

RANCANGAN SISTEM MONITORING DAN KENDALI SUHU REAKTOR DI LABORATORIUM

Rico Vendamawan

Pranata Laboratorium PSD III Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP

ABSTRAK

Rancangan sistem kontrol proporsional, dalam bentuk perangkat keras sistem kendali suhu menggunakan Wifi, untuk mengontrol pemanas pada Reaktor di Laboratorium Diploma III Teknik Kimia. Dalam sistem ini dibuat sistem antar muka pengendalian suhu dan perangkat sistem untuk pembacaan data record yang sama dengan pembacaan data yang disimpan dan visualisasi grafik menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi.

Untuk menjaga kestabilan suhu terutama pada reaktor perlu dibuat sistem monitoring dan kendali suhu yang bekerja secara online menggunakan Wifi, hasilnya merupakan sistem pengendalian suhu yang aktual dan dapat memonitor suhu secara online.

Penelitian ini menggunakan sensor temperatur tipe LM 35 yang merupakan tipe semi konduktor yang telah memiliki pengkondisian sinyal yang terintegrasi didalamnya. Menggunakan ADC internal 10 bit dari mikrokontrol AVR ATmega 8535, sebagai interface. Untuk melakukan komunikasi data nirkabel digunakan Wifi yang mempunyai spesifikasi 802.11g. Wifi diinjeksi data dari komputer menggunakan protokol standard TCP/IP. Dengan melakukan set IP address memungkinkan data-data pada komputer mampu diakses oleh komputer lain disekitarnya.

Pengujian validasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan suhu oleh sensor LM35 dengan alat uji standar Thermo 300, hasil pengujian diperoleh perangkat sistem kendali suhu yang dapat bekerja sesuai dengan asas-asas pengontrolan pada dasar teori kontrol proporsional, dengan kesalahan kurang dari 2%.

Kata kunci : *kendali suhu, kontrol proporsional, Wifi*

ABSTRACT

Proportional control system design, hardware in the form of temperature control systems using Wifi, to control the Reactor heater on Laboratory of Diploma Chemical Engineering. In this system made the system interface and device temperature control system for reading the same data records with the reading of stored data and graphical visualization using Borland Delphi.

To maintain a stable temperature of the reactor need to be made primarily on monitoring and temperature control systems that work online using Wifi, the result is that the actual temperature control system and can monitor the temperature of it online.

This study uses a temperature sensor type LM 35 which is a type of semiconductor that has an integrated signal conditioning part of it. Using the internal ADC 10 bits of mikrokontrol AVR ATmega 8535, as an interface. To perform wireless data communications that have used Wifi 802.11g specification. Wifi injected data from a computer using a standard protocol TCP / IP. By doing a set of IP addresses allows the data on a computer can be accessed by another computer around it.

Validation test was done by comparing the temperature readings by the sensor LM35 with Thermo standard test equipment 300, the test results obtained device temperature control system that can work in accordance with the principles of control on the basis of proportional control theory, with errors less than 2%.

Keywords: *temperature control, proportional control, Wifi*

PENDAHULUAN

Sebagian besar industri menuntut peralihan dari peralatan konvensional yang masih menggunakan saklar ke peralatan otomatis. Penggunaan peralatan serba otomatis, selain mampu memperoleh hasil yang lebih berdaya guna dan berhasil guna, juga mampu menekan kesalahan yang bersumber dari manusia (*human error*), sehingga dibutuhkan sebuah alat bantu berbasis komputer yang dimana dari sisi sistem informasi

bisa memberikan suatu informasi yang akurat dan tepat waktu untuk bisa memberikan laporan-laporan dibutuhkan sehingga dapat meningkatkan produksi dengan efektif dan efisien. Beberapa penelitian mengenai pengendalian suhu yang telah dilakukan antara lain :

Rancang Bangun Sistem Pengendali Suhu dan Kelembaban Udara pada Rumah Walled Berbasis Mikrokontroler AT89C5, [Sofwan A, 2005], kemudian penelitian yang lain, yaitu :

Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Ayam berbasis Mikrokontroler dengan Fuzzy Logic Controller [Suprpto 2008], untuk penelitian di bidang pertanian yaitu berupa :

Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban Udara Penetas Ayam berbasis PLC, [Winarto, 2008], selain itu penelitian tentang :

Aplikasi Kontrol Proporsional Integral Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535 untuk Pengaturan suhu pada Alat Pengereng Kertas, [Darjat, 2008] juga sudah pernah dilakukan.

Penelitian yang dilakukan ini merupakan sistem pengendalian suhu pada Reaktor Kimia di Laboratorium yang aktual dan dapat memonitor suhu secara *online*

Rancangan sistem monitoring dan kendali suhu *online* menggunakan Wifi dengan spesifikasi 802.11g. Untuk mengendalikan suhu cairan agar lebih stabil didalam reaktor kimia sensor suhu menggunakan tipe LM 35, menggunakan mikrokontrol sebagai *interface* antara reaktor dengan server dengan menggunakan mikrokontrol ATmega 8535. Jenis reaktornya berpengaduk tipe *batch* dimana aksesnya bisa melalui server atau klien didalam melakukan seting point maupun monitoring suhu. Data yang diperoleh terekam dan disimpan dalam bentuk *microsoft excell*.

Sistem Kontrol

Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Pada prinsipnya hal itu disebabkan oleh tidak dapat diubahnya komponen penyusun sistem tersebut. Artinya, karakteristik *plant* harus diterima sebagaimana adanya, sehingga perubahan perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan suatu sub sistem, yaitu kontroler.

Kontroler Proporsional

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding/proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya) [Sharon, 1992].

Hubungan antara sinyal kontrol dan error adalah:

$$u(t) = K_p e(t)$$

Dimana :

- U_t : Output proporsional kontrol
- K_p : Proportional gain
- $e(t)$: Proses kesalahan pada saat 't', yaitu

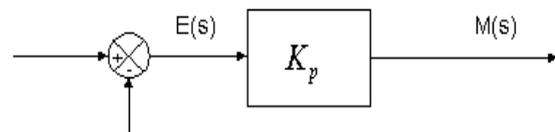
$$e(t) = SP - PV$$

- SP : Set point
- PV : Variabel Proses

Dalam algoritma kontrol proporsional, keluaran kontroler adalah proporsional terhadap sinyal kesalahan, yaitu selisih antara set point dan variabel proses. Dengan kata lain, output dari

pengontrol proporsional merupakan hasil perkalian dari sinyal kesalahan dan keuntungan proporsional.

Gambar 1 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara besaran *setting*, besaran aktual dengan besaran keluaran kontroler proporsional. Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran setting dengan besaran aktualnya. Selisih ini akan mempengaruhi kontroler, untuk mengeluarkan sinyal positif (mempercepat pencapaian harga *setting*) atau negatif (memperlambat tercapainya harga yang diinginkan).



Gambar 1. Diagram blok kontroler proporsional (Sharon, 1992)

PROTOTIPE SISTEM

Pada penelitian ini digunakan sensor temperatur tipe LM 35 yang merupakan tipe semi konduktor.

Komputer merupakan perangkat digital, disisi lain sensor suhu adalah perangkat analog. Oleh karena itu diperlukan perangkat pengubah data analog menjadi digital yang akan mengkonversi bobot suhu sebanding dengan bobot bilangan digital. Pada umumnya ADC memiliki level tegangan masukan analog tertentu maka diperlukan penguat tegangan sensor agar mencapai taraf tegangan yang diperlukan ADC. Pada penelitian ini digunakan ADC internal 10 bit dari mikrokontrol AVR ATmega 8535, yang dapat diprogram untuk memecahkan protokol yang diperlukan.

Mikrokontrol tersebut memiliki kapabilitas mampu berkomunikasi secara serial maupun paralel, sehingga bisa berkomunikasi dengan komputer melalui port paralel (LPT 1), serial (COM 1), maupun USB.

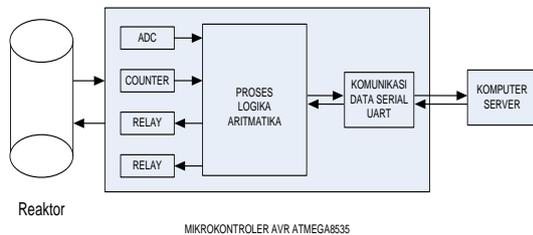
Pada sistem ini untuk melakukan komunikasi data nirkabel digunakan Wifi dengan spesifikasi 802.11g. Wifi diinjeksi data dari komputer dengan menggunakan protokol standard TCP/IP. Dengan melakukan *set IP address* memungkinkan data-data pada komputer mampu diakses oleh komputer lain disekitarnya.

SENSOR

Pada penelitian ini digunakan sensor temperatur tipe LM 35 yang merupakan tipe semi konduktor karena murah dan telah memiliki pengkondisian sinyal yang terintegrasi didalamnya, linearitasnya lumayan bagus. LM35 tidak membutuhkan kalibrasi eksternal yang menyediakan akurasi $\pm 1/4^\circ\text{C}$ pada temperatur ruangan dan $\pm 3/4^\circ\text{C}$ pada kisaran -55 to $+150^\circ\text{C}$.

INTERFACE

Rangkaian *interface* berupa mikrokontrol yang didalamnya antara lain terdiri dari beberapa relay untuk menggerakkan motor dan mengatur kerja heater. Sebuah kipas pendingin dipasang untuk mendinginkan mikrokontrol dan rangkaian elektronik yang ada didalam kotak.



Gambar 2. Prototipe perangkat *interface*

Mikrokontrol sebagai *interface* ini menggunakan ATmega 8535 karena IC ini memiliki keunggulan salah satunya adalah untuk memprogram mikrokontroler tersebut dapat menggunakan bahasa C, dan mempunyai kecepatan yang lebih daripada IC yang lain dan mempunyai memori yang lebih banyak. Dan kelebihan sudah mempunyai ADC (*analog to digital converter*).

TCP / IP

Protokol komunikasi data didefinisikan sebagai prosedur dan peraturan-peraturan yang mengatur operasi dari peralatan komunikasi data.

TCP/IP sebagai sebuah protokol independen dan umum memungkinkan adanya komunikasi data antar jaringan komputer yang berbeda beda (heterogen) yang memakai beragam komputer dengan arsitektur berbeda berikut sistem operasinya yang berbeda.

WIFI

Wifi merupakan kependekan dari *Wireless Fidelity*, yang memiliki pengertian yaitu sekumpulan standar yang digunakan untuk [Jaringan Lokal Nirkabel](#) (*Wireless Local Area Networks - WLAN*) yang didasari pada spesifikasi IEEE 802.11. *Mobility and quality of service across heterogeneous wireless networks*, [Andrea C, 2005], yaitu merupakan penelitian mengenai Wifi yang telah dilakukan. Selain itu *Low level controller for a POMDP based on WiFi observations*, [Sotelo M.A, 2006] juga penelitian tentang penggunaan teknologi Wifi. Selain, *A survey on emerging broadband wireless access technologies*, [Mehmet S. K 2007].

Standar terbaru dari spesifikasi 802.11a atau b, seperti 802.16 g, spesifikasi terbaru tersebut menawarkan banyak peningkatan mulai dari luas cakupan yang lebih jauh hingga kecepatan transfemnya.

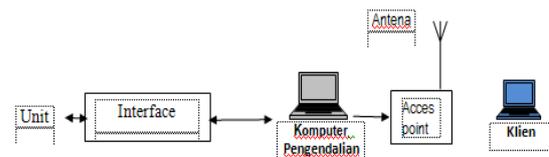
Tabel 1 Spesifikasi Wifi

Spesifikasi	Kecepatan	Frekuensi Band	Cocok dengan
802.11b	11 Mb/s	2.4 GHz	b
802.11a	54 Mb/s	5 GHz	a
802.11g	54 Mb/s	2.4 GHz	b, g
802.11n	100 Mb/s	2.4 GHz	b, g, n

SISTEM KENDALIPADA REAKTOR

Sistem pengontrolan yang dibuat menggunakan sistem telemetri dimana pengendalian proses dilakukan oleh komputer server yang diberikan instruksi oleh operator melalui komputer client, kedua komputer tersebut terkoneksi menggunakan jaringan Wifi sehingga tidak memerlukan media transmisi data kabel meskipun keduanya terpisah jarak yang jauh.

Pada komputer client dapat memantau dan mengatur kondisi reaktor secara langsung dan dalam waktu nyata (*real time*). Seluruh data yang terpantau dapat terekam dalam bentuk *worksheet* yang dapat dibuka dan dibaca di *microsoft excell*.



Gambar 3 Diagram sistem kendali menggunakan Wifi

Seluruh aktivitas yang terjadi pada reaktor dikendalikan oleh komputer server, dalam hal ini adalah komputer pengendalian yang ditunjukkan pada gambar 3 diagram sistem kendali menggunakan Wifi.

Komputer tersebut mendapatkan sinyal informasi digital dari mikrokontroler, yang berperan sebagai antarmuka (*interface*) yang membaca besaran fisis temperatur yang dikirimkan ke komputer server sebagai unit pemroses kontrol. Disamping sebagai pelaksana (*aktuator*) dari permintaan server untuk mematikan atau menghidupkan relay dari pemanas sebagai bentuk ekspresi dari sistem kontrol. Kemudian dari komputer pengendalian dipancarkan menggunakan Wifi ke komputer klien. Dari komputer klien tersebut bisa dilakukan proses pengendalian untuk melakukan *monitoring* maupun melakukan *setting point* suhu pada reaktor.

Proses pengambilan data suhu dari unit reaktor dapat diakses dari komputer klien melalui jaringan Wifi, Wifi diinjeksi data dari komputer dengan menggunakan protokol standar TCP/IP. Dengan melakukan set IP *address* memungkinkan data-data pada komputer pengendalian mampu diakses oleh komputer lain disekitarnya, dimana

jalur Wifi ini menggunakan spesifikasi 802.11g yang merupakan jalur *default* dari Wifi tersebut. Kemudian data suhu hasil akuisisi data disimpan didalam komputer pengendalian dalam basis data dalam bentuk *microsoft excell*.

Program sistem interface serta perangkat sistem untuk pembacaan rekaman data dan visualisasi grafik menggunakan bahasa pemrograman borland Delphi.

VALIDASI

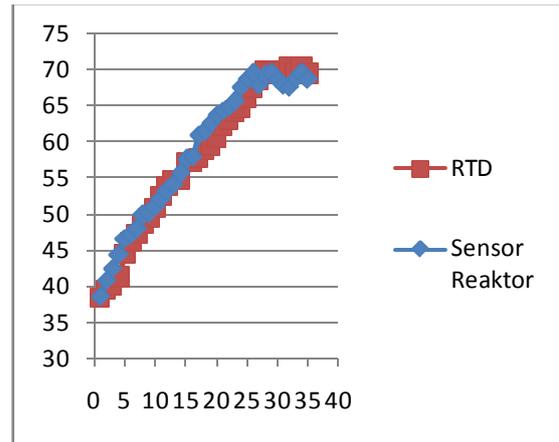
Melakukan pengujian dan validasi dengan menggunakan alat uji validasi suhu tipe Thermo 300 dari produk orange instrumen. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sistem yang dibuat dengan alat ukur standar Thermo 300 dengan cara memasukkan sensor dari alat uji ke dalam reaktor.

Hasil pengujian sistem didapatkan data tabel 1.

Tabel 1 Hasil validasi

Temperature	RTD (THERMO 300)
38,72	38,4
40,89	39,5
42,59	40,1
44,52	41,3
46,7	44,5
47,18	46,2
48,15	47,2
49,85	48,6
50,09	49,4
51,06	50,9
52,27	52,4
53,23	53,9
54,2	54,7
55,65	54,7
57,59	57,2
58,07	57,2
60,98	57,8
61,46	58,8
62,67	59,4
63,85	60,6
64,33	62,1
64,85	63
65,57	64,2
67,75	64,6
68,72	66
69,45	67,5
67,99	68,6
69,2	69,8
69,45	69,5
68,72	69,3
67,99	69,8
67,75	70,3
68,72	69,5
69,45	70,3
68,72	69,5

Dari data tabel pengujian validasi suhu tersebut kemudian dibuat grafik hubungan antara sensor suhu reaktor LM35 dengan Thermo 300 yang ditunjukkan pada grafik 1.



Grafik 1. Hubungan pembacaan suhu

Dari hasil pengujian pengukuran validasi menggunakan alat uji standar Thermo 300 kemudian dihitung nilai keseksamaan sistem kontrol yang dibuat dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Kesalahan : } E = \frac{\Delta T}{T \text{ Set point}} \times 100 \%$$

$$(0,902286 / 70) \times 100\% = 0,0128\%$$

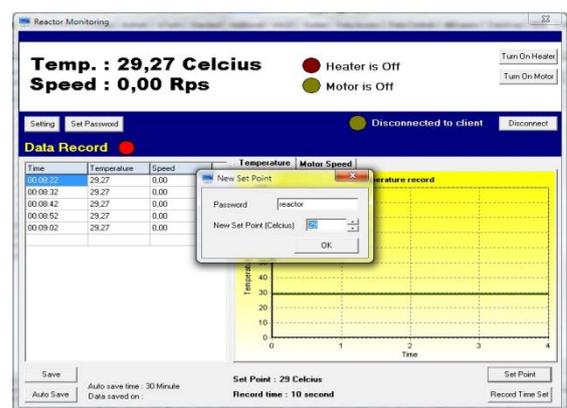
$$\text{Keseksamaan} = K = 100\% - E$$

$$100\% - 0,0128\% = 99,9872\%$$

Dari data dan perhitungan untuk kondisi motor mati diperoleh keseksamaan sebesar 99,98%

HASIL VISUALISASI

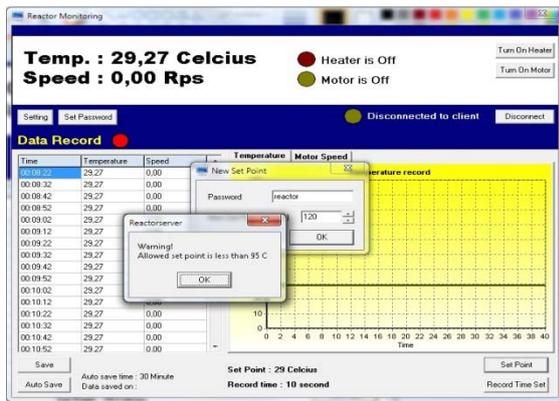
Set point dilengkapi *password* agar pengguna yang tidak punya ijin akses masuk tidak bisa melakukan set poin, hal ini untuk melindungi sistem pengendalian suhu reaktor agar tidak diubah-ubah oleh pengguna yang tidak punya ijin, seperti tertera pada gambar 4.



Gambar 4 Password

Selain itu untuk menghindarkan set point dengan suhu yang terlalu tinggi maka perlu diberi pembatasan suhu dengan memberi peringatan dini pada saat melakukan set point tersebut. Sehingga bila set point yang dimasukkan suhunya tinggi akan

muncul peringatan yang ditunjukkan seperti gambar 5.



Gambar 5 Peringatan awal

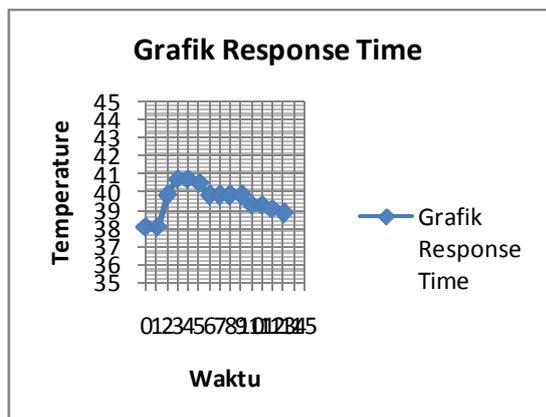
Variasi Set Point

Pengujian yang dilakukan adalah dengan memvariasi set point pada suhu 40°C, 60°C, dan dengan tujuan untuk mengetahui hasil unjuk kerja kebaikan alat maupun sistem yang dibuat. Hasil yang diperoleh dari pengujian sistem pengendalian reaktor adalah sebagai berikut : Dengan waktu pengamatan setiap 60 detik pada kondisi temperatur 40°C, didapatkan rekaman hasil ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Pengujian pada suhu 40°C pengamatan setiap 60 detik,

Time	Temperature
15:09:04	38,05
15:10:04	38,05
15:11:04	39,76
15:12:04	40,73
15:13:04	40,73
15:14:04	40,49
15:15:04	39,76
15:16:04	39,76
15:17:04	39,76
15:18:04	39,76
15:19:04	39,27
15:20:04	39,27
15:21:04	39,02
15:22:04	38,78

Dari tabel tersebut kemudian dibuat grafik hubungan antara waktu dan temperatur sehingga didapatkan seperti pada grafik 2.



Grafik 2 Response time suhu 40°C

Dari data pengamatan tersebut suhu rata-rata sebesar 39,51357143°C, kemudian dihitung prosentase kesalahannya untuk mengetahui hasil kerja kebaikan alat tersebut sehingga didapatkan prosen kesalahan dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Kesalahan : } E = \frac{\Delta T}{T \text{ Set point}} \times 100 \%$$

$$(0,486 / 40) \times 100\% = 0,0121\%$$

$$\text{Keseksamaan} = K = 100\% - E$$

$$100\% - 0,0121\% = 99,9878\%$$

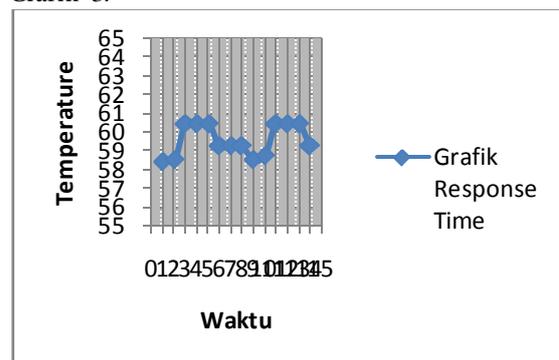
Keseksamaan alat sebesar 99,98 %

Pengamatan berikutnya dengan set point suhu sebesar 60°C, waktu perekaman selama 60 detik, didapat data hasil pengamatan yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3 Pengujian pada suhu 60°C pengamatan setiap 60

Time	Temperature
16:11:53	58,48
16:12:53	58,54
16:13:53	60,49
16:14:53	60,49
16:15:53	60,49
16:16:53	59,27
16:17:53	59,27
16:18:53	59,27
16:19:53	58,54
16:20:53	58,78
16:21:53	60,49
16:22:53	60,49
16:23:53	60,49
16:24:53	59,27

Kemudian hasil dari tabel rekaman data tersebut dibuat grafik yang hasilnya ditunjukkan pada Grafik 3.



Grafik 3 Response time suhu 60°C,

Dimana suhu pengamatan rata-rata sebesar 59,5971°C dan kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Kesalahan : } E = \frac{\Delta T}{T \text{ Set point}} \times 100 \%$$

$$= (0,4028 / 60) \times 100\%$$

$$= 0,00671\%$$

$$\text{Keseksamaan} = K = 100\% - E$$

$$100\% - 0,00671\% = 99,9932\%$$

Didapatkan keseksamaan sebesar 99,9932%

PEMBAHASAN

Sistem monitoring kendali suhu secara *online* menggunakan Wifi sudah berjalan baik dengan prosen kesalahan kisaran dibawah 2% .

KESIMPULAN

Pengaturan *set point* pengendalian suhu yang dilakukan dari komputer *client* dan proses akuisisi data dapat berjalan dengan baik. Selain itu hanya pengguna yang mempunyai kode otorisasi (*password*) yang dapat melakukan pengendalian (*set point*). Proses akuisisi data dapat dilakukan secara otomatis dan perekaman data yang dilakukan dapat diatur waktunya sesuai dengan yang diinginkan, pemantauan suhu pada reaktor dapat lebih akurat dan pengamatannya bisa selalu *real time*.

Dari hasil pengamatan sistem pengendalian suhu tersebut dapat diketahui suhu maksimal, suhu minimal dan suhu rata-ratanya

SARAN

Perlu adanya pengembangan sistem pengendalian yang lebih kompleks dengan mengabungkan beberapa jenis sistem pengendalian.

Perlu dikembangkan sistem *monitoring* kendali suhu secara telemetri dengan menggunakan teknologi Wifi dengan jarak jangkauan pengendalian yang lebih jauh.

Perlu pengembangan sistem pengendalian suhu dengan menggunakan metode yang lainnya atau dengan penggabungan beberapa metode.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrea C., La Corte A., and Sicari S., 2005, *Mobility and quality of service across heterogeneous wireless networks*, Department of Computer Science and Telecommunications Engineering, University of Catania, Viale Andrea Doria 6, 95125 Catania, Italy, *Computer Networks* 47, 203–217
- Darjat, Syahadi M., dan Iwan S., 2008, *Aplikasi Kontrol Proporsional Integral Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535 untuk Pengaturan suhu pada Alat Pengereng Kertas*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Mehmet S. K., Tuna T., 2007, *A survey on emerging broadband wireless access technologies*, *Computer Engineering*, Bogazici University, Bebek 34342, Istanbul, Turkey, *Computer Networks* 51, 3013–3046
- Sharon A., Hogan N., and Hardt D.E., 1991, *Controller design in the physical domain*. *Journal of the Franklin Institute*, 328(5/6) 697-721.
- Sotelo M.A., Ocana M., Bergasa L.M., Flores R., Marr'on M., and Garc'ia M. A., 2006, *Low level controller for a POMDP based on WiFi observations*, Department of Electronics, Escuela Polit'ecnica Superior, University of Alcal'a, Campus Universitario s/n, 28871 Alcal'a de Henares, Madrid, Spain, *Robotics and Autonomous Systems* 55, 132–145
- Sofwan A., Winarso P., 2005, *Rancang Bangun Sistem Pengendali Suhu dan Kelembaban Udara pada Rumah Walleet Berbasis Mikrokontroler AT89C5*, Electrical Engineering Department, FTI, National Institute of Science and Technology, Indonesia.
- Suprpto, Tjahjono A., dan Sunarno E., 2008, *Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Ayam berbasis Mikrokontroler dengan Fuzzy Logic Controller* Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.
- Winarto, Bastaman S., dan Harmen, 2008 *Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban Udara Penetas Ayam besbasis PLC*. Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung, Rekyasa dan Teknologi Elektro [Volume 2 No I Edisi Januari](#).