

PROTOTYPE SISTEM PENGONTROLAN TEMPERATUR DAN WAKTU PROSES PEREBUSAN BUBUR KEDELAI UNTUK TAHU BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S52 DENGAN PENGINDRA IC LM35

Afdi Marta^{*)}, Asrizal^{**)}, Yulkifli^{**)}

^{*)} Mahasiswa Prodi Pendidikan Fisika Jurusan Fisika FMIPA UNP,

^{**)} Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang
email: Afdi.marta@rocketmail.com

ABSTRACT

The objective of these research are to determine the transferring function and sensitivity of the sensor IC LM35, to describe the physical shape and dimensions of the system controlling the temperature and time in the process of boiling porridge of soy, and to determine the static of characteristics of temperature control system based on microcontroller AT89S8252 with LM 35 sensors for boiling the soy porridge process. This research can be classified into engineering research. Data collection techniques are both direct and indirect measurement. Direct measurement is used to measurement the temperature of soy porridge process. On other hand, indirect measurement is used to determine the accuracy and precision of the system in the manufacture of soy porridge boiling out. Based on the analysis of the data can be presented three results of research. First, the voltage output temperature sensor IC LM 35 is directly proportional to temperature. Second, description and temperature control system that describe each part of the system. Finally, instrument temperature control has a very high accuracy and precision of 96.96% on average.

Keywords: Prototype, Controlling System, Temperature, Time, Soy boiling, IC LM35

PENDAHULUAN

Tahu merupakan salah satu sumber protein yang baik bagi tubuh manusia. Protein tahu tergolong bermutu baik, yaitu setara dengan mutu daging ayam. Dengan demikian, tahu dapat dikonsumsi sebagai salah satu sumber makanan alternatif untuk memenuhi kebutuhan protein.

Proses pembuatan tahu dapat dibagi dalam beberapa tahap. Tahap-tahap pembuatan tahu ini harus dilakukan secara kontiniu. Proses pengolahan tahu dimulai dengan pembuatan sari kedelai tahu, kemudian digumpalkan dan dicetak menggunakan alat pencetak tahu^[1].

Pembuatan tahu diawali dengan merendam kacang kedelai dalam air yang cukup selama 3-5 jam. Setelah direndam, kacang kedelai dicuci dengan air bersih 2-3 kali. Pada tahapan perendaman kedelai direndam dalam sebuah bak perendam. Kedelai yang telah dicuci, kemudian direndam menggunakan air bersih selama 4 jam. Air yang digunakan untuk merendam harus cukup banyak, minimum 3 liter air bersih untuk 1 Kg biji kedelai.

Perendaman kedelai pada tahap pembuatan tahu dilakukan agar mudah digiling dan bubur kedelai yang dihasilkan lebih kental. Selain itu, perendaman juga dapat membantu mengurangi jumlah zat anti gizi (antitripsin) yang ada pada kedelai. Kadar zat anti gizi dalam kedelai harus diturunkan, karena dapat mengurangi daya cerna protein^[2]. Kacang kedelai yang telah direndam kemudian dicuci dengan air bersih, kemudian dilanjutkan dengan proses penggilingan.

Bubur kedelai selanjutnya direbus diatas tungku sampai mendidih. Perebusan bubur kedelai dilakukan hingga temperaturnya mencapai 100⁰C^[3]. Sebaiknya bubur kedelai ini dibiarkan mendidih selama 10 menit. Bubur kedelai kemudian didiamkan hingga temperaturnya menjadi 80⁰C. Barulah selanjutnya bubur kedelai ini digumpalkan dengan menambahkan cuka encer atau batu tahu.

Bubur kedelai yang telah ditambah cuka encer kemudian didiamkan agar terbentuk gumpalan-gumpalan yang agak besar, yang akan terus kebawah. Gumpalan-gumpalan yang besar ini dicetak dalam cetakan sesuai bentuk dan ukuran yang diinginkan. Proses pencetakan merupakan tahap akhir pembuatan tahu.

Kenyataan di lapangan menunjukan proses perebusan bubur kedelai dilakukan hanya dengan mengamati secara kasat mata oleh pembuat tahu. Jika perebusan terlalu lama, dapat menyebabkan protein-protein yang terkandung dalam kacang menjadi rusak. Perebusan tahu yang prosesnya terlalu sebentar dapat menyebabkan bau yang kurang enak pada tahu tersebut.

Berdasarkan kelemahan dan kekurangan dari proses pembuatan tahu secara manual yang telah diuraikan maka diperlukan penerapan sistem yang lebih akurat dan teliti. Karena itu peneliti tertarik untuk membuat suatu sistem pengontrolan temperatur dan waktu proses perebusan bubur kedelai dengan judul "Prototipe Sistem Pengontrolan Temperatur dan Waktu Proses Perebusan Bubur Kedelai dalam Pembuatan Tahu

Berbasis Mikrokontroler AT89S52 Dengan Pengindra IC LM35”

Tahu merupakan makanan tradisional yang mudah ditemukan. Tahu memiliki rasa yang enak, meskipun harga tahu murah namun gizinya sangat tinggi. Tahu merupakan makanan hasil olahan kedelai yang kaya protein dan cocok untuk makanan diet, bebas kolesterol, kaya mineral dan vitamin. Kedelai mengandung asam lemak linoleat. Asam lemak linoleat tergolong pada asam lemak esensial yang dapat mengurangi penimbunan asam lemak lain maupun kolesterol yang terakumulasi dalam organ-organ tubuh. Oleh karenanya, tahu sangat baik dikonsumsi oleh orang yang berkolesterol tinggi.

Tahu merupakan salah satu sumber protein yang baik bagi tubuh manusia. Selain itu, tahu juga mengandung zat gizi lain yang diperlukan oleh tubuh. Tahu memiliki kandungan gizi berupa protein, fosfor, karbohidrat, kalori, lemak dan mineral, serta vitamin-vitamin lainnya yang sangat berguna dalam pembentukan rangka tulang dalam tubuh manusia.

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengamati suatu sistem yang mampu mengontrol temperatur dan waktu proses perebusan bubur kedelai. Secara khusus tujuan penelitian ini ada 3. Pertama, menentukan fungsi transfer dan sensitivitas dari sensor IC LM35. Kedua, mendeskripsikan bentuk fisik dan dimensi dari sistem pengontrolan temperatur dan waktu dalam proses perebusan bubur kedelai. Ketiga, menentukan karakteristik statik dari sistem pengontrolan temperatur berbasis mikrokontroler AT89S8252 dengan sensor LM 35 untuk aplikasi perebusan bubur kedelai pada pembuatan tahu.

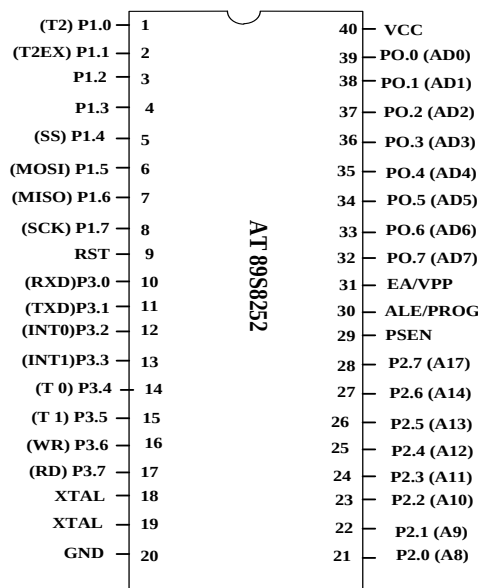
Sistem Pengontrolan merupakan suatu alat yang mengatur aliran energi dalam berbagai aplikasi elektronika sesuai fungsi dan tujuan yang diinginkan^[4]. Berdasarkan pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan mengatur aliran energi dari satu alat dapat diciptakan suatu sistem kontrol. Sistem kontrol memiliki fungsi yang sangat penting pada berbagai bidang dalam kehidupan manusia saat ini. Sistem pengontrolan telah dinikmati oleh berbagai lapisan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari, diantaranya pada proses dalam pabrik, industri modern, pengontrolan dan sebagainya.

Sistem kontrol berdasarkan cara kerjanya dapat dibedakan atas sistem kontrol loop terbuka dan sistem kontrol loop tertutup. Sistem kontrol loop tertutup merupakan sistem kontrol yang mempunyai umpan balik, yang sinyal keluarannya berpengaruh langsung terhadap hasil pengontrolan. Sistem kontrol loop terbuka hasil keluaran tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kontrol. Sistem pengontrolan akan diterapkan pada proses perebusan bubur kedelai. Biasanya proses perebusan dilakukan dengan uap panas. Dalam penelitian ini proses

perebusan dirancang dengan menggunakan sumber listrik. Sistem pengontrolan pada penelitian ini dibangun dengan menggunakan beberapa alat dan rangkain elektronika, antara lain Mikrokontroler AT89S8252, Sensor IC LM35, ADC dan LCD.

Mikrokontroler merupakan piranti pengendali dalam suatu sistem elektronika yang memiliki fungsi yang sama dengan mikroprosesor dalam sebuah komputer. Kelebihan mikrokontroler adalah terdapatnya memori dan port input-output dalam satu IC yang sejalan. Mikrokontroler mempunyai keunggulan yaitu kemampuan untuk membentuk fungsi matematika dan logika, menyimpan dan menjalankan fungsi suatu program^[5]. Program mikrokontroler dapat membuat keputusan sesuai dengan situasi yang diinginkan, sehingga sangat cocok digunakan dalam pengontrolan dan data tersimpan. Mikrokontroler juga memiliki beberapa keunggulan lain yaitu dalam pengontrolan masukan terprogram, pemanipulasi data, pengiriman keluaran.

Secara umum mikrokontroler terdiri dari RAM (Random Acces Memory) sebesar 128 byte, ROM (Read Only Memory) sebesar 4 Kbyte, register pewaktu yaitu Timer 0 dan Timer 1 yang berkapasitas 16 bit, mempunyai 4 buah port yang dikontrol sebagai Input/Output sebagai kontrol interupsi, port serial berfungsi sebagai komunikasi serial dengan CPU lain, sebagai jalur kontrol dan Osilator On-Chip yang berperan dalam penentuan tekanan siklus mesin dari AT89S8252^[6]. Bentuk fisik dari mikrokontroler AT89S8252 diperlihatkan pada Gambar 1.

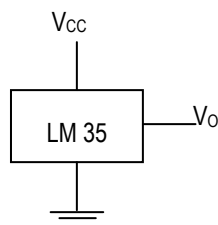


Gambar 1. Mikrokontroler AT89S8252

Mikrokontroler AT89S8252 dilengkapi dengan tipe perangkat timer, masing-masing dinamakan dengan timer 0, timer 1, dan timer 2. Timer merupakan suatu seri dari flip-flop yang dibagi dua

bagian dan menerima suatu masukan sinyal sebagai sumber clock. Clock yang diberikan pada flip-flop akan membagi frekuensi clock menjadi dua. Keluaran dari flip-flop pertama merupakan clock pada flip-flop kedua yang juga dibagi menjadi dua dan seterusnya. Timer dalam IC ini digunakan untuk beberapa keperluan yaitu untuk pengontrolan waktu, untuk menghasilkan boudrate guna membangun suatu komunikasi serial, untuk perhitungan peristiwa (event counting) dan untuk keperluan internal pewaktuan (interval timing). Agar mikrokontroler dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan maka pada mikrokontroler perlu diisikan program untuk mengaktifkannya, program yang digunakan yaitu menggunakan bahasa Assembly.

Sensor IC LM35 adalah instrumen IC sensor temperatur yang mempunyai tegangan keluaran sebanding dengan temperatur Celcius. Beberapa keuntungan dari IC LM35 dapat dikalibrasi langsung dalam celcius, mempunyai ketepatan $0,5^{\circ}\text{C}$ (pada suhu kamar 25°C), menghasilkan tegangan keluaran $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, banyak digunakan dalam pengukuran temperatur, sistem pengontrolan temperatur, dioperasikan dari 4V sampai 30V, arus mengalir kurang dari $60\text{ }\mu\text{A}$, mempunyai daya panas rendah $0,08^{\circ}\text{C}$ dalam udara, kesalahan relatif hanya $\pm \frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$, impedansi keluaran rendah $0,1$ pada muatan 1mA ^[7]. Pada saat temperatur 25°C maka tegangan keluaran adalah 250 mV dan saat temperatur 100°C keluarannya akan mencapai 1000 mV . Skema dari IC LM35 diperlihatkan Gambar 2.

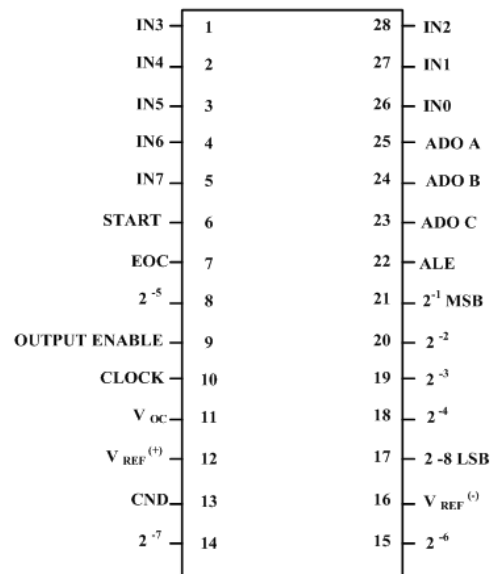


Gambar 2. Skema IC LM 35

IC LM 35 ini merupakan salah satu sensor PTAT (Proportional To Absolute Temperature). Sensor temperatur IC PTAT dikenal terbaik yang menghasilkan arus atau tegangan keluaran sebanding dengan temperatur absolut. IC LM 35 cocok digunakan sebagai sensor temperatur, karena IC LM35 memiliki kepekaan yang tinggi terhadap perubahan temperatur, ini membuat IC LM 35 sangat sesuai untuk pengukuran, pengontrolan dan kompensasi temperatur secara presisi. Dengan kelebihan ini IC LM 35 cocok diaplikasikan sebagai sensor pada sistem pengukuran dan pengontrolan.

Konverter analog ke digital (ADC) merupakan sebuah piranti yang dirancang untuk mengubah sinyal-sinyal analog menjadi sinyal-sinyal digital^[8]. Dengan kata lain dapat dikemukakan bahwa ADC merupakan rangkaian elektronika yang

menghasilkan tegangan keluaran dalam kode biner yang sebanding dengan tegangan masukan analog yang diberikan. Sebagian besar alat-alat elektronika saat ini dirancang untuk mengolah data dalam bentuk digital, sehingga ADC menjadi sangat dibutuhkan dan memegang peranan penting dalam perkembangan elektronika saat ini. Pada sistem pengontrolan temperatur ini menggunakan ADC dengan tipe 0809 yang memiliki 28 kaki dengan satu input. Bentuk fisik dari ADC 0809 diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Pin ADC 0809

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan perangkat yang digunakan untuk menampilkan data selain menggunakan seven segment. LCD adalah sebuah modul yang terdapat beberapa komponen yang disusun menjadi satu juga terdapat mikrokontroler didalamnya sebagai pengendali.^[9] LCD memiliki empat operasi dasar, yaitu mengakses proses internal, menulis data, membaca kondisi sibuk serta membaca data. Keempat intruksi dasar tersebut dikombinasikan untuk mengirim data ke LCD. LCD digunakan untuk menampilkan menu pilihan setting temperatur dan waktu.

Penguat instrumentasi memiliki masukan differensial yang penguatannya dapat diatur melalui sebuah resistor dan tidak mempengaruhi CMRR (Common Mode Rejection Ratio)^[10]. Penguat ini merupakan salah satu penguat lingkaran tertutup yang penguatannya dapat diatur. Penguat instrumentasi terdiri dari rangkaian penyanggah dan rangkaian differensiator. Pada penguat instrumentasi, tegangan keluaran dari rangkaian penyanggah adalah masukan bagi rangkaian differensial. Penguat instrumentasi ini digunakan untuk memperkuat keluaran IC LM35.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium fisika bidang elektronika dan instrumentasi pada Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang. Pelaksanaan kegiatan dimulai bulan Januari 2011 sampai Agustus 2012 yang terdiri dari beberapa tahap kegiatan. Tahap-tahapan kegiatan meliputi: menulis proposal penelitian, mendesain sistem, merakit komponen, menguji coba sistem, mengambil data, mengolah data, dan menganalisis data.

Penelitian ini merupakan salah satu penelitian rekayasa. Rancangan penelitian ini menerapkan ilmu pengetahuan untuk mendapatkan hasil sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Penelitian rekayasa dilakukan dengan beberapa langkah-langkah. Penelitian rekayasa diawali dengan menentukan spesifikasi rancangan yang memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan, memilih alternatif terbaik yang efisien, efektif serta membutuhkan biaya yang murah^[11]. Dapat dikatakan bahwa langkah-langkah dalam penelitian rekayasa adalah membuat rancangan sistem sesuai dengan yang dibutuhkan, membuat sistem dengan memilih alternatif yang terbaik, dan menguji cobakan sistem. Dari uji coba dapat diketahui ketercapaian persyaratan yang telah ditentukan dari rancangan awal sistem.

Dalam melaksanakan penelitian ini peralatan yang digunakan terdiri dari termometer digital dan multimeter digital. Termometer digital digunakan untuk mengukur temperatur mesin tahu secara manual. Multimeter digital digunakan untuk mengukur nilai komponen yang digunakan seperti resistor, mengukur nilai tegangan keluaran dari masing-masing rangkaian elektronika, dan tegangan keluaran rangkaian pengontrolan.

Dalam pembuatan sistem pengontrolan temperatur mesin tahu ini dibutuhkan beberapa komponen elektronika. Komponen elektronika tersebut antara lain kapasitor, resistor, ADC0809, dioda, mikrokontroler AT89S8252, serta IC LM35.

Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran terhadap besaran-besaran Fisika yang terdapat dalam sistem pengontrolan temperatur perebusan bubur kedelai berbasis mikrokontroler AT89S8252. Pengumpulan data dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung dilakukan untuk besaran yang nilainya tidak bergantung pada besaran-besaran lain. Pengukuran tidak langsung adalah pengukuran suatu bilangan yang nilainya didapat melalui perhitungan dan nilainya bergantung pada besaran-besaran lain. Data pengukuran langsung adalah pengukuran temperatur perebusan bubur kedelai. Pengukuran temperatur ini didapat dari tegangan keluaran sensor LM35. Pengukuran tidak langsung didapat dengan

persamaan ketepatan dan ketelitian dari sistem pengukuran temperatur mesin tahu.

Kesimpulan diperoleh dengan melakukan analisis data. Analisis data dilakukan dengan menggunakan grafik dan statistik. Grafik digunakan untuk menampilkan hasil secara visual dengan melukiskan hubungan variabel-variabel dari pengukuran atau perhitungan. Hubungan antara variabel-variabel yang diukur ditentukan dengan memplot data-data pengukuran menggunakan program Microsoft Excel.^[12]

Tingkat ketepatan dan ketelitian pengukuran diketahui dengan menganalisis data hasil pengukuran. Ketepatan atau accuracy merupakan tingkat kesesuaian antara hasil pengukuran dengan harga yang sebenarnya. Ketepatan dari sistem ditentukan dengan mempersentasekan antara nilai sebenarnya dengan nilai yang didapat. Persentase kesalahan ditentukan menggunakan persamaan.

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100\% \dots (1)$$

Dimana; Y_n merupakan nilai sebenarnya dan X_n merupakan nilai yang terbaca pada alat ukur. Ketepatan pengukuran dari suatu sistem pengukuran dapat ditentukan melalui persamaan :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \dots \dots \dots (2)$$

Ketepatan relatif rata-rata dari sistem pengukuran dapat ditentukan melalui persamaan:

$$\%A = \left[1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \right] \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Pada persamaan A menyatakan akurasi relatif yang sering dikenal dengan ketepatan.

Hasil pengukuran dinyatakan dalam $X \pm \Delta X$ dan kemudian dapat ditentukan nilai rata-rata, standar deviasi, kesalahan mutlak dan relatif serta pelaporan hasil pengukuran. Nilai rata-rata pengukuran dinyatakan dengan persamaan.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n X_n \dots \dots \dots (4)$$

dimana X_n adalah nilai dari data ke-n dan n adalah jumlah total pengukuran.

Ketelitian yaitu tingkat kesamaan data yang dilakukan secara berulang. Ketelitian dapat diekspresikan dalam bentuk matematika sebagai berikut:

$$\text{Precision} = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{X_n} \right| \dots \dots \dots (5)$$

Dimana; X_n = nilai dari pengukuran ke n dan $\bar{X}_n$ = rata-rata dari set n pengukuran

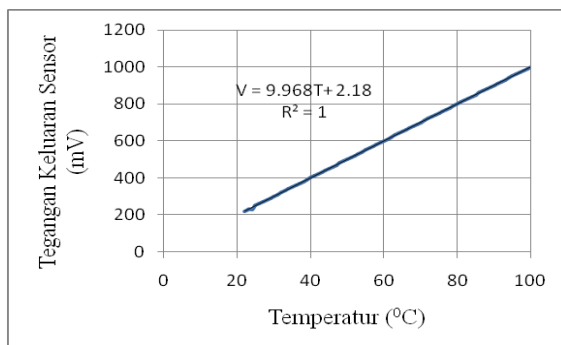
Dari hasil pengukuran dapat dilihat seberapa besar kesalahan relatif pengukuran pada alat dengan menggunakan persamaan:

$$KR = \frac{\Delta X}{X} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Setelah data secara pengukuran dan perhitungan diperoleh maka data tersebut akan diolah dengan baik secara grafik dan statistik. Dari hasil olahan data tersebut akan didapatkan sebuah kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang diperoleh dapat dilihat fungsi transfer dan sensitivitas, deskripsi mesin yang dihasilkan, ketepatan, ketelitian, dan kestabilan dari sistem, serta hasil uji coba sistem perebusan bubur kedelai dalam pembuatan tahu dengan pengontrolan temperatur dan waktu. Penyelidikan fungsi transfer atau hubungan antara tegangan keluaran sensor IC LM 35 dengan temperatur dilakukan dengan cara memvariasikan temperatur dari 22°C sampai 100°C dan melakukan pengukuran terhadap tegangan keluaran sensor LM35 untuk kenaikan 1°C. Berdasarkan data yang diperoleh diplot grafik hubungan tegangan keluaran sensor dan temperatur. Temperatur ditempatkan pada sumbu X dan tegangan keluaran sensor ditempatkan pada sumbu Y. Grafik yang dihasilkan diperlihatkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Tegangan Keluaran IC LM35 dengan Temperatur

Gambar 3 memperlihatkan bahwa titik-titik pengukuran data menunjukkan tegangan sensor bertambah dengan kenaikan temperatur. Kecendrungan hasil pengukuran berbentuk garis lurus dengan kemiringan positif. Melalui pendekatan garis lurus diperoleh persamaan tegangan keluaran sensor LM35 sebagai fungsi temperatur yang tidak lain adalah fungsi transfer dari sensor LM35, yaitu:

$$V_o = 9.968 T + 2.18 \dots\dots\dots(7)$$

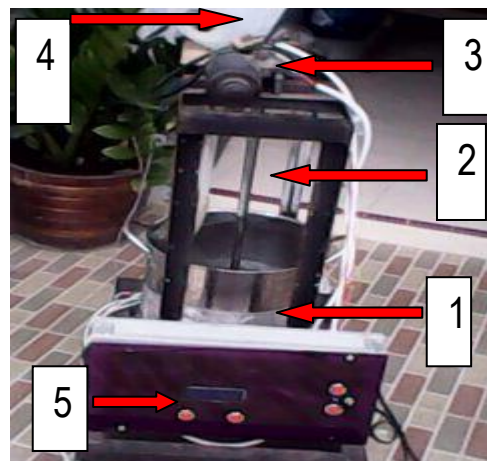
Angka 9.968 mV/°C menyatakan kemiringan garis lurus yang merupakan sensitivitas dari sensor IC LM35. Angka 2.18 mV menyatakan tegangan awal sensor pada 0°C. Garis linier merupakan pendekatan pengukuran dengan menggunakan persamaan garis lurus untuk sensor IC LM35. Koefisien korelasi dari persamaan adalah 1 artinya korelasi tinggi.

Persamaan fungsi transfer LM35 pada persamaan (7) digunakan sebagai logika pemrograman tampilan temperatur pada LCD. Nilai temperatur diketahui dengan cara membalik atau mengubah persamaan (8) menjadi:

$$T = \frac{(V_o - 2,18)}{9,930} \dots\dots\dots(8)$$

LCD akan menampilkan perubahan temperatur sesuai perubahan tegangan yang terjadi pada sensor IC LM35.

Sistem kontrol temperatur dan waktu Pada Proses Perebusan Bubur Kedelai Dalam Pembuatan Tahu berbasis mikrokontroler AT89S8252 dengan sensor LM 35 merupakan sebuah prototipe yang dirancang mampu untuk merebus bubur kedelai hingga bisa dicetak menjadi tahu. Hasil rancangan prototipe sistem perebusan terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Prototipe Sistem Tampak Depan

Secara umum sistem perebusan ini terdiri atas tiga bagian utama yaitu: wadah perebusan yang pada gambar ditunjukkan oleh nomor (1), dalam wadah perebusan terdapat pengaduk yang ditunjukkan oleh nomor (2), pengaduk dirancang berputar secara otomatis, sehingga untuk menggerakkannya diperlukan motor DC (3), botol larutan asam cuka (4), dan kotak alat yang ditunjukkan oleh nomor (5). Kotak alat berfungsi untuk penempatan rangkaian elektronika pembentuk sistem perebusan.

Wadah perebusan bubur kedelai yang digunakan dalam penelitian ini adalah panci aluminium. Bentuk fisik dari wadah perebusan diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Panci Perebusan

Gambar 6 memperlihatkan panci perebusan yang berbentuk tabung dengan diameter 26 cm dan tinggi 22 cm. Kapasitas panci yang digunakan dapat dihitung dengan menggunakan rumus volume tabung yaitu luas alas dikali tinggi tabung. Luas alas panci yaitu 530.66 cm², maka kapasitas panci yang digunakan adalah 11674.52 cm³.

Rangkaian elektronika pembentuk sistem yang dirancang sedemikian rupa, ditempatkan pada sebuah kotak yang disebut kotak alat. Bentuk fisik dari kotak alat diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kotak Alat

Gambar 7 diperlihatkan kotak alat yang dirancang dengan panjang 35 cm, lebar 6 cm, dan tinggi 18 cm. Bagian depan dari kotak alat terdapat LCD yang berfungsi untuk menampilkan temperatur yang dibaca sensor dan empat buah tombol yaitu, tombol start, tombol reset, dan tombol untuk membuka dan menutup kran secara manual.

Pada kotak rangkaian tersusun beberapa rangkaian elektronika yang digunakan. Rangkaian elektronik dan komponen elektronika yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Pengontrol Temperatur

Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui bahwa rangkaian pengontrol temperatur dibangun oleh rangkaian pengolah sinyal mikrokontroler AT89S8252 (1), rangkaian ADC 0809 (2), rangkaian driver motor DC (3), rangkaian penguat instrumentasi (4), dan catu daya teregulasi (5).

Ketepatan pengontrolan ditentukan dengan membandingkan data hasil yang ditampilkan pada sistem dengan data yang ditampilkan pada alat ukur standar. Pada penelitian ini untuk pengambilan data dilakukan dengan cara menghidupkan sistem kemudian mencatat temperatur yang ditampilkan pada LCD dan alat ukur standar. Pengambilan data untuk pengukuran suhu dicatat setiap 5 menit. Melalui perhitungan dapat ditentukan nilai rata-rata, persentase kesalahan, dan ketepatan relatif.

Tingkat ketelitian dari sistem pengontrolan temperatur perebusan bubur kedelai ini ditentukan dengan cara melakukan pengukuran berulang, yaitu melakukan sebanyak 10 kali pengukuran untuk setiap variasi temperatur pada saat temperatur sistem telah stabil. Melalui pengukuran berulang dapat ditentukan nilai rata-rata, standar deviasi, persentase simpangan dan ketelitian. Berdasarkan data pengukuran diperoleh hasil analitik statistik yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Ketelitian Pengukuran Temperatur

N o	Tsp	T"	Ketelitian	ΔT	KR (%)
1	98	98.4	0.99	0.45	0,00459
2	80	80.5	0.99	0.41	0,00513
Rata-rata					0,00485

Berdasarkan data yang didapat disimpulkan alat memiliki ketelitian yang tinggi untuk pengukuran temperatur perebusan bubur kedelai. Ketelitian alat untuk 2 variasi temperatur adalah 0,99 dengan standar deviasi 0,45 dan 0,41, dimana kesalahan relatif rata-rata sistem kontrol adalah 0.00485.

Ketelitian pengontrolan waktu untuk lamanya solenoid aktif ditentukan dengan cara melakukan pengukuran berulang, yaitu melakukan sebanyak 10 kali pengukuran lamanya solenoid aktif dengan menggunakan stopwatch. Berdasarkan data pengukuran diperoleh hasil analitik statistik yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Ketelitian Pengukuran Waktu Solenoid

tsp (detik)	t"	Ketelitian	Δt	$t'' \pm \Delta t$	KR%
6	6,6	0,91	0,84	$6,6 \pm 0.84$	0.1405

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa alat memiliki ketelitian yang cukup tinggi untuk pengukuran waktu kran solenoid. Ketelitian pengukuran waktu kran solenoid adalah 0,91 dengan standar deviasi 0,84, dan kesalahan relatif rata-rata adalah 0,14054.

Ketelitian pengontrolan waktu untuk motor pengaduk ditentukan dengan cara melakukan pengukuran berulang, yaitu melakukan sebanyak 10 kali pengukuran lamanya motor pengaduk aktif dengan menggunakan stopwatch. Berdasarkan data pengukuran diperoleh hasil analitik statistik yang diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Ketelitian Pengontrolan Motor

tsp (detik)	t"	K	Δt	$t'' \pm \Delta t$	KR%
300	320,9	0,93	0,88	$320,9 \pm 0,88$	0,00291

Tabel 3 memperlihatkan bahwa alat memiliki ketelitian yang tinggi untuk pengukuran waktu pada motor pengaduk. Ketelitian pengukuran waktu motor pengaduk adalah 0,93 dengan standar deviasi 0,88, dan kesalahan relatif rata-rata adalah 0,00291.

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan baik secara grafik maupun statistik didapatkan beberapa hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu mengidentifikasi fungsi setiap bagian pembentuk sistem perebusan bubur kedelai dan uji produk serta ketepatan dan ketelitian pengukuran dari sistem perebusan bubur kedelai. Uji produk diperoleh melalui pengukuran terhadap hubungan tegangan keluaran sensor LM35 dengan temperatur, ketepatan dan ketelitian sistem perebusan bubur kedelai.

Sistem perebusan bubur kedelai terdiri atas beberapa bagian yaitu: wadah perebusan, pengaduk dan kotak alat. Wadah perebusan berfungsi sebagai tempat meletakkan bubur kedelai yang akan direbus. Sistem perebusan dirancang untuk mencapai temperatur 98°C , kemudian temperatur dipertahankan selama 10 menit. Proses berikutnya dari sistem perebusan bubur kedelai adalah penggumpalan menggunakan larutan cuka. Proses penggumpalan dilakukan setelah temperatur bubur kedelai turun menjadi 80°C . Pengukuran temperatur bubur kedelai dilakukan dengan menggunakan sensor suhu LM35.

Karakteristik sensor yang digunakan pada sistem meliputi fungsi transfer dan sensitivitas. Sensor IC LM35 yang digunakan sebagai pengindra temperatur memiliki fungsi transfer dan sensitivitas yang baik. Tegangan keluaran IC LM35 berbanding lurus dengan kenaikan temperatur. Gejala ini memperlihatkan bahwa sensor memiliki linieritas dan kesensitivitas yang baik.

Ditinjau dari segi ketepatan dan ketelitian pengontrolan sistem kontrol temperatur memiliki ketepatan dan ketelitian yang tinggi. Hal ini terlihat dari penyimpangan dan standar deviasi yang kecil. Tingginya tingkat ketepatan dan ketelitian dari sistem kontrol temperatur disebabkan oleh komponen yang digunakan pada rangkaian memiliki keunggulan yang saling mendukung. Dengan cara ini

dapat dihasilkan sistem pengontrolan dengan ketepatan dan ketelitian yang tinggi.

Namun dari segi aplikasi uji coba sistem untuk perebusan bubur kedelai dalam pembuatan tahu hasilnya belum memuaskan. Pertama, bubur tahu yang telah direbus belum bisa mengalir secara otomatis ke dalam bak pencetak. Bubur tahu setelah diberi larutan cuka menggumpal dan memisah dengan air sehingga kran pengeluaran menjadi tertutup oleh bongkahan- bongkahan ini. Kedua, terjadinya pemutusan arus oleh PLN dan sistem pengukuran yang dirancang tidak memiliki sambungan otomatis dengan sumber listrik cadangan, yang menyebabkan sistem perebusan ini gagal dioperasikan.

Untuk penelitian sistem kontrol temperatur yang diaplikasikan pada sistem perebusan bubur kedelai selanjutnya, perlu dipikirkan solusi untuk mengatasi kegagalan terhadap hasil uji coba saat memindahkan bubur kedelai ke dalam bak pencetak. Beberapa hal yang diperkirakan dapat dilakukan untuk mengatasi kegagalan ini adalah dengan membuat sistem yang memiliki kran pengeluaran yang lebih besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap besaran yang terdapat terhadap sistem pengontrolan temperatur dengan pengindra temperatur IC LM 35 untuk aplikasi perebusan bubur kedelai dalam pembuatan tahu dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan keluaran sensor temperatur IC LM 35 berbanding lurus dengan temperatur dengan sensitivitas $9.962 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ dan nilai awal tegangan keluaran 2.7 mV pada saat temperatur awal 0°C .
2. Sistem kontrol temperatur pada proses perebusan kedelai dibangun oleh sensor LM 35, rangkaian penguat instrumentasi, rangkaian ADC 0809, rangkaian pengolah sinyal dengan mikrokontroler AT89S8252, rangkaian pengontrol setpoint temperatur, rangkaian pengontrol tegangan AC, dan catu daya teregulasi, temperatur kontrol ditampilkan pada LCD, dan dapat beroperasi pada tegangan $220\text{V}/50\text{Hz}$.
3. Sistem pengontrolan temperatur pada proses perebusan bubur kedelai dengan pengindra IC LM 35 memiliki ketepatan rata-rata 96,96% dan ketelitian 0,99 untuk pengontrolan temperatur, ketelitian 0,91 untuk waktu selenoid, serta 0,93 untuk motor pengaduk.

Berdasarkan hasil yang dicapai dan pembahasan yang telah dilakukan dapat dikemukakan beberapa saran berikut ini.

1. Penelitian masih dalam bentuk prototipe sistem pengontrolan temperatur, sebagai tindak lanjut penelitian adalah aplikasi sistem pengontrolan temperatur dan waktu pada usaha pembuatan tahu.
2. Pada sistem yang dihasilkan pengontrolan hanya dilakukan pada temperatur dan waktu proses perebusan, sedangkan variabel lain seperti kecepatan motor pengaduk dan pengeluaran bubur dari wadah dilakukan secara manual. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengembangan sistem dengan pengontrolan kecepatan motor pengaduk bubur kedelai dan pengeluaran bubur kedelai secara otomatis.
3. Prototipe sistem pengontrolan dibuat untuk kapasitas 5 liter, untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan dalam skala yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- | | |
|--|--|
| <p>[1] Warisno. (2010). Meraup Untung Dari Olahan Kedelai. Agromedia Pustaka. Jakarta.</p> <p>[2] Koswara. (2006). Proses Pembuatan Tahu. www.lordbroken.wordpress.com. Diakses 14 February 2011</p> | <p>[3] Sarwono. (2005). Membuat Aneka Tahu. Penebar Swadaya. Jakarta</p> <p>[4] Ridwan. (1999). Sistem Pengaturan. Dikti. Padang</p> <p>[5] Lovine, J. (2002). Pic Microcontroller Project Book. MC Graw Hill Book Company, USA.</p> <p>[6] Data Sheet. (2008). Mikrokontroler AT89S8252. www.atmel.com. Diakses 27 Mei 2009</p> <p>[7] Sze, S.M. (1994). Semiconductor Sensors. John Wiley & Sons. INC.</p> <p>[8] Khoni Iswantomo. (2008). Pengambilan Data Analog Menggunakan ADC 0804 Dengan Komputer Melalui Port Printer Secara Real Time. Surabaya: Institute Teknologi Pembangunan Surabaya (ITPS).</p> <p>[9] Sulhan. S. (2006). Mudah dan Menyenangkan Belajar Mikrokontroler. Yogyakarta.</p> <p>[10] Sutrisno. (1999). Elektronika Lanjut Teori dan Penerapan. ITB, Bandung.</p> <p>[11] Suprodjo. (2009). Etika Penelitian Rekayasa. www.penelitianrekayasa.com. Diakses 17 Desember 2009</p> <p>[12] Kirkup, L. (1994). Experimental Method An Introduction to The Analysis and Presentation of Data. Singapore : John Willey & Sons.</p> |
|--|--|