontrol PID ini, ada beberapa tahapan untuk mendapatkan nilai parameter PID, yaitu *tuning* menggunakan metode kurva reaksi *Ziegler-Nichols*. Dalam perancangan kontroler ini menggunakan kurva reaksi karena parameter yang diukur adalah suhu dimana jika menggunakan metode osilasi maka akan membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan respon osilasi yang berkesinambungan, sehingga diputuskan untuk menggunakan metode kurva reaksi.

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengambil respon dari *plant* tanpa kontroler dapat diperoleh *eksperimental* dengan masukan *unit step*, untuk mendapatkan nilai L dan T dari kurva reaksi.

Langkah kedua yang dilakukan adalah mengambil garis singgung terhadap kurva reaksi guna mengetahui waktu mati/tunda (L) dan konstanta waktu (T) sebagai acuan untuk menghitung parameter PID.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Rangkaian LCD

Pengujian rangkaian ini sebatas pengeluaran data dari mikrokontroler untuk ditampilkan di *display* LCD 16x2.



Gambar 4.1 Pengujian rangkaian LCD

4.2 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu PT100 bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor suhu PT100 dalam membaca perubahan suhu yang terjadi di dalam pemanas. Pengujian ini dilakukan pada sensor suhu PT100 yang dihubungkan pada rangkaian jembatan *wheatstone* dan rangkaian penguat sinyal instrumen *amplifier* INA125P. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan pembacaan suhu dengan menggunakan *thermometer*.

Tabel 4.2 Hasil pengujian Sensor Suhu

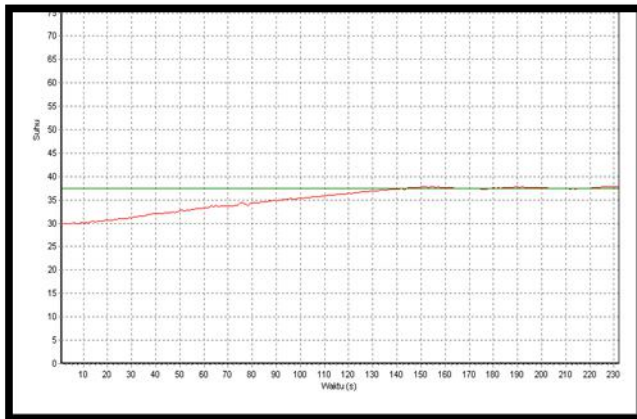
No	Sensor suhu	<i>thermometer</i>	<i>Error (%)</i>
1	28	28	0
2	29	29	0
3	30	29	1,6
4	31	30	1,4
5	32	31	1,6

6	33	32	1,1
7	34	33	1,4
8	35	34	1,6
9	36	35	1,1
10	37	36	1,5
11	38	37	1,1
12	39	38	1,5
13	40	39	1,4

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan masih memiliki *error* rata-rata 1,5%, namun *error* masih terbilang kecil sehingga dapat digunakan sebagai sensor suhu.

4.3 Pengujian Kontrol PID

Pada pengujian ini parameter PID yang sudah didapatkan dari hasil *tuning* sebelumnya dimasukkan kedalam program dan diuji secara langsung terhadap *plant* dengan setpoint 37°C.



Gambar 4.3 Respon Sistem dengan Kontrol PID

Berdasarkan respon sistem menunjukkan bahwa nilai parameter PID sudah berjalan dengan baik dan mampu mempertahankan suhu *setpoint* 37°C tetap stabil dimana nilai parameter yang diberikan adalah $K_p = 30$, $K_i = 1.5$, $K_d = 150$.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian alat semen beku sapi ini diperoleh kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Alat pemanas ini dapat menstabilkan suhu terkontrol dengan menggunakan metode PID dimana nilai parameter yang didapatkan sebesar $K_p = 30$, $K_i = 1.5$, dan $K_d = 150$.
2. Alat pemanas ini dapat dibuat dengan menggunakan bahan-bahan yang mudah diperoleh, dengan hasil bentuk yang lebih *portable* dari alat yang telah ada.
3. Bahwasanya alat pemanas ini dapat menghasilkan suhu terkontrol dimana pada

pengujian memberikan pembacaan suhu dengan *error* 1,5%.

B. Saran

1. Rangka dari alat pemanas ini harus dibuat lebih ringkas lagi, baik *plate warmer* maupun *box* akrilik agar penggunaan alat lebih efisien.
2. Pada skripsi ini dapat menggunakan metode kontrol lainnya selain PID dan Logika Fuzzy.

DAFTAR PUSTAKA

[1]Ardhian Satrio Adi Nanda, dan Winahyu Tri Mulatsih. 2013. “*Pengontrol Suhu Dan Ph Pada Alat Inokulasi Dan Fermentasi Dalam Proses Pembuatan Yoghurt Berbasis Mikrokontroler*”, TA, Politeknik Negeri Malang.

[2] Ali, Muhammad. 2004. *Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID Dengan Software Matlab*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

[3] Andrianto, Heri. 2008. *Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmega16*. Bandung: Informatika.

[4] Arief Budi Wiyono, dan Dita Ayu Puspita Sari. 2013. “*Pemanas Susu Dengan Pengaturan Susu Berbasis Mikrokontroler*”, TA, Politeknik Negeri Malang

[5] Atmel Corporation. 2006. *8 bit AVR Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash*. www.atmel.com diakses tanggal 3 Maret 2015.

[6] BSN, 2008. “*Semen Beku Sapi Bagian 1* ”. <http://www.bsn.go.id/semen> beku sapi, (diakses pada: 15 November 2014)

[7] Eko Agustawan, dan Samsul Ma’arif. 2006. “*Rancang Bangun Alat Penghisap Rokok Dan Pendeteksi Suhu Ruangan Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler*”, TA, Politeknik Negeri Malang.

[8] Enggar Krisnandi, dan Indra Nugroho, 2011, “*Pengaturan Suhu Dan Waktu Pada Water Bath Untuk Sample Darah Di Laboraturium Medis*”, TA, Politeknik Negeri Malang

[9] Fadhil Amir Wilaga, dan Ason Hananda. 2013, “*Modul Laboraturium Pengaturan Suhu Dan Level Berbasis Data Akuisisi*”, TA, Politeknik Negeri Malang.