

PERANCANGAN KONTROLER PI DENGAN METODE TUNING COHEN-COON UNTUK KENDALI SUHU PADA INKUBATOR BAYI BERBASIS LABVIEW 2014

Sayyuda Faradisa

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail: sayyudafaradisa@mhs.unesa.ac.id

Puput Wanarti Rusimamto

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail: puputwanarti@unesa.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan inkubator bayi digunakan untuk mendapatkan efek panas terhadap tubuh bayi. Sistem yang telah digunakan pada inkubator sampai sekarang ini masih sederhana, sistem kontrol yang digunakan adalah on-off control action. Apabila nilai suhu yang terdeteksi sensor melebihi nilai *setpoint* yang telah ditentukan, maka inkubator akan mematikan sistem. Dan juga sebaliknya, apabila nilai suhu yang terdeteksi sensor masih belum mencapai nilai *setpoint* yang ditentukan, maka inkubator akan terus menyalakan sistem hingga mencapai nilai *setpoint*. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang inkubator bayi otomatis yang dapat memperbaiki hasil respon suhu *plant* inkubator agar tetap stabil sesuai nilai suhu yang ditentukan *setpoint*. Dari penelitian diperoleh nilai konstanta PI dengan metode tuning Cohen-Coon dengan nilai $K_p=157$ dan $K_i=48$. Dengan nilai konstanta PI tersebut mampu menghasilkan respon sistem yang stabil. Saat *setpoint* 33°C didapatkan nilai *Error steadystate* (Ess) sebesar 0.091%, sedangkan pada *setpoint* 34°C memiliki nilai *Error steadystate* (Ess) sebesar 0.147%, dan pada saat *setpoint* 35°C memiliki nilai *Error steadystate* (Ess) sebesar 0.038%. Dari ketiga percobaan yang dilakukan memiliki nilai *Error steadystate* (Ess) yang sangat kecil yaitu tidak lebih dari 1% pada setiap *setpointnya*.

Kata Kunci: Pengaturan Suhu, Inkubator Bayi, Kontroler PI Cohen-Coon

Abstract

The use of baby incubators is used to get the effect of heat on the baby's body. The system that has been used on incubators until now is still simple, the control system used is the on-off control action. If the temperature detected by the sensor exceeds a predetermined setpoint value, the incubator will shut down the system. And, if the temperature detected by the sensor still does not reach the specified setpoint value, the incubator will continue to turn on the system until it reaches the setpoint value. The purpose of this research is to design an automatic baby incubator that can improve the results of the incubator plant temperature response to remain stable according to the setpoint temperature value. From the research, the PI constant value obtained by the Cohen-Coon tuning method with $K_p = 157$ and $K_i = 48$. With the PI constant value can produce a stable system response. At 33°C setpoint, the Error steady-state (Ess) value was 0.091%, while at 34°C setpoint the Error steady-state (Ess) value was 0.147%, and when the 35°C setpoint had an Error steady-state (Ess) value of 0.038%. From these three experiments conducted, it has a very small Error steady-state (Ess) value of no more than 1% for each setpoint.

Keywords: Temperature Control, Baby Incubator, PI Cohen-Coon Controller

PENDAHULUAN

Di era modern ini teknologi berkembang dengan pesat yang mencakup dalam berbagai bidang. Salah satunya adalah pada bidang kesehatan, khususnya peralatan inkubator bayi. Inkubator bayi merupakan salah satu teknologi yang sangat dibutuhkan pada dunia kedokteran, khususnya pada masalah bayi yang lahir prematur. Inkubator bayi berfungsi menjaga temperatur

bayi supaya tetap stabil. Pengaturan suhu yang cukup hangat pada inkubator bayi sangat diperlukan untuk mencegah hipotermi yang akan terjadi pada bayi prematur (Zakiah, 2014). Suhu inkubator bayi adalah 31°C-36°C tapi tetap dilihat dari berat badan bayi, semakin semakin berat semakin rendah suhu dari inkubator bayi (Setyaningsih, 2010).

Pada mulanya inkubator dimanfaatkan untuk mendapatkan efek panas terhadap tubuh bayi, dimana pengontrolan suhu dilakukan secara manual oleh para perawat bayi dengan cara menghidupkan dan mematikan rangkaian pemanas berdasarkan indikator suhu pada termometer (Kurniawan, 2018). Oleh sebab itu, penggunaan inkubator manual digantikan inkubator otomatis karena penggunaan inkubator manual dirasa kurang efisien. Pada inkubator otomatis, pengontrolan dilakukan secara otomatis oleh kontroler melalui sensor suhu (Sanjaya, 2010).

Dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Andris Kurniawan pada tahun 2018 dilakukan pengontrolan suhu atau temperatur inkubator bayi menggunakan PID kontroler dengan metode tuning Ziegler Nichols. Dalam penelitian sebelumnya respon plant inkubator cukup lama dengan menggunakan kontrol PID dengan tuning Ziegler Nichols. Dari permasalahan tersebut maka penulis mengambil judul penelitian "Perancangan Kontroler PI Dengan Metode Tuning Cohen-Coon Untuk Kendali Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis Labview 2014".

KAJIAN PUSTAKA

Inkubator Bayi

Inkubator bayi merupakan alat yang memiliki fungsi untuk mencegah hipotermi atau kondisi dimana tubuh kesulitan dalam mengatur tekanan suhu dingin pada bayi yang baru lahir terutama bayi *premature* atau memiliki berat badan lahir rendah (BBLR) dengan cara menghangatkan suhu ruangan agar dapat mempertahankan suhu badan bayi normal (Harseno, 2016).

Keadaan Bayi

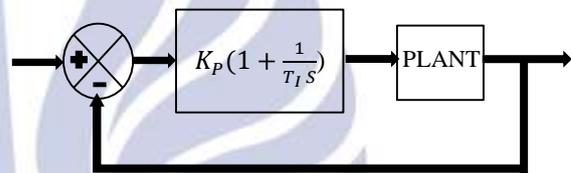
Kesanggupan untuk pembentukan panas dan kemampuan untuk mempertahankan panas sangat terbatas terutama pada bayi prematur. Keadaan ini dapat dihindari dengan segera mengeringkan bayi agar kehilangan panas secara evaporasi dapat dikurangi. Dalam perawatan selanjutnya usaha untuk mempertahankan suhu tubuh dalam Neutral thermal zone adalah salah satu cara yang paling efektif untuk menekan mortalitas bayi premature. Dengan kata lain kita mengusahakan mempertahankan suhu rectal bayi menetap pada 37°C dengan merubah suhu sekitarnya dengan cara memberi pakaian lebih tebal, memberi heater dan kalau fasilitas memungkinkan adalah penggunaan inkubator. Pengaturan suhu inkubator ditentukan berdasarkan berat badan bayi yang terlihat pada Tabel 1 (Surasmi, Asrining dkk, 2013).

Tabel 1. Pengaturan suhu inkubator
(Sumber: Surasmi, Asrining dkk, 2013)

Berat Badan Bayi (Kg)	Temperatur (°C)
1	35 °C
2	34 °C
3	33 °C

PI (Proportional-Integral)

PI (*Proportional-Integral*) merupakan gabungan dari *proportional* (K_p) dan *integral* (K_i). Keuntungan dari gabungan kontroler *proportional* (K_p) dan *integral* (K_i) adalah untuk mempercepat reaksi sebuah sistem dan menghilangkan *offset*. Kontroler dengan kontrol proporsional ditambahkan dengan kontroler integral hubungannya adalah $u(t)$ sebagai *output* dari kontroler dan $e(t)$ adalah sinyal *error*. Pengontrolan PI dilakukan apabila hasil respon tidak mempunyai *overshoot* yang tergolong pada sistem orde satu (*zero off-set %Ess =0%*) (Ogata, 2010).



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Kontrol PI
(Sumber: Ogata, 2010)

Analisis Karakteristik Orde Satu

Dari model matematis sebuah sistem, *orde* dari suatu sistem dapat dilihat dari besar pangkat *variabel s* (dalam *transformasi Laplace*). Suatu sistem dikatakan ber-*orde* satu jika fungsi alihnya mempunyai *variabel s* dengan pangkat tertinggi satu. Bentuk fisisnya bisa berupa rangkaian listrik RC, sistem *termal*, atau sistem lainnya (Ogata, 2010). Model sistem *orde* satu secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \tag{1}$$

Keterangan:

$C(s)$ = *Output* sistem .

$R(s)$ = *Input* sistem.

K = *Gain Overall*.

τ = Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 63,2% (detik) pada *orde* satu.

Untuk menentukan parameter K (*Gain Overall*) jika sistem *linier*, maka hubungan Y_{ss} dengan X_{ss} dapat dituliskan sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_{ss}}{X_{ss}} \tag{2}$$

Keterangan:

X_{ss} = Setpoint.

Y_{ss} = Hasil Respon.

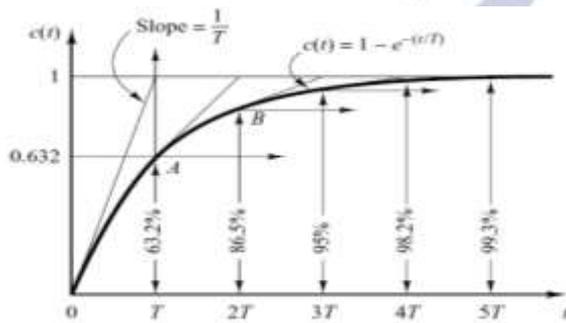
Untuk menentukan konstanta waktu (τ) dapat dihitung melalui respon keluaran sistem ketika mencapai 63,2% dari hasil akhirnya $C(\tau)$ dapat dihitung sebagai berikut :

$$C(\tau) = 0.632 \times Y_{ss} \quad (3)$$

Keterangan:

$C(\tau)$ = Keluaran sistem ketika 63,2% dari hasil akhir.

Bentuk kurva tanggapan *eksponensial* orde satu ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Tanggapan Eksponensial Orde 1 (Sumber: Ogata, 2010)

Rumus analitik untuk perhitungan parameter respon dari orde satu sebagai berikut:

1. Waktu tunda (t_d)

$$T_d = \tau \ln 2 \quad (4)$$

2. Waktu naik (t_r)

- a. Waktu naik (5% -95%)

$$T_r = \tau \ln 19 \quad (5)$$

- b. Waktu naik (10%-90%)

$$T_r = \tau \ln 9 \quad (6)$$

3. Waktu Tunak (t_s)

- a. Waktu tunak (0.5%)

$$T_s = 5\tau \quad (7)$$

- b. Waktu tunak (2%)

$$T_s = 4\tau \quad (8)$$

- c. Waktu tunak (5%)

$$T_s = 3\tau \quad (9)$$

4. Persentase *Error Steady State* (Ess)

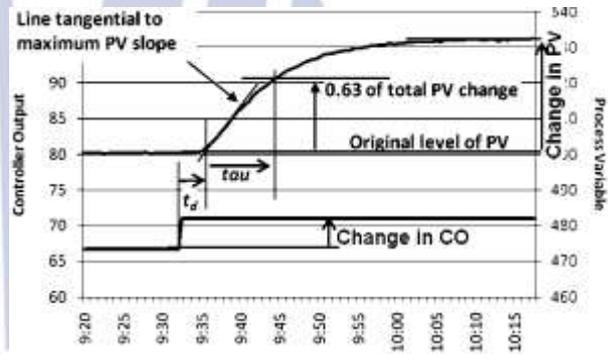
$$Ess = \left| \frac{Y_{ss} - X_{ss}}{X_{ss}} \right| \times 100\% \quad (10)$$

Metode Tuning Cohen-Coon

Penalaan parameter kontroler PID selalu didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang diatur (*Plant*). Dengan demikian betapapun rumitnya suatu *plant*, perilaku *plant* tersebut harus diketahui terlebih dahulu sebelum penalaan parameter PID itu dilakukan. Karena

penyusunan model matematik *plant* tidak mudah, maka dikembangkan suatu metode eksperimental. Metode ini didasarkan pada reaksi *plant* yang dikenai suatu perubahan. Dengan menggunakan metode ini, penalaan kontroler PID dapat dilakukan dengan mudah. Ogata menyatakan hal itu sebagai alat control (Ogata, 2010).

Ada beberapa cara untuk menentukan nilai apa yang digunakan untuk parameter PID dalam pengontrolan, dan menggunakan metode Cohen-Coon adalah salah satu metode. Dengan melihat respons sistem tanpa kontroler, dapat diketahui perubahan langkah secara manual. Menggunakan metode Cohen-Coon, *Respons* sistem dimodelkan ke perubahan langkah sebagai *respons* orde pertama ditambah waktu mati. Dari *respons* ini, tiga parameter: K_p , τ_i , dan τ_d ditemukan. K adalah kondisi mapan keluaran dibagi dengan perubahan langkah *input*, τ adalah konstanta waktu efektif dari respons orde pertama, dan τ_d merupakan waktu mati (Fadzli, 2006). Analisis dari respon dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Analisis respon plant tuning Cohen-Coon (Sumber: Smuts, 2011)

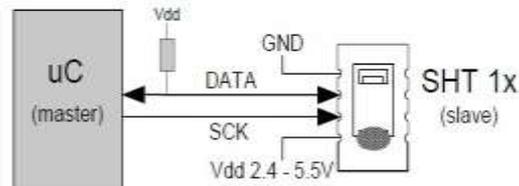
Cohen-coon merupakan pengembangan metode penyetelan PID dari metode Ziegler-Nichols. Metode Cohen-Coon adalah versi yang lebih kompleks dari metode Ziegler-Nichols. Metode ini mirip dengan metode Ziegler Nichols tetapi perbedaannya datang dengan fakta bahwa Cohen-Coon memberikan waktu naik yang lebih cepat. Tabel 2 merupakan rumusan penalaan parameter PID berdasarkan cara kurva reaksi Cohen-Coon.

Tabel 2. Paramater PID metode *tuning* Cohen-Coon (Sumber: Kumar, 2015)

	K_p	T_i	T_d
P	$K_p = \frac{1.03}{g_p} \left(\frac{\tau}{t_d} + 0.34 \right)$		
PI	$K_p = \frac{0.9}{g_p} \left(\frac{\tau}{t_d} + 0.092 \right)$	$T_i = 3.33 t_d \frac{\tau + 0.092 t_d}{\tau + 2.22 t_d}$	
PD	$K_p = \frac{1.24}{g_p} \left(\frac{\tau}{t_d} + 0.129 \right)$		$T_D = 0.27 t_d \frac{\tau - 0.324 t_d}{\tau + 0.129 t_d}$
PID	$K_p = \frac{1.35}{g_p} \left(\frac{\tau}{t_d} + 0.185 \right)$	$T_i = 2.5 t_d \frac{\tau + 0.185 t_d}{\tau + 0.611 t_d}$	$T_D = 0.37 t_d \frac{\tau}{\tau + 0.185 t_d}$

SHT11

Sensor SHT11 adalah sebuah single chip multisensor untuk sensor kelembapan dan suhu ruang yang telah terkalibrasi sempurna sehingga bentuk keluaran sudah dalam bentuk digital. Industri CMOS memproses dengan micromachining yang telah dipatenkan dan memastikan keandalan paling tinggi pada sensor ini dengan stabilitas jangka panjang sempurna. Piranti adalah polimer kapasitif yang merasakan unsur kelembapan relatif dan suatu bandgap untuk sensor temperature (Sulistiyawan, 2011).



Gambar 4. Sensor SHT11
(Sumber: Sensirion, 2008)

PWM

PWM adalah singkatan dari *Pulse Width Modulation*, yaitu teknik yang biasa digunakan untuk mengontrol daya ke perangkat listrik, dibuat praktis dengan *switch* daya elektronik. PWM digunakan untuk mendapatkan hasil analog dengan cara digital atau lebih singkatnya PWM merupakan cara digital tingkat pengkodean analog. Metode PWM merupakan metode untuk pengaturan pemanas dengan cara mengatur *persentase* lebar pulsa *high* terhadap periode dari suatu sinyal persegi dalam bentuk tegangan periodik yang diberikan ke *driver* sebagai pemanas atau dengan kata lain PWM dapat mengatur dengan mudah pemanasan sesuai dengan yang diinginkan (Prayogo, 2012).

METODE PENELITIAN

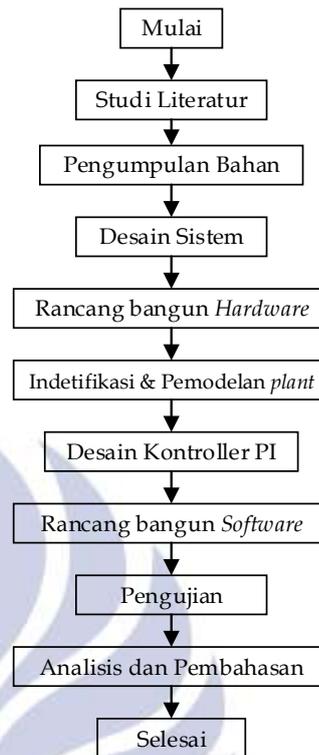
Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Tujuan Penelitian ini adalah menggunakan dan mengembangkan model matematis, teori-teori atau hipotesis tentang alam. Proses pengukuran dalam metode ini berperan sentral pada penelitian kuantitatif karena hal ini memberikan hubungan yang fundamental antara pengamatan empiris dan ekspresi matematis dari hubungan-hubungan kuantitatif (Creswell, 2003).

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur, pengumpulan bahan, desain sistem, rancang bangun *hardware*, identifikasi dan pemodelan *plant* menggunakan analisis karakteristik orde pertama, desain kontroler PI Cohen-Coon, membuat perancangan bangun *software*, melakukan pengujian, dari pengujian akan

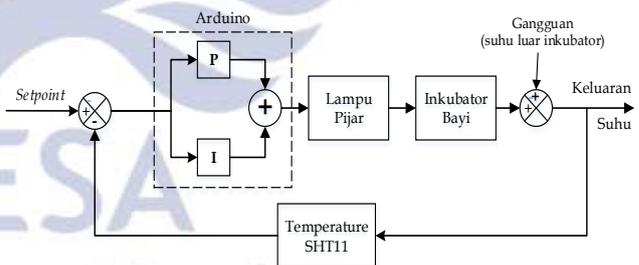
diperoleh hasil dan pembahasan. Tahapan perancangan penelitian ini dijelaskan pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagan Rancangan Penelitian

Desain Sistem

Desain sistem *PI (proportional dan integrative)* untuk pengendalian suhu pada inkubator bayi ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 12. Diagram Blok Sistem Inkubator Bayi

Nilai masukan (*Setpoint*) sistem berupa suhu. *Kontroler PI* akan diproses pada Arduino yang nantinya akan mengatur suhu pada inkubator bayi. Hasil dari keluaran *kontroler* berupa sinyal PWM yang akan masuk ke driver lampu. Kemudian akan mengatur terangnya nyala lampu pijar. Sensor Loadcell berfungsi untuk mengukur berat bayi, yang digunakan sebagai nilai referensi untuk menentukan setpoint berupa suhu. Sensor SHT11 akan bekerja untuk mengukur suhu didalam inkubator bayi dan menjadikan nilai pembacaan sebagai umpan balik pada keluaran yang dihasilkan berupa suhu.

Rancang bangun Hardware

Rancang bangun hardware inkubator bayi dapat dilihat pada Gambar 6.

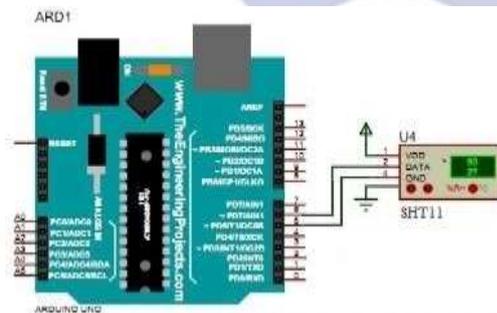


Gambar 6. Inkubator Bayi

Pada penelitian ini menggunakan plant inkubator bayi. Inkubator bayi didesain dengan dimensi keseluruhan 40x35x75cm dengan alas tambahan 10cm sebagai tempat kontroler. Perancangan hardware terdiri dari beberapa rancangan blok yaitu; blok sensor SHT 11, blok sensor *Load cell*, blok *Driver* lampu, dan blok LCD.

Blok Sensor SHT11

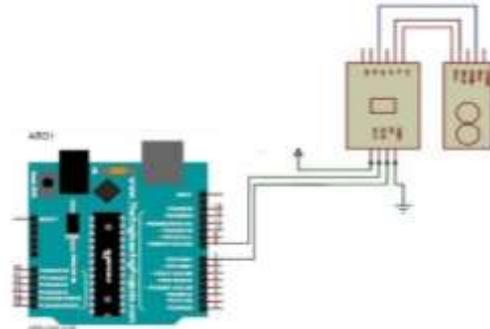
Sensor SHT11 adalah sebuah sensor yang sudah terkalibrasi dengan tingkat akurasi untuk temperatur $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ (*datasheet*). Pada blok sensor SHT11, SHT11 dihubungkan ke pin 5 dan 6 pada Arduino dengan tegangan sebesar 5 Volt.



Gambar 7. Skema Rangkaian Blok Sensor SHT11

Blok Sensor *Loadcell*

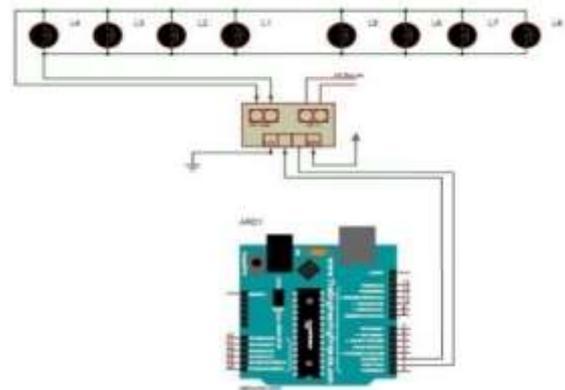
Sensor *Load cell* dihubungkan ke modul HX711 untuk mengolah sinyal, dan kemudian HX711 dihubungkan ke pin 7 dan 8 Arduino, dengan tegangan *Loadcell* sebesar 5V.



Gambar 8. Skema Rangkaian Blok Sensor *Loadcell*

Blok Driver Lampu

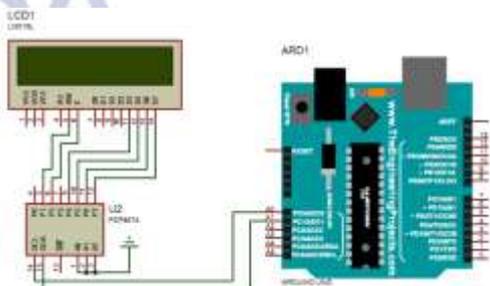
Driver lampu atau *AC Light Dimmer Module* mempunyai fungsi memberikan bantuan ke arduino untuk mengatur nyala atau redupnya lampu dengan sistem PWM, untuk pemasangan di Arduino pada pin 2 dan 3.



Gambar 9. Skema Rangkaian Blok Driver Lampu

Blok Rangkaian LCD 16X4

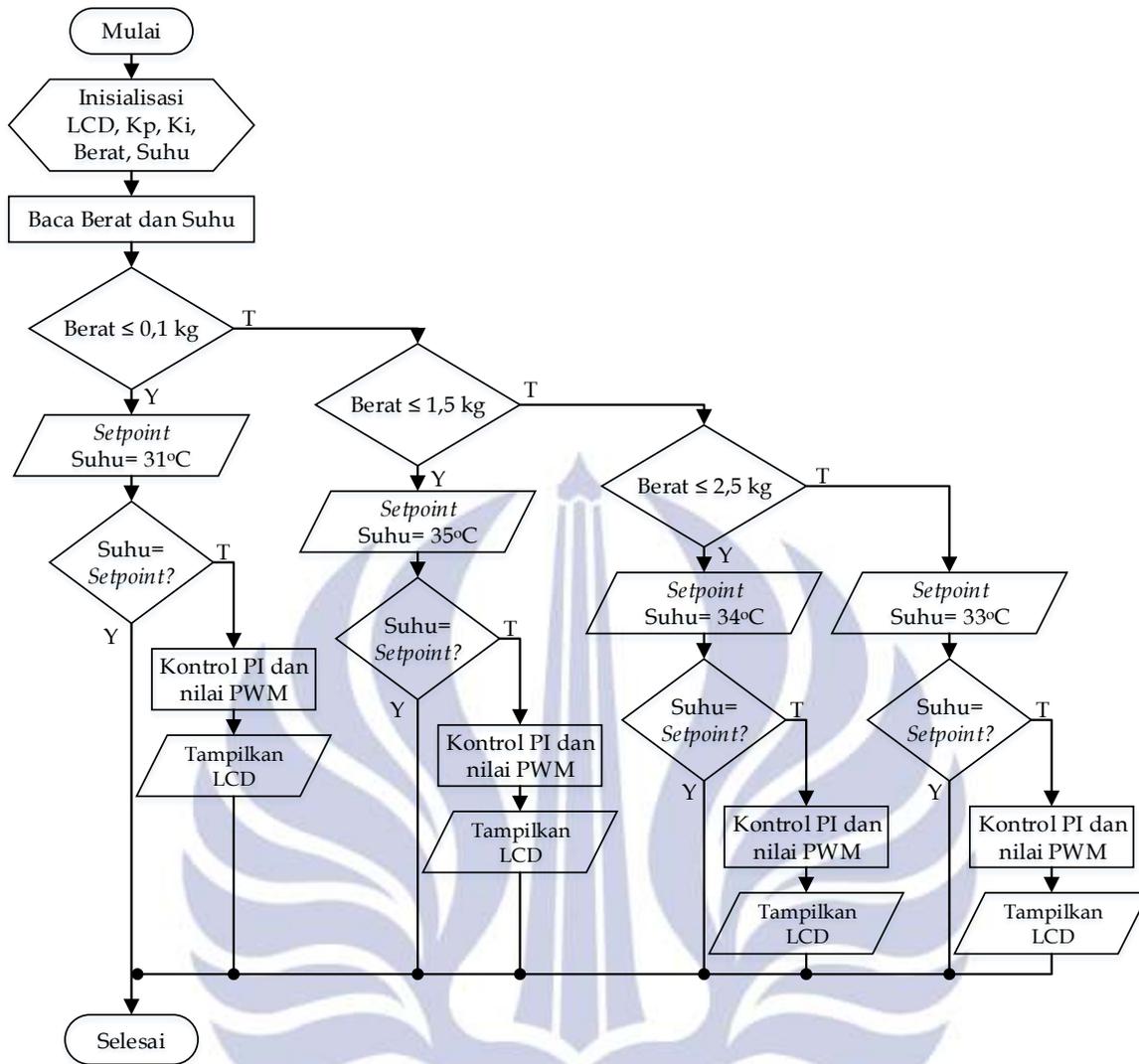
Tampilan LCD difungsikan untuk menampilkan nilai temperatur didalam inkubator bayi, dan menggunakan modul I2C untuk meminimalisir penggunaan pin Arduino, pemasangan di Arduino ke pin a0 dan a1.



Gambar 10. Skema Rangkaian Blok LCD 16X4

Rancang Bangun Software

Rancang bangun *software* yang dimaksud adalah sebuah program yang akan diintegrasikan antara Arduino dengan *LabVIEW*. Nilai PI diinisialisasikan terlebih dahulu dengan menentukan *parameter* K_p dan T_i .



Gambar 11. Diagram Alir Software Inkubator Bayi.

Pada sistem inkubator bayi ini memberi masukan setpoint suhu yang telah ditentukan dengan mengintegrasikannya kedalam Arduino. Gambaran jalannya program adalah dimulai dengan deklarasi variabel dari program yaitu Kp, Ki, suhu, dan berat. Setelah itu membaca nilai suhu dan berat dari inkubator bayi. Penentuan setpoint melalui dari berat badan bayi itu sendiri, pada saat tidak ada bayi maka setpoint 31°C atau disebut pemanasan awal.

Kemudian jika berat bayi $\leq 1,5$ kg maka setpoint suhunya adalah 35°C, jika berat $\leq 2,5$ kg maka setpoint suhunya adalah 34°C, dan jika berat $> 2,5$ kg maka setpoint suhunya adalah 33°C. Setelah diketahui setpoint, kemudian menentukan tingkat pencahayaan lampu bohlamp untuk proses radiasi panas. Kontroler PI digunakan untuk mengendalikan tegangan agar mempengaruhi tingkat intensitas cahaya lampu bohlamp melalui PWM berdasarkan perbandingan dari nilai derajat celsius setpoint dengan nilai derajat celsius yang terukur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas proses kalibrasi sensor Loadcell, kalibrasi sensor SHT11, pemodelan sistem, perancangan kontroler PI, dan pengujian respon sistem.

Kalibrasi Sensor Loadcell

Pengujian dengan membandingkan pembacaan sensor berat jenis lain dan benda yang sudah ditentukan beratnya bertujuan untuk melihat tingkat akurasi alat, alat yang digunakan pada kalibrasi ini yaitu timbangan digital dan 4 Besi pemberat yang masing-masing beratnya 1 kg.

Tabel 3. Kalibrasi sesnsor Loadcell

BESI PEMBERAT	TIMBANGAN (Kg)	ALAT (Kg)
1	0.98	1.05
2	1.9	2.18
3	2.9	3.17
4	3.9	4.16

Kalibrasi Sensor SHT11

Pengujian dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor temperatur jenis lain yang bertujuan untuk melihat tingkat akurasi pada sensor SHT11, alat yang digunakan untuk kalibrasi adalah *thermometer* digital.

Tabel 4. Kalibrasi Sesnsor SHT11

TERMOMETER (°C)	SHT11 (°C)
29.2	29.12
31.9	31.4
32.3	32.17
33.2	33.17
34	34.18
34.5	34.93

Pemodelan Sistem

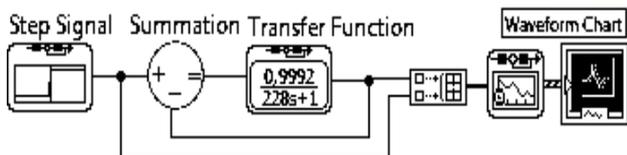
Pemodelan sistem dilakukan menggunakan metode pendekatan karakteristik sistem orde pertama yang bertujuan untuk mendapatkan model atau fungsi alih dari sistem. Fungsi alih tersebut digunakan sebagai perbandingan antara respon riil dengan respon simulasi. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan dengan 3 *setpoint* berbeda, yaitu 33°C, 34 °C, dan 35 °C. Menggunakan persamaan 1 dengan *setpoint* 34°C didapatkan fungsi alih sebagai berikut:

$$G(s) = \frac{1,000088}{174s+1} \tag{11}$$

Keterangan:

$G(s)$ = Fungsi alih pemodelan sistem

Setelah didapatkan fungsi alih, maka langkah selanjutnya dengan mensimulasikan fungsi alih tanpa menggunakan kontroler pada *software* LabVIEW yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Simulasi tanpa kontroler

Selanjutnya respon riil dan simulasi dibandingkan, dan didapatkan nilai *error* rata-rata. Lalu dipilih nilai *error* rata-rata terkecil untuk dijadikan fungsi alih pada plant.

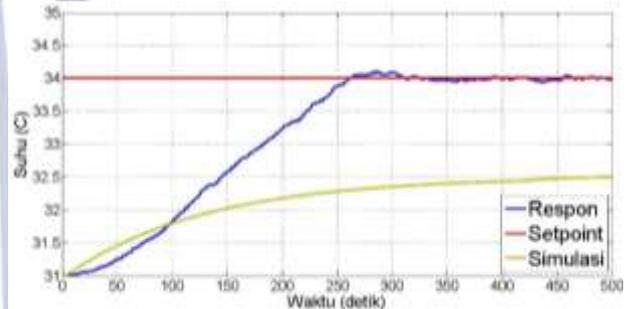
Validasi Sistem

Validasi model dilakukan untuk mendapatkan model atau fungsi alih dari sitem yang memiliki respon dengan membandingkan nilai *error*. Fungsi alih tiap *setpoint* beserta *error* rata-rata ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Fungsi Alih pada setiap *Setpoint*

No.	Setpoint	Fungsi alih	Nilai Error rata-rata
1.	33 °C	$G(s) = \frac{1,000448}{116s + 1}$	50,732%
2.	34 °C	$G(s) = \frac{1,000088}{174s + 1}$	50,147%
3.	35 °C	$G(s) = \frac{0,999305}{370s+1}$	50,193%

Dari data fungsi alih yang telah didapatkan, dipilih fungsi alih dengan nilai *error* rata-rata yang terkecil yaitu: 50,147% dan *setpoint* 34 °C. Grafik respon riil dan simulasi ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Perbandingan Respon Sistem Riil dan Simulasi tanpa Kontroler *Setpoint* 34 °C

Dari grafik respon riil tanpa kontroler, maka didapatkan parameter yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Parameter Respon riil dengan *setpoint* 34°C

Parameter Respon	Nilai
Delay Time (τ_d)	120,60 detik
Rise Time ($\tau_r = 10\%-90\%$)	382,317 detik
Settling Time ($\tau_s = 5\%$)	522 detik
Settling Time ($\tau_s = 2\%$)	696 detik
Settling Time ($\tau_s = 0,5\%$)	870 detik

Perancangan Kontroler PI Cohen-Coon

Perancangan Perancangan *PI Controller* dilakukan setelah mendapatkan nilai parameter dari τ dan K dari respon tanpa kontroler. Lalu memasukkan ke persamaan PI pada Tabel 2.

$$K_p = \frac{0.9}{1} \left(\frac{174}{1} + 0.092 \right) = 156,6828 \approx 157$$

$$T_i = 3.33 * 1 \frac{174+0.092*1}{174+2.22*1} = 3,29$$

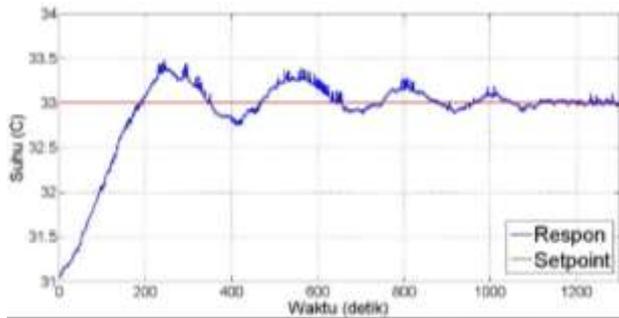
$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{156,6828}{3,29} = 47,62 \approx 48$$

Sehingga diperoleh nilai K_p sebesar 157 dan nilai K_i sebesar 48.

Pengujian Respon Sistem

Selanjutnya mengimplementasikan nilai K_p dan K_i ke PI Controller. Pengujian dilakukan dengan pemberian berat bayi 3 kg dengan setpoint 33°C, berat bayi 2 kg dengan setpoint 34°C, dan berat bayi 1 kg dengan setpoint 35°C.

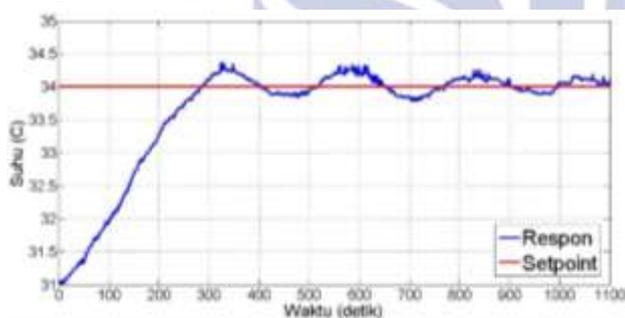
Pengujian dengan setpoint 33°C



Gambar 14. Hasil Respon PI Controller Setpoint 33 °C

Hasil pengujian inkubator bayi dengan kontroler PI dan setpoint 33 °C menunjukkan respon yang cepat dan cukup baik dengan memperoleh parameter $t_d = 64,46s$, $t_r = 204,34s$, $t_s = 279s$ dan $error\ steady\ state = 0,091\%$.

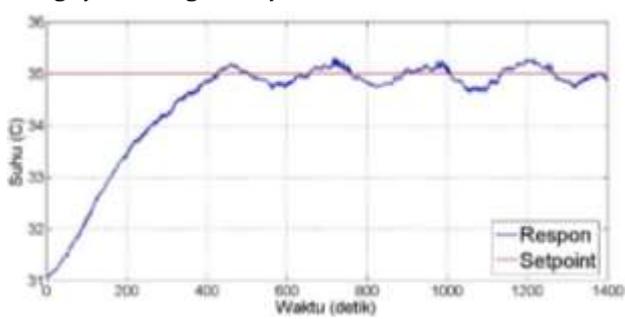
Pengujian dengan setpoint 34°C



Gambar 15. Hasil Respon PI Controller Setpoint 34 °C

Hasil pengujian inkubator bayi dengan kontroler PI dan setpoint 34 °C menunjukkan respon yang cepat dan cukup baik dengan memperoleh parameter $t_d = 93,57s$, $t_r = 296,63s$, $t_s = 405s$ dan $error\ steady\ state = 0,147\%$.

Pengujian dengan setpoint 35°C

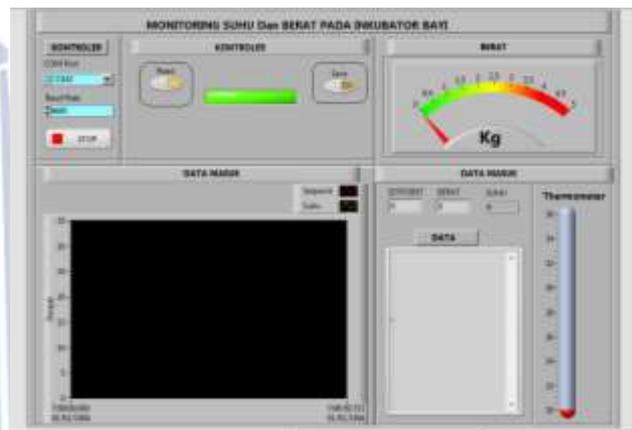


Gambar 16. Hasil Respon PI Controller Setpoint 35 °C

Hasil pengujian inkubator bayi dengan kontroler PI dan setpoint 35 °C menunjukkan respon yang cepat dan cukup baik dengan memperoleh parameter $t_d = 133,08s$, $t_r = 421,86s$, $t_s = 576s$ dan $error\ steady\ state = 0,038\%$.

Pengujian monitoring suhu inkubator bayi dengan LabVIEW

Pengujian monitoring suhu inkubator bayi dengan menggunakan software LabView digunakan untuk melihat respon secara realtime pada inkubator bayi. Berikut tampilan GUI LabVIEW inkubator bayi dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Tampilan GUI LabVIEW Inkubator Bayi

Hasil Perbandingan metode tuning Cohen-Coon dan Ziegler-Nichols

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan metode tuning Ziegler-Nichols dengan setpoint yang sama yaitu ada 3 setpoint diantaranya adalah 33°C, 34°C, dan 35°C. Sedangkan untuk aspek-aspek yang dicari juga sama yaitu waktu naik (τ_r), waktu tunak (τ_s), dan $Error\ steady\ state$ (Ess). Untuk mengetahui perbedaan hasil antara metode tuning Cohen-Coon dan Ziegler-Nichols dapat dilihat dalam Tabel 7.

Tabel 7. Parameter Respon riil

	Metode tuning Cohen-Coon			Metode tuning Ziegler-Nichols		
	33 °C	34 °C	35 °C	33 °C	34 °C	35 °C
Waktu Naik (τ_r)	195 detik	275 detik	425 detik	525 detik	1150 detik	1550 detik
Waktu Tunak (τ_s)	1000 detik	1100 detik	1500 detik	950 detik	1150 detik	1550 detik
Error SteadyState (Ess)	0.091 %	0.147 %	0.038 %	0.057 %	0.041 %	0.057 %

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, Perancangan kontroler PI dengan metode *tuning* Cohen-Coon untuk kendali suhu pada inkubator bayi berhasil dibuat dengan nilai konstanta $K_p = 157$ dan $K_i = 48$ yang diperoleh dari persamaan pada Tabel 2. Sistem kontroler PI terhubung secara otomatis dengan sistem PWM pada lampu pijar dan mampu menstabilkan suhu di dalam inkubator bayi sesuai dengan *setpoint*. Respon sistem yang dihasilkan menggunakan kontroler PI dengan metode *tuning* Cohen-Coon memiliki keunggulan respon yang bergerak lebih cepat untuk mencapai *setpoint*. Pada pengujian sistem dengan kontrol PI Cohen-Coon, saat *setpoint* 33°C didapatkan *Error Steady State* (Ess) sebesar 0.091%. Sedangkan pada *setpoint* 34°C didapatkan *Error Steady State* (Ess) sebesar 0.147%. Dan pada *setpoint* 35°C didapatkan nilai *Error Steady State* (Ess) sebesar 0.038%. Dari nilai *Error Steady State* (Ess) diatas, dapat disimpulkan bahwa sistem inkubator bayi memiliki *Error Steady State* (Ess) yang kecil yaitu kurang dari 1% pada setiap *setpoint*. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 7 tentang parameter respon riil.

Saran

Menerapkan kontroler PI dan PID dengan metode *tuning* yang lainnya, agar dapat mengurangi *Error Steady State* (Ess) pada *plant* dan agar respon lebih stabil. Menambahkan modul *wireless*, agar memudahkan dalam melakukan monitoring jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Creswell, John W. 2003. *Desain Penelitian, Pendekatan Kualitatif & Kuantitatif*. Depok: Universitas Indonesia.
- Fadzli, Mohd. 2006. *Comparison Between Ziegler-Nichols And Cohen-Coon Method For Controller Tunings*. Malaysia: University College of Engineering & Technology Malaysia.
- Harseno, Ahmad Rieskha. 2016. *Desain Inkubator Bayi Dengan Konsep Harga Terjangkau*. Surabaya: ITS.
- Kumar, Amit, K.K Garg. 2015. Comparison of Ziegler-Nichols, Cohen-Coon and Fuzzy Logic Controllers for Heat Exchanger Model. International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 4, Issue 6, ISSN: 2278 – 7798.
- Kurniawan, Andris. 2018. *Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis PID Dan LabVIEW 2014*. Surabaya:UNESA.
- Ogata, Katsuhiko. 2010. “*Modern Control Engineering fifth edition*”. New York: Prentice-Hall, Inc.
- Ogata, Katsuhito. 2010. Teknik Kontrol Automatik. Terjemahan Edi Leksono. Jakarta: Erlangga.
- Prayogo, Rudito. 2012. *Pengaturan PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sanjaya, Muhammad N., 2010, “*Rancang Bangun Inkubator Dilengkapi Indikator Bayi Ngompol, Tugas Akhir, Program Studi DIII Otomatisasi Sistem Instrumentasi, Universitas Airlangga*”, Surabaya.
- Sensirion. 2008. *Datasheet SHT1x*. (Online), (https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/SHT1x_datasheet.pdf, diakses 9 April 2019)
- Setyaningsih, Noor Y.D., 2010, “*Pembuatan Perangkat Lunak Monitoring Temperatur Dan Kelembaban Pada Inkubator Bayi Menggunakan Borland Delphi 7.0*”, Tugas Akhir, Program Studi DIII Instrumentasi Dan Elektronika, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Smuts, Jacques F. 2011. *Theoretical Consideration of Retarded Control*, *Trans. ASME*, 75, pp. 827-834, 1953: *Cohen-Coon Tuning Rules*. (Online), (<https://blog.opticontrols.com/archives/383>, diakses 11 April 2019).
- Sulistiyawan, Yudhi. 2011. “*Kendali Kelembaban Otomatis Dengan Sensor Kelembaban Sht11 Berbasis Mikrokontroler Atmega8535*”. Samarinda: UNMUL.
- Surasmi, Asrining, dkk. 2013. “*Perawatan Bayi Beresiko Tinggi*”. Jakarta: penerbit buku kedokteran EGC.
- Zakiah, Zulbachri Noor, Setiawan Erni. 2014. Efektifitas Peningkatan Suhu Tubuh Pada Perawatan Metode Kangguru Dengan Perawatan Inkubator Di Blud RS H. Boejasin Pelaihari Tanah Laut Tahun 2013. Jurnal Skala Kesehatan Volume 5 No. 1.