



**PURWARUPA SISTEM IRIGASI OTOMATIS
MENGUNAKAN *MULTIPLE* SENSOR BERBASIS *MAP*
*KARNOUGH***

SKRIPSI

Oleh

**Airlangga Al Muhtadlobillah
NIM 161810201037**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2021**



**PURWARUPA SISTEM IRIGASI OTOMATIS
MENGUNAKAN *MULTIPLE* SENSOR BERBASIS *MAP*
*KARNOUGH***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh

**Airlangga Al Muhtadlobillah
NIM 161810201037**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2021**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Bapak tercinta Nor Hisbullah dan Ibu tercinta Istatik Badi'ah yang selalu memberikan dukungan moral, kasih sayang, doa dan sebagainya yang tidak mampu dihitng semua untuk kesuksesan dan masa depan anak-anaknya;
2. Keluarga besar yang telah memberikan dukungan motivasi, inspirasi dan doa dalam kebelangsungan studi ini;
3. Guru – guru sejak taman kanak – kanak sampai perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu dan membimbing saya selama ini;
4. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

MOTTO

*“Penting diketahui, seorang pelajar tidak akan memperoleh kesuksesan ilmu dan tidak pula ilmunya dapat bermanfaat, selain mau mengagungkan ilmu itu sendiri, ahli ilmu, dan menghormati keagungannya” (Abdul Karir Al Jufri)**



* Al-Zarnuji. 2009. *Ta'lim Al Muta'allim. Terjemahan: Abdul Kadir Al Jufri.* Mutiara Ilmu. Surabaya

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Airlangga Al Muhtadlobillah

NIM : 161810201037

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Purwarupa Sistem Irigasi Otomatis Menggunakan *Multiple* Sensor Berbasis *Map Karnough*” adalah benar-benar karya saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Penelitian ini merupakan penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

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

Jember, Januari 2021

Yang menyatakan,

Airlangga Al Muhtadlobillah

NIM. 161810201037

SKRIPSI

**PURWARUPA SISTEM IRIGASI OTOMATIS
MENGUNAKAN *MULTIPLE* SENSOR BERBASIS MAP
*KARNOUGH***

Oleh

**Airlangga Al Muhtadlobillah
NIM 161810201037**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Drs. Agus Subekti, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Purwarupa Sistem Irigasi Otomatis Menggunakan *Multiple* Sensor Berbasis *Map Karnough*” telah disetujui pada:

hari, tanggal :

tempat : Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember.

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I,

Prof. Drs. Agus Subekti, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196008011984031002

Agung T. Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D.
NIP. 198711042014042001

Anggota II,

Anggota III,

Drs. Yuda C. Hariadi, M.Sc., Ph.D
NIP. 19620311198721001

Dr. Sutisna, S.Pd., M.Si
NIP. 197301152000031001

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.

NIP. 195910091986021001

RINGKASAN

Purwarupa Sistem Irigasi Otomatis Menggunakan *Multiple* Sensor Berbasis *Map Karnough* ; Airlangga Al Muhtadloblillah, 161810201037, 2020: 54 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Sebagian besar petani masih menggunakan metode irigasi permukaan dengan menggunakan tenaga manusia atau tenaga diesel yang menghabiskan banyak biaya dan waktu. Selain itu, irigasi permukaan membutuhkan volume air yang sangat banyak bahkan terkesan membuang-buang air. Penyesuaian volume distribusi air irigasi dengan kebutuhan tanaman dapat dilakukan dengan mengotomatisasi sistem irigasi. Akan tetapi, tidak semua petani dapat mengatur waktu penyiraman dari sistem irigasi otomatis. Oleh karena itu diperlukan irigasi dengan kontrol sistem yang *real time* dan hanya memerlukan satu kali pengaturan *set point*.

Tujuan penelitian ini membuat *prototype* sistem pengontrol otomatis untuk penyiraman menggunakan Arduino Uno. Kontrol sistem otomatis menggunakan sistem kontrol berdasarkan persamaan *Karnough-map* dari tegangan keluaran sensor. Sensor yang digunakan antara lain YL-69 (kelembaban tanah), LDR (intensitas cahaya), LM35 (suhu).

Metode penelitian yang dilakukan meliputi perancangan, realisasi dan pengujian. *Prototype* dirancang menggunakan tiga sensor yaitu LDR (intensitas cahaya), LM35 (suhu) dan YL 69 (kelembaban tanah). Keluaran dari tiga sensor tersebut di sederhanakan menggunakan *Karnough-map* sehingga menghasilkan satu keluaran. *Prototype* direalisasikan dengan merangkai semua komponen untuk blok sistem kemudian dilakukan penyiraman. *Prototype* menggunakan *relay* sebagai kontrol *on-off* pada pompa air, sensor YL-69 sebagai pembaca kelembaban tanah, sensor LM35 sebagai pembaca suhu dan sensor LDR sebagai pembaca intensitas cahaya. Pengujian blok sistem bertujuan untuk menentukan *set point* yang akan digunakan pada pengujian penyiraman. Pengujian penyiraman menggunakan *set point* tegangan yang kemudian dari beberapa tegangan sensor disederhanakan dengan *Karnough-map*. *Karnough-map* berfungsi untuk menyederhanakan dari beberapa tegangan input menjadi satu keluaran output. Jika kondisi tegangan keluaran sensor memenuhi syarat untuk melakukan penyiraman berdasarkan Tabel kebenaran *Karnough-map* maka sistem akan menyiram. Setelah melakukan pengujian blok sistem dilakukan pengujian penyiraman lapang dengan meletakkan *prototype* di ruang terbuka sehingga diketahui apakah sistem dapat menyiram dengan kondisi alam yang ada.

Hasil pengujian blok sistem didapatkan masing-masing sensor bekerja dengan baik. Sensor-sensor yang digunakan memiliki nilai error yang kecil, akurasi, presisi dan tingkat linieritas yang tinggi. Hasil pengujian *prototype* sistem penyiraman dapat bekerja dengan baik. Sistem dapat melakukan penyiraman berdasarkan sesuai kondisi alam. Ada kondisi wajib dimana sistem dapat melakukan penyiraman yaitu kondisi dimana tanah kering atau sensor YL-69 mengirimkan sinyal 1 (*high*). Selama pengujian penyiraman sistem melakukan penyiraman selama 10 detik. Jumlah air yang disiramkan sebanyak 111,18mL.

Jumlah air yang didapatkan berdasarkan rasio penyiraman dimana debit air yang dikeluarkan pompa adalah 0,11118 L/detik. Sistem akan berhenti menyiram saat jumlah air sudah memenuhi syarat untuk sensor YL-69 mengirimkan sinyal 0 (*low*).



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT penulis panjatkan, dengan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Purwarupa Sistem Irigasi Otomatis Menggunakan *Multiple* Sensor Berbasis *Map Karnough*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

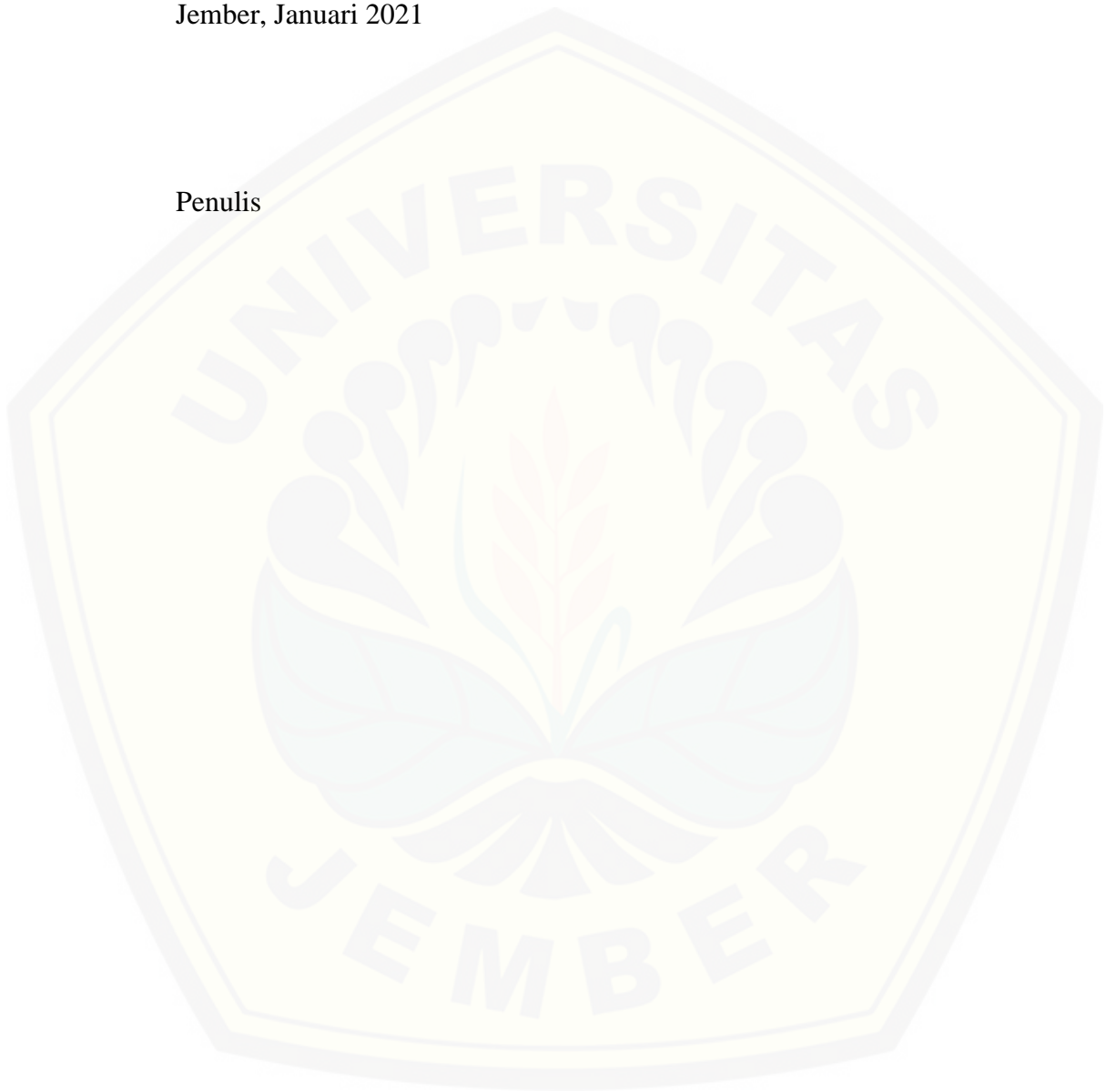
Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Drs. Agus Subekti, M.Sc ,Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatiannya dalam membantu menyelesaikan skripsi ini;
2. Drs. Yudha Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D. dan Dr. Sutisna, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan penulisan skripsi ini;
3. Drs. Yudha Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang banyak berjasa selama penulis kuliah;
5. Tim tugas akhir elektronika dan instrumentasi yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian;
6. Teman-teman seperjuangan Phylosophi Einstein'16 yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa;
7. Sahabat-Sahabat satu Kontrakan Nias yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak dan pembaca. Penulis juga mengharap kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini.

Jember, Januari 2021

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
SKRIPSI	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air	5
2.2 Irigasi	5
2.3 Irigasi mikro	7
2.4 Sistem Kontrol Otomatis	8
2.4.1 Sistem Kontrol Umpan Balik	9
2.4.2 Sistem Kontrol Umpan Maju	10
2.4.3 Sistem Kontrol Sekuens	10
2.5 Mikrokontroler	10
2.5.1 Arduino Uno	11
2.6 ADC (<i>Analog to Digital Converter</i>)	12
2.7 Sensor Suhu LM35	14
2.8 Sensor Cahaya	15
2.9 Sensor Kelembaban Tanah	16
2.10 Rangkaian Penyederhana <i>Karnough-map</i>	17
2.11 Relay	18
2.12 Pompa Air	18
BAB 3. METODE PENELITIAN	20
3.1 Rancangan Penelitian	20
3.2 Jenis dan Sumber Data	21
3.3 Kerangka Pemecahan Masalah	21
3.3.1 Pembuatan desain	22
3.3.2 Realisasi Sistem <i>Prototype</i>	23
3.3.3 Metode Pengujia	24
3.4 Analisis Data	26

3.4.1	Indeks Keberhasilan	27
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Uji Peralatan Elektronik	31
4.1.1	Pengujian sensor LDR	31
4.1.2	Pengujian sensor LM35	35
4.1.3	Pengujian sensor YL-69	39
4.1.4	Aplikasi dan pengujian penyederhanaan dengan menggunakan <i>Karnough-map</i>	42
4.2	Pengujian Rasio Penyiraman	45
4.3	Pengujian <i>Prototype</i> Sistem Irigasi	48
BAB 5.	PENUTUP	52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	56

DAFTAR GAMBAR

2.1 Skema Metode Irigasi	7
2.2 Sistem Kontrol Umpan Balik	9
2.3 Sistem Kontrol Umpan Maju	10
2.4 Ic Mikrokontroler	11
2.5 Arduino Uno R3	12
2.6 Sensor Lm35	14
2.7 Ldr (Light Defendent Resistor)	15
2.8 Photodiode	15
2.9 Sensor Kelembaban Tanah Y1-69	16
2.10 (A) Relay, (B) Skema Relay	18
2.11 Pompa Air High Pressure Diaphragm Electric Pump 12v	19
3.1 Fishbone Diagram Rancangan Penelitian	20
3.2 Desain Kerangka Pemecahan Masalah	21
3.3 Kerangka Pembuatan Sistem Irigasi Otomatis	22
3.4 Desain Rangkaian	22
3.5 Blok Diagram Pemrograman Sistem Kontrol Pada Arduino	23
3.6 Desain Rangkaian Seluruh Sistem	26
4.1 Rangkaian Sensor Ldr Pada Arduino	32
4.2 Grafik Hubungan Intensitas Cahaya Dengan Tegangan Pada Sensor Ldr....	33
4.3 Hasil Pengujian Sensor Ldr	35
4.4 Sensor Lm35 Yang Terintegrasi Op-Amp	36
4.5 Grafik Perbandingan Tegangan Dan Alat Ukur	37
4.6 Grafik Hasil Perbandingan Suhu Sensor Dengan Thermometer	38
4.7 Desain Rangkaian Sensor Y1-69 Ke Arduino	39
4.8 Grafik Kalibrasi Tegangan Keluaran Sensor Dengan Kelembaban Asm	40
4.9 Grafik Pengujian Kelembaban Tanah Sensor Y1-69	42
4.10 Flow Chart Program Karnough-Map Arduino	44
4.11 Rangkaian Pengujian Rasio Penyiraman	46
4.12 Script Program Pengujian Sistem Penyiraman	47

4.13 Grafik Pengujian <i>Prototype</i> Kondisi Y1-69 Dan Ldr <i>High</i>	49
4.14 Grafik Pengujian <i>Prototype</i> Kondisi Y1-69 Dan Lm35 High	49
4.15 Grafik Pengujian <i>Prototype</i> Kondisi Lm35, Y1-69 Dan Ldr High.....	50

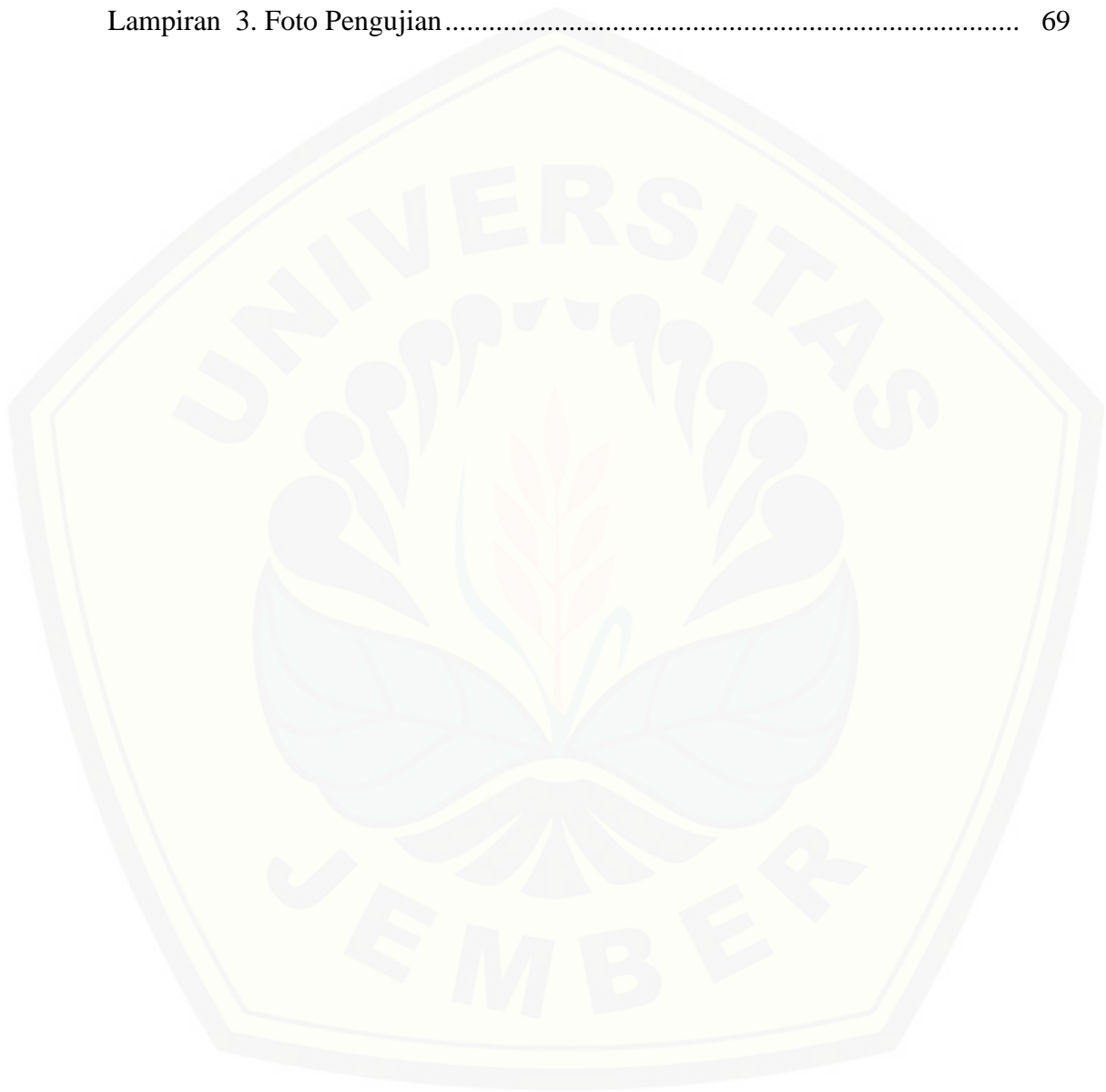


DAFTAR TABEL

2.1 Pin Kaki Sensor Kelembaban Tanah Y1-69	16
4.1 Hasil Tegangan Keluaran Sensor Ldr	33
4.2 Hasil Pengujian Sensor Ldr.....	34
4.3 Hasil Perbandingan Suhu Dan Tegangan.....	36
4.4 Hasil Pengujian Sensor Lm35 Terhadap Suhu.....	38
4.5 Hasil Kalibrasi Tegangan Keluaran Sensor Dengan Kelembaban ASM	40
4.6 Hasil Pengujian Kelembaban Tanah Sensor Y1-69	41
4.7 Hasil Persamaan <i>Karnough-Map</i>	43
4.8 Penyederhanaan <i>Karnough-Map</i>	43
4.9 Hasil Pengambilan Data <i>Karnough-Map</i>	45
4.10 Hasil Pengujian Sistem Penyiraman	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Perhitungan.....	56
Lampiran 2. Script Pemrograman	63
Lampiran 3. Foto Pengujian.....	69



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah faktor penting yang diperlukan sektor pertanian untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Produksi hasil pertanian akan mengalami penurunan jika tanaman mengalami kekurangan air (Sirait dan Maryati, 2018). Kebutuhan air pada tanaman berfungsi untuk membantu memperlancar metabolisme terutama pada proses fotosintesis. Air juga berfungsi sebagai pengangkut hasil fotosintesis dan mineral dari daun dan akar ke seluruh tanaman. Sehingga air merupakan faktor penting untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Metode yang dapat digunakan untuk mengalirkan air ke tanaman adalah dengan melakukan pengairan.

Menurut Maimunah (2017) pengairan atau irigasi adalah salah satu cara mengalirkan air ke area persawahan atau perkebunan secara teratur, irigasi juga dapat diartikan menggunakan sumber air sebagai sesuatu yang bermanfaat bagi kehidupan tanaman. Wiranto (2014) menjelaskan irigasi merupakan salah satu alternatif dalam pemberian air pertanian jika kebutuhan air tanaman lebih besar dari ketersediaan air di lahan pertanian. Menurut Hansen *et al.*, (1979) secara metode pemberian air irigasi dapat dibagi menjadi empat bagian, yakni: irigasi permukaan, irigasi bawah-permukaan, irigasi curah, dan irigasi tetes.

Sebagian besar petani masih menggunakan metode irigasi permukaan dengan menggunakan tenaga manusia atau tenaga diesel yang menghabiskan banyak biaya dan waktu. Selain itu, irigasi permukaan membutuhkan volume air yang sangat banyak bahkan terkesan membuang-buang air. Sehingga volume air yang keluar tidak sebanding dengan jumlah air yang dibutuhkan tanaman. Permasalahan yang dihadapi petani yaitu tidak semua wilayah memiliki ketersediaan air yang melimpah, sementara kebutuhan air untuk tanaman harus terpenuhi dengan baik. Penggunaan irigasi permukaan tentu akan menjadi suatu permasalahan yang amat krusial bagi petani, sehingga diperlukan suatu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan bagi para petani yaitu dengan menggunakan jenis irigasi yang hemat air. Irigasi curah dapat menghemat penggunaan air karena menggunakan pancaran untuk menyalurkan air sehingga air yang keluar seperti tetesan hujan yang membasahi lahan (Syamsiar *et al.*, 2016). Distribusi air pada irigasi curah terjadi karena air diberi tekanan yang cukup agar penyebarannya berjalan dengan baik. Pendistribusian air dari sumber menuju ke lahan dengan suatu jaringan perpipaan yang baik dimana pada irigasi curah terdiri dari pipa lateral, pipa *manifold*, *valve line*, pipa utama dan *supply line*. Sumber dari tekanan dapat berasal dari gravitasi, pemompaan pada sumber air, dan penguatan tekanan dengan menggunakan pompa penguat (*booster pump*) (Keller dan Bliesner, 1990). Kinerja irigasi curah dapat berjalan dengan baik dengan menggunakan pencurah (*sprinkler*) yang sesuai dengan kebutuhan tanaman (Ikadawanto, 1993).

Volume air yang didistribusikan ke tanaman menjadi faktor penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Setiap tanaman memiliki tingkat kebutuhan air yang berbeda-beda, sehingga perlu adanya penyesuaian antara pendistribusian air irigasi dengan kebutuhan air pada tanaman. Penyesuaian volume distribusi air irigasi dengan kebutuhan tanaman dapat dilakukan dengan mengotomatisasi sistem irigasi (Delya, 2014). Irigasi otomatis adalah bagian dari sistem pengelolaan air, yang meliputi irigasi dan drainase. Penggunaan sistem kontrol otomatis di bidang irigasi memiliki dampak yang besar pada peningkatan sistem irigasi dan efisiensi penggunaan sumber daya air serta dapat menjaga permukaan air di lahan pada level tertentu sesuai kebutuhan tanaman. Meskipun demikian bagi petani memiliki sebuah sistem irigasi otomatis adalah sesuatu hal yang percuma. Sebab sistem irigasi otomatis yang dijual dipasaran menggunakan kontrol waktu sehingga dimungkinkan penyiraman dapat terjadi pada saat hujan. Ditambah tidak semua petani dapat mengatur waktu penyiraman dari sistem irigasi otomatis tersebut. Oleh karena itu diperlukan sebuah terobosan dalam menjalankan sistem irigasi otomatis yang bersifat *real time* dan hanya memerlukan satu kali pengaturan *set point*.

Berangkat dari permasalahan tersebut, peneliti ingin mengembangkan sebuah *prototype* sistem irigasi otomatis yang *real time* yang dapat menyiram sesuai dengan kondisi lingkungan yang ada. Sebagai contoh *prototype* sistem irigasi curah otomatis yang dilakukan oleh Saptomo (2013) membuat irigasi curah otomatis berbasis sistem pengendali kontrol mikro dengan menggunakan Sensor kelembaban tanah VG400. Hasil penelitian menunjukkan sistem irigasi curah otomatis bisa menjaga kelembaban tanah antara rentang *set point* yang diinginkan dan dengan demikian dapat diterapkan untuk penggunaan yang lebih luas. Setiawan (2013) melakukan penelitian tentang sistem irigasi curah otomatis berbasis PLC (*programmable logic kontroller*). Metode yang digunakan adalah dengan merancang sistem *sprinkler* menggunakan semprotan pompa *nozzle* yang bekerja secara otomatis dikontrol dengan menggunakan PLC. Pemrograman disesuaikan dengan waktu yang diinginkan (06:00, 09:00, 15:00 dan 18:00) dan sistem akan mati saat terjadi hujan. Dua buah Sensor konduktor yang digunakan untuk mematikan kerja pompa saat melampaui batas deteksi curah hujan dan di letakkan di alat penguku hujan. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah sistem irigasi dapat bekerja sesuai dengan pengaturan. Hasil pengujian distribusi air relatif seragam dengan curah yang dihasilkan selebar 5,5m.

Penelitian yang telah dilakukan sistem irigasi otomatis memiliki beberapa kekurangan dimana didasarkan pada faktor kelembaban tanah dan waktu penyiraman. Namun terdapat faktor lain yang menentukan suatu tanaman perlu disiram atau tidak. Faktor lain yang menentukan suatu tanaman perlu disiram antara lain suhu, kelembaban tanah, dan intensitas cahaya. Berdasarkan faktor-faktor tersebut peneliti mengembangkan rancang bangun sistem irigasi otomatis menggunakan *multiple* sensor yang disederhanakan menggunakan *Karnough-map*. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sensor suhu, intensitas cahaya, dan kelembaban tanah. Rancang bangun ini secara keseluruhan menggunakan sistem kontrol dari hasil penyederhanaan *Karnough-map* menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Digunakannya *map-karnough* berfungsi sebagai aljabar penyederhana dari beberapa *input* dari sensor menjadi satu *output*. *Output* dari *Karnough-map* dihubungkan ke *relay* dan diteruskan ke

pompa air penyiraman. Penyiraman terjadi jika *output* dari masing-masing sensor memenuhi persamaan syarat batas yang berdasarkan *Karnough-map*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian sistem irigasi otomatis menggunakan *multiple* sensor berbasis *map karnough* adalah bagaimana rancang bangun sistem irigasi otomatis yang di optimasi menggunakan *Karnough-map* serta pengujian yang dihasilkan.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan sebuah purwarupa (*prototype*) sistem irigasi otomatis yang dapat diaplikasikan dan melakukan penyiraman sesuai dengan kondisi alam yang ada.

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah diharapkan dari penelitian ini banyak petani yang tidak lagi menggunakan perkiraan ketika melakukan penyiraman tanaman. Manfaat lain dari penelitian ini yaitu petani tidak perlu membuang-buang waktu dan tenaga untuk berlama-lama di kebun hanya melakukan penyiraman. Petani cukup melakukan perbersihan rutin gulma pada kebun saja.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air adalah komponen sangat penting bagi hidup tanaman dan sering menjadi faktor pembatas utama untuk produksi tanaman. Untuk pertunjukkan yang baik dan ekonomis, setiap tanaman harus mencapai keseimbangan antara permintaan dan suplai air yang tersedia. Masalahnya adalah evapotranspirasi berlangsung terus, sedangkan suplai air dan hujan tidak kontinyu dan tidak beraturan (Rosadi, 2015).

Untuk mempertahankan hidup selama masa kering antara hujan, tanaman harus menggunakan cadangan kandungan air pada pori-pori tanah atau pada akhirnya menggunakan cadangan air yang sangat terbatas pada jaringan tanaman. Bila hal ini terjadi kekurangan air tersebut menyebabkan kerusakan fungsi fisiologis. Lebih jauh lagi dehidrasi tanaman umumnya menyebabkan kerusakan yang tidak bisa diperbaiki (Rosadi, 2015).

Tanaman membutuhkan air untuk perkembangan dan perkembangannya. Kebutuhan air untuk tanaman harus dipenuhi oleh air dalam tanah melalui sistem perakaran. Aplikasi pemberian air untuk memenuhi kebutuhan tanaman pada waktu dan cara yang tepat disebut irigasi. Apabila kebutuhan air bagi tanaman dipenuhi dengan cara lain (curah hujan, air kapiler dari air tanah, dan sebagainya), maka irigasi tidak diperlukan (Rosadi, 2015).

2.2 Irigasi

Irigasi berasal dari istilah *Irrigatie* (Bahasa Belanda) atau *Irrigation* (Bahasa Inggris) yang diartikan sebagai suatu usaha yang dilakukan untuk mendatangkan air dari sumber guna keperluan pertanian mengalirkan dan membagi air secara teratur, setelah digunakan dapat pula dibuang kembali melalui saluran pembuangan. Tujuan irigasi adalah untuk memenuhi kebutuhan air (*water supply*) untuk keperluan pertanian, meliputi pembasahan tanah, perabukan atau pemupukan, pengaturan suhu tanah, menghindarkan gangguan hama dalam tanah dan sebagainya (Ansori *et al.*, 2018).

Manfaat irigasi adalah sebagai berikut:

- a. menambah air untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman;
- b. menjamin ketersediaan air sepanjang tahun;
- c. mengontrol temperatur tanah, sehingga baik bagi pertumbuhan tanaman;
- d. mencuci atau mengurangi kandungan garam dalam tanah;
- e. mengurangi bahaya erosi;
- f. memudahkan pengolahan tanah.

Tanaman membutuhkan air untuk beberapa proses antara lain: metabolisme, fotosintesa, transport mineral (unsur hara) serta hasil fotosintesa (fotosintat), mendukung struktur tanaman, pertumbuhan, transpirasi (Rosadi, 2015).

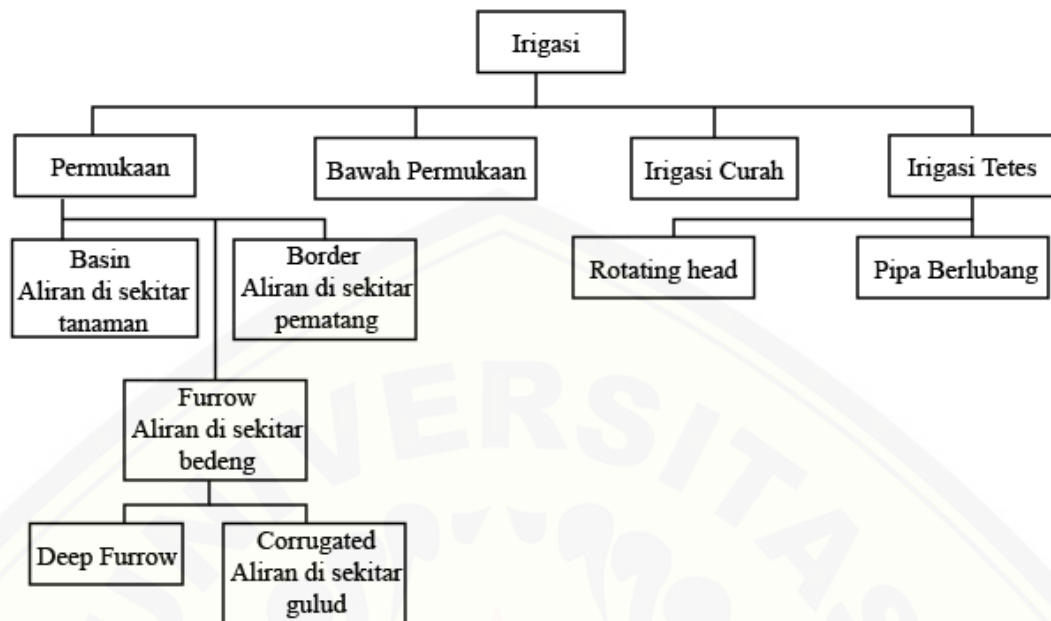
Peranan irigasi dalam meningkatkan dan menstabilkan produksi pertanian tidak hanya bersandar pada produktivitas saja tetapi juga pada kemampuannya untuk meningkatkan faktor-faktor pertumbuhan lainnya yang berhubungan dengan input produksi. Irigasi mengurangi resiko kegagalan panen karena ketidakpastian hujan dan kekeringan, membuat unsur hara yang tersedia menjadi drip lebih efektif, menciptakan kondisi kelembaban tanah optimum untuk pertumbuhan tanaman, serta hasil dan kualitas tanaman yang lebih baik (Rosadi, 2015).

Metode penggunaan air irigasi untuk tanaman dapat digolongkan ke dalam:

- a. irigasi permukaan (*surface irrigation*);
- b. irigasi bawah-permukaan tanah (*sub-surface irrigation*);
- c. irigasi curah (*sprinkler*);
- d. irigasi tetes (*drip* atau *trickle irrigation*).

Irigasi curah dan tetes disebut juga irigasi bertekanan (*pressurized irrigation*). Pemilihan metode irigasi tersebut tergantung pada beberapa faktor antara lain air yang tersedia, iklim, tanah, topografi, kebiasaan, jenis dan nilai ekonomi tanaman (Rosadi, 2015).

Irigasi pada tanaman dapat diberikan dengan cara penggenangan di permukaan, bawah permukaan, curah bertekanan atau tetes. Metode irigasi yang umum secara skematik disajikan pada Gambar 2.1:



Gambar 2.1 Skema Metode Irigasi (Rosadi, 2015).

Untuk menentukan penggunaan metode irigasi yang tepat tergantung faktor-faktor ketersediaan air, tipe tanah, topografi lahan dan tanaman. Apapun metode irigasi yang dipilih, yang diperlukan adalah merancang sistem irigasi sehingga diperoleh penggunaan air oleh tanaman yang paling efisien (Rosadi, 2015).

2.3 Irigasi mikro

Irigasi secara umum didefinisikan sebagai suatu proses menyadap/mengambil air dari sumbernya untuk keperluan pertanian guna memenuhi kebutuhan air tanaman (Indonesia, 2006). Irigasi mikro adalah salah satu terobosan yang bisa dilakukan. Teknologi ini adalah suatu istilah bagi sistem irigasi yang mengaplikasikan air hanya di sekitar zona perakaran tanaman. Irigasi mikro meliputi irigasi tetes (*drip irrigation*), *microsprayer* dan *mini-sprinkler* (Wiyono, 2006). Masing-masing jenis irigasi tersebut dibedakan berdasarkan tipe outlet atau pengeluaran air yang digunakan, yaitu:

- a. irigasi tetes, meneteskan air melalui pipa berlubang dengan diameter kecil atau sangat kecil;
- b. *micro-spray*, mencurahkan air di sekitar dengan diameter pembasahan 1-4m;

- c. *mini-sprinkler*, mencurahkan air di sekitar perakaran dengan diameter pembasahan hingga 10m (Pertanian, 2008).

Sistem irigasi mikro memberikan beberapa keuntungan, antara lain hemat air, laju aliran rendah, dapat dilakukan bersamaan dengan pemupukan, dan dapat diterapkan pada berbagai topografi lahan. Penggunaan irigasi mikro dapat menghemat air irigasi karena langsung didistribusikan secara perlahan pada daerah perakaran tanaman. Hal ini berbeda dengan irigasi permukaan yang membutuhkan air cukup banyak untuk membasahi lahan. Pada irigasi mikro laju aliran air juga lebih rendah dibanding irigasi permukaan dengan tekanan pengairannya hanya sebesar 1-2 kg/cm³. Irigasi mikro dapat diterapkan pada berbagai topografi lahan, mulai lahan datar, bergelombang hingga berbukit. Di balik keuntungan penggunaan irigasi mikro, terdapat beberapa permasalahan dalam penerapannya seperti lubang *emitter* (peneter) sering tersumbat tanah, lumut atau kotoran lain yang terbawa aliran air (Herwindo dan Prihantoko, 2013).

Efisiensi irigasi mikro dapat ditingkatkan sampai lebih dari 90% jika siste tetes dirancang dengan tepat dan dioperasikan dengan teratur sesuai dengan jumlah kebutuhan dan waktu pemberian air (Sapriyanto dan Nora, 1998).

2.4 Sistem Kontrol Otomatis

Sistem otomatis pada dasarnya terdiri dari 3 elemen yaitu elemen pengukuran (Sensor), elemen kendali (*actuator*) dan pengendali itu sendiri (*kontroller*). Elemen pengukuran terdiri dari Sensor, *tranduser* dan *transmitter*, dimana elemen ini akan memberikan umpan balik (*feedback*) ke sistem kendali berupa kondisi aktual dari proses yang dikendalikan. Elemen kendali memiliki *actuator*, sirkuit pengatur daya dan catu daya tersendiri dan berfungsi untuk aktualisasi perintah yang diberikan oleh pengendali. Pengendali memiliki unit pemroses yang dilengkapi dengan memori dan sirkuit pembanding *set point* dengan nilai yang terbaca oleh Sensor (Widjiantoro *et al.*, 2012).

Sistem kontrol yang dikenal secara luas di industri dapat dibedakan menjadi beberapa jenis meliputi:

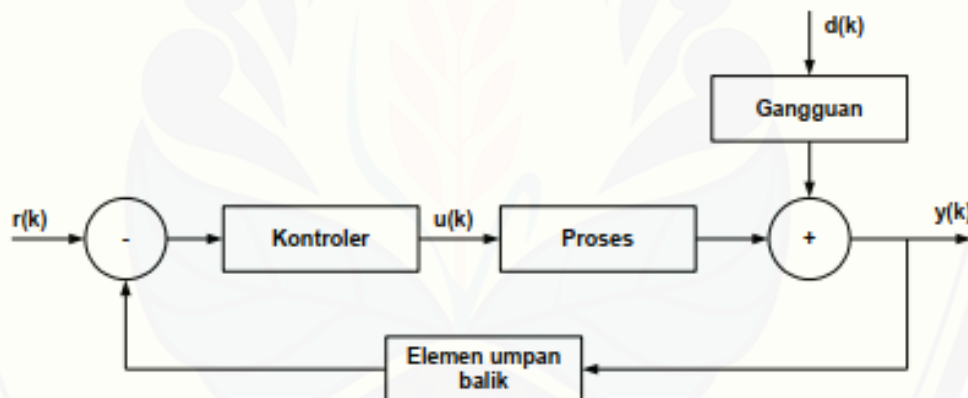
- a. sistem kontrol umpan balik (*feedback* kontrol sistem);

- b. sistem kontrol umpan maju (*feedforward* kontrol sistem);
- c. sistem kontrol sekuens (*sequential* kontrol sistem).

Pada jenis sistem kontrol tersebut, elemen utama yang menjalankan fungsi kontrol adalah kontroler. Kontrol dapat dipandang sebagai “otak” yang menentukan keputusan apa yang harus dilakukan oleh suatu sistem kontrol berdasarkan input/data yang diterimanya (Widjiantoro *et al.*, 2012).

2.4.1 Sistem Kontrol Umpan Balik

Sistem kontrol umpan balik bekerja dengan mendeteksi nilai output proses dan membandingkan dengan nilai *set point*. Nilai error (perbedaan antara output proses dengan nilai *set point*) digunakan sebagai dasar penentuan sinyal kontrol yang akan diberikan pada proses. Prinsip sistem kontrol balik diperlihatkan pada Gambar 2.2 (Widjiantoro *et al.*, 2012).



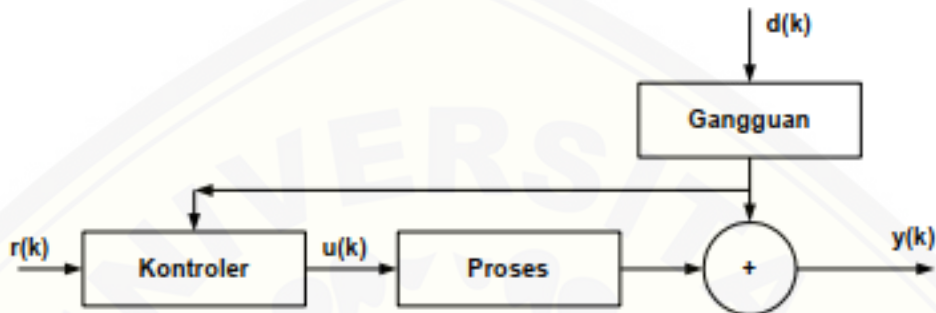
Gambar 2.2 Sistem kontrol umpan balik (Widjiantoro *et al.*, 2012).

Keterangan:

- $r(k)$ adalah set point atau nilai yang dikehendaki,
- $u(k)$ merupakan sinyal kontrol,
- $y(k)$ adalah output proses,
- $d(k)$ merupakan gangguan yang mempengaruhi proses (Widjiantoro *et al.*, 2012)

2.4.2 Sistem Kontrol Umpan Maju

Sistem kontrol maju mendeteksi nilai gangguan yang terjadi pada proses. Berdasarkan informasi gangguan ini, maka sistem kontrol umpan maju menghasilkan sinyal kontrol yang diberikan pada proses. Prinsip sistem kontrol umpan maju diGambarkan pada Gambar 2.3 (Widjiantoro *et al.*, 2012).



Gambar 2.3 Sistem kontrol umpan maju (Widjiantoro *et al.*, 2012).

2.4.3 Sistem Kontrol Sekuens

Sistem kontrol sekuens merupakan sistem kontrol yang berfungsi untuk menjalankan suatu urutan tertentu untuk menjalankan proses. Urutan-urutan ini dapat meliputi gabungan dari beberapa proses untuk menjalankan proses lain yang lebih kompleks. Pada umumnya sistem kontrol sekuens ini di industri dijalankan oleh suatu kontroler khusus dan dikenal dengan *Programmable Logic Kontroller* (PLC) (Widjiantoro *et al.*, 2012).

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah computer kecil “*special purpose computers*” di dalam satu IC yang berisi CPU, memori, timer, saluran komunikasi serial parallel, *Port* input/output, ADC. Mikrokontroller digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program (Suhaeb *et al.*, 2017).



Gambar 2.4 IC Mikrokontroler (Suhaeb *et al.*, 2017).

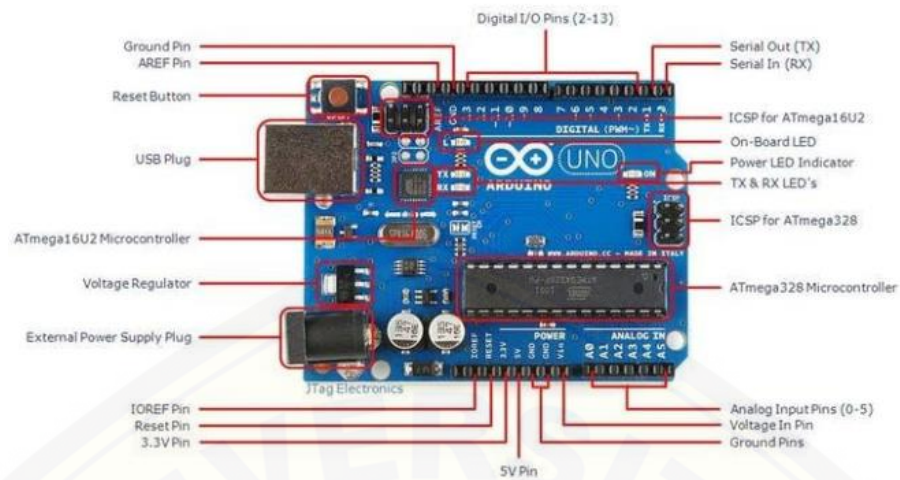
Mikrokontroler adalah ilmu terapan yang pengaplikasiannya dapat kita temui di kehidupan sehari-hari seperti jam digital, televisi, sistem keamanan rumah, dll. Mikrokontroler adalah komponen yang sangat umum dalam sistem elektronika modern. Penggunaannya sangat luas, dalam kehidupan kita sehari-hari baik di rumah, kantor, rumah sakit, bank, sekolah, industri, dll (Suhaeb *et al.*, 2017).

Mikrokontroler dapat digunakan untuk berbagai aplikasi misalnya untuk pengendalian, otomatisasi industri, akuisisi data, telekomunikasi, dan lain-lain. Keuntungan menggunakan mikrokontroler yaitu harganya murah, dapat diprogram berulang kali, dan dapat kita program sesuai dengan yang diinginkan. Saat ini keluarga mikrokontroler yang ada dipasaran yaitu intel 8048 dan 8051 (MCS51), motorola 68HC11, microchip PI, hitachi H8, dan atmel AVR (Suhaeb *et al.*, 2017).

2.5.1 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan salah satu Arduino yang murah, mudah didapat, dan sering digunakan. Arduino ini dibekali dengan mikrokontroler ATMEGA328P dan versi terakhir yang dibuat versi R3. Modul ini sudah dilengkapi dengan berbagai hal yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler untuk bekerja (Junaidi dan Prabowo, 2018).

ATMega 328P yang sudah berbentuk modul Arduino Uno seperti terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Arduino Uno R3 (Junaidi dan Prabowo, 2018).

ATMega 328 memiliki beberapa fitur antara lain:

- Memiliki 130 macam instruksi yang hamper semuanya dieksekusi dalam satu siklus clock
- Memiliki 32 x 8-bit register serba guna
- Kecepatan akses mencapai 16mips dengan clock 16 mhz
- Memiliki 32 kb flash memory dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 kb dari *flash* memori sebagai *bootloader*
- Memiliki eeprom (*electrically erasable programmable read only memory*) sebesar 1 kb sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena eeprom tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan
- Memiliki sram (*static random access memory*) sebesar 2 kb
- Memiliki pin i/o digital sebanyak 14 pin, 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai pin pwm (*pulse width modulation*)
- Memiliki *master/slave spi serial interface* (junaidi dan prabowo, 2018).

2.6 ADC (*Analog to Digital Converter*)

ADC (*Analog to Digital Converter*) adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal digital. Perangkat ADC dapat berbentuk suatu modul atau rangkaian elektronika atau suatu

chip IC. ADC berfungsi untuk menjembatani pemrosesan sinyal analog oleh sistem digital (Suhaeb *et al.*, 2017).

Alat bantu digital yang paling penting untuk teknologi kontrol proses adalah yang menerjemahkan informasi digital ke bentuk analog dan juga sebaliknya. Sebagian besar pengukuran variabel-variabel dinamik dilakukan oleh piranti ini yang menerjemahkan informasi mengenai variabel ke bentuk sinyal listrik analog. Untuk menghubungkan sinyal ini dengan sebuah computer atau rangkaian logika digital, sangat perlu untuk terlebih dahulu melakukan konversi analog ke digital (A/D). Hal-hal mengenai konversi ini harus diketahui sehingga ada keunikan, hubungan khusus antara sinyal analog dan digital (Suhaeb *et al.*, 2017).

ADC adalah pengubah input analog menjadi kode-kode digital. ADC banyak digunakan sebagai pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara Sensor yang kebanyakan analog dengan sistem computer seperti Sensor suhu, cahaya, tekanan, aliran dan sebagainya, kemudian diukur dengan menggunakan sistem digital (computer). ADC memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi.

a. Kecepatan sampling

Suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second* (SPS).

b. Resolusi ADC

Menentukan ketelitian nilai konvers ADC. Sebagai contoh: ADC 8bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 (2^{n-1}) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh di atas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit (Suhaeb *et al.*, 2017).

2.7 Sensor Suhu LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu LM35 memiliki keakuratan tinggi jika dibandingkan dengan Sensor suhu lain, Sensor ini memiliki keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus. Secara prinsip, Sensor ini akan melakukan pengideraan setiap perubahan 1°C dengan menunjukkan tegangan keluaran sebesar 10 mV (Utomo *et al.*, 2011).

Komponen utama yang digunakan pada rangkaian Sensor suhu ini adalah sebuah Sensor berbentuk IC (*Integrated Circuit*) dengan tipe LM35DZ. Sensor LM35DZ merupakan Sensor yang memiliki kemampuan pengideraan suhu 0 °C sampai 10 0°C yang terkonversi dalam besaran tegangan dan bekerja pada arus kurang dari 60 μA (Setiandito *et al.*, 2011). Meskipun Sensor suhu LM35 mampu bekerja dengan tegangan masukan tunggal antara 5-30V tetapi besar catuan yang bisa dipakai dalam aplikasinya sebagai rangkaian Sensor suhu adalah 5V dengan besar arus yang digunakan $\leq 60 \mu\text{A}$. Nilai arus yang minimal dimaksudkan untuk mencegah pemanasan diri (*selfheating*) pada Sensor (Prasetyo *et al.*, 2012). Terdapat 3 pin LM35DZ yang fungsional diantaranya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Sensor LM35 (Utomo *et al.*, 2011).

Keterangan:

- a. sebagai sumber tegangan kerja (+vs);
- b. sebagai tegangan keluaran/vout;
- c. sebagai *ground* (Permana, 2008).

2.8 Sensor Cahaya

Sensor cahaya adalah komponen elektronika yang merubah besaran fisik dalam hal ini cahaya menjadi besaran elektrik. Contoh Sensor cahaya yang bisa digunakan adalah *Photodiode* dan LDR (*Light Dependent Resistor*). Sensor ini bisa menggunakan *output* digital dengan syarat harus melalui komparator terlebih dahulu sehingga keluarannya hanya ada dua keadaan yaitu terang dan gelap (Suhaeb *et al.*, 2017).



Gambar 2.7 LDR (*Light Dependent Resistor*) (Suhaeb *et al.*, 2017).

Penggunaan data analog untuk mengolah data dari Sensor cahaya dapat memungkinkan pengguna dapat mendapatkan informasi lebih mendetail seperti, gelap sekali, gelap, terang, terang sekali, redup, senja dan seterusnya (Suhaeb *et al.*, 2017).



Gambar 2.8 Photodiode (Suhaeb *et al.*, 2017).

Photodiode dirangkai dengan cara menyambungkan kaki katode ke pin data mikrokontroler dan menambahkan resistor pullup ke Vcc 5V, dan kaki anode disambungkan ke *Ground*. Rangkaian LDR dirangkai sama dengan *photodiode*, karena LDR tidak berpolaritas maka pemasangannya bisa dibolak balik. Dalam rangkaian umum penggunaan Sensor harus menambahkan resistor sebagai pullup

untuk membantu dalam pengambilan data. Rangkaian menggunakan *pullup* (penarik) yang bertujuan untuk dapat memperbesar rentang nilai pembacaan Sensor, sehingga data mudah dibaca (Suhaeb *et al.*, 2017).

2.9 Sensor Kelembaban Tanah

Soil moisture Sensor mampu mengukur kadar air didalam tanah, dengan 2 buah probe pada ujung Sensor. Dalam satu set Sensor *moisture* tipe YL-69 terdapat sebuah *module* yang di dalamnya terdapat IC LM393. IC ini berfungsi untuk proses pembandingan *offset* rendah yang lebih rendah dari 5mV, yang sangat stabil dan presisi. Sensitivitas pendeteksian dapat diatur dengan memutar potensiometer yang terpasang di modul pemroses. Untuk pedeteksian secara presisi menggunakan mikrokontroler atau Arduino, dapat menggunakan keluaran analog (sambungan dengan pin ADC atau analog input pada mikrokontroler) yang akan memberikan nilai kelembaban pada skala 0V (relative terhadap GND) hingga Vc (tegangan catu daya). Modul ini dapat menggunakan catu daya antara 3.3V hingga 5V sehingga fleksibel untuk digunakan pada berbagai mikrokontroler (Mardika dan Kartadie, 2019).



Gambar 2.9 Sensor Kelembaban Tanah YL-69 (Mardika dan Kartadie, 2019).

Tabel 2.1 Pin Kaki Sensor Kelembaban Tanah YL-69

Pin:	Keterangan:
Pin Vcc	Power supply 3.3-5Vdc
Pin GND	Power supply ground
Pin A0	Masukan pin A0 Arduino
Pin D0	Pasukan pin digital Arduino

(Sumber: Mardika dan Kartadie, 2019)

Sensor kelembaban tanah mengukur kadar air dalam tanah. Probe kelembaban tanah terdiri dari beberapa Sensor kelembaban tanah. Mengukur kelembaban neutron, memanfaatkan sifat moderator air untuk neutron. Kadar air tanah dapat ditentukan melalui pengaruhnya terhadap konstanta dielektrik dengan mengukur dua elektroda yang ditanamkan di tanah. Dimana kelembaban tanah sebagian besar dalam bentuk air bebas misalkan ditanah yang berpasir, berbanding lurus dengan kadar air. Probe biasanya diberi eksitasi frekuensi untuk memungkinkan pengukuran konstanta dielektrik. Pembacaan dari probe tidak linier dengan kadar air dan dipengaruhi oleh jenis tanah dan suhu tanah (Mardika dan Kartadie, 2019).

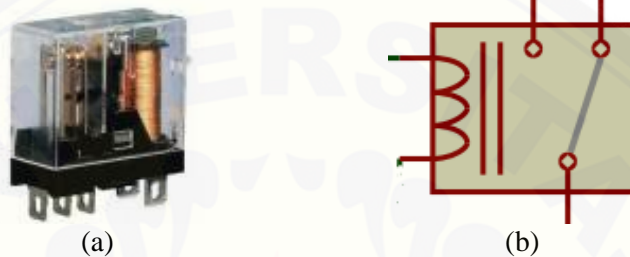
2.10 Rangkaian Penyederhana *Karnough-map*

Karnough-map atau peta Karnough adalah suatu peralatan grafis yang digunakan untuk menyederhanakan persamaan logika atau mengkonversikan sebuah Tabel kebenaran menjadi sebuah rangkaian logika (Arman, 1999). Dalam perancangan rangkaian logika, Map-Karnough adalah cara paling mudah untuk penyederhanaan rangkaian logika (Eliyati *et al.*, 2006).

Karnough-map adalah diagram yang terdiri dari sejumlah segi empat bersebelahan yang mengikuti pola 2^n dengan $n = 1, 2, 3, \dots, k$. untuk menyederhanakan ungkapan boolean dari suatu rangkaian logika digunakan suatu teknik pelingkaran pada *Karnough-map* tersebut. Pelingkaran ini menggunakan sifat *adjacent* dari segiempat yang bersebelahan dan mengikuti pola 2^k dengan $k = 0, 1, 2, 3, \dots, n$. pelingkaran dapat dilakukan secara vertical maupun horizontal dan hasil pelingkaran akan ditampilkan dalam bentuk operasi penjumlahan. Hasil inilah yang merupakan bentuk sederhana dari ungkapan boolean suatu rangkaian logika. Dua kolom atau baris pada *Karnough-map* dikatakan *adjacent* satu sama lain jika variable keduanya hanya berbeda satu variabel, sehingga variable itu dapat dihilangkan dan akibatnya fungsi logika itu menjadi lebih sederhana (Nripendra, 1993).

2.11 Relay

Relay adalah sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus listrik. Relay memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah armature besi yang akan tertarik menuju ke inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armature ini terpasang pada sebuah tuas berpegas. Ketika armatur tertarik menuju ke inti, kotak jalur bersama akan berubah posisinya dari kotak normal tertutup ke normal terbuka (Turang, 2015).



Gambar 2.10 (a) Relay, (b) Skema Relay(Turang, 2015)

Relay dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan rangkaian kontrol DC atau beban lain dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan rangkaian kontrol dan tegangan beban. Diantara aplikasi relay yang dapat ditemui diantaranya adalah:

1. Relay sebagai kontrol ON/OFF beban dengan sumber tegangan berbeda;
2. Relay sebagai selector atau pemilih hubungan. Relay sebagai eksekutor rangkaian delay (tunda);
3. Relay sebagai protector atau pemutus arus pada kondisi tertentu (Turang, 2015);

2.12 Pompa Air

Pompa adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lain. Pada klasifikasi jenis pompa, terdapat pompa perpindahan positif yaitu jenis pompa yang tidak menggunakan impeller (komponen yang berputar dari pompa) untuk memompa fluida. Pompa positif menggunakan bagian yang berputar untuk mendorong cairan ke volume tertutup. Cara kerja pompa ini yaitu dengan memindahkan fluida yang masuk menuju ke sisi buang sehingga tidak

ada aliran balik maupun kebocoran dari sisi buang ke sisi masuk. Dalam rumah pompa, akan terjadi perubahan energi, yaitu energi mekanik akan langsung diubah menjadi energi potensial untuk mengalirkan fluida. Pada pompa positif dibagi menjadi 3 yaitu *reciprocating pump*, *rotary pump*, *diaphragm pump* (Anonim, 2015).

Pompa diafragma adalah pompa yang mentransfer energi dari penggerak ke cairan melalui batang penggerak yang bergerak bolak-balik untuk menggerakkan diafragma sehingga timbul hisapan dan penekanan secara bergantian antara katup hisap dan katup tekan. Keuntungan pompa diafragma ini adalah hanya pada diafragma saja yang bersentuhan dengan fluida yang ditransfer sehingga mengurangi kontaminasi dengan bagian lain terutama bagian penggerak (Ramadesa, 2012).



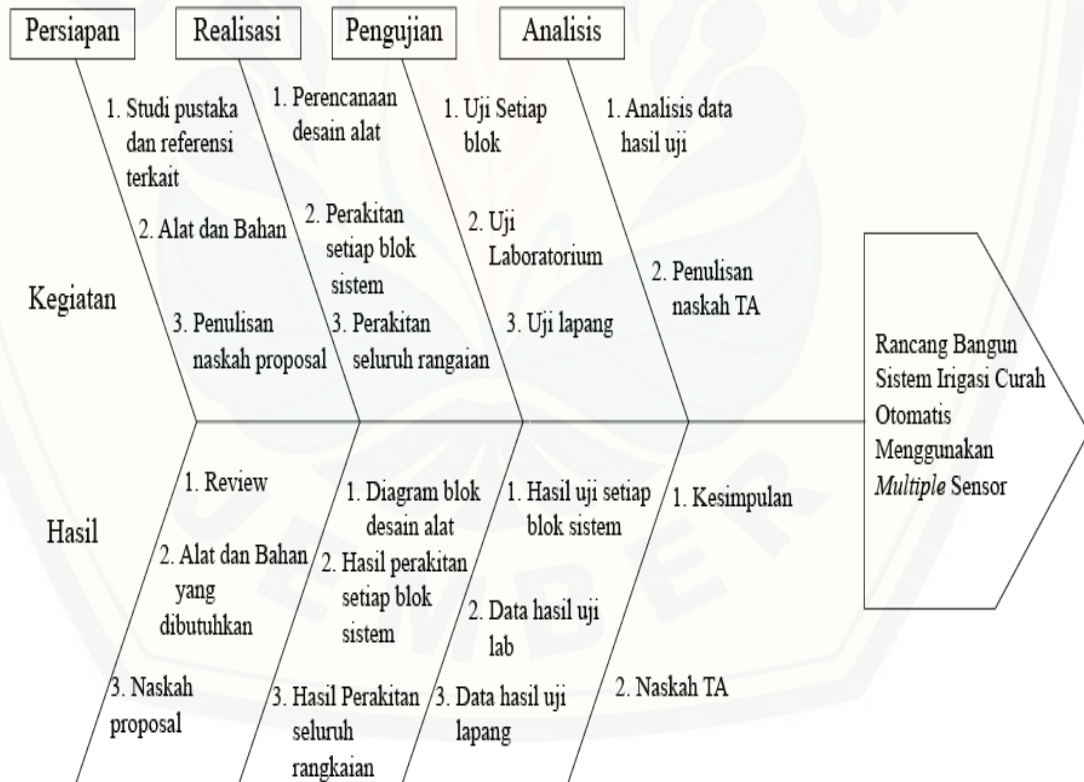
Gambar 2.11 Pompa Air High Pressure Diaphragm Electric Pump 12V (Tokopedia, Tanpa Tahun).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium elektronika dan instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember. Rancang bangun penelitian dilakukan untuk memudahkan petani guna menghemat penggunaan air untuk mengairi lahan pertaniannya menggunakan sistem irigasi otomatis yang diatur berdasarkan *multiple* Sensor yang disederhanakan menggunakan *Karnough-map*. Tiga faktor yang mempengaruhi dalam melakukan penyiraman, adalah: suhu, kelembaban tanah dan intensitas cahaya.

Rancangan penelitian ini meliputi beberapa proses kegiatan penelitian. Proses tersebut ditunjukkan seperti diagram *fishbone* yang ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 *Fishbone* Diagram Rancangan Penelitian

Penelitian diawali dengan membuat desain alat dari beberapa sensor penyiraman otomatis seperti Sensor suhu, kelembaban tanah dan intensitas cahaya.

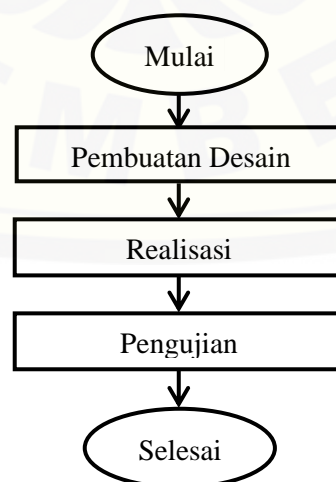
Keseluruhan Sensor akan membentuk sebuah sistem yang disederhanakan menggunakan persamaan *map Karnough*. Berdasarkan desain alat tersebut dilakukan realisasi alat yang di kontrol oleh Arduino Uno, selanjutnya dilakukan uji laboratorium, jika alat belum sesuai, maka akan dilakukan perbaikan dengan mengatur ulang desain, kemudian akan menjadi sebuah *prototype*.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif adalah jenis data yang dapat diukur atau dihitung secara langsung sebagai angka atau bilangan. Data kuantitatif didapatkan dari data Sensor yang diperoleh saat pengambilan data berlangsung. Data kualitatif adalah data berupa deskripsi yang menjelaskan karakteristik atau sifat suatu fenomena dari data kuantitatif yang diperoleh.

3.3 Kerangka Pemecahan Masalah

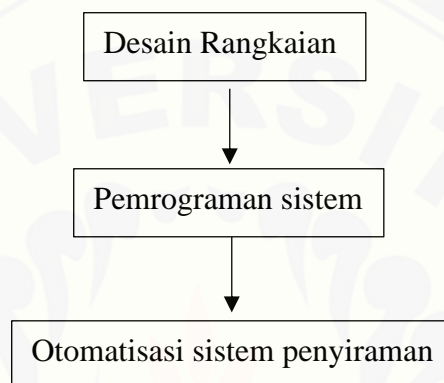
Penelitian dilakukan untuk mendapatkan sistem irigasi otomatis yang dapat menyiram sesuai dengan kondisi alam yang ada. Permasalahan pada penelitian ini diselesaikan melalui beberapa tahapan yang harus dilakukan secara sistematis dan dapat diilustrasikan dengan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Desain Kerangka Pemecahan masalah

3.3.1 Pembuatan desain

Desain dasar dari sistem irigasi otomatis terdiri dari desain rangkaian dan *Karnough-map*. Desain rangkaian terdiri dari penggabungan seluruh komponen-komponen yang berupa sensor-sensor, Arduino, relay dan pompa air. Sedangkan *Karnough-map* bertujuan untuk menyederhanakan rangkaian. Kerangka pembuatan system irigasi otomatis ditunjukkan pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Kerangka Pembuatan Sistem Irigasi Otomatis

a. Desain Rangkaian

Desain rangkaian ditunjukkan pada Gambar 3.3, sistem ini menggunakan kontrol otomatis yang berfungsi untuk mengaktifkan *relay* yang berasal dari output analog Sensor. Sensor yang digunakan pada penelitian ini ada tiga, yakni Sensor suhu, kelembaban tanah, dan intensitas cahaya.

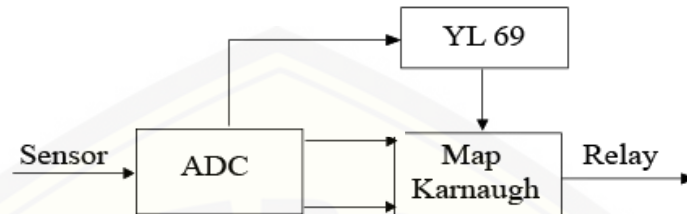


Gambar 3.4 Desain Rangkaian

Berdasarkan Gambar 3.4 sensor dihubungkan ke Arduino yang telah diprogram untuk membaca kondisi alam berdasarkan sensor yang digunakan. Proses pembacaan yang dilakukan oleh sensor akan menghasilkan keluaran berupa tegangan. Tegangan keluaran dari sensor selanjutnya di sederhanakan menggunakan *Karnough-map*. Keluaran dari *Karnough-map* terhubung dengan *relay* yang diteruskan dengan pompa air untuk melakukan penyiraman.

b. Pemrograman Sistem

Keseluruhan sistem kontrol otomatis yang ada di pemrograman Arduino ditunjukkan pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.5 Blok Diagram Pemrograman Sistem Kontrol Pada Arduino

Pemrograman sistem irigasi otomatis terdiri ADC (*Analog to Digital Converter*) yang berfungsi untuk mengubah keluaran sensor yang berupa biner ke bentuk tegangan yang diteruskan ke *Karnough-map*. Sensor YL 69 (kelembaban tanah) yang terdapat di dalam sistem berfungsi sebagai pengendali akhir untuk proses irigasi otomatis.

c. Otomatisasi sistem

Otomatisasi sistem irigasi dilakukan dengan menjalankan keseluruhan program yang dirancang. Otomatisasi sistem memanfaatkan pengukuran dari sensor yang dilakukan dengan Arduino yang menghasilkan *output* secara *realtime*. Pengukuran yang dilakukan diintegrasikan dengan sistem pemrograman sehingga ketika syarat-syarat batas yang telah ditentukan terpenuhi sistem akan bekerja secara otomatis.

3.3.2 Realisasi Sistem *Prototype*

Desain rangkaian yang telah dibuat kemudian direalisasikan dengan mengintegrasikan semua desain yang telah dibuat. Realisasi dimulai dengan pembuatan rangkaian pengukur dan sistem pengontrol. Sensor LDR dan LM35 diletakkan di udara terbuka sedangkan YL 69 dimasukkan ke dalam tanah. Saat keluaran masing-masing sensor sudah memenuhi syarat batas yang berdasarkan

hasil penyederhanaan dari *Karnough-map* maka akan memicu *relay* yang terhubung dengan pompa air untuk melakukan penyiraman.

3.3.3 Metode Pengujian

Setiap komponen dan sub sistem yang digunakan dalam penelitian terlebih dahulu diuji sebagai berikut:

a. Pengujian LDR

LDR pada *prototype* digunakan sebagai pembaca intensitas cahaya. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan LDR dengan Arduino Uno. Kemudian Arduino dihubungkan dengan komputer dan dilakukan upload program sederhana untuk mencari nilai lux dan tegangan output Sensor yang dilihat dari serial monitor. Lux yang muncul pada serial monitor dibandingkan dengan luxmeter.

b. Pengujian sensor YL-69

YL-69 digunakan sebagai acuan untuk mengukur kering atau basahnya tanah (kelembapan tanah). Pengujian dilakukan dengan menghubungkan YL-69 dengan Arduino Uno. Kemudian Arduino dihubungkan dengan komputer dan dilakukan upload program sederhana untuk mencari nilai resistansi dan tegangan. Nilai resistansi dan tegangan ditampilkan dengan serial monitor. Kadar air yang terbaca dibandingkan dengan alat ukur Soil meter.

c. Pengujian LM35

LM35 digunakan sebagai acuan untuk mengukur suhu lingkungan. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan LM35 dengan Arduino Uno. Kemudian Arduino dihubungkan dengan komputer dan dilakukan upload program sederhana untuk mencari nilai suhu dan tegangan Sensor yang ditampilkan dengan serial monitor. Suhu yang terbaca diserial monitor dibandingkan dengan *thermometer*.

d. Pengujian persamaan *map Karnough*

Rangkaian *map Karnough* pada penelitiann berfungsi sebagai rangkaian penyederhana. Rangkaian ini akan menyederhanakan 4 output Sensor menjadi 1 output saja dari Arduino Uno saja. Pengujian dilakukan dengan memprogramkan persamaan *map Karnough* kedalam program Arduino Uno. Hasil persamaan akan ditampilkan dengan serial monitor dan dibandingkan dengan perhitungan manual. Perhitungan *output* dari *map Karnough* ditunjukkan pada persamaan 3.1

$$Y = (A+B)*C \quad (3.1)$$

dimana:

- A. sensor suhu;
- B. sensor intensitas cahaya;
- C. sensor kelembaban tanah.

e. Pengujian penyiraman

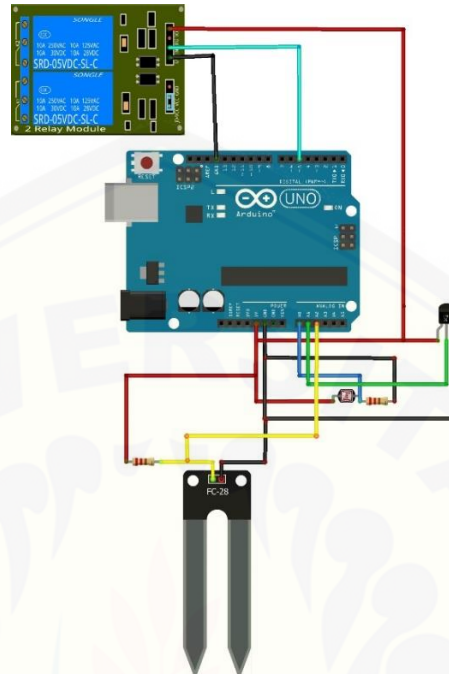
Pengujian dilakukan dengan tingkat kadar air tanah dengan menggunakan rasio debit air sehingga dapat mempermudah untuk menentukan lamanya waktu penyiraman yang digunakan saat uji lapang. Pengujian dilakukan menghitung volume air yang keluar dalam waktu yang telah ditentukan. Penyiraman dilakukan dengan menggunakan pompa yang terhubung dengan Arduino dan *relay*. Kemudian pengujian dilakukan dengan waktu 20 detik, 40 detik, dan 60 detik dan dihitung nilai rasionya debit airnya. Nilai rasio didapatkan menggunakan persamaan 3.2.

$$\text{debit air} = \frac{\text{volume air yang keluar}}{\text{waktu}} \quad 3.2$$

f. Uji laboratorium

Uji laboratorium bertujuan untuk mengetahui apakah *prototype* dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan dengan merangkai seluruh alat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6. Sistem penyiraman dilakukan berdasarkan nilai output Sensor yang nantinya akan memicu *on* atau *off* rangkaian *map Karnough*. Prototype layak diaplikasikan jika seluruh sistem dapat bekerja sesuai dengan keadaan lingkungan

yang telah diset. Prototype dinyatakan gagal jika ada salah satu sistem tidak bekerja dengan semestinya.



Gambar 3.6 Desain Rangkaian Seluruh Sistem

3.4 Analisis Data

Penelitian dilakukan dengan menggunakan Sensor intensitas cahaya, kelembaban tanah, dan suhu. Data yang dianalisa berupa data nilai presisi, dan linieritas.

a. Tingkat presisi

Tingkat presisi dari Sensor dilakukan dengan pengambilan data dengan interval 10 menit sehari selama satu minggu. Tingkat presisi dari instrument yang didesain dan dianalisis menggunakan metode statistik standard deviasi. Nilai ini digunakan untuk menggambarkan tingkat random error yang muncul pada setiap penggunaan Sensor dalam satu kali pengambilan data. Tingkat presisi dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$\text{Presisi} = 100\% - \text{Standart Error} (\%) \quad (3.3)$$

Dimana:

$$error (\%) = \frac{St. dev}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3.4)$$

$$St. dev = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.5)$$

b. Tingkat akurasi

Kelinieran sama dengan nilai koefisien determinasi (R^2) dari garis regresi liner grafik yang diperoleh, sedangkan akurasi dinyatakan dengan persamaan:

$$akurasi = \left(1 - \left| \frac{data\ pengukuran - data\ referensi}{data\ referensi} \right| \right) \times 100 \quad (3.6)$$

3.4.1 Indeks Keberhasilan

Rancang bangun sistem irigasi otomatis ini dapat dikatakan berhasil jika sistem dapat menyiram tanaman atau tidak sesuai dengan kondisi keadaan lingkungan yang sudah disetting untuk masing-masing sensor sesuai dengan tabel kebenaran *Karnough-map*. Kualitas dari pembacaan Sensor juga menjadi faktor penting dalam keberhasilan dari sistem.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Prototype sistem irigasi otomatis ini dirancang menggunakan tiga sensor yaitu: sensor suhu (LM35), intensitas cahaya (LDR), dan kelembaban tanah (YL-69). Sistem ini menggunakan *Karnough-map* untuk menyederhanakan dari 3 masukan dari sensor menjadi satu keluaran. Pada pengujian *prototype* didapatkan sistem dapat melakukan penyiraman sesuai dengan kondisi lingkungan yang diterima sensor. Untuk melakukan penyiraman *prototype* memiliki satu kondisi wajib yaitu YL-69 dalam kondisi 1 (*high*). Selama pengujian yang telah dilakukan *prototype* mampu melakukan penyiraman sebanyak satu kali sesuai dengan kondisi lingkungan saat tanah dalam keadaan kering. Terdapat syarat batas yang dibuat pada sistem agar sistem dapat menyiram dalam kondisi yang tepat. Syarat batas yang diatur dalam system meliputi sensor LDR adalah $\geq 4V$ (intensitas cahaya 200lux), untuk LM35 $\geq 2.7V$ (suhu 2,7 °C), dan YL-69 $\geq 4V$ (kelembaban 15%). Penyiraman akan berhenti ketika sensor YL-69 mengirimkan sinyal 0 (*low*) kurang dari syarat batas, maka sistem akan berhenti melakukan penyiraman. Dalam pelaksanaannya *prototype* menyiram selama 10 detik dengan volume air 111,18 mL. Selama penelitian *prototype* pengendali beroperasi sesuai program kendali yang dibuat dan mengendalikan penyiraman sesuai dengan kondisi lingkungan.

5.2 Saran

Adapun saran untuk menyempurnakan *prototype* yang dibangun yaitu:

1. Penambahan system IOT (*Internet of Things*) pada Arduino sehingga dapat dilakukan pemantauan apakah *prototype* dapat bekerja dengan kondisi yang benar.
2. Penambahan modul *SD Card* sebagai metode penyimpan data dari keluaran sensor pada *prototype*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2015. *Pompa Perpindahan Positif (Positive Displacement Pump)*. <https://www.prosesindustri.com/2015/05/pompa-perpindahan-positif-positif.html>. [Diakses pada tanggal 12 Maret 2020].
- Ansori, M. B., Edijatno, dan S. R. Soesanto. 2018. *Irigasi Dan Bangunan Air*. Surabaya: Laboratorium Keairan dan Teknik Pantai. Departemen Teknik Sipil FTSLK. ITS.
- Arman, A. A. 1999. *Diktat Kuliah Teknik Digital*. : Bandung. Jurusan Teknik Elektro ITB Bekerjasama dengan HEDS-JICA.
- Bentley, dan John P. 1995. *Principles Of Measurement Sitemns 3rd edition*. USA: Prentice Hall.
- Delya, B. 2014. *Rancang Bangun Sistem Hidroponik Pasang Surut Otomatis Untuk Budidaya Tanaman Cabai*. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* Vol 4. No. 1.
- Eliyati, N., Indrawati, dan A. Syari. 2006. *Penyederhanaan Ungkapan Boole dari Suatu Rangkaian Logika dengan Metode Peta Karnough*. *Jurnal Penelitian Sains* 7.
- Hansen, V. E., O. W. Israelsen, dan G. E. Stringham. 1979. *Irrigation Principle and Practice*. New York: John and Sons. Inc.
- Herwindo, W., dan A. Prihantoko. 2013. *Kajian Desain Dan Kinerja Jaringan Irigasi Mikro Berbasis Multi Komoditas Di Sumedang*. *Jurnal Irigasi* 8, No 1: 13.
- Indonesia, P. R. 2006. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 Tahun 2006 tentang Irigasi*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Junaidi, dan Y. D. Prabowo. 2018. *Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis Arduino*. Bandar Lampung: AURA.
- Keller, J., dan R. D. Bliesner. 1990. *Sprinkler and Trickler Irrigation*. . New York: AVI Book.
- Mardika, A. G., dan R. Kartadie. 2019. *Mengatur Kelembaban Tanah Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Yl-69 Berbasis Arduino Pada Media Tanam Pohon Gaharu*. *journal of Education and Information Communication Technology* Vol 3, No 2: 10.
- Maimunah, M. F. (2017). *Pengairan Sawah Otomatis Berbasis Arduino Uno*.

- Nripendra, N. B. 1993. *Logic Design Theory*. New Jersey: Prentice-Hall Englewood Cliff.
- Permana, B. 2008. *Sistem Pengukuran Konduktivitas Panas pada Logam Berbasis Mikrokontroler*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Pertanian, B. B. P. M. 2008. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian Vol 30. No. 3. 2008. Kemarau Datang, Irigasi Mikro pada Lahan Kering Jadi Pilihan*. Situgadung, Legok, Tanggerang.
- Prasetyo, E., K. M. W, dan F. N. H. 2012. *Pendeteksi Kebakaran dengan Menggunakan Sensor Suhu LM35*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Ramadesa. 2012. *Teori Dasar Pompa*. <http://ramadesa.blogspot.com/2012/01/teori-dasar-pompa.html> [Diakses pada tanggal 12 Maret 2020].
- Rosadi, R. A. B. 2015. *Dasar-Dasar Teknik Irigasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sapriyanto, dan H. T. Nora. 1998. *Efisiensi Penggunaan Air pada Sistem Irigasi Tetes dan Curah untuk Tanaman Krisan (chrysantenum sp)*. . pertanian 13. No 7.
- Saptomo, S. K., Isnain, R., & Setiawan, B. I. (2013). *Irigasi Curah Otomatis Berbasis Sistem Pengendali Mikro*. *Jurnal Irigasi*, 8, 115.
- Setiawan. A, G. D. (2013). *Penelitian Tentang Sistem Irigasi Curah Otomatis Berbasis PLC (Programmable Logic Controller)*. *Jurnal Teknik Pertanian*, 124-134.
- Setiandito, Y., V. A. Fauzi, dan Julius. 2011. *Komponen Sistem Kontrol: Sensor Suhu LM35*. Bandung: Universitas Kristen Maranatha.
- Setiawan. A, G. D. 2013. *Penelitian Tentang Sistem Irigasi Curah Otomatis Berbasis PLC (Programmable Logic Controller)*. *Jurnal Teknik Pertanian*, 124-134.
- Sirait, S., dan S. Maryati. 2018. *Sistem Kontrol Irigasi Sprinkler Otomatis Bertenaga Surya Di Kelompok Tani Kecamatan Meureubo Kabupaten Aceh Barat*. *Jurnal Irigasi Vol 13*.
- Suhaeb, S., y. A. Djawad, H. Jaya, Ridwansyah, Sabran, dan A. Risal. 2017. *Mikrokontroler Dan Interface*. Makasar: Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Makasar.

- Syamsiar, M. D., M. Rivai, dan Suwito. 2016. *Rancang Bangun Sistem Irigasi Tanaman Otomatis Menggunakan Wireless Sensor Network*. *Jurnal Teknik* Vol. 5 No. 2.
- Tokopedia. Tanpa Tahun. *Pompa Air Diafragma High Pressure Diaphragm Electric Pump 12V - Hitam*. <https://www.tokopedia.com/semurget/pompa-air-diafragma-high-pressure-diaphragm-electric-pump-12v-hitam> [Diakses pada tanggal 12 Maret 2020].
- Turang, D. A. O. 2015. Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile. *Seminar Nasional Informatika*.
- Utomo, A. T., R. Syahputra, dan iswanto. 2011. *Implementasi Mikrokontroller sebagai Pengukur Suhu Delapan Ruangan*. *. jurnal Iteknologi 4*.
- Widjiantoro, B. L., Ya'umar, dan F. A. Iskandarianto. 2012. *Modul Ajar Sistem Pengendalian Otomatis*. Surabaya: Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember ITS.
- Wiranto, B. I. (2014). *Sistem Kontrol Irigasi Otomatis Nirkabel*. *Jurnal Irigasi*, 108-114.
- Wiyono, J. 2006. *Kemarau Datang Irigasi Mikro pada Lahan Kering Jadi Pilihan*. *Tabloid Sinar Tani* tanggal 23 Agustus 2006.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Perhitungan

a. Tabel perhitungan sensor LDR

Lux Meter	Percobaan																
	Lux1	V1	Lux2	V2	Lux3	V3	Lux4	V4	Lux5	V5	Lux6	V6	Lux7	V7	Lux8	V8	Lux9
100	99	3,33	110	3,44	101	3,35	107	3,4	102	3,36	100	3,34	99	3,25	106	3,4	110
200	204	4,03	207	4,03	200	4,02	203	4,04	204	4,03	207	4,03	203	4,01	199	4	204
300	310	4,3	310	4,3	307	4,3	307	4,3	307	4,3	307	4,3	300	4,29	297	4,28	302
400	402	4,45	398	4,45	398	4,44	399	4,44	402	4,47	402	4,45	394	4,44	394	4,44	406
500	505	4,55	512	4,56	505	4,55	505	4,55	505	4,55	494	4,54	500	4,55	494	4,54	505
600	597	4,62	605	4,62	597	4,61	605	4,62	597	4,61	597	4,61	605	4,62	597	4,61	597
700	713	4,68	702	4,67	691	4,67	702	4,67	691	4,66	702	4,67	713	4,68	702	4,67	691
800	802	4,71	788	4,7	808	4,71	802	4,71	816	4,71	802	4,71	802	4,71	788	4,7	788
900	880	4,73	897	4,74	897	4,74	897	4,74	897	4,74	897	4,74	915	4,74	915	4,74	897
1000	993	4,76	1015	4,77	1015	4,77	1015	4,77	1038	4,77	993	4,76	1015	4,77	993	4,76	1015

Percobaan			Rata-Rata				Standart	Presisi	
V9	Lux10	V10	Lux	Rata-Rata V	Std Lux	Std V	Error	Lux	Akurasi
3,45	108	3,43	104,2	3,375	4,46716	0,061327898	0,0429	99,957	0,9597
4,02	207	4,03	203,8	4,024	2,78089	0,011737878	0,0136	99,986	0,9814
4,33	305	4,26	305,2	4,296	4,26354	0,017763883	0,014	99,986	0,983
4,45	398	4,44	399,3	4,447	3,77271	0,009486833	0,0094	99,991	0,9982
4,55	494	4,54	501,9	4,548	6,15449	0,006324555	0,0123	99,988	0,9962
4,61	605	4,62	600,2	4,615	4,13118	0,005270463	0,0069	99,993	0,9997
4,66	713	4,68	702	4,671	8,98146	0,007378648	0,0128	99,987	0,9972
4,7	802	4,71	799,8	4,707	9,25923	0,004830459	0,0116	99,988	0,9997
4,74	897	4,74	898,9	4,739	10,005	0,003162278	0,0111	99,989	0,9988
4,77	993	4,76	1008,5	4,766	15,0647	0,005163978	0,0149	99,985	0,9916
			Rata-Rata		6,88803	0,013244687	0,015	99,985	0,9905

b. Tabel perhitungan sensor LM35

Suhu Alat Ukur	Percobaan															
	T1	V1	T2	V2	T3	V3	T4	V4	T5	V5	T6	V6	T7	V7	T8	V8
20	19,58	1,81	19,63	1,81	19,58	1,8	20,22	1,82	20,33	1,87	19,48	1,77	20,26	1,88	20,61	1,91
22	21,68	2,02	21,24	1,98	22,22	2,08	22,36	2,09	21,61	1,91	21,58	2,01	22,17	2,07	22,12	2,07
24	23,88	2,44	23,83	2,24	23,93	2,25	24,32	2,28	24,42	2,3	24,17	2,28	23,93	2,25	24,07	2,26
26	26,37	2,5	25,83	2,44	25,98	2,45	26,08	2,45	26,17	2,47	26,12	2,47	26,22	2,48	26,32	2,49
28	27,74	2,62	28,03	2,66	27,98	2,65	28,61	2,71	28,86	2,72	28,08	2,67	28,42	2,67	28,08	2,66
30	30,3	2,3	30,42	2,28	29,88	2,86	30,52	2,91	30,03	2,86	30,37	2,83	29,79	2,84	30,31	3,87
32	32,18	3,08	31,89	3,01	31,5	3,01	32,18	3,13	32,79	3,14	32,18	3,13	31,89	3,01	32,72	3,14
34	34,57	3,31	34,18	2,28	34,23	3,26	33,89	3,24	34,28	3,28	34,33	3,28	34,13	3,27	33,89	3,26
36	36,53	3,56	36,13	3,44	35,7	3,44	35,89	3,75	35,45	3,44	36,04	3,46	35,5	3,41	36,28	3,47
38	38,39	3,69	38,43	3,7	38,58	3,71	38,14	3,67	37,31	3,58	38,28	3,68	37,4	3,59	37,6	3,61

Percobaan				Rata-Rata Suhu	Rata-Rata	Std Suhu	Std V	Standart Error	Presisi Suhu	Akurasi
T9	V9	T10	V10		V					
20,26	1,88	20,75	1,95	20,07	1,85	0,46406	0,056568542	0,023	99,977	0,9965
21,49	2	21,97	2,05	21,844	2,028	0,37230	0,05573748	0,017	99,983	0,9929
24,02	2,26	23,98	2,25	24,055	2,281	0,19329	0,058774522	0,008	99,992	0,9977
25,88	2,44	25,83	2,44	26,080	2,463	0,19607	0,022135944	0,008	99,992	0,9969
27,59	2,61	27,78	2,63	28,117	2,660	0,40130	0,035590261	0,014	99,986	0,9958
29,98	2,89	29,44	2,79	30,104	2,843	0,33912	0,431638995	0,011	99,989	0,9965
32,18	3,13	32,42	3,12	32,193	3,090	0,38733	0,057735027	0,012	99,988	0,994
34,33	3,28	34,28	3,28	34,211	3,174	0,20567	0,314649717	0,006	99,994	0,9938
35,99	3,45	36,09	3,46	35,960	3,488	0,33741	0,100088849	0,009	99,991	0,9989
38,28	3,68	38,19	3,68	38,06	3,659	0,45289	0,047246399	0,012	99,988	0,9984
				Rata-Rata	2,7536	0,33494	0,118016574	0,012	99,988	0,9962

c. Tabel kalibrasi YL-69

Massa		Kelembaban Tanah (%)	Percobaan										Rata-Rata	S. Dev	Error
Air	Tanah		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
0	200	0	5	4,95	4,99	5	5	5	4,99	5	5	4,97	4,99	0.017	0%
10	200	0,05	4,86	4,84	4,9	4,9	4,87	4,82	4,8	4,87	4,88	4,86	4,86	0.032	1%
20	200	0,1	4,21	4,24	4,3	4,3	4,27	4,33	4,37	4,37	4,38	4,38	4,315	0.061	1%
30	200	0,15	3,99	4,05	4,04	3,82	4,08	3,81	3,84	3,95	4,03	4,07	3,968	0.107	3%
40	200	0,2	3,26	3,21	3,12	3,23	3,23	3,11	3,22	3,23	3,1	3,19	3,19	0.058	2%
50	200	0,25	2,28	2,28	2,3	2,29	2,25	2,26	2,21	2,23	2,24	2,22	2,256	0.031	1%
60	200	0,3	1,53	1,41	1,47	1,48	1,5	1,51	1,51	1,52	1,53	1,54	1,5	0.039	3%
70	200	0,35	1,26	1,25	1,29	1,21	1,25	1,27	1,29	1,3	1,32	1,33	1,277	0.036	3%
80	200	0,4	1,07	1,13	1,2	0,99	1,2	1,25	1,31	1,34	1,34	1,36	1,219	0.097	8%

d. Tabel perhitungan YL-69

Massa		Kelembaban Tanah (%)	Percobaan													
Air	Tanah		V1	Rh1	V2	Rh2	V3	Rh3	V4	Rh4	V5	Rh5	V6	Rh6	V7	Rh7
0	200	0	5	0,03	4,95	0,03	4,98	0,03	5	0,03	4,95	0,03	5	0,03	4,85	0,05
10	200	0,05	4,72	0,06	4,63	0,06	4,74	0,05	4,74	0,05	4,75	0,05	4,72	0,06	4,78	0,05
20	200	0,1	4,29	0,09	4,22	0,1	4,43	0,08	4,16	0,1	4,42	0,08	4,15	0,11	4,23	0,1
30	200	0,15	3,47	0,16	3,4	0,17	3,67	0,15	3,66	0,15	3,63	0,15	3,5	0,16	3,57	0,16
40	200	0,2	2,75	0,23	2,82	0,22	2,82	0,22	2,79	0,22	2,78	0,22	2,75	0,23	2,71	0,23
50	200	0,25	1,98	0,29	1,98	0,29	1,98	0,29	2,05	0,29	2,05	0,29	2,1	0,28	2,12	0,28
60	200	0,3	1,53	0,33	1,46	0,34	1,48	0,34	1,49	0,34	1,5	0,34	1,51	0,34	1,52	0,33
70	200	0,35	1,11	0,37	1,22	0,36	1,32	0,35	1,38	0,35	1,36	0,35	1,07	0,37	1,25	0,36

Percobaan						V	Rh	Std Rh	Std V	Error	Presisi	Akurasi
v8	rh8	v9	rh9	v10	rh10	Rata-Rata	Rata-Rata					
4,98	0,03	4,96	0,03	5	0,03	4.967	3%	0.006	0.046	20%	80%	0%
4,79	0,05	4,81	0,05	4,59	0,07	4.727	6%	0.007	0.069	13%	87%	91%
4,36	0,1	4,06	0,11	4,25	0,1	4.257	10%	0.011	0.120	11%	89%	97%
3,6	0,15	3,52	0,16	3,45	0,17	3.547	16%	0.008	0.093	5%	95%	95%
2,71	0,23	2,47	0,23	2,73	0,23	2.733	23%	0.005	0.101	2%	98%	88%
2,13	0,28	2,16	0,28	2,13	0,28	2.068	29%	0.005	0.070	2%	98%	88%
1,52	0,33	1,51	0,34	1,52	0,33	1.504	34%	0.005	0.022	2%	98%	89%
Rata-rata										7%	93%	81%

e. Uji Penyiraman

No	Waktu (Detik)		
	20(ML)	40(ML)	60(ML)
1	215,4	423	591,7
2	206,2	389,1	586,5
3	225,9	436,6	695,9
4	226,5	428,8	607,3
5	213,7	403,7	552,5
6	227,4	426,1	490,9
7	211,4	435,1	582,2
8	240,3	386,2	592,9
9	238	418	625,3
10	218,7	390,7	581,5
Rata-Rata	222,35	413,73	590,67
St. Dev	11,25277743	19,60589764	51,7895324
Error	0,050608399	0,047388146	0,0876793
Presisi	0,949391601	0,952611854	0,9123207

Lampiran 2. *Script* Pemrograman

a. Pengujian Sensor LDR

```
float ldr;  
float resistance;  
float volt_ldr;  
float lux;  
void setup () {  
  Serial.begin (9600);  
}  
void loop(){  
  ldr = analogRead(A2);  
  volt_ldr = ldr*0,004883;  
  lux = 500/(10*((5-volt_ldr)/volt_ldr));  
  Serial.print("Tegangan LDR = ");  
  Serial.println(volt_ldr);  
  Serial.print("lux = ");  
  Serial.println(lux);  
  delay(1000);  
}
```

b. Pengujian Sensor LM35

```
float tempC;  
float volt;  
float suhu;  
void setup() {  
  Serial.begin (9600);  
}  
void loop() {  
  tempC = analogRead(A0);  
  volt = (tempC*0,004883);  
  suhu = ((tempC)/20.479);
```



```
Serial.print("analogread =");  
Serial.println(tempC);  
Serial.println("Tegangan :");  
Serial.println(volt);  
Serial.println("Suhu :");  
Serial.println(suhu);  
delay(1000);  
}
```

c. Pengujian Sensor YL-69

```
float resistance;  
float volt;  
float kelembaban_tanah;  
const int moisture = A0;  
void setup(){  
  Serial.begin(9600);  
  pinMode(moisture, INPUT);  
}  
void loop(){  
  resistance = analogRead(moisture);  
  volt = (resistance*(4.883))/1000;  
  kelembaban_tanah = ((-0.0872*volt)+0.4671);  
  Serial.print("resistance = ");  
  Serial.println(resistance);  
  Serial.print("volt = ");  
  Serial.println(volt);  
  Serial.print("kelembaban tanah= ");  
  Serial.println(kelembaban_tanah);  
  delay(10000);  
}
```

d. Pengujian peta Karnaugh

```
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A0,INPUT);
  pinMode(A1,INPUT);
  pinMode(A2,INPUT);
  pinMode(8,OUTPUT);
  digitalWrite(8,LOW);
}

void loop(){
  int t = analogRead(A0);
  int x = analogRead(A1);
  int y = analogRead(A2);
  float a = (t*(4.883))/1000;
  float b = (x*(4.883))/1000;
  float c = (y*(4.883))/1000;
  if (((a>=2.7 && a<=5)||b>=2.7 && b<=5) && c>=2.7){
    Serial.print ("a = ");
    Serial.println (a);
    Serial.print ("b = ");
    Serial.println (b);
    Serial.print ("c = ");
    Serial.println (c);
    digitalWrite (8,HIGH);}
  else {
    Serial.print ("a = ");
    Serial.println (a);
    Serial.print ("b = ");
    Serial.println (b);
    Serial.print ("c = ");
    Serial.println (c);
    digitalWrite (8, LOW);}
  delay(1000);}
```

e. Pengujian Penyiraman

```
void setup () {  
  Serial.begin(9600);  
  pinMode(A0, INPUT);  
  pinMode(8, OUTPUT);  
  digitalWrite(8, LOW);  
}  
void loop () {  
  float x = analogRead(A0);  
  float volt = (x)/204.6;  
  if (volt >3.5){  
    Serial.print(x);  
    Serial.print(volt);  
    digitalWrite (8,HIGH);  
    Serial.println("mati");  
    delay (60000);  
    digitalWrite(8,LOW);  
    Serial.println("nyala 20 detik");  
    delay (20000);  
    digitalWrite(8,HIGH);  
    Serial.println("mati");  
    delay(60000);  
    digitalWrite(8,LOW);  
    Serial.println("nyala 40 detik");  
    delay(40000);  
    digitalWrite(8,HIGH);  
    Serial.println("mati");  
    delay(60000);  
    digitalWrite(8,LOW);  
    Serial.println("nyala 60 detik");  
    delay(60000);  
  }  
}
```

```
else{
  Serial.print(x);
  Serial.print(volt);
  Serial.println("penyiraman 60 detik");
  digitalWrite (8, LOW);
  delay(6000);
}
delay(1000);
}
```

f. Pengujian *Prototype System* Irigasi Otomatis

```
float read1;
float read2;
float read3;
float y1;
float ldr;
float lm35;
float kelembaban_tanah;
float intensitas_cahaya;
float suhu;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(8, OUTPUT);
}
void loop (){
  read1 = analogRead(A0);
  read2 = analogRead(A1);
  read3 = analogRead(A2);
  y1 = (read1*(4.883))/1000;
  ldr = (read2*(4.883))/1000;
  lm35 = (read3*(4.883))/1000;
  kelembaban_tanah = ((-0.0872*y1)+0.4671);
```

```
intensitas_cahaya = 500/(10*((5-ldr)/ldr));
suhu = ((read3)/20.479);
if((((ldr)>=4 && ldr<=5)||((lm35>=2.7 && lm35<=5)) && yl>=4)){
    Serial.print ("tegangan yl = ");
    Serial.println (yl);
    Serial.print ("kelembaban tanah = ");
    Serial.println (kelembaban_tanah);
    Serial.print ("ldr = ");
    Serial.println (ldr);
    Serial.print ("intensitas cahaya = ");
    Serial.println (intensitas_cahaya);
    Serial.print ("lm35 = ");
    Serial.println (lm35);
    Serial.print ("suhu = ");
    Serial.println (suhu);
    digitalWrite (8,LOW);}
else {
    Serial.print ("tegangan yl = ");
    Serial.println (yl);
    Serial.print ("kelembaban tanah = ");
    Serial.println (kelembaban_tanah);
    Serial.print ("ldr = ");
    Serial.println (ldr);
    Serial.print ("intensitas cahaya = ");
    Serial.println (intensitas_cahaya);
    Serial.print ("lm35 = ");
    Serial.println (lm35);
    Serial.print ("suhu = ");
    Serial.println (suhu);
    digitalWrite (8, HIGH);}
delay(10000);
}
```

Lampiran 3. Foto Pengujian

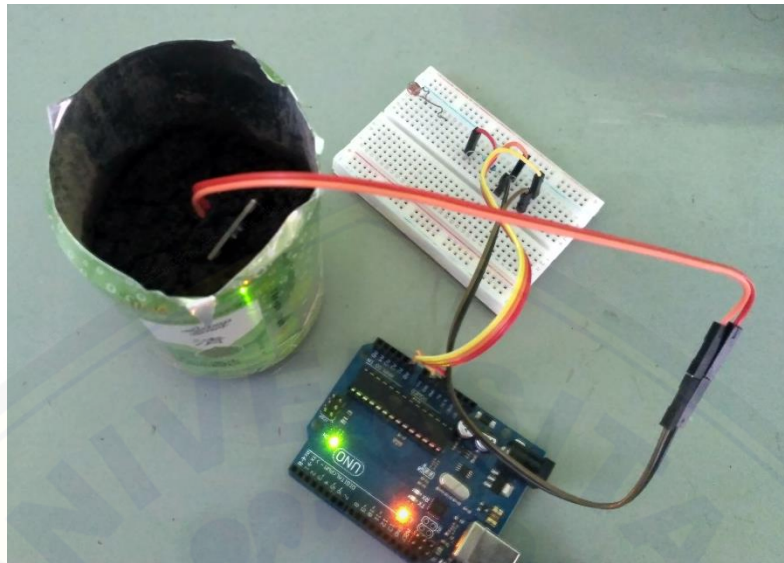
a. Pengujian LDR



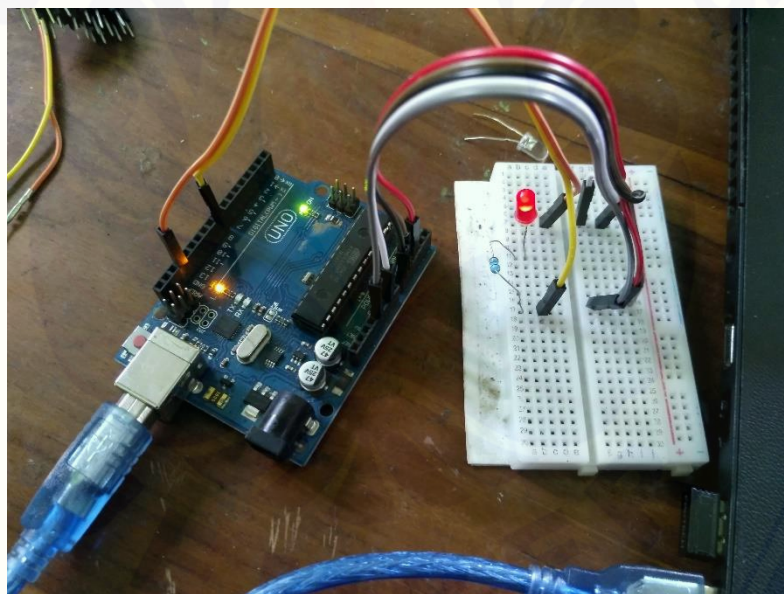
b. Pengujian LM35



c. Pengujian YL-69



d. Pengujian system map Karnough



e. Pengujian rasio penyiraman



f. Pengujian system penyiraman



