

## SUBMISSION 3

# Perancangan Modifikasi *Heater* dan Sistem Kontrol

## *Water Bath* Kapasitas 9 Liter

Mustangin<sup>1</sup>, Indra Saputra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Sains dan Teknologi Al Kamal

### Abstract

*Water bath is an oven or water heater whose main function is to create a constant temperature and is used for incubation in microbiological analysis, which is used to melt the base, vaporizing extracts or tincture, heating to accelerate solubility. Another function of tool is to react substances above enzyme activity. Water bath is also the one of tools salting used in laboratory. In the designing water bath will be discussed about the design of water bath, material selection methods, components needed, and control system diagram. Water bath is later also equipped with energy display, with the display of this energy will make it easier for the public in knowing the use of electricity in the voltage, current, power and energy when the tool is used. From design used the selection materials used for water bath tub is stainless steel and heater used is the type tubular. Power needing to heat water on the water bath capacity 9 liter from temperature 30 C to 100 C with time 30 minutes is 1820,09 watt.*

*Key words : design; heater; control temperatur; energy display*

### Abstrak

*Water bath* adalah *oven* atau bisa disebut juga pemanas air yang fungsi utamanya adalah untuk menciptakan suhu yang konstan dan digunakan untuk inkubasi pada analisa mikrobiologi, serta digunakan untuk melebur basis, menguapkan ekstrak atau tingtur, pemanasan untuk mempercepat kelarutan. Fungsi lainnya dari alat ini adalah untuk mereaksikan zat di atas suhu ruangan dan untuk aktifitas enzim. *Water bath* ini juga merupakan salah satu alat yang sering digunakan di laboratorium. Dalam perancangan *water bath* ini akan dibahas mengenai desain *water bath*, metode pemilihan material, komponen yang dibutuhkan, dan diagram sistem kontrol. *Water bath* ini nantinya juga dilengkapi dengan *display* energi, dengan adanya *display* energi ini akan mempermudah bagi masyarakat dalam mengetahui pemakaian listrik berupa tegangan, kuat arus, power dan energi saat alat tersebut dipakai. Dari perancangan ini pemilihan material yang digunakan untuk bak *water bath* adalah *stainless steel* dan *heater* yang digunakan adalah jenis tubular. Daya yang dibutuhkan untuk memanaskan air pada *water bath* kapasitas 9 liter dari temperatur 30 C ke 100 C dengan waktu 30 menit adalah 1820,09 watt.

*Kata kunci : design; heater; termperatur control; display energy*

### 1. Pendahuluan

Di zaman yang semakin berkembangnya ilmu dan teknologi ada beberapa macam alat pemanas bila ditinjau dari sumber energi yang digunakan diantaranya yang pertama pemanas tenaga matahari, yang ke-dua menggunakan tenaga listrik dan yang ke-tiga menggunakan tenaga gas (LPG). Dari ketiga jenis sumber energi tersebut pemanas dengan energi listrik memiliki keunggulan yaitu dapat digunakan di rumah tangga, rumah sakit/laboratorium dan kantor. Sumber energi ini juga ramah lingkungan, memerlukan peralatan yang relatif lebih sederhana dibandingkan dengan sumber energi matahari dan gas LPG.[1]

Saat ini berbagai jenis alat pemanas dengan menggunakan energi listrik mudah dijumpai di pasaran, namun masih jarang yang secara langsung bisa menampilkan tegangan listrik, arus listrik, daya listrik dan pemakaian energi listrik pada saat alat itu bekerja. Oleh karena itu penulis tertarik untuk merancang sebuah alat pemanas air menggunakan *heater* tubular dan nantinya alat ini dilengkapi dengan *display* energi yang bisa menampilkan secara langsung nilai tegangan listrik, arus listrik, *power* dan energi yang digunakan. Adapun pemilihan jenis *heater* tipe tubular ini dikarenakan yang dibutuhkan adalah perpindahan panas secara konveksi, jadi kalor yang dilepaskan *heater* dapat secara langsung untuk memanaskan air.

## 2. Landasan Teori

Kalor adalah bentuk energi yang secara alami berpindah dari benda yang memiliki suhu relatif lebih tinggi berpindah ke benda yang suhunya lebih rendah ketika kedua benda tersebut saling bersentuhan. Kalor yang diberikan pada suatu benda dapat menyebabkan kenaikan suhu benda atau wujud benda.

Berdasarkan hukum kekekalan energi yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, proses perpindahan kalor terjadi dari suatu sistem yang memiliki temperatur yang lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Kesetimbangan pada masing-masing sistem terjadi ketika sistem memiliki temperatur yang sama. Akan tetapi energi dapat berubah bentuk yang pertama ke bentuk yang kedua. Perpindahan panas kalor dapat berlangsung dengan tiga cara yaitu perpindahan kalor secara konduksi, perpindahan kalor secara konveksi dan perpindahan kalor secara radiasi.[2]

Adapun jenis pemanas air yang sudah tersedia adalah [3] :

- a. Pemanas air tenaga surya
- b. Pemanas air tenaga listrik
- c. Pemanas air tenaga LPG
- d. Pemanas air dengan AC (*Air conditioning water heater*)

*Water bath* adalah *oven* atau bisa disebut juga pemanas air yang fungsi utamanya adalah untuk menciptakan suhu yang konstan dan digunakan untuk inkubasi pada analisa mikrobiologi, serta digunakan untuk melebur basis, menguapkan ekstrak atau tingtur, pemanasan untuk mempercepat kelarutan. Fungsi lainnya dari alat ini adalah untuk mereaksikan zat di atas suhu ruangan dan untuk aktifitas enzim.

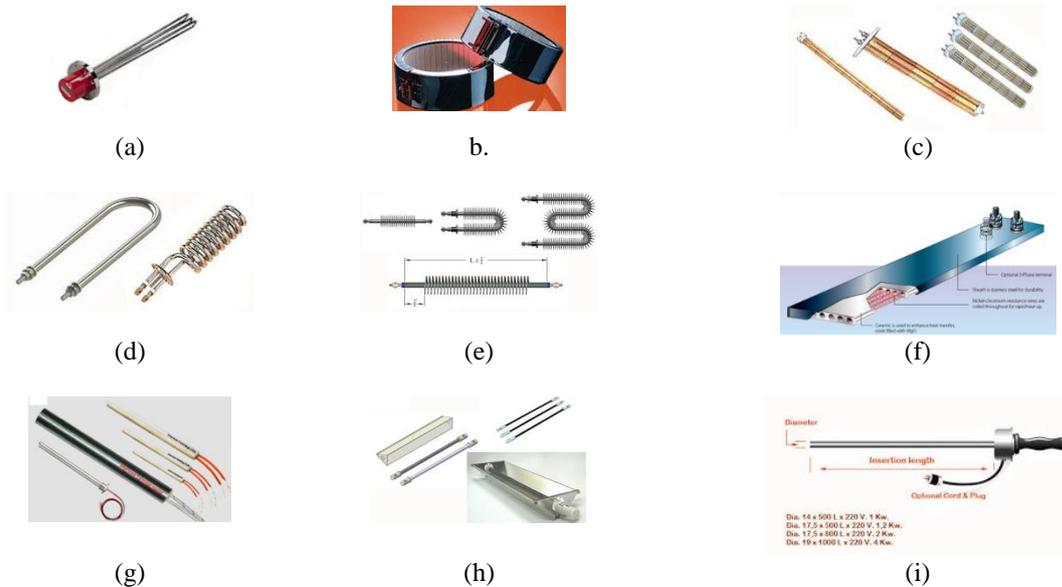
*Water bath* merupakan peralatan laboratorium yang berisi air atau cairan khusus yang bisa mempertahankan suhu pada kondisi tertentu selama selang waktu yang ditentukan. Fungsi dari *water bath* adalah untuk menciptakan suhu yang konstan, menginkubasi pada analisis mikrobiologi, melebur basis, menguapkan ekstrak untuk mereaksikan zat di atas suhu ruangan dan aktifitas enzim.

Prinsip kerja *water bath* adalah memanaskan air dengan *heater* sampai suhu air naik dan sesuai dengan suhu yang kita pilih, *heater* akan berhenti memanaskan air ketika suhu yang ditentukan telah tercapai.[4]

Elemen pemanas/*heater* ini berfungsi memanaskan media, bisa berupa padat, cair maupun udara. Dengan komponen elemen pemanas inilah energi listrik dirubah menjadi energi panas/kalor.

Tabel 1 Jenis heater listrik

No	Jenis	Aplikasi media	Material	Kapasitas daya
1	<i>Immersion Heater</i>	Cair	<i>Stainless Steel</i> SS 304 dan SS 316	220 / 380 VAC dengan kapasitas tinggi (ribuan hingga puluhan ribu watt )
2	<i>Band Heater</i>	Benda di dalam tabung/pipa	<i>Stainlesss Steel</i> sebagai pelindung, keramik sebagai isolator	220 / 380 VAC, kapasitas 50 s.d 100000 watt
3	<i>Bobin Heater</i>	Kering, udara	Keramik sebagai isolator	Daya tinggi
4	<i>Tubular Heater</i>	Kering dan Cair	<i>Stainless Steel</i> SS 304 dan SS 316	Daya rendah s.d tinggi
5	<i>Fin Heater</i>	Kering, Udara	<i>Stainless steel</i>	-
6	<i>Strip Heater</i>	Kering	Mika/keramik sebagai isolator dan plat <i>Stainless Steel</i>	-
7	<i>Catridge Heater</i>	Mesin pengemas, kering	<i>Stainless Steel</i>	220/380/440 VAC, daya 150 s.d 5000 watt
8	<i>Infrafara Heater</i>	Kering, mesin oven	ada 2 jenis hitam dan putih	daya 100 watt s.d 3000 watt
9.	<i>Bolt Heater</i>	Kering, melepas baut mesin turbin	<i>Stainless Steel</i>	-



Gambar 1. Jenis heater listrik : (a) *Immersion heater*; (b) *Band heater*; (c) *Bobin heater*  
(d) *Tubular heater*; (e) *Fin heater*; (f) *Strip heater*; (g) *Catridge heater*; (h) *Infrarada heater*  
(i) *Bolt heater*

Pengertian kontrol atau pengaturan adalah proses atau upaya untuk mencapai tujuan. Sebagai contoh sederhana dan akrab dengan aktifitas sehari-hari dari konsep kontrol atau pengaturan adalah saat mengendarai kendaraan. Tujuan yang diinginkan dari proses tersebut adalah berjalannya kendaraan pada lintasan (*track*) yang diinginkan. Ada beberapa komponen yang terlibat di dalamnya, misalnya pedal gas, speedometer, mesin (penggerak), rem, dan pengendara. Ada dua bentuk umum sistem control [5]:

a. Sistem kontrol lingkaran terbuka (*open loop control sistem*)

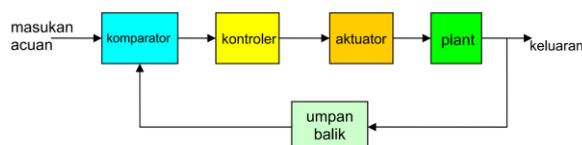
Adalah sistem yang keluarannya tidak berpengaruh terhadap aksi pengaturan. Dengan kata lain, dalam sistem ini keluarannya tidak diukur ataupun diumpun balikkan untuk dibandingkan dengan masukan. Contohnya mesin cuci, perendaman, penyucian dan penyabunan dalam mesin cuci beroperasi berdasarkan waktu yang ditentukan oleh pengguna.



Gambar 2. Diagram blok sistem kontrol *open loop*

b. Sistem kontrol lingkaran tertutup (*closed loop control system*) atau sistem kontrol dengan umpan balik.

Adalah nilai keluaran berpengaruh langsung terhadap aksi pengaturan. Sinyal selisih (*error*) yaitu perbedaan antara masukan acuan dan sinyal umpan balik diberikan kepada kontroler sedemikian sehingga dalam prosesnya memperkecil selisih dan menghasilkan keluaran sistem pada harga atau kondisi yang diinginkan. Sistem kontrol lingkaran tertutup dalam kenyataannya selalu merujuk kepada sistem yang menggunakan umpan balik untuk mengurangi *error* sistem.

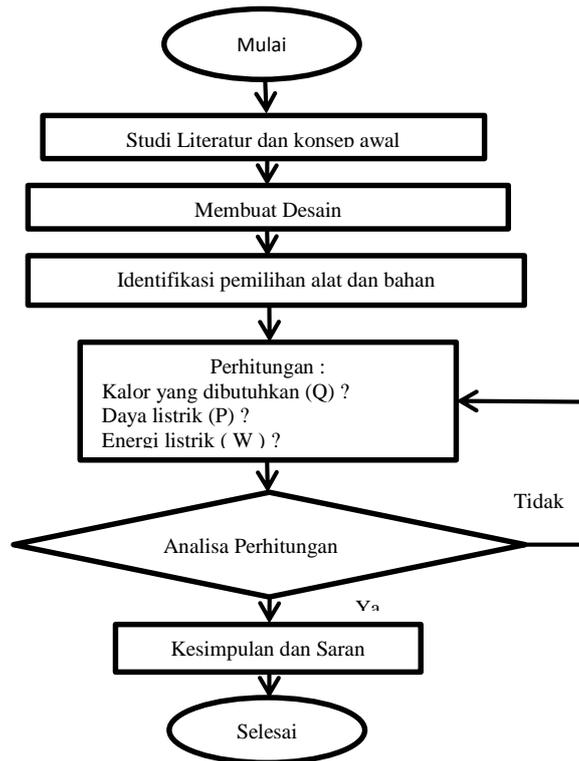


Gambar 3. Diagram blok sistem kontrol *closed loop*

Kontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari sistem kontrol. Komponen tersebut berfungsi sebagai pusat pengatur proses dalam sistem kontrol. Secara teknis, ada dua input kontroler, yaitu *output* sebenarnya yang dihasilkan *plant* (disebut variabel yang dikontrol  $x$ ) dan masukan acuan (referensi  $w$ ). Input yang diproses oleh kontroler adalah selisih dari dua input tersebut (*error*  $e$ ), sedangkan output kontroler berupa variabel termanipulasi ( $y$ ).

Berdasarkan cara kerjanya ada dua tipe kontroler, yaitu kontroler diskrit yang terdiri dari dua jenis (kontroler dua posisi (*on – off*) dan kontroler tiga posisi) dan kontroler kontinu yang terdiri dari lima jenis (kontroler proporsional (P), kontroler Integral (I), kontroler Proporsional-Integral (PI), kontroler derivatif (D), kontroler proporsional derivatif (PD) dan kontroler proporsional–integral–derivatif (PID)).

### 3. Metodologi Penelitian



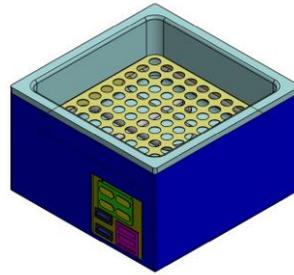
Gambar 4. Diagram alir penelitian

### 4. Hasil dan diskusi

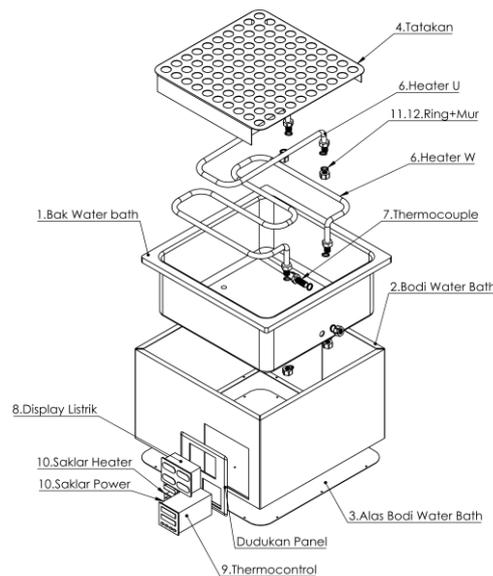
Dari tahap perancangan diperoleh desain *water bath* diperoleh data identifikasi untuk konsep awal dan desain dalam perancangan *water bath* adalah sebagai berikut :

- Kapasitas yang dirancang adalah 9 liter dengan ukuran bak 300 x 300 x 130 mm ( asumsi masih ada sisa  $\pm 3$  liter fluida dengan tinggi 30 mm dari bibir bak).
- Penampil untuk energi listrik adalah PZEM -061
- Dibuat tatakan untuk penempatan tabung reaksi/gelas ukur agar apabila dipakai tidak bersentuhan dengan *heater*.
- Heater* yang digunakan adalah tipe tubular.

Adapun desain yang dirancang adalah *water bath* ini mampu mencapai temperatur 100 °C dalam waktu 30 menit dengan air sebagai media fluida yang digunakan.



Gambar 5. Desain *water bath*



Gambar 6. *Assembly water bath*

Data identifikasi untuk konsep awal dan desain dalam perancangan *water bath* adalah sebagai berikut :

- Kapasitas yang dirancang adalah 9 liter dengan ukuran bak 300 x 300 x 130 mm ( asumsi masih ada sisa  $\pm$  3 liter fluida dengan tinggi 30 mm dari bibir bak).
- Penampil untuk energi listrik adalah PZEM -061
- Dibuat tatakan untuk penempatan tabung reaksi/gelas ukur agar apabila dipakai tidak bersentuhan dengan *heater*.
- Heater* yang digunakan adalah tipe tubular.

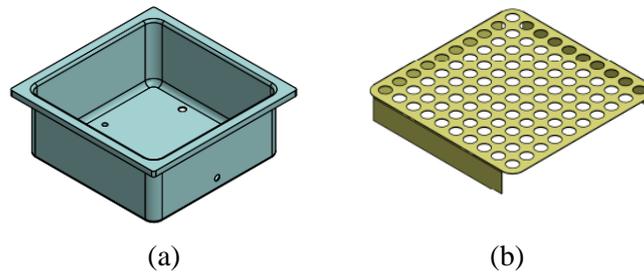
#### A. Komponen penyusun *water bath*

##### 1. Bak dan tatakan *water bath*

Komponen ini digunakan sebagai wadah fluida, rangkaian elemen pemanas, sistem kontrol dan sensor suhu Material yang akan digunakan adalah dipilih dari jenis material logam dikarenakan material ini nantinya akan dilakukan proses pembentukan seperti *bending*, *blanking*, *drawing* dan *welding*.

Material yang sesuai untuk menghantarkan panas adalah yang memiliki *thermal conductivity* yang tinggi, konduktifitas ini sebanding dengan nilai laju perpindahan kalor, semakin tinggi laju perpindahan kalor berakibat semakin tinggi juga daya listrik yang digunakan, maka dari itu dipilih material berdasarkan nilai *thermal conductivity* yang lebih rendah dengan dimaksudkan agar laju perpindahan kalor pada material rendah, selain itu juga demi faktor keamanan agar nantinya pada saat digunakan material bak ini tidak memiliki temperatur yang tinggi seperti fluida yang dipanaskan.

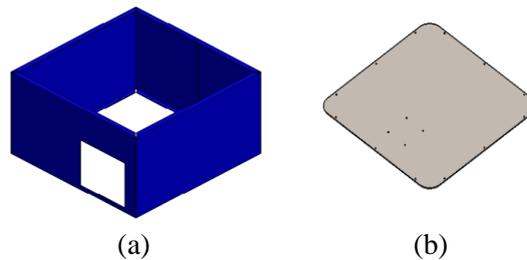
Dari pertimbangan sifat material di atas maka dipilihlah *chrome-nickel steel* ( 18% Cr, 8% Ni) yang lebih dikenal dengan *stainless steel*. Material ini lebih ringan daripada yang lainnya, selain itu kalor spesifiknya juga tinggi.[6]



Gambar 7 (a) Bak *water bath*; (b) Tatakan

## 2. Bodi dan alas

Komponen ini digunakan sebagai tempat dan pelindung luar bak serta penempatan komponen penyusun *water bath*. Pemilihan material untuk bodi dan alas ini terbuat dari plat *steel* yang di *bending* kemudian dilas pada ujungnya.



Gambar 8 (a) Bodi *water bath*; (b) Alas

## 3. Dudukan kontrol

Material dudukan untuk penempatan kontrol dibuat dari akrilik dikarenakan ringan dan mudah dibentuk sesuai kontrol yang akan dipakai.



Gambar 9. Dudukan kontrol

## 4. Jenis heater

Pada perancangan *water bath* ini maka dipilih *heater* jenis *tubular heater* dikarenakan jenis *heater* ini terbuat dari pipa *stainless steel* yang dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan dari media produksi yang akan dipanaskan. *Tubular heater* ini juga dapat digunakan di media kering dan media cair seperti air, oli, kimia dan residu. Secara umum kegunaan *tubular heater* sangat luas karena dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan. *Range* daya tubular heater sangat luas mulai dari watt kecil puluhan watt sampai dengan watt besar ribuan watt bisa dibuat dengan *tubular heater*.



Gambar 10. Tubular heater

## 5. Sistem kontrol

Pemilihan kontrol *heater* sangat berpengaruh dengan komponen lainnya, tidak semua kontrol *heater* bisa dirangkai dengan komponen lainnya, jadi harus memperhatikan jenisnya seperti tipe sensor suhu, kapasitas kontrol.



Gambar 11. Sistem kontrol

## 6. Sensor suhu

Pemilihan termokopel sebagai sensor suhu berpengaruh pada kapasitas pembacaan suhu yang akan dicapai, untuk *water bath* ini dirancang untuk mencapai suhu hingga di atas 100 °C sehingga memilih termokopel tipe K (Ni-Cr alloy) karena jenis ini dipakai untuk umum dengan rentang suhu operasional – 30 sampai + 1400 °C dan sesuai dengan kontrol *heater* yang akan dipakai.



Gambar 12. Sensor suhu

## 7. Relay

*Solid State Relay* adalah *relay*/saklar elektronik semi konduktor yang memiliki kelebihan dan kekurangan dibandingkan dengan *relay* konvensional (elektro mekanik). Sistem isolasi pada *solid state relay* pada umumnya terisolasi secara optik sedangkan *relay* konvensional (elektro mekanik) terisolasi secara fisik. SSR mempunyai beberapa keuntungan dan kerugian antara lain :

Keuntungan menggunakan SSR :

- Kecepatan *switching*/perpindahan kondisi dari *off* ke *on* sangat tinggi.
- Tidak menimbulkan suara *bounce* pada saat terjadi perpindahan keadaan seperti pada *relay* mekanik.
- Kopling optikal tidak akan aus seperti pada kopling magnetik sehingga umur penggunaan lebih panjang dan tidak mudah rusak.
- Tidak menghasilkan bunyi klik pada saat perpindahan kondisi.
- Tahan terhadap gangguan eksternal (getaran, kelembaban, guncangan mekanik, medan magnetik)

Kerugian jika menggunakan SSR :

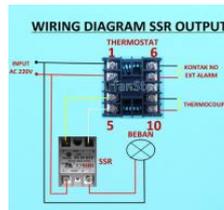
- Resistansi tegangan transien tinggi.
- Tegangan *drop* karena SSR ini dibangun dari bahan silikon maka terdapat tegangan jatuh antara tegangan input dan tegangan output.
- Terjadi kebocoran arus, pada saat SSR ini keadaan *off* atau *open* maka dalam kondisi ideal seharusnya tidak ada arus, tetapi pada kondisi sebenarnya ada kebocoran arus sebesar 10 mA.
- Harga SSR lebih mahal jika dibandingkan dengan *relay* mekanik.

Untuk kontak pengontrol nyala *heater* dipakai jenis SSR karena tipe ini sesuai dengan *output* dari *thermocontrol*, adapun input SSR adalah 3-5 volt DC sedangkan outputnya adalah 24 s.d 380 volt AC.



Gambar 13. SSR fotek

Sedangkan untuk rangkaian *heater*, *thermocouple*, *thermocontrol* dan SSR adalah sebagai berikut :



Gambar 14. Wiring diagram thermocontrol

### 8. *Display energi*

Pada *water bath* ini didesain supaya bisa mengetahui energi listrik yang digunakan maka perlu dipasang sebuah alat *display* yaitu tipe PZEM-061.

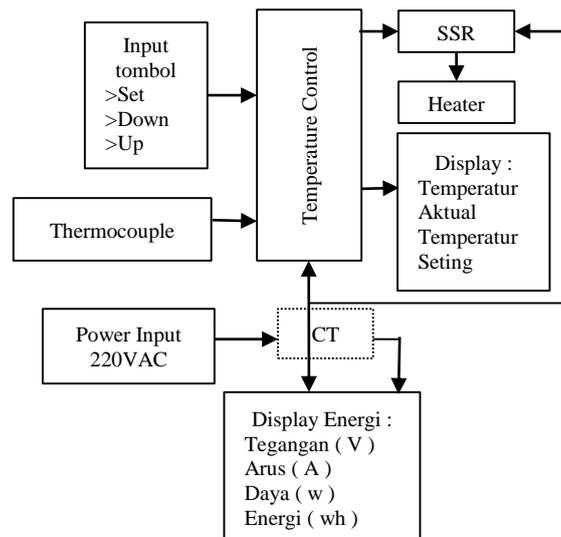


(a)

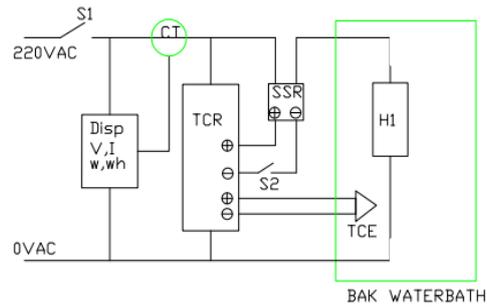
(b)

Gambar 15. Display energi; (a) *display* tampak depan; (b) rangkaian instalasi

### B. Rangkaian sistem kontrol *water bath*



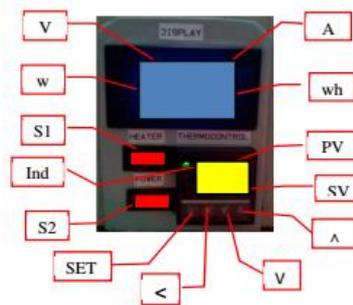
Gambar 16. Diagram blok sistem control



Gambar 17. Diagram rangkaian sistem kontrol

Keterangan gambar :

S1	=	Saklar utama	SSR	=	Solid State Relay ( SSR )
S2	=	Saklar On – Off heater	TCE	=	Termokopel ( sensor suhu )
TCR	=	Termocontrol/temperature control	Disp.	=	Display energi ( voltase, current, power dan energy )
H1	=	Heater	Energi	=	Coil trafo



Gambar 18. Display kontrol

Keterangan gambar :

V	=	Tegangan listrik	PV	=	Temperatur terbaca
W	=	Daya listrik	SV	=	Temperatur seting
A	=	Kuat arus listrik	Set	=	Tombol seting
S1	=	Saklar power	^	=	Tombol seting temperatur naik
S2	=	Saklar heater	V	=	Tombol seting temperatur turun
Ind	=	Sinyal temperatur belum tercapai	<	=	Tombol geser
Wh	=	Energi			

### C. Perhitungan

- sumber tegangan listrik : 220 volt AC
- ukuran luar ( l x w x h ) : 340 x 340 x 210 mm
- ukuran ( l x w x h x t ) : 300 x 300 x 130 x 0,2 mm
- material : stainless steel ( thermal conductivity 16,3 w/m°C )
- massa air ( m ) : 8,96 kg Temperatur awal (T<sub>0</sub>) : 30 °C
- Temperatur akhir (T<sub>1</sub>) : 100 °C

Specific heat (cp) : 4,18 KJ/°C

waktu (t) : 1800 s

Perhitungan kalor konveksi [2] :

$$Q = m \times Cp \times \Delta T \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = 2620,76 \text{ KJ}$$

Perhitungan kalor konduksi :

$$q = \sim \frac{kA}{\Delta x} (T_2 - T_1) \dots\dots\dots (2)$$

$$q = 0,176 \text{ KJ}$$

Perhitungan kalor total :

$$(Qt) = Q_{konv} + Q_{kon} = 2620,94 \text{ KJ}$$

Perhitungan daya listrik [7]:

$$P = q = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots (3)$$

$$P = 1456,09 \text{ watt}$$

Perhitungan perancangan daya listrik jika dipilih faktor koreksi 1,2 :

$$P \times 1.2 = 1820,09 \text{ watt}$$

Perhitungan kuat arus listrik :

$$P = V I \cos \vartheta \dots\dots\dots (4)$$

$$I = \frac{P}{V \times \cos \phi} = 8,27 \text{ A}$$

Perhitungan hambatan listrik :

$$V = I R \dots\dots\dots (5)$$

$$R = \frac{V}{I} = 26,59 \text{ ohm}$$

Perhitungan energi listrik :

$$(W) = V \times I \times t \dots\dots\dots (6)$$

$$W = 910,04 \text{ watt hour}$$

Berdasarkan data perhitungan maka didapatkan bahwa untuk memanaskan air dengan volume 9 liter yang dirancang mampu mencapai temperatur dari 30°C 100 °C selama 30 menit didapatkan kalor yang harus dilepaskan *heater* adalah 2620,94 KJ dengan perancangan *heater* dengan daya listrik sebesar 1820,09 watt.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a) Besarnya kalor yang dibutuhkan adalah 2620,94 KJ
- b) Daya *heater* yang digunakan adalah 1456,08 apabila menggunakan faktor koreksi 1.2 maka daya yang dibutuhkan adalah 1820,09 watt.
- c) Energi yang dibutuhkan adalah 910,04 watt hours.
- d) Nilai kuat arus dan hambatan yang melalui *heater* berturut-turut adalah 8,27 A dan 26,59 ohm.

## Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar. Demi perkembangan penelitian yang lebih lanjut maka penulis terbuka untuk menerima kritik dan saran yang bersifat membangun.

## Daftar Pustaka

1. Donatos Faan, Fransiskus. *Karakteristik Water Heater Dengan Panjang Pipa 12 meter, Diameter 0.5 Inchi, dan Penangkap Kalor Gas Buang*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma : Yogyakarta.(2015).
2. Holman, J.P. *Heat Transfer* tenth edition. Department of Mechanical Engineering Southern Methodist University. New York.(2010).
3. Budi S, Fajar. *Perancangan Alat Penukar Kalor Tipe Helical Coil Pada Air Conditioning Water Heater Kapasitas 30 Liter*. Teknik Mesin Institut Sains dan Teknologi Al Kamal : Jakarta.(2016).
4. Maulidia, Ani, dkk. *Waterbath dilengkapi dengan Safety Control dan Indikator Level Air Berbasis Arduino*. Teknik Elektronika Politeknik Kesehatan : Surabaya.(2016)
5. Siswoyo. *Teknik Listrik Industri Jilid 3 untuk SMK*. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional : Jakarta. (2008).
6. A.Cengel, Yunus, Michael A Boles. *Thermodynamics an Engineering Approach Sixth Edition (SI unit)*. Mc.Graw Hill Companies Inc. New York .(2007).
7. Siswoyo. *Teknik Listrik Industri Jilid 1 untuk SMK*. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional : Jakarta. (2008).