

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL OTOMATIS KOMPOR GAS ELPIJI KONVENSIONAL PADA PROSES PEREBUSAN AIR BERBASIS ARDUINO UNO

Fida Jazilatur Rohma

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : fidajazilatur@gmail.com

Puput Wanarti Rusimamto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : puput_wr@yahoo.com

Abstrak

Salah satu kegiatan yang berkaitan dengan penggunaan kompor gas elpiji adalah memasak. Memasak terdiri dari beberapa jenis, salah satunya adalah merebus air. Namun, dalam proses perebusan air dapat menimbulkan permasalahan apabila terjadi kelalaian dalam mematikan kompor, diantaranya volume air yang direbus akan menjadi berkurang dan habis, dapat merusak alat masak karena terlalu lama berada di atas kompor, dapat menimbulkan kerugian dalam penggunaan gas elpiji karena tidak efisien dalam penggunaan gas, serta menimbulkan kebakaran.

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membuat sistem kontrol otomatis pada kompor gas elpiji konvensional dengan jenis kontrol dua posisi (kontrol *on-off*). Sistem tersebut menggunakan sensor suhu LM35 yang digunakan untuk mendeteksi nilai suhu perebusan air dalam panci. Apabila nilai suhu mencapai nilai *setpoint*, maka setelah waktu *delay* 3 menit arduino uno akan memberikan perintah untuk mematikan kompor melalui pergerakan motor servo. Sehingga, dengan adanya sistem kontrol tersebut dapat mengatasi permasalahan akibat kelalaian dalam mematikan kompor.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa saat nilai suhu telah mencapai nilai *setpoint*, maka setelah *delay* waktu 3 menit kontroler arduino uno akan mengirimkan sinyal digit 1 ke servo *driver* untuk mematikan kompor melalui motor servo.

Kata Kunci: Kompor Gas Elpiji Konvensional, Kontrol Dua Posisi (Kontrol *On-Off*), Sensor Suhu LM35, Motor Servo, Arduino Uno

Abstract

One of the activities related to use LPG stove is cooking. Cooking consists of several types, one of them is boiling water. But in the process boiling water may be has created problems if there is negligence in turning off the stove, such as the volume of boiled water will be reduced and exhausted, can damage the cooking utensil because it is too long been on the stove, cause losses in the use of LPG gas because it is not efficient in use of gas, and cause fire.

This research was conducted to design and make automatic control system of conventional LPG stove with two position control type (control on-off). The system uses an LM35 temperature sensor which is used to detect the water boiling temperature value in the pan. If the temperature value reaches the setpoint value, then after 3 minute delay time arduino uno will give command to turn off the stove through servo motor movement. So, with the existence of the control system gas stove can overcome the problem due to negligence in turning off the stove.

From the test results obtained when the value of the setpoint temperature has been reached, then the arduino uno controller will send signal to the servo driver to turn the stove through the servo motor. Whereas, from the results of testing mathematical model, the system can generate response 1,489.

Keywords: Conventional LPG Stove, Two Position Control Type (Control On-Off), LM35 Temperature Sensor, Servo Motor, Arduino Uno

PENDAHULUAN

Salah satu kegiatan yang berkaitan dengan penggunaan kompor gas elpiji adalah memasak. Memasak terdiri dari beberapa jenis, salah satunya adalah merebus air. Merebus air merupakan hal yang sering dilakukan oleh seseorang dalam aktifitas memasak. Namun, dalam proses perebusan air akan

menimbulkan beberapa permasalahan apabila ditinggal oleh seseorang untuk melakukan aktifitas di tempat lain, sehingga terlambat dalam mematikan kompor, bahkan seringkali orang tersebut lupa untuk mematikan kompor. Beberapa permasalahan yang ditimbulkan diantaranya volume air yang direbus tersebut dapat menjadi habis, alat masak yang digunakan dapat menjadi rusak, dapat

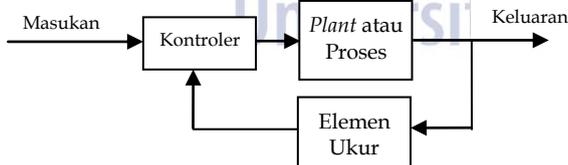
menyebabkan kerugian dalam penggunaan gas elpiji karena tidak efisien dalam penggunaan gas, serta dapat berdampak buruk menimbulkan kebakaran.

Untuk mengatasi beberapa permasalahan tersebut, khususnya dalam proses perebusan air, maka dapat dilakukan dengan cara membuat sistem kontrol otomatis pada kompor. Sistem kontrol yang diterapkan pada kompor bertujuan untuk mematikan kompor secara otomatis saat nilai suhu mencapai nilai *setpoint* yang telah ditentukan dengan *delay* waktu selama 3 menit. Sistem tersebut dibuat dengan menggunakan sensor suhu LM35 untuk mendeteksi suhu air yang direbus, sedangkan untuk mengolah algoritma pemrograman atau *controller* digunakan arduino uno dan aktuator yang digunakan untuk memutar tombol pemutar knop pemantik api adalah motor servo. Pada sistem kontrol tersebut juga dilengkapi dengan LCD yang dapat menampilkan nilai suhu perebusan air, serta alarm yang berfungsi sebagai indikasi bahwa suhu perebusan air telah mencapai *setpoint* dan kompor akan dimatikan.

KAJIAN PUSTAKA

Sistem Pengaturan Loop Tertutup

Sistem pengaturan *loop* tertutup adalah sistem pengaturan yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Jadi, sistem pengaturan *loop* tertutup merupakan sistem pengaturan berumpan-balik. Sinyal kesalahan yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik diumpankan ke kontroler untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan. Dengan kata lain, sistem pengaturan *loop* tertutup menggunakan aksi umpan-balik untuk memperkecil kesalahan sistem (Ogata, 1995). Blok diagram dari sistem pengaturan *loop* tertutup dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Pengaturan Loop tertutup (Ogata, 1995)

Aksi Kontrol Dua Posisi (Kontrol On-Off)

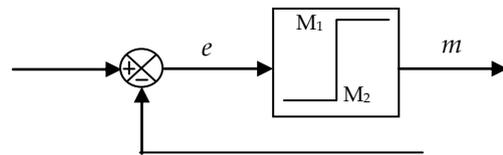
Pada sistem kontrol dua posisi, elemen penggerak hanya memiliki dua posisi yakni *on* dan *off*. Apabila sinyal keluaran kontroler adalah $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak adalah $e(t)$, maka sinyal $m(t)$ akan berada pada harga maksimum atau minimum tergantung

pada sinyal kesalahan penggerak positif atau negatif, sehingga terdapat persamaan sebagai berikut :

$$m(t) = M_1 \text{ untuk } e(t) > 0$$

$$= M_2 \text{ untuk } e(t) < 0$$

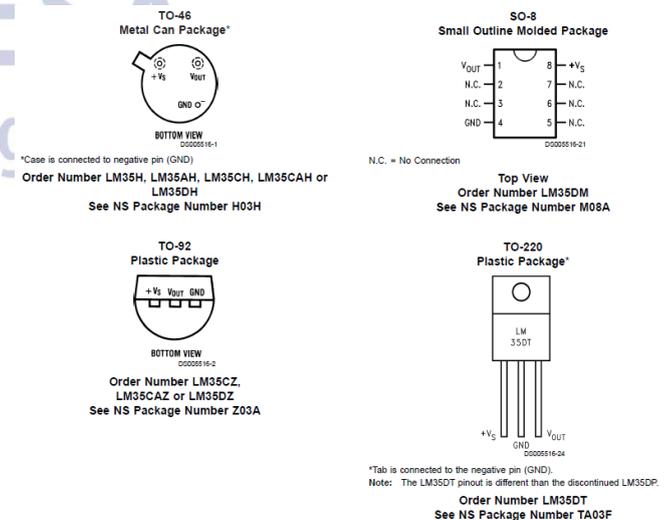
dimana M_1 dan M_2 adalah kontanta. Harga minimum M_2 biasanya nol atau $-M_1$ (Ogata, 1995). Blok diagram dari kontroler dua posisi dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Kontroler Dua Posisi (Ogata, 1995)

Sensor Suhu LM35

Sensor LM35 merupakan salah satu jenis sensor suhu yang menghasilkan *output* berupa perubahan tegangan berbanding lurus dengan perubahan suhu yang dideteksi oleh sensor tersebut. Sehingga, sensor LM35 dapat berfungsi untuk mengkonversi besaran suhu yang dideteksi menjadi dalam bentuk tegangan (Syam, 2013). Deteksi suhu pada sensor LM35 mempunyai *range* yang cukup besar yaitu pada suhu -55°C sampai $+150^{\circ}\text{C}$. Sensor LM35 memiliki koefisien $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, sehingga saat suhu yang dideteksi LM35 mengalami kenaikan 1°C , maka tegangan keluaran dari sensor tersebut juga akan mengalami kenaikan sebesar 10mV . Saat beroperasi, catuan tegangan kerja yang dibutuhkan oleh LM35 adalah sebesar 4 Volt DC sampai 30 Volt DC (Datasheet LM35, 2000). Susunan pin pada sensor LM35 dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Susunan Pin Sensor Suhu LM35 (Datasheet LM35, 2000)

Potensiometer

Potensiometer merupakan komponen pembagi tegangan yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Potensiometer termasuk dalam jenis resistor yang memiliki tiga terminal dan berfungsi sebagai rangkaian pembagi tegangan (Syam, 2013). Potensiometer dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Potensiometer
(Datasheet Rotary Potentiometer, 2008)

LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan salah satu komponen yang berfungsi sebagai *output* tampilan. LCD akan menampilkan karakter berdasarkan instruksi dari sistem, dalam hal ini sistem yang memberi instruksi pada LCD adalah mikrokontroler. Salah satu jenis LCD adalah LCD 16x2. LCD 16x2 dapat menampilkan karakter sebanyak 2 baris dan 16 kolom (Widodo, 2009). LCD dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. LCD 16x2
(Datasheet LCD, 2014)

SCR (Silicon Controlled Rectifier)

SCR terdiri dari tiga pin yaitu anoda, *gate*, dan katoda. Pin *gate* berfungsi sebagai *trigger* (pemicu aktif) pada SCR, sehingga SCR akan aktif. SCR bersifat mengalirkan arus listrik hanya satu arah, yakni mengalirkan arus listrik dari anoda ke katoda (Diffenderfer, 2005). SCR dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. SCR (*Silicon Controlled Rectifier*)
(Datasheet SCR)

Buzzer

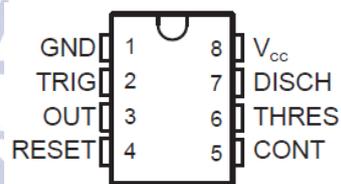
Buzzer merupakan salah satu komponen yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara. Buzzer terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan dengan adanya aliran arus, maka terjadi prinsip elektromagnet pada kumparan tersebut. Dengan adanya arah arus dan polaritas magnet, maka kumparan pada buzzer akan tertarik ke dalam ataupun keluar dan dikarenakan kumparan dipasang pada diafragma, akan menyebabkan setiap gerakan kumparan menggerakkan diafragma secara bolak-balik, sehingga membuat udara bergetar yang kemudian menghasilkan keluaran berupa suara (Syam, 2013). Buzzer dapat ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Buzzer
(Datasheet Buzzer, 2016)

IC NE555

IC NE555 merupakan IC yang digunakan sebagai pewaktu (*timer*) dalam rangkaian dengan rentang waktu dari *microseconds* hingga dalam jam. IC NE555 dapat digunakan pada rangkaian monostabil yang berfungsi sebagai *time delay* (penundaan waktu) dan pada rangkaian astabil yang berfungsi sebagai pembangkit pulsa-pulsa (Datasheet NE555, 2014). Susunan pin pada IC NE555 dapat ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Susunan Pin IC NE555
(Datasheet NE555, 2014)

Limit Switch

Limit switch termasuk jenis sakelar yang dapat bekerja secara mekanis, serta berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus pada suatu rangkaian berdasarkan tekanan atau sentuhan, sehingga dapat digunakan dalam proses otomatisasi. *Limit switch* terdiri dari dua jenis kontak yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC) (Levine, 1996). *Limit switch* dapat ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. *Limit Switch*
(Datasheet *Limit Switch*, 2010)



Gambar 11. Arduino Uno
(Arduino Uno, <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>)

Motor Servo

Motor servo adalah jenis motor yang mampu bekerja dua arah yakni CW (searah jarum jam) dan CCW (berlawanan arah jarum jam), dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM melalui pin kontrol. Frekuensi yang dibutuhkan motor servo dalam bekerja adalah sebesar 50Hz. Pada frekuensi tersebut, maka motor akan bergerak pada posisi yang telah ditentukan sesuai dengan sinyal perintah masukan pada pin kontrol dan sinyal pulsa pada motor servo dibuat setiap 20ms. Motor servo termasuk dalam jenis motor DC yang memiliki tiga pin, yaitu *power*, *ground*, dan *control* (Sigit, 2007). Motor servo dapat ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Motor Servo
(Datasheet Servo Motor, 2011)

Arduino Uno

Arduino uno adalah salah satu jenis mikrokontroler yang berbasis ATMEGA328P. Arduino uno memiliki pin *input/output* (I/O), baik untuk data digital maupun analog, sehingga dapat dihubungkan dengan perangkat lain, seperti sensor dan rangkaian digital ataupun rangkaian analog yang lain. Arduino uno juga dapat dikoneksikan dengan komputer, yakni melalui USB (*Universal Serial Bus*). USB tersebut digunakan untuk pengisian program dari komputer ke arduino uno (Dey and Mukherjee, 2016). Arduino Uno dapat ditunjukkan pada Gambar 11.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada skripsi ini adalah merancang dan membuat suatu sistem kontrol otomatis kompor gas elpiji konvensional pada proses perebusan air. *Controller* yang digunakan adalah arduino uno dan aktuator yang digunakan untuk memutar tombol knop pemantik kompor adalah motor servo. Dari hasil perancangan dan pembuatan alat, selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui kerja dari sistem yang telah dibuat. Perancangan dan pembuatan sistem telah terpenuhi apabila saat dilakukan pengujian, sistem dapat bekerja secara otomatis dalam mematikan kompor sesuai *setting* suhu perebusan air yang telah ditentukan dengan *delay* 3 menit.

Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data merupakan alat yang digunakan dalam suatu kegiatan penelitian untuk membantu mengumpulkan data. Instrumen pengumpulan data yang digunakan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Sumber literatur (buku, jurnal, dan internet)
2. *Thermometer* analog

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah metode yang digunakan untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam suatu penelitian. Pada penelitian ini menggunakan dua metode dalam pengumpulan data, yaitu :

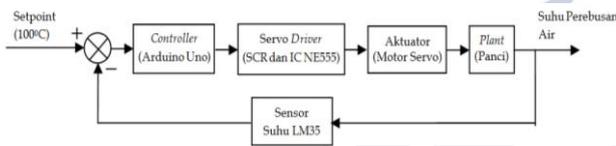
1. Metode Observasi
Melalui observasi dapat diperoleh permasalahan yang melatarbelakangi pembuatan alat pada skripsi ini.
2. Metode Studi Literatur
Melalui studi literatur dapat diperoleh beberapa informasi, seperti spesifikasi komponen yang digunakan, struktur komponen, cara kerja dari komponen, serta informasi tentang kejadian

Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Kompor Gas Elpiji Konvensional Pada Proses Perebusan Air Berbasis Arduino Uno

kebakaran yang terjadi di masyarakat akibat kelalaian dalam mematikan kompor saat proses perebusan air.

Perancangan Sistem

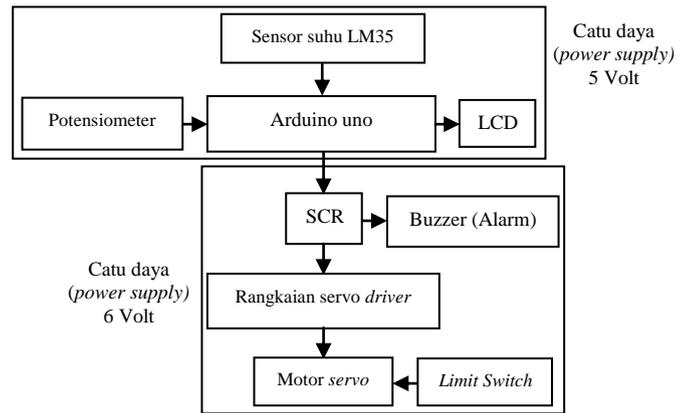
Sistem kontrol otomatis kompor gas elpiji konvensional berbasis arduino uno pada proses perebusan air bekerja secara otomatis dan metode yang digunakan adalah kontrol dua posisi (*on-off*). Sedangkan, sistem pengaturan yang diterapkan adalah sistem pengaturan *loop* tertutup. Sistem pengaturan yang diterapkan pada sistem dapat ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram Blok Sistem Kontrol Otomatis Kompor Gas Elpiji Konvensional pada Proses Perebusan Air

Prinsip kerja sistem kontrol otomatis kompor gas elpiji konvensional pada proses perebusan air yaitu apabila kompor telah dinyalakan secara manual oleh pengguna, maka sensor LM35 akan mengirimkan nilai suhu perebusan air dalam panci menuju *controller* (arduino uno). Nilai suhu tersebut digunakan sebagai *input* bagi *controller*. Jika data suhu dari sensor LM35 sudah mencapai nilai *setpoint*, maka setelah *delay* waktu 3 menit *controller* akan mengirimkan sinyal digit 1 (5 Volt) ke SCR untuk menghidupkan rangkaian servo *driver*. Dengan aktifnya rangkaian servo *driver*, maka rangkaian tersebut akan mengaktifkan aktuator (motor servo) melalui sinyal PWM, sehingga tombol knop pemantik kompor akan diputar sampai pada posisi *off*.

Secara garis besar, sistem kontrol otomatis kompor gas elpiji konvensional terdiri dari komponen sensor suhu LM35, potensiometer, LCD (*Liquid Crystal Display*), SCR (*Silicon Controlled Rectifier*), buzzer, rangkaian servo *driver*, motor servo, limit switch, rangkaian catu daya (*power supply*) 5 Volt dan 6 Volt, serta arduino uno. Susunan dari sistem kontrol otomatis kompor gas elpiji konvensional dapat ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Blok Diagram Susunan Sistem Kontrol Otomatis Kompor Gas Elpiji Konvensional pada Proses Perebusan Air

Pemodelan Matematika Sistem

1. Model Matematika Servo Driver

Pada sistem ini, tegangan *input* servo *driver* adalah 5 Volt dan tegangan *output* servo *driver* adalah 6 Volt. Sehingga :

$$K_{driver} \times V_{Input} = V_{Output} \quad (1)$$

$$K_{driver} = \frac{V_{Output}}{V_{Input}}$$

$$K_{driver} = \frac{6}{5}$$

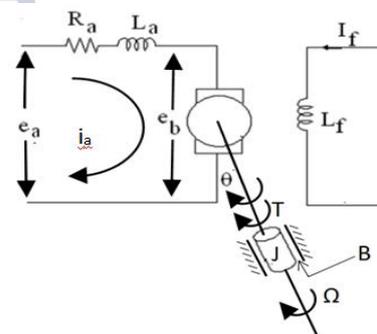
$$K_{driver} = \frac{6}{5}$$

$$K_{driver} = 1,2$$

Nilai dari konstanta *gain* servo *driver* adalah 1,2.

2. Model Matematika Motor Servo

Model matematika motor servo DC dapat dibuat berdasarkan rangkaian motor servo DC yang dapat ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Rangkaian Motor Servo DC

Persamaan T , Ω , e_b , dan e_a adalah sebagai berikut :

$$\Omega = \frac{d\theta}{dt} \quad (2)$$

$$T = K i_a = J \frac{d^2\theta}{dt^2} + f \frac{d\theta}{dt} \quad (3)$$

$$e_b = K_b \frac{d\theta}{dt} \quad (4)$$

$$e_a = L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a + e_b \quad (5)$$

Dari persamaan 2, 3, 4, dan 5, maka didapatkan transformasi laplace sebagai berikut :

$$\Omega(s) = s\theta(s) \quad (6)$$

$$T(s) = K i_a(s) = (Js^2s + fs)\theta(s) \quad (7)$$

$$E_b(s) = K_b s\theta(s) \quad (8)$$

$$E_a(s) = (L_a s + R_a)I_a(s) + E_b(s) \quad (9)$$

Sehingga, didapatkan fungsi alih sebagai berikut :

$$\frac{\Omega(s)}{E_a(s)} = \frac{s\theta(s)}{E_a(s)} = \frac{K}{L_a J s^2 + R_a J s + L_a f s + R_a f + K K_b} \quad (10)$$

Nilai induktansi L_a adalah kecil dan dapat diabaikan. Jika L_a diabaikan, maka fungsi alih yang dapat disederhanakan menjadi :

$$\frac{\Omega(s)}{E_a(s)} = \frac{s\theta(s)}{E_a(s)} = \frac{K_m}{T_m s + 1} \quad (11)$$

$$\text{Dimana : } K_m = \frac{K}{R_a f + K K_b} \quad (12)$$

$$T_m = \frac{R_a J}{R_a f + K K_b} \quad (13)$$

Nilai J dan b dapat dirumuskan sebagai berikut :

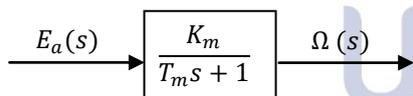
$$J = J_m + n^2 J_L \quad (14)$$

$$f = f_m + n^2 f_L \quad (15)$$

Model matematika dari motor servo dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{\Omega(s)}{E_a(s)} = \frac{s\theta(s)}{E_a(s)} = \frac{K_m}{T_m s + 1} \quad (16)$$

Model matematika dari motor servo dapat digambarkan dalam blok diagram seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Model Matematika Motor Servo

Keterangan :

- K_m = Konstanta penguatan motor
- T_m = Konstanta waktu motor
- $\Omega(s)$ = Kecepatan motor (rad/sec)
- $E_a(s)$ = Tegangan pada jangkar (volt)
- J = Momen inersia ekuivalen dari motor dan beban pada poros motor ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)
- f = Koefisien gesekan viskos ekuivalen dari motor dan beban pada poros motor ($\text{N}\cdot\text{m}/\text{rad}/\text{det}$)
- Rasio roda gigi (n) = $1/10$ (N_1/N_2)

Koefisien gesekan viskos = Diabaikan dari motor (f_m)

$$\text{Momen inersia motor } (J_m) = 1 \times 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{det}^2$$

$$\text{Momen inersia beban } (J_L) = 4,4 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{det}^2$$

Koefisien gesekan viskos = $4 \times 10^{-2} \text{ N}\cdot\text{m}/\text{rad}/\text{det}$ dari beban (f_L)

$$\text{Tahanan kumparan jangkar} = 0,2 \Omega$$

(R_a)

Konstanta gaya gerak = $5,5 \times 10^{-2} \text{ volt}\cdot\text{det}/\text{rad}$ listrik balik (K_b)

$$\text{Konstanta torsi motor } (K) = 6 \times 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{m}/\text{amp}$$

Sehingga, nilai J , b , K_m , dan T_m dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} J &= (1 \times 10^{-5}) + \left(\frac{1}{10}\right)^2 (4,4 \times 10^{-3}) \\ &= (1 \times 10^{-5}) + (4,4 \times 10^{-5}) \\ &= 5,4 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

$$f = \left(\frac{1}{10}\right)^2 (4 \times 10^{-2}) = 4 \times 10^{-4}$$

$$K_m = \frac{6 \times 10^{-5}}{(0,2)(4 \times 10^{-4}) + (6 \times 10^{-5})(5,5 \times 10^{-2})} = \frac{6 \times 10^{-5}}{0,833 \times 10^{-4}} = 0,72$$

$$T_m = \frac{(0,2)(5,4 \times 10^{-5})}{(0,2)(4 \times 10^{-4}) + (6 \times 10^{-5})(5,5 \times 10^{-2})} = \frac{1,08 \times 10^{-5}}{0,833 \times 10^{-4}} = 0,13$$

Fungsi alih motor servo adalah :

$$\frac{\Omega(s)}{E_a(s)} = \frac{K_m}{T_m s + 1} = \frac{0,72}{0,13s + 1}$$

(Ogata, 1995)

3. Model Matematika Plant (Panci)

Pada sistem ini, *input plant* adalah kecepatan dari motor servo 57 rpm dan *output plant* adalah suhu 100°C . Sehingga :

$$K_{plant} \times \text{Input} = \text{Output} \quad (17)$$

$$K_{plant} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

$$K_{plant} = \frac{100}{57}$$

$$K_{plant} = 1,75$$

Nilai dari konstanta *plant* adalah 1,75.

4. Model Matematika Sensor Suhu LM35

Pada sensor suhu LM35 apabila terjadi perubahan suhu 1°C , maka sensor akan memberikan sinyal informasi perubahan tegangan 10mV (0,01 Volt). Sehingga :

$$K_{sensor} \times \text{Input} = \text{Output} \quad (18)$$

$$K_{sensor} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

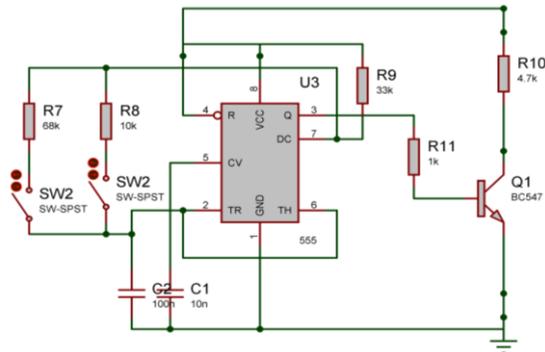
$$K_{sensor} = \frac{0,01}{1}$$

$$K_{sensor} = 0,01$$

Nilai dari konstanta sensor suhu LM35 adalah 0,01.

5. Rangkaian Servo Driver

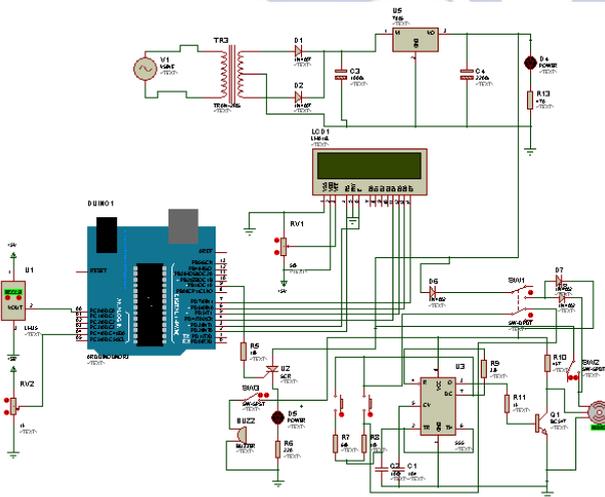
Rangkaian servo driver merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengaktifkan motor servo dengan cara menghasilkan sinyal PWM. Rangkaian servo driver dapat ditunjukkan pada Gambar 22.



Gambar 22. Rangkaian Servo Driver

6. Perancangan Rangkaian Keseluruhan

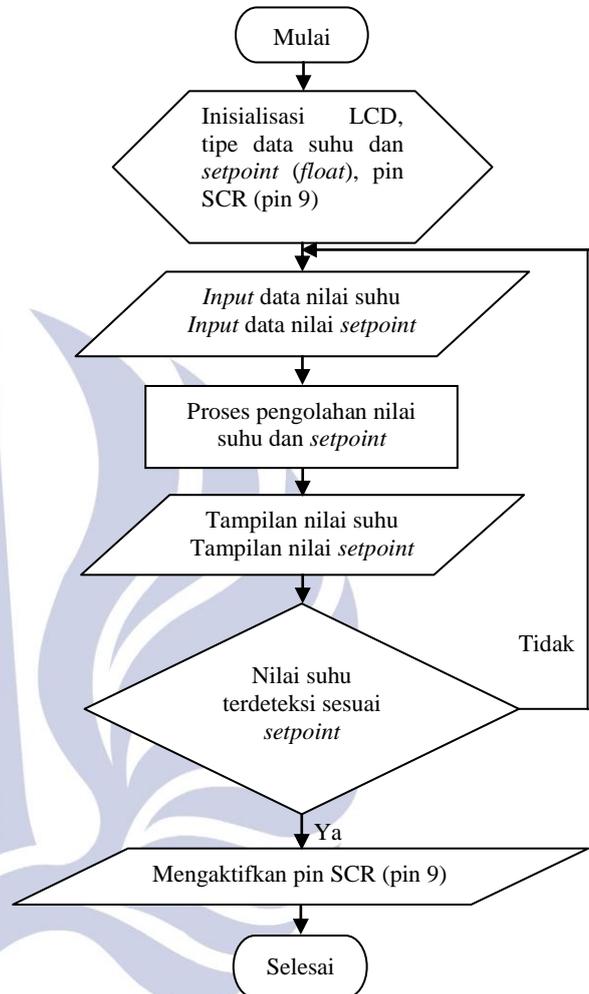
Perancangan rangkaian secara keseluruhan meliputi rangkaian catu daya (power supply), rangkaian sensor suhu dan potensiometer dengan arduino uno, rangkaian LCD, rangkaian SCR dan buzzer, rangkaian servo driver, motor servo, serta limit switch. Perancangan rangkaian sistem secara keseluruhan dapat ditunjukkan pada Gambar 23.



Gambar 23. Perancangan Rangkaian Keseluruhan

Perancangan Perangkat Lunak (Software)

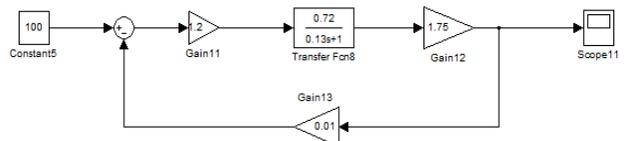
Flowchart dari program yang dibuat dapat ditunjukkan pada Gambar 24.



Gambar 24. Diagram Alir (Flowchart) Program

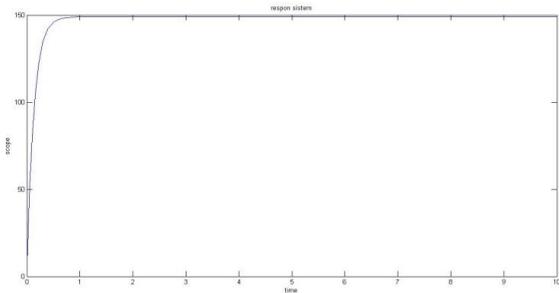
HASIL DAN PEMBAHASAN
Pengujian Pemodelan Matematika

Pengujian pemodelan matematika dilakukan dengan menggunakan aplikasi software Matlab R2009a. Nilai setpoint yang diberikan pada pengujian adalah 100. Simulink dari program yang digunakan dapat ditunjukkan pada Gambar 25, sedangkan hasil dari pengujian pemodelan matematika dapat ditunjukkan pada Gambar 26.



Gambar 25. Simulink Pemodelan Matematika

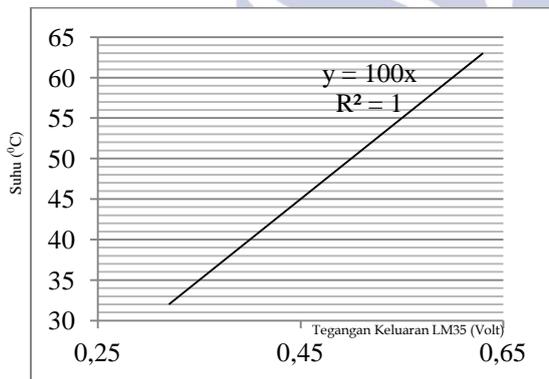
Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Kompor Gas Elpiji Konvensional Pada Proses Perebusan Air Berbasis Arduino Uno



Gambar 26. Hasil Pengujian Pemodelan Matematika

Pengujian Sensor Suhu LM35

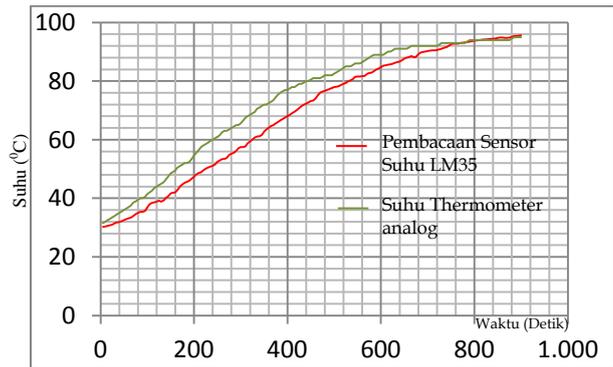
Pengujian dilakukan dengan cara memasang multimeter digital pada pin *Voutput* sensor suhu LM35 untuk mengukur tegangan yang dihasilkan dari sensor tersebut, sedangkan catuan tegangan yang diberikan pada sensor suhu LM35 adalah 5 Volt. Dalam proses pengujian, sensor suhu LM35 diletakkan pada bagian atas tutup panci dan suhu yang dideteksi oleh sensor tersebut ditampilkan di LCD. Berdasarkan hasil pengujian, maka dapat diperoleh data seperti yang ditunjukkan grafik Gambar 27.



Gambar 27. Grafik Hubungan Hasil Pengukuran Suhu dengan Tegangan Keluaran Sensor Suhu LM35

Pengujian Respon Suhu

Pengujian respon suhu dilakukan dengan cara meletakkan sensor suhu LM35 pada air yang direbus yang kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran dari *thermometer*, dimana pengujian tersebut dilakukan secara bersamaan. Saat proses pengujian, *thermometer* dan sensor LM35 dimasukkan ke dalam air yang berada di dalam panci. Dari hasil pengujian, dapat diperoleh data seperti pada grafik Gambar 28.



Gambar 28. Grafik Perbandingan antara Pengujian Sensor Suhu LM35 dan Thermometer

Pengujian Power Supply

Pengujian *power supply* dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran dari *power supply* tersebut dengan multimeter digital. *Power supply* yang digunakan terdapat 2 macam yaitu *power supply* dengan *output* 5 Volt dan *power supply* dengan *output* 6 Volt. Dari hasil pengujian *power supply* dapat diperoleh data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Power Supply*

No.	Tegangan <i>Power Supply</i> yang diharapkan	Tegangan Keluaran <i>Power Supply</i> Hasil Pengujian
1.	5 Volt	5 Volt
2.	6 Volt	6 Volt

Pengujian Buzzer

Pengujian *buzzer* dilakukan dengan cara menghubungkan *buzzer* dengan catu daya 6 Volt. Dari hasil pengujian, setelah *buzzer* dihubungkan dengan catu daya dan diberikan tegangan, *buzzer* tersebut dapat mengeluarkan bunyi.

Pengujian LCD

Pengujian LCD dilakukan dengan memberikan *input* tegangan 5 Volt dan menghubungkan pin LCD pada pin arduino uno. Hasil dari pengujian LCD dapat ditunjukkan pada Gambar 29.



Gambar 29. Hasil Pengujian LCD

Pengujian Servo Driver

Pengujian dilakukan dengan memberikan catuan tegangan 6 Volt pada rangkaian servo *driver*. Pada IC NE555 pin nomor 7 dihubungkan dengan pin nomor 2 dan 6 melalui resistor 10k Ω . Kemudian, hasil keluaran dari IC NE555, yakni pin nomor 3 akan dikuatkan oleh transistor BC547 untuk memberikan sinyal pulsa PWM ke motor servo, sehingga motor servo akan berputar ke arah kiri (berlawanan arah jarum jam). Namun, apabila pada IC NE555 pin nomor 7 dihubungkan dengan pin nomor 2 dan 6 melalui resistor 68k Ω , maka sinyal keluaran dari servo *driver* akan mengendalikan putaran motor servo ke arah kanan (searah jarum jam). Hasil dari pengujian servo *driver* dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Servo Driver

Nilai Resistor yang Menghubungkan Pin 7 ke Pin 2 dan Pin 6	Sinyal Pulsa PWM yang dihasilkan
10k Ω	Kurang dari 1,5ms
68k Ω	Lebih dari 1,5ms

Pengujian Motor Servo

Pengujian motor servo dilakukan dengan menghubungkan motor servo ke servo *driver*. Motor servo memiliki 3 kabel, diantaranya kebel berwarna merah (catuan positif), kebel berwarna hitam (*ground*), dan kebel berwarna putih (*output servo driver*). Dengan terhubungnya motor servo dengan servo *driver*, maka motor servo akan bergerak ke arah kanan (searah jarum jam), maupun ke arah kiri (berlawanan arah jarum jam). Motor servo yang digunakan pada skripsi ini adalah motor servo jenis kontinyu, sehingga motor servo akan bergerak ke arah kiri, maupun ke arah tanpa batasan. Hasil dari pengujian servo *driver* dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Motor Servo

Nilai Resistor yang Menghubungkan Pin 7 ke Pin 2 dan Pin 6	Respon Motor Servo
10k Ω	Berputar ke Arah Kiri (Berlawanan Arah Jarum Jam)
68k Ω	Berputar ke Arah Kanan (Searah Jarum Jam)

Pengujian Limit Switch

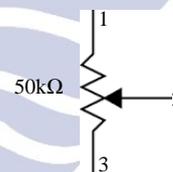
Dalam pengujian, *limit switch* dihubungkan dengan multimeter pada posisi *selector* untuk pengukuran tahanan (ohm). *Limit switch* memiliki dua jenis posisi *switch* yaitu NO (*Normally Close*) dan NC (*Normally Close*). Hasil dari pengujian *limit switch* dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Limit Switch

Posisi Switch	Kondisi Limit Switch	Pembacaan Multimeter Digital (Ohm)
NO	Ditekan	Nilai Tahanan Sangat Kecil
NC	Ditekan	Nilai Tahanan Sangat Besar
NO	Tidak Ditekan	Nilai Tahanan Sangat Besar
NC	Tidak Ditekan	Nilai Tahanan Sangat Kecil

Pengujian Potensiometer

Potensiometer yang digunakan adalah potensiometer 50k Ω . Potensiometer terdiri dari 3 pin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 30.



Gambar 30. Pin Potensiometer

Dalam pengujian, potensiometer dihubungkan dengan multimeter pada posisi *selector* untuk pengukuran tahanan (ohm). Hasil dari pengujian potensiometer dapat ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Potensiometer

Pin Potensiometer yang dihubungkan dengan Multimeter Digital	Arah Putaran Potensiometer	Pembacaan Multimeter Digital (Ohm)
Pin 1 dan Pin 3	Menuju Pin 1	50k Ω
Pin 1 dan Pin 3	Menuju Pin 3	50k Ω
Pin 1 dan Pin 2	Menuju Pin 1	0k Ω
Pin 1 dan Pin 2	Menuju Pin 3	50k Ω
Pin 2 dan Pin 3	Menuju Pin 1	50k Ω
Pin 2 dan Pin 3	Menuju Pin 3	0k Ω

Pengujian Sistem secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui kemampuan alat dalam melakukan kontrol otomatis kompor gas elpiji konvensional pada proses perebusan air. Kemampuan alat meliputi dapat mendeteksi suhu perebusan air, dapat menampilkan nilai suhu dan *setpoint* pada LCD, serta terdapat indikasi dari buzzer dan pengaktifan motor servo saat suhu perebusan air telah mencapai *setpoint* dengan *delay* waktu 3 menit. Hasil dari pengujian sistem secara keseluruhan dapat ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sistem secara Keseluruhan

Nilai Suhu Pada LCD (°C)	Nilai <i>Setpoint</i> Pada LCD (°C)	Buzzer	Motor Servo	Waktu (Detik)
32	63	Off	Off	0
40	63	Off	Off	134
45	63	Off	Off	195
50	63	Off	Off	296
55	63	Off	Off	383
60	63	Off	Off	482
63	63	Off	Off	568
63	63	On	On	748

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian dan analisis terhadap sistem kontrol otomatis kompor gas elpiji konvensional pada perebusan air berbasis arduino uno, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Terdapat perbedaan pembacaan antara nilai suhu dari sensor suhu LM35 dan nilai suhu dari pengukuran thermometer saat proses perebusan air.

Respon pemodelan matematika dengan nilai *setpoint* 100 dapat menghasilkan respon 148,94.

Waktu yang dibutuhkan oleh motor servo dalam mematikan kompor adalah 0,2 detik.

Saran

Dalam pengembangan skripsi selanjutnya, penggunaan motor servo dapat digantikan dengan motor DC yang memiliki kekuatan torsi sama dengan motor servo, sehingga lebih mudah dalam penggunaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino Uno. *Arduino Uno & Genuino Uno (Arduino & Genuino Products)*. (<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>, diakses 3 Maret 2017).
- Datasheet Buzzer. 2016. *CEM-1205C (Magnetic Buzzer Indicator)*. Tualatin: CUI Inc.
- Datasheet LCD. 2014. *ERM1602-6 Series Character Module Datasheet*. China: EastRising Technology Co., Limited.
- Datasheet Limit Switch. 2010. *Data Sheet OMRON Z Limit Switch*. Japan: Omron Corporation.
- Datasheet LM35. 2000. *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*. United States of America: National Semiconductor Corporation.
- Datasheet NE555. 2014. *xx555 Precision Timers (NA555, NE555, SA555, SE555)*. Texas: Texas Instruments Incorporated.
- Datasheet Rotary Potentiometer. 2008. *Model P160 16mm Rotary Potentiometer Conductive Plastic Element 100,000 Cycle Life Metal Shaft/Bushing Multi-Ganged Available RoHS Compliant*. United States of America: BI Technologies Corporation.
- Datasheet SCR. *CR02AM Lead-Mount, Phase Control SCR 0.3 Amperes/400 Volts*. Pennsylvania: Powerex, Inc.
- Datasheet Servo Motor. 2011. *Parallax Continuous Rotation Servo (#900-00008)*. California: Parallax, Inc.
- Dey, Nilanjan, and Mukherjee, Amartya. 2016. *Embedded Systems and Robotics with Open Source Tools*. Florida: CRC Press.
- Diffenderfer, Robert. 2005. *Electronic Devices: Systems and Applications*. United States of America: Cengage Learning.
- Levine, William S. (Ed.). 1996. *The Control Handbook*. United States of America: CRC Press.
- Ogata, Katsuhiko. 1995. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Sigit, Riyanto (Ed.). 2007. *Robotika, Sensor dan Aktuator (Persiapan Lomba Kontes Robot Indonesia dan Kontes Robot Cerdas Indonesia)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Syam, Rafiuddin. 2013. *Seri Buku Ajar Dasar Dasar Teknik Sensor*. Makassar: Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Widodo, Romy Budhi. 2009. *Embedded System Menggunakan Mikrokontroler dan Pemrograman C*. Yogyakarta: ANDI.