

## SISTEM PENGENDALI TEMPERATUR UNTUK PROSES PASTEURISASI ALAT-ALAT MEDIS

**Pratolo Rahardjo**

**Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana,  
Gedung DH – DI Kampus UNUD Bukit Jimbaran, Badung, Bali 80361  
e-mail : pratolo@ee.unud.ac.id**

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sebuah prototipe alat pengendali temperatur untuk proses pasteurisasi alat-alat medis. Alat-alat medis yang ada di laboratorium medis, poliklinik, ataupun rumah sakit, pada umumnya terbuat dari kaca atau logam. Sebelum dan setelah digunakan untuk bekerja, alat-alat medis ini harus disucihamakan atau disterilkan dari berbagai macam bakteri atau mikroorganisme. Proses pensterilan yang diterapkan adalah proses pasteurisasi. Pada proses pasteurisasi ini, metode yang digunakan adalah pemanasan alat-alat medis dengan temperatur tinggi dan waktu lama (*High Temperature Long Time, HTLT*), serta alat-alat medis dipanaskan dengan temperatur rendah dan waktu lama (*Low Temperature Long Time, LTLT*).

Pasteurisasi dengan suhu *HTLT* dilakukan dengan cara pemanasan alat-alat medis selama 20 menit pada temperatur 85 – 100°C dengan menggunakan pemanas (*heater*). Sedangkan pasteurisasi dengan *LTLT* dilakukan dengan cara proses pemanasan alat-alat medis pada temperatur jauh di bawah 85°C selama 10 menit.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan prototipe sistem pengendali temperatur pada proses pasteurisasi alat-alat medis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancang-bangun alat atau sistem. Bagian-bagian sistem pengendali temperatur pada proses pasteurisasi alat-alat medis ini terdiri atas dua bagian, yaitu rangkaian utama dan rangkaian pelengkap. Rangkaian utama terdiri atas rangkaian sensor temperatur, rangkaian komparator, dan rangkaian saklar transistor dan relay, rangkaian ADC, rangkaian BCD ke SSD. Rangkaian pelengkap terdiri atas rangkaian pewaktu, rangkaian pengendali pemanas. Dengan adanya sistem pengendali ini, akan terwujud suatu alat yang murah, mudah pengoperasian, dan handal untuk proses pasteurisasi alat-alat medis, sehingga para tenaga medis dapat bekerja secara lebih efektif dan efisien. Penelitian ini mengambil lokasi di Laboratorium Elektronika, JTE FT UNUD.

Beberapa kelemahan sistem pengendali temperatur pada proses pasteurisasi alat-alat medis ini antara lain : tidak dapat digunakan sebagai sistem pengendali temperatur di bawah 0 °C, tidak dapat digunakan untuk mengendalikan beberapa variabel temperatur masukan, dan tidak dapat dikendalikan secara jarak jauh dengan tanpa kabel (*wireless remote control*). Diharapkan pada penelitian berikutnya, beberapa kelemahan tersebut dapat diatasi dengan baik.

**Kata kunci :** Pasteurisasi, Sterilisasi, Sensor temperatur, *High Temperature Long Time, Low Temperature Long Time*

## TEMPERATURE CONTROLLER SYSTEM FOR PASTEURIZATION PROCESS OF MEDICAL EQUIPMENTS

### Abstract

This research have goal to designing and building the prototype of temperature controlling system for pasteurization process of medical equipments. Medical equipments at medical laboratory, polyclinic, or hospital, made of glass or metal. Before and after used to do, these equipments must be cleaned or sterile from bacteria or microorganism. Sterile process applied is the pasteurization process. In this pasteurization process, method applied is High Temperature Long Time (HTLT) and Low Temperature Long Time (LTLT).

Pasteurization process with High Temperature Long Time (HTLT) method is boiling these equipments 85–100°C for 20 minutes. The other methods, Low Temperature Long Time (LTLT) method is boiling these equipments more less 85°C for 10 minutes.

This research is making the prototype of temperature controlling system for pasteurization process of medical equipments. The method in this research is designing and building of tool system. Parts of this temperature controlling system are consisting of two part or subsystem. The first part is main circuits. The main circuits are consist of the circuit of temperature sensor, the comparator circuit, the switching transistor and relay circuit, the ADC circuit, and Seven Segment Display circuit. The second part is complement circuits. The complement circuits are consisting of the circuit of timer, controlling heater circuit. With temperature controlling system for pasteurization process of this medical equipments, will be the tool that cheaply, easily, and reliably in the pasteurization process of this medical equipments. So that medical person can do in the every time with economic,

effectively and efficiently. Place of this research is Electronic Laboratories, Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, Udayana University.

The temperature controlling system for pasteurization process of medical equipments have some disadvantages, the among others are can not operation at more less 0°C, can not controlling some input variables, and can not controlled long distances (not wireless remote controlled). The next research is hoped these disadvantages can solve.

**Keywords :** Pasteurization, Sterilization, Temperature sensor, *High Temperature Long Time, Low Temperature Long Time* .

## 1 PENDAHULUAN

Setiap laboratorium medis, poliklinik, ataupun rumah sakit harus selalu menjaga kebersihan semua peralatan medis yang akan dan yang telah digunakan untuk bekerja. Alat-alat medis tersebut yang pada umumnya terbuat dari kaca atau logam, harus dibersihkan atau di-sucihama-kan dari berbagai macam bakteri atau mikroorganisme. Setelah alat-alat medis tersebut selesai dibersihkan atau di-sucihama-kan, barulah dapat digunakan kembali untuk bekerja secara aman, nyaman, dan dalam keadaan steril.

Salah satu cara yang dapat dikembangkan untuk membersihkan atau men-sucihama-kan alat-alat medis tersebut dari mikroorganisme adalah dengan melakukan proses pasteurisasi atau sterilisasi. Pasteurisasi merupakan perlakuan panas secara berulang-ulang atau periodik yang diberikan pada suatu bahan baku dengan mencapai suhu di bawah titik didih. Alat-alat medis tersebut yang sudah steril dapat aman dan nyaman untuk digunakan. Proses pasteurisasi ini juga dapat diterapkan untuk mengawetkan bahan pangan yang tidak tahan suhu tinggi, misalnya susu.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

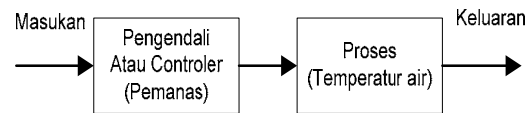
### 2.1 Sistem Kendali <sup>4</sup>

Sistem kendali atau sistem kontrol adalah suatu sistem pengaturan terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada suatu harga atau dalam suatu rangkaian harga (*range*) tertentu. Tujuan utama dari sistem kendali adalah untuk mendapatkan optimasi di mana dalam hal ini diperoleh berdasarkan fungsi sistem kendali itu sendiri, yaitu pengukuran (*measurement*), perbandingan (*comparison*), pencatatan (*recording*), perhitungan (*computation*), dan perbaikan (*correction*).

Sistem kendali dapat dikelompokkan menjadi :

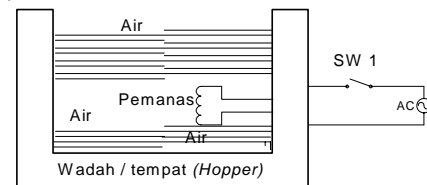
1. Manual (operator manusia) dan otomatis (mesin peralatan, robotik).
2. Kalang tertutup (*closed-loop*) dan kalang terbuka (*open-loop*).
3. Analog (*continue*) dan digital (*discontinue, discrete*).
4. Servo dan regulator.

5. Sumber aktuator : elektris, pneumatis (udara, angin), hidrolis (cairan), mekanis, dan kombinasinya.



**Gambar 1.** Contoh diagram blok sistem kendali kalang terbuka. <sup>3,5</sup>

Urutan operasi secara fungsional melalui elemen sistem kendali ditunjukkan dengan diagram balok, diagram kotak, atau diagram blok. Arah proses variabel sistem ditunjukkan dengan arah panah. Variabel di sebelah kiri diagram blok disebut dengan masukan proses, sedangkan variabel di sebelah kanan diagram blok disebut dengan keluaran proses. Dalam diagram blok, variabel sistem kendali biasanya dinyatakan dengan huruf kecil, sedangkan elemen sistem kendali biasanya dinyatakan dengan huruf besar.

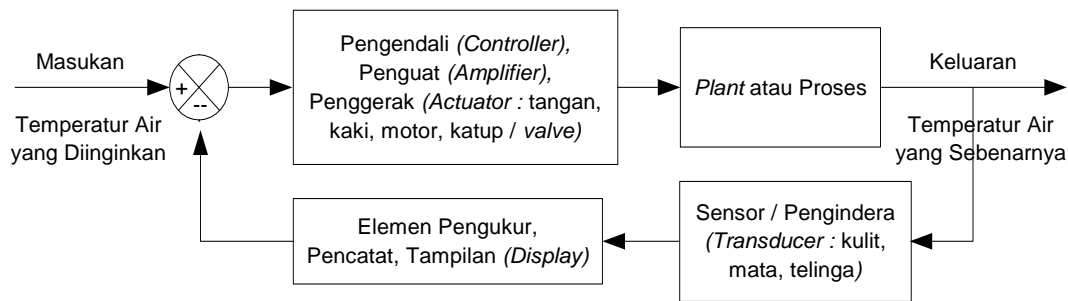


**Gambar 2.** Contoh nyata sistem kendali kalang terbuka.

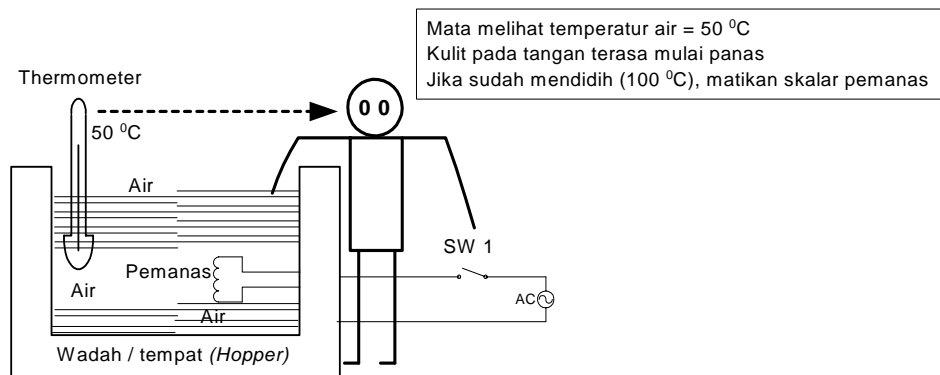
### 2.2 Peralatan Medis

Peralatan medis adalah peralatan yang digunakan oleh tenaga medis (dokter, perawat, analis kesehatan, mantri kesehatan) untuk menganalisa suatu jenis penyakit yang diderita oleh pasien. Beberapa jenis alat medis di antaranya adalah : *Electro Cardio Graph (ECG)*, *Electro Encephalo Graph (EEG)*, diatermi gelombang mikro / ultrasonik, tabung reaksi, pipet, tang spittle, pinset bedah, pinset anatomi, gunting, *forcep*, *hand scone* dan lain-lain.

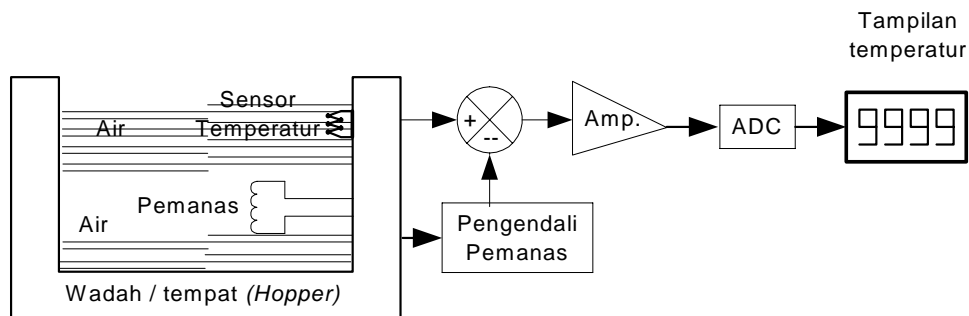
Dari sekian banyak peralatan kedokteran tersebut dapat dikategorikan menjadi 4 yaitu : peralatan elektronika, peralatan dengan bahan baku logam, peralatan dengan bahan baku gelas atau kaca, peralatan dengan bahan baku karet atau plastik.



Gambar 3. Contoh diagram blok sistem kendali kalang tertutup secara analog.



Gambar 4. Contoh nyata sistem kendali kalang tertutup secara analog.



Gambar 5. Contoh nyata sistem kendali kalang tertutup secara digital.

### 2.2.1. Peralatan elektronika

Peralatan elektronika merupakan peralatan medis yang proses kerjanya menggunakan sumber daya listrik, misalnya alat *Electro Cardio Graph (ECG)*, *Electro Encephalo Graph (EEG)*, unit *thermography*, ventilator, unit monitor *Electro Cardio Graphy (ECG)*, dan lain-lain.

### 2.2.2. Peralatan dari bahan baku logam

Beberapa contoh peralatan kedokteran yang berbahan baku logam antara lain *forcep* ekstraksi, gunting, pinset, jarum *hecting*, dan sebagainya.

### 2.2.3. Peralatan dari bahan baku gelas atau kaca

Peralatan kedokteran yang berasal dari bahan baku gelas atau kaca adalah peralatan yang terbuat dari gelas atau kaca yang banyak mengandung unsur silikon. Contohnya adalah ekstraksi vakum (*vacum extraction*), pipet, tabung reaksi, buret, dan sebagainya.

### 2.2.4. Peralatan dari bahan baku karet atau plastic

Salah satu contoh peralatan dari bahan baku karet atau plastik adalah sarung tangan, selang injeksi, kateter, dan sebagainya.

### 2.3 Pasteurisasi dan Sterilisasi

#### 2.3.1 Pasteurisasi

Pasteurisasi tidak mematikan semua mikroorganisme, tetapi hanya yang bersifat patogen dan tidak membentuk spora. Oleh sebab itu, proses ini sering diikuti dengan teknik lain misalnya pendinginan atau pemberian suhu.

Pasteurisasi memiliki tujuan :

- Untuk membunuh bakteri patogen, yaitu bakteri yang berbahaya karena dapat menimbulkan penyakit pada manusia. Bakteri pada susu yang bersifat patogen misalnya *mycobacterium tuberculosis* dan *coxiella burnetti*, dan mengurangi populasi bakteri.
- Untuk memperpanjang daya simpan alat-alat medis.
- Dapat menimbulkan citarasa yang lebih baik pada produk susu.
- Pada susu proses ini dapat meng-*in active*-kan enzim fosfatase dan katalase yaitu enzim yang membuat susu cepat rusak.

Metode pasteurisasi yang umum digunakan adalah pasteurisasi dengan suhu tinggi dan waktu singkat (*High Temperature Short Time, HTST*), yaitu proses pemanasan susu selama 15 – 16 detik pada suhu 71,7 – 75 °C dengan alat *Plate Heat Exchanger*. Pasteurisasi dengan suhu rendah dan waktu lama (*Low Temperature Long Time, LTLT*), yakni proses pemanasan susu pada suhu 61 °C selama 30 menit.

#### 2.3.2 Sterilisasi

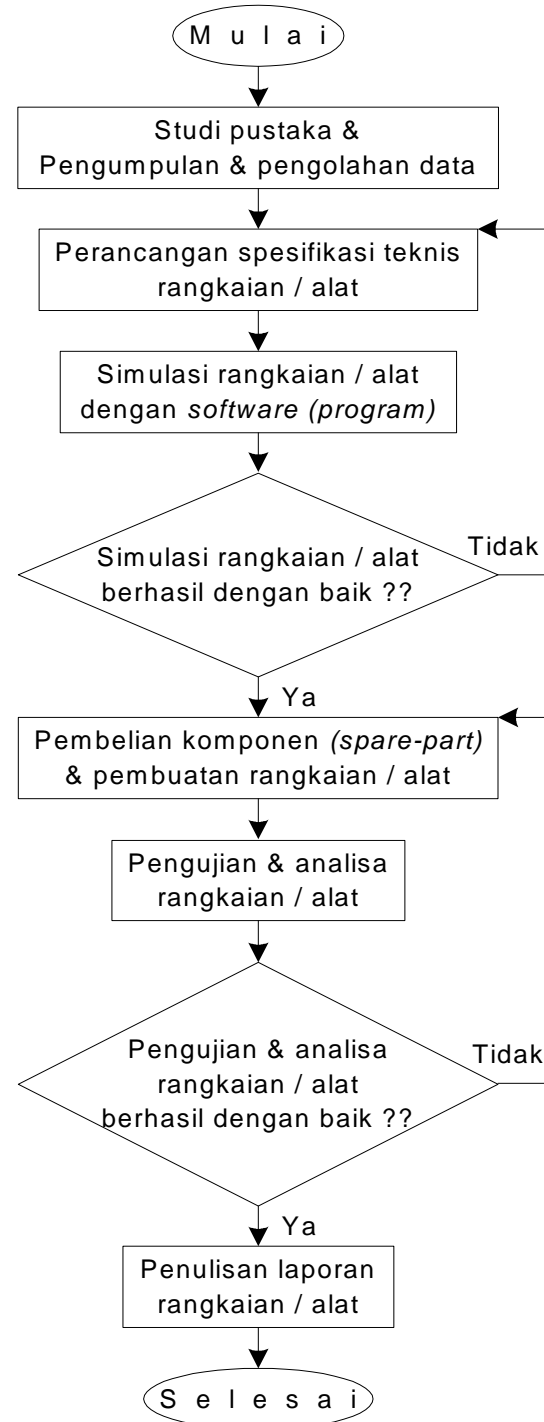
Sterilisasi adalah proses membunuh segala bentuk kehidupan mikroorganisme yang ada dalam suatu sampel, alat-alat atau lingkungan tertentu. Dalam bidang biomedis, kata sterilisasi sering dipakai untuk menggambarkan langkah yang diambil untuk meniadakan atau membunuh semua bentuk kehidupan mikroorganisme. Teknik sterilisasi pada dasarnya dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara fisis dan secara kimia.

## 3 METODE

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam melaksanakan dalam penelitian ini adalah studi pustaka, perancangan perangkat keras setiap blok, perancangan perangkat lunak untuk mengendalikan kerja dari perangkat keras, simulasi perangkat keras, pembuatan dan pengujian alat setiap blok, dan dilanjutkan dengan pembuatan dan pengujian perangkat lunak.

#### 3.1 Diagram Alur Perencanaan

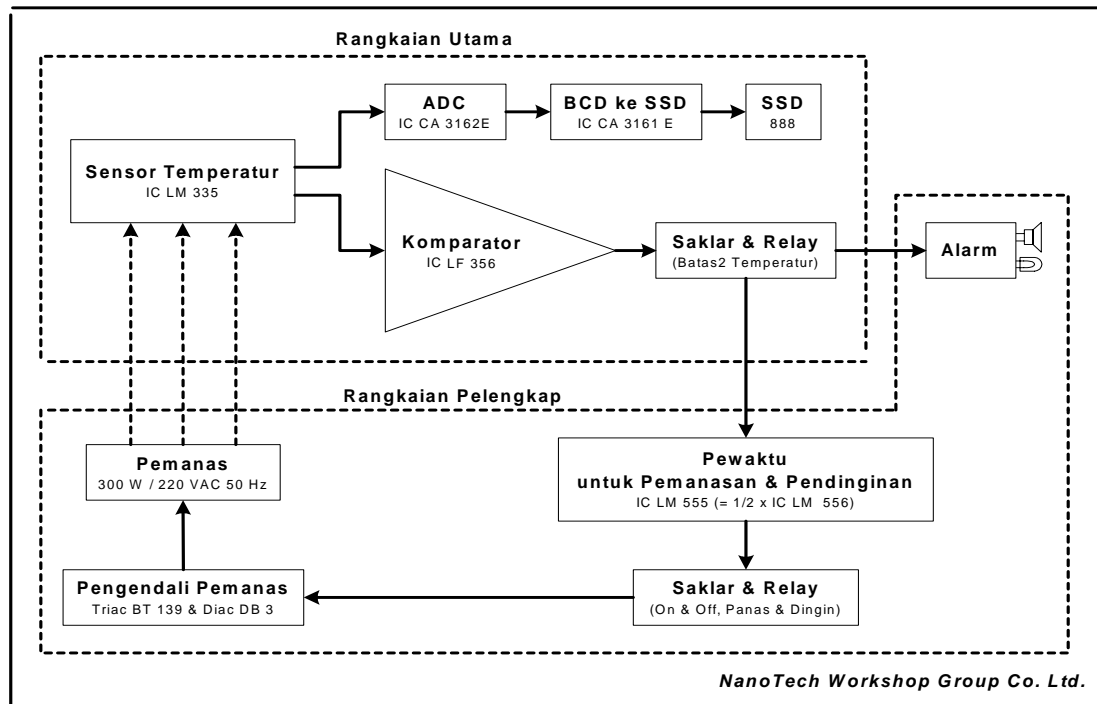
Secara keseluruhan proses penelitian ini memiliki alur perencanaan sebagai berikut :



Gambar 6. Diagram alur perencanaan.

#### 3.2 Diagram Blok Rangkaian

Prototipe alat pengendali temperatur pada proses pasteurisasi alat-alat medis ini mempunyai diagram blok rangkaian sebagai berikut :



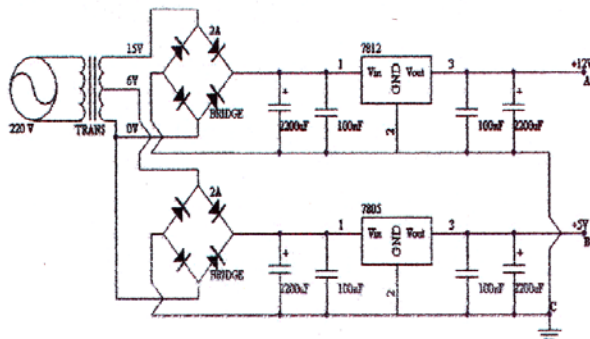
Gambar 7. Diagram blok perencanaan alat.

#### 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perancangan dan pembuatan rangkaian prototipe alat pengendali temperatur pada proses pasteurisasi alat-alat medis ini, kemudian dilanjutkan dengan pengujian dan perbaikan rangkaian atau alat.

##### 4.1 Pengujian Rangkaian Catu Daya (Power Supply)

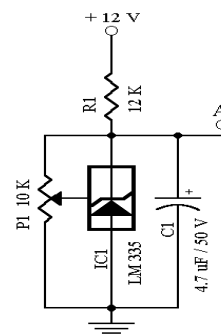
Pada pengujian rangkaian catu daya ini, digunakan multimeter digital agar diketahui berapa volt tegangan keluarannya. Dalam hal ini tegangan keluarannya adalah 5 V dan 12 V.



Gambar 8. Pengujian rangkaian catu daya.

##### 4.2 Pengujian Rangkaian Sensor Temperatur

Cara pengujian rangkaian sensor temperatur adalah dengan cara mengatur P1 10 KΩ, sehingga tegangan keluaran IC LM335 (pada titik A gambar di bawah ini) dapat diukur berapa volt tegangan keluarannya pada temperatur kamar  $T_0 = 25\text{ }^\circ\text{C}$  atau  $298,15\text{ }^\circ\text{K}$ .

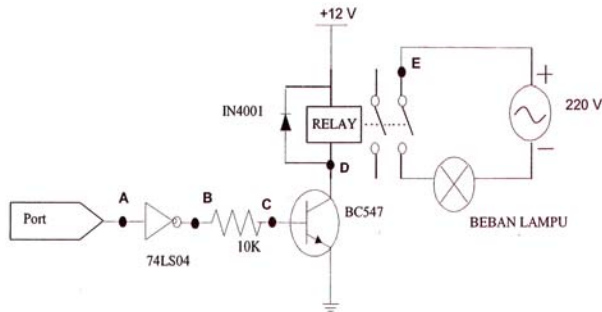


Gambar 9. Rangkaian sensor temperatur menggunakan IC LM335.

Dari hasil pengujian, rangkaian sensor temperatur mengeluarkan tegangan keluaran sebesar + 2,982 V. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa rangkaian sensor temperatur telah dapat bekerja dengan baik.

**4.3 Pengujian Rangkaian Relay Beban**

Pada pengujian rangkaian relay beban ini, digunakan multimeter digital, agar diketahui berapa arus dan tegangan yang diperlukan oleh transistor agar transistor dapat berfungsi sebagai saklar, sehingga kondisi saklar relay dapat menutup dan membuka, atau *on-off switch* pada relay, dengan memanfaatkan transistor sebagai saklar.



Gambar 10. Pengujian rangkaian relay beban.

**4.4 Pengujian Rangkaian ADC dan Rangkaian BCD ke SSD**

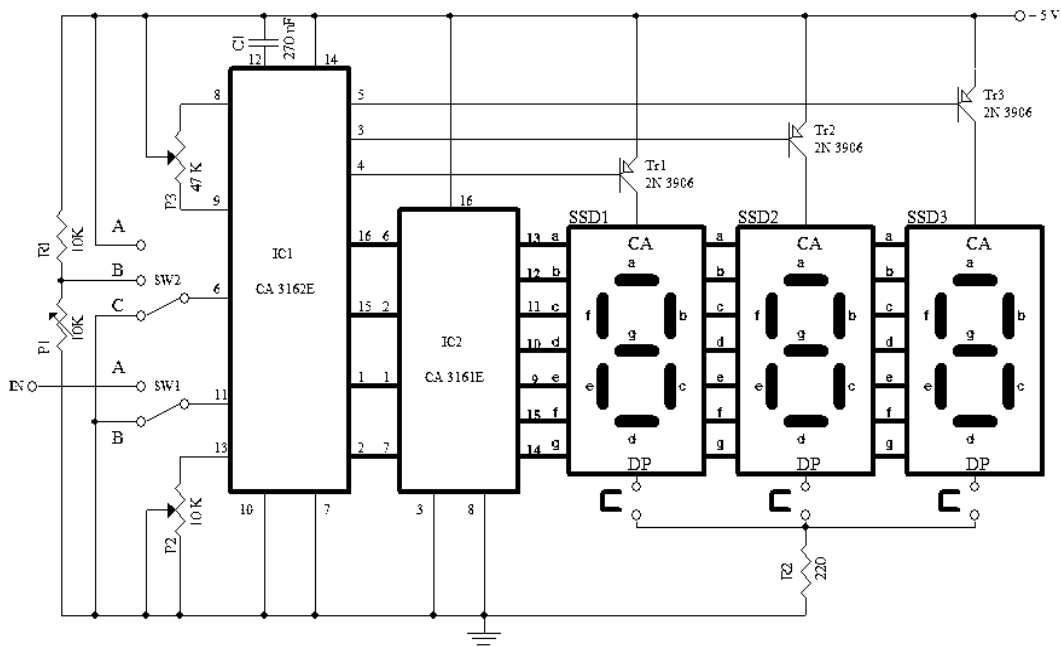
Untuk memudahkan pengujian, rangkaian ADC dan rangkaian BCD ke SSD dikoneksikan menjadi satu. Pengujian kedua rangkaian ini dibutuhkan multimeter digital.

Pengujiannya dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

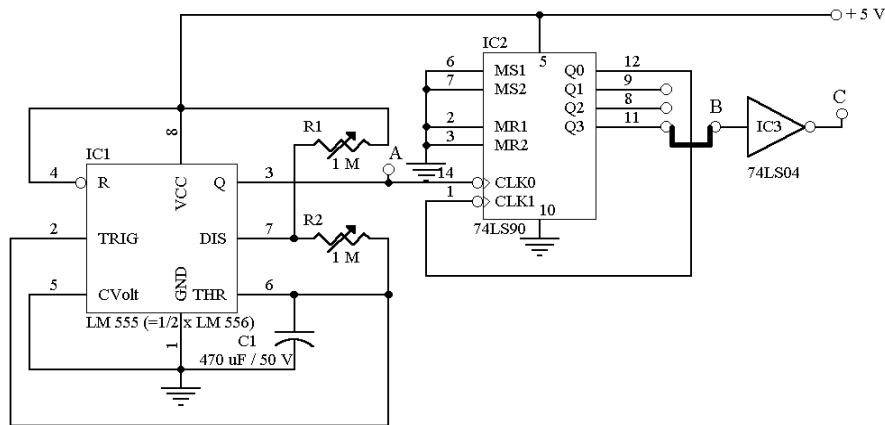
1. Kaki penyemat nomor 10 dan 11 IC CA3162E masing-masing untuk masukan rendah dan masukan tinggi. Tegangan masukan maksimal

ini pada penyemat nomor 10 atau 11 terhadap *ground* adalah sebesar  $\pm 15$  V.

2. Hubungkan kaki penyemat nomor 11 IC CA3162E ke *ground* dan kaki penyemat nomor 6 IC CA3162E ke Vcc sebesar 5 V untuk menentukan kecepatan cuplikan tinggi (*high speed sampling rate*) sebesar 96 Hz.
3. Putar dan atur potensiometer multiturn P3 47 K $\Omega$  (yang dipasang pada kaki penyemat nomor 8 dan 9 IC CA3162E dengan Vcc sebesar 5 V), sehingga pada tampilan ketiga SSD menunjukkan 000. Kaki penyemat nomor 8 dan 9 IC CA3162E merupakan penyetelan nol (*zero adjustment*).
4. Putar dan atur potensiometer multiturn P2 10 K $\Omega$  (yang dipasang pada kaki penyemat nomor 13 IC CA3162E dengan *ground*), sehingga pada tampilan ketiga SSD menunjukkan 000 dengan tampilan ketiga SSD menunjukkan 000 dengan kecerahan yang tinggi. Kaki penyemat nomor 13 IC CA3162E merupakan penyetelan perolehan (*gain adjustment*).
5. Sekarang hubungkan kaki penyemat nomor 11 IC CA3162E ke Vcc sebesar 5 V dan kaki penyemat nomor 6 IC CA3162E masih ke Vcc sebesar 5 V.
6. Putar dan atur potensiometer multiturn P3 47 K $\Omega$  (yang dipasang pada kaki penyemat nomor 8 dan 9 IC CA3162E dengan Vcc sebesar 5 V), sehingga pada tampilan ketiga SSD menunjukkan 999.



Gambar 11. Rangkaian ADC dan rangkaian BCD ke SSD

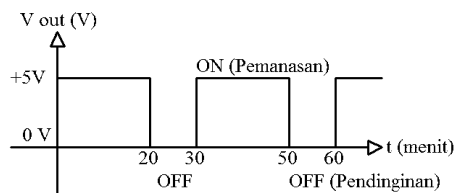


Gambar 12. Rangkaian pewaktu menggunakan IC LM555.

#### 4.5 Pengujian Rangkaian Pewaktu

Rangkaian pewaktu ini menggunakan IC LM555 yang dirancang bekerja secara efektif dan efisien untuk mode astabil apabila nilai maksimal  $R1 = R2 = 1 \text{ M}\Omega$  dan nilai maksimal  $C = 470 \text{ }\mu\text{F}$ . Rangkaian pewaktu ditunjukkan seperti pada Gambar 12.

Dengan mengatur besar-kecilnya  $R1$  (maksimal  $1 \text{ M}\Omega$ ) dan  $R2$  (maksimal  $1 \text{ M}\Omega$ ), maka waktu untuk proses pemanasan selama 20 menit dan waktu untuk proses pendinginan selama 10 menit dapat teratasi dengan baik, tanpa mengurangi unjuk kerja IC LM555, sesuai dengan gambar di bawah ini.



Gambar 13. Gelombang keluaran rangkaian pewaktu mode astabil pada titik C.

#### 4.6 Pengujian Rangkaian Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan ini merupakan pengujian sistem secara utuh, yaitu gabungan dari semua rangkaian yang ada di dalam penelitian ini. Dengan melihat diagram blok dan rangkaian keseluruhan pada bab-bab sebelumnya, pengujian rangkaian secara keseluruhan dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.

Pada saat pertama kali saklar *power on-off* dinyalakan, maka rangkaian pengendali pemanas akan bekerja, karena pada rangkaian pengendali pemanas ini menggunakan relay NO, sehingga pemanas mulai memanasi air untuk proses pasteurisasi. Bersamaan itu pula rangkaian sensor temperatur, rangkaian ADC dan rangkaian BCD ke SSD juga bekerja dan menampilkan berapa temperatur air pada saat itu.

Apabila temperatur air sudah mencapai  $85 \text{ }^\circ\text{C}$  ke atas, maka rangkaian komparator baru mulai bekerja dan menggerakkan transistor pada rangkaian saklar

dan relay, sehingga alarm berbunyi. Bersamaan alarm berbunyi, maka rangkaian pewaktu juga akan bekerja selama 20 menit untuk proses pemanasan. Apabila setelah 20 menit terhitung dari temperatur air  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ , maka rangkaian pewaktu akan menggerakkan transistor pada rangkaian saklar dan relay, sehingga rangkaian pengendali pemanas menjadi tidak bekerja selama 10 menit untuk proses pendinginan. Rangkaian alarm juga tidak bekerja.

Demikian seterusnya proses pasteurisasi berlangsung. Selama 20 menit untuk melakukan proses pemanasan yang terhitung mulai temperatur air  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ , dan kemudian dilanjutkan selama 10 menit untuk melakukan proses pendinginan, sampai mikroorganisme atau bakteri mati. Alat-alat medis menjadi steril.

Semua hasil pengujian setiap blok di atas telah menunjukkan bahwa alat secara keseluruhan dapat bekerja dengan baik.

## 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Metode pasteurisasi yang diterapkan untuk alat-alat medis adalah pasteurisasi dengan temperatur tinggi dan waktu lama (*High Temperature Long Time, HTLT*), serta pasteurisasi dengan temperatur rendah dan waktu lama (*Low Temperature Long Time, LTLT*).
2. Pasteurisasi dengan suhu tinggi dan waktu lama (*High Temperature Long Time, HTLT*) dilakukan dengan cara pemanasan alat-alat medis selama 20 menit pada temperatur  $85 - 100 \text{ }^\circ\text{C}$  dengan menggunakan pemanas (*heater*). Sedangkan pasteurisasi dengan temperatur rendah dan waktu lama (*Low Temperature Long Time, LTLT*) dilakukan dengan cara proses pemanasan alat-alat medis pada temperatur kurang dari  $85 \text{ }^\circ\text{C}$  selama 10 menit.
3. Sistem pengendali temperatur untuk proses pasteurisasi alat-alat medis ini menggunakan

- sensor temperatur IC LM335 dan temperatur ditampilkan oleh tampilan tujuh ruas (*Seven Segment Display, SSD*).
4. Sistem pengendali temperatur untuk proses pasteurisasi alat-alat medis ini juga dilengkapi dengan rangkaian pengendali pemanas (*heater controller*), rangkaian pewaktu (*timer*), dan rangkaian alarm.

Kemampuan dari alat yang dirancang ini masih jauh dari sempurna. Untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut, diharapkan :

1. Harus dapat digunakan untuk sistem pengendali temperatur di bawah 0 °C.
2. Harus dapat digunakan untuk mengendalikan beberapa variabel temperatur masukan.
3. Harus dapat dikendalikan secara jarak jauh dengan tanpa kabel (*wireless remote control*).

## 6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Coughlin F. Robert dan Driscoll F. Frederick. 1992. *Penguat Operational dan Rangkaian Terpadu Linear*. Penerjemah: Soemitro, Herman Widodo. Jakarta: Erlangga.
- [2] Malvino, Albert Paul. 1987. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Edisi III. Jilid II, Alih bahasa Barmawi dan Tjia. Jakarta: Erlangga.
- [3] Ogata, Katsuhiko, **Modern Control Engineering**, Prentice-Hall, Inc, New Jersey USA, 1970.
- [4] Pakpahan, Sahat, **Kontrol Otomatik : Teori dan Penerapan**, Erlangga Jakarta, 1988.
- [5] Phillips, Charles L. & H. Troy Nagle, **Digital Control System Analysis and Design 2<sup>nd</sup> Edition**, Prentice-Hall, Inc, New Jersey USA, 1990.
- [6] Roger L. Tokheim. 1995. *Elektronika Digital*. Edisi II. Jakarta: Erlangga.
- [7] www.datasheetcatalog.com datasheet Dioda 1N4001-4007
- [8] www.datasheetcatalog.com datasheet Transistor BC108C
- [9] www.datasheetcatalog.com datasheet Transistor FCS 9012-9018
- [10] www.datasheetcatalog.com datasheet Regulator 7805 dan 7812
- [11] www.datasheetcatalog.com datasheet IC CA3162
- [12] www.datasheetcatalog.com datasheet IC CA3161
- [13] www.datasheetcatalog.com datasheet IC LM335
- [14] www.datasheetcatalog.com datasheet IC LM555
- [15] www.datasheetcatalog.com datasheet IC LF356
- [16] www.datasheetcatalog.com datasheet IC 74LS90
- [17] www.semiconductors.philips.com datasheet Triac BT138
- [18] www.semiconductors.philips.com datasheet Diac DB 3
- [19] www.semiconductors.philips.com Power Controls with Thyristors and Triac