

# Auto Tuning PID Kontrol Pada Inkubator Bayi

I Putu Pasek Pradipta Rezkyasa, A.A.Adhi Suryawan, dan I Gusti Ngurah Nitya Santhiarsa

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Buki, Jimbaran Bali

---

## Abstrak

Kurangnya jaringan lemak dibawah kulit merupakan salah satu faktor bayi prematur mengalami keadaan hipotermia atau suhu tubuh yang rendah. Selain itu, inkubator bayi juga berguna agar bayi prematur terlindungi dari kontak langsung dengan lingkungan sekitarnya dikarenakan fungsi organ-organ pada bayi prematur belum sempurna. Untuk membuat inkubator bayi dalam keadaan yang ideal bagi bayi prematur, diperlukan suhu sekitar 33 sampai 35 derajat celcius dan kelembaban relatif sekitar 40% sampai 60% agar membantu bayi prematur mempertahankan suhu tubuhnya. Maka dari itu, diperlukan suatu sistem pengendalian otomatis yang dapat mengendalikan suhu dan kelembaban di dalam inkubator bayi agar penanganan bayi prematur dapat ditingkatkan dan mengurangi faktor kelalaian tenaga medis. Diperlukan mikrokontroler Arduino Mega 2560, Arduino Uno, Sensor LM35, Sensor DHT22 untuk mengontrol suhu dan kelembaban di dalam inkubator bayi. Diperoleh hasil pada penelitian prototipe inkubator bayi tanpa beban dan dengan beban 2 kg mencapai suhu kestabilan 34°C dan kelembaban 40% hingga 60% RH di dalam inkubator bayi. Menggunakan metode Auto Tuning PID kontrol pada pengujian tanpa beban, diperoleh nilai maximum overshoot ( $M_p$ ) = 4,9111%, rata-rata sinyal error = 3,8666% dan mencapai keadaan steady state pada detik ke-1023. Pada pengujian dengan beban 2 kg, diperoleh nilai maximum overshoot ( $M_p$ ) = 3,6317%, rata-rata sinyal error = 2,3696% dan mencapai keadaan steady state pada detik ke-5924.

Kata kunci : Arduino Mega 2560; Arduino Uno; Sensor LM35; Sensor DHT22

## Abstract

Lack of fatty tissue under the skin is one of the factors in premature babies experiencing hypothermia or low body temperature. In addition, baby incubators are also useful so that premature babies are protected from direct contact with the surrounding environment because the function of the organs in premature babies is not yet perfect. To make a baby incubator in ideal conditions for premature babies, it requires a temperature of 33 to 35 degrees Celsius and a relative humidity of about 40% to 60% to help premature babies maintain their body temperature. Therefore, we need an automatic control system that can control the temperature and humidity in the infant incubator so that the handling of premature babies can be improved and reduce the negligence factor of medical personnel. An Arduino Mega 2560 microcontroller, Arduino Uno, LM35 sensor, DHT22 sensor is required to control the temperature and humidity in the baby incubator. The results obtained from the research on the prototype of a baby incubator without load and with a load of 2 kg reached a stable temperature of 34 danC and humidity of 40% to 60% RH in the infant incubator. Using the Auto Tuning PID control method on the no-load test, the maximum overshoot value ( $M_p$ ) = 4.9111%, the average error signal = 3.8666% and reaches a steady state at 1023 seconds. In the test with a load of 2 kg, the maximum overshoot value ( $M_p$ ) was obtained = 3.6317%, the average error signal = 2.3696% and reached a steady state at 5924 seconds.

Keywords: Arduino Mega 2560; Arduino Uno; LM35 Sensor; DHT22 Sensor

---

## 1. Pendahuluan

Kurangnya jaringan lemak dibawah kulit merupakan salah satu faktor bayi prematur mengalami keadaan hipotermia atau suhu tubuh yang rendah. Selain itu, inkubator bayi juga berguna agar bayi prematur terlindungi dari kontak langsung dengan lingkungan sekitarnya dikarenakan fungsi organ-organ pada bayi prematur belum sempurna. Untuk membuat inkubator bayi dalam keadaan yang ideal bagi bayi prematur, diperlukan suhu sekitar 33 sampai 35 derajat celcius dan kelembaban relatif sekitar 40% sampai 60% agar membantu bayi prematur mempertahankan suhu tubuhnya [1]. Banyak daerah di Indonesia, khususnya di daerah-daerah pedesaan masih banyak menggunakan inkubator yang sistemnya masih manual. Inkubator manual sangat beresiko bagi bayi karena banyak faktor, terutama kelalaian yang membahayakan bayi

di dalam inkubator. Kasus yang sering terjadi adalah perawat atau tenaga medis lalai dalam memantau dan mengatur temperatur inkubator sehingga suhu di dalam inkubator tidak sesuai dengan kebutuhan bayi. Maka dari itu, diperlukan suatu sistem pengendalian otomatis yang dapat mengendalikan suhu dan kelembaban di dalam inkubator bayi agar penanganan bayi prematur dapat ditingkatkan dan mengurangi faktor kelalaian tenaga medis.

Beberapa permasalahan yang akan diteliti meliputi:

1. Bagaimana merancang auto tuning PID kontrol pada inkubator bayi memiliki signal error  $\leq 5\%$ ?
2. Bagaimana merancang auto tuning PID kontrol pada inkubator bayi memiliki  $M_p$  (Maximum overshoot)  $\leq 5\%$ ?

3. Bagaimana merancang auto tuning PID kontrol untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan mencapai sinyal kestabilan?

Sebagai batasan penelitian kali ini meliputi:

1. Kondisi suhu set point pada inkubator bayi 34° C dan kelembaban 40-60% RH.
2. Pengontrolan suhu dilakukan dalam keadaan steady state.
3. Bayi yang digunakan merupakan bayi tiruan dengan beban 2 kg diasumsikan mampu mewakili keadaan bayi yang sebenarnya.
4. Tidak menganalisa perpindahan panas pada inkubator bayi.
5. Posisi sensor berada pada 15 cm dari bidang depan inkubator, dari bidang samping 12 cm, kemudian sensor suhu diletakkan 30 cm di atas dari posisi bayi.

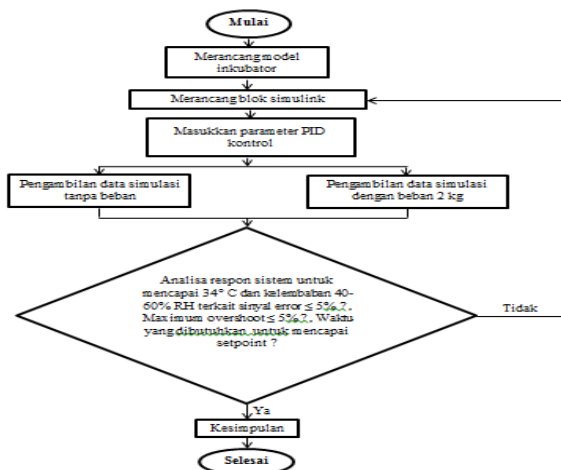
## 2. Dasar Teori

Penelitian kali ini, dilakukan pemodelan inkubator dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan 2 mikrokontroler Arduino Uno yang terintegrasi satu sama lain dengan bantuan filter yang terbuat dari *Electrolite Condensor* 22 μF, 25 volt yang dirangkai menjadi satu kesatuan dengan *Resistor* 2 kilo ohm. Penerapan *auto tuning* PID kontrol dibantu dengan *software Matlab/Simulink*. Agar didapat suhu yang stabil yaitu 34° C dan kelembaban 40-60% RH diperlukan *prototype* inkubator dengan mikrokontroler Arduino. Pemilihan *gain* dari PID secara *Trial* yang tidak tepat akan mempengaruhi temperatur sebagai luaran dari sistem inkubator.

Peralatan-peralatan berikut yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Sebuah laptop
2. *Software MATLAB/Simulink*
3. Termometer
4. Inkubator bayi
5. Mikrokontroler Arduino Mega
6. Mikrokontroler Arduino Uno

## 3. Metode Penelitian



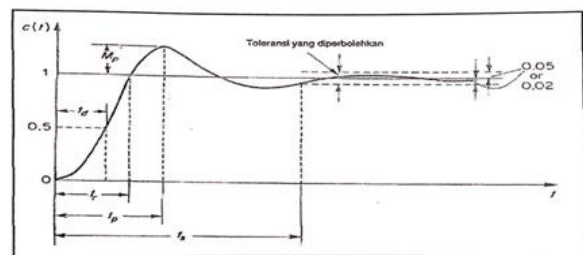
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Parameter-parameter berikut digunakan dalam menentukan karakteristik respon transient pada suatu sistem kontrol [2]:

1. *Delay Time* ( $t_d$ ) adalah waktu yang ditempuh respon transient untuk mencapai setengah dari nilai target.
2. *Rise Time* ( $t_r$ ) adalah waktu yang ditempuh respon transient dari 0% hingga 100% dari nilai targetnya.
3. *Peak Time* ( $t_p$ ) adalah waktu yang ditempuh respon transient untuk mencapai puncak lewatan pada kali pertama.
4. *Maximum Overshoot* ( $M_p$ ) adalah nilai puncak maximum yang diukur dari kurva respon transient. Apabila nilai puncak maximum tidak sama dengan satu, dapat digunakan *Maximum Percentage Overshoot* seperti dibawah ini:

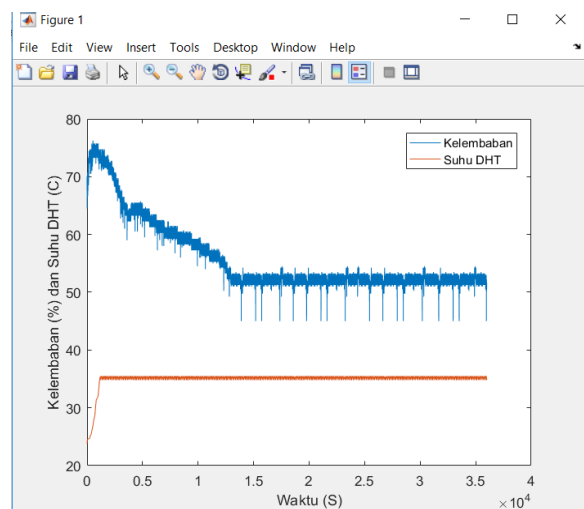
$$\text{Maximum percentase overshoot} = \frac{C(t_p) - C(\infty)}{C(\infty)} \times 100 \quad (1)$$

5. *Settling Time* ( $t_s$ ) dapat diartikan sebagai waktu yang diperlukan kurva respon transient untuk mencapai dan stabil disekitar nilai akhir. *Settling Time* juga dapat diartikan sebagai waktu penetapan yang terkait dengan konstanta waktu terbesar pada suatu sistem kontrol.

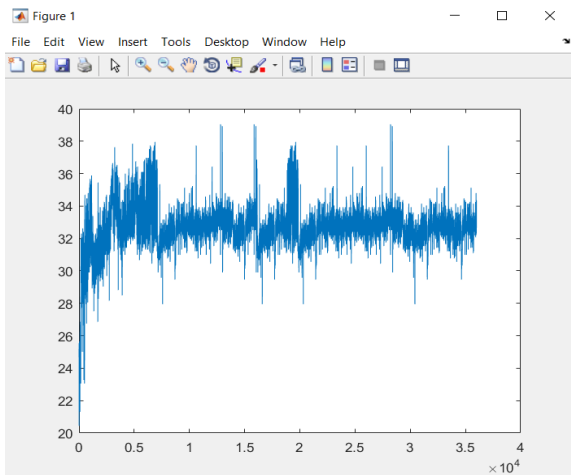


Gambar 2. Karakteristik *response transient*

## 4. Hasil dan Pembahasan



Gambar 3. Grafik kelembaban dan suhu DHT pada simulasi tanpa beban



**Gambar 4. Grafik rata-rata suhu sensor LM35 pada simulasi tanpa beban**

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat di jelaskan dalam parameter-parameter berikut :

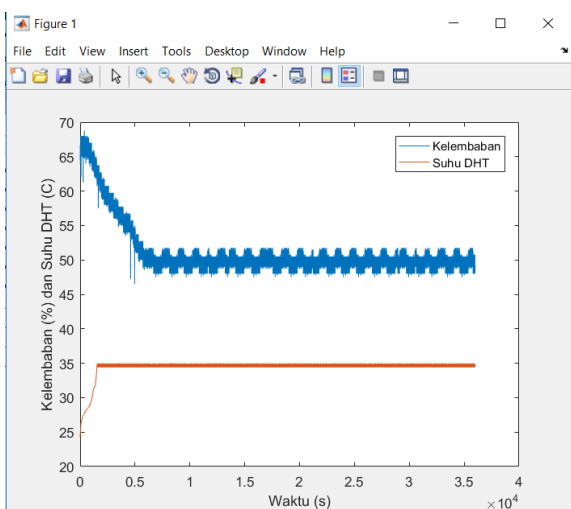
1. Delay time (waktu tunda),  $t_d = 325$  sekon
2. Rise time (waktu naik),  $t_r = 649$  sekon
3. Peak time (waktu puncak),  $t_p = 1009$  sekon
4. Maximum overshoot,

$$Mp = \frac{PV-SV}{SV} \times 100\% = \frac{35,6697998-34}{34} \times 100\% = 4,9111\%$$

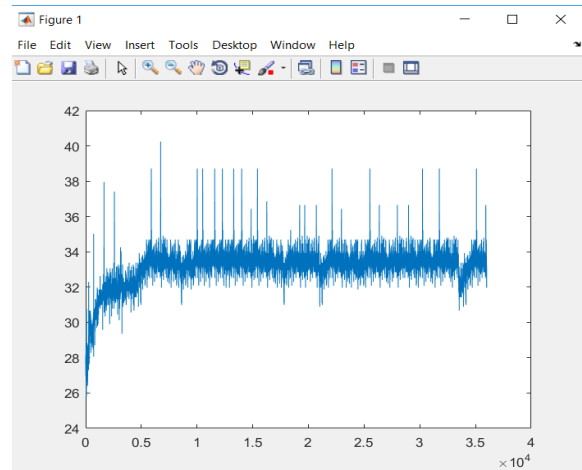
5. Settling time,  $t_s = 1023$  sekon
6. Sinyal error rata-rata  $\bar{e}$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{PV-SP}{SP} \times 100\% \\ &= \frac{47327,68903}{36000} = \frac{1,314658}{34} \times 100\% = 3,8666\% \end{aligned}$$

Berikut adalah data dari pengujian inkubator bayi dengan simulasi beban 2 kg :



**Gambar 5. Grafik kelembaban dan suhu DHT pada simulasi dengan beban 2 kg**



**Gambar 6. Grafik rata-rata suhu sensor LM35 pada simulasi dengan beban 2 kg**

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat di jelaskan dalam parameter-parameter berikut :

1. Delay time (waktu tunda),  $t_d = 1591$  sekon
2. Rise time (waktu naik),  $t_r = 3182$  sekon
3. Peak time (waktu puncak),  $t_p = 5891$  sekon
4. Maximum overshoot,

$$Mp = \frac{PV-SV}{SV} \times 100\% = \frac{35,23480225-34}{34} \times 100\% = 3,6317\%$$

5. Settling time,  $t_s = 5924$  sekon
6. Sinyal error rata-rata  $\bar{e}$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{PV-SP}{SP} \times 100\% \\ &= \frac{29004,07}{36000} = \frac{0,8056686}{34} \times 100\% = 2,3696\% \end{aligned}$$

## 5. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan menambahkan kontrol PID sesuai dengan metode auto tuning pada model Simulink/MATLAB, didapat nilai rata-rata sinyal error  $\bar{e} = 3,8666\%$  pada pengujian inkubator bayi tanpa beban dan rata-rata sinyal error  $\bar{e} = 2,3696\%$  pada pengujian inkubator bayi dengan pemberian beban 2 kg.
2. Dengan menambahkan kontrol PID sesuai dengan metode auto tuning pada model Simulink/MATLAB, didapat nilai  $Mp$  (*Maximum Overshoot*) = 4,9111% pada pengujian inkubator tanpa beban sedangkan nilai  $MP$  (*Maximum Overshoot*) = 3,6317% pada pengujian inkubator bayi dengan pemberian beban 2 kg.
3. Dengan menambahkan kontrol PID sistem mencapai keadaan (*settling time*),  $t_s$  pada

detik ke-1023 saat pengujian *prototype incubator* tanpa beban, kemudian pada pengujian *prototype incubator* dengan beban 2 kg, keadaan *settling time* dicapai pada detik ke-5924.

#### Daftar Pustaka

- [1] Lapono, L., 2016, *Sistem Pengontrolan Suhu Dan Kelembaban Pada Inkubator Bayi. Jurnal Fisika : Fisika Sains dan Aplikasinya*, 1, 1 (Apr. 2016), 12-17.
- [2] Ogata, Katsuhiko, 1996, *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta : Erlangga.



**I Putu Pasek Pradipta Rezkyasa** menuntaskan program sarjananya di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana dari tahun 2013 hingga 2021. Topik penelitian yang diambil dalam menyelesaikan studinya berjudul Auto Tuning PID Kontrol Pada Inkubator Bayi.

Topik yang diminati diantaranya yang berkaitan dengan Robotika dan Sistem Kontrol Otomatis.