

Implementasi Kontrol Suhu Menggunakan Metode PID pada Aplikasi Inkubator *Infant Warmers*

Syahri Muharom¹, Ilmiatul Masfufiah², Riza Agung Firmansyah³, Abdul Hamid⁴, dan Sasmito Utomo⁵
^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rachman Hakim No.100 Surabaya, 60117.
e-mail: syahrimuharom@itats.ac.id

Abstrak— Permasalahan yang sering terjadi ketika bayi yang baru saja dilahirkan adalah sulitnya bayi dalam menyesuaikan dengan suhu ruangan, dimana suhu bayi didalam kandungan adalah 34 sampai dengan 37 °C, dari permasalahan tersebut di buatlah sistem yang dapat membuat suhu sekitar bayi yang baru dilahirkan menjadi hangat, sehingga seperti didalam kandungan. Pada perancangan sistem di bagi menjadi tiga bagian, mekanik, hardware dan software, mekanik sistem di disain dengan tinggi 90 cm, dan lebar 45 cm, untuk perancangan hardware meliputi mikrokontroler atmega8, PLC dan HMI. Sistem yang dibangun ini menggunakan metode PID, metode ini bertujuan untuk mempercepat respon sistem dalam mencapai set poin suhu yang telah ditetapkan, dimana set poin suhu ini berbeda-beda, dimana hal ini disebabkan oleh berat bayi yang berbeda. Hasil pengujian yang dilakukan dengan berat bayi 3,2 Kg dan set poin suhu yang ingin di capai adalah 34°C, sistem dapat mencapai set poin dengan waktu sebesar 59 detik, dengan nilai PID $K_p=4$, $K_i=2$ dan $K_d=0,5$. Dari hasil beberapa percobaan berdasarkan berat bayi yang berbeda-beda, di dapatkan nilai rata-rata dari Rise Time PID adalah selama 19 detik, nilai Peak Time adalah 28,8 detik, dan Settling Time sebesar 59 detik. Berdasarkan hasil yang telah di dapatkan pada pengujian sistem, respon kontrol suhu menggunakan metode PID mempunyai waktu rata-rata 69,6 detik untuk mencapai suhu yang telah ditetapkan.

Kata kunci: Infant Warmer, Inkubator Bayi, Kontrol, Suhu, PID.

Abstract— A system design of infant warmer is proposed and investigated for warming the temperature around a newborn baby. The system allows one to adjust the room temperature as well as the womb that goes around 34 to 37°C. The design of the system was divided into three parts named mechanical, hardware and software system. The mechanical systems were designed with a height of 90 cm, and a width of 45 cm, while hardware systems were designed by using microcontroller atmega8 along with PLC and HMI. This system aims to have fast respond system in achieving the various temperature set points caused by the baby's weight through PID method. The presented system design revealed outstanding result for reaching set points with a time of only 59 seconds along with PID values $K_p= 4$, $K_i= 2$ and $K_d=0.5$ for baby weight of 3.2 kg and temperature set point of 34°C, respectively. In addition, the average value of PID rising times was 19 seconds with the peak value of 28.8 seconds and settling time of 59 seconds, respectively. Altogether obtaining the average time result of temperature control response of 69.6 seconds to reach predetermined temperature that has full potential to be used for practical applications.

Keywords: *Infant Warmer, Baby Incubator, Control, Temperature, PID.*

I. PENDAHULUAN

Masalah yang sering terjadi pada bayi yang baru dilahirkan adalah sulitnya bayi menyesuaikan suhu tubuh dengan lingkungan, dimana suhu tubuh bayi pada saat berada di dalam kandungan berkisar 34°C sampai dengan 37°C[1]. Dari permasalahan tersebut bayi sering terserang hipotermia, hipotermia pada bayi yang baru dilahirkan adalah ketika suhu tubuh bayi kurang dari 34°C. Hipotermia merupakan salah satu penyebab terjadinya kematian pada bayi yang baru dilahirkan[2]. Sehingga diperlukan peralatan biomedis yang dapat mengatur suhu di lingkungan bayi yang baru dilahirkan.

Teknologi kesehatan telah banyak berkembang dari tahun 1990 hingga saat ini, disamping itu teknologi kesehatan mempunyai manfaat yang sangat

fundamental, dan teknologi kesehatan juga telah menciptakan banyak sekali peralatan untuk membantu pengobatan seperti inkubator bayi [3]. Dari kemajuan teknologi kesehatan telah memberikan dampak positif pada perkembangan peralatan kesehatan yang berbasis internet of things[4], salah satunya adalah infant warmers.

Infant warmers adalah salah satu jenis alat elektromedik yang mempunyai fungsi untuk memberikan kenyamanan dan kehangatan pada bayi yang baru dilahirkan dengan menggunakan pemanas[5]. Infant warmers membuat suhu lingkungan menjadi hangat dengan tingkat kehangatan yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan, pengaturan suhu menggunakan metode PID[6][7].

Metode kontrol proposional, integral derivative (PID), banyak di kembangkan untuk mengontrol sebuah sistem, pemanas[8], mulai dari sistem untuk mesin produksi

pertanian[9], peternakan[10], dan sistem pada bidang kesehatan[11]. Oleh karena itu peneliti menawarkan sebuah sistem yang mampu mengatur suhu secara otomatis menggunakan PID pada infant warmers.

II. STUDI PUSTAKA

Bagian *Studi Pustaka* merupakan bagian optional. Bagian ini membahas teori dasar dari penelitian, yang dianggap penting untuk dikemukakan. Bagian ini juga membahas penelitian-penelitian lain yang relevan dengan penelitian yang dikemukakan pada naskah ini. Bagian *Studi Pustaka* boleh tidak ada, jika teori dasar/penelitian relevan bisa diintegrasikan pada bagian *Pendahuluan*.

A. Infant Warmer

infant warmer Alat untuk menghangatkan bayi, alat ini difungsikan sebagai tempat perlindungan bayi bagi yang lahir dini (premature). Infant warmer juga sebagai tempat singgah sementara untuk menstabilkan suhu tubuh bayi yang lahir mengalami hipotermia[5]. Pengaturan suhu pada inkubator berdasarkan berat bayi, dimana berat bayi mempengaruhi set poin suhu yang digunakan pada infant warmer[12], seperti terlihat pada table 1.

B. PLC

Tabel 1. Set Suhu Berdasarkan Berat Bayi

No	Setpoint Suhu Berdasarkan Berat Bayi	
	Berat Bayi (Gram)	Set Poin Suhu (°C)
1	<1200	33
2	>1200 && <2500	33,5
3	>2500 && <3200	34
4	>3200	36

Programable Logic Control (PLC) adalah peralatan elektronika digital, yang di rancang dapat mengendalikan sistem, PLC dapat di program karena di dalamnya terdapat memori, PLC dapat mengontrol proses dan fungsi nalar, operasi, timer, counter, aritmatik dan lain-lain. PLC memiliki beberapa unit I/O, dimana sebenarnya PLC di rancang untuk dunia industri[13], seperti pada gambar 1. Operasi yang dapat dilakukan oleh sebuah PLC antara lain:

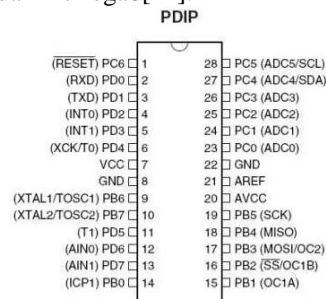
- Relay Logic2
- Penguncian (Locking)
- Pencacahan (Counting)
- Penambahan
- Pengurangan
- Pewaktuan (Timing)
- Kendali PID



Gambar 1. PLC

C. Mikrokontroler Atmega8

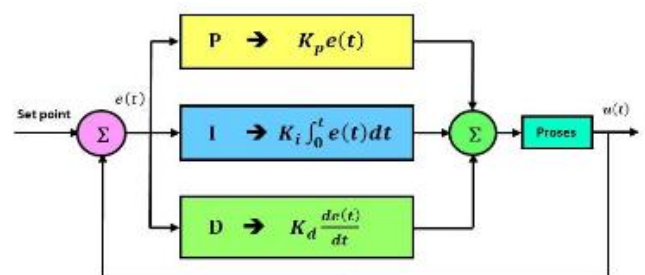
Mikrokontroler Atmega8 merupakan sebuah minimum sistem yang mempunyai arsitektur RISC, mikrokontroler ini dapat mengeksekusi perintah yang diberikan dalam satu priode clock dalam sebuah instruksi, atmega8 ini mempunyai kapasitas memori sebesar 8 kb flash memori program, dan 512 kb memori EEPROM. Atmega8 memiliki fitur I/O, 2 buah timer 8 bit, dan 1 timer 16 bit, memiliki ADC dan USART, two wire interface (I2C), pada gambar 2 adalah PDIP dari Atmega8[14].



Gambar 2. PDIP Atmega8

D. PID

Sistem kontrol PID merupakan sebuah sistem yang mempunyai sistem kerja secara close loop metode PID terdiri dari tiga buah kontrol, propotional (P), Derivative (D) dan Integral (I), dimana masing masing mempunyai keunggulan dan kelemahan dalam responnya. Pengabungan tiga buah kontrol tersebut bertujuan untuk memaksimalkan sistem dalam mencapai setpoint yang telah diberikan. Dalam aplikasinya sistem perlu mengatur nilai Kp, Ki dan Kd, agar sinyal respon keluaran yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan, pada gambar 3 adalah blog sistem kontrol PID[15].



Gambar 3. Blog Sistem PID

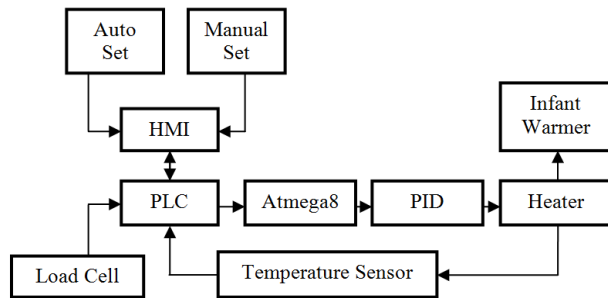
III. METODE

Dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian, dimana bagian pertama adalah mekanik, bagian kedua adalah hardware dan bagian ke tiga adalah software. Dimana hal ini dilakukan untuk memaksimalkan sistem yang dibuat.

A. Blog Diagram Sistem

Sistem yang dirancang menggunakan dua buah mode operasi, dimana mode yang pertama adalah mode auto dan mode yang kedua adalah mode manual. Pada mode auto berat bayi akan dikalkulassi untuk menentukan target suhu yang sesuai dengan berat bayi, sedangkan mode manual

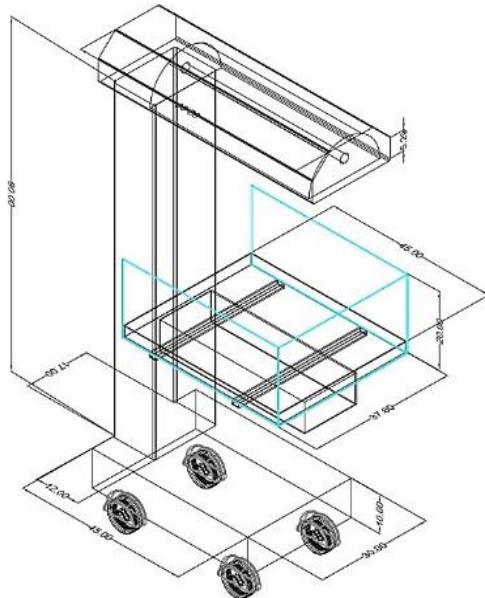
dengan menambahkan dan mengatur set suhu melalui HMI. Pada gambar 4 adalah blog diagram sistem yang di rancang pada penelitian ini.



Gambar 4. Blog Diagram Sistem

B. Perancangan Mekanik

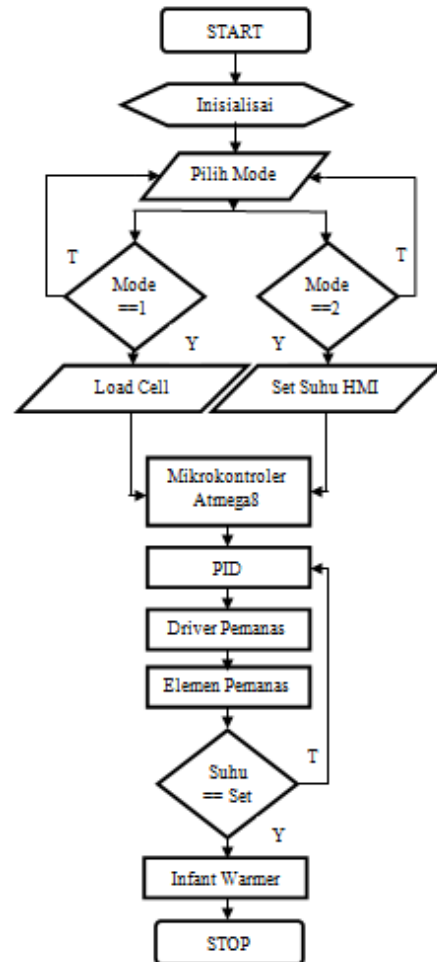
Pada bagian ini merupakan perancangan mekanik *infant wammer*, untuk mengetahui berat badan bayi menggunakan sensor *load cell*. Sensor yang digunakan sejumlah 4 buah sensor *load cell*, dengan beban maksimal 8 Kg. *infant warmer* dilengkapi roda sehingga dapat dipindahkan dengan mudah. Pada gambar 5 adalah perancangan mekanik *infant warmer*.



Gambar 5. Perancangan mekanik Infant Warmer

C. Flowchart Sistem

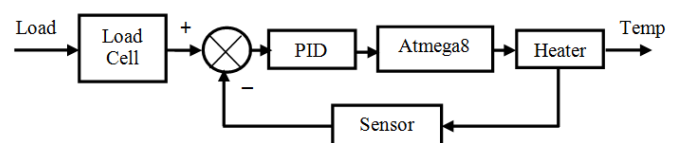
Dari sistem yang dirancang maka terdapat arur sistem, alur sistem meliputi dari sensor, mikrokontroler, PID dan output sistem yaitu pemanas. Pada gambar 6 adalah flowchart pada sistem.



Gambar 6. Flowchart Sistem

D. Perancangan Kontrol PID

Pada penerapan sisitem ini menggunakan dua buah mode untuk PID, dimana mode yang pertama adalah mode manual dan yang kedua adalah mode otomatis. Tetapi pada penelitian ini di fokuskan untuk menggunakan mode otomatis yang set suhunya berdasarkan berat bayi. Mode otomatis ini menggunakan *load cell* sebagai parameter utama untuk menentukan set suhu yang dibutuhkan oleh *infant warmers*. Pada gambar 7 adalah blog diagram sistem kontrol PID mode otomatis.



Gambar 7. Blog Diagram PID

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan pada setiap bagian system dan secara keseluruhan sistem dilakukan secara berurutan, pengujian awal adalah kabibrasi dari sensor suhu dan *load cell*, hal ini dilakukan

untuk mengetahui selisih antara sensor yang digunakan terhadap sensor modul yang telah ada. Hasil yang pertama adalah dari perancangan mekanik yang telah dilakukan, hasil dari mekanik infant warmers dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Mekanik Infant Warmer

Selanjutnya adalah proses kalibrasi dari sensor suhu, penujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan 3 kali perulangan, ini dilakukan untuk melihat nilai selisih sensor, tabel 2 adalah hasil pengujian sensor suhu. Dari hasil pengujian kalibrasi sensor yang telah dilakukan selisih error relatif dari yang awalnya pada percobaan pertama sebesar 4,24%, menjadi 0,2%. dari nilai error relatif yang kecil ini sensor telah dapat membaca temperatur dengan selisih yang kecil bila dibandingkan dengan sensor modul yang sudah ada.

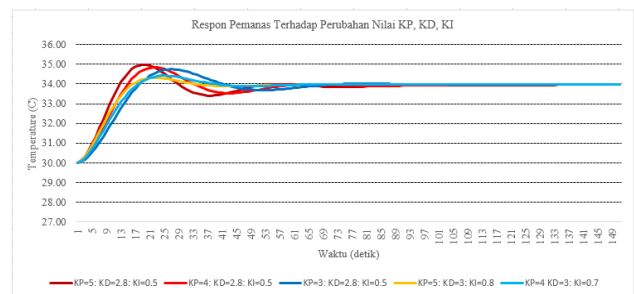
Selanjutnya adalah proses kalibrasi untuk sensor berat, data kalibrasi dapat dilihat pada tabel 3. Dari hasil kalibrasi sensor berat yang telah dilakukan, dapat di lihat pada tabel 3 dimana error relatif menjadi semakin kecil, dimana error relatif awal mencapai 4,17%, sedangkan dari hasil perbaikan error relatif menjadi 0,37%. selanjutnya adalah penentuan set suhu berdasarkan berat bayi, dimana pada penelitian ini, berat bayi di bagi menjadi 4, lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 2. Kalibrasi Sensor Suhu

No	Set Suhu (°C)	Kalibrasi Sensor Suhu						Error Relatif (%)
		Sensor	Alat Ukur	Sensor	Alat Ukur	Sensor	Alat Ukur	
1	34	34,8	33,2	34,5	32,5	33,5	33	4,25
2	34	34	33,8	34,9	33,7	34	33,4	2,08
3	34	33,2	33,7	32,3	32,3	33,2	33,2	1,8
4	34	34,3	34,1	33,5	34,6	34,3	34,3	0,8
5	34	33,7	33,9	33,5	33,7	34	33,8	0,2

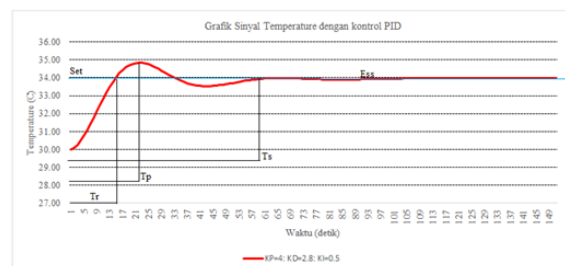
Pada penelitian ini range suhu telah ditetapkan berdasarkan berat bayi, seperti yang terlihat pada tabel 1. pada pengujian sistem yang telah di buat, berat bayi yang digunakan adalah 3100 gram, dimana pada nilai ini set poin suhu yang di perlukan oleh infat warmers adalah sebesar 34°C. Pada penelitian ini kontrol suhu pada infat warmers menggunakan metode PID, dimana pada gambar 9 adalah hasil pengujian respon suhu terhadap nilai KP, KD, KI yang di ubah ubah.

N	Kalibrasi Sensor Suhu							Error Relatif (%)
	Berat (Gram)	Sensor	Alat Ukur	Sensor	Alat Ukur	Sensor	Alat Ukur	
1	3000	3130	3002	3120	3002	3126	3002	4,17
2	3000	3112	3002	3115	3003	3125	3002	3,91
3	3000	3086	3002	3101	3003	3093	3002	3,11
4	3000	3054	3003	3042	3001	3050	3001	1,62
5	3000	3012	3002	3010	3002	3012	3002	0,37



Gambar 9. Respon Pemanas Terhadap perubahan Nilai Kp, Ki, dan Kd

Pengujian yang dilakukan ini untuk menentukan nilai KP, KD dan KI pada sistem, hal ini dilakukan untuk mencari nilai yang paling cepat mencapai set poin suhu yang di tentukan, dari pengujian ini di dapatkan nilai KP=4, KD=2 dan KI=0.5, dimana pada set nilai PID ini mempunyai nilai Rise Time (Ts)=15 detik, Peak Time (Tp) =22 detik, dan Settling Time (Ts)= 59 detik, dan error steady state (Ess) = 0.2-2% dari set suhu, lebih jelasnya seperti yang terlihat pada gambar 10.

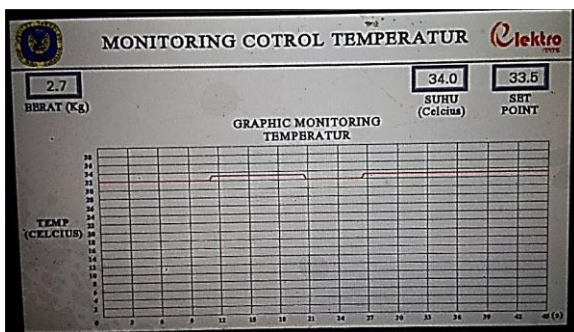


Gambar 10. Grafik Respon PID pada Set Suhu 34°C

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan variasi berat dan set suhu yang berbeda untuk mengetahui respon kontrol PID, dimana pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 4 berat yang berbeda, data hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 4, dan gambar 11 adalah tampilan sistem pada infant warmers.

Tabel 4. Respon Kontrol PID

Respon Kontrol PID Berdasarkan Berat Bayi						
No	Berat Bayi (Gram)	Set Suhu (°C)	Rise Time (detik)	Peak Time (detik)	Settling Time (detik)	Error Steady State (%)
1	2400	33,5	12	18	62	2
2	3100	34	15	22	59	2
3	3600	36	20	30	67	3
4	4200	36	20	36	78	3
5	4900	36	28	38	82	4



Gambar 11. Tampilan HMI pada set suhu 33,5°C

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan parameter utama untuk di ambil kesimpulan. Berdasarkan kalibrasi, sensor suhu mempunyai nilai error relatif yang kecil yaitu 0.2%, dan load cell mempunyai error relatif sebesar 0,37%. dari pengujian sistem PID didapatkan nilai rata-rata dari rise time di butuhkan untuk mencapai set pin adalah sebesar 19 detik, dan rata2 peak time adalah 28.8 detik, nilai rata-rata dari settling time adalah 66,2 detik. Sedangkan pengujian sistem kontrol PID yang paling cepat mencapai setling time adalah ketika percobaan dengan berat bayi 3100 gram, dengan waktu 59 detik. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, sistem kontrol PID dapat mencapai seting suhu dengan rata-rata waktu adalah 69,6 detik.

REFERENSI

- [1] Paula Vivi Fridely, 2017. Pentingnya Melakukan Pengukuran Suhu Pada Bayi Baru Lahir Untuk Mengurangi Angka Kejadian Hipotermi. *Jurnal Ilmiah Bidan*. Vol. II No.2. Hal 9-12.
- [2] Ima Azizah, Oktiworo Kasmini Handayani. 2017. Kematian Neonatal Di kabupaten Grobogan. *Higeia Journal Of Public Health Reseach and Development*. Hegeia 1(4). Hal 72-85.
- [3] Bayu Nur Cahya, I Wayan Widhiada, I Dewa Gede Ary Subagia. 2016. Sistem Kontrol Kesetabilan Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis Arduino UNO dengan Matlab/Simulink. *Jurnal MATTEK Vol 2, No 1 Hal 35-42*.
- [4] Romi Andi Wijaya, Sri Wiji Lestari, Mardiono. 2018. Rancang Bangun Alat Monitoring Suhu dan Kelembaban Pada Alat Baby Incubator Berbasis Internet of things. *Jurnal Teknologi*. Vol 6 No 1. Hal 52-70.
- [5] Heri Mulyono, Yuan Novandha Yudistira. 2017. Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Pada Inkubator Bayi Berbasis Mikrokontroler. *V2.il*. Hal 123-130.
- [6] Adhi Ksatria Theopaga, Achmad Rizal, Erwin Susanto. 2014. Design and Implementation of PID Control Bassed Baby Incubator. *Vol 70 No.1*. Hal 19-24.
- [7] Harsh Jadav, Amar Bansode, Divya Sharma. 2018. PID Temperature Controller Infant Incubator Using RTD. *IOSRJEN*. Vol 11. Hal 13-16.
- [8] Teguh Budi Pratomo, Andi Dharmawan, Akhmad Syoufian, Triwahyu Supardi "Purwarupa Sistem Kendali Suhu dengan Pengendali PID pada Sistem Pemanas dalam Proses Refluks/distilasi", *IJEIS*, 2013, ISSN: 2088-3714, Halaman 23-34.
- [9] Syahri Muharom, Marcelinus Amalia Lamanenle "Rancang bangun mesin pengering biji kopi bebrbasis mikrokontroler Atmega32" *Sinarfe7 2018 ISSN:2621-3540 Halaman 36-41*.
- [10] Surya Adi, Ari Kunto, Titiek Suheta, Syahri Muharom "Pengaturan Tingkat Suhu dan kelembaban Pada Mesin Peneetas Burung Puyuh ", *Sinarfe7 2019, ISSN:2621-3540, Halaman 459-463*.
- [11] A. D. Pratiwi, E. Yulianto, and A. Kholiq, "Infant Incubator Berbasis Proportional Integral dan Derivative (PID) Dilengkapi Dengan Mode Kanguru", *Teknokes*, vol. 12, no. 1, pp. 33-38, Sep. 2019
- [12] Dicky Rivaldo Ramdani, Andi Kurniawan Nugroho, Budiani Destyningtias "Pengaturan Suhu Untuk Mengatasi Bayi Terbakar Berbasis Arduino Dan Labview Pada Infant Incubator" *Elektrika Vol 11, No 1, 2019. ISSN: 2085-0565*.
- [13] Badarudin, Endang Saputra "Pemodelan Simulasi Kontrol Pada Sistem Pengolahan Air Limbah Menggunakan PLC", *Jurnal Teknologi Elektro*, vol 5, No 2, 2014. ISSN: 2086-9479. Halaman 59-67.
- [14] Zaenurrohman, Utis Sutisna "Perancangan Sistem Kontrol Wireles pada mobile robot manipulator berbasis mikrokontroler atmega8". *JNTETI*, vol 3 no 1, 2014. ISSN: 2301-4165.
- [15] Ramadan firdaus, wildan zulfikar "Pengontrol suhu ruangan menggunakan PID". *Telekontran*, vol 2 no 2 2016.