

**PENGENDALIAN LEVEL AIR PADA DISTILASI AIR LAUT
MENGUNAKAN KONTROLER ON-OFF**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

ARIEF RAHMAN HIDAYAT

NIM. 105060300111003 - 63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

MALANG

2015

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGENDALIAN LEVEL AIR PADA DISTILASI AIR LAUT
MENGUNAKAN KONTROLER ON-OFF**

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:
ARIEF RAHMAN HIDAYAT
NIM. 105060300111003 - 63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Ir. Erni Yudaningsyas, MT.
NIP. 19650913 199002 2 001

Ir. Bambang Siswojo, MT.
NIP. 19621211 198802 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGENDALIAN LEVEL AIR PADA DISTILASI AIR LAUT
MENGUNAKAN KONTROLER ON-OFF**

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Disusun Oleh:

**ARIEF RAHMAN HIDAYAT
NIM. 105060300111003-63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 21 Januari 2015

MAJELIS PENGUJI

**Ir. Moch. Rusli, Dipl. Ing.
NIP. 19630104 198701 1 001**

**Ir. Purwanto, M.T
NIP. 19511224 198203 2 001**

**Goegoes Dwi Nusantoro, S.T., M.T
NIP. 19711013 200604 1 001**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

**M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D
NIP. 19741203 200012 1 001**

PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim.

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengendalian Level Air Pada Distilasi Air Laut Menggunakan Kontroler *On-Off*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

- Allah SWT yang selalu memberikan Rahmat-Nya dan menguji hambaNya untuk mengambil hikmah dan Rasulullah Muhammad SAW, semoga shalawat serta salam selalu tercurah kepada beliau.
- Kedua orang tua tercinta, Bapak Moch. Chamim Tohari dan Ibu Umi Machmudah yang senantiasa mendoakan, memberikan nasihat, dorongan, perhatian, dan kesabaran selama ini. Serta ketiga saudara saya Rizki Habibi, M. Hafid Z., dan Fathin Ummu Rosida yang senantiasa memberikan dukungan moral dan hiburan.
- Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT, Ph.D sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya atas memberikan banyak waktu, ilmu, masukan, dan kesabaran dalam memberi bimbingan akademik.
- Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu dalam memberi bimbingan akademik.
- Bapak Ir. Purwanto, MT. selaku KKDK Teknik Kontrol.
- Dr. Ir. Erni Yudaningsy, MT selaku Kepala Laboratorium Sistem Kontrol sekaligus Dosen Pembimbing I atas memberikan banyak waktu, ilmu, masukan, kesabaran dalam membimbing dan izin penggunaan laboratorium Sistem Kontrol yang telah diberikan.

- Ir. Bambang Siswojo, MT selaku Dosen Pembimbing II atas memberikan banyak waktu dan juga ilmu baik dalam akademis maupun religi yang sebelumnya tidak pernah penulis dapatkan.
- Bapak Ibu Dosen, karyawan, staf recording dan RBTE atas segala bantuan dan kemudahan.
- Mbak Eka sebagai Laboran Lab. Sistem Kontrol dan teman-teman asisten Lab. Sistem Kontrol (Angkatan 2009, 2010, 2011, 2012).
- Sahabat Hamu, Ade, Dito, Fitra, Rara, Ika, Anas, Rizky, dan Firman atas kerelaannya berbagi semangat, cerita, dan waktu yang menyenangkan selama menjadi mahasiswa.
- Sahabat-sahabat Reza, Fery, Abu Tempe, Peki, Krisna, Firas, Feby, Ayu, Resi, Anindito, Izul dan sahabat-sahabat lainnya yang tidak pernah lelah untuk bercerita, sharing, ngopi yang selalu menghadirkan canda dan tawa renyah di setiap pertemuan.
- Teman-teman MAGNET'10, yang memberikan doa, semangat serta dukungan kepada penulis.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di masa yang akan datang. Penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Januari 2015

Penulis

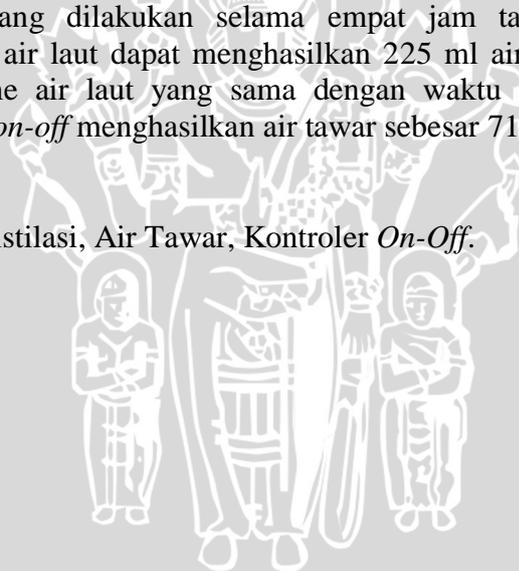
ABSTRAK

Arief Rahman Hidayat, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2015, Pengendalian Level Air Pada Distilasi Air Laut Menggunakan Kontroler *On-Off*, Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Erny Yudaningtyas, M.T., Ir. Bambang Siswojo, MT.

Sebagai Negara kepulauan, Indonesia memiliki ketersediaan air yang melimpah. Kandungan garam yang terlalu tinggi membuat ketersediaan air tersebut tidak dapat langsung digunakan untuk kehidupan sehari-hari terutama bagi masyarakat pesisir. Masyarakat pesisir hanya mengandalkan sumur-sumur untuk memperoleh air tawar bersih dan akan kering apabila musim kemarau tiba, sehingga warga sekitar pesisir sering mengalami kesulitan dalam mendapatkan air tawar. Permasalahan kekurangan air tawar ini dapat diatasi dengan mengubah air laut menjadi air tawar dengan proses distilasi. Distilasi merupakan proses pemisahan suatu campuran yang terdiri atas dua atau lebih jenis cairan melalui proses pemanasan yang kemudian hasil uapnya dikondensasikan kembali menjadi zat cair. Pengendalian level digunakan untuk menjaga air laut agar tidak habis pada tabung evaporasi karena proses penguapan yang dilakukan secara terus menerus.

Hasil pengujian yang dilakukan selama empat jam tanpa menggunakan kontroler *on-off* 970 ml air laut dapat menghasilkan 225 ml air tawar. Sedangkan pengujian dengan volume air laut yang sama dengan waktu yang sama namun menggunakan kontroler *on-off* menghasilkan air tawar sebesar 710 ml.

Kata Kunci: Air Laut, Distilasi, Air Tawar, Kontroler *On-Off*.



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Distilasi	4
2.2 Air Laut	5
2.3 Pompa dan Motor DC.....	6
2.4 Arduino Uno.....	7
2.5 Sensor Level Air	7
2.6 Kontroler On-Off	8
2.7 Elemen Pemanas	10
BAB III	11
METODE PENELITIAN	11
3.1 Perancangan Sistem	11
3.2 Realisasi Pembuatan Sistem.....	11
3.3 Pengujian Alat.....	12
BAB IV	13
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	13
4.1 Perancangan Sistem	13



4.2	Diagram Blok Sistem	13
4.3	Spesifikasi Alat	14
4.4	Prinsip Kerja Sistem.....	14
4.5	Perancangan Perangkat Keras (Hardware).....	16
4.5.1	Sensor Level	16
4.5.2	Rangkaian Pengondisi Sinyal	16
4.5.3	Rangkaian ADC.....	17
4.5.4	Driver Pengendali Motor DC L2986	19
4.5.5	Motor DC.....	19
4.5.6	Perancangan Kontroler	20
4.5.5	Mikrokontroler ATmega328	21
4.6	Perancangan Perangkat Lunak (Software)	22
4.6.1	Flowchart Sistem Keseluruhan	22
BAB V		24
PENGUJIAN DAN ANALISIS.....		24
5.1	Pengujian Sensor Level Air	24
a.	Tujuan Pengujian.....	24
b.	Alat yang Digunakan.....	24
c.	Prosedur Pengujian	24
d.	Hasil Pengujian.....	25
5.2	Pengujian Rangkaian <i>Driver</i>	26
a.	Tujuan Pengujian.....	26
b.	Alat yang Digunakan.....	26
c.	Prosedur Pengujian	26
d.	Hasil Pengujian dan Analisis.....	26
5.3	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	29
5.4	Pengujian Kadar Garam	30
BAB VI.....		31
KESIMPULAN DAN SARAN		31
6.1	Kesimpulan	31
6.2	Saran.....	31



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arduino Uno (Arduino)	7
Gambar 2. 2 Skema Sensor Level (Perancangan).....	8
Gambar 2. 3 Diagram Blok Kontroler On-Off dengan Celah Diferensial (Ogata).....	9
Gambar 2. 4 Ilustrasi Dari Kontroler <i>On-Off</i> (reocities.com).....	9
Gambar 2. 5 Ilustrasi <i>Band</i> Pada <i>Setpoint</i> Kontroler <i>On-Off</i> (reocities.com)	10
Gambar 4. 1 Diagram Blok Sistem (Perancangan).....	13
Gambar 4. 2 Skema Keseluruhan Sistem (Perancangan).....	15
Gambar 4. 3 Rangkaian pengkondisi sinyal sensor level	16
Gambar 4. 4 Rangkaian ADC PCF8591	17
Gambar 4. 5 Modul driver L298N (Perancangan)	19
Gambar 4. 6 Grafik Respon Motor Terhadap Tegangan (Perancangan)	20
Gambar 4. 7 Grafik Karakteristik Motor DC (Perancangan).....	20
Gambar 4. 8 Flowchart Sistem Keseluruhan (Perancangan)	23
Gambar 5. 1 Blok Diagram Rangkaian Pengujian Sensor Level Air (Perancangan)	25
Gambar 5. 2 Sinyal Respon driver L298N terhadap sinyal PWM 30%	27
Gambar 5. 3 Tampilan program Waveform Parameter Osiloskop Velleman PCSU1000 dari Sinyal PWM dan Respon driver L298N dengan duty cycle 30% (Perancangan)	27
Gambar 5. 4 Sinyal Respon Driver L298N terhadap Sinyal PWM 50% (Perancangan)	28
Gambar 5. 5 Tampilan program <i>Waveform</i> Parameter Osiloskop Velleman PCSU1000 dari sinyal PWM dan respon <i>driver</i> L298N dengan <i>duty cycle</i> 50% (Perancangan)	28
Gambar 5. 6 Grafik Respon Sistem Keseluruhan (Perancangan).....	29



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Percobaan Pendahuluan 13

Tabel 4. 2 Nilai Setpoint dan Differential Gap 21

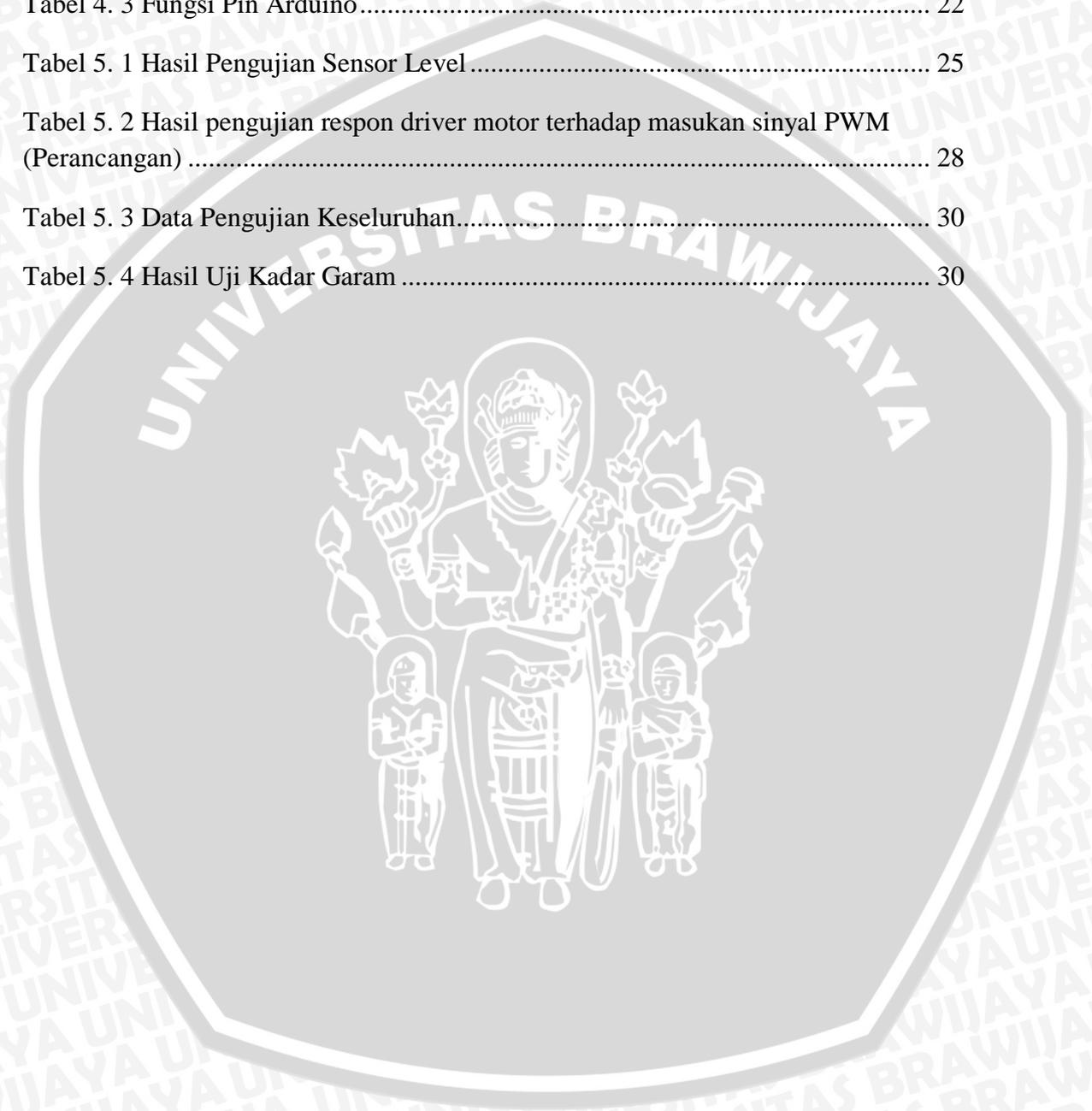
Tabel 4. 3 Fungsi Pin Arduino 22

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Sensor Level 25

Tabel 5. 2 Hasil pengujian respon driver motor terhadap masukan sinyal PWM
(Perancangan) 28

Tabel 5. 3 Data Pengujian Keseluruhan 30

Tabel 5. 4 Hasil Uji Kadar Garam 30



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara maritim dimana wilayah lautannya lebih luas daripada wilayah daratan. Hampir dua pertiga luas dari wilayah Indonesia terdiri atas lautan, tentunya jumlah ketersediaan akan air sangat melimpah. Mengingat air merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia dalam kehidupan sehari-hari, tentunya banyak sekali yang memanfaatkan dan menggunakan air.

Namun melimpahnya ketersediaan air tersebut, masyarakat terutama penduduk yang tinggal di daerah sekitar pesisir pantai masih belum banyak yang dapat memanfaatkan air laut pada kehidupan sehari-hari. Hal ini dikarenakan kadar garam air laut yang tinggi menyebabkan air tersebut tidak dapat langsung dipergunakan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Maka dari itu ketersediaan akan air tawar merupakan hal yang mesti diperhatikan.

Masyarakat di daerah pesisir pantai mengandalkan air sumur di sekitar tempat mereka bermukim untuk mendapatkan air untuk kebutuhan sehari-harinya. Namun jumlah air sumur tersebut di daerah pesisir hanya sedikit dan sering kering pada saat musim kemarau.

Mengingat wilayah Indonesia yang sebagian besar terdiri atas wilayah lautan, permasalahan kekurangan air tawar di daerah pesisir dapat diatasi dengan mengubah air laut menjadi air tawar dengan proses distilasi. Distilasi merupakan proses pemisahan suatu campuran yang terdiri atas dua atau lebih jenis cairan melalui proses pemanasan yang kemudian hasil uapnya dikondensasikan kembali menjadi zat cair. Oleh karena itu diperlukan sebuah inovasi teknologi distilasi air laut sebagai upaya penyediaan air bersih pada masyarakat di sekitar pesisir pantai.

Proses pemanasan pada distilasi berlangsung karena dibutuhkan proses pembentukan uap-uap air dari air laut. Penguapan air laut yang dilakukan secara terus menerus menyebabkan volume air laut pada tangki berkurang sedikit demi sedikit hingga habis dan menyebabkan proses distilasi terhenti karena dibutuhkan pengisian ulang air laut yang hendak dipanaskan lagi.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka pada tangki evaporator dibutuhkan sebuah sistem pengendalian level air untuk menjaga air laut pada proses pemanasan tidak sampai habis. Selain itu, pengendalian level dibutuhkan agar temperatur air tidak mengalami perbedaan yang signifikan saat proses penambahan volume air di dalam tangki evaporator ketika proses destilasi dilakukan. Dengan pengendalian level air ini kuantitas air tawar yang dihasilkan akan lebih banyak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang sistem distilasi air laut untuk memanaskan air laut sehingga hasil uapnya menjadi air tawar?
2. Bagaimana merancang kontroler *on-off* untuk mengendalikan level pada distilasi air laut?

1.3 Batasan Masalah

Mengacu pada permasalahan pada skripsi ini, maka akan dibatasi pada:

1. Sistem pengaturan level air yang digunakan adalah miniatur untuk penelitian yang dibuat dengan desain sendiri.
2. Dimensi tangki distilasi dengan kapasitas volume 1500ml.
3. Pembahasan ditekankan pada pengendalian level air dengan menggunakan kontroler *on-off*, kinerja *driver* dan elektronika tidak dibahas secara mendalam.
4. Aktuator berupa pompa air.
5. Sensor yang digunakan adalah sensor level dengan menggunakan batang konduktor.
6. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega328.
7. Tidak membahas kualitas air tawar yang dihasilkan setelah proses distilasi.
8. Tidak membahas unsur bahan-bahan kimia dan fisika yang terkandung pada air laut.
9. Tidak membahas reaksi kimia dan fisika yang terjadi.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengendalian level air pada tangki evaporator untuk proses distilasi air laut dengan menggunakan kontroler *on-off* berbasis ATmega328 agar menghasilkan kuantitas air tawar yang lebih banyak.

1.5 Sistematika Penulisan

Skripsi ini terdiri dari 6 bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut :

BAB I

Pendahuluan

Membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika pembahasan

BAB II

Tinjauan Pustaka

Membahas teori – teori yang berhubungan dengan perancangan dan pembuatan alat.

BAB III

Metode Penelitian

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

BAB IV

Perancangan dan Pembuatan Alat

Membahas perancangan kontroler *on-off* dan membahas tentang spesifikasi alat yang dibuat.

BAB V

Pengujian dan Analisis

Membahas hasil pengujian sistem dan analisis hasil yang diperoleh dari alat yang sudah dibuat.

BAB VI

Kesimpulan dan Saran

Membahas kesimpulan dari keseluruhan hasil yang diperoleh serta saran untuk pengembangan selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Distilasi

Distilasi adalah proses pemisahan suatu campuran yang terdiri dari dua atau lebih jenis cairan melalui pemanasan. Pemanasan dimaksudkan untuk menguapkan komponen-komponen yang lebih mudah menguap (titik didih lebih rendah) dan kemudian diperoleh uap yang selanjutnya dikondensasi kembali menjadi cair. Zat cair hasil kondensasi ditampung dalam suatu bejana penerima (Cook dan Cullen, 1986).

Pendidihan dari larutan yang terdiri atas dua jenis atau lebih cairan biasanya akan menghasilkan uap dengan komposisi berbeda dari cairannya. Umumnya yang terjadi adalah uap itu diperkaya dengan komponen yang lebih mudah menguap. Semakin besar perbedaan titik didih cairan yang akan dipisahkan maka akan semakin banyak komponen yang menguap sehingga memperkaya uap dan semakin cepat campuran akan terpisahkan dengan cara distilasi sederhana (Bernasconi, 1995).

Sistem operasi dalam proses distilasi meliputi peristiwa penyerapan energi panas dari sinar matahari yang menembus kaca distilator oleh air laut yang ada di dalam distilator. Energi panas dari sinar matahari berasal dari sinar inframerah yang merupakan salah satu komponen dari sinar matahari. Sinar matahari memiliki panjang gelombang (λ) antara 0,15 – 4 μ m, dan hanya panjang gelombang (λ) antara 0,32 – 2 μ m yang mampu menembus kaca bening (Wisnubroto, 2004).

Jumlah energi panas yang terkumpul didalam rumah kaca bergantung pada lama penyinaran sinar matahari. Daerah tropis didekat equator sampai dengan 23,5° LU lama penyinaran sekitar 12 jam. Proses penguapan hanya akan berlangsung jika air menerima masukan energy. Jumlah energi yang dibutuhkan untuk menguapkan 1 gram air pada suhu 20° C adalah sebesar 586 cal atau sebesar 2453 Joule. Sedangkan untuk mencairkan 1 gram es pada suhu 0° C diperlukan energi sebesar 80 cal (Lakitan, 2002).

2.2 Air Laut

Air laut adalah air yang berasal dari laut yang memiliki rasa asin dan memiliki kadar garam yang tinggi. Air laut memiliki 3,5% garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Beberapa danau garam di daratan dan beberapa lautan memiliki kadar garam yang lebih tinggi dari air laut umumnya. Sebagai contoh, Laut Mati memiliki kadar garam sekitar 30%. Walaupun kebanyakan air laut di dunia memiliki kadar garam sekitar 3,5%, air laut juga berbeda-beda kandungan garamnya. Laut yang paling asin adalah di Laut Merah, dimana suhu tinggi dan sirkulasi terbatas membuat penguapan tinggi dan sedikit masukan air dari sungai-sungai. Kadar garam di beberapa danau dapat lebih tinggi lagi (Tanusekar, 2010).

Keberadaan garam-garaman mempengaruhi sifat fisis air laut (seperti: densitas, kompresibilitas, titik beku, dan temperature dimana densitas menjadi maksimum) beberapa tingkat, tetapi tidak menentukannya. Beberapa sifat (viskositas, daya serap cahaya) tidak terpengaruh secara signifikan oleh salinitas. Dua sifat yang sangat ditentukan oleh jumlah garam di laut (salinitas) adalah daya hantar listrik (konduktivitas) dan tekanan osmosis. Garam-garaman utama yang terdapat di dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potassium (1%), dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromide, asam borak, strontium dan florida. Tiga sumber utama garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik dan sirkulasi lubang-lubang hidrothermal (*hydrothermal vents*) di laut dalam (Lynne Talley, 2000).

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga air ditempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan garam sebenarnya pada air ini, secara definisi kurang dari 0,05%. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau atau menjadi saline bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5% , ia disebut brine. Secara ideal, salinitas merupakan jumlah dari seluruh garam-garaman dalam gram pada setiap kilogram air laut. Secara praktis susah untuk mengukur salinitas di laut, oleh karena itu penentuan harga salinitas

dilakukan dengan meninjau komponen yang terpenting saja yaitu klorida (Cl). Kandungan klorida ditetapkan pada tahun 1902 sebagai jumlah dalam gram ion klorida pada satu kilogram air laut jika semua halogen digantikan oleh klorida. Penetapan ini mencerminkan proses kimiawi titrasi untuk menentukan kandungan klorida (Lynne Talley, 2000).

Kandungan garam mempunyai pada sifat-sifat air laut. Karena mengandung garam, titik beku air laut menjadi lebih rendah daripada 0°C (air laut bersalinitas 35%, titik bekunya $-1,9^{\circ}\text{C}$), sementara kerapatannya meningkat sampai titik beku (kerapatan maksimum air murni terjadi pada suhu 4°C). Sifat ini sangat penting sebagai penggerak pertukaran massa air panas dan dingin, memungkinkan air permukaan yang dingin terbentuk dan tenggelam ke dasar sementara air dengan suhu yang lebih hangat akan terangkat ke atas. Sedangkan titik beku dibawah 0°C memungkinkan kolom air laut tidak membeku. Sifat air laut yang dipengaruhi langsung oleh salinitas adalah konduktivitas dan tekanan osmosis (Tanusekar, 2010).

2.3 Pompa dan Motor DC

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media pipa dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

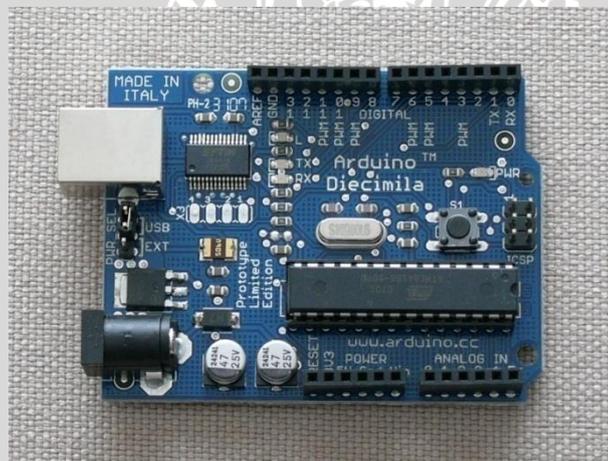
Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

Motor DC merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (mixer, bor listrik, fan angin) dan di industri. Prinsip kerja motor DC sesuai dengan hukum kemagnetan Lorenz, yaitu membangkitkan fluksi magnet pada suatu konduktor berarus dalam medan magnet

sehingga timbul GGL induksi. Setiap arus yang mengalir melalui sebuah konduktor akan menimbulkan medan magnet.

2.4 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke aUno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial.



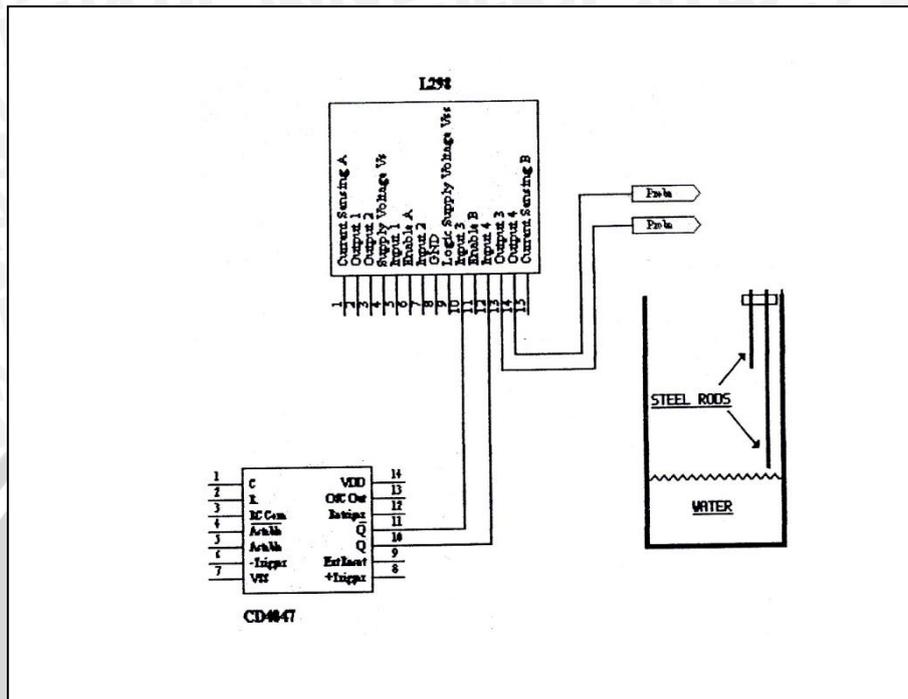
Gambar 2. 1 Arduino Uno (Arduino)

Nama “Uno” berarti *satu* dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian board USB Arduino, dan sebagai model referensi untuk platform Arduino, untuk perbandingan dengan versi sebelumnya.

2.5 Sensor Level Air

Sensor level berfungsi sebagai transduser yang mengubah besaran level (ketinggian air) menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor ini bekerja

untuk mendeteksi level air yang digunakan sebagai *input* dari mikrokontroler ATmega328.



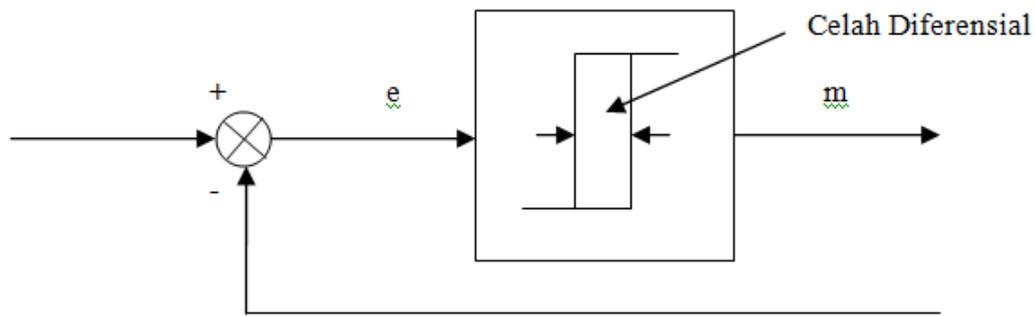
Gambar 2. 2 Skema Sensor Level (Perancangan)

2.6 Kontroler On-Off

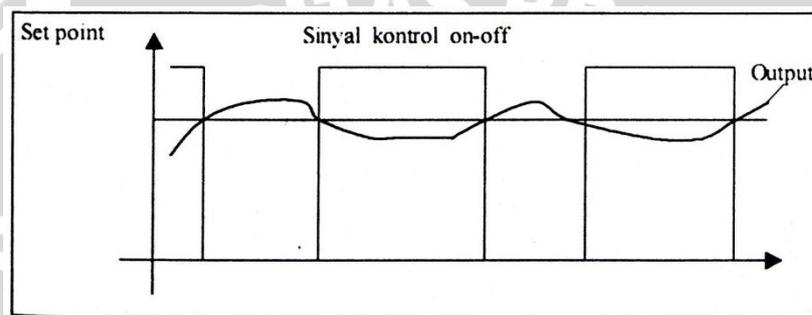
Pada sistem kontrol dua posisi, elemen penggerak hanya mempunyai dua posisi yang tetap. Kontroler *on-off* ini banyak digunakan di industri karena murah dan sederhana. Sinyal kontrol akan tetap pada satu keadaan dan akan berubah ke keadaan lainnya bergantung pada nilai error positif atau negatif. Misal sinyal keluaran kontroler adalah $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak adalah $e(t)$. Pada control on-off sinyal $m(t)$ akan tetap pada harga maksimum atau minimum, tergantung pada tanda sinyal kesalahan penggerak, positif atau negative, sedemikian rupa sehingga

$$\begin{aligned} m(t) &= M_1, e(t) > 0 \\ &= M_2, e(t) < 0 \end{aligned}$$

dimana M_1 dan M_2 adalah konstanta. Daerah harga sinyal kesalahan penggerak antara posisi *on* dan *off* disebut celah differensial. Celah differensial ini menyebabkan keluaran kontroler $m(t)$ tetap pada harga sekarang sampai sinyal kesalahan penggerak bergeser sedikit dari harga nol.



Gambar 2. 3 Diagram Blok Kontroler On-Off dengan Celah Diferensial (Ogata)

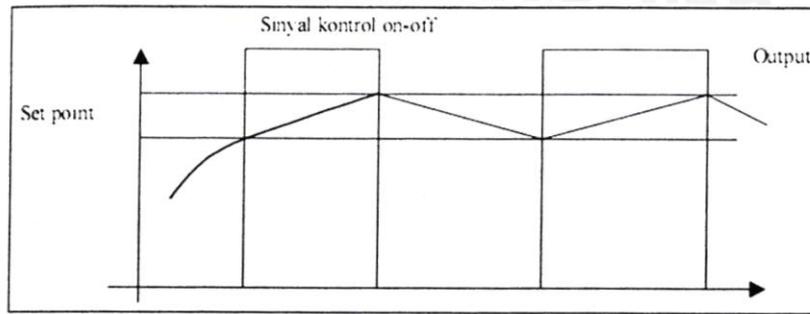


Gambar 2. 4 Ilustrasi Dari Kontroler *On-Off* (reocities.com)

Dari Gambar 2.4 dapat diamati bahwa jika *output* lebih besar dari *set point*, aktuator akan *off*. *Output* akan turun dengan sendirinya sehingga menyentuh *set point* lagi. Pada saat itu, sinyal kontrol akan kembali *on* (aktuator *on*) dan mengembalikan *output* kepada *setpoint*-nya. Demikian seterusnya sinyal kontrol dan aktuator akan *on-off* terus menerus.

Kelemahan dari kontroler *on-off* ini adalah jika output beresilasi di sekitar set point (keadaan yang memang diinginkan) akan menyebabkan aktuator bekerja keras untuk *on-off* dengan frekuensi yang tinggi. Hal ini menyebabkan kontroler akan cepat aus dan memakan energi yang banyak (boros).

Untuk sedikit mengatasi hal ini maka dibuat suatu band pada set point sehingga mengurangi frekuensi on-off dari kontroler. Ilustrasinya dalam Gambar 2.5



Gambar 2. 5 Ilustrasi *Band* Pada *Setpoint* Kontroler *On-Off* (reocities.com)

Sinyal kontrol akan *off* ketika output menyentuh batas atas dan akan *on* kembali ketika menyentuh batas bawah. *Band* dari *set point* ini disebut juga diferensial gap atau celah diferensial.

2.7 Elemen Pemanas

Elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui prose *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen pemanas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen.

Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan.

Ada 2 macam jenis utama pada elemen pemanas listrik ini yaitu:

1. Elemen pemanas listrik bentuk dasar yaitu elemen pemanas dimana *Resistance Wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah : *Ceramic Heater, Silica and Quartz Heater, Bank Channel Heater, Black Body Ceramic Heater*.
2. Elemen pemanas listrik bentuk lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam untuk maksud sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah : Mild Steel, StainlessSteel, tembaga dan kuningan.

BAB III

METODE PENELITIAN

Penyusunan skripsi ini merupakan penelitian yang bersifat aplikatif yang diwujudkan dalam bentuk *miniatur*, yaitu perencanaan dan perealisasi alat agar dapat menampilkan unjuk kerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah.

Langkah – langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah :

1. Perancangan alat
2. Realisasi pembuatan alat
3. Pengujian alat
4. Pengambilan kesimpulan

3.1 Perancangan Sistem

Perancangan alat dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem distilasi air laut tersebut dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan. Perancangan sistem yang dilakukan meliputi:

- a. Penentuan spesifikasi sistem yang akan dibuat, meliputi:
 1. Penentuan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan.
 2. Mikrokontroler ATmega328 dan rangkaian elektronik pendukung.
- b. Penentuan rangkaian yang digunakan.
- c. Pemrograman Mikrokontroler sehingga dapat digunakan sebagai pengontrol pada alat ini dengan menggunakan kontroler *on-off*

3.2 Realisasi Pembuatan Sistem

Untuk merealisasikan alat suatu sistem yang telah dirancang sebelumnya, maka perlu diperhatikan beberapa tahapan dalam pembuatan alat tersebut, diantaranya yaitu :

- a. Pembuatan mekanik alat distilasi air laut secara keseluruhan yang meliputi penempatan Mikrokontroler ATmega328, penempatan-penempatan sensor dan selang saluran pengisian.
- b. Pengisian program pada Mikrokontroler ATmega328, yaitu berupa program yang dirancang sebelumnya sehingga dapat digunakan sebagai pengontrol pada alat ini dengan menggunakan kontroler *on-off*.

3.3 Pengujian Alat

Setelah semua komponen pada alat sudah terhubung sesuai dengan blok diagram sistem yang telah dirancang dan perangkat lunak untuk mendukung sistem yang telah dibuat, maka diadakan pengujian dan analisa alat. Metode pengujian alat adalah sebagai berikut:

- a. Menguji pada tiap-tiap blok rangkaian
- b. Menggabungkan beberapa blok rangkaian menjadi sebuah sistem
- c. Mengadakan pengujian sistem secara keseluruhan
- d. Mengevaluasi hasil pengujian sistem secara keseluruhan

3.4 Pengujian Keseluruhan

Kesimpulan diambil berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian sistem secara keseluruhan. Jika hasil yang didapatkan telah sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya, maka sistem kendali tersebut telah berhasil memenuhi harapan dan tentunya memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk penyempurnaan.

BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1 Perancangan Sistem

Pada bab ini dijelaskan mengenai spesifikasi alat, perancangan perangkat keras dari alat pengendali level distilasi air laut yang meliputi diagram blok sistem, cara kerja sistem, *flowchart* atau diagram alir kerja sistem, gambar rancangan alat dan komponen-komponen pendukung yang digunakan. Selain perancangan perangkat keras akan dijelaskan juga mengenai perancangan kontrol *on-off*.

Adapun percobaan pendahuluan untuk mengetahui *setpoint* pada penelitian ini yang dapat menghasilkan air tawar lebih banyak setiap 30 menit ditunjukkan dalam Tabel 4.1.

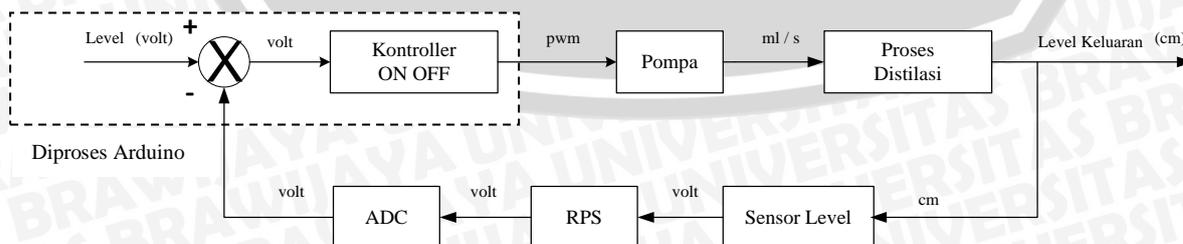
Tabel 4. 1 Percobaan Pendahuluan

Level(cm)	Hasil (ml)			Total (ml)
	30 menit	60 menit	90 menit	
3	22	40	55	117
4	25	47	62	134
5	29	50	66	145
6	32	55	74	161
7	38	62	91	191
8	35	58	86	179
9	33	56	81	170

Pada percobaan pendahuluan yang ditunjukkan, level pada titik 7 cm dapat menghasilkan air tawar yang lebih banyak, sehingga level tersebut menjadi *set point* pada penelitian ini.

4.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Diagram Blok Sistem (Perancangan)

Keterangan dari blok diagram sistem tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Set point* sistem berupa level sebesar 7 cm yang telah dikonversikan menjadi tegangan 4,67 V oleh rangkaian pengondisi sinyal dan dikonversi dalam rangkaian ADC agar dapat diproses pada Mikrokontroler.
2. Pusat pengendalian sistem menggunakan Mikrokontroler ATmega328 yang memberikan sinyal keluaran *Pulse Width Modulation* (PWM) pada driver motor L298N.
3. Pompa yang digunakan adalah pompa air dengan motor DC yang berfungsi sebagai aktuator.
4. Sensor level digunakan sebagai umpan balik sistem yang dihubungkan dengan rangkaian pengondisi sinyal yang selanjutnya tegangan keluaran dari rangkaian pengondisi sinyal berupa tegangan analog diubah menjadi digital menggunakan konverter analog ke digital agar nilai tersebut dapat dibaca oleh Mikrokontroler.

4.3 Spesifikasi Alat

Spesifikasi sistem pengendali level dalam miniatur dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Dimensi tabung evaporator distilasi air laut berbentuk tabung dengan diameter 13cm dan tinggi 12cm dengan kapasitas volume 1300ml
2. Dimensi tandon tempat untuk menampung air laut berbentuk tabung dengan kapasitas volume 1500ml
3. Aktuator berupa pompa air dengan motor DC 12 volt
4. Menggunakan mikrokontroler ATmega328 sebagai pengontrol utama
5. Pemanas yang digunakan berupa *heater elektrik* dengan daya 190 W.
6. Catu daya 12 volt untuk penggerak aktuator.

4.4 Prinsip Kerja Sistem

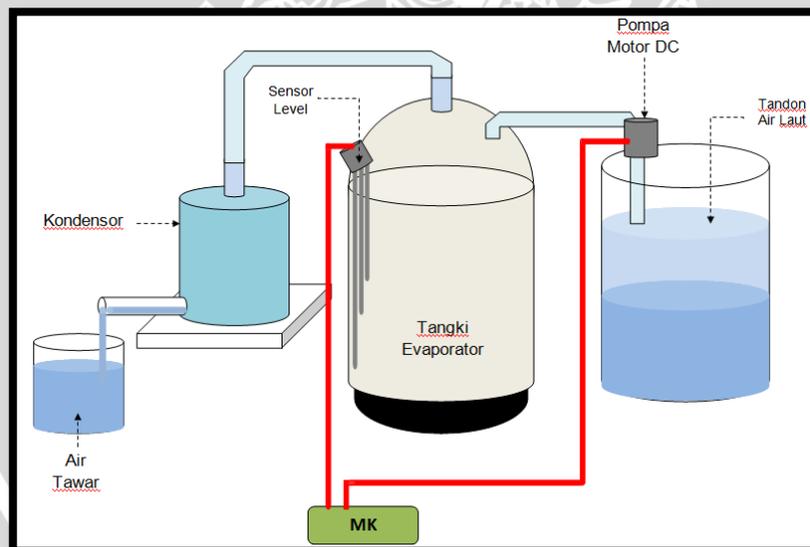
Cara kerja sistem adalah sebagai berikut :

1. Sensor level berfungsi sebagai transduser yang mengubah besaran level (ketinggian air) menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Keluaran tegangan dari sensor ini dihubungkan dengan rangkaian pengondisi sinyal

dan dikonversikan dari analog menjadi digital agar nilai tegangan keluaran dari sensor level dapat dibaca oleh Mikrokontroler.

2. Sensor level berfungsi sebagai sensor ketinggian yang akan mengukur level air laut di dalam tangki evaporator distilasi air laut.
3. Mikrokontroler ATmega328 berfungsi sebagai pengontrol utama. Mikrokontroler tersebut sebagai pengatur kerja *driver* untuk pompa.
4. Pompa digunakan untuk mengisi air laut pada tangki evaporator. Pompa yang digunakan adalah pompa yang diputar dengan motor DC 12 volt.
5. Uap air hasil pemanasan pada proses distilasi pada tangki evaporator akan masuk pada selang yang dihubungkan melewati tabung kondensor yang berisi air dingin untuk mempercepat proses pengembunan sehingga uap air tersebut dapat berubah bentuk menjadi air tawar.

Skema perancangan sistem dapat dilihat dalam Gambar 4.2



Gambar 4. 2 Skema Keseluruhan Sistem (Perancangan)

4.5 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Berdasarkan diagram blok perancangan alat yang telah disusun, perancangan perangkat keras meliputi perancangan rangkaian pengkondisi sinyal, rangkaian catu daya, rangkaian driver motor beserta pompa air dan rangkaian servo dimmer. Di bawah ini adalah penjelasan masing-masing rangkaian penyusun keseluruhan alat.

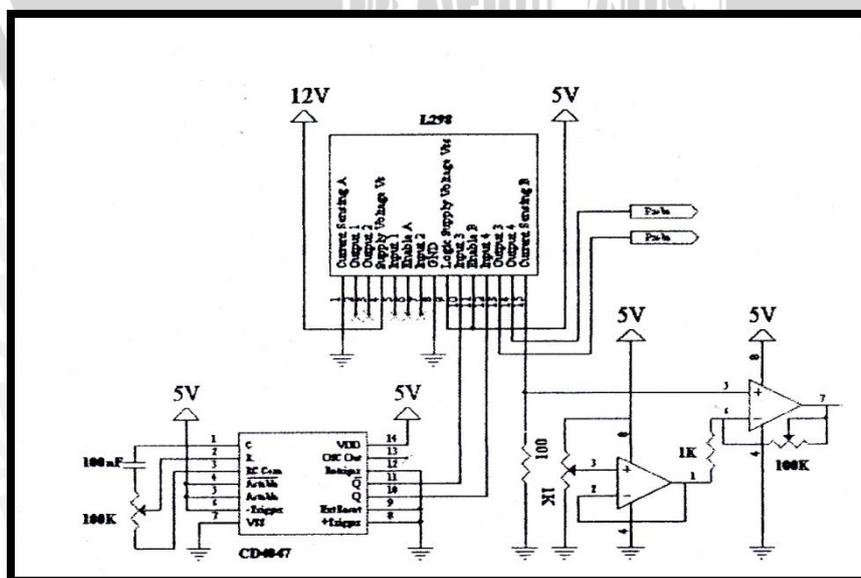
4.5.1 Sensor Level

Sensor level berfungsi sebagai transduser yang mengubah besaran level (ketinggian air) menjadi besaran listrik menjadi dalam bentuk tegangan. Sensor level yang akan digunakan untuk mengukur level air pada penelitian ini disusun dari beberapa bagian yaitu IC L298 yang berfungsi sebagai penguat, 2 buah probe (kawat batang) dan IC CD 4047 yang akan memberikan polaritas positif dan negative secara bergantian pada probe dengan frekuensi tertentu. Cara kerja sensor level ini adalah dengan membaca resistansi antara 2 buah probe yang disusun sejajar.

Prinsip kerja sensor level ini adalah dengan membaca resistansi air antara dua probe. Setiap perubahan level air dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai resistansi sensor. Semakin tinggi level air yang terdeteksi oleh sensor, maka nilai resistansi sensor akan semakin tinggi.

4.5.2 Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan untuk sensor level ditunjukkan pada Gambar 4.3



Gambar 4. 3 Rangkaian pengkondisi sinyal sensor level

Dari Gambar 4.3 dapat dihitung V_{out} dengan menggunakan perhitungan di bawah ini

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_2 + R_1} x V$$

Dimana R potensiometer ketinggian dianggap linear dan ketinggian dianalisa dalam %, maka :

$$\%ketinggian = \frac{100\%}{15} = 6,67\%$$

Dengan % ketinggian = 6,67%, maka diperoleh R pada :

Level 5 mm $\rightarrow R_1 = 6,67\% \times 1k\Omega = 66,7\ \Omega$

$\rightarrow R_1 + R_2 = 1k\Omega$

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_2 + R_1} x V = \frac{R_1}{R_2 + R_1} x 5V = \frac{66,7}{1000} x 5V = 0,333\ V$$

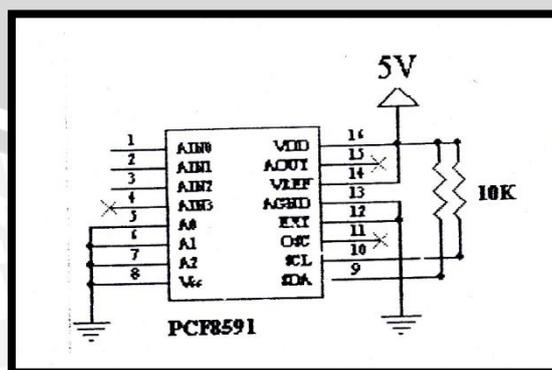
Level 10 mm $\rightarrow R_1 = 6,67\% \times 2k\Omega = 133,4\ \Omega$

$\rightarrow R_1 + R_2 = 1k\Omega$

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_2 + R_1} x V = \frac{R_1}{R_2 + R_1} x 5V = \frac{133,4}{1000} x 5V = 0,667\ V$$

4.5.3 Rangkaian ADC

Tegangan keluaran dari rangkaian pengondisi sinyal berupa tegangan analog. Agar nilai tersebut dapat dibaca oleh Mikrokontroler ATmega328, maka nilai tegangan tersebut harus diubah menjadi data digital 8 bit menggunakan konverter analog ke digital. Pada perancangan ini digunakan konverter analog ke digital berupa ADC PCF8591 berfungsi sebagai konverter analog ke digital dengan 4 masukkan analog yang multipleks menjadi data digital 8 bit. Rangkaian ADC PCF8591 seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.4



Gambar 4. 4 Rangkaian ADC PCF8591

ADC PCF8591 terdiri atas 16 pin yang ditunjukkan dalam Gambar 4.4 dan fungsi masing-masing pin ditunjukkan dalam Tabel 4.2

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
AIN0	1	Analog inputs (A/D converter)
AIN1	2	
AIN2	3	
AIN3	4	
A0	5	Hardware address
A1	6	
A2	7	
V _{SS}	8	Negative supply voltage
SDA	9	I ² C-bus data input/output
SCL	10	I ² C-bus clock input
OSC	11	Oscillator input/output
EXT	12	External/internal switch for oscillator input
AGND	13	Analog ground
V _{REF}	14	Voltage reference input
AOUT	15	Analog output (D/A converter)
V _{DD}	16	Positive supply voltage

Pada rangkaian Gambar 4.4 input analog diambil dari pin AIN0, AIN1, dan AIN2 yaitu ADC. AIN0 atau input ke-1 adalah keluaran dari output pengondisi sinyal sensor level. Keluarannya telah terkonversi menjadi digital yang keluar melalui pin SDA (pin output digital) dan SCL (clock) yang terhubung dengan mikrokontroler.

Keluaran dari ADC dapat dihitung sebagai berikut :

diketahui $V_{in} (\text{analog}) = 2,5 \text{ V}$

$V_{ref} (\text{analog}) = 5 \text{ V}$

Resolusi digital = $2^8 = 256$

$$Out (\text{digital}) = \frac{V_{in} (\text{analog})}{V_{ref} (\text{analog})} \times \text{resolusi} (\text{digital})$$

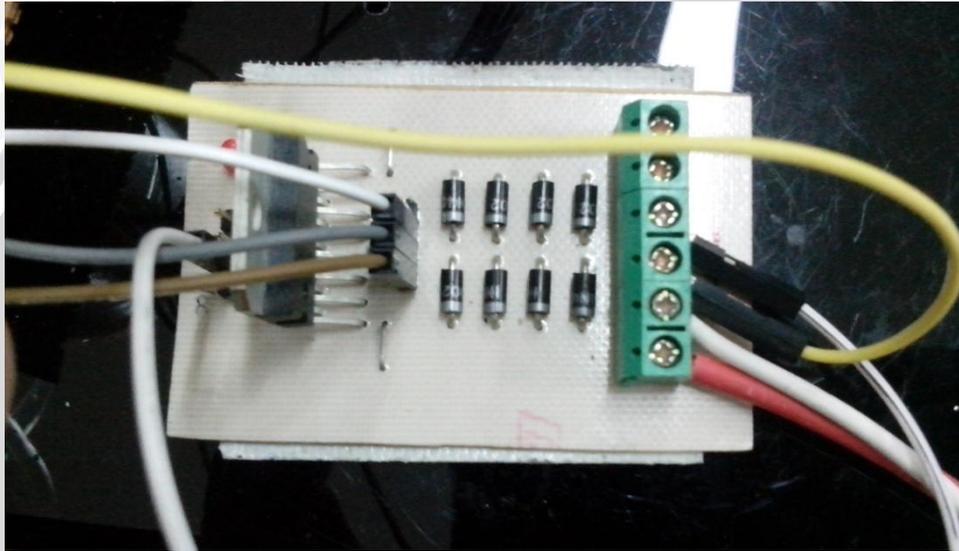
$$Out (\text{digital}) = \frac{2,5 \text{ V}}{5 \text{ V}} \times 256$$

Out (digital) = 128 = 2^7 (1000 0000)

Jadi keluaran digital dari ADC-nya adalah 128 (bentuk decimal) atau 2^7 (heksadesimal) = 1000 0000 (bentuk biner)

4.5.4 Driver Pengendali Motor DC L2986

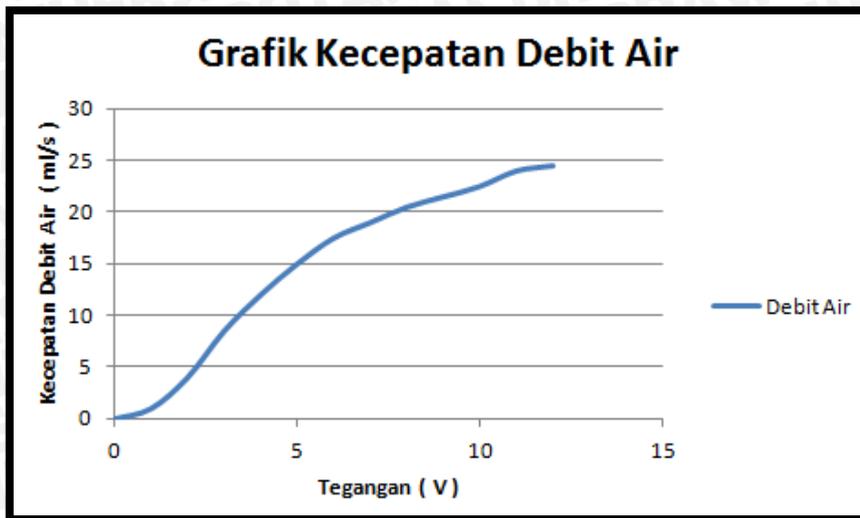
Modul pengendali motor DC digunakan untuk mengendalikan arah dan putaran motor DC yang menjadi penggerak pompa. Rangkaian ini dihubungkan dengan mikrokontroler ATmega328 (mikrokontroler utama). *Driver* pengendali pada perancangan ini menggunakan *driver* L298N yaitu sebuah perangkat keras berupa rangkaian yang berfungsi untuk menggerakkan motor DC.



Gambar 4. 5 Modul driver L298N (Perancangan)

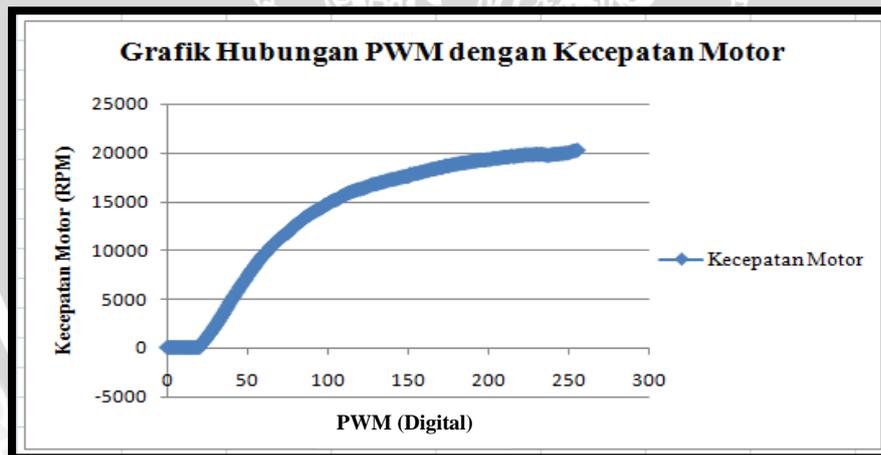
4.5.5 Motor DC

Motor DC yang digunakan pada perancangan ini tidak diketahui karakteristik untuk memompa air seberapa banyak, sehingga dilakukan pengujian untuk mengetahui kecepatan debit air yang dihasilkan per satuan waktu. Grafik kecepatan debit air yang dihasilkan pompa motor terhadap tegangan ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 6 Grafik Respon Motor Terhadap Tegangan (Perancangan)

Adapun karakteristik Motor DC yang digunakan pada perancangan ini tidak diketahui, sehingga yang perlu dilakukan adalah melakukan pengujian dengan menggunakan rangkaian *optocoupler*. Karakteristik motor DC pada perancangan ini didapatkan dengan cara memberi masukan unit *step*. Hasil kecepatan motor terhadap PWM ditunjukkan pada Gambar 4.5



Gambar 4. 7 Grafik Karakteristik Statis Motor DC (Perancangan)

4.5.6 Perancangan Kontroler

Pada bagian ini akan dibahas tentang perancangan sistem. Sistem yang dipergunakan yaitu controller *on-off*. Tujuan utama penggunaan umpan balik (*feedback*) pada kontroler *on-off* adalah untuk memperkecil kepekaan sistem terhadap variasi parameter dan gangguan yang tidak diharapkan, sehingga mampu

memberikan respon yang lebih baik. Umpan balik yang dipergunakan berdasarkan respon level air dalam tabung evaporator. Pada aplikasinya kontroler *on-off* memiliki *differential gap* (DG). Besar kecilnya *differential gap* tergantung dari perancangan sistem. Semakin kecil *differential gap* berarti kontroler on-off semakin cepat merespon, demikian juga sebaliknya semakin lebar *differential gap* maka kontroler *on-off* menjadi lambat untuk merespon. Apabila nilai *differential gap* semakin kecil maka hal ini tentunya akan mengakibatkan umur pemakaian komponen menjadi lebih singkat.

Nilai variabel yang digunakan untuk perancangan sistem ditunjukkan dalam Tabel 4.2:

Tabel 4. 2 Nilai Setpoint dan Differential Gap

Setpoint	Differential Gap	Satuan
7	0,3	cm

4.5.5 Mikrokontroler ATmega328

Pada sistem pengendalian level ini digunakan Arduino Uno sebagai pengolah data. Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 *pin input* dari *output* digital dimana 6 *pin input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 *pin input analog*, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *board* Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang terhubung dengan adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya. Fungsi setiap pin ditunjukkan dalam Tabel 4.3

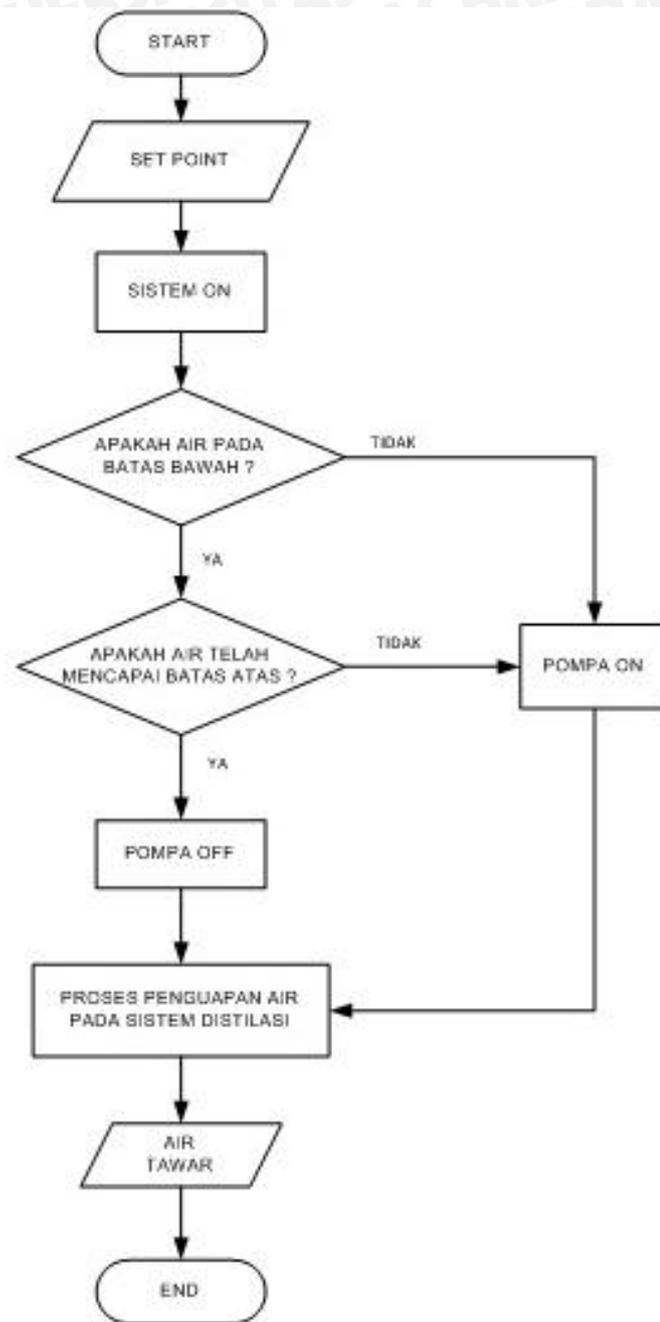
Tabel 4. 3 Fungsi Pin Arduino

No	Pin	Fungsi
1	Vin	Jalur masukan 5V seluruh sistem
2	GND	Jalur masukan GND seluruh sistem
3	8	Masukkan sensor limit switch1
4	9	Masukkan sensor limit switch2
5	10	Masukkan sensor limit switch3
6	11	Keluaran indikator LED1
7	12	Keluaran indikator LED2
8	13	Keluaran indikator LED3
9	5	PWM
10	2	Keluaran Putaran Motor

4.6 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

4.6.1 Flowchart Sistem Keseluruhan

Tujuan sistem keseluruhan adalah mengatur urutan kerja sistem yang diwujudkan dengan melalui algoritma sehingga sistem mampu menjalankan fungsinya dengan baik. Tugas yang harus dikerjakan oleh program utama meliputi pembacaan level. Data hasil pembacaan menjadi acuan agar *microcontroller* memberikan sinyal *low* atau *high* kepada rangkaian *driver* yang akan menjadi input untuk sensor level yang telah terpasang. Algoritma program utama ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Flowchart Sistem Keseluruhan (Perancangan)

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian sistem ditujukan untuk menguji apakah alat yang telah dibuat sudah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan per blok dan kemudian secara keseluruhan. Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian sensor level air
2. Pengujian rangkaian *driver* L298N
3. Pengujian keseluruhan sistem

5.1 Pengujian Sensor Level Air

a. Tujuan Pengujian

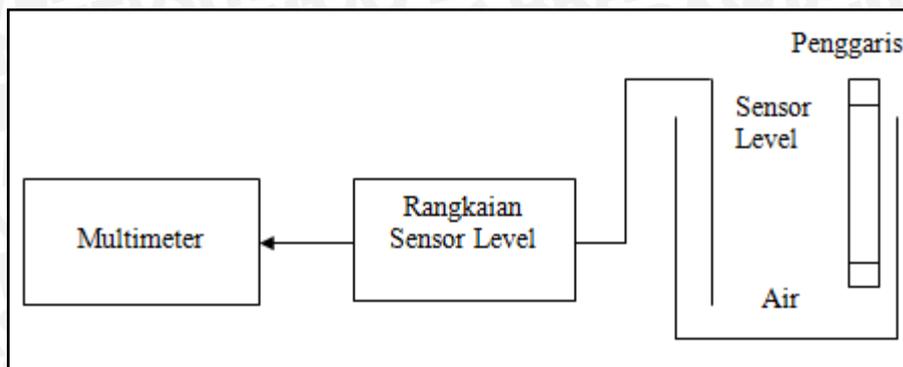
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui rangkaian sensor level air dapat bekerja dengan baik sesuai perancangan, dan hasil yang diharapkan sesuai keadaan yang telah direncanakan, sehingga dalam penggabungan antara *hardware* dan *software* dapat sesuai dengan sistem yang telah dibuat dan direncanakan.

b. Alat yang Digunakan

1. Catu daya 5V DC
2. Multimeter digital Sanwa CD800a
3. Bejana
4. Rangkaian sensor level air
5. Penggaris

c. Prosedur Pengujian

1. Membuat blok rangkaian seperti dalam Gambar 5.1
2. Mengaktifkan catu daya
3. Memasukkan sensor level ke dalam bejana
4. Memasukkan penggaris ke dalam bejana untuk mengetahui ketinggian air.
5. Mengukur tegangan keluaran pada sensor level
6. Memasukkan data hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.1



Gambar 5. 1 Blok Diagram Rangkaian Pengujian Sensor Level Air (Perancangan)

d. Hasil Pengujian

Hasil pengujian rangkaian sensor level ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Sensor Level

No.	Ketinggian (mm)	Tegangan keluaran pengukuran (mV)	Tegangan keluaran perhitungan (mV)	Penyimpangan(%)
1	5	330	333	0.9
2	10	670	667	0.3
3	15	1000	1001	0.45
4	20	1330	1334	0.3
5	25	1660	1668	0.48
6	30	2010	2001	0.45
7	35	2320	2334	0.59
8	40	2650	2668	0.67
9	45	2990	3002	0.4
10	50	3360	3335	0.52
11	55	3700	3669	0.84
12	60	4020	4002	0.45
13	65	4350	4336	0.33
14	70	4690	4669	0.45
15	75	4980	5000	0.4
Penyimpangan rata – rata				0,502

Dari data yang diperoleh dari Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa respon tegangan keluaran sensor level terhadap perubahan level (ketinggian) adalah

mendekati linier, dengan kesalahan rata-rata sebesar 0,502%. Prosentase kesalahan didapatkan dengan perhitungan menggunakan persamaan berikut :

$$\%Kesalahan = \left| \frac{V_{out}Perhitungan - V_{out}Pengukuran}{V_{out}Perhitungan} \right| \times 100\%$$

$$\%Kesalahan \text{ rata - rata} = \frac{\Sigma \%Kesalahan}{n}$$

n = banyaknya pengujian yang dilakukan

5.2 Pengujian Rangkaian *Driver*

a. Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian rangkaian *driver* kinerja dan respon dari rangkaian *driver* pengendali motor DC L298N dengan membandingkan dan menguji sinyal respon dari *driver* motor terhadap sinyal masukan PWM yang diberikan oleh mikrokontroler.

b. Alat yang Digunakan

1. Driver Motor DC L298N
2. Osiloskop digital
3. ATmega328
4. Komputer

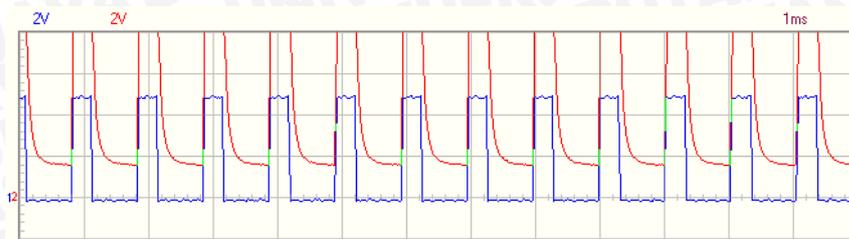
c. Prosedur Pengujian

1. Menghubungkan pin PWM pada Mikrokontroler pada driver motor dan memberikan instruksi sinyal masukkan *duty cycle* 0-100%
2. Pin instruksi sinyal PWM Mikrokontroler dihubungkan dengan channel 1 pada osiloskop
3. Pin motor DC pada *driver* L298N dihubungkan dengan channel 2 osiloskop.
4. Memasukkan hasil pengujian ke dalam tabel 5.2

d. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian sinyal PWM mikrokontroler dan keluaran *driver* motor L298N dengan menggunakan Osiloskop Velleman PCSU1000 dan

tampilan program *waveform* parameter dengan *duty cycle* 30% ditunjukkan dalam Gambar 5.2 dan Gambar 5.3.

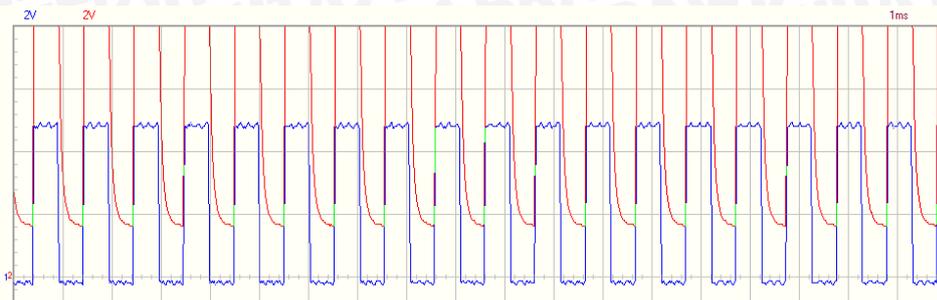


Gambar 5. 2 Sinyal Respon driver L298N terhadap sinyal PWM 30% (Perancangan)

Waveform Parameters		
	CH1	CH2
Amplitude:	<input checked="" type="checkbox"/> CH1	<input checked="" type="checkbox"/> CH2
<input checked="" type="checkbox"/> DC Mean	1.31 V	3.94 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> Max	4.94 V	7.94 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> Min	-0.25 V	1.44 V
<input checked="" type="checkbox"/> Peak-to-Peak	5.19 V	6.50 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> High	4.88 V	7.94 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> Low	-0.13 V	1.56 V
<input checked="" type="checkbox"/> Amplitude	5.00 V	6.38 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC RMS	2.30 V	2.88 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC dBV	7.22 dBV	9.19 dBV ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC dBm	9.44 dBm	11.4 dBm ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC RMS	2.67 V	4.90 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC dBV	8.53 dBV	13.8 dBV ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC dBm	10.8 dBm	16.0 dBm ??
Timing:		
<input checked="" type="checkbox"/> Duty Cycle	30.1 %	35.5 % ??
<input checked="" type="checkbox"/> Positive Width	0.308 ms	0.363 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Negative Width	0.715 ms	0.660 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Rise Time	0.000 ms	0.000 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Fall Time	0.000 ms	0.136 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Period	1.02 ms	1.02 ms
<input checked="" type="checkbox"/> Frequency	0.977 kHz	0.977 kHz
<input checked="" type="checkbox"/> Phase	22.1 deg	-22.1 deg
<input type="button" value="Select All"/> <input type="button" value="Unselect All"/> <input type="button" value="Options..."/> <input type="button" value="Close"/> <input type="button" value="Help"/>		

Gambar 5. 3 Tampilan program Waveform Parameter Osiloskop Velleman PCSU1000 dari Sinyal PWM dan Respon driver L298N dengan *duty cycle* 30% (Perancangan)

Hasil pengujian sinyal PWM dari mikrokontroler dan respon dari *driver* motor L298N dengan *duty cycle* 50% ditunjukkan pada Gambar 5.4 serta tampilan *waveform* parameter dengan *duty cycle* 50% ditunjukkan pada Gambar 5.5.



Gambar 5. 4 Sinyal Respon Driver L298N terhadap Sinyal PWM 50% (Perancangan)

Waveform Parameters		
Amplitude:	CH1	CH2
<input checked="" type="checkbox"/> DC Mean	2.31 V	5.19 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> Max	4.94 V	7.94 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> Min	-0.38 V	1.50 V
<input checked="" type="checkbox"/> Peak-to-Peak	5.31 V	6.44 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> High	4.81 V	7.94 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> Low	-0.19 V	1.63 V
<input checked="" type="checkbox"/> Amplitude	5.00 V	6.31 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC RMS	2.50 V	2.94 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC dBV	7.98 dBV	9.36 dBV ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC dBm	10.2 dBm	11.6 dBm ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC RMS	3.42 V	6.00 V ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC dBV	10.7 dBV	15.6 dBV ??
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC dBm	12.9 dBm	17.8 dBm ??
Timing:		
<input checked="" type="checkbox"/> Duty Cycle	50.0 %	55.0 % ??
<input checked="" type="checkbox"/> Positive Width	0.511 ms	0.563 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Negative Width	0.512 ms	0.460 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Rise Time	0.000 ms	0.000 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Fall Time	0.000 ms	0.128 ms ??
<input checked="" type="checkbox"/> Period	1.02 ms	1.02 ms
<input checked="" type="checkbox"/> Frequency	0.977 kHz	0.977 kHz
<input checked="" type="checkbox"/> Phase	11.8 deg	-11.8 deg

Gambar 5. 5 Tampilan program Waveform Parameter Osiloskop Velleman PCSU1000 dari sinyal PWM dan respon driver L298N dengan duty cycle 50% (Perancangan)

Hasil pengujian rangkaian driver ditunjukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Hasil pengujian respon driver motor terhadap masukan sinyal PWM (Perancangan)

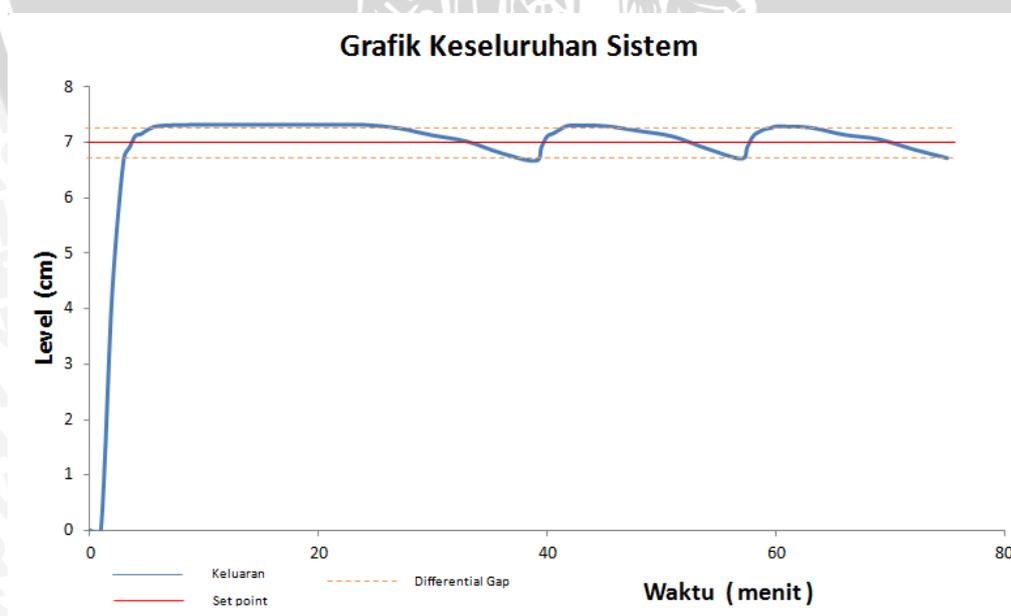
Duty Cycle (PWM MK)	Duty Cycle (keluaran driver)	Duty Cycle (delta error)
10.2%	15.6%	5.4%
20.3%	25.6%	5.3%
30.1%	35.5%	5.4%
40.3%	45.5%	5.2%
50%	55%	5%

60.1%	65.2%	5.1%
70%	74.9%	4.9%
80%	84.5%	4.5%
89.8%	93.7%	3.9%
95%	97.6%	2.6%
Selisih rata-rata duty cycle		4.73%

Berdasarkan Tabel 5.2, terdapat selisish rata – rata *duty cycle* keluaran *driver* dengan mikrokontroler sebesar 4.73%. Hal ini disebabkan karena adanya akumulasi *delay* pada seluruh rangkaian. Selisih rata – rata sebesar 4.73% cukup bagus karena tidak memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap kinerja sistem, sehingga dapat disimpulkan *driver* motor L298N dapat bekerja dengan baik.

5.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui hasil respon sitem dari perangkat keras dan perangkat lunak dengan menggunakan kontroler *on-off*. Implementasi kontroler *on-off* dengan menggunakan 2 batas posisi, yaitu batas atas dan batas bawah menghasilkan respon yang ditunjukkan dalam Gambar 5.6



Gambar 5. 6 Grafik Respon Sistem Keseluruhan (Perancangan)

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan, diperoleh kinerja sistem antara lain:

1. t_s (settling time) yaitu waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai nilai akhir ketika *steady*. t_s berdasarkan pengujian adalah 2408 detik atau kurang lebih 40 menit. *Settling time* didapat ketika level telah mencapai 7,05 cm.
2. Level tertinggi dari hasil pengujian keseluruhan sistem adalah 7,3 cm dan respon yang dihasilkan mampu mempertahankan level selama 4 jam pada rentang level 7,3 cm – 6,8 cm.
3. Periode osilasi dari hasil pengujian sistem ini dihitung saat level mencapai *set point* dan kembali ke *set point* adalah 911 detik atau kurang lebih 15 menit.

Tabel 5. 3 Data Pengujian Keseluruhan

Setpoint	7 cm
Level awal	0 cm
Waktu naik (t_r)	62 s
Settling time (t_s)	2408 s (40 menit)
Delay time (t_d)	58s
Periode Osilasi	911s (15 menit)

5.4 Pengujian Kadar Garam

Untuk mengetahui kadar garam yang terkandung dalam air tawar, maka dilakukan pengujian kadar garam pada air tawar hasil distilasi. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Hasil Uji Kadar Garam

Kode	Garam (%)
Air Laut	2,78 %
Hasil Air Tawar	0,000256 %

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan perancangan dalam pengendalian level pada distilasi air laut dengan menggunakan kontroler *on-off* ini dapat diimplementasikan dengan baik. Setelah dilakukan pengujian diperoleh kinerja sistem antara lain:

1. Air tawar yang dihasilkan selama empat jam pengujian adalah 710 ml
2. Sistem dapat mempertahankan level dengan settling time (ts) selama 2408 detik (40 menit)
3. Periode osilasi yang diperoleh selama 15 menit dalam satu periode.

6.2 Saran

Saran-saran dalam peningkatan unjuk kerja sistem ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Melakukan penelitian pada kondensor secara terukur, sehingga proses pengembunan uap air yang dihasilkan dapat lebih maksimal menjadi bentuk air.

