

# PENGENDALIAN SUHU PADA PASTEURISASI ASI (AIR SUSU IBU) DENGAN METODE *FLASH HEATING* BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA2560

Muhammad Yudi Prawira, Purwanto, M. Azis Muslim

Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Jalan M.T Haryono No.167 Malang 65145 Indonesia

Email : yudiiprawira@gmail.com

**Abstrak**—ASI merupakan sebuah asupan paling penting untuk bayi dibawah umur 2 tahun. Sebuah penelitian yang dilakukan di Davis Children's Miracle Network yang bertempat di University of California melakukan suatu uji coba pasteurisasi *flash heating* dan *pretoria* secara manual dengan tujuan mengetahui kadar nutrisi yang berubah apabila ASI di pasteurisasi atau tidak dengan teknik *flash heating*. Setelah itu ditemukan temperatur puncak (*peak temperature*) pada ASI yang dipanaskan sebanyak 800 ml selama dipanaskan, yaitu 72,9°C dengan waktu selama 300 seconds. Penelitian ini difokuskan pada pengendalian suhu pada pasteurisasi ASI dengan metode *flash heating* berbasis mikrokontroler atmega2560. Pengendalian suhu menggunakan *set point* 72,9° C dan *settling time* kurang dari 300 detik, Perancangan dan pembuatan sistem pengendalian suhu pada alat pasteurisasi telur cair pada penelitian ini berhasil dilakukan dengan menggunakan metode Metode 1 Ziegler-Nichols, didapatkan nilai parameter Kp yang sesuai untuk sistem yaitu Kp=9,5. Sistem pasteurisasi ASI dapat mencapai *set point* 72,9° C dan *settling time* 980 detik dengan nilai Kp tersebut.

**Kata Kunci**—ASI, *flash heating*, pasteurisasi ASI, kontroler Proporsional.

## I. PENDAHULUAN

Air Susu Ibu (ASI) adalah bahan makanan alamiah, ideal, dan fisiologis. ASI sebagai makanan alamiah adalah makanan terbaik yang dapat diberikan oleh seorang ibu kepada anak yang dilahirkannya. Selain komposisinya sesuai untuk pertumbuhan bayi yang bisa berubah sesuai dengan kebutuhan pada setiap saat, ASI juga mengandung zat pelindung yang dapat menghindari bayi dari berbagai penyakit infeksi. Pemberian ASI juga mempunyai pengaruh emosional yang luar biasa yang mempengaruhi hubungan batin ibu dan anak serta perkembangan jiwa si anak. Pemberian ASI eksklusif juga dapat menjarangkan jarak kelahiran dan lebih ekonomis. Banyak hal yang dapat mempengaruhi produksi ASI. Produksi dan pengeluaran ASI dipengaruhi oleh dua hormon, yaitu prolaktin dan oksitosin. Prolaktin mempengaruhi jumlah produksi ASI, sedangkan

oksitosin mempengaruhi proses pengeluaran ASI. Untuk mengeluarkan ASI diperlukan hormon oksitosin yang kerjanya dipengaruhi oleh proses hisapan bayi. Semakin sering puting susu dihisap oleh bayi maka semakin banyak pula pengeluaran ASI. WHO (Badan Kesehatan Dunia) sendiri telah secara resmi merekomendasikan bahwa ASI diberikan secara eksklusif selama 6 bulan pertama kehidupan seorang bayi, pada saat usia 6 bulan mulai diberikan makanan pendamping ASI yang berkualitas dan pemberian ASI diteruskan hingga bayi berusia 2 tahun atau lebih. Pemberian ASI eksklusif di Indonesia masih sangat rendah, pemicunya pertama masyarakat (khususnya ibu), tidak yakin akan manfaat menyusui dan tidak mendapat cukup informasi tentang ASI.

Kedua, kondisi lingkungan yang tidak mendukung atau melindungi ibu untuk menyusui. Ketiga, pemasaran susu formula yang belum tertib dan melibatkan petugas maupun institusi kesehatan, serta keberadaan konselor yang belum merata dan memadai kurangnya pengetahuan tentang manfaat ASI dan gencarnya promosi susu formula. Data Survei Sosial Ekonomi Nasional tahun 2012 menyebutkan, bayi berumur 0-6 bulan yang mendapatkan ASI eksklusif hanya 33,6%. Salah satu solusi yang dapat ditempuh untuk mendongkrak angka itu adalah donor ASI.

Hal ini semakin menegaskan perlunya dan pentingnya pemberian ASI bagi seorang bayi. Beberapa ibu mempunyai produksi dan simpanan ASI perah yang berlebih, sehingga sayang untuk dibuang dan mereka memilih untuk mendonorkan ASI perah tersebut. WHO sendiri telah menetapkan protokol pemberian asupan bagi bayi sesuai dengan urutannya sebagai berikut: (1) ASI langsung dari ibunya, (2) ASI perah dari ibunya, (3) ASI donor dari ibu lain, dan (4) susu formula.

Pada beberapa keadaan di mana ibu tidak bisa menyusui bayinya, donor ASI merupakan alternatif untuk mendukung pemberian ASI sebagai makanan terbaik bagi bayi. Berbeda dengan bank ASI, donor ASI tidak mencampur ASI dari para donor, melainkan dikelompokkan sesuai nama donor. Banyak ibu yang merasa dimudahkan dengan adanya donor ASI ini. Umumnya ibu-ibu ini ingin anaknya mendapat ASI tapi tidak sempat memerah payudaranya

sendiri sehingga lebih memilih memberikan ASI dari donor. Di daerah perkotaan, tren ini mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Di masa mendatang tampaknya permintaan donor ASI makin meningkat karena masyarakat makin menyadari bahwa jika tidak dapat memberi ASI, ada cara lain selain memberikan susu formula[1].

Ada 3 teknik perlakuan terhadap ASI yang bisa dilakukan yang biasa mengurangi penularan penyakit (terutama HIV) melalui ASI.

1. Pasteurisasi *Holder*. ASI dipanaskan dalam wadah kaca tertutup di suhu 62,5°c selama 30 menit. Biasanya dilakukan di Bank ASI karena membutuhkan pengukur suhu dan pengukur waktu. Bank ASI sendiri tidak terdapat di Indonesia.
2. Teknik *Flash Heating*. ASI sebanyak 50 ml ditaruh dalam botol kaca/botol selai ukuran sekitar 450 ml terbuka di dalam panci alumunium berukuran 1 liter berisi 450 ml air. Bisa juga dengan menggunakan gelas stainless steel untuk mengganti gelas kaca. Kemudian panci dipanaskan di atas kompor sampai air mendidih, matikan, kemudian botol kaca berisi ASI diangkat dan didiamkan sampai suhunya siap untuk diminum bayi.
3. Pasteurisasi Pretoria. Panaskan air sebanyak 450 ml di panci alumunium berukuran 1 liter sampai mendidih. Matikan kompor. Letakkan botol kaca terbuka yang berisi ASI sebanyak 50 ml di dalam panci selama 20 menit. Kemudian angkat dan diamkan sampai suhu ASI siap diminum bayi [2].

Cara yang banyak dipublikasikan sebelumnya adalah dengan memanaskan ASI secara langsung (merusak banyak komponen nutrisidan imMegalogis) dan cara Pasteurisasi Holder (suhu 62.5 °Celcius selama 30 menit) adalah tidak mudah dan murah karena meskipun secara ilmiah fungsi imMegalogis ASI dapat dipertahankan, tetapi bahan ASI dapat habis karena waktu pemans yang lama dan rumah tangga harus memiliki termometer masak yang khusus. Sementara dengan teknik *flash heating* dan *Pretoria*, walaupun cara ini tidak mengganggu kadar vitamin A, teknik ini menurunkan kadar vitamin B2 dan B6. [3]

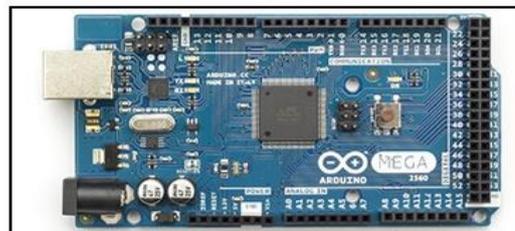
Pasteurisasi tidak serta merta hanya diperuntukkan kepada pendonor ASI, melainkan juga untuk ibu yang tidak mempunyai waktu untuk memberikan ASI kepada bayinya. Apabila si ibu telah memerah ASInya lalu dimasukkan ke dalam wadah botol dan dimasukkan kedalam kulkas, butuh waktu untuk memanaskannya dan teknik *flash-heating* dan pretoria merupakan

cara yang paling memungkinkan untuk dilakukan dirumah. Selama ini teknik *flash-heating* dan pretoria hanya dilakukan dengan cara manual tanpa ada pengukuran suhu dan waktu. Pada penelitian kali ini dibuatlah sebuah alat untuk pasteurisasi ASI tipe *flash heating* otomatis, dengan menggunakan kompor listrik induksi dan kontroler PID. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat membantu dan mempercepat respons dari *set point* yang telah ditentukan.

## II. PERANCANGAN SISTEM DAN KONTROLER

### A. Arduino Mega

Arduino Mega adalah board mikrokontroler berbasis ATmega 168/328. Memiliki 53 pin input dari *output digital* dimana 15 *pin input* tersebut dapat digunakan sebagai *output PWM* dan 16 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, *ICSP header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Mega ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke Mega berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai *converter USB-to-serial* berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI *driver USB-to-serial*. Gambar 1 menunjukkan bentuk fisik Arduino Mega.



Gambar 1. Arduino Mega

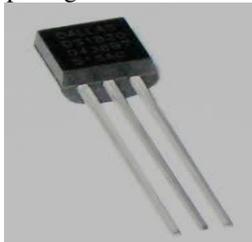
### B. Sensor Suhu DS18B20

DS18B20/WPRF adalah sensor temperatur digital yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler lewat antarmuka 1-Wire. Sensor ini dikemas secara khusus sehingga kedap air, cocok digunakan sebagai sensor di luar ruangan / pada lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi. Sensor ini menggunakan IC DS18B20 dari Dallas Semiconductor (sekarang bagian dari Maxim Integrated sejak akuisisi tahun 2001), dengan fitur sebagai berikut:

- Antarmuka 1-Wire yang hanya membutuhkan 1 pin I/O untuk komunikasi (plus GND)

- Memiliki nomor identifikasi unik (64 bit), memudahkan aplikasi pendeteksi suhu multi yang terdistribusi
- Tidak membutuhkan komponen eksternal tambahan selain 1 buah pull-up resistor
- Catu daya dapat dipasok dari jalur data dengan tegangan antara 3 hingga 5,5 Volt DC.
- Tidak membutuhkan daya pada mode siaga
- Dapat mengukur suhu antara  $-55^{\circ}\text{C}$  hingga  $125^{\circ}\text{C}$  dengan akurasi  $0,5^{\circ}\text{C}$  pada  $-10^{\circ}\text{C}$  s.d.  $+85^{\circ}\text{C}$
- Resolusi termometer dapat diprogram dari 9 hingga 12 bit (resolusi  $0,0625^{\circ}\text{C}$ )
- Kecepatan pendeteksian suhu pada resolusi maksimum kurang dari 750 ms
- Memiliki memori *non-volatile* untuk penyetelan alarm

Bentuk fisik dari sensor suhu DS18B20 dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2. Sensor Suhu DS18B20**

### C. Kompor Listrik

Kompor listrik pada dasarnya merupakan kompor yang energinya berasal dari listrik. Berbeda dengan kompor gas yang energi panasnya dihasilkan oleh pembakaran gas, kompor listrik mendapatkan energi panas dari pemanasan elemen pemanas di dalamnya. Kompor listrik cenderung lebih praktis dibandingkan dengan kompor gas karena pengguna cukup hanya dengan menghubungkan kompor tersebut dengan sumber listrik untuk melakukan pemanasan. Kekurangan yang dimiliki kompor listrik adalah memerlukan waktu yang cukup lama untuk memanaskan elemen pemanas didalamnya.

Prinsip kerja kompor listrik tipe induksi pada dasarnya kawat konduktor dialiri arus listrik, kemudian akan terbentuk garis gaya magnet di sekelilingnya. Jika kawat konduktor dibentuk kumparan dan di dekatnya diletakkan materi yang dapat menghantarkan arus listrik (biasanya logam), maka logam akan menerima pengaruh garis gaya magnet yang akan mengalir arus eddy. Setiap logam biasanya memiliki hambatan listrik, dan arus yang mengalir dalam logam tersebut akan menghasilkan joule

*heating* sebesar  $P = I^2 \times R$  dimana  $P$  adalah daya,  $I$  adalah arus, dan  $R$  adalah hambatan. Daya yang dihasilkan tersebut merupakan hasil dari proses induksi.

Kompor listrik yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah kompor listrik induksi Sigmatic SPC 1 EC. Kompor listrik ini memiliki rentang kerja daya antara 80-700 Watt. Kompor induksi bekerja akibat adanya efek induksi yang disebabkan oleh arus listrik yang melewati kumparan yang ada di dalam kompor tersebut. Sama seperti kompor listrik biasa, kompor listrik induksi juga menggunakan energi listrik. Perbedaannya terletak pada cara kerjanya. Pada kompor listrik biasa menggunakan filamen untuk menghasilkan panas, sedangkan pada kompor induksi menggunakan sebuah alat masak yang diletakkan di atas bagian pemanas untuk menghasilkan panas. Kompor listrik jenis induksi Sigmatic SPC1EC dapat dilihat dalam Gambar 3.



**Gambar 3. Kompor Listrik Tipe Induksi Sigmatic (wimiu.biz)**

### D. Motor Servo

Motor servo adalah motor dengan sistem *closed feedback* yang berarti posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada dalam motor servo. Motor ini terdiri atas sebuah motor, serangkaian *internal gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut putaran servo. Sedangkan sudut sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Gambar fisik dari motor servo dapat dilihat dalam Gambar 4.



**Gambar 4. Motor Servo**

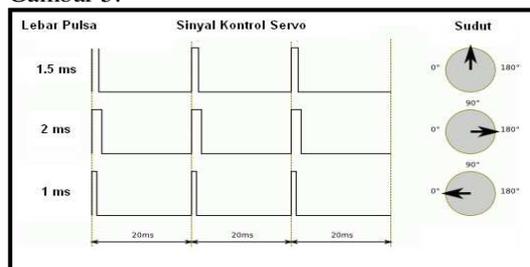
Motor servo mampu bekerja dua arah yaitu CW (*clockwise*) atau searah jarum jam dan CCW (*counter clockwise*) atau berlawanan arah jarum jam yang arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM (*pulse width*

*modulation*) pada bagian pin kontrolnya. Secara umum terdapat dua jenis motor servo, yaitu:

- Motor Servo *Standard 180°*  
Motor servo jenis ini merupakan motor yang hanya mampu bergerak dua arah (*CW* dan *CCW*) dan mempunyai *defleksi* masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total *defleksi* sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180°.
- Motor Servo *Continuous*  
Motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah (*CW* dan *CCW*) dan tanpa batasan *defleksi* sudut putar (dapat berputar secara kontinu) sehingga motor ini berputar 360°.

### E. PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM (*Pulse Width Modulation*) digunakan untuk mengatur sudut putaran motor servo. Teknik PWM (*pulse width modulation*) untuk mengatur sudut motor servo dapat dilihat dalam Gambar 5.



Gambar 5. Pengaturan Sudut Motor Servo

Dalam Gambar 5 diasumsikan bahwa saat diberikan sinyal periodik dengan lebar 1 ms maka motor servo akan bergerak dengan sudut 0°, jika diberi sinyal 1.5 ms maka motor servo akan bergerak dengan sudut 90°, dan jika diberisinyal 2 ms maka motor servo akan bergerak dengan sudut 180°. Perhitungan rumus motor servo akan ditunjukkan persamaan sebagai berikut:

Dimana:

$$S = D \left( \frac{1000}{180} \right) + 1000 \mu\text{satau}$$

$$S = (5.555)D + 1000 \mu\text{s}$$

S = Lebar Pulsa dalam  $\mu\text{s}$

D = Sudut putar servo dalam derajat

### F. *Dimmer*Elektrik

*Dimmer* merupakan alat kontrol yang dapat memberikan tingkat cahaya lampu dan daya lampu yang variasi. Maksudnya, nyala lampu bisa diatur dari yang paling gelap (mati), remang-remang sampai yang paling terang. *Dimmer* selalu menggabungkan peredupan elektronik dengan sebuah saklar sama pentingnya keduanya disebut saklar-*dimmer*.

Ada dua jenis *dimmer* yaitu *dimmer* geser dan *dimmer* rotasi. Pada jenis *dimmer* geser,

pengaturannya berupa saklar sentuh dengan saklar *dimmer* yang terpisah. Sedangkan *dimmer* geser, pengaturannya berupa tombol untuk menyalakan dan tombol mematikan dengan cara memutar saklar pada *dimmer*. Berikut *dimmer* rotasi dengan range 0-220V. Bentuk fisik dari *dimmer* elektrik tipe rotasi dapat dilihat dalam Gambar 6.

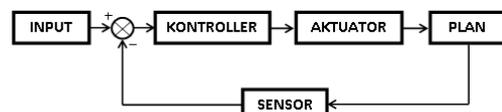


Gambar 6. *Dimmer*Elektrik

### G. Kontroler

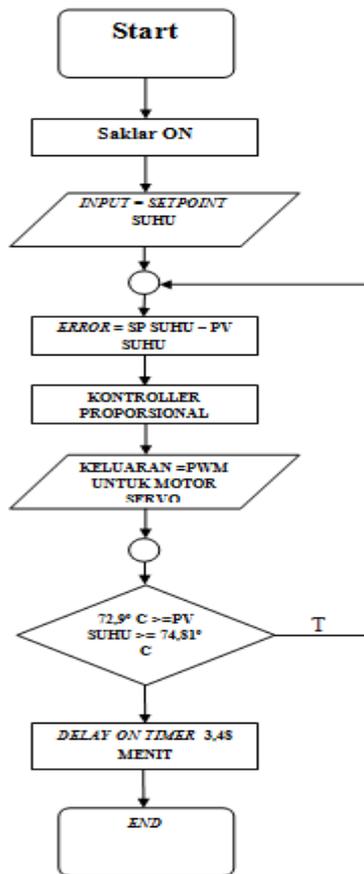
Pada perancangan alat diperlukan perancangan blok diagram sistem yang dapat menjelaskan sistem secara garis besar dan diharapkan alat dapat bekerja sesuai dengan rencana

Perancangan kontroler dengan menggunakan metode PID pada sistem pasteurisasi ASI dilakukan dengan cara melakukan spesifikasi pada plan sistem, sensor, dan aktuator. Diagram blok sistem kontrol ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Blok Diagram Sistem Kontrol

Berdasarkan blok diagram sistem kontrol sistem pasteurisasi ASI dapat diketahui plan yang diatur adalah durasi waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan ASI. Berdasarkan referensi dari penelitian sebelumnya, pasteurisasi diharapkan waktu yang ditempuh untuk memanaskan plant adalah kurang dari 300 detik. Pada perancangan kontroler ini menggunakan sensor suhu, sehingga *setpoint* pada sistem juga menggunakan satuan waktu. Prinsip kerjanya, terdapat termos besi berisi ASI yang akan dikendalikan suhunya dengan kompor listrik induksi. Sudut *dimmer* pada kompor listrik induksi dikendalikan oleh motor servo. Suhu ASI nantinya akan dideteksi oleh sensor suhu DS18B20 yang akan diteruskan ke Arduino Mega. Arduino Mega akan melakukan perhitungan PID untuk menghasilkan suhu pada termos besi sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.



Gambar 8. Diagram Alir Sistem Keseluruhan

### III. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan respon dari sensor suhu DS18B20, motor DC servo, dan rangkaian *dimmer* dan kompor listrik.

#### A. Pengujian Sensor DS18B20

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan pembacaan sensor DS18B20 terhadap perubahan suhu *plant*.

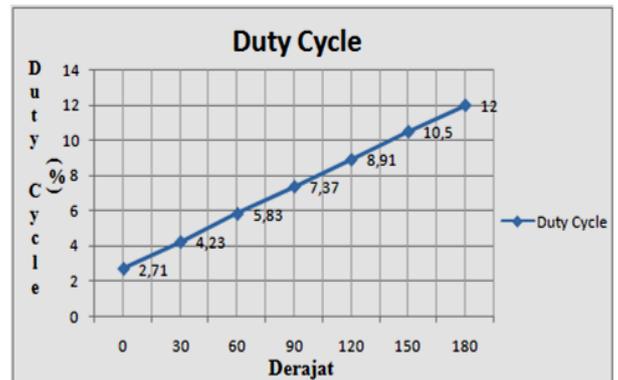
Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor DS18B20

Suhu Pembacaan Termometer (°C)	Suhu Pembacaan Serial Monitor (°C)	Error (°C)
25,00	25,374	0,374
30,00	30,45	0,45
35,00	35,562	0,562
40,00	40,41	0,42
45,00	45,326	0,326
50,00	50,326	0,326
55,00	55,252	0,252
60,00	60,302	0,302
65,00	65,386	0,386
70,00	70,348	0,348
75,00	75,112	0,112
80,00	80,086	0,086
<b>Rata-rata</b>		<b>0,328</b>

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, *error* antara suhu pembacaan termometer digital dengan suhu pembacaan *serial monitor* sangat kecil yaitu  $0,33C^0$ .

#### B. Pengujian Motor DC Servo

Pengujian dilakukan untuk mengetahui Mengetahui pengaruh perubahan pulsa PWM terhadap sudut putaran dan *duty cycle* pada motor DC servo.

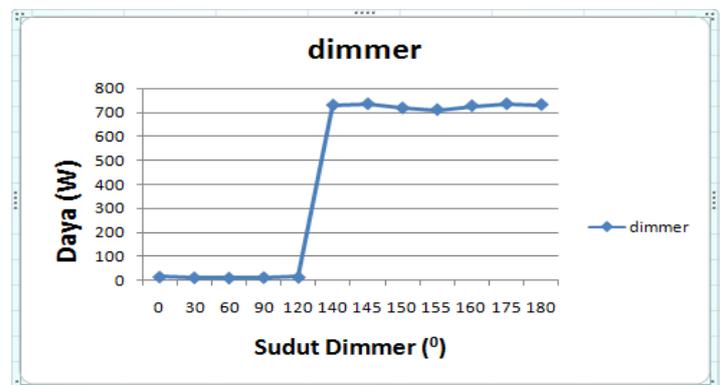


Gambar 9. Grafik Hubungan PWM Terhadap Sudut Motor Servo

#### C. Pengujian Rangkaian *Dimmer* dan Kompor Listrik

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh sudut putaran potensiometer pada *dimmer* kompor listrik terhadap besarnya tegangan, arus, dan daya kompor listrik.

Hasil pengujian *dimmer* kompor ditunjukkan pada tabel 2. *Dimmer* yang digunakan memiliki besar sudut penyalaan dari posisi OFF ke ON sebesar  $30^0$ . Dari tabel pengujian didapatkan jika sudut kurang dari  $30^0$  maka *dimmer* hanya akan mengeluarkan arus yang tidak cukup untuk membuat kompor menyala.



Gambar 10. Hubungan Sudut *Dimmer* Dengan Tegangan Kompor Listrik

**Tabel 2. Hasil Pengujian Rangkaian Dimmer dan Kompor Listrik**

Sudut dimmer ( $\theta$ )	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)
0	15	227,7	0,25
30	12	227,7	0,26
60	11	228,7	0,26
90	13	228,7	0,25
120	14	228,5	0,26
140	730	225,8	3,5
145	735	225,2	3,58
150	718	224,9	3,48
155	711	225,1	3,4
160	727	225	3,5
175	735	224,8	3,39
180	732	225	3,49

Seperti yang bisa dilihat pada gambar 10, kompor baru akan menyala ketika sudut *dimmer* berada pada sudut  $140^\circ$  atau lebih ketika *dimmer* mengalirkan arus yang cukup besar.

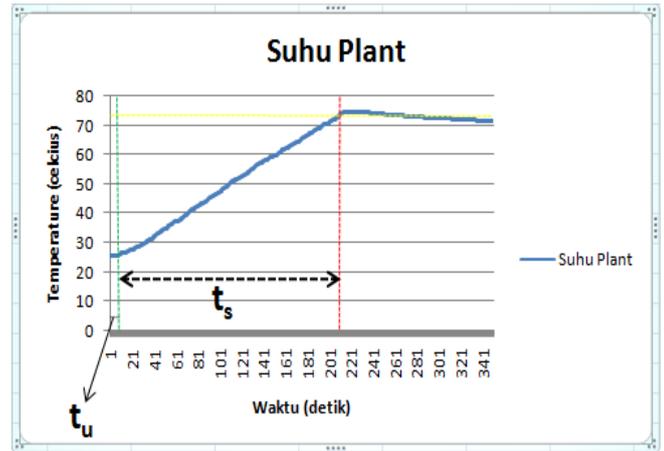
#### D. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk menguji apakah parameter yang sudah ditentukan dapat diaplikasikan pada alat dan sudah sesuai dengan *set point* yang diinginkan. Kemudian memasukkan nilai parameter yang telah ditentukan, serta mengamati dan menganalisis hasil kinerja alat.

Langkah langkah pengujian keseluruhan sistem adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan nilai parameter  $K_p$  dari hasil perhitungan dengan metode Ziegler Nichols.
2. Memasukkan *set point* yang diinginkan.
3. Mengamati dan menganalisa hasil dari kinerja sistem, meliputi : kinerja sensor dalam membaca suhu, kinerja motor DC servo dalam menerima sinyal masukan, kinerja *delay on timer* 3,48 menit, dan kinerja mikrokontroler dalam menampilkan data secara *real time*.

Gambar 11 menunjukkan grafik respon sistem dengan pengaturan  $K_p = 9,5$  dan *set point* =  $72,9^\circ\text{C}$ . Pengujian dilakukan pada suhu ruang  $25,94^\circ\text{C} - 26,31^\circ\text{C}$



**Gambar 11. Grafik Respon Sistem Keseluruhan**

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar 11 grafik respon sistem keseluruhan, diperoleh kinerja sistem antara lain :

1.  $t_u$  (waktu tunda) yaitu waktu ketika suhu belum naik karena pemanas masih dalam prose pemanasan.  $t_u$  berdasarkan pengujian adalah 9 detik.
2.  $t_s$  (*settling time*) yaitu waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai nilai akhir *steady*.  $t_s$  berdasarkan pengujian adalah 209 detik ketika *settling time* suhu mencapai  $72,9^\circ$ , dengan asumsi pada suhu tersebut memiliki toleransi kurang dari 2% sehingga masih memenuhi syarat penentuan  $t_s$ .
3. Suhu tertinggi dari hasil pengujian keseluruhan sistem adalah  $74,81^\circ\text{C}$ .
4. Setelah suhu mencapai *set point*, sudut *dimmer* akan kembali ke posisi  $0^\circ$ . Dan ketika suhu berada dibawah *set point*, sudut *dimmer* akan kembali ke posisi  $180^\circ$ .
5. Proses pasteurisasi secara keseluruhan membutuhkan waktu 209 detik dengan parameter suhu mencapai *set point* yang diinginkan.

Berdasarkan analisis kinerja pengujian sistem secara keseluruhan, maka dapat disimpulkan bahwa sistem pengendalian suhu pada alat pasteurisasi ASI dapat berjalan dengan baik menggunakan parameter  $K_p = 9,5$

#### IV. KESIMPULAN DAN PROSPEK

A. Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols untuk menentukan parameter yang sesuai untuk sistem yaitu  $K_p = 9,5$ . Setelah diimplementasikan, sistem

pasteurisasi ASI dapat mencapai *set point* 72,9<sup>0</sup> C,  $t_s$  (*settling time*) = 3,48 menit. Waktu yang ditempuh agar suhu mencapai *set point* juga memenuhi harapan karena tercapai dalam waktu kurang dari 300 detik atau 5 menit.

#### **B. Saran**

Penempatan sensor DS18B20 harus diperhatikan dan hendaknya lebih mendekati bagian dasar tabung pasteurisasi karena perbedaan pembacaan suhu di permukaan dan di dasar tabung.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

[1] Edi, Gustiara. 2014. *Protein Dalam Susu*..(online <http://galerymidwifegustiaraedi.blogspot.com/2014/02/donor-asi.html>) – Diakses tanggal 16 September 2014.

[2] Kurniati, Nia. 2013 (online <http://www.ayahbunda.co.id/Artikel/-/pasteurisasi.asi.donor/001/001/2386/2>) – Diakses tanggal 11 September 2014.

[3] (online <http://www.advancedbiotech.in/51%20Flash%20heated.pdf>) 51 Flash heated.pdf. – Diakses tanggal 16 September 2014.