

Implementasi Kontrol PID Pada Mesin Penetas Telur Burung Murai

Akhmad Fahruzi¹, Andy Suryowinoto²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

¹ fahruziakhmad@itats.ac.id

² andysuryo@itats.ac.id

Abstract— The population number of rock trush according to Basuni et al explains that the rock trush population in nature become extinct because it has strong territorial and a lot of hunting due to its typical sound as a chirping bird. The efforts of conservation can be done through breeding activities. By this reason, it is important to do captive breeding and cultivation of rock trush. One of magpie's cultivation is breeding the rock trush but there is a challenge in breeding when the hatching process. Not only the quality of good embryo, the success of hatching process is depend on ambient temperature. Temperature changes when the hatching process by its mother are influenced by weather during day and night or hot and rainy conditions. The fail of hatching process can make loss to the farmers because of ruck trush has an expensive cost. From these reasons, to increase the success rate of hatching eggs, stability of temperature is needed during the incubation process. In this study, egg incubator was made using HSM-20G sensor as a temperature and humidity sensor that placed in the center of the egg rack. Propotional-Integrative-Derivative (PID) control method is implemented in this system to keep temperature value of 37 C. The PID control is used to regulate the dim and bright light in the bulb when produce heat until the setting point reached. Because of the changing response speed in temperature is relatively slow, so trial and error parameters are made the constant values $K_p = 2$, $K_i = 0.5$ and $K_d = 0.1$, which produce the steady state of error not be more than 0.53% to the temperature set point. In this machine also used a fan to flatten the temperature and there is a hole for air circulation.

Keywords— Rock trush, bird conservation, hatching process, HSM-20G, PID's control.

Abstrak— Jumlah populasi burung murai batu menurut Basuni et al menjelaskan bahwa populasi murai batu di alam sudah mulai langka karena memiliki sifat teritorial yang kuat serta banyaknya perburuan akibat kekhasan suaranya sebagai burung kicau. Upaya konservasi yang bisa dilakukan yakni konservasi melalui kegiatan penangkaran. Dengan alasan ini pentingnya dilakukan penangkaran dan budidaya burung murai batu. Salah satu jenis budidaya burung murai adalah dengan berternak burung murai batu, akan tetapi hal yang menjadi tantangan dalam berternak adalah saat proses penetasan. Selain kualitas embrio telur yang baik, keberhasilan proses penetasan telur sangat tergantung pada temperature dan kelembaban lingkungan sekitar. Tidak stabilnya temperatur dan kelembaban saat proses pengeraman oleh induknya sering dipengaruhi perubahan cuaca siang dan malam atau kondisi cuaca yang panas dan hujan. Kegagalan proses penetasan burung murai sangat merugikan pihak peternak karena burung tersebut memiliki nilai jual yang tinggi. Dari alasan tersebut, untuk meningkatkan tingkat keberhasilan tetas telur dibutuhkan kestabilan temperatur saat proses pengeraman sehingga pada penelitian ini, dibuat sebuah mesin penetas telur yang menggunakan sebuah sensor HSM-20G sebagai sensor temperatur dan kelembaban yang diletakkan ditengah rak telur. Metode kontrol *Propotional-Integratif-Derivative* (PID) diimplementasi pada sistem ini untuk menjaga nilai temperatur yang diinginkan yaitu 37°C. Kontrol PID digunakan untuk mengatur nyala terang redupnya lampu bohlam untuk menghasilkan panas sampai nilai *set point* yang diinginkan. Karena kecepatan respon perubahan temperatur relatif lambat, maka secara *trial and error* dibuat nilai parameter konstanta $K_p=2$, $K_i=0,5$ dan $K_d=0,1$ yang menghasilkan *steady state error* tidak lebih dari 0,53 % terhadap *set point* temperaturnya. Selain itu, dalam mesin ini dipakai kipas yang berfungsi untuk meratakan temperatur dan lubang untuk sirkulasi udara.

Kata kunci— Burung Murai Batu, Konservasi burung, penetasan telur, HSM-20G, kontrol PID

I. PENDAHULUAN

Burung murai batu adalah jenis burung yang dikenal dengan sebutan kucica hutan yang banyak digemari karena keindahan suaranya. Murai batu dapat ditemukan di pulau Jawa, Sumatra, Kalimantan bahkan sampai ke Asia Tenggara dan India dan sudah menjadi burung langka dipulau Jawa dan Pulau Kangean [1]. Menurut referensi [2],[3] bahwa jumlah burung murai batu di alam sudah mengalami penurunan akibat terjadinya konservasi dan degradasi hutan, sehingga dari alasan diatas mengakibatkan kalau nilai jual burung murai mencapai 2,5 juta rupiah per pasang. *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN) tahun 2013 juga menyatakan status murai batu berada pada kategori *least concern* atau resiko rendah dan belum ditetapkan sebagai spesies yang dilindungi oleh pemerintah Indonesia [4]. Oleh karena itu, upaya konservasi yang dapat dilakukan adalah dengan kegiatan penangkaran, selain itu juga dapat memberi keuntungan ekonomi dari pihak yang menangkan.

Akan tetapi proses penangkaran atau berternak yang sering menjadai masalah adalah saat proses penetasan. Jika proses penetasan atau pengeraman dilakukan secara alami oleh induknya, maka temperatur pengeraman sangat tergantung dari temperatur lingkungan sekitar yang dapat mengakibatkan temperatur tidak stabil. Hal ini yang merupakan sebab terjadinya kegagalan dalam menetas telur.

Alat penetas telur buatan juga sering dijumpai dipasaran, akan tetapi menurut penulis masih kurang optimal karena masih banyak yang menggunakan kontrol *on-off*, sehingga mengakibatkan nilai temperatur kurang stabil. Untuk menyelesaikan persoalan tersebut, maka dibuatkan mesin penetas telur berbasis mikrokontroler Atmega16 yang didalamnya menggunakan kendali PID dalam mengatur temperaturnya dan rak telur berputar secara otomatis dan sensor yang digunakan untuk memonitor temperatur dan kelembabannya adalah SHM-20G.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perkembangbiakan Burung Murai Batu

Salah satu ciri-ciri biologis Burung murai batu adalah spesies yang menyukai bersarang dan tinggal daerah tropis [5]. Berdasarkan referensi [6] yang menyatakan bahwa umumnya burung ini mengerami telurnya 14-15 hari. Temperatur dan kelembaban dalam alat tetas harus stabil untuk mempertahankan kondisi telur agar tetap baik selama proses penetasan.

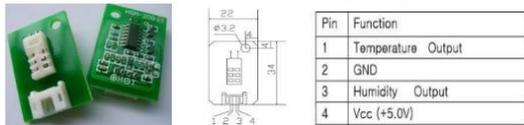


Gambar 1. Burung Murai Batu (a) Jantan (b) Betina

Embrio tidak toleran terhadap perubahan temperatur yang drastis. Kelembaban mesin tetas sebaiknya diusahakan tetap pada 70 %RH dan temperatur yang baik untuk penetasan adalah 37,8°C, dengan kisaran 37,2-38,2°C [7]. Temperatur dan kelembaban merupakan faktor penting untuk perkembangan embrio. Temperatur yang terlalu tinggi akan menyebabkan kematian embrio ataupun abnormalitas embrio, sedangkan kelembaban mempengaruhi pertumbuhan normal dari embrio [8].

B. Sensor Temperatur dan Kelembaban HSM-20G

Sensor HSM-20G adalah sensor pengukur kelembaban dan temperatur dengan bentuk fisik seperti pada gambar 2[9].

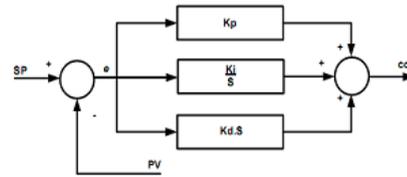


Gambar 2. Sensor HSM-20G dan konfigurasi pin

Sensor humidity HSM-20G dimana kelembaban yang di konversi ke tegangan keluaran yang standart. Sensor ini mempunyai beberapa karakteristik dimana batas input tegangan DC 5±0.2 volt, batas output tegangan adalah sebesar DC 1-3volt, akurasi pengukuran ±5%RH, operasi arus maksimum 2mA, batas storage RH 0-99%RH, batas operasi RH 20-95%(100%RH intermitten), kondensasi transient <3%RH, batas storage system ure -20°C – 70°C, batas operasi system ure 0°C-50°C, hysteresis (RH@25°C) maksimal 2%RH, sangat linier, respon waktu (63% perubahan step) 1 menit [9].

C. Sistem Kendali PID

Pada dasarnya, PID (*Proportional Integral Derivative*) terdiri dari 3 komponen, yaitu *Proportional*, *Integratif*, dan *Derivative* [10]. Komponen-komponen tersebut dapat dipaki bersamaan atau sendiri-sendiri.



Gambar 3. Struktur sistem PID ideal bentuk independent [11]

Kontrol Proportional (P) dapat dirumuskan [12]:

$$R(t) = K_p \cdot (V_{des}(t) - V_{act}(t)) \tag{1}$$

Perbedaan antara nilai yang diinginkan (V_{des}) dan nilai sebenarnya (V_{act}) disebut sebagai *error function*.

Kontrol Integral (I) tidak seperti kontrol P, dalam penggunaannya kontrol I harus dikombinasi dengan kontrol P atau kontrol PD. Dengan penambahan kontrol I dapat mengurangi *overshoot* yang diakibatkan oleh kontrol P dan memperkecil *steady state error*. Kontrol PI dapat dirumuskan [12]:

$$R(t) = K_p \cdot \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \cdot \int_0^t e(t) dt \right] \tag{2}$$

Dengan mensubsitusi $Q_I = K_p/T_I$,

$$R(t) = K_p \cdot e(t) + Q_I \cdot \int_0^t e(t) dt \tag{3}$$

Jika pada persamaan 3 dirubah kedalam bentuk diskret, dengan mengganti integral dengan penjumlahan..

$$R_n = K_p \cdot e_n + Q_I \cdot t_{delta} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{e_i + e_{i-1}}{2}$$

$$R_n - R_{n-1} = K_p \cdot (e_n - e_{n-1}) + Q_I \cdot t_{delta} \cdot \frac{(e_n - e_{n-1})}{2}$$

$$R_n - R_{n-1} = K_p \cdot (e_n - e_{n-1}) + K_I \cdot \frac{(e_n - e_{n-1})}{2} \tag{4}$$

Sedangkan untuk kontrol Derivative (D), juga harus dikombinasikan dengan kontrol P atau PI. Kontrol D memiliki peran untuk menaikkan kecepatan respon pada kontrol P jika terdapat perubahan masukan, sehingga kontrol D dapat dirumuskan [12]:

$$R(t) = K_p \cdot [e(t) + T_D \cdot de(t) / dt] \tag{5}$$

Dari uraian masing-masing komponen PID, maka kontrol PID dapat dirumuskan [12]:

$$R(t) = K_p \cdot \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \cdot \int_0^t e(t) dt + T_D \cdot det(t) / dt \right]$$

Substitusi T_D dan T_I

$$R(t) = K_p \cdot \left[e(t) + Q_I \cdot \int_0^t e(t) dt + Q_D \cdot det(t) / dt \right] \tag{6}$$

Dirubah kedalam bentuk diskret

$$R_n = K_p \cdot e_n + Q_I \cdot t_{delta} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{e_n - e_{n-1}}{2} + \frac{Q_D}{t_{delta}} \cdot (e_n - e_{n-1})$$

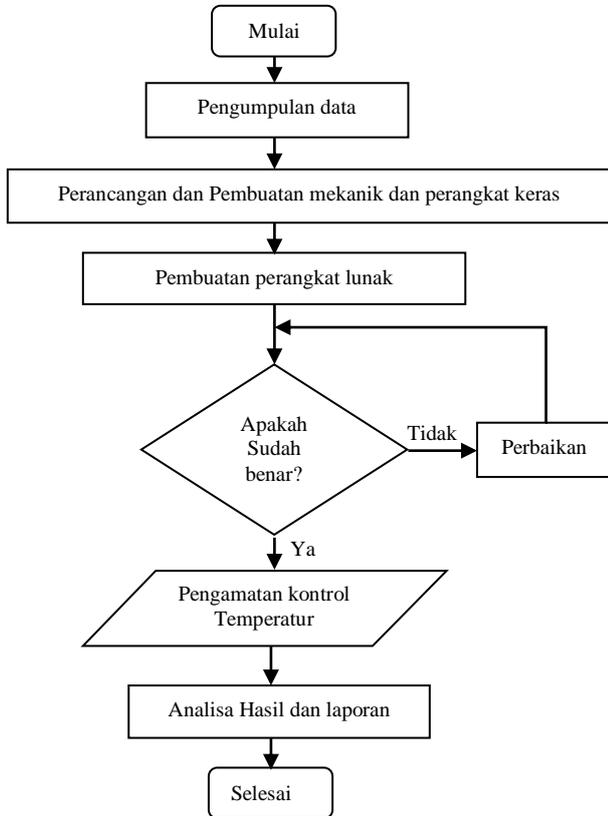
$$R_n - R_{n-1} = K_p \cdot (e_n - e_{n-1}) + Q_I \cdot t_{delta} \cdot \frac{e_n - e_{n-1}}{2} + \frac{Q_D}{t_{delta}} \cdot (e_n - e_{n-1})$$

Substitusi K_I ke $Q_1.t_{\text{delta}}$ dan K_D ke Q_D/t_{delta} .

$$R_n - R_{n-1} = K_p(e_n - e_{n-1}) + K_I \frac{e_n - e_{n-1}}{2} + K_D(e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) \quad (7)$$

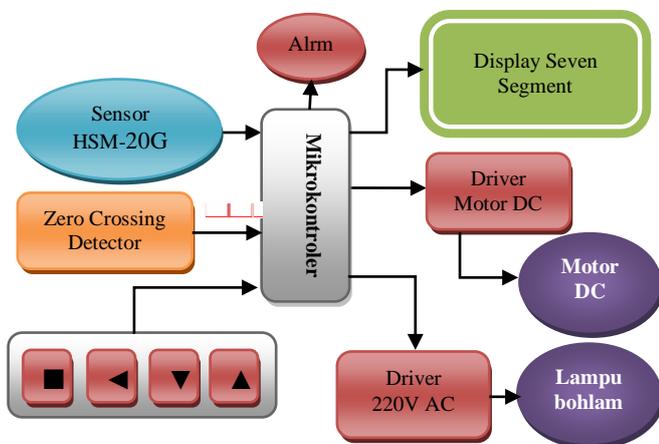
III. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan, maka dilakukan perancangan dan pembuatan alat penetas telur dengan tahapan pelaksanaan seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir tahapan penelitian

Sedangkan untuk blok diagram pada mesin ini adalah seperti pada gambar 5.

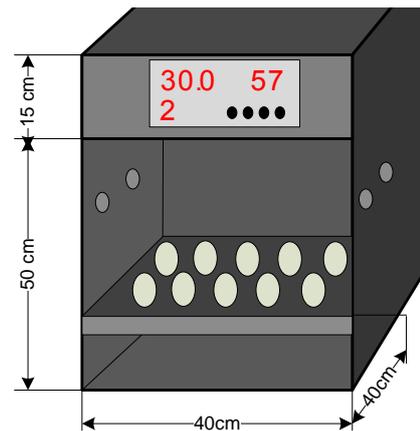


Gambar 5. Blok diagram mesin penetas telur otomatis

Dari gambar 5 blok diagram diatas bahwa sensor HSM-20G akan selalu memonitor nilai temperatur dan kelembaban secara *real time*. Pada blok *Zero Crossing Detector* merupakan rangkaian yang berfungsi untuk mendeteksi nilai nol volt dari jala-jala PLN yang kemudian digunakan sebagai tanda untuk mulai memberi sudut penyulutan ke TRIAC pada driver 220V AC. Sebagai media untuk memasukkan nilai temperatur yang diinginkan dan waktu yang dibutuhkan selama proses pemanasan telur dapat dilakukan melalui 4 tombol. Jika waktu selama proses pemanasan telur sudah sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, maka buzzer akan bunyi sebanyak 5 kali.

A. Perancangan Mekanik Box Penetas Telur

Perancangan mekanik mesin penetas telur burung murai adalah seperti pada gambar 6.

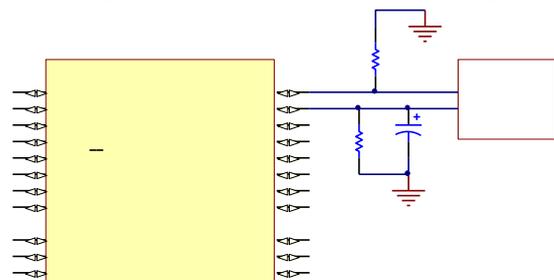


Gambar 6. Perancangan box penetas telur

Mekanik yang dirancang memiliki kapasitas 25 telur burung murai. Diberi lubang kecil berdiameter 2cm yang digunakan sebagai sirkulasi udara, sedangkan kipas *fan* berfungsi sebagai pemerataan temperatur didalamnya. Agar mudah peternak untuk memonitor, digunakan seven segment 0,56 inch yang terdiri dari tampilan temperatur, kelembaban dan hari.

B. Rangkaian Sensor HSM-20G

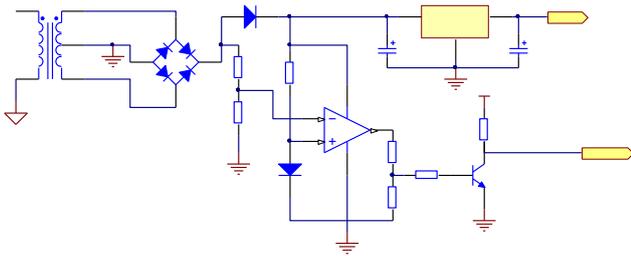
Sensor ini memiliki keluaran analog, maka sinyal keluaran dapat langsung dihubungkan ke pin ADC mikrokontroler Atmega16 yang kemudian ditampilkan ke seven segment.



Gambar 7. Rangkaian Sensor HSM-20G

C. Rangkaian Zero Crossing Detector

Zero crossing detector merupakan suatu rangkaian yang dipakai untuk mengetahui tegangan nol voltnya dari tegangan jala-jala PLN.

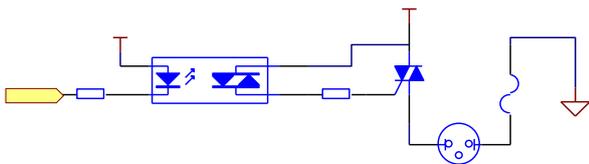


Gambar 8. Rangkaian Zero Crossing Detector

Keluaran dari rangkaian ini digunakan untuk memberi sinyal ke mikrokontroler yang kemudian mikrokontroler akan memulai memberi sinyal (sudut penyulutan) ke TRIAC pada rangkaian driver 220VAC.

D. Rangkaian Driver AC 220V

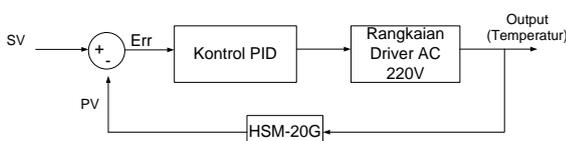
Rangkaian driver ini digunakan sebagai media saklar dari tegangan DC 5volt ke tegangan 220VAC. Komponen yang dipakai pada rangkaian ini adalah terdiri dari *optodiac* dengan tipe MOC3021 dan TRIAC dengan tipe BT136. Perbedaan komponen ini dengan switch relay adalah kalau pada relay hanya bisa dipakai ON-OFF, sedangkan jika menggunakan TRIAC seperti yang ditunjukkan pada gambar 8, tegangan bebannya dapat divariabelkan, yaitu mulai dari minimal (0 V) sampai maksimal (220 V) sehingga jika bebannya lampu bohlam, maka nyala terang redupnya dapat dikendalikan oleh mikrokontroler. Lampu bohlam yang digunakan memiliki spesifikasi 60 watt sebanyak 2 buah.



Gambar 9. Rangkaian driver 220VAC

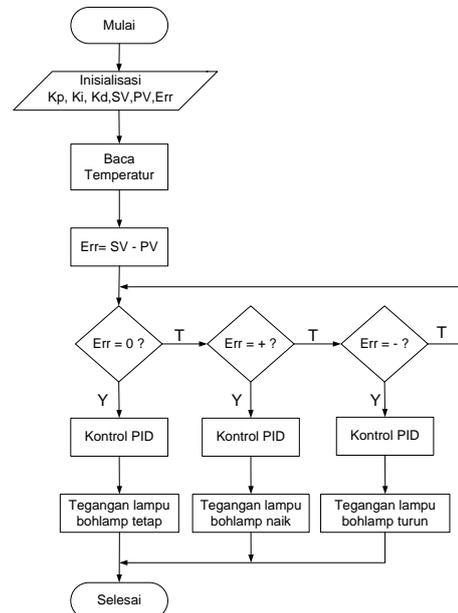
E. Perancangan Perangkat Lunak

Konsep dari perancangan perangkat lunak secara garis besar adalah mengatur kerja system seperti pembacaan sensor, proses pengaturan system ure dengan menggunakan algoritma system PID (*Proportional Integral Derivative*) digital, dan menghasilkan sudut penyulutan ke TRIAC yang dapat memvariabelkan tegangan supply lampu bohlam. Berikut adalah Diagram blok perancangan perangkat lunak pengontrolan temperatur dengan algoritma PID.



Gambar 10. Diagram blok temperatur dengan kontrol PID

Kontrol PID akan mengeluarkan aksi kontrol dengan membandingkan kesalahan atau *error* yang merupakan selisih antara *Present Value* (PV) dengan *Set Value* (SV). Dalam penelitian ini, *Set Value* merupakan nilai temperatur yang diinginkan sedangkan *Present Value* adalah nilai sebenarnya dari temperatur yang dibaca oleh sensor HSM-20G, kemudian nilai *error* diakumulasikan ke formula PID diskret melalui bahasa pemrograman yang ditanamkan ke dalam mikrokontroler Atmega16 yang akan menghasilkan sebuah nilai desimal (keluaran dari PID) yang digunakan untuk mengatur sudut penyulutan yang berupa sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) ke rangkaian driver AC 220V.

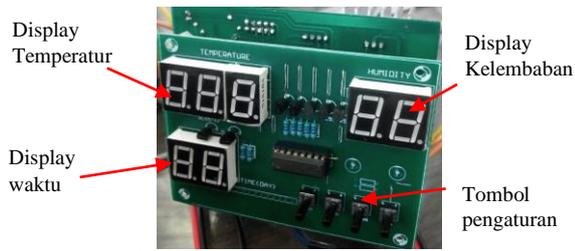


Gambar 11. Flowchart kendali temperatur dengan kontrol PID

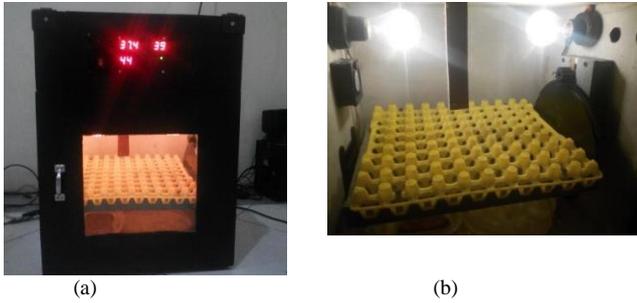
Algoritma pada perancangan kontrol PID adalah Jika *error* bernilai positif maka perubahan *duty cycle* sinyal PWM digunakan untuk menaikkan tegangan lampu bohlam yaitu dengan mengecilkan nilai t_{ON} dari *dutycycle* sampai 0ms. Sedangkan bila nilai *error* negatif, maka tegangan lampu bohlam diturunkan dengan melebarkan nilai t_{ON} sampai batasannya yaitu maksimal 8ms. Dan jika *error* bernilai nol, maka tidak ada perubahan pada tegangan lampu bohlamnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin penetas yang dibuat memiliki 3 tampilan yang menggunakan seven segment yang terdiri dari tampilan temperatur, kelembaban dan hari. Selain itu juga dilengkapi 4 tombol push button yang dipakai untuk mengatur nilai SV temperaturnya, dan lama proses penetasan. Rak telur juga dibuat dapat bergerak berputar dengan sudut 30° secara otomatis yang bergerak 3 kali sehari. Gambar 13 menunjukkan bentuk mekanik dan rak telur mesin penetas telur yang telah dibuat.



Gambar 12. Tampilan seven segment dan push button

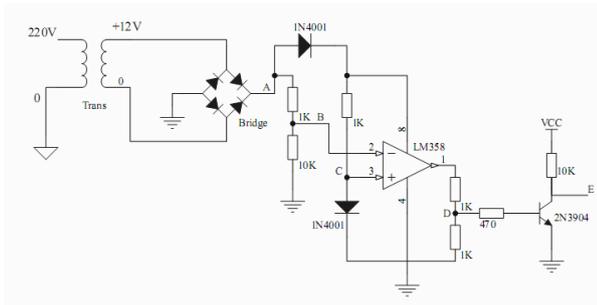


Gambar 13. (a) Mekanik Mesin penetas telur
 (b) Rak telur

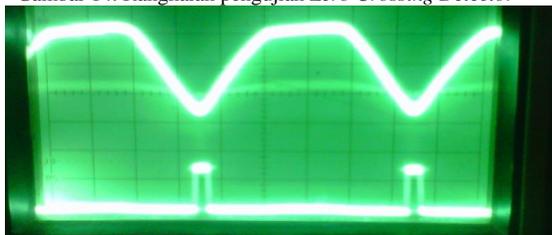
Untuk mengetahui kinerja dari sistem dan mendapatkan data yang dapat dianalisa sehingga dapat diketahui spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibuat maka dilakukan beberapa pengujian. Pengujian pertama dilakukan secara terpisah dari masing-masing perangkat, kemudian dilanjutkan dengan pengujian secara keseluruhan.

A. Pengujian Rangkaian Zero Crossing Detector

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan osiloskop yang probe yang pertama diletakkan pada terminal A dan probe yang kedua diletakkan di terminal E seperti pada gambar 14.



Gambar 14. Rangkaian pengujian Zero Crossing Detector



Gambar 15. Sinyal pengujian zero crossing detector pada osiloskop

Pada gambar 15 dapat terlihat bahwa sinyal keluaran rangkaian zero crossing detector yang sudah dibuat sesuai

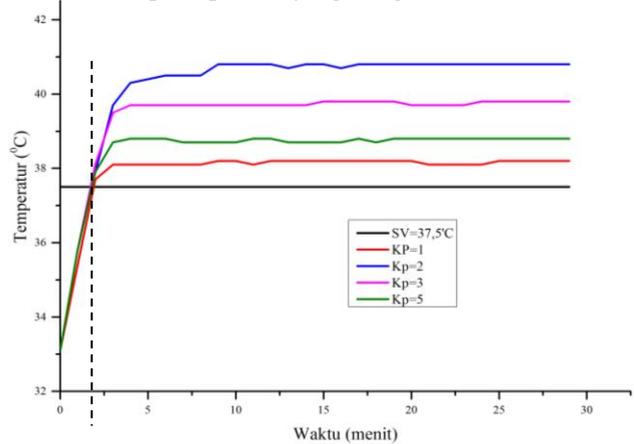
dengan teori yang diinginkan, yaitu saat tegangan nol volt, rangkaian zero crossing detector akan mengeluarkan berupa logika high.

B. Pengujian Aksi Kontrol PID

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan seberapa optimal system PID yang kita pakai pada system ini terhadap temperatur yang diinginkan (SV). Cara yang dipakai pada pengujian ini adalah dengan menguji tiap bagian yaitu system P, system PI, system PD dan terakhir system PID. Nilai parameter Kp, Ki, dan Kd dibuat berbeda-beda untuk memperoleh respon system yang optimal yang dilakukan dengan menggunakan metode manual (hand tuning / trial and error) dengan nilai SV=37,5°C dengan sampling waktu per menit.

1. Pengujian Aksi Kontrol P

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kecepatan respon kenaikan temperatur yang dibaca oleh sensor terhadap temperatur yang diinginkan (SV=37,5°C).

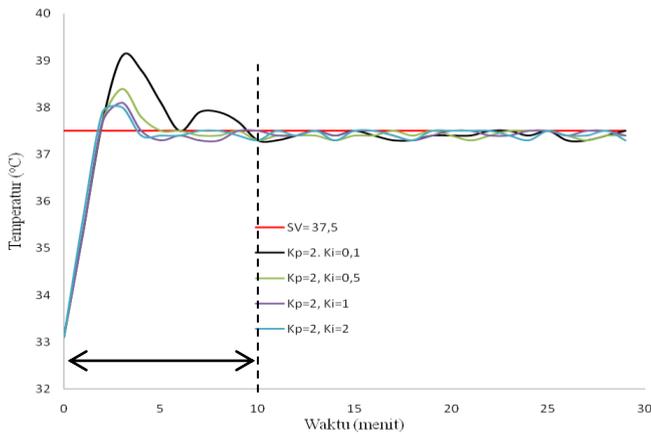


Gambar 16. Grafik respon kontrol P

Dari gambar 16, nilai kontanta Kp=1 sampai Kp=5 menghasilkan kecepatan respon (rise time) yang hampir sama untuk mencapai temperatur 37,5°C yaitu sekitar 2 menit. Dari 4 jenis nilai Kp yang diuji dapat terlihat bahwa nilai steady state error masih besar, khususnya saat nilai Kp=2 yang memiliki nilai steady state error 8,8%.

2. Pengujian Aksi Kontrol PI

Pengujian ini dilakukan untuk menutupi kelemahan dari kontrol P yang memiliki steady state error yang besar.

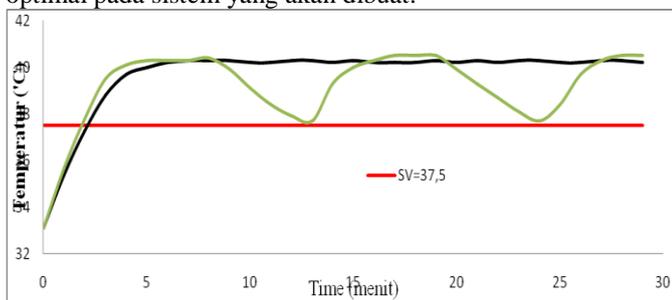


Gambar 17. Grafik respon kontrol PI

Jika menggunakan konstanta $K_i=0,1$ puncak osilasinya sampai 39°C dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *steady state* sampai 10 menit dengan nilai *steady state error* maksimal 0,53%.

3. Pengujian Aksi Kontrol PD

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh nilai konstanta K_d terhadap respon ketika terdapat perubahan *error*, sehingga nantinya dapat memilih nilai konstanta K_d yang optimal pada sistem yang akan dibuat.



Gambar 18. Grafik respon kontrol PD

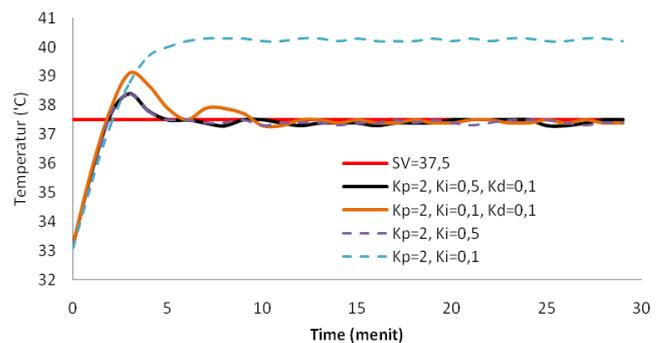
Jika nilai konstanta $K_d = 1$ menghasilkan aksi kontrol yang memiliki osilasi cukup besar. Osilasi ini diakibatkan karena setiap ada perubahan pembacaan temperatur maka aksi atau respon kontrol PD yang dihasilkan akan semakin besar dan cepat. Hal ini berbeda saat nilai K_d diperkecil menjadi 0,1, hasilnya lebih stabil akan tetapi *steady state error* yang besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai K_d maka semakin besar kecepatan respon jika ada perubahan *error*.

4. Pengujian Aksi Kontrol PID

Pengujian ini dilakukan dengan menggabungkan semua komponen aksi kontrol P, PI dan PD dengan memilih nilai parameter K_p , K_i dan K_d yang dianggap sudah optimal dari pengujian sebelumnya. Berikut adalah tabel dan grafik hasil respon aksi kontrol PID.

TABEL 1.
HASIL PENGUJIAN AKSI KONTROL PID DENGAN $SV=37^\circ\text{C}$

Waktu (menit)	$K_p=2, K_i=0,5, k_d=0,1$		$K_p=2, K_i=0,1, k_d=0,1$	
	PV ($^\circ\text{C}$)	Error (%)	PV ($^\circ\text{C}$)	Error (%)
0	33,1	-11,73	33,1	-11,73
1	35,7	-4,80	35,8	-4,53
2	37,7	0,53	37,9	1,07
3	38,4	2,40	39,1	4,27
4	37,8	0,80	38,7	3,20
5	37,5	0,00	37,9	1,07
6	37,5	0,00	37,5	0,00
7	37,4	-0,27	37,9	1,07
8	37,3	-0,53	37,9	1,07
9	37,5	0,00	37,7	0,53
10	37,5	0,00	37,3	-0,53
11	37,4	-0,27	37,3	-0,53
12	37,3	-0,53	37,5	0,00
13	37,4	-0,27	37,5	0,00
14	37,4	-0,27	37,4	-0,27
15	37,4	-0,27	37,5	0,00
16	37,3	-0,53	37,4	-0,27
17	37,4	-0,27	37,4	-0,27
18	37,4	-0,27	37,5	0,00
19	37,4	-0,27	37,4	-0,27
20	37,5	0,00	37,4	-0,27
21	37,5	0,00	37,5	0,00
22	37,5	0,00	37,5	0,00
23	37,5	0,00	37,4	-0,27
24	37,5	0,00	37,4	-0,27
25	37,3	-0,53	37,5	0,00
26	37,3	-0,53	37,4	-0,27
27	37,4	-0,27	37,5	0,00
28	37,5	0,00	37,4	-0,27
29	37,5	0,00	37,4	-0,27



Gambar 19. Grafik respon kontrol PID

Dari tabel 1 terlihat bahwa saat pemilihan konstanta $K_p=2$, $K_i=0,5$ dan $K_d=0,1$ memiliki *steady state error* maksimal 0,53% dan ini sama dengan saat pemilihan konstanta $K_p=2$, $K_i=0,1$ dan $K_d=0,1$, akan tetapi puncak *overshoot* mencapai $39,1^\circ\text{C}$ saat $K_i=0,1$.

5. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan dengan menggabungkan semua komponen pengujian perangkat keras atau perangkat lunak kedalam satu sistem yang terintegrasi. Hasil yang diperoleh dari pengujian ini bahwa semua perangkat yang telah dirancang dan dibuat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang tujuan yang diharapkan. Kestabilan temperatur tetap

terjaga walaupun pada kondisi malam atau pagi hari yang dingin. Sehingga mesin penetas telur ini sudah siap untuk diimplementasikan kedalam penetasan telur otomatis yang sesuai dengan harapan para peternak burung murai.

V. KESIMPULAN

Dari ketiga parameter PID maka jika hanya ingin mendapatkan kontrol yang memiliki fluktuatif atau *error* temperatur yang kecil terhadap *Set Value* maka dapat dilakukan dengan mengganti salah satu dari nilai Kp atau Ki. Parameter Kd tidak memiliki pengaruh yang besar karena proses kenaikan atau penurunan temperatur sangat lambat sehingga parameter Kd yang bertugas sebagai peredaman dapat diabaikan. Dengan menyesuaikan bentuk mekanik mesin penetas yang sudah dibuat maka hasil *trial and error* maka pemilihan parameter konstanta PID yaitu $K_p=2$, $K_i=0,5$ dan $K_d=0,1$ yang memiliki *overshoot* 4,6% dan pembacaan temperatur sudah stabil terhitung dari setelah 5 menit pertama dan memiliki *steady state error* sebesar 0,53%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada teman teman di jurusan elektro ITATS yang sudah memberi masukan-masukan. Dan mahasiswa jurusan teknik elektro ITATS yang sudah membantu dalam pembuatan mekanik.

REFERENSI

- [1] MacKinnon J, Phillipps K, v. Balen. 2010. "Seri panduan lapang burung-burung di Sumatera", Jawa, Bali dan Kalimantan. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan LIPI.
- [2] Basuni S, Hernowo JB, Mulyono M. 2005. "Studi beberapa aspek ekologi burung murai batu di hutan wisata pananjung pangandaran". *Jurnal Media Konservasi*. 2(10): 47-50.
- [3] Jepson P, Ladle RJ. 2009. "Governing bird-keeping in Java and Bali: evidence from a household survey". *Journal of Flora & Fauna International*. 43(3): 364-374.
- [4] [IUCN] *International Union for Conservation of Nature*. 2013. "Daftar Populasi Satwa yang Termasuk kedalam Red List of IUCN". <http://www.iucnredlist.org>. [diakses pada 25 April 2014].
- [5] Palko, I V , Kalyakin, M V ,Thin, N V. 2011. "Nesting of the White-Rumped Shama (*Copsychus malabaricus*) In southern Vietnam" *Journal Bonner zoologische Monographien* 2011 vol. 57:185-191.
- [6] Suminarsih, E. 2006. "Memelihara, Melatih, dan Menangkar Burung Ocehan". Penebar Swadaya. Jakarta.
- [7] Hodgetts. 2000. "Incubation The Psichal Requiments". *Abor Acress service Bulletin* No 15, August 1.
- [8] Wulandari, A. 2002. "Pengaruh Indeks dan Bobot Telur Itik Tegal Terhadap Daya Tetas, Kematian Embrio dan Hasil Tetas". Skripsi Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- [9] Humidity/Temperature Sensor Module HSM-20G, 2012, http://www.geeetech.com/wiki/index.php/Humidity_Temperature_Sensor_Module_HSM-20G. diakses pada 11 maret 2017.
- [10] Doren, V.V. 2009, "Sorting Out PID Controller Differences", *Control Engineering*, 2, page 42-43.
- [11] Setiawan, Iwan., 2008, "Kontrol PID untuk Proses Industri", Elex Media Komputindo, Jakarta.
- [12] Braunl Thomas, 2006. "Embedded Robotics". Springer, Perth Australia.