
Jurnal ***Rekayasa Elektrika***

VOLUME 11 NOMOR 3

APRIL 2015

Implementasi Kontrol PID pada Mesin Pengembang Roti

109-113

Novianti Yuliarmas, Siti Aisyah, dan Handri Toar

JRE	Vol. 11	No. 3	Hal 79-122	Banda Aceh, April 2015	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620X
-----	---------	-------	------------	---------------------------	--------------------------------------

Implementasi Kontrol PID pada Mesin Pengembang Roti

Novianti Yuliarmas, Siti Aisyah, dan Handri Toar
 Politeknik Negeri Batam
 Parkway Street Batam Centre, Batam 29461
 e-mail: siti_aisyah@polibatam.ac.id

Abstrak—Selain komposisi bahan, hal terpenting dalam proses pembuatan roti adalah *proofing*, yaitu proses pengembangan adonan roti sebelum dilakukan proses pemanggangan di dalam oven. Proses *proofing* membutuhkan suhu yang stabil untuk menjamin adonan roti dapat mengembang dengan baik. Pada penelitian ini, dibuat sebuah mesin *proofing* yang menggunakan sensor DHT11 sebagai sensor suhu. Kontrol *Proportional-Integral-Derivative* (PID) diimplementasikan pada sistem untuk memastikan bahwa mesin tetap berada pada suhu 35°C, yaitu suhu yang dipilih agar proses pengembangan adonan berhasil. Kontrol PID diimplementasikan pada lampu pijar yang diatur terang redupnya untuk menghasilkan panas hingga mencapai nilai *setpoint* yang telah ditentukan. Suhu dimonitor menggunakan LCD dan diatur tetap stabil dengan bantuan kipas. Proses *proofing* akan berlangsung selama 15 menit yang diakhiri dengan bunyi *buzzer*. Proses pengujian menunjukkan bahwa nilai $K_p=20$, $K_i=0,01$, $K_d=1$ mencapai nilai *setpoint* tercepat dalam waktu 120 detik.

Kata kunci: *kendali PID, kendali suhu, proofing*

Abstract—Besides the ingredient composition, another important thing in the process of making dough is *proofing*, ie. dough rising process prior to roasting process. *Proofing* process requires a stable temperature to ensure that the dough is well rising. The purpose of this research is to make a *proofing* machine that uses DHT11 as a temperature sensor. *Proportional-Integral-Derivative* (PID) controller is implemented to guarantee that the machine remains at the temperature of 35°C, in which the fermentation process would success. PID control has been implemented in fluorescent lamp which been set its dim light to generate heat until it reach a predetermined set point value. The temperature was monitored using LCD and set to remain stable with the help of fan. The *proofing* process will last for 15 minutes which ended by the sound of the *buzzer*. The testing result shows that the value of $K_p=20$, $K_i=0.01$, $K_d=1$ will reach set point value within 120 seconds.

Keywords: *PID control, temperature control, proofing*

I. PENDAHULUAN

Roti merupakan salah satu makanan alternatif pengganti makanan pokok yang mulai digemari di Indonesia saat ini. Proses pembuatan roti tidaklah sulit. Salah satu proses yang biasanya dilalui dalam pembuatan roti adalah *proofing*. *Proofing* merupakan proses pengistirahatan adonan agar mengembang maksimal sebelum dimasukan ke dalam oven [1].

Sebelum melakukan *proofing*, biasanya adonan telah dibulatkan dan ditimbang dalam ukuran tertentu menjadi bagian-bagian kecil. Waktu *proofing* yang ideal yaitu antara 15 menit sampai dengan 20 menit. Waktu yang digunakan untuk melakukan tahapan *proofing* ini harus diperhatikan, karena jika proses *proofing* terlalu sebentar maka roti tidak akan mengembang dan jika terlalu lama maka tekstur roti menjadi terlalu lunak.

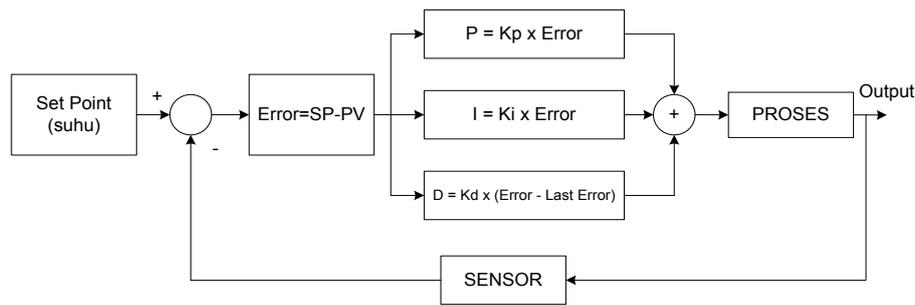
Pembuat kue tradisional biasanya melakukan proses *proofing* dengan mendiamkan adonan lebih dari 20 menit, bahkan hingga 3 jam. Pembuatan alat yang efisien terhadap waktu sebagai alternatif untuk melakukan proses *proofing* dianggap cukup bermanfaat. Penambahan

sistem kendali suhu seperti PID pada alat akan mampu meningkatkan efektifitas alat dan mempercepat kestabilan sistem mencapai *setpoint* yang ditentukan [2]-[4]. Pada penelitian ini, PID digunakan sebagai pengontrol sistem agar mencapai suhu yang stabil dengan cukup cepat. Kontrol PID ini sebelumnya juga telah diterapkan pada mesin penetas telur otomatis yang mampu mengatur suhu, kelembaban dan kadar oksigen di dalam mesin [5]. Pengaturan nilai konstanta *proportional* (P), *integral* (I) dan *derivative* (D) yang sesuai dapat menghasilkan sistem yang stabil dengan cukup cepat. Dengan kelebihan kontrol PID ini maka pembuatan mesin pengembang roti disertai dengan kontrol penstabil suhu, PID, akan sangat tepat.

II. STUDI PUSTAKA

A. Mesin Pengembang Roti

Mesin pengembang roti merupakan salah satu alat pendukung dalam proses pembuatan roti yang berfungsi sebagai alat pengembang (*proofing*) adonan roti. Suhu *proofing* yang baik adalah antara 32-38°C, dikarenakan



Gambar 1 Diagram blok sistem PID

pada suhu tersebut pengembangan adonan akan terjadi karena ragi menghasilkan gas karbondioksida (CO_2) selama fermentasi. Gas ini kemudian terperangkap dalam jaringan gluten yang menyebabkan adonan roti bisa mengembang, dimana gluten akan menjadi halus dan meluas serta hasil *proofing* dengan volume adonan berkembang menjadi dua kali lipat [6].

Pada proses pengembangan adonan roti (*proofing*) diperlukan adanya panas yang stabil pada batas waktu tertentu agar proses *proofing* berjalan dengan baik. Untuk itu, konsep ini memunculkan ide untuk menggunakan suatu alat penghasil panas. Pemanas (*heater*) dapat digolongkan dalam tiga jenis berdasarkan sumber energi primernya, yakni *heater* listrik, gas, dan minyak tanah. *Heater* listrik masih dapat kita bagi dalam sistem langsung (*direct*) dan sistem tak langsung (*indirect*). Sistem langsung diartikan bahwa terjadi konversi energi dari listrik menjadi panas tanpa moda perantara, ini bisa dijumpai pada *heater* jenis konveksi (*electric fan heater*) dan radiasi (*lamp heater*). Sedangkan sistem tak langsung bisa dijumpai pada heat pump (kebalikan dari fungsi AC), *heater* gas (*gas heater*) dan minyak tanah (*oil heater*). Pada penelitian ini penulis menggunakan *heater* listrik jenis radiasi (*lamp heater*) berupa lampu pijar.

Heater listrik jenis radiasi menggunakan prinsip radiasi untuk menghasilkan panas, yakni perpindahan energi melalui gelombang elektromagnetik. Bila sebuah permukaan terkena radiasi panas tersebut, maka temperaturnya akan naik. Karena partikel udara memiliki kerapatan yang relatif rendah, maka hanya sebagian radiasi panas yang berhasil ditangkap oleh partikel udara. Untuk itu tidak mengherankan jika pada penggunaan *heater* jenis ini, benda yang terpapar sinar langsung akan lebih panas dibanding dengan udara disekitarnya [7].

B. Kontrol PID

Kontroler PID terdiri dari beberapa macam aksi kontrol, diantaranya yaitu aksi kontrol proporsional, aksi kontrol *integral* dan aksi kontrol *derivative*. Masing-masing aksi kontrol ini mempunyai kelebihan-kelebihan tertentu, dimana aksi kontrol proporsional mempunyai kelebihan dapat membuat *risetime* menjadi lebih cepat [8]. Aksi kontrol *integral* mempunyai kelebihan untuk memperkecil *error* yang terjadi dan kelebihan aksi kontrol *derivative* adalah untuk memperkecil *error* atau meredam

overshot/ undershot pada sistem [9]. Untuk itu agar kita dapat menghasilkan output dengan *risetime* yang cepat dan *error* yang kecil, kita dapat menggabungkan ketiga aksi kontrol ini menjadi sebuah aksi kontrol PID. Selain telah diterapkan pada mesin penetas telur, kontrol PID juga telah diterapkan pada sistem kontrol pemanas ruangan tanpa carrier fluids [10].

Secara umum, diagram blok kontrol PID dapat digambarkan seperti pada Gambar 1. Pada blok diagram sistem PID, output akan mencapai nilai *setpoint* pada waktu tertentu dengan mengubah-ubah nilai parameter K_p , K_i dan K_d .

C. Perangkat pengontrol dan sensor

1. Arduino Uno

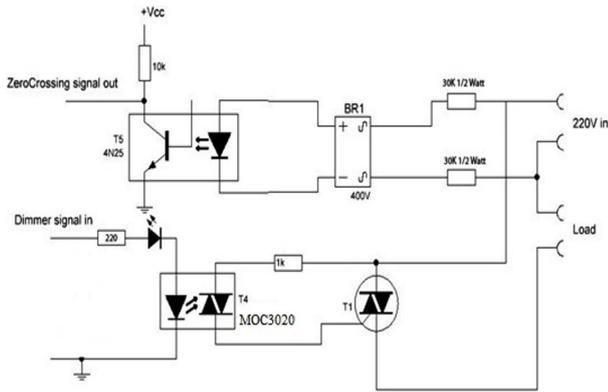
Perangkat pengontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah Arduino Uno. Arduino Uno dijalankan pada *software* Arduino dengan library yang cukup lengkap dengan digital *input/output* [11]

Arduino Uno merupakan board mikrokontroler berbasis Atmega328. Modul Arduino Uno memiliki 14 pin *input/output* digital (6 pin-nya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP dan tombol reset. Dengan spesifikasi tersebut, Arduino Uno dapat digunakan sebagai prosesor pada penelitian ini.

2. AC Dimmer

AC *Dimmer* berfungsi untuk mengatur tingkat intensitas cahaya penerangan lampu pijar. AC *Dimmer* telah digunakan pada sistem pengaturan penerangan ruangan karena dapat mengatur dan atau mempertahankan cahaya ruangan yang diinginkan serta dapat membuat energi lebih efisien [12]. Modul AC *Dimmer* ini terdiri dari 2 rangkaian, yaitu rangkaian *zero crossing* dan rangkaian TRIAC.

Pada rangkaian *zero crossing* seperti terlihat pada Gambar 2, tegangan listrik 220 Volt masuk melalui dua resistor 30 K Ω menuju diode bridge yang memberikan sinyal double phased rectified untuk *opto-coupler* 4N25. Sinyal LED pada *opto-coupler* akan menjadi *low* dan sinyal pada kolektor akan high seiring dengan gelombang sinus yang masuk. Kemudian sinyal dari *opto-coupler* 4N25 akan diumpankan ke pin interrupt Arduino sehingga dikembalikan lagi menuju rangkaian TRIAC. Sinyal yang



Gambar 2. Rangkaian AC dimmer

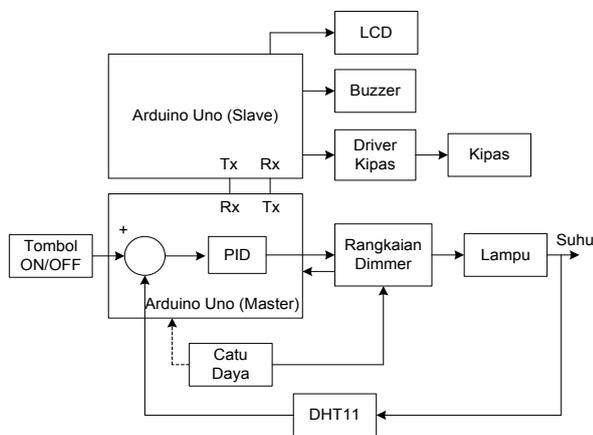
masuk akan mengaktifkan LED pada MOC3020 dan memicu *opto-thyristor* sebentar yang menunjukkan bahwa ada arus yang melalui MOC3020 tersebut. Kemudian masuk ke TRIAC yang berfungsi untuk menyalakan cahaya lampu lebih terang. Cepat lambatnya penerangan dan peredupan cahaya diatur pada prosesor yang digunakan, yaitu Arduino.

3. Driver Kipas 12 VDC

Kipas 12 VDC digunakan sebagai alat untuk mempercepat penurunan suhu ketika suhu meningkat melebihi batas *setpoint* yang telah ditentukan. *Driver* kipas 12 VDC ini menggunakan relay 5 Volt dan resistor 1 kΩ dan transistor TIP 31 C tipe NPN sebagai komponen *driver*-nya.

4. Sensor DHT11

Faktor suhu sangat penting untuk menjamin kinerja suatu mesin. Suhu yang cukup tinggi misalnya dapat memuaikan komponen elektronik pada sebuah mesin sehingga tidak jarang ditemui alat elektronik akan mengalami kerusakan jika suhunya di luar suhu kerja normal. Untuk itu, diperlukan adanya sensor suhu yang berperan sebagai pengukur suhu. Kestabilan suhu dapat diatur dengan menggunakan bantuan sistem kendali suhu. Pengaturan panas dinginnya suhu juga telah dibuktikan pada alat penetas telur yang menggunakan sensor suhu



Gambar 3. Diagram blok mesin pengembang roti



Gambar 4. Mesin pengembang roti

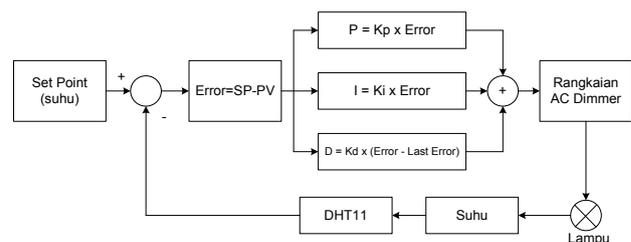
DHT11 [13].

Penelitian ini juga menggunakan sensor DHT11 yang merupakan sensor suhu dan kelembaban. Sensor DHT11 ini memiliki beberapa spesifikasi, antara lain: *interface digital*, tegangan masukan 3,3 V hingga 5 V, jangkauan temperature 0°C hingga 50°C dengan akurasi pengukuran suhu ± 2 °C dan kelembaban relatifnya 20 % RH hingga 90 % RH dengan akurasi pengukuran kelembaban relatifnya ± 5% RH dengan memiliki 3 pin *connector* yaitu pin data dengan kabel berwarna hijau, pin +5 Volt dengan kabel berwarna merah dan pin GND dengan kabel berwarna hitam.

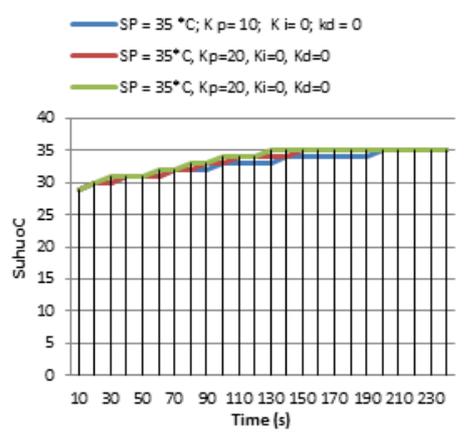
III. METODE

Penelitian ini dimulai dengan perancangan mesin pengembang roti, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan hardware dan *software* dan diakhiri dengan pengujian sistem. Mesin pengembang roti ini dirancang dengan dua buah mikrokontroler Arduino Uno. Arduino pertama sebagai Arduino *master* yang akan mengolah semua data yang masuk dan Arduino kedua sebagai Arduino *slave* yang akan mengirim data sensor ke Arduino master dengan cara menghubungkan *Tx1* ke *Rx2* dan *Tx2* ke *Rx1*. Komunikasi terjadi antar *Tx* dan *Rx* agar kedua Arduino dapat saling mengirim dan menerima data. Setelah terjadi komunikasi antar kedua Arduino, hasil kendali suhu oleh mikroprosesor akan ditampilkan ke lampu, LCD display, kipas 12 VDC dan buzzer. Blok diagram mesin pengembang adonan roti ditunjukkan pada Gambar 3.

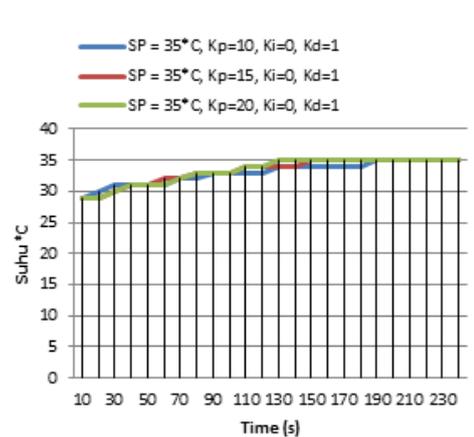
Gambar 4 menunjukkan hasil perancangan mesin pengembang roti yang terdiri dari dua bagian. Bagian pertama yaitu *oven* yang terbuat dari aluminium dengan ukuran 340mm×340mm dengan 4 buah lampu pijar sebagai sumber panas, kipas 12 VDC dan sebuah sensor suhu DHT11 yang semuanya diletakkan di dalam *oven*



Gambar 5. Diagram blok sistem kendali PID pada mesin pengembang adonan roti



Gambar 6. Grafik perbandingan respon sistem dengan nilai parameter K_i dan K_d nol dan $K_p=10,15,20$



Gambar 8. Grafik Perbandingan respon sistem dengan nilai parameter K_p berbeda-beda dan nilai $K_i=0, K_d=1$

tersebut. Selain itu, di dalam oven juga terdapat sebuah rak tempat meletakkan adonannya dengan jarak 90 mm dari sumber panas (lampu). Sedangkan bagian keduanya yaitu kotak plastik yang berisi semua rangkaian elektronik sebagai pengendalinya yang diletakkan di atas oven.

Modul AC Dimmer pada rangkaian Gambar 3 berfungsi sebagai modul pengendali tegangan yaitu pendeteksi gelombang sinus AC 220 Volt saat melewati titik tegangan nol dan mengatur tegangan AC melalui pemacu dari gate TRIAC.

Perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan kendali PID mesin pengembang adonan roti ini adalah software Arduino. Gambar 5 merupakan diagram blok mesin pengembang adonan roti dengan kontrol PID, yang terdiri dari input nilai setpoint yang telah diprogram pada Arduino Uno (master) dan nilai umpan balik dari sensor DHT11, kemudian diproses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

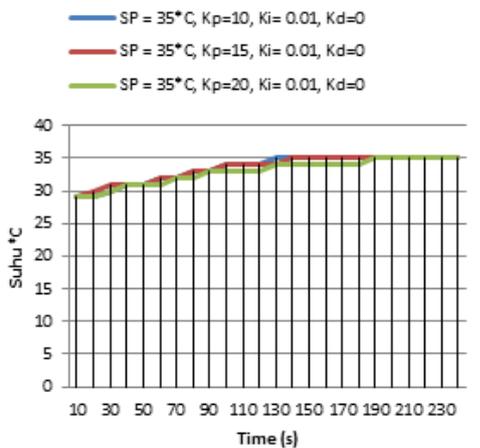
Pengujian sistem dilakukan dengan mengamati respon sistem melalui perbedaan nilai parameter K_p, K_i dan K_d untuk mencapai nilai setpoint 35°C. Perbedaan respon

sistem untuk nilai K_p yang diubah-ubah dengan nilai parameter K_i dan K_d nol ditunjukkan pada Gambar 6. Pada grafik terlihat bahwa dengan nilai $K_p=20$, serta K_i dan K_d nol, waktu tercepat yang dibutuhkan sistem adalah 130 detik untuk mencapai nilai setpoint 35°C.

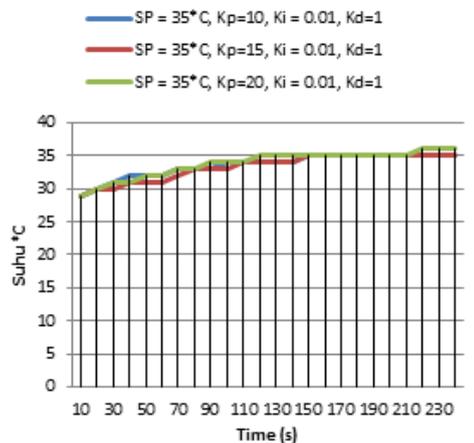
Respon sistem terhadap perubahan nilai K_p dengan nilai K_i dan K_d tetap yaitu $K_i=0,01$ dan $K_d=0$ ditunjukkan oleh Gambar 7. Respon sistem menunjukkan bahwa pada nilai $K_p=10$, sistem mencapai suhu stabil pada detik ke 130, sedangkan untuk nilai parameter $K_p=15$ dan $K_p=20$ memerlukan waktu stabil pada detik ke 140 dan 190. Dengan demikian, diperoleh respon sistem tercepat 130

Tabel 1. Catatan waktu respon sistem terhadap perubahan nilai parameter K_p, K_i dan K_d .

K_p	K_i	K_d	Waktu mencapai set point (detik)
20	0	0	130
10	0.01	0	130
20	0	1	130
20	0.01	1	120



Gambar 7. Grafik Perbandingan respon sistem dengan nilai parameter $K_i=0.01$ dan $K_d=0$ serta nilai K_p yang berbeda-beda



Gambar 9. Grafik Perbandingan respon sistem dengan nilai K_p berbeda dan K_i dan K_d tetap, dengan $K_i=0.01$ dan $K_d=1$

detik pada nilai $K_p=10$, $K_i=0,01$ dan $K_d=0$.

Pengujian juga dilakukan pada nilai K_i dan K_d tetap lainnya yaitu $K_i=0$ dan $K_d=1$ dan nilai K_p bervariasi seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Pada nilai $K_p=10$ dan $K_p=15$, suhu stabil setelah sistem bekerja masing-masing selama 190 detik dan 150 detik. Respon sistem paling cepat diperoleh setelah 130 detik dengan nilai $K_p=20$.

Sistem selanjutnya diuji dengan nilai $K_i=0,01$, $K_d=1$ dan K_p bervariasi seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Respon sistem pada nilai $K_p=10$ dan $K_p=15$ menunjukkan bahwa suhu stabil pada masing-masing detik ke 190 dan 150. Respon tercepat tercatat pada nilai $K_p=20$ yaitu 120 detik.

Perbandingan respon sistem terhadap nilai parameter K_p , K_i dan K_d dari keempat grafik diperlihatkan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 diperoleh kesimpulan bahwa respon sistem tercepat terjadi pada kombinasi nilai parameter $K_p=20$, $K_i=0,01$ dan $K_d=1$ yaitu 120 detik.

V. KESIMPULAN

Sistem kendali PID tepat digunakan dalam mengatur kestabilan suhu pada mesin pengembang adonan roti yang ditunjukkan dari kestabilan respon sistem (Grafik 6-9). Respon sistem tercepat untuk mencapai nilai *setpoint* 35°C diperoleh dengan nilai parameter $K_p=20$, $K_i=0,01$, dan $K_d=1$ yaitu dalam waktu 120 detik.

Dalam perancangan mesin pengembang roti ini ada satu parameter yang belum dapat dipenuhi, yaitu pengendalian kadar kelembaban dalam mesin pengembang roti. Untuk mendapatkan hasil suhu dan kelembaban yang lebih baik dapat digunakan *heater* air sebagai sumber panasnya, sehingga tak hanya suhu saja yang didapat tetapi kelembaban pun bisa didapat sesuai keinginan. Agar memperoleh perbandingan sistem yang lebih baik perlu dilakukan pengontrolan suhu dengan metode lain, seperti Jaringan Saraf Tiruan atau kontrol *Fuzzy Logic*.

REFERENSI

- [1] Calvel, Raymond. "The taste of bread". Gaithersburg, Md: Aspen Publishers, p. 31, 2001.
- [2] Rahman H., Rahman F., Harun-Or-rashid. "Stability Improvement of Power System By Using SVC With PID Controller", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 2, Issue 7, July 2012.
- [3] Salem F.A, "New Efficient Modelbased Pid Design Method", European Scientific Journal, Vol.9, No.15, May 2013.
- [4] Sreeraj P V., "Design and Implementation of PID Controller with Lead Compensator for Thermal Process", International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 67, No.1, April 2013.
- [5] Nurhadi, Imam and Puspita, "Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega8 Menggunakan Sensor SHT11". Fakultas Teknik, Sains dan Matematika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2009.
- [6] Handoko Yosua, "Pengaruh penambahan Ekstrak Bayam (*Amaranthus tricolor L.*), Waktu Dan Suhu *Proofing* Terhadap Karakteristik Adonan Dan Roti Kukus", Buku Skripsi, Fakultas Teknologi Pangan, Universitas Katolik Soegijapranata, 2014.
- [7] Sofyan. (view June 04, 2014). Tips Memilih dan Menggunakan Heater. [Online]. Available: www.iptech.wordpress.com.
- [8] Ogata, Katsuhiko, "Modern Control Engineering", Fourth Edition, Prentice-Hall, Inc. United States of America, 2002.
- [9] Wicaksono Guntur, "Kontrol PID pada robot Bareleng 3.1," Buku Tugas Akhir Diploma III, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, 2012.
- [10] Hindayanti Heni, "Sistem Kontrol Pemanas Ruangan Tanpa Carrier Fluids", Buku Skripsi, Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret, 2008.
- [11] Aubin Caesar Ramadhan, "Pengendali Otomatis Pada Inkubator Untuk Ayam Menggunakan Arduino Berbasis SMS", Universitas Gunadarma, 2014.
- [12] Lukmanul Hakim, "Rancang Bangun Sistem Pengaturan Pemanasan Ruangan Berbasis Mikrokontroler", Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2011.
- [13] Supriyono, Didik, "Rancang Bangun Pengontrol Suhu Dan Kelembaban Udara Pada Penetas Telur Ayam Berbasis Arduino Mega 2560 Dilengkapi UPS", Buku Skripsi Thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2014.

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net

Telp/Fax: (0651) 7554336

