	<p>KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145</p>	<p>KODE PJ-01</p>
---	---	------------------------------

**PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

NAMA : JEFRY SUGIHATMOKO
NIM : 10506030711003 - 63
PROGRAM STUDI : TEKNIK KONTROL
**JUDUL SKRIPSI : APLIKASI KONTROLER PID DALAM PENGENDALIAN SUHU
INKUBATOR BAYI PREMATUR BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA
2560**

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Ir. Purwanto, MT.
NIP. 19540424 198601 1 001

Rahmadwati, ST., MT., Ph.D
NIP. 19771102 200604 2 003

**APLIKASI KONTROLER PID DALAM PENGENDALIAN SUHU
INKUBATOR BAYI PREMATUR BERBASIS MIKROKONTROLER
ATMEGA 2560**

PUBLIKASI JURNAL SKRIPSI
Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

JEFRY SUGIHATMOKO
NIM. 105060307111003 – 63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2015

APLIKASI KONTROLER PID DALAM PENGENDALIAN SUHU INKUBATOR BAYI PREMATUR BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA2560

Jefry Sugihatmoko.¹, Ir. Purwanto, MT.², Rahmadwati, ST., MT., Ph.D.²

¹Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, ²Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email: jefryes7@gmail.com.¹, purwanto@ub.ac.id.², rahma@ub.ac.id.²

Abstrak- Inkubator bayi prematur merupakan suatu alat untuk memberikan kehangatan pada suhu bayi prematur. Inkubator ini sangat dikhususkan untuk bayi prematur, karena bayi tersebut tidak memiliki daya tahan tubuh yang cukup dan belum mampu untuk mempertahankan suhu tubuhnya dari pengaruh suhu lingkungan luar. Sekarang ini inkubator menggunakan kontrol *on/off* dan beberapa kasus menggunakan metode pengaturan secara manual yang memerlukan pengamatan secara terus menerus. Hal tersebut cukup tidak efisien. Pada penelitian ini telah dirancang sistem pengendalian suhu inkubator secara otomatis dengan menggunakan kontrol PID, sehingga suhu ruang inkubator dapat menyesuaikan secara otomatis berdasarkan *setpoint* yang diinginkan. Sistem pemanasan ruangan inkubator ini menggunakan lampu yang dikontrol oleh dimmer yang diputar dengan motor DC servo agar dapat menghasilkan suhu panas sesuai *setpoint*. Saat suhu mendekati *setpoint*, suhu akan diratakan keseluruhan ruang inkubator dengan bantuan kipas DC. *Setpoint* suhu yang digunakan sebesar 37°C. Dari hasil pengujian alat yang telah dilakukan, didapatkan parameter PID dengan metode satu *Ziegler-Nichols* yaitu $K_p = 12,05$, $K_i = 0,13$, $K_d = 271,2$.

Kata kunci- *inkubator, bayi prematur, PID, dimmer, Ziegler-Nichols.*

I. PENDAHULUAN

Bayi prematur adalah bayi yang lahir dengan usia kehamilan kurang dari 37 minggu. Bayi yang terlahir prematur akan rentan terhadap infeksi penyakit dari luar karena tidak memiliki ketahanan tubuh yang cukup. Untuk mengoptimalkan kesehatan tubuhnya diperlukan beberapa cara dengan memperhatikan suhu tubuhnya, memperhatikan asupan gizinya, memberikan ASI, memberikan imunisasi.[3]

Menjaga suhu tubuh bayi prematur sangat penting, karena tubuh bayi prematur belum memiliki pengaturan suhu tubuh yang baik. Apabila hal tersebut dibiarkan maka bayi akan kehilangan seluruh panas tubuhnya sehingga mengalami hipotermia. Bayi prematur memerlukan suhu ruang 36,5°C – 37,5°C agar kesehatan tubuhnya tetap terjaga. Pada umumnya pemberian suhu tubuh yang hangat

pada bayi prematur adalah dengan menggunakan metode KMC (*Kangaroo Mother Care*) yaitu sebuah metode perawatan bayi prematur dengan cara meletakkan bayi di pelukan ibunya untuk menyalurkan kehangatan pada si bayi. Namun metode tersebut tidak dapat dilakukan disaat si ibu harus meninggalkan bayinya, maka diperlukan sebuah alat penghangat untuk si bayi yang dapat memberikan kehangatan sesuai dengan suhu yang diperlukan bayi prematur yang disebut inkubator. [5]

Banyak inkubator bayi yang memberikan suhu yang diperlukan bayi prematur masih menggunakan kontrol *on/off* dan beberapa kasus menggunakan metode pengaturan secara manual yang membutuhkan pemantauan secara terus menerus, dimana error suhu setting dengan suhu aktual masih besar. Sehingga pada skripsi ini dibuatlah sebuah alat inkubator bayi prematur dengan metode kontrol PID. PID adalah kontroler yang merupakan gabungan dari kontroler proporsional, integral, dan derivatif. Gabungan dari ketiga kontroler tersebut diharapkan dapat menghasilkan keluaran sistem yang stabil karena dapat saling menutupi kekurangan. Keuntungan dari kontroler PID adalah sistem yang sederhana sehingga lebih cepat mengambil sebuah keputusan. Sehingga diharapkan dengan penggunaan PID performa sistem menjadi stabil dan reaksi sistem menjadi cepat keluaran sistem sesuai yang diinginkan. Dari beberapa kelebihan kontroler PID tersebut diharapkan alat inkubator bayi prematur memiliki kontrol suhu yang stabil dan otomatis sesuai yang diinginkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Inkubator Bayi

Inkubator Bayi merupakan salah satu alat elektromedik yang berfungsi memberikan perlindungan pada bayi yang terlahir prematur dengan cara memberikan suhu yang stabil agar panas tubuh bayi tetap terjaga.

Umumnya inkubator bayi dirancang secara otomatis sehingga suhu dalam ruangan tetap stabil. Inkubator bayi memiliki tempat kontrol yang terbagi menjadi 2 bagian (bagian atas dan bagian bawah). Bagian atas umumnya sebagai tempat peletakan sensor suhu, display dan peralatan elektronik. Pada bagian bawah umumnya digunakan sebagai tempat aktuatur pemanas (*heater*) dan kipas untuk sirkulasi dan perata suhu udara.



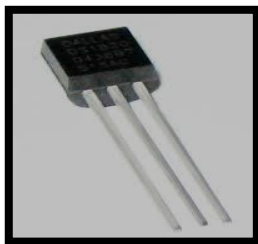
Gambar 1. Inkubator Bayi

B. Sensor Suhu DS18B20

DS18B20/WPRF adalah sensor temperatur digital yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler lewat antarmuka 1-Wire®. Sensor ini dikemas secara khusus sehingga kedap air, cocok digunakan sebagai sensor di luar ruangan / pada lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi. Bentuk fisik sensor ini dapat dilihat pada Gambar 2.2. Sensor ini menggunakan IC DS18B20 dari Dallas Semiconductor (sekarang bagian dari Maxim Integrated sejak akuisisi tahun 2001), dengan fitur sbb:

- Antarmuka 1-Wire yang hanya membutuhkan 1 pin I/O untuk komunikasi (plus GND).
- Memiliki nomor identifikasi unik (64 bit), memudahkan aplikasi pendeteksi suhu multi yang terdistribusi.
- Tidak membutuhkan komponen eksternal tambahan selain 1 buah *pull-up* resistor.
- Catu daya dapat dipasok dari jalur data dengan tegangan antara 3 hingga 5,5 Volt DC.
- Tidak membutuhkan daya pada mode siaga.
- Dapat mengukur suhu antara -55°C hingga 125°C dengan akurasi 0,5°C pada -10°C s.d. +85°C.
- Resolusi termometer dapat diprogram dari 9 hingga 12 bit (resolusi 0,0625°C).
- KLK gaya magnet yang akan mengalir arus eddy. Setiap logam biasanya memiliki hambatan listrik, dan arus yang mengalir dalam logam tersebut akan menghasilkan joule. Kecepatan pendeteksian suhu pada resolusi maksimum kurang dari 750 ms.
- Memiliki memori non-volatile untuk penyetelan alarm.

Bentuk fisik sensor suhu dapat dilihat dalam Gambar:



Gambar 2. Sensor Suhu DS18B20

C. Motor Servo

Motor servo adalah motor dengan sistem *closed feedback* yang berarti posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada dalam motor servo. Motor ini terdiri atas sebuah motor, serangkaian internal *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut putaran servo. Sedangkan sudut sumbu motor servo

diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Gambar fisik dari motor servo dapat dilihat dalam Gambar



Gambar 3. Motor DC Servo

Motor servo mampu bekerja dua arah yaitu CW (*clockwise*) atau searah jarum jam dan CCW (*counter clockwise*) atau berlawanan arah jarum jam yang arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM (*pulse width modulation*) pada bagian pin kontrolnya. Secara umum terdapat dua jenis motor servo, yaitu:

- Motor Servo *Standard* 180°

Motor servo jenis ini merupakan motor yang hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dan mempunyai defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180°.

- Motor Servo *Continuous*

Motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dan tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu) sehingga motor ini berputar 360°.

D. Mikrokontroler Arduino Mega2560

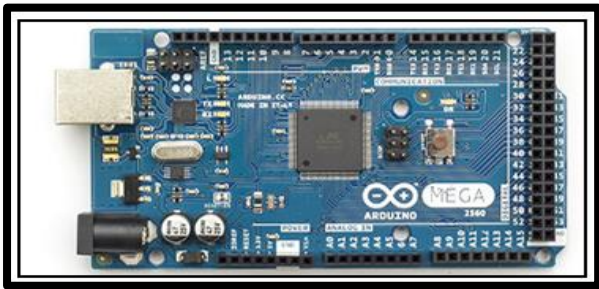
Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560. Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital input/output, sedangkan 15 pin lainnya digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *power jack*, ICSPheader, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar shield yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega

Pin *power* pada board Arduino Mega2560 diantaranya adalah:

- VIN. Tegangan masukan untuk board Arduino ketika menggunakan catu daya eksternal (berbeda dengan 5V yang berasal dari konektor USB atau sumber tegangan yang telah disesuaikan).
- 5V. Pin output ini mengeluarkan tegangan sebesar 5V yang telah disesuaikan menggunakan regulator yang berasal dari board Arduino. Board Arduino dapat dicatu dengan daya yang berasal dari power jack DC (7-

12V), konektor USB (5V), atau pin VIN yang terdapat pada board (7-12V). Mencatu daya pada pin 5V dan 3,3V akan merusak regulator dan board Arduino.

- 3,3V. Merupakan catu daya sebesar 3,3V yang dihasilkan oleh regulator pada board Arduino.
- GND. Merupakan pin *ground*.
- IOREF. Pada board Arduino, pin ini menyediakan tegangan referensi yang dioperasikan oleh mikrokontroler. Shield yang telah dikonfigurasi dengan baik dapat membaca tegangan pin IOREF dan dapat memilih catu daya yang sesuai atau dapat mengaktifkan tegangan translasi pada output yang bekerja pada 5V atau 3,3V.



Gambar 4. Arduino Mega2560

E. Kontroler Proporsional Integral Derivatif (PID)

Gabungan aksi kontrol proporsional, integral, dan derivatif mempunyai keunggulan dibandingkan dengan masing-masing dari tiga aksi kontrol tersebut. Masing – masing kontroler P, I, maupun D berfungsi untuk mempercepat reaksi sistem, menghilangkan *offset*, dan mendapatkan energi ekstra ketika terjadi perubahan *load*.

Persamaan kontroler PID ini dapat dinyatakan dalam persamaan (1) di bawah ini:

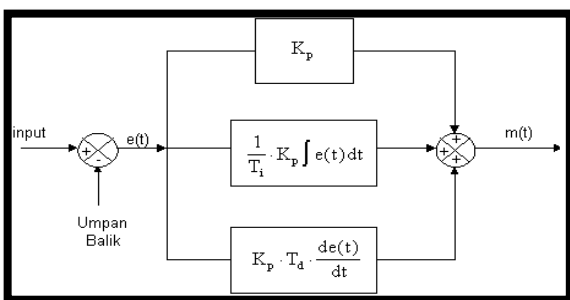
$$m(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Dalam transformasi Laplace dinyatakan dalam persamaan (2) berikut :

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s \right) \quad (2)$$

Ti adalah waktu integral dan Td adalah waktu derivatif.[1]

Gambar 5. menunjukkan diagram blok kontroler PID.



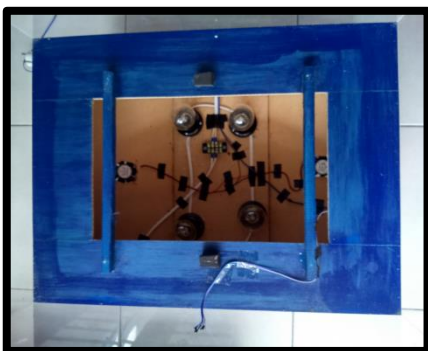
Gambar 5. Diagram Blok Kontroler PID

III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan ini meliputi pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada skripsi ini. Perancangan perangkat keras meliputi perancangan alat inkubator bayi prematur dan perancangan rangkaian elektrik. Sedangkan perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan program pada *software* Arduino 1.0.5

A. Perancangan Inkubator Bayi Prematur

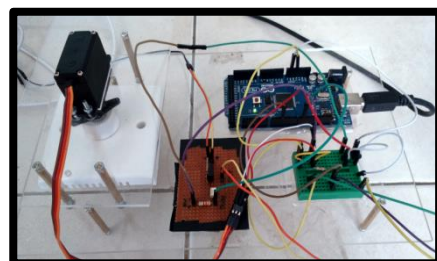
Konstruksi inkubator bayi prematur dapat dilihat dalam Gambar 6.



Gambar 6. Konstruksi Inkubator Bayi Prematur

B. Perancangan Alat.

Rangkaian dapat dilihat pada gambar 7.

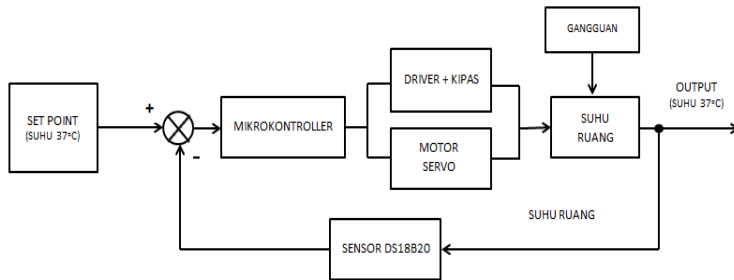


Gambar 7. Rancangan Alat.

C. Perancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini, perancangan perangkat lunak menggunakan program Arduino 1.0.5 dengan pencarian

PID menggunakan metode *Ziegler-Nichols*. Sehingga didapatkan nilai $K_p = 12,053$, $K_i = 0,133$, $K_d = 271,2$. Sistem berjalan dengan cara cara melihat respon perubahan suhu ruang inkubator saat sensor suhu DS18b20 membaca suhu ruang inkubator kemudian Motor DC Servo akan menggerakkan *dimmer* sehingga lampu memanaskan ruang inkubator sampai sesuai dengan suhu yang diinginkan Kerangka perangkat lunak yang dibuat sesuai dengan diagram blok pada Gambar 8.



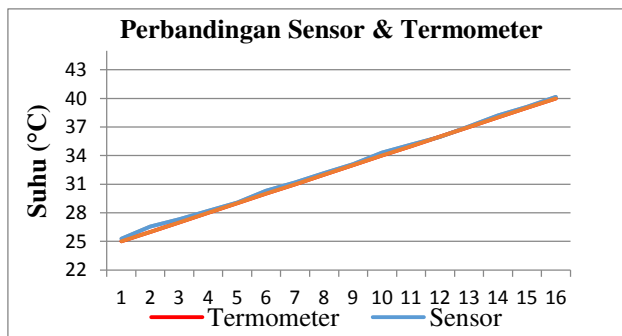
Gambar 8. Diagram Blok Sistem

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian ini meliputi pengujian perangkat keras yang berupa pengujian sensor suhu DS18B20, pengujian motor DC, *driver* kipas, *dimmer* dan pengujian sistem keseluruhan.

A. Pengujian Sensor Suhu DS18b20

Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan kemampuan atau kinerja sensor suhu DS18b20 dengan termometer digital.

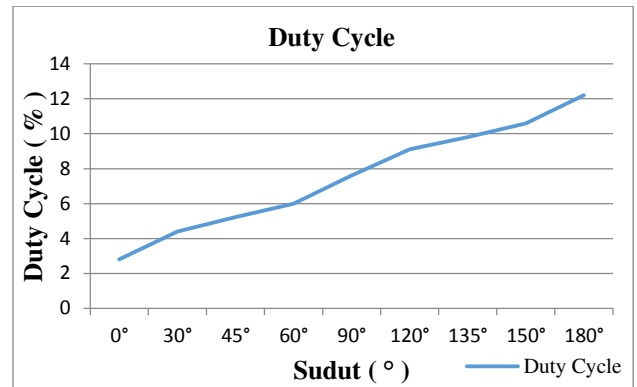


Gambar 9. Hasil Pengujian Sensor dengan Termometer

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DS18b20 memiliki kemampuan yang baik dalam melakukan pembacaan suhu.

B. Pengujian Motor DC Servo

Hasil pengujian sinyal kontrol motor DC servo dapat dilihat pada gambar 10.

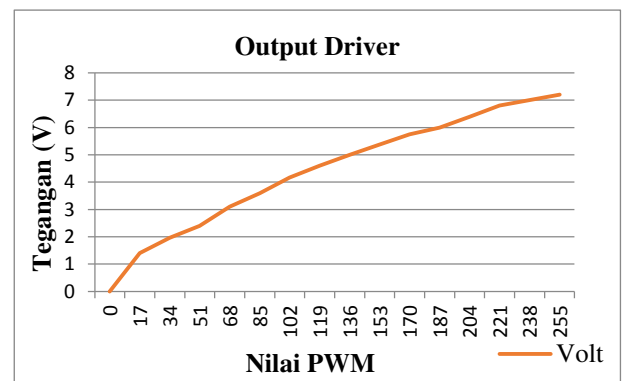


Gambar 10. Hasil Pengujian Sudut Motor DC

Berdasarkan grafik dalam Gambar 10, terlihat bahwa ketika *duty cycle* semakin besar maka sudut perputaran motor servo akan semakin lebar.

C. Pengujian Driver Kipas

Dilakukan pengujian *driver* kipas DC untuk mengetahui output tegangan driver kipas dari perubahan sinyal PWM yang dimasukan melalui program Arduino.



Gambar 11. Hasil Pengujian Driver Kipas

Dapat dilihat pada grafik bahwa semakin besar nilai PWM yang diberikan maka tegangan keluaran *driver* akan semakin besar.

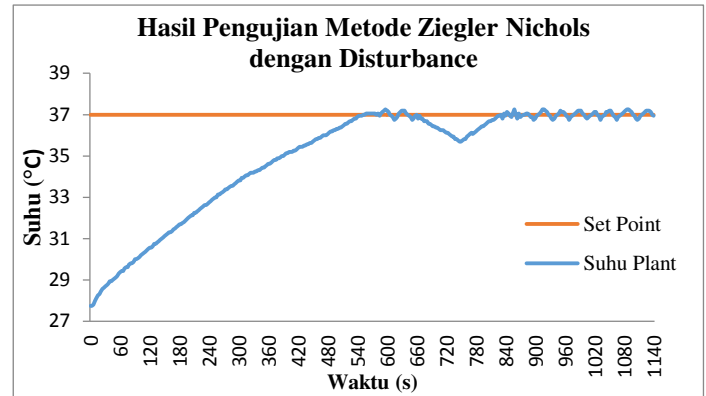
D. Pengujian Dimmer

Hasil pengujian *dimmer* yang digunakan memiliki besar sudut penyalaaan dari posisi *off* ke *on* sebesar 50°. Data hasil pengujian *dimmer* dapat dilihat pada tabel:

Tabel 1. Data hasil pengujian *dimmer*

Sudut Dimmer (°)	Tegangan (V)	Arus (I)	Cos φ	Daya (W)
40	0	0	0	0
50	223,7	0,31	0,45	30
60	223,6	0,32	0,41	29
70	223,2	0,32	0,41	29

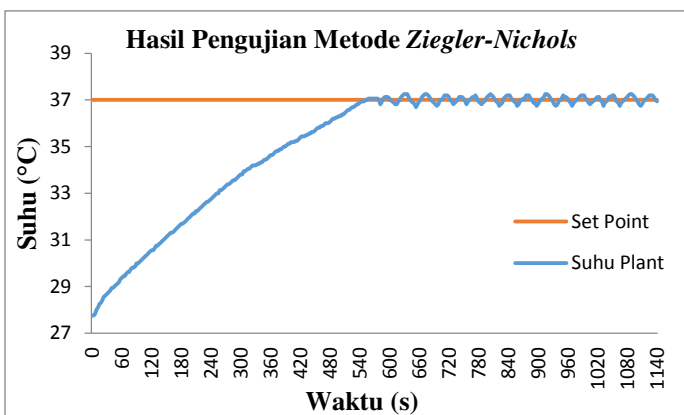
80	223	0,32	0,41	29
90	222,7	0,33	0,46	35
100	222,7	0,34	0,57	39
110	222,6	0,35	0,55	44
120	222	0,36	0,56	45
130	222	0,37	0,57	46
140	221,4	0,38	0,6	50
150	221,5	0,39	0,64	55
160	221,9	0,39	0,68	57
170	221,6	0,4	0,7	62
180	221,3	0,4	0,73	66



Gambar 13. Grafik Respon Sistem dengan Disturbance

E. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pada pengujian sistem dilakukan dengan pemberian nilai $K_p = 12,053$, $K_i = 0,133$, $K_d = 271,2$. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Respon Sistem Keseluruhan dengan Metode Ziegler-Nichols

Error steady state dapat diketahui dengan cara:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ess} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{197} \times 0,617297 \times 100\% \\
 &= 0,31335 \%
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian dengan metode *Ziegler-Nichols* sistem dinyatakan baik karena memiliki *error steady state* kurang dari 2%. Kemudian pengujian selanjutnya dilakukan dengan memberikan *disturbance* pada sistem, yakni dengan cara membuka penutup atas ruang inkubator selama 2 menit. Sehingga didapatkan grafik respon sistem sebagai berikut:

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam pembuatan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat yang dirancang sudah sesuai dengan yang diharapkan, dimana suhu ruang inkubator dapat dipertahankan sesuai dengan *setpoint* dengan rata-rata %Ess sebesar 0,31335%.
2. Dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols* untuk menentukan nilai parameter kontroler PID, maka didapatkan nilai $K_p = 12,053$, $K_i = 0,133$, $K_d = 271,2$.

B. Saran

Dalam pembuatan alat ini disadari bahwa masih memiliki beberapa kekurangan antara lain:

1. Disarankan menggunakan sensor suhu yang memiliki kualitas yang lebih baik dan mekanik yang lebih sempurna.
2. Ditambahkan jumlah sensor untuk mengurangi kesalahan pengukuran suhu, sehingga dapat lebih akurat.
3. Ditambahkan pengaturan kelembaban udara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Pitawarno, Endra. 2006. *Desain Kontrol dan Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta : CV Andi Offset
- [3] Manjoer, Arif. 2000. *Kapita Selekta Kedokteran Edisi Ketiga*. FKUI. Jakarta
- [4] Curtis D., Dohnson.1997.*Process Control Instrumentation Technology Fifth Edition*.New York:Prentice-Hall,Inc.
- [5] Soetrisno, Eddy. 2001. *Pendekatan Baru tentang Perawatan Bayi Hingga Umur 3 Tahun*.Jakarta : Progres.