



**PROTOTYPE SISTEM *MONITORING* DAN
PENGONTROLAN AIR *COOLING TOWER* BERBASIS
ARDUINO MEGA 2560**

TUGAS AKHIR

Oleh

**Pristiwanto Dwi Putra
NIM 141903102026**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**PROTOTYPE SISTEM *MONITORING* DAN
PENGONTROLAN AIR *COOLING TOWER* BERBASIS
ARDUINO MEGA 2560**

TUGAS AKHIR

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Diploma III Teknik Elektro
dan mencapai gelar Ahli Madya (A.Md) Teknik

Oleh

Pristiwanto Dwi Putra
NIM 141903102026

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Laporan tugas akhir ini penulis persembahkan kepada :

1. Ibunda dan Ayahanda tercinta serta keluargaku yang selalu mendoakan, mengarahkan serta memberikan kasih sayangnya kepada penulis untuk terus berjuang;
2. Guru-guruku sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi;
3. Bapak Mohamad Agung Prawira Negara, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku pembimbing dalam penyusunan tugas akhir ini
4. Kawan-kawan teknik elektro 2014 universitas jember yang telah meluangkan waktunya untuk membantu pembuatan tugas akhir ini;
5. Kawan-kawan kosan Patrang yang selalu mendengar keluh kesah penulis;
6. Dulu 2014 yang selalu ada buat penulis selama masa perkuliahan ini;
7. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember;
8. Almamater Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;

MOTTO

*Yakinlah bahwa setelah usaha yang kita lakukan sulit pada awalnya namun Allah menjanjikan bahwa sesudah kesulitan pasti ada kemudahan . Mari kita berusaha/bekerja sungguh-sungguh tanpa putus dengan keyakinan bahwa Allah selalu memberi kemudahan.
(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 5-8)*

“Dua keinginan yang tidak pernah puas, keinginan menuntut ilmu dan keinginan menuntut harta” (Sabda Rasulullah)

*“bersungguh – sungguh-lah dalam melakukan hal apapun, hal yang dilakukan dengan kesungguhan akan menuai hasil yang lebih baik”
(Pristiwanto Dwi Putra)*

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Pristiwanto Dwi Putra

NIM : 141903102026

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir yang berjudul "*Prototype Sistem Monitoring dan Pengontrolan Air Cooling Tower Berbasis Arduino Mega 2560*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subtansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 12 Juli 2017

Yang menyatakan

(Pristiwanto Dwi Putra)
NIM 141903102026

TUGAS AKHIR

***PROTOTYPE SISTEM MONITORING DAN PENGONTROLAN
AIR COOLING TOWER BERBASIS ARDUINO MEGA 2560***

oleh :

Pristiwanto Dwi Putra
NIM 1419030102026

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Mohamad Agung Prawira Negara, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Widyono Hadi, M.T.

PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul " *Prototype Sistem Monitoring dan Pengontrolan Air Cooling Tower Berbasis Arduino Mega 2560*" karya Pristiwanto Dwi Putra telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

hari, tanggal : Rabu, 12 Juli 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Mohamad Agung P.N, S.T., M.T.
NIP 198712172012121003

Ir. Widyono Hadi, M.T..
NIP 1961041419890211001

Penguji Utama

Penguji Anggota

H.R.B.Moch. Gozali, S.T., M.T.
NIP 196906081999031002

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.
NIP 197004041996011001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Prototype Sistem Monitoring dan Pengontrolan Air Cooling Tower Berbasis Arduino Mega 2560; Pristiwanto Dwi Putra, 141903102026; 2017: 72 halaman; Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pendingin *cooling tower* banyak digunakan pada industri. Akan tetapi pengontrolan dan *monitoring* air pada *cooling tower* sangat minim dan masih serba manual. Contohnya pengontrolan dan *monitoring* kesetabilan air pada tandon *cooling tower*. Kesetabilan air pada *cooling tower* sangat diperlukan karena saat air pada bak tidak setabil dapat menimbulkan hal - hal yang tidak diinginkan, seperti kebakaran motor atau konsleting peralatan disekitar *cooling tower* akibat kurang atau melebihi kapasitas air. pengontrolan dan *monitoring* secara manual menyulitkan para operator untuk menyetabilkan air pada *cooling tower*.

Pembuatan *prototype* ini menggunakan mikrokontroler *aduino mega2560* sebagai sistem operasinya dan menggunakan tiga buah sensor yaitu ultrasonik HC-SR04, *waterflow* YFS-201, DS18B20 sebagai sistem monitoring dan pengontrolan alat. untuk *interface* digunakan LCD 20x 4. motor servo digunakan memutar kran secara otomatis, kipas DC 12V untuk membantu pendinginan media air. alat ini dibuat untuk mengontrol dan memonitoring ketinggian, debit dan suhu air agar didalam *range* yang ditentukan.

Dari proses kalibrasi alat didapatkan rumus untuk sensor *waterflow* ($y = 0,1878x - 0,3625$). Untuk kalibrasi sensor ultrasonik digunakan rumus perkalian kecepatan gelombang. Sedangkan untuk sensor DS18B20 tidak dilakukan kalibrasi alat karena sensor sudah dapat mengkonversi nilai digital yang dibaca sensor kedalam bentuk ($^{\circ}\text{C}$). Setelah dilakukan kalibrasi, pembacaan sensor dibandingkan dengan alat konvensional standar dan dihitung *error* persennya. *Error* persen pengukuran ketinggian air dibawah 10,7 %, *error* persen pengukuran debit air dibawah 4,3 %, *error* persen pengukuran suhu air dibawah 2,9 %.

Pengujian alat dilakukan dengan beberapa skenario yaitu pengujian 25 menit, 50 menit dan 60 menit. Dari setiap skenario 25 menit dan 50 menit dilakukan 2 kali percobaan, sedangkan 60 menit dilakukan 1 kali percobaan. Dari pengujian alat secara keseluruhan, alat ini bekerja dengan semestinya, dimana pada setiap skenario ketinggian air masih di dalam *range* 11 – 25 cm. Pada percobaan pertama ketinggian air diantara 13 – 20 cm, percobaan kedua ketinggian air diantara 14 – 18 cm, percobaan ketiga ketinggian air diantara 11 – 15 cm, percobaan keempat ketinggian air diantara 12 – 18 cm dan untuk percobaan kelima ketinggian air diantara 12 – 18 cm. Sedangkan untuk suhu air dari setiap percobaan hanya turun dibawah 2 °C. .Dari data pengujian tersebut dapat disimpulkan alat ini berkerja dengan semestinya dan sebagai mana yang diinginkan.

SUMMARY

Prototype of water monitoring and control system cooling tower based arduino mega2560. Pristiwanto Dwi Putra, 141903102026; 2017: 72 pages; Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

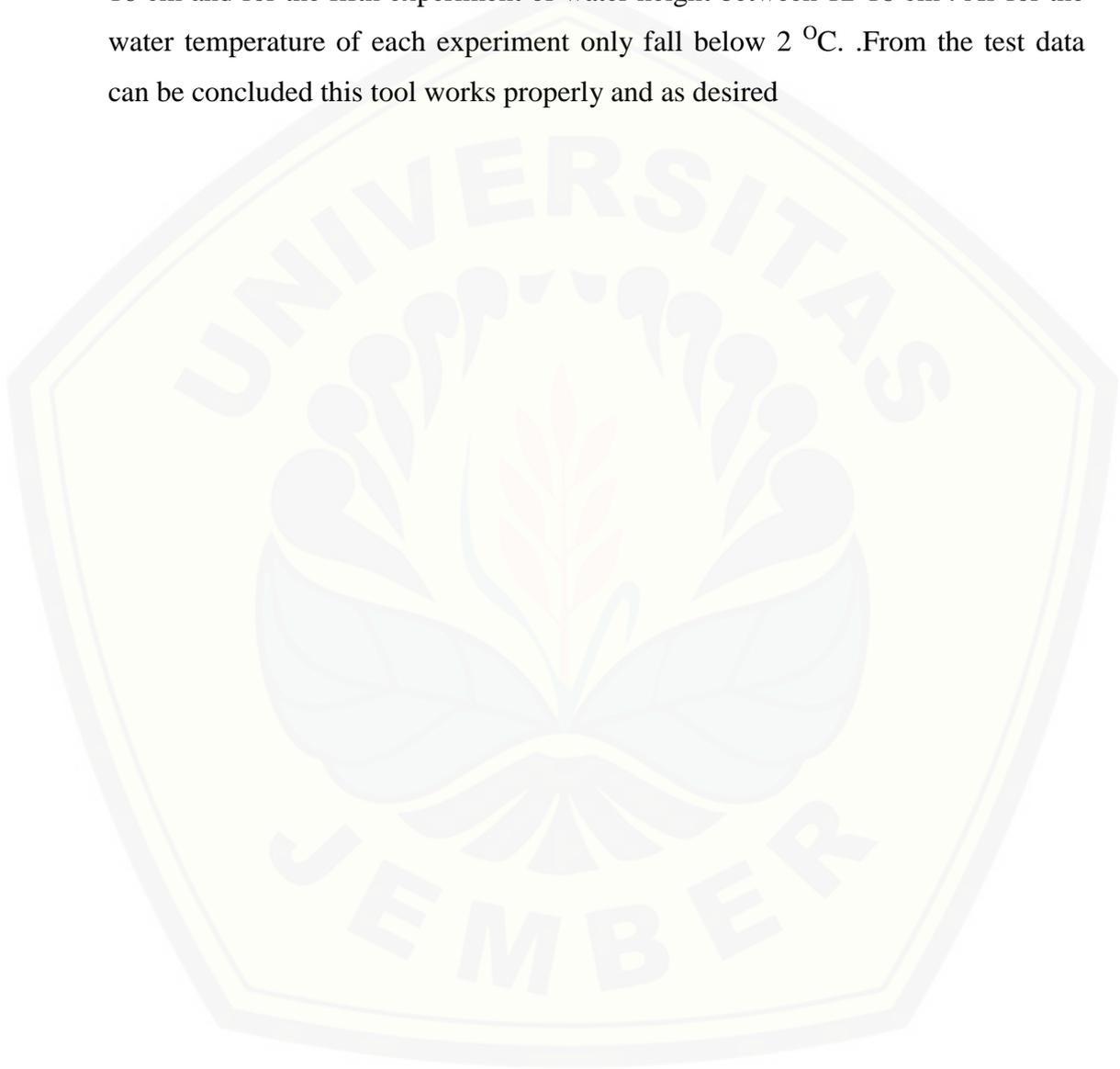
Cooling tower is widely used in industry. However, the control and monitoring of water on the cooling tower is very minimal and still all manual. For example controlling and monitoring the stability of water at the cooling tower tank. Water stability on the cooling tower is very necessary because when the water in the tub is not as stable can cause things - things that are not desirable, such as motor fires or equipment zoning around the cooling tower due to less or exceeds the water capacity. Controlling and monitoring manually makes it difficult for operators to stabilize water on cooling towers.

Making this prototype using arduino mega2560 microcontroller as its operating system and use three sensors namely ultrasonic HC-SR04, waterflow YFS-201, DS18B20 as monitoring and control system tool. To use 20x LCD interface 4. servo motor used to play the faucet automatically, 12V DC fan to help cool water media. This tool is made to control and monitor the height, discharge and temperature of water to be within the specified *range*

From the calibration process of the tool obtained the formula for waterflow sensor ($y = 0.1878x - 0.3625$). For the calibration of ultrasonic sensors used the multiplication formula of wave velocity. As for DS18B20 sensor is not done calibration tool because the sensor has been able to convert the digital value that reads the sensor into the form ($^{\circ}\text{C}$). After calibration, the sensor readings are compared with standard conventional tools and calculated percent *error*. Error percentage of water heights below 10.7%, percentage error of water debit under 4.3%, error percentage of water temperatures below 2.9%.

Testing tool done with some scenario that is test 25 minutes, 50 minutes and 60 minutes. From each scenario of 25 minutes and 50 minutes 2 experiments were done, while 60 minutes performed 1 time trial. From the overall tool testing, this

tool works properly, where in each scenario the water level is within the range of 11-25 cm. In the first experiment the water level was between 13 - 20cm, the second experiment was the water level between 14 - 18 cm, the third experiment of water between 11 - 15 cm, the fourth experiment of water height between 12-18 cm and for the fifth experiment of water height between 12-18 cm . As for the water temperature of each experiment only fall below 2 °C. .From the test data can be concluded this tool works properly and as desired



PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga proyek akhir yang berjudul *Prototype Sistem Monitoring Dan Pengontrolan Air Pending Cooling Berbasis Arduino mega2560* dapat terselesaikan dengan baik. proyek akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Diploma Tiga (DIII) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terselesainya proyek akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu disampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Ayahku Bambang Suguarto dan Ibuku Tintawati Ismaningsih. Terimakasih atas doa kalian, terimakasih untuk segala pengorbanannya, terimakasih untuk semuanya. Penulis bukan apa-apa tanpa kalian.
2. Kakakku Riski Eko P. yang senantiasa mendo'akan, memberikan motivasi, dukungan, semangat serta menghibur.
3. Bapak Bambang Sri Kaloko, ST., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;
4. Bapak Khoirul Anam, S.T,M.T,Ph.D selaku Ketua Program Studi Diploma Tiga (DIII) Teknik Elektro Universitas Jember;
5. Bapak Mohamad Agung Prawira Negara, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesainya proyek akhir ini;
6. Bapak selaku Ir. Widyono Hadi, M.T.Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah memberikan bimbingan dan pengarahannya;
7. Dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Jember, yang telah memberikan saya ilmu selama ini.

8. Dan semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama menempuh diploma tiga Teknik Elektro khususnya dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih.

Semoga laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan proyek akhir ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, 12 Juli 2017

Penyusun



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Chiller Water	4
2.2.1 <i>Cooling Tower</i>	4
2.2 Arduino Mega2560	6
2.3 Sensor Waterflow YF-S201	7
2.4 Sensor Ultrasonik HC-SR04	8
2.4.1 <i>Datasheet</i> Sensor HC-SR04	10
2.5 Sensor DS18B20	10
2.5.1 Spesifikasi DS18B20.....	11
2.6 LCD	11
2.7 Pompa Air	12
2.8 Motor Servo	13

BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Ruang Lingkup Kegiatan	16
3.3 Jenis dan Sumber Data	16
3.3.1 Komponen Perancangan Alat.....	16
3.4 Metode Pengumpulan Data	18
3.4.1 Blok Diagram	18
3.4.2 Perancangan Sistem.....	19
3.4.3 Rancang Bangun	22
3.4.4 Diagram Alir.....	24
3.5 Kalibrasi Sensor	28
3.5.1 Kalibrasi Sensor HC-SR04.....	28
3.5.2 Kalibrasi Sensor YF-S201	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Pengujian Suhu Air	33
4.2 Pengujian Ketinggian Air	34
4.3 Pengujian Debit Air	36
4.4 Pengujian Keseluruhan	38
4.4.1 Pengujian Pertama.....	39
4.4.2 Pengujian Kedua.....	40
4.4.3 Pengujian Ketiga	41
4.4.4 Pengujian Keempat.....	43
4.4.5 Pengujian Kelima	44
BAB 5. PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Spesifikasi Arduino Mega2560	7
2.2 Spesifikasi <i>Waterflow</i>	8
3.1 Rencana Kegiatan	15
3.2 Data Kalibrasi Sensor HC-SR04	29
3.3 Data Kalibrasi Sensor YF-S201	30
4.1 Data Pengujian Sensor DS18B20	33
4.2 Data Pengujian Sensor HC-SR04	35
4.3 Data Pengujian Sensor YF-S201	37
4.4 Data Hasil Pengujian Pertama	39
4.5 Data Hasil Pengujian Kedua	40
4.6 Data Hasil Pengujian Ketiga	42
4.7 Data Hasil Pengujian Keempat	43
4.8 Data Hasil Pengujian kelima	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Skema <i>Chiller</i>	4
2.2 Skema <i>Cooling Tower</i>	5
2.3 <i>Board</i> Arduino Mega 2560	6
2.4 <i>Waterflow</i> Sensor	8
2.5 Sensor Ultrasonik HC-SR04	8
2.6 Cara Kerja Sensor Ultrasonik	9
2.7 Sensor DS18B20 <i>Waterproof</i>	10
2.8 Skematik LCD	12
2.9 Bentuk Fisik LCD	12
2.10 Pompa Air	12
2.11 Servo	13
2.12 Blok Diagram Alat	18
3.1 Rangkaian Sensor Modul Ultrasonik	20
3.2 Rangkaian Modul <i>Waterflow</i>	20
3.3 Rangkaian Modul Sensor DS18B20	21
3.4 Rangkaian Modul LCD	21
3.5 Rangkaian <i>Power Supply</i>	22
3.6 Perancangan <i>Cooling Tower</i>	22
3.7 Perancangan Panel <i>Cooling Tower</i>	22
3.8 Prototype <i>Cooling Tower</i> Tampak Depan	23
3.9 Prototype <i>Cooling Tower</i> Tampak Belakang	23
3.10 Diagram Alir Ketinggian Air	25
3.11 Diagram Alir Debit Air	26
3.12 Diagram alir suhu air	27
3.13 Gambar Grafik Karakteristik Sensor YF-S201	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Program Pada Arduino UNO	50
Lampiran B. Foto Alat	55



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak industri yang menggunakan sistem pendingin *cooling tower*. Secara umum *cooling tower* dapat dikategorikan sebagai pendingin *evaporative* yang digunakan untuk pendingin air atau media kerja lainnya. Pendingin *cooling tower* sering digunakan pada pembangkit daya, kilang petroleum, pabrik petrokimia, pabrik pemrosesan gas alam, pabrik makanan, pabrik semikonduktor, dan fasilitas-fasilitas industri lainnya (Rangga Bayu, 2014).

Pada industri sering kali pengontrolan dan *monitoring* air *cooling tower* sangat minim dan serba manual. Hal ini tentu menyulitkan bagi operator *water chiller* untuk melakukan pengontrolan dan *monitoring* alat *cooling tower*. Dimana disaat air pada tandon penampungan *cooling tower* kurang atau melebihi kapasitas. Kadang hanya alarm yang memberi isyarat kepada operator. Untuk mengatasi permasalahan tersebut operator perlu mengontrol *valve input* dan *output* pada *cooling tower* secara manual dengan cara memutar tuas pada *valve*. Karena hal tersebut maka akan dirancang suatu alat yang dapat melakukan pengontrol dan *monitoring* air *cooling tower* secara otomatis.

Pengontrolan dan *monitoring* sebuah tandon penampungan sangat-lah penting. Jumlah air yang kurang atau berlebihan (*overflow*) dapat berdampak berbagai hal. Contoh pada industri-industri yang membutuhkan pengaturan tinggi ketinggian air pada tandon (*resevoir*), apabila ada perubahan (*deviasi*) laju aliran masukan yang disebabkan timbulnya gaya gesek pada pipa saluran, maka akan mengakibatkan perubahan debit masukan yang membuat tinggi air berubah-ubah. Masalah yang muncul ketika tinggi ketinggian air dalam tandon penampung tidak diketahui maka dimungkinkan terjadi keadaan tandon yang meluap atau kosong, itu dikarenakan kurangnya pengawasan terhadap tangki penampung (Masrur Fuadi, 2012).

Dari uraian di atas maka penulis membuat sebuah alat yang berfungsi untuk mengontrol dan *monitoring* debit air, ketinggian air dan temperatur air secara otomatis pada *cooling tower* menggunakan sensor *waterflow*, sensor ultrasonik

dan sensor temperatur DS18B20 *waterproof*. Alat ini diberi judul *Prototype Sistem Monitoring dan Pengontrolan Air Cooling Tower Berbasis Arduino mega2560*. Alat ini menggunakan sensor *waterflow* YfS 201 untuk mengontrol dan *monitoring* debit air *cooling tower*. Menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengontrol dan *monitoring* ketinggian air tandon *cooling tower*. Menggunakan sensor temperatur DS18B20 *waterproof* untuk mengontrol dan *monitoring* suhu air *cooling tower*. Menggunakan LCD untuk sistem *interface*, menggunakan kipas DC untuk membantu pendinginan air, dan menggunakan motor servo untuk membuka dan menutup *valve* secara otomatis. Alat ini diharapkan dapat menyetabilkan air pada bak *cooling tower* sesuai *range* yang telah ditentukan agar tidak terjadi kerugian akibat ketidak stabilan air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka permasalahan yang diteliti dalam tugas akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membuat *prototype* alat *monitoring* dan kontrol debit air otomatis pada *cooling tower* menggunakan sensor *waterflow*?
2. Bagaimana cara membuat *prototype* alat *monitoring* dan kontrol level air otomatis pada *cooling tower* menggunakan sensor ultrasonik?
3. Bagaimana cara membuat *prototype* alat *monitoring* dan kontrol temperatur air otomatis pada *cooling tower* menggunakan sensor DS18B20 *waterproof*?

1.3 Tujuan Penelitian

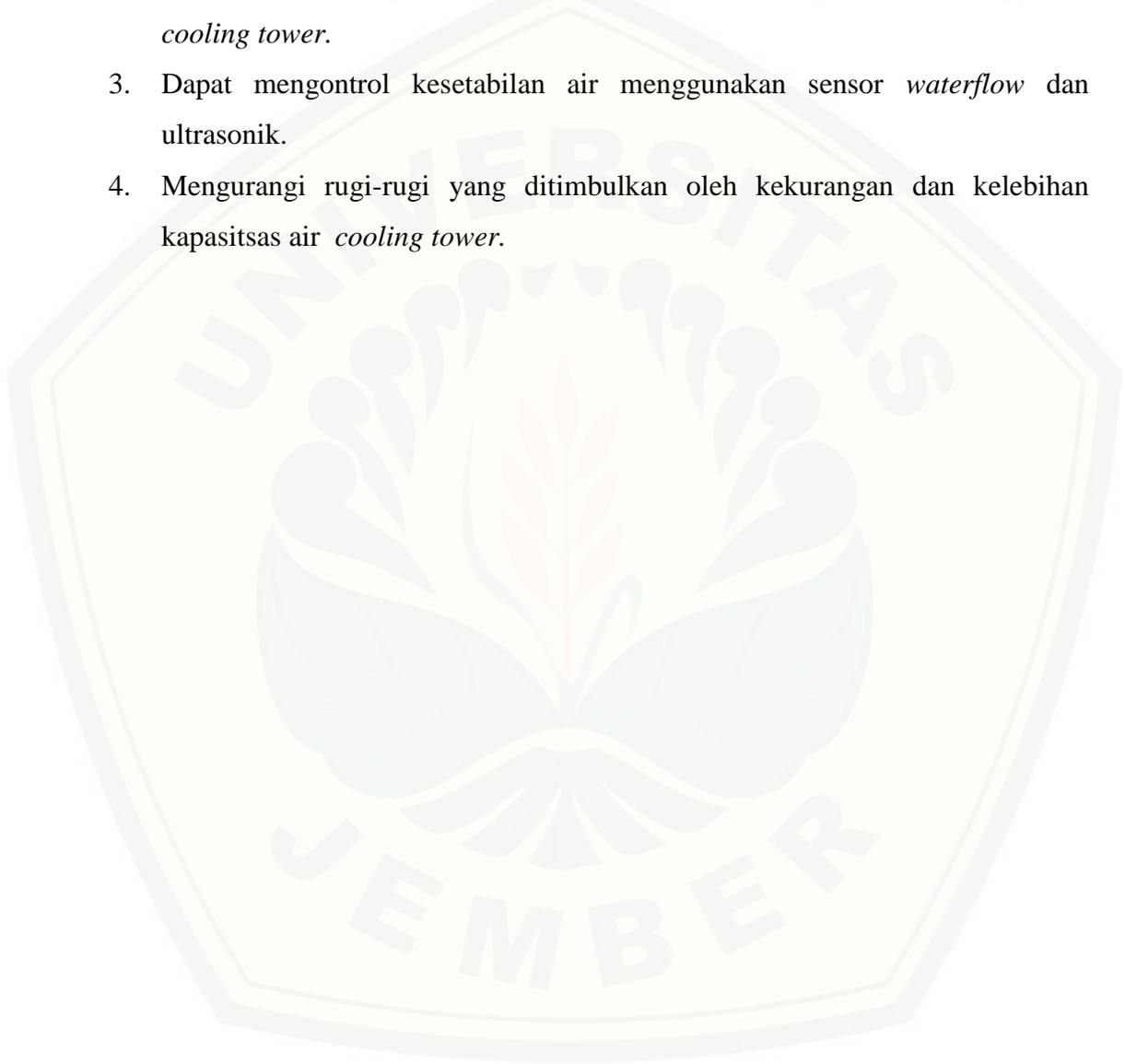
Tujuan dibuatnya alat ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat *prototype* alat *monitoring* dan kontrol debit air otomatis pada *cooling tower* menggunakan sensor *waterflow*.
2. Membuat *prototype* alat *monitoring* dan kontrol *level* air otomatis pada *cooling tower* menggunakan sensor ultrasonik.
3. Membuat *prototype* alat *monitoring* dan kontrol temperatur air otomatis pada *cooling tower* menggunakan sensor DS18B20 *waterproof*.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dengan adanya alat ini adalah:

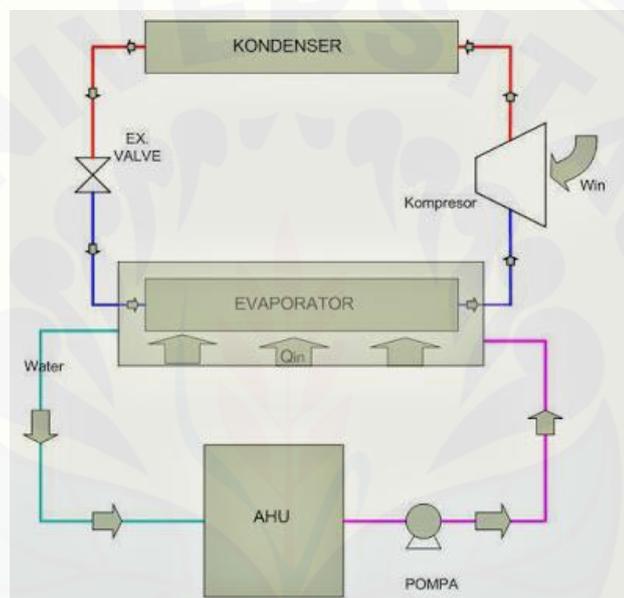
1. Dapat mengetahui bagaimana cara kerja sensor *waterflow*, sensor ultrasonik dan sensor temperatur dalam pengukuran debit, temperatur, dan tinggi air.
2. Memudahkan mengontrol dan *monitoring* debit, temperatur dan tinggi air *cooling tower*.
3. Dapat mengontrol kesetabilan air menggunakan sensor *waterflow* dan ultrasonik.
4. Mengurangi rugi-rugi yang ditimbulkan oleh kekurangan dan kelebihan kapasitas air *cooling tower*.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Chiller Water

Chiller adalah mesin *refrigeration* yang memiliki fungsi utama mendinginkan air pada sisi evaporator. *Chiller* tidak langsung mendinginkan udara melainkan mendinginkan *fluida* lain (biasanya air) terlebih dahulu. Setelah air tersebut dingin kemudian air dialirkan melalui AHU (*Air Handling Unit*) disinilah terjadi pendinginan udara (Tri Ayodha, 2010).

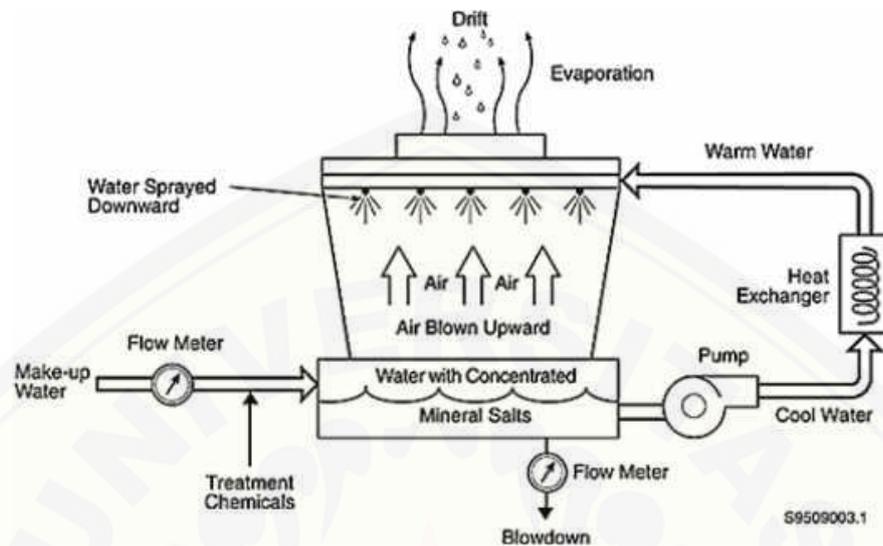


Gambar 2.1 Skema Chiller
(Sumber: Tri Ayodha, 2010).

2.1.1 Cooling Tower

Cooling tower adalah suatu sistem *refrigeration* yang melepaskan kalor ke udara. *Cooling tower* bekerja dengan cara mengontakkan air dengan udara dan menguapkan sebagian air tersebut. Luas permukaan air yang besar dibentuk untuk menyemprotkan air lewat *nozel* atau memercikan air ke bawah dari suatu bagian ke bagian lainnya. Bagian-bagian atau bahan – bahan pengisi biasanya terbuat dari kayu tetapi bisa juga dibuat dari plastik atau keramik. Prestasi dari *cooling tower* biasanya ditunjukkan dalam hubungan *range* dan *approach*. *Range* adalah perbedaan temperatur antara temperatur air yang masuk dengan temperatur air yang keluar dari menara pendingin. Sedangkan *approach* adalah perbedaan

temperatur antara temperatur air yang keluar dari *cooling tower* dengan temperatur bola basah udara yang masuk *cooling tower*.



Gambar 2.2 Skema *Cooling Tower*
(Sumber: Rengga Bayu, 2014)

a. Fungsi *Cooling Tower*

Cooling tower sangat dibutuhkan oleh industri sebab *cooling tower* merupakan bagian dari utilitas yang banyak digunakan. Dimana *cooling tower* memproses air yang panas menjadi air dingin yang digunakan kembali dan bisa dirotasikan. *Cooling tower* juga salah satu alat yang berfungsi mengolah air untuk mengatasi masalah polusi lingkungan.

b. Macam – Macam *Cooling Tower*

a. Berdasarkan arah aliran udara masuk

- a) *Cross flow*
- b) *Counter current flow*

b. Berdasarkan cara pemakaian alat bantu seperti *fan* atau *blower*

- a) *Induced draft* (alat bantu berada dibagian *puncak tower*)
- b) *Force draft* (alat bantu berada dibagian bawah *tower*)

c. Berdasarkan kondisi aliran udara bebas tanpa alat pembantu

- a) *Atmosphere* (udara pada kondisi *atmospheric* mengalir bebas tanpa memakai penutup *tower*).

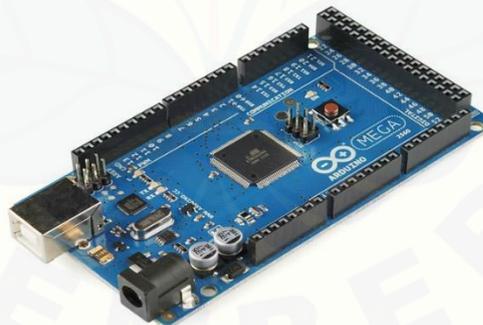
b) *Natural draft* (udara mengalir dalam udara pendinginan dari *tower* namun kondisi udara belum tentu *atmospheric*).

c. Komponen *Cooling Tower*

Komponen dasar sebuah menara pendingin meliputi rangka dan wadah, bahan pengisi, kolam air dingin, *eliminator* aliran, saluran masuk udara, *louvers*, *nosel* dan *fan* (Rengga Bayu, 2014).

2.2 Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis atmega 2560. Arduino mega 2560 memiliki 54 *pin digital input* atau *output*, dimana 15 *pin* dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 *pin* sebagai *input* analog, dan 4 *pin* sebagai VART (*part serial hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi usb, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol reset ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau *power* dihubungkan dengan adaptor AC - DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya (Dede Hendriono, 2014).



Gambar 2.3 Board Arduino Mega 2560
(Sumber : Ecadio, 2016)

Arduino mega 2560 adalah *baard* arduino yang merupakan perbaikan dari *baard* arduino mega sebelumnya. Arduino mega awalnya memakai *chip* atmega1250 dan kemudian diganti dengan *chip* atmega2560, oleh

karena itu namanya diganti menjadi arduino mega 2560. Arduino mega 2560 sudah sampai pada revisinya yang ke 3 (R3) (Zerfani Yulias, 2013).

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

<i>Chip mikrokontroler</i>	ATmega2560
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V - 12V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM output
Analog Input pin	16 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 g

(Sumber : Ecadio, 2016)

2.3 Sensor Waterflow

Sensor *waterflow* terdiri dari bodi katup plastik, rotor air dan sensor *hall effect*. Ketika air mengalir melalui rotor, maka rotor akan berputar sesuai dengan kecepatan aliran air yang mengalir melalui rotor tersebut. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan memanfaatkan sensor *hall effect*. *Hall effect* ini didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak. Ketika ada arus listrik yang mengalir pada *hall effect* yang ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus terhadap arus listrik, pergerakan pembawa muatan akan berbelok ke salah satu sisi dan menghasilkan medan listrik. Medan listrik terus membesar hingga gaya *lorentz* yang bekerja pada partikel menjadi nol. Perbedaan potensial antara kedua (Sutono, 2016).



Gambar 2.4 *Waterflow*
(Sumber : Sutono, 2016)

Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor *Waterflow*

<i>Max working current</i>	15mA (DC 5 V)
<i>Working voltage</i>	5V – 24 V
<i>Flow rate range</i>	1 – 30 L/min
<i>Operating temperature</i>	0 °C – 80 °C
<i>Liquid temperature</i>	< 120°C
<i>Operating humidity</i>	35% - 90% RH O
<i>Water pressure</i>	1.2Mpa
<i>Storage temperature</i>	-25 °C - +80 °C
<i>Weight</i>	43 g

(Sumber: Adinda Permata Sari, 2015)

2.4 Sensor Ultrasonik HC-SR04



Gambar 2.5 Sensor Ultrasonik HC-SR04
(Sumber: [Ibnu](#) Kusumayadi, 2014)

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang sara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu didepannya (Arif Setiawan, 2012).

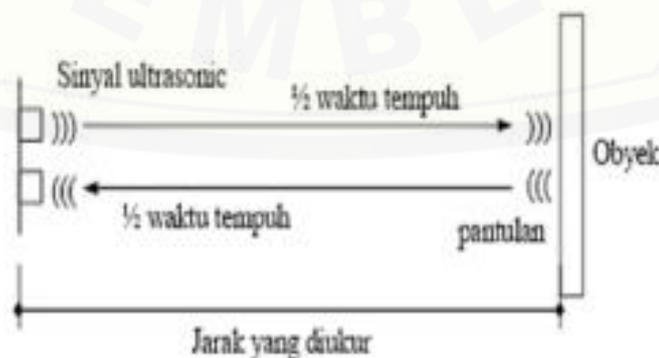
HC-SR04 memiliki 4 *pin*, VCC, TRIG, ECHO dan GND. VCC dihubungkan dengan 5V dari Arduino dan GND dengan GND pada Arduino. TRIG terhubung pada *pin digital* 12 dan ECHO dihubungkan dengan *pin digital* 13 (Zerfani Yulias, 2011).

Sensor ini adalah *transmitter*, bertindak sebagai pengirim sekaligus sebagai penerima. Cara kerjanya mirip kelelawar, yaitu dengan menembakkan sinyal ultrasonik lalu setelah terpantul benda didepannya, sinyal tersebut akan diterima kelelawar untuk menentukan jarak antara dirinya dengan benda didepannya. Untuk menghubungkan HC-SR04 dengan Arduino sangat mudah tanpa perlu komponen lainnya seperti resistor atau kapasitor (Ibnu Kusumayadi, 2014).

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang memiliki frekuensi mulai 20 KHz hingga sekitar 20 MHz. Frekuensi kerja yang digunakan dalam gelombang ultrasonik bervariasi tergantung pada medium yang dilalui, mulai dari kerapatan rendah pada fasa gas, cair hingga padat. Jika gelombang ultrasonik berjalan melalui sebuah medium, maka s adalah jarak dalam satuan meter, v adalah kecepatan suara yaitu 344 m/detik dan t adalah waktu tempuh dalam satuan detik.

$$s = \frac{v \cdot t}{2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Ketika gelombang ultrasonik menumbuk suatu penghalang maka sebagian gelombang tersebut akan dipantulkan sebagian diserap dan sebagian yang lain akan diteruskan. Proses ini ditunjukkan pada gambar 6 (Ulfah Mediaty Arief, 2011).



Gambar 2.6 Cara Kerja Sensor Ultrasonik
(Sumber: Hendra Hermawan, 2011)

2.4.1 Datasheet Sensor Ultrasonik HC-SR04 :

- a. *Working Voltage*: DC 5V
- b. *Working Current*: 15mA
- c. *Working Frequency*: 40Hz
- d. *Max Range*: 4m
- e. *Min Range*: 2cm
- f. *Measuring Angle*: 15 degree
- g. *Trigger Input Signal*: 10 μ S TTL pulse
- h. *Echo Output Signal Input* TTL lever signal and the range in proportion
- i. *Dimension* 45mm x 20mm x 15mm.

2.5 Sensor DS18B20 Waterproof



Gambar 2.7 Sensor DS18B20 Waterproof
(Sumber : Dermawan, 2013)

Sensor temperatur DS18B20 dikeluarkan oleh Dallas Semiconductor. DS18B20 telah memiliki keluaran digital sehingga tidak perlu rangkain ADC, serta akurasi nilai suhu dan kecepatan pengukuran memiliki kesetabilan yang jauh lebih baik dari sensor LM35DZ. Untuk pembacaan suhu, sensor menggunakan protokol *one wire communication*. DS18B20 memiliki 3 *pin* yang terdiri dari +5V, *ground* dan data *input / output*. DS18B20 merupakan sensor yang sangat praktis karena hanya membutuhkan 1 *pin* I/O saja untuk bisa bekerja sama dengan

mikrokontroler, sensor DS18B20 memiliki kemampuan untuk mengukur suhu pada kisaran $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan bekerja secara akurat dengan kesalahan kurang lebih $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada kisaran $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Selain itu, daya yang digunakan bisa langsung didapat data *line* (“*parasite power*”). Sehingga tidak perlu lagi listrik *eksternal* (Dermawan, 2013).

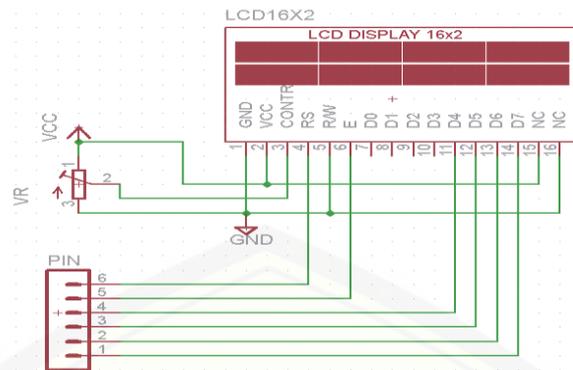
2.5.1 Spesifikasi Sensor DS18B20

- a. Hanya memerlukan satu *port pin* untuk komunikasi
- b. Setiap perangkat memiliki *64-bit* dalam *on-board* ROM.
- c. Kemampuan *simplified temperature* sensing aplikasi
- d. Tidak memerlukan komponen *eksternal*.
- e. *Power supply* berkisar 3.0V sampai 5.5V
- f. Suhu yang dapat diukur dari $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $125\text{ }^{\circ}\text{C}$
- g. Keakuratan data dari $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $85\text{ }^{\circ}\text{C}$
- h. Resolusi termometer *9-bit*
- i. Kecepatan mengukur suhu dalam $750\text{-}800\text{ ms}$ (max)

Sensor ini mempunyai tiga kaki yang terdiri dari GND yaitu *ground*, DQ untuk data masukan atau data keluaran dan VDD untuk tegangan sensor sensor DS18B20 memerlukan tegangan pendayaan berkisar antar 3.0V sampai 5.5V (Anonim , 2009).

2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan Sebuah teknologi layar *digital* yang menghasilkan citra pada sebuah permukaan yang rata (*flat*) dengan memberi sinar pada kristal cair dan *filter* berwarna, yang mempunyai struktur molekul polar, diapit antara dua elektroda yang transparan (Eko Setiawan, 2012).



Gambar 2.8 Skematik LCD (*Liquid Crystal Display*)
(Sumber: Bagus Prehan, 2013)



Gambar 2.9 Bentuk Fisik LCD (*Liquid Crystal Display*)
(Sumber : Sutono, 2016)

2.7 Pompa Air



Gambar 2.10 Pompa Air
(Sumber : Sutono, 2016)

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu *media* perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran. Contoh pompa dalam kehidupan sehari-hari antara lain pompa air, pompa diesel, pompa *hydram*, pompa bahan bakar dan lain-lain. Dari sekian banyak pompa yang ada tentunya mempunyai prinsip kerja dan kegunaan yang berbeda-beda, walaupun pada akhirnya pompa adalah alat yang digunakan untuk memberikan tekanan yang tinggi pada *fluida* (Bayu Gilang Purnomo, 2013).

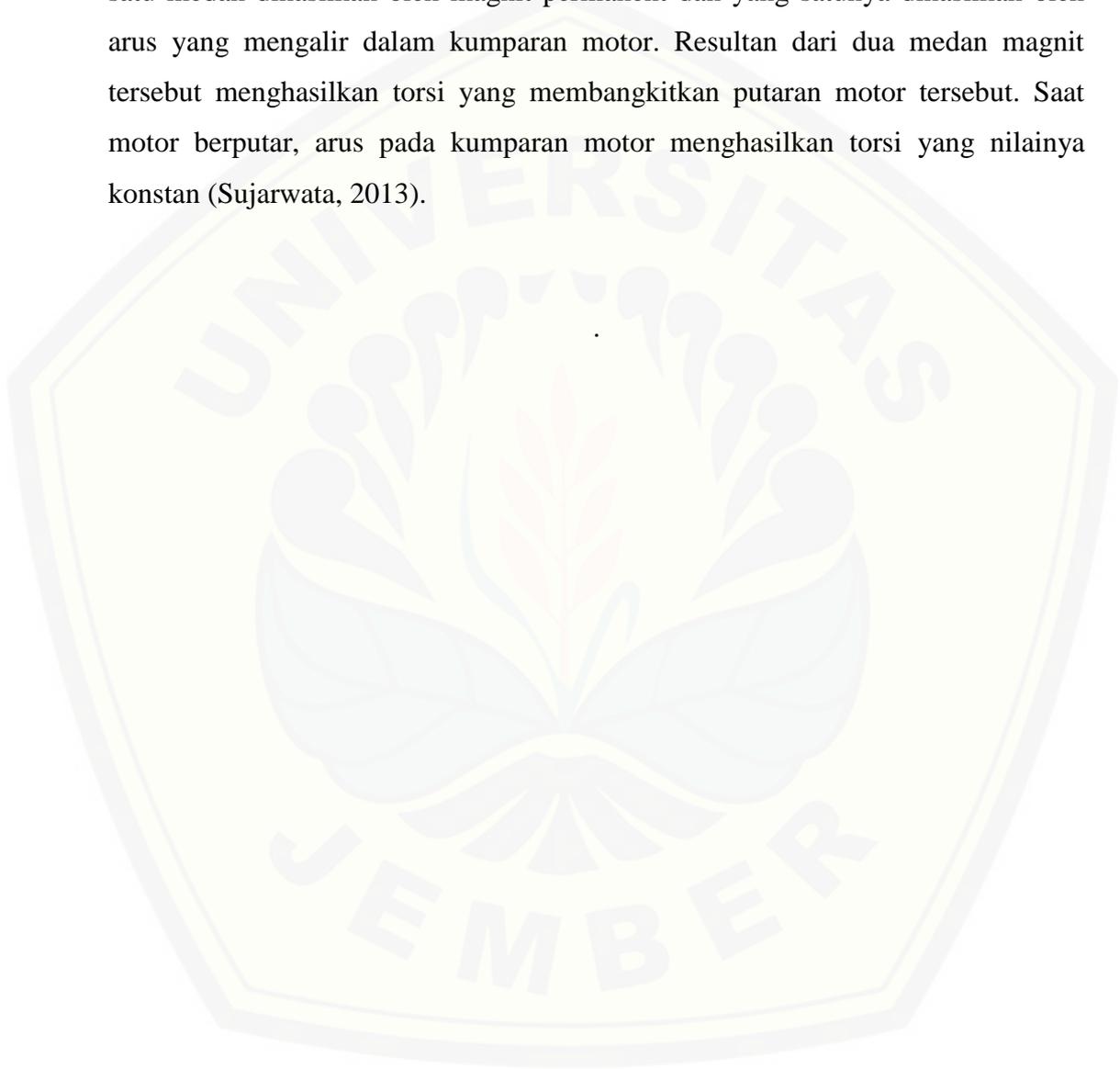
2.8 Motor Servo



Gambar 2.11 Bentuk Fisik Servo
(sumber : Sujarwata, 2013).

Motor servo menggunakan dengan sistem umpan balik tertutup, di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur

berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Karena motor DC servo merupakan alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, maka magnet permanent motor DC servo-lah yang mengubah energi listrik ke dalam energi mekanik melalui interaksi dari dua medan magnet. Salah satu medan dihasilkan oleh magnet permanent dan yang satunya dihasilkan oleh arus yang mengalir dalam kumparan motor. Resultan dari dua medan magnet tersebut menghasilkan torsi yang membangkitkan putaran motor tersebut. Saat motor berputar, arus pada kumparan motor menghasilkan torsi yang nilainya konstan (Sujarwata, 2013).



BAB 3. METODE PENELITIAN

Metode pelaksanaan kegiatan menjelaskan pembuatan alat dari awal sampai akhir pembuatan alat. Komponen metode pelaksanaan kegiatan meliputi waktu dan tempat kegiatan, ruang lingkup kegiatan, jenis dan sumber data, dan metode pengumpulan data. Tabel yang terdapat dibawah ini, merupakan jadwal kegiatan yang akan dilaksanakan, sebagai berikut:

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Bulan ke -											
		II			III			IV					
1	Studi literatur dan Pembuatan laporan Bab 1 sampai Bab 3	■	■										
2	Pembuatan rangkaian penyusun system dan Konsultasi		■	■	■								
3	Proses Kalibrasi dan Konsultasi				■	■	■						
4	Pengujian alat dan Konsultasi					■	■	■	■	■			
5	Menganalisa data hasil pengujian dan Konsultasi											■	■
6	Pembuatan Laporan											■	■

Keterangan

■ : Kegiatan dilaksanakan

Pada bab ini menjelaskan metode tentang penelitian atau tugas akhir yang akan dilakukan. Pada bab ini dijelaskan waktu beserta tempat yang akan dilakukan untuk proses pengambilan data, selain itu juga dijelaskan alat dan bahan yang digunakan, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, desain alat yang akan dibuat.

3.1 Waktu dan Tempat

Pembuatan dan pengambilan data proyek akhir yang berjudul “*Prototype Sistem Monitoring dan Pengontrolan Air Cooling tower Berbasis Arduino Mega2560*” ini dilaksanakan pada bulan februari 2017 dan tempat pembuatannya

dilakukan di rumah dengan alamat Jln. Selamat Riyadi nomer 56, Patrang, Jember dan di rumah dengan alamat Perumnas Kalipuro Asri Blok D3-15, Kalipuro, Banyuwangi.

3.2 Ruang Lingkup Kegiatan

Untuk memperjelas, menyederhanakan dan menghindari meluasnya masalah maka diberi batasan masalah sebagai berikut.

- a. Alat ini hanya berupa *prototype*.
- b. Alat ini hanya *memonitor* debit air tanpa menghitung *volume* air yang terbuang saat proses pendinginan *cooling tower*.
- c. Sensor ultrasonik hanya mengukur ketinggian air.
- d. Pengukuran debit, suhu, dan tinggi air hanya ditampilkan pada LCD.
- e. Pembuatan alat menggunakan 3 buah sensor yaitu sensor *waterflow* untuk mengukur debit air, sensor ultrasonik untuk mengukur tinggi air, dan sensor suhu DS18B20 *waterproof* untuk mengukur suhu air.
- f. Kontrol *valve* mengunakan motor servo.
- g. Kipas DC hanya membantu pendinginan air.
- h. Pembuatan alat menggunakan sebuah arduino mega2560 sebagai pengendali sistem.

3.3 Jenis dan Sumber Data

Jenis dan sumber data yang digunakan dalam kegiatan ini adalah data primer, data tersebut diperoleh melalui *eksperimen*, dalam *eksperimen* ini disusun menggunakan alat dan bahan sebagai berikut:

3.3.1 Komponen yang terdapat pada alat ini terdiri dari beberapa rancangan antara lain:

- a. Pembuatan *Power Supply*
 - 1) Trafo
 - 2) IC *Regulator*
 - 3) Kapasitor
 - 4) PCB

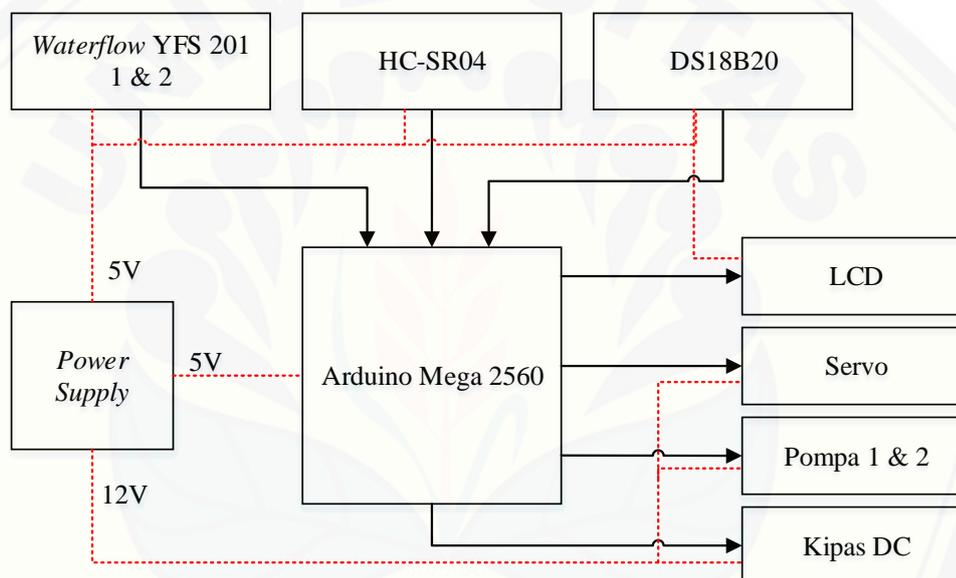
- 5) Dioda
 - 6) Kabel
- b. Pembuatan Modul Sensor Ultrasonik HC-SR04
- 1) Sensor Ultrasonik HC-SR04
 - 2) *Power Supply*
 - 3) Kabel *Jumper*
- c. Pembuatan Modul Sensor *Waterflow*
- 1) Sensor *Waterflow*
 - 2) *Power Supply*
 - 3) Kabel *Jumper*
- d. Pembuatan Modul Sensor DS18B20
- 1) Sensor DS18B20
 - 2) Resistor 4k7 Ohm
 - 3) *Power Supply*
 - 4) Kabel *Jumper*
- e. Pembuatan Modul LCD
- 1) LCD 2x16
 - 2) *Variabel Resistor* 5 K Ω
 - 3) Kabel *Jumper*
 - 4) PCB
- f. *Software*
- 1) *Proteus 8 Professional*
 - 2) Eagle PCB
 - 3) Arduino
- g. *Output*
- 1) Pompa Air
 - 2) LCD
 - 3) Motor Servo
 - 4) Kipas

3.4 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data yaitu melakukan pengujian alat secara keseluruhan maupun perbagian dengan menggunakan beberapa sampel, dan menggunakan beberapa tahap pembuatan alat, sebagai mana berikut:

3.4.1 Blok Diagram Alat

Blok diagram ini digunakan untuk mempermudah mengetahui proses atau alur dari cara kerja rangkaian yang akan dibuat secara garis besar.



Gambar 3.1 Blok Diagram Alat.

Gambar 3.1 adalah blok diagram *prototype* sistem *monitoring* dan pengontrol air *cooling tower* ini menggunakan sensor *waterflow* YFS 201, ultrasonik HC-SR04 dan sensor suhu DS18B20 *waterproof*. Diagram diatas menjelaskan tentang bagian-bagian dari sebuah komponen elektronika yang tersusun menjadi satu sistem *monitoring* dan pengontrol. Dimana pada blok diagram di atas arduino mega2560 menjadi pusat pengendali alat. Bagian *input* pada blok diagram menggunakan sensor *waterflow* YFS 201, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor suhu DS18B20 *waterproof*. Bagian *output* pada blok diagram menggunakan LCD, motor servo, pompa air dan kipas DC.

Dari gambar 3.1 di jelaskan bahwa *power supply* akan memberikan *input* tegangan 5V atau 12V kepada *input* dan *output*. Sedangkan sensor akan mengirimkan sinyal – sinyal yang dideteksi kepada sebuah mikrokontrol yang berupa arduino mega. Data yang diterima oleh mikrokontrol akan diolah sesuai program yang ditanam pada arduino. Data yang telah diolah oleh arduino akan memerintahkan *output* sesuai fungsi dan kegunaannya.

Dari diagram blok pada gambar 12 terlihat bahwa alat yang akan dirancang terdiri dari beberapa bagian:

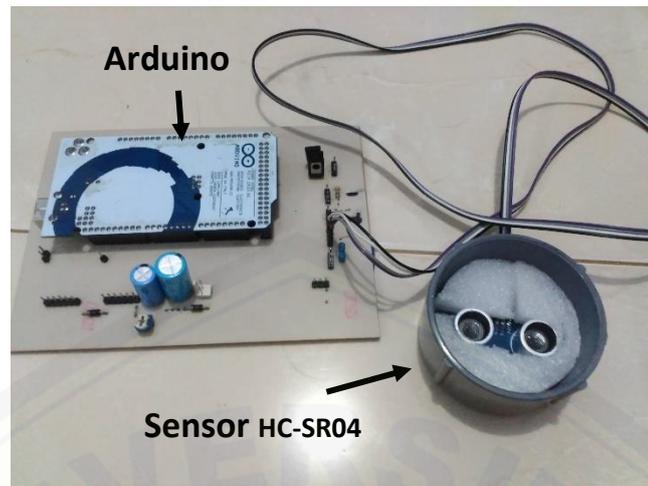
- a. *Power supply* digunakan untuk memberikan tegangan pada arduino, *input* dan *output* agar dapat dioperasikan sesuai fungsinya.
- b. Arduino digunakan sebagai sistem pengontrol dan memproses data yang diterima *input* serta akan memerintahkan *output* sesuai kegunaannya.
- c. Sensor *waterflow* digunakan untuk mengukur debit air yang mengalir pada pompa air 1 dan pompa air 2.
- d. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian air pada tandon penampungan air *cooling tower*.
- e. Sensor suhu digunakan untuk mengukur suhu air *cooling tower*.
- f. LCD digunakan untuk menampilkan hasil yang berupa angka dari setiap pengukuran debit, suhu dan ketinggian air yang dibaca sensor.
- g. Motor servo digunakan untuk memutar kran / *valve* agar bisa membuka dan menutup secara otomatis.
- h. Pompa air digunakan untuk sirkulasi air *cooling tower*
- i. Kipas DC digunakan untuk pendingin air *cooling tower*.

3.4.2 Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem ini menjelaskan tentang perancangan sistem alat secara keseluruhan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Rangkaian Modul Sensor Ultrasonik HC-SR04

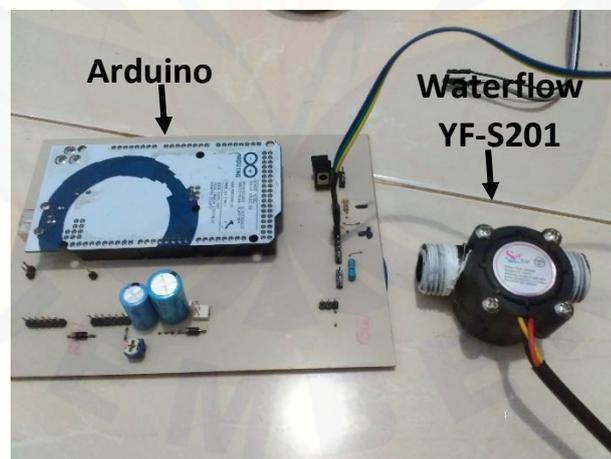
Rangkaian modul sensor ultrasonik HC-SR04 ini digunakan sebagai pengukur tinggi air pada tandon *cooling tower*, agar ketinggian air pada tandon *cooling tower* selalu terkontrol dan ter-*monitiring* .



Gambar 3.2 Rangkaian Modul Sensor Ultrasonik

b. Rangkaian Modul *Waterflow*

Rangkaian sensor *waterflow* YF-S201 digunakan sebagai pengukur debit air yang mengalir pada pompa 1 dan pompa 2 agar debit air yang mengalir pada *cooling tower* selalu *ter-monitoring* dan terkontrol.



Gambar 3.3 Rangkaian Modul *Waterflow*

c. Rangkaian Modul Sensor DS18B20 *Waterproof*.

Rangkaian sensor suhu DS18B20 *waterproof* digunakan untuk mengukur suhu air pada *cooling tower* agar suhu air *cooling tower* selalu *ter-monitor* dan terkontrol.



Gambar 3.4 Rangkaian Modul Sensor DS18B20

d. Rangkaian Modul LCD (*Liquid Crystal Display*)

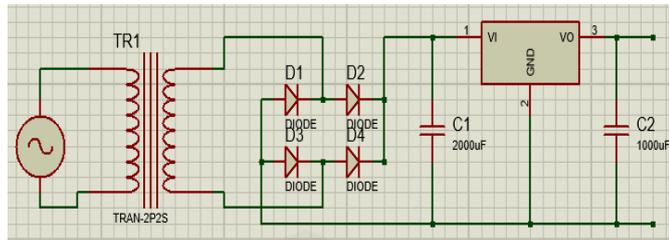
Rangkaian LCD digunakan untuk memapilkan data dibaca sensor dengan memapilkan angka dari setiap proses pengukuran debit, suhu dan tinggi air pada *cooling tower*.



Gambar 3.5 Rangkaian LCD

e. Rangkaian *Power Supply*

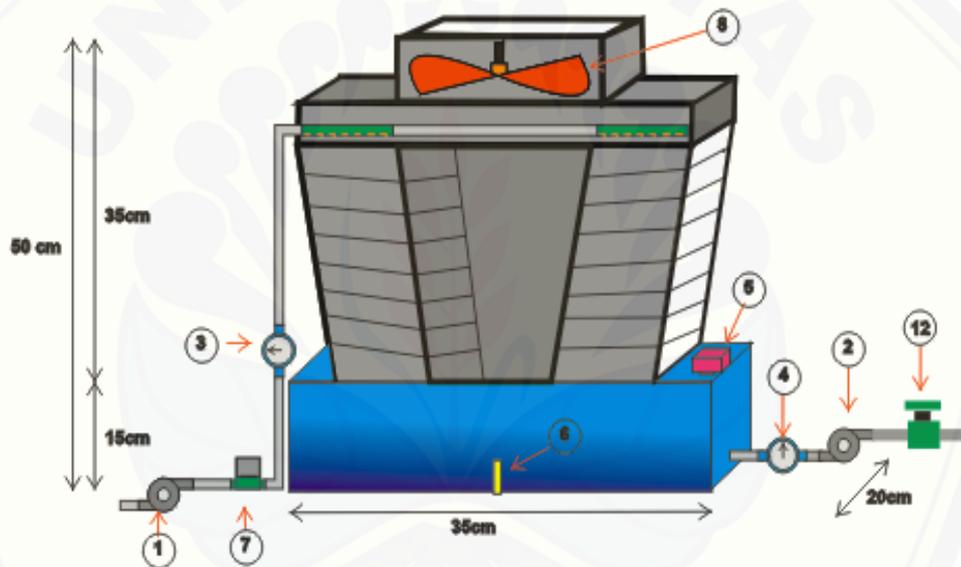
Rangkaian *power supply* digunakan untuk memberi sumber tegangan pada setiap komponen elektronika agar dapat aktif dan bekerja sebagaimana fungsi dari setiap komponen. *Power supply* yang dibuat memiliki *output* sebesar 5 V dan 12 V dengan arus *output* 3 A.



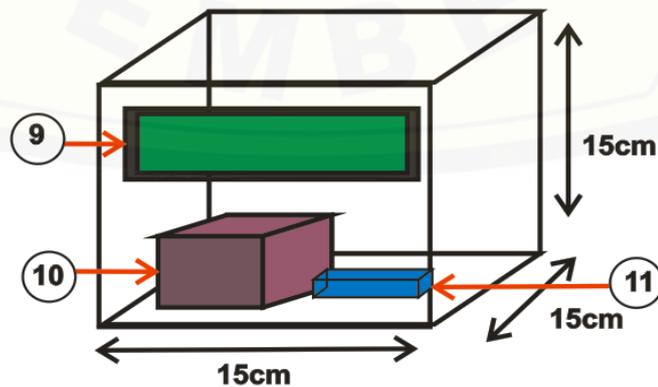
Gambar 3.6 Rangkaian *Power Supply*

3.4.3 Rancang Bangun

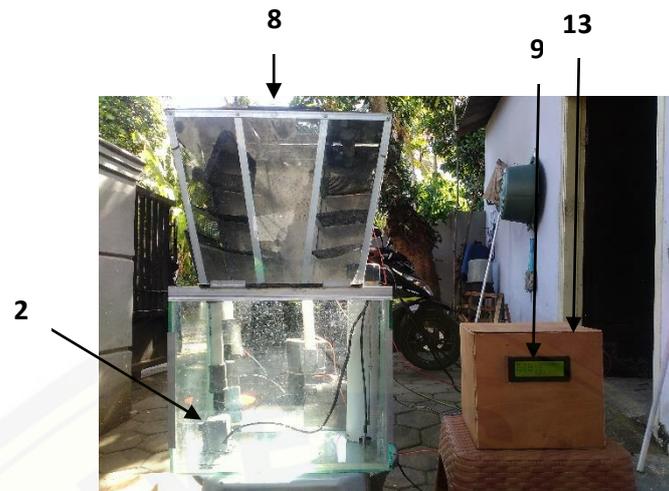
Rancang bangun dibawah ini menjelaskan tentang perancangan dan bagian – bagian alat *prototype* sistem *monitoring* dan pengontrolan air *cooling tower*



Gambar 3.7 Perancangan Alat *Cooling Tower*



Gambar 3.8 Perancangan Panel *Cooling Tower*



Gambar 3.9 *Prototype Cooling Tower* Tampak Depan



Gambar 3.10 *Prototype Cooling Tower* Tampak belakang

Keterangan :

- 1 Pompa Air 1 (pompa air masuk).
- 2 Pompa Air 2 (pompa air keluar).
- 3 Sensor *Waterflow* 1 (mengukur debit air pada pompa air 1).
- 4 Sensor *Waterflow* 2 (mengukur debit air pada pompa air 2).
- 5 Sensor Ultrasonik (mengukur ketinggian air).
- 6 Sensor DS18B20 (mengukur suhu air).
- 7 Motor Servo (digunakan untuk memutar *valve*).
- 8 Kipas DC (digunakan untuk pendinginan air)

- 9 LCD (digunakan untuk *inter face*)
- 10 *Power Supply*
- 11 Arduino mega2560.
- 12 Kran *Output*.
- 13 Panel

Gambar di atas menunjukkan perancangan mekanik dari alat sistem *monitoring* dan pengontrolan air *cooling tower*. Dimana alat ini menggunakan tiga buah sensor untuk mengontrol dan *me-monitoring* air *cooling tower* yaitu sensor *waterflow* YFS 201, HC-SR04 dan DS18B20. Serta *prototype* ini juga memiliki empat buah *output* yaitu LCD, motor servo, kipas DC dan pompa.

Prototype alat ini memiliki skala perbandingan dimensi sekitar 1 : 5877 m³ dari alat sebenarnya. alat ini memiliki dimensi (P x L x T) sebesar 0,35 m x 0,2 m x 0,7 m. dengan kapasitas *volume* tandon sebesar 0,021 m³ karena tinggi tandon 0,3m. Sedangkan untuk alat sebenarnya memiliki dimensi alat sebesar 6 m x 6 m x 8 m, dengan kapasitas tandon sebesar 54 m³ karena tinggi tandon 1,5 m.

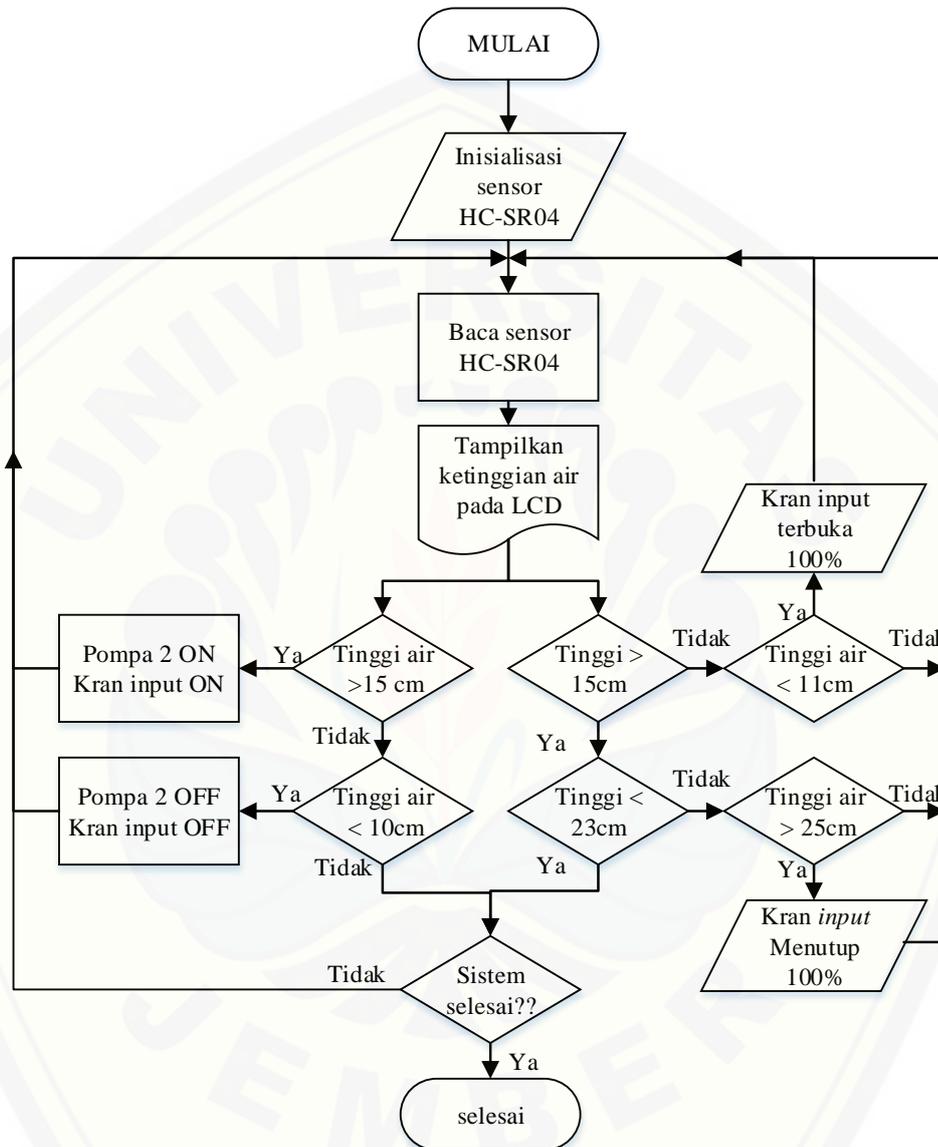
3.4.4 Diagram Alir

Dalam diagram alir ini terbagi menjadi 3 sistem *monitoring* dan pengontrolan pada alat.

a. *Flowchart* Sistem *Monitoring* dan Pengontrolan Ketinggian Air

Diagram alir ini menjelaskan tentang pengontrolan dan *monitoring* suatu sistem ketinggian air pada *prototype cooling tower*. proses pertama yaitu inisialisasi sensor ultrasonik. Setelah itu sensor membacakan ketinggian air dan akan di tampilkan pada LCD. Proses selanjutnya yaitu perbandingan ketinggian air. Perbandingan yang pertama adalah perbandingan untuk kontrol pompa 2. Jika tinggi air lebih dari 15 cm maka pompa 2 on, jika tidak maka akan melakukan proses perbandingan selanjutnya yaitu apakah ketinggian air dibawah 11 cm ?. Jika iya pompa 2 akan off, jika tidak maka akan melakukan proses selanjutnya. Untuk proses perbandingan selanjutnya yaitu kontrol kran *input* untuk membuka dan menutup penuh secara otomatis. Dimana jika ketinggian air kurang dari 11

cm maka kran *input* akan tertutup penuh. Jika tinggi air lebih dari 25 cm maka kran *input* akan menutup penuh. Setelah itu membaca apakah sistem sudah selesai ?, jika iya proses selesai. Jika tidak proses akan kembali membaca sensor.

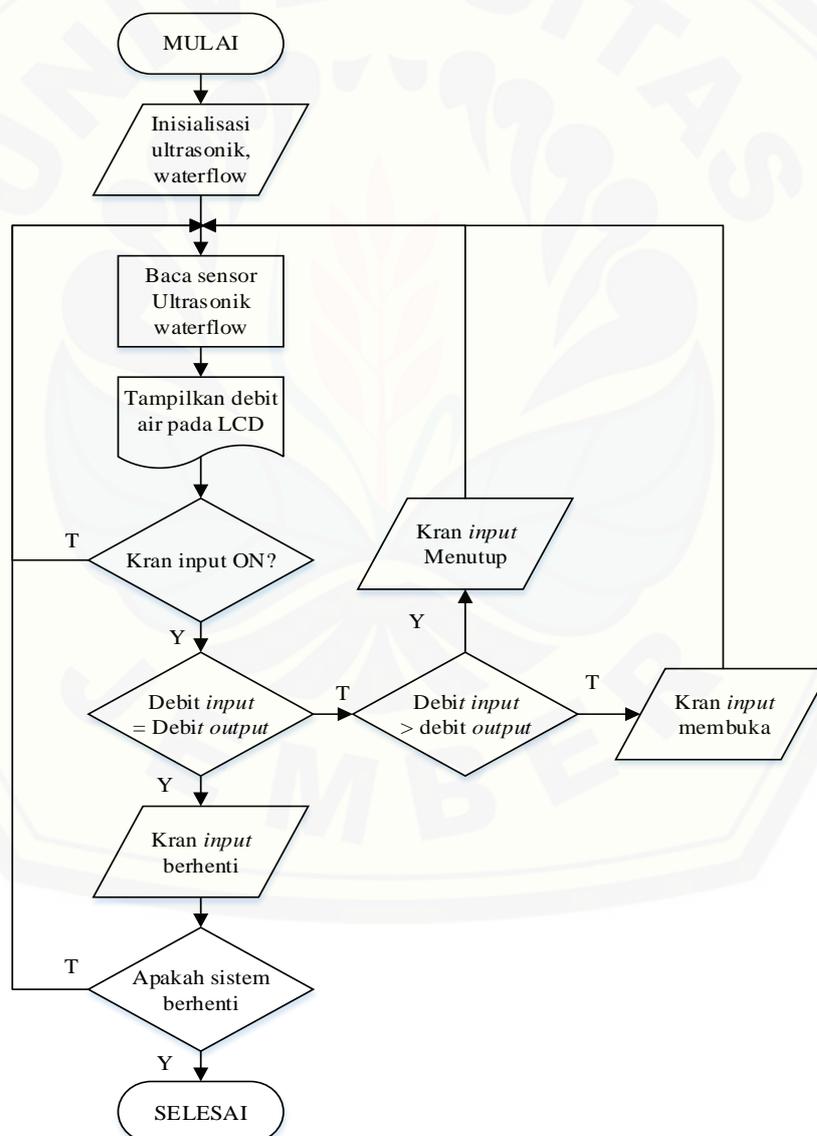


Gambar 3.11 Flowchart Sistem Pengontrolan dan Monitoring Ketinggian Air

b. Flowchart Sistem Monitoring dan Pengontrolan Debit Air

Diagram alir ini menjelaskan tentang proses *monitoring* dan pengontrolan debit air. Proses pertama pada gambar 3.12 di bawah yaitu inisialisasi sensor, selanjutnya sensor akan membaca ketinggian air dan debit air. data debit yang dibaca sensor *waterflow* akan ditampilkan pada LCD. Proses selanjutnya yaitu

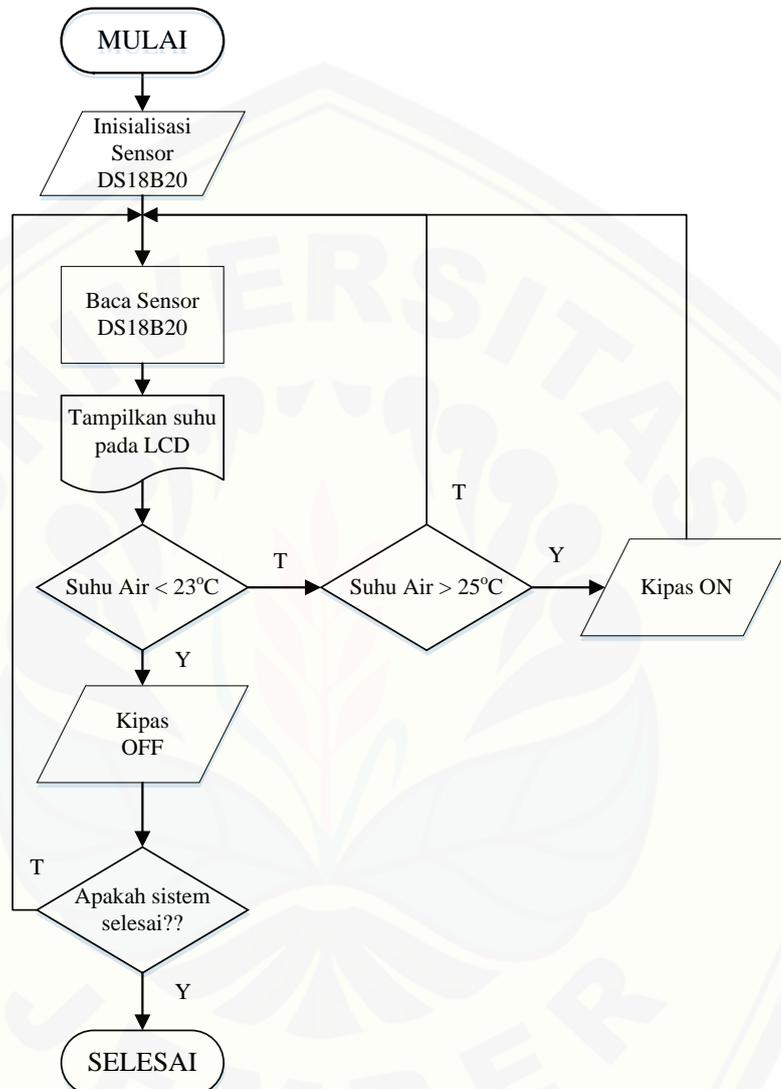
proses perbandingan data yang dibaca sensor. Perbandingan yang pertama yaitu apakah pompa 2 on ?. Jika iya akan lanjut pada perbandingan kedua, jika tidak akan mengulang proses pembacaan sensor. Untuk proses kedua perbandingan debit air. apakah debit air *input* dan *output* sama?, jika iya kran akan tetap pada posisinya. Jika tidak akan membandingkan. Apakah debit air *input* lebih besar dari debit air *output* ?, jika iya kran air akan bergerak menutup. Jika tidak kran akan bergerak menutup dan mengulangi pada proses pembacaan sensor. Untuk proses terakhir apakah sistem sudah selesai ?, jika iya proses selesai. Jika tidak proses akan kembali membaca sensor.



Gambar 3.12 Flowchart Sistem Pengontrolan dan Monitoring Debit Air

c. *Flowchart* Sistem Pengontrolan dan *Monitoring* suhu Air

Diagram alir ini menjelaskan proses *Monitoring* dan pengontrolan suhu pada *prototype cooling tower*.



Gambar 3.13 *Flowchart* Sistem *Monitoring* Dan Pengontrolan Suhu

Proses pertama pada gambar 3.13 yaitu inialisasi *input* yang berupa sensor suhu DS18B20 *waterproof*. Setelah itu sensor DS18B20 akan membaca suhu air pada tandon *cooling tower* dan akan ditampilkan pada LCD. Data yang suhu selanjutnya akan dibandingkan. apakah suhu kurang dari 23 °C ?, jika iya kipas DC akan OFF. Jika tidak maka akan memproses perbandingan kedua. apakah suhu diatas 25 °C, jika iya kipas DC akan ON dan kembali ke proses membaca

sensor DS18B20 ?. Jika tidak kembali mengulangi membaca sensor DS18B20. Untuk proses terakhir apakah sistem sudah selesai ?, jika iya proses selesai. Jika tidak proses akan kembali membaca sensor.

3.5 Kalibrasi Sensor

Sistem yang digunakan untuk mengukur temperatur, tinggi dan debit pada *Prototype monitoring* dan pengontrolan *cooling tower* menggunakan sensor temperatur DS18B20, ultrasonik HC-SR04, *waterflow* YF-S201 dan pengolah data menggunakan arduino mega2560. Alat ini bertujuan untuk *me-monitoring* dan mengontrol ke tinggian, temperatur dan debit air pada *cooling tower* agar tetap pada *range* yang telah ditentukan. Untuk mendapat nilai yang sesuai dengan pengukuran sebenarnya, maka sensor perlu dilakukan proses kalibrasi. Kalibrasi sensor bertujuan untuk menentukan atau menguji apakah nilai pengukuran yang dibaca sensor sudah sesuai dengan nilai pengukuran dari alat konvensional yang sudah standar. Proses kalibrasi dilakukan pada sensor yang digunakan yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor *waterflow* YF-S201. Sedangkan untuk sensor temperatur DS18B20 tidak dilakukan kalibrasi karena sensor ini sudah dapat mengkonversikan nilai digital menjadi satuan temperatur (°C) dengan menggunakan *library* yang sudah ada pada arduino.

3.5.1 Kalibrasi Sensor HC-SR04

Proses kalibrasi sensor HC-SR04 dilakukan agar mendapat nilai pengukuran ke tinggian air yang sesuai dengan alat ukur standar. Sensor ultrasonik HC-SR04 memancarkan gelombang melalui *transmitter* dan akan menerima pantulan gelombang melalui *reciver*. Lama waktu antara pemancaran gelombang sampai penerimaan gelombang itu-lah yang akan dikonversikan menjadi jarak dengan rumus. s adalah jarak dalam satuan meter, v adalah kecepatan suara yaitu 344 m/detik dan t adalah waktu tempuh dalam satuan detik

$$s = \frac{v \cdot t}{2}$$

Proses kalibrasi sensor HC-SR04 dilakukan dengan cara mengukur berapa waktu yang diperlukan untuk proses pengiriman gelombang dari *transmitter* ke *reciver* saat dibenda pada titik tertentu. Data kalibrasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.2 Data Kalibrasi Sensor HC-SR04

NO	Kondisi (cm)	Waktu (μ s)
1	5	295
2	8	473
3	11	632
4	14	831
5	17	1021
6	20	1183

Setelah melakukan pengujian kalibrasi sensor HC-SR04, didapatkan hasil waktu pengukuran yang diperlukan sensor HC-SR04 untuk pengiriman gelombang ultrasonik dari *triger* ke *echo* terhadap letak benda, dapat dilihat pada tabel 3.2 diatas. Untuk jarak 5 cm waktu pengiriman yang diperlukan sebesar 290 μ s, jarak 8 waktu pengiriman sebesar 473 μ s, jarak 11 waktu pengiriman sebesar 632 μ s, jarak 14 waktu pengiriman sebesar 831 μ s, jarak 17 waktu pengiriman sebesar 1021 μ s, dan jarak 20 waktu pengiriman sebesar 1183 μ s. Dari data tersebut dapat dilihat selisih waktu pengiriman setiap perubahan jarak 3 cm sebesar 162 – 199 μ s.

Untuk menghitung jarak benda dengan sensor dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

Contoh perhitungan jarak 5 cm

Keterangan:

Waktu pengiriman = 290

Kecepatan pengiriman = 340m/s = 0,034 cm/ μ s

Perhitungan:

$$s = \frac{v \times t}{2}$$

$$s = \frac{295 \times 0,034}{2}$$

$$s = 5,015$$

3.5.2 Kalibrasi Sensor *Waterflow* YSF-201

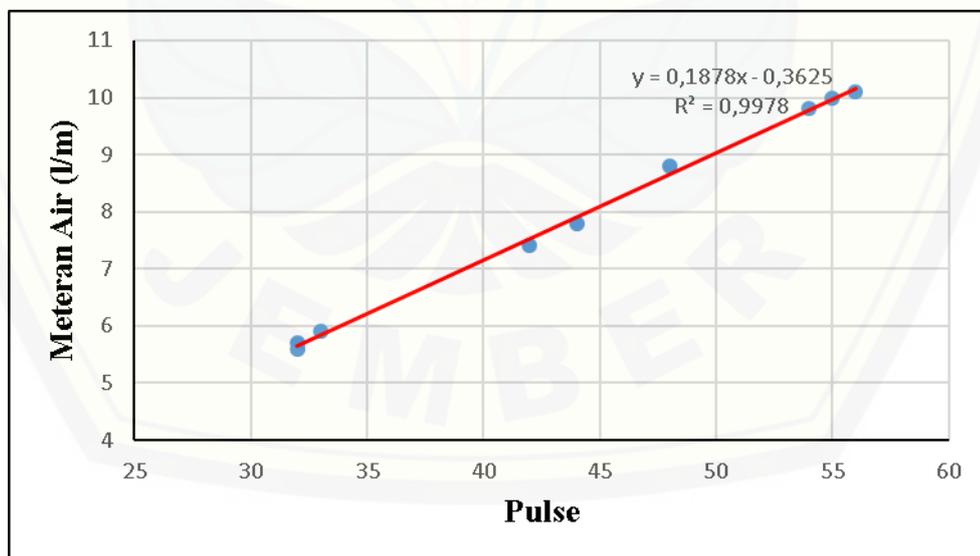
Kalibrasi sensor *waterflow* YF-S201 dilakukan agar sensor mendapat nilai yang sesuai dengan nilai yang dibaca dengan alat konvensional dan layak digunakan untuk alat ukur debit air yang akurat. Sensor *waterflow* YF-S201 akan mengkonversikan banyak *pulse* yang dibaca oleh sensor *hall effect* akibat perputaran rotor menjadi satuan nilai debit air dm³/menit. Proses kalibrasi sensor *waterflow* YF-S201 dilakukan dengan cara membandingkan nilai *pulse* yang dibaca sensor dengan nilai yang ditunjukkan oleh alat konvensional. Alat konvensional yang digunakan yaitu berupa sebuah meteran air yang biasa digunakan oleh PDAM. Proses pengujian sensor *waterflow* YF-S201 dilakukan dengan cara mengalirkan air dengan debit tertentu ke sensor dan meteran air. Dari pengujian kalibrasi sensor YF-S201 tersebut didapatkan hasil pengukuran *pulse* disetiap kondisi sebagai berikut

Tabel 3.3 Data Kalibrasi Sensor *Waterflow* YF-S201

No	Meteran air (L/m)	<i>Pulse</i> sensor YF-S201
1	5,6	32
2	7,4	42
3	10	55
4	5,9	33
5	8,8	48
6	10,1	56
7	5,7	32
8	7,8	44
9	9,8	54

Proses kalibrasi sensor YF-S201 dilakukan dengan cara mengalirkan air dengan debit tertentu pada alat ukur konvensional dan sensor YF-S201, dalam selang waktu 1 menit akan dicatat berapa debit air yang terukur oleh alat ukur konvensional dan banyak *pulse* yang terukur oleh sensor YF-S201. Proses tersebut akan dilakukan secara berulang dengan debit air yang dialirkan berubah-ubah setiap 1 menit sekali. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.3 diatas, untuk debit air 5,6 – 5,9 l/m nilai *pulse* yang dibaca sensor sebanyak 33-34. Sedangkan untuk debit air 7,4 - 7,8 l/m sebesar 42 - 44, debit 8,8 l/m sebesar 48, debit air 9,8 sebesar 54 dan untuk 10 l/m sebesar 55 *pulse*. Dari data tersebut dapat dihitung setiap kenaikan debit air, untuk pembacaan sensor setiap naik 1 l/m rata-rata *pulse*-nya 5,6. Angka ini didapatkan dari nilai *pulse* dibagi dengan debit terukur. Nilai tersebut lalu ditambahkan pada setiap pengukuran dan terakhir dibagi dengan banyak pengukuran.

Dari data tersebut juga dapat dibuat grafik kalibrasi dan rumus persamaan garis linier dan nilai R dari perbandingan nilai pengukuran alat konvensional dengan banyak *pulse* yang dibaca sensor. Grafik dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.14 Grafik Kalibrasi Sensor YF-S201

Dari gambar grafik diatas dapatkan rumus untuk mencari debit air pada sensor YF-S201

$$Debit = (Pulse \times 0,1878) - 0,3625 \dots\dots\dots(3.1)$$

untuk nilai R pada Pengukuran sensor HC-SR04 mendekati nilai 1 yaitu 0,9978 artinya sensor ini sudah baik digunakan untuk melakukan pengambilan data debit air pada alat *prototype* sistem *monitoring* dan pengontrolan air *cooling tower*.

Untuk mendapat nilai debit air dapat dirumuskan sebagai berikut

Contoh pengukuran debit air 5,6 l/m

Keterangan:

$$Pulse = 32.$$

Perhitungan:

$$Debit\ air = (0,1878 \times pulse) - 0,3625$$

$$\begin{aligned} Debit\ air &= (0,1878 \times 32) - 0,3625 \\ &= 5,64\ l/m \end{aligned}$$

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tugas akhir yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian sensor DS18B20 nilai *error* rata - rata sebesar 1,9%, dapat dilihat pada tabel 4.1.
2. Pada pengujian sensor HC-SR04 nilai *error* rata – rata sebesar 4,23% dapat dilihat pada tabel 4.2
3. Pada pengujian sensor YF-S201 *error* rata – rata pada sensor 1 sebesar 1,99% dan sensor 2 sebesar 2,02%. Perbedaan *error* rata- rata antara sensor satu dan dua diakibatkan ada perbedaan pengukuran dari setiap sensor. dapat dilihat pada tabel 4.3
4. Pada pengujian keseluruhan ketinggian air terbesar berada pada pengujian pertama pada kondisi ketiga sebesar 20.03 cm. karena beberapa hal yaitu selisih debit inpu dengan *output* cukup jauh dan kesalahan pembacaan sensor HC-SR04, lebih jelasnya dapat dilihat pada hal 39.
5. Untuk proses pendinginan alat ini hanya dapat melakukan pendinginan air dibawah 1°C. Contoh pada pengujian pertama suhu air sebelum diuji sebesar 26,50 °C dan saat diuji suhu turun menjadi 26,30.

5.2 Saran

Dari tugas akhir yang telah dilakukan tentunya perlu ada perbaikan agar hasil yang didapatkan bisa optimal, berikut beberapa saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Dapat direalisasikan lebih lanjut dan diuji dengan alat sebenarnya agar dapat diketahui kelebihan dan kekurangan dari segi bentuk alat yang sebenarnya
2. Perlunya menggunakan sensor yang *waterproof* karena sensor akan kontak langsung dengan air.
3. Dapat ditambahkan *monitoring* menggunakan sistem telemetri agar lebih muda untuk pengontrolan.
4. Disarankan menggunakan *power supply* yang memiliki arus diatas 2 amper untuk mengurangi kekurangan arus pada komponen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhitya, Dedi, dan Tedy. 2015. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Volume Dan Pengisian Air Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Avr Atmega8*, Universitas Tanjungpura. Volume 03, No.2 (2015), hal. 76-87, ISSN: 2338-493X, 24 Desember 2015.
- Ajiwiguna, Tri Ayodha. (2010). Sistem Chiller dan Cooling Tower. [Online]. Tersedia : <http://T-Lab.blogspot.co.id/2010/12/Sistem-Chiller-dan-Cooling-Tower.htm>. [12 october 2010].
- Dermawan, katriani dan setiawan. 2013. *Rancang Bangun Test Bed Cooling Tower Counter Flow*. Universitas negeri yogyakarta, 1 juli 2013.
- Prehan, Bagus. (2013). Konfigurasi Pin LCD 16 X 2. [Online]. Tersedia:<http://www.bagusprehan.com/2013/12/konfigurasi-pin-lcd-16x2> [20 Desember 2015].
- Purnomo, Bayu Gilang. (2013). *Pengertian Pompa*. [Online]. Tersedia: <http://purnama-bgp.blogspot.co.id/2013/06/pengertian-pompa>. [24 Desember 2015].
- Rangga, irfan, andi dan aziz. 2014. *Rancang Bangun Test Bed Cooling Tower Counter Flow*. Universitas Diponegoro, 29 agustus 2014.
- Sari, Adinda Permata. 2015. *Perancangan Alat Pengukuran Debit Air Menggunakan Water Flow Sensor G1/2 Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535*. Universitas Sumatra Utara, 27 Januari 2016.
- Shela S.A, Nine. 2016. *Sistem Monitoring Air Reservoir PDAM Jember Menggunakan Sensor Ultrasonik Dan Water Flow*. Universitas Jember, 09 Mei 2016.
- Sulistiyono, Aprilianto dan Anitasari. 2015. *Rancang Bangun Kran Air Wudhu Otomatis Dan Kontrol Bak Air Berbasis Arduino*. STMIK Banjarbaru, desember 2015.
- Sutomo. 2016. *Monitoring Distribusi Air Bersih*. Universitas Komputer Indonesia, 1 juni 2016.

LAMPIRAN

A. Program Pada arduino

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(32, 30, 28, 26, 24, 22);
//--sensor HC-SR04----//
    float trigPin = 12;
    float echoPin = 11;
    long duration;
    const float jarak=0;
    const float tinggi=0;
//suhu
    #include <OneWire.h>
    #include <DallasTemperature.h>
    #define ONE_WIRE_BUS 6
    OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
    DallasTemperature sensors(&oneWire);
//water flow
    byte waterflowInterrupt = 0;
    byte waterflowPin = 2;
    byte waterflowInterrupt2 = 5;
    byte waterflow2Pin = 18;
    volatile byte pulseCount;
    volatile byte pulseCount2;
    float flowRate;
    float flowRate2;
    unsigned long oldTime;
    unsigned long oldTime2;
//servo
    #include <Servo.h>
    Servo myservo;
    int pos = 90;
    #define RELAY1 49
    #define RELAY2 51
    #define RELAY3 53
    float suhu = 0;
    char ket;
    float ada;

void setup()
{
    myservo.attach(9);
    Serial.begin(9600);
    lcd.begin(20, 4);
    delay(50);
    //waterflow
    pinMode(waterflowPin, INPUT);
```

```
digitalWrite(waterflowPin, HIGH);
pulseCount      = 0;
flowRate        = 0.0;
oldTime         = 0;
attachInterrupt(waterflowInterrupt,pulsa, FALLING);
pinMode(waterflow2Pin, INPUT);
digitalWrite(waterflow2Pin, HIGH);
pulseCount2     = 0;
flowRate2       = 0.0;
attachInterrupt(waterflowInterrupt2,pulsa2, FALLING);
//suhu
sensors.begin();
pinMode(RELAY1, OUTPUT);
pinMode(RELAY2, OUTPUT);
pinMode (RELAY3, OUTPUT);
pinMode(trigPin, OUTPUT);
pinMode (echoPin, INPUT);
}

void loop()
{
  waterflow();
  HCSR04();
  DS18B20();
  kontrolketinggian();
  LCD();
}

void waterflow()
{
  if((millis() - oldTime) > 1000)
  {
    detachInterrupt(waterflowInterrupt);
    flowRate = (pulseCount*0.1878)-0.3625;
    oldTime = millis();
    pulseCount = 0;
    attachInterrupt(waterflowInterrupt, pulsa, FALLING);
  }
  if((millis() - oldTime2) > 1000)
  {
    detachInterrupt(waterflowInterrupt2);
    flowRate2 = (pulseCount2*0.1878)-0.3625;
    oldTime2 = millis();
    pulseCount2 = 0;
    attachInterrupt(waterflowInterrupt2, pulsa2, FALLING);
  }
}
```

```
void pulsa()
{
    pulseCount++;
}
void pulsa2()
{
    pulseCount2++;
}

void HCSR04()
{
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
    float jarak= (duration/2)*0.034;
    float tinggi = 33,7 - jarak;
    ada= tinggi;
}

void DS18B20()
{
    {
        sensors.requestTemperatures();
    }
    {
        if(sensors.getTempCByIndex(0) > 25)
        {
            digitalWrite(RELAY2, HIGH);
        }
        if(sensors.getTempCByIndex(0) < 23)
        {
            digitalWrite(RELAY2, LOW);
        }
    }
}

void LCD()
{
    lcd.clear();
    //suhu
    lcd.setCursor(10, 0);
    lcd.print("T:");
    lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));
    lcd.print(" C");
    //waterflow
```

```
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("D1:");
lcd.print(float(flowRate));
lcd.print(" l/m");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("D2:");
lcd.print(float(flowRate2));
lcd.print(" l/m");
//ping
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("H: ");
lcd.print(ada);
lcd.print("cm");
lcd.setCursor(0,3);
delay(10);
}

void kontrolkran()
{
  if(int (flowRate) == int (flowRate2))
  {
    pos = pos;
    myservo.write(pos);
  }
  if(int (flowRate) < int (flowRate2))
  {
    if(pos < 88)
    {
      pos += 2;
      myservo.write(pos);
    }
    else
    {
      pos = pos;
      myservo.write(pos);
    }
  }
  if(int (flowRate) > int (flowRate2))
  {
    if( pos > 3)
    {
      pos -= 2;
      myservo.write(pos);
    }
    else
    {
      pos = pos;
      myservo.write(pos);
    }
  }
}
```

```
        }
    }
}

void kontrolketinggian()
{
    if(ada >= 15)
    {
        digitalWrite(RELAY1, HIGH);
    }
    if(ada < 11)
    {
        pos = 90;
    }
    if(ada < 10)
    {
        digitalWrite(RELAY1, LOW);
        lcd.setCursor(8,3);
        lcd.print("LOW");
    }
    if(RELAY1 >= HIGH)
    {
        kontrolkran();
        lcd.setCursor(8,3);
        lcd.print("NORMAL");
    }
    if(ada >= 25)
    {
        digitalWrite(RELAY3, LOW);
    }
    if(ada <= 20)
    {
        digitalWrite(RELAY3, HIGH);
    }
    if(RELAY3 == LOW)
    {
        pos = 0;
    }
}
```

B. Dokumentasi Alat



Alat Tampak Depan



Alat Tampak Belakang



Alat Tampak Samping



Alat Tampak Atas



Kondisi Pengisian



Kondisi Ketinggian Diatas 15 Cm