



TUGAS AKHIR - TE145561

SISTEM KENDALI ALIRAN AIR *BLDC MOTOR WATER PUMP* PADA *MINIATUR SPRINKLE IRRIGATION* UNTUK TANAMAN CABAI DALAM *GREENHOUSE*

Brilian Rachmad Nurwachidin
NRP 10311500010005

Dosen Pembimbing
Ir. Arif Musthofa, M.T
Yunafi'atul Aniroh, S.T, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE145561

**SISTEM KENDALI ALIRAN AIR *BLDC MOTOR*
WATER PUMP PADA MINIATUR *SPRINKLE*
IRRIGATION UNTUK TANAMAN CABAI DALAM
*GREENHOUSE***

Brilian Rachmad Nurwachidin
NRP 10311500010005

Dosen Pembimbing
Ir. Arif Musthofa, M.T
Yunafi'atul Aniroh, S.T, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TE145561

**WATER FLOW SYSTEM CONTROL BASED ON BLDC
MOTOR WATER PUMP IN MINIATURE OF SPRINKLE
IRRIGATION FOR PEPPER PLANTS IN THE
GREENHOUSE**

Brilian Rachmad Nurwachidin
NRP 10311500010005

Advisor

Ir. Arif Musthofa, M.T

Yunafi'atul Aniroh, S.T, M.Sc.

AUTOMATION ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Vocational
Intitute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

**PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul: **Sistem Kendali Aliran Air BLDC Motor Water Pump Pada Miniatur Sprinkle Irrigation Untuk Tanaman Cabai Dalam Greenhouse** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 21 Juni 2018

Mahasiswa



Brilian Rachmad Nurwachidin

NRP 10311500010005

**SISTEM KENDALI ALIRAN AIR BLDC MOTOR WATER PUMP
PADA MINIATUR SPRINKLE IRRIGATION UNTUK
TANAMAN CABAI DALAM GREENHOUSE**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Pada
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui,



Dosen Pembimbing 2

Yunati Atul Aniroh, S.T. M.Sc.
NIP. 2200201405001

**SURABAYA
JUNI, 2018**

**SISTEM KENDALI ALIRAN AIR *BLDC MOTOR WATER PUMP*
PADA MINIATUR *SPRINKLE IRRIGATION* UNTUK
TANAMAN CABAI DALAM *GREENHOUSE***

Nama : **Brilian Rachmad Nurwachidin**
NRP : **10311500010005**
Dosen Pembimbing 1 : **Ir. Arif Musthofa, M.T**
NIP : **19660811 199203 1 004**
Dosen Pembimbing 2 : **Yunafi'atul Aniroh, S.T, M.Sc.**
NIP : **2200201405001**

ABSTRAK

Cabai merah merupakan salah satu komoditas sayuran yang banyak dibutuhkan oleh industri saos, sehingga sayuran ini mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Salah satu cara pembudidayaan tanaman cabai merah yang berpengaruh pada pengoptimalan pertumbuhan yaitu pada irigasinya. Untuk itulah penelitian ini yang berjudul Sistem Kendali Aliran Air *BLDC Motor Water Pump* pada Miniatur *Sprinkle Irrigaion* untuk Tanaman Cabai dalam *Greenhouse* bertujuan untuk mengotomasi penyiraman tanaman cabai merah yang sesuai dengan kebutuhannya. Pompa yang digunakan pada penelitian ini yaitu *BLDC motor water pump* 54Watt. Metode penyiraman yang digunakan pada penelitian ini adalah *sprinkle irrigation* yang menyemprotkan air ke tanaman seperti hujan. Debit air yang diberikan pada tanaman cabai bernilai berbeda-beda yang diketahui oleh *Water Flow Sensor YF-B1* sesuai dengan tingkat kelembaban tanah pada setiap bedengan yang diketahui oleh *Soil Moisture Sensor V1.2*. Tingkat kelembaban tanah tersebut dibagi menjadi tiga kategori yaitu kering, sedang dan lembab yang masing-masing bernilai 0-3, 3,1-5 dan 5,1-10. Nilai kelembaban tanah tersebut akan diproses oleh *Arduino Mega 2560*. Tingkat kelembaban tanah juga mengatur penjadwalan penyiraman tanaman cabai pada setiap bedengan sehingga penyiramannya dapat dilakukan bergantian. Pada hasil pengujian keseluruhan, kondisi kelembaban tanah kering, sedang dan lembab menghasilkan debit air yang masing-masing bernilai 12L/menit, 9L/menit dan 3L/menit.

Kata Kunci : *Arduino mega 2560, bldc motor water pump, irigasi, kelembaban tanah*

**WATER FLOW SYSTEM CONTROL BASED ON BLDC MOTOR
WATER PUMP IN MINIATURE OF SPRINKLE IRRIGATION
FOR PEPPER PLANTS IN THE GREENHOUSE**

Name : Brilian Rachmad Nurwachidin
Registration Number : 10311500010005
Advisor 1 : Ir. Arif Musthofa, M.T
EIN : 19660811 199203 1 004
Advisor 2 : Yunafi'atul Aniroh, S.T, M.Sc.
EIN : 2200201405001

ABSTRACT

Red pepper is one of the vegetable commodities that are needed by the sauce industry, so this vegetable has a high economic value. One method of cultivation of red pepper plants that affect the growth optimization is on irrigation. This research entitled "Water Flow System Control Based on Bldc Motor Water Pump in Miniature of Sprinkle Irrigation for Pepper Plants in The Greenhouse" is meant to automate the red pepper planting to suit their needs. Pump used in this research is BLDC Motor Water Pump 54 W. Watering method used in this research is sprinkle irrigation which sheds water into plants like rain. The water discharge emitted in pepper plants has different known values by Water Flow Sensor YF-B1 according to moisture level known in each heap by Capacitive Soil Moisture Sensor VI.2. The soil moisture level is divided into three categories: dry, medium and humid each of 0-3, 3,1-5 and 5,1-10 values. The soil moisture value will be processed by Arduino Mega 2560 so that BLDC motor water pump can work and drain water to each bed in accordance with the existing soil moisture level. The soil moisture level also regulates the scheduling of watering the pepper plants on each of the beds so that watering the pepper plants can be done alternately. In the overall test result, dry, medium and humid soil moisture conditions will result in water discharge of 12L / minute, 9L / minute and 3L / minute respectively.

Keywords : Arduino mega 2560, bldc motor water pump, irrigation, soil moisture sensor

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar ahli madya Departemen Elektro Otomasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan judul :

Sistem Kendali Aliran Air *BLDC Motor Water Pump* Pada Miniatur *Sprinkle Irrigation* Untuk Tanaman Cabai Dalam *Greenhouse*

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu.
2. Ayah, Ibu, dan Adik tercinta yang senantiasa memberikan doa serta dukungan moral dan spiritual terhadap keberhasilan penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Arif Musthofa, M.T dan Ibu Yunafi'atul Aniroh, S.T, M.Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.
4. Bapak Ir. Joko Susila, M.T dan Bapak Slamet Budiprayitno. ST,MT selaku Ketua Departemen dan Sekretaris Departemen Teknik Elektro Otomasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Seluruh Staf Pengajar di Departemen Teknik Elektro Otomasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Kepala Laboratorium Elektronika Terapan dan Kepala Laboratorium Elektronika Dasar.
6. Rekan seperjuangan Baby Ayu Cahaya Putri, atas kerja samanya dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh suka dan duka.
7. Emak di Nganjuk selaku pemilik dan penyedia lahan yang telah bersedia untuk meminjamkan lahan kepada kami untuk melakukan penelitian serta pengambilan data.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima

kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk dapat mengembangkannya yang lebih baik.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang.....	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Batasan Masalah.....	2
1.4	Tujuan.....	3
1.5	Sistematika Penulisan.....	3
1.6	Relevansi	4

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1	Tanaman Cabai	5
2.2	Perangkat Keras <i>Arduino Mega 2560</i>	6
2.3	<i>Capasitive Soil Moisture Sensor</i>	8
2.4	Sensor Aliran Air.....	9
2.5	Motor <i>Brushless DC</i>	10
2.6	Irigasi pada Tanaman.....	15

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1	Blok Fungsional Sistem.....	21
3.2	Perancangan Penunjang <i>Hardware</i>	23
3.3	Perancangan Elektronik	24
3.4	Perancangan <i>Hardware</i>	29
3.5	Perancangan <i>Software</i>	31

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1	Pengujian Sensor Kelembaban Tanah	51
4.2	Pengujian Sensor Aliran Air	56
4.3	Pengujian <i>BLDC Motor Water Pump</i>	59
4.4	Pengujian <i>Solenoid Valve</i>	61
4.5	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	62

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A TABEL HASIL PENELITIAN..... A-1

LAMPIRAN B POTONGAN SEGMENT PROGRAM..... B-1

LAMPIRAN C PROGRAM..... C-1

LAMPIRAN D DATASHEET..... D-1

LAMPIRAN E FOTO..... E-1

DAFTAR RIWAYAT PENULIS..... F-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tanaman Cabai Merah.....	5
Gambar 2.2	<i>Arduino Mega 2560</i>	6
Gambar 2.3	<i>Capasitive Soil Moisture Sensor</i>	8
Gambar 2.4	Konstruksi Sensor Aliran Air	9
Gambar 2.5	Konstruksi Motor <i>Brushless DC</i>	11
Gambar 2.6	Perubahan Komutasi Motor <i>BLDC</i> Step 1 dan Step 2	12
Gambar 2.7	Perubahan Komutasi Motor <i>BLDC</i> Step 3 dan Step 4	13
Gambar 2.8	Perubahan Komutasi Motor <i>BLDC</i> Step 5 dan Step 6	14
Gambar 2.9	Gelombang Pulsa Sinyal Sensor Hall, Back EMF, Keluaran Torsi dan Phasa	15
Gambar 2.10	Irigasi Permukaan.....	16
Gambar 2.11	Irigasi Curah.....	17
Gambar 2.12	Irigasi Tetes.....	18
Gambar 2.13	Irigasi Bawah Permukaan.....	19
Gambar 3.1	Blok Fungsional Sistem.....	22
Gambar 3.2	Ukuran <i>Box</i> Kontrol.....	23
Gambar 3.3	Bagian-Bagian <i>Box</i> Kontrol.....	24
Gambar 3.4	<i>Wiring</i> Sensor Kelembaban Tanah	26
Gambar 3.5	<i>Wiring</i> Sensor Aliran Air.....	27
Gambar 3.6	Rangkaian Kendali Kecepatan <i>BLDC Motor Water Pump</i>	28
Gambar 3.7	Driver <i>Solenoid Valve</i>	29
Gambar 3.8	Pipa Saluran Penyiraman Tanaman Cabai.....	30
Gambar 3.9	Tampilan Software <i>Arduino</i>	32
Gambar 3.10	Tampilan <i>Arduino</i> Ketika Tidak Terjadi <i>Error</i> pada Saat <i>Verify</i> Program.....	34
Gambar 3.11	Memilih <i>Board Arduino</i> pada <i>Software Arduino IDE</i>	34
Gambar 3.12	Memilih <i>Port</i> pada <i>Arduino</i>	35
Gambar 3.13	Memilih <i>Board Arduino Mega 2560</i> pada <i>Arduino IDE</i>	36
Gambar 3.14	Menambahkan <i>Library</i> pada <i>Arduino</i>	36
Gambar 3.15	Menginisialisasi Pin pada <i>Arduino</i>	36
Gambar 3.16	Program <i>Void</i> Setup pada <i>Arduino</i>	36

Gambar 3.17 Void Setup yang Kosong pada Arduino.....	37
Gambar 3.18 Flowchart Pembacaan Sensor Kelembaban	38
Gambar 3.19 Flowchart Kendali Kecepatan <i>BLDC Motor Water Pump</i>	40
Gambar 3.20 <i>Flowchart</i> Pembacaan Sensor Aliran Air.....	42
Gambar 3.21 <i>Flowchart</i> Program Penjadwalan <i>Solenoid Valve</i>	43
Gambar 3.22 <i>Flowchart</i> Program Keseluruhan	46
Gambar 4.1 Hasil Implementasi Kendali Aliran Air <i>BLDC Motor Water Pump</i>	49
Gambar 4.2 Rangkaian Kendali Aliran Air <i>BLDC Motor Water Pump</i> pada Tanaman Cabai dalam <i>Greenhouse</i>	50
Gambar 4.3 Pipa Penyiraman Tanaman Cabai dalam <i>Greenhouse</i>	51
Gambar 4.4 Pengujian Sensor Kelembaban Tanah 1 dan 2	52
Gambar 4.5 Grafik Uji Sensor Kelembaban Tanah 1 dengan Pendekatan <i>Polynomial</i>	53
Gambar 4.6 Grafik Tingkat Kelembaban Tanah 1	54
Gambar 4.7 Grafik Uji Sensor Kelembaban Tanah 2 dengan Pendekatan <i>Polynomial</i>	55
Gambar 4.8 Grafik Tingkat Kelembaban Tanah 2.....	56
Gambar 4.9 Pengujian <i>Water Flow Sensor</i>	57
Gambar 4.10 Grafik Pengujian <i>Water Flow Sensor</i> dengan Pendekatan <i>Polynomial</i>	59
Gambar 4.11 Pengujian <i>BLDC Motor Water Pump</i>	60
Gambar 4.12 Grafik Respon <i>BLDC Motor Water Pump</i> Terhadap Tegangan <i>Input</i>	61
Gambar 4.13 Pengujian Keseluruhan dalam <i>Greenhouse</i> di Nganjuk..	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi <i>Arduino Mega 2560</i>	6
Tabel 2.2 Perubahan Komutasi Motor <i>Brushless</i> DC	12
Tabel 3.1 Konfigurasi Pin <i>Arduino</i>	25
Tabel 3.2 Spesifikasi Sensor Kelembaban Tanah	25
Tabel 3.3 Spesifikasi Sensor Aliran Air	26
Tabel 3.4 Spesifikasi Kecepatan <i>BLDC Motor Water Pump</i>	28
Tabel 4.1 Data Perbandingan Nilai Kelembaban Tanah pada Alat Ukur dengan Sensor Kelembaban Tanah 1	53
Tabel 4.2 Data Perbandingan Nilai Kelembaban Tanah pada Alat Ukur dengan Sensor Kelembaban Tanah 2	54
Tabel 4.3 Sensor Aliran Air	58
Tabel 4.4 Penjadwalan <i>Solenoid Valve</i> 1 dan 2	62
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Keseluruhan pada Bedengan 1	63
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Keseluruhan pada Bedengan 2	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabai merah (*Capsicum annuum L.*) merupakan salah satu jenis sayuran yang memiliki nilai ekonomis tinggi karena digunakan sebagai bahan utama pembuatan saos. Menurut PT Cap Panah Merah, industri saos membutuhkan 100 ton cabai merah per hari atau 36.500 ton per tahun. Tingginya kebutuhan akan cabai merah sehingga perlu dilakukan pembudidayaan yang optimal untuk dapat memproduksi cabai merah yang berkualitas.

Salah satu cara pembudidayaan tanaman cabai merah yang berpengaruh pada pengoptimalan pertumbuhan yaitu irigasi. Pertumbuhan tanaman akan berlangsung apabila terdapat kadar air yang cukup. Irigasi berlebihan pada tanaman cabai merah akan menyebabkan pembusukan akar, rentan terhadap serangan hama, batang tanaman menjadi lemah dan umur berbunga tanaman menjadi lebih lambat dari yang seharusnya.

Irigasi tanaman cabai merah yang dilakukan oleh petani saat ini masih bermodel manual tanpa mengetahui kebutuhan air pada tanaman cabai merah. Air yang meresap ke dalam tanah tidak semua dapat diserap oleh akar tanaman. Hal ini dapat menyebabkan pemberian air yang berlebihan dan dapat merusak tanaman cabai merah. Sebaliknya, apabila air yang diberikan kurang dari kebutuhan tanaman akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan, daun akan berwarna kuning serta layu dan perakaran tanaman tidak berkembang.

Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian pemberian air pada tanaman yang sesuai dengan kebutuhan, agar pertumbuhan tanaman serta kualitas buah cabai merah yang dihasilkan dapat terjaga dengan baik.

Pada tugas akhir ini akan dibuat sebuah miniatur irigasi dengan suplai energi cahaya matahari sebagai penggerak *BLDC Motor Water Pump* dimana adalah jenis motor yang tidak memiliki slip. Medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet yang dihasilkan oleh rotor berputar pada frekuensi yang sama sehingga motor jenis ini tidak memiliki slip seperti yang terjadi pada motor induksi biasa. Dengan tidak adanya sikat pada motor jenis ini, maka motor *BLDC* mempunyai perawatan yang mudah, memiliki efisiensi yang tinggi serta hemat dalam pemakaian baterai, memiliki kecepatan lebih kencang dan

torsi akselerasi lebih besar daripada motor *brushed DC* dalam watt yang sama. Untuk itulah motor *BLDC* dipilih untuk penggerak pompa air *sprinkle irrigation* yang diharapkan akan efektif untuk mendistribusikan air dari tempat penampungan air ke setiap tanaman baik dengan posisi dekat dengan pompa maupun jauh dari pompa dengan debit air yang sama.

Metode penyiraman tanaman pada tugas akhir ini menggunakan *sprinkle irrigation* yang diletakkan dalam *greenhouse* dimana merupakan salah satu irigasi pertanian yang berkembang pada saat ini dimana irigasi dibuat dengan mengalirkan air bertekanan melalui nozzle, sehingga air irigasi akan berbentuk seperti air hujan yang akan membuatnya memancarkan air ke udara dan melepaskannya di sekitar tanaman. Irigasi springkler dapat mengendalikan pemberian air ke tanaman sehingga dapat membantu pertumbuhan tanaman secara vegetatif dan memperbesar peluang tanaman untuk tumbuh secara generatif dimana akan meningkatkan produktivitas hasil panen.

Tugas akhir ini diharapkan dapat menciptakan suatu penyiraman tanaman cabai secara otomatis dengan cara mendeteksi kelembaban tanah pada setiap bedengan sehingga penyiraman dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan tanaman cabai.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat miniatur *sprinkle irrigation* untuk tanaman cabai dalam *greenhouse*?
2. Bagaimana memanfaatkan *water flow sensor* dan *soil moisture sensor* yang terkoordinasi dengan kondisi kelembaban tanah tanaman cabai dalam mengendalikan kebutuhan air irigasi?
3. Bagaimana merancang kendali kecepatan *BLDC* motor *water pump* untuk irigasi tanaman cabai?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tingkat kelembaban tanah terendah, menengah dan tertinggi secara berurutan adalah 1 dengan *output* tegangan 2,30V; 4 dengan *output* tegangan 2,00V dan 8 dengan *output* tegangan 1,20V pada *capasitive moisture sensor*.

2. Debit air yang dialirkan untuk memenuhi kebutuhan tanaman cabai yang sesuai dengan kelembaban tanah dengan ketentuan : kelembaban bernilai ≤ 2 adalah 12L/menit, antara 3,00 s.d. 3,50 adalah 9L/menit dan antara 5,50 s.d. 6,50 = 3L/menit.
3. Penjadwalan penyiraman tanaman pada setiap bedengan di atur oleh *solenoid valve* berdasarkan dengan tingkat kelembaban pada masing-masing bedengan.
4. Sistem otomasi penyiraman menggunakan *BLDC motor water pump* untuk memenuhi pasokan air pada tanaman cabai.
5. Mikrokontroler menggunakan *Arduino Mega 2560*.

1.4 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat miniatur *sprinkle irrigation* untuk tanaman cabai dalam *greenhouse*.
2. Memanfaatkan *water flow sensor* dan *soil moisture sensor* yang terkoordinasi dengan kondisi kelembaban tanah tanaman cabai dalam mengendalikan kebutuhan air irigasi.
3. Merancang kendali kecepatan *BLDC motor water pump* untuk irigasi tanaman cabai.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika pembahasan tugas akhir ini terdiri dari 5 bab, yaitu pendahuluan, teori penunjang, perencanaan dan pembuatan alat, pengujian dan analisa alat, serta penutup.

BAB I : PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, sistematika laporan, metodologi, serta relevansi Tugas Akhir yang dibuat.

BAB II : TEORI PENUNJANG

Menjelaskan teori yang berisi teori-teori penunjang yang dijadikan landasan prinsip dasar dan mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat yang dibuat.

BAB III : PERANCANGAN ALAT

Membahas perencanaan dan pembuatan tentang perangkat keras (*Hardware*) yang meliputi desain mekanik dan perangkat lunak (*Software*) yang

- meliputi program yang akan digunakan untuk menjalankan alat tersebut.
- BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISA**
Membahas pengujian alat dan menganalisa data yang didapat dari pengujian tersebut serta membahas tentang pengukuran, pengujian, dan penganalisaan terhadap alat.
- BAB V : PENUTUP**
Berisi penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan yang didapat dari Tugas Akhir ini dan saran-saran yang dapat diimplementasikan untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

1.6 Relevansi

Manfaat dari pengerjaan Tugas Akhir (TA) ini untuk memenuhi kurikulum dari kuliah Departemen Teknik Elektro Otomasi Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Juga dapat dimanfaatkan sebagai sistem otomasi pengairan tanaman cabai dalam *greenhouse* yang sesuai dengan kebutuhan air tanaman cabai. Serta sistem ini juga dapat menghemat energi yang menggunakan pompa air dengan penggerak motor *brushless DC* yang mempunyai efisiensi yang tinggi.

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Tanaman Cabai [1]

Cabe merah merupakan salah satu komoditas pertanian paling atraktif. Pada saat-saat tertentu, harganya bisa naik berlipat-lipat. Pada momen lain bisa turun hingga tak berharga. Hal ini membuat budidaya cabe merah menjadi tantangan tersendiri bagi para petani.

Disamping fluktuasi harga, budidaya cabe cukup rentan dengan kondisi cuaca dan serangan hama. Untuk meminimalkan semua resiko tersebut, biaya untuk budidaya cabe bisa dikatakan cukup tinggi.

Tanaman cabai cocok ditanam pada tanah yang kaya humus, gembur dan sarang, serta tidak tergenang air dan pH tanah yang ideal sekitar 5-6. Waktu tanam yang baik untuk lahan kering adalah pada akhir musim hujan (Maret-April). Untuk memperoleh harga cabai yang tinggi, bisa juga dilakukan pada bulan Oktober dan panen pada bulan Desember, walaupun ada risiko kegagalan.



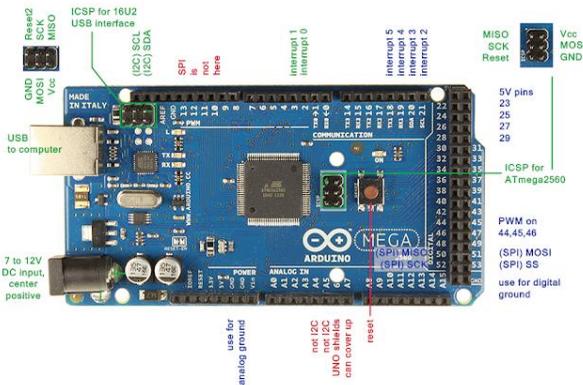
Gambar 2.1 Tanaman Cabai Merah

Seperti gambar 2.1 diatas bahwa tanaman cabai membutuhkan kelembaban tanah antara 70% s.d. 80% untuk proses pertumbuhan dan juga pembuahannya. Jika kelembaban kurang dari 70% maka tanaman

cabai tidak akan tumbuh dengan normal (kerdil) dan proses pembuahan tanaman cabai tidak akan bisa berjalan. Sedangkan jika kelembaban tanah lebih dari 80% maka tanaman cabai akan membusuk serta buah yang dihasilkan menjadi kecil.

2.2 Perangkat Keras Arduino Mega 2560 [2]

Arduino Mega 2560 adalah board *Arduino* yang merupakan perbaikan dari board *Arduino Mega* sebelumnya. *Arduino Mega* awalnya memakai chip ATmega1280 dan kemudian diganti dengan chip ATmega2560, oleh karena itu namanya diganti menjadi *Arduino Mega 2560*. Pada saat tulisan ini dibuat, *Arduino Mega 2560* sudah sampai pada revisinya yang ke 3 (R3). Berikut ini merupakan spesifikasi *Arduino Mega 2560* :



Gambar 2.2 *Arduino Mega 2560*

Gambar 2.2 merupakan bagian-bagian yang ada pada *Arduino Mega 2560*. Dan dibawah ini merupakan penjelasan tentang spesifikasi *Arduino Mega 2560* yang ada dipasaran:

Tabel 2.1 Spesifikasi *Arduino Mega 2560*

Item	Spesifikasi
Mikrokontroler	ATmega2560
USB to Serial	Chip ATmega AT16U2

Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-9V
Jumlah Digital I/O	54 pin (15 pin untuk PWM)
Serial port 4	4
Jumlah Analog Input	16 pin
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Cara kerjanya adalah cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC – DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya.

Pemrograman *board Arduino Mega 2560* dilakukan dengan menggunakan *Arduino Software (IDE)*. *Chip ATmega2560* yang terdapat pada *Arduino Mega 2560* telah diisi program awal yang sering disebut *bootloader*. *Bootloader* tersebut yang bertugas untuk memudahkan melakukan pemrograman lebih sederhana menggunakan *Arduino Software*, tanpa harus menggunakan tambahan hardware lain. Cukup hubungkan *Arduino* dengan kabel USB ke PC atau Mac/Linux, jalankan *software Arduino Software (IDE)* dan sudah bisa mulai memrogram chip *ATmega2560*. Lebih mudah lagi, di dalam *Arduino Software* sudah diberikan banyak contoh program yang memanjakan anda dalam belajar mikrokontroler.

Arduino Mega 2560 memiliki jumlah pin terbanyak dari semua papan pengembangan *Arduino*. *Mega 2560* memiliki 54 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digital(Read)*. Pin-pin tersebut bekerja pada tegangan 5V, dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus sebesar 20mA, dan memiliki tahanan *pull-up* sekitar 20-50k ohm (secara *default* dalam posisi *disconnect*). Nilai maximum adalah 40mA, yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan *chip* mikrokontroler. Beberapa pin memiliki fungsi khusus :

- Serial, memiliki 4 serial yang masing-masing terdiri dari 2 pin. Serial 0 : pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Serial 1 : pin 19 (RX) dan pin 18 (TX). Serial 2 : pin 17 (RX) dan pin 16 (TX). Serial 3 : pin 15 (RX) dan pin 14 (TX). RX digunakan untuk menerima dan TX untuk *transmit* data serial TTL. Pin 0 dan pin 1 adalah pin yang digunakan oleh chip *USB-to-TTL* ATmega16U2.
- *External Interrupts*, yaitu pin 2 (untuk *interrupt* 0), pin 3 (*interrupt* 1), pin 18 (*interrupt* 5), pin 19 (*interrupt* 4), pin 20 (*interrupt* 3), dan pin 21 (*interrupt* 2). Dengan demikian *Arduino Mega 2560* memiliki jumlah *interrupt* yang cukup melimpah : 6 buah. Gunakan fungsi *attachInterrupt()* untuk mengatur *interrupt* tersebut.
- *PWM* : Pin 2 hingga 13 dan 44 hingga 46, yang menyediakan output *PWM* 8-bit dengan menggunakan fungsi *analogWrite()*.
- *SPI* : Pin 50 (*MISO*), 51 (*MOSI*), 52 (*SCK*), dan 53 (*SS*) mendukung komunikasi *SPI* dengan menggunakan *SPI Library*.
- *LED* : Pin 13. Pada pin 13 terhubung built-in led yang dikendalikan oleh digital pin no 13. Set *HIGH* untuk menyalakan led, *LOW* untuk mematikannya.
- *I2C* : Pin 20 (*SDA*) dan pin 21 (*SCL*) yang mendukung komunikasi *I2C* dengan menggunakan *Wire Library*.

2.3 Capacitive Soil Moisture Sensor [3]

Kelembaban tanah adalah air yang terkandung di permukaan tanah tak jenuh yang berasal dari curah hujan. Kelembaban tanah secara umum dapat digambarkan sebagai air yang mengisi sebagian atau seluruh pori-pori tanah.

Capacitive Soil Moisture Sensor merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi kelembaban dalam tanah yang bekerja berdasarkan konsep kapasitif. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan muatan energi listrik yang dapat disimpan oleh sensor akibat perubahan volume dielektrikum *capacitive soil moisture sensor*.



Gambar 2.3 Capacitive Soil Moisture Sensor

Pada gambar 2.3 adalah *capasitive soil moisture sensor* yang menggunakan konsep kapasitif untuk mendeteksi kelembaban tanah. Prinsip kerja *capasitive soil moisture sensor* adalah proses menyimpan dan melepas energi listrik dalam bentuk muatan-muatan listrik pada kapasitor yang dipengaruhi oleh perubahan dielektrikum dalam tanah.

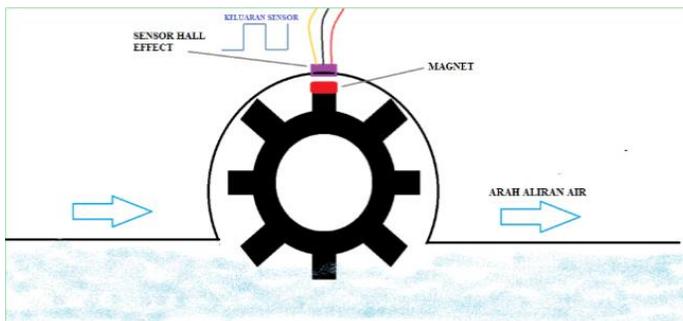
2.4 Sensor Aliran Air [4]

Aliran air adalah air dengan jumlah tertentu yang bergerak dari daerah dengan dataran tinggi ke daerah dengan dataran rendah atau pergerakan air yang disebabkan oleh tekanan tertentu.

Sensor aliran adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi laju aliran *fluida*. Sensor aliran biasanya berupa elemen penginderaan yang digunakan dalam *flowmeter* atau aliran *logger* untuk merekan aliran *fluida*.

Sensor aliran air adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk menghitung debit air yang mengalir dalam satuan liter per menit (L/menit). Sensor ini terdiri dari beberapa bagian utama yaitu kincir air kecil dan sensor *hall effect*. Sensor aliran air termasuk sejenis instrument yang digunakan untuk mengetahui parameter aliran seperti cairan dan gas lalu mengubahnya menjadi sebuah sinyal keluaran.

Sensor aliran air akan bekerja saat air masuk dan mengalir didalamnya sehingga akan menggerakkan baling-baling bermagnet dengan kecepatan tertentu sesuai dengan tingkat aliran air yang mengalir. Medan magnet yang terdapat pada baling-baling akan memberikan efek pada sensor *hall effect* didalamnya dan akan menghasilkan sebuah sinyal pulsa (PWM) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Konstruksi Sensor Aliran Air

Kelebihan sensor ini adalah hanya membutuhkan 1 sinyal (SIG), 5V DC dan *Ground*. Selain itu, keuntungan penggunaan *hall-effect* yaitu sensor akan tahan lama dan bekerja dengan kecepatan operasi diatas 100 kHz, berukuran kecil dan pemrosesan sinyalnya berupa digital.

Laju alir suatu tergantung pada luas penampang yang dilalui cairan dan kecepatan alir cairan. Jika cairan mengalir melalui pipa maka luas penampangnya sama dengan luas lingkaran pada persamaan (2.1). Sedangkan bila penampangnya berbentuk persegi, maka luas penampangnya akan sama dengan luas persegi pada persamaan (2.2).

$$A = \pi \times r^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$A = l \times t \dots\dots\dots (2.2)$$

Sehingga laju alir suatu cairan (Q) dapat diukur dalam meter kubik per detik, seperti pada persamaan (2.3).

$$Q (m^3/s) = A(m^2) \times v(m/s) \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk mengetahui debit air yang keluar maka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (2.4).

$$Debit (Q) = \frac{Volume Aliran (Liter)}{Waktu Aliran (Menit)} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.5 Motor Brushless DC [5]

Motor *brushless DC* adalah motor yang termasuk ke dalam jenis motor sinkron yang berarti medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet yang dihasilkan oleh rotor berputar pada frekuensi yang sama. Medan magnet pada stator dan rotor yang berputar selaras mengakibatkan motor *brushless DC* tidak mempunyai slip saat bekerja.

Motor *brushless DC* tidak menggunakan *brushless* (sikat) sebagai media komutasinya, melainkan berkomunikasi secara elektrik. Komutator elektrik ini terdiri dari kombinasi transistor atau biasa menggunakan MOSFET yang membutuhkan sinyal pulsa untuk

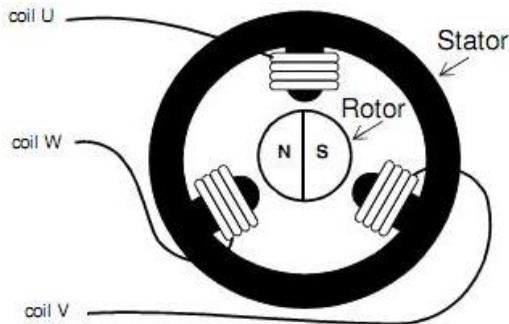
mengaktifkan koil dengan waktu yang tepat sehingga dapat menggerakkan motor.

2.5.1 Konstruksi Motor *Brushless DC* [5]

Motor *brushless DC* menggunakan magnet permanen pada bagian rotor (bagian bergerak) dan menggunakan elektromagnet pada bagian stator (bagian stasioner).

Rotor dibuat dari magnet permanen dan dapat desain dari dua sampai delapan kutub magnet utara (U) atau selatan (S). Magnet permanen motor *brushless DC* dibuat dari magnet *ferrit*. Tetapi saat ini dengan kemajuan teknologi, campuran logam sudah kurang populer untuk digunakan. Meskipun dinilai lebih murah, magnet *ferrit* mempunyai kekurangan yaitu kerapatan *fluks* yang rendah sebagai bahan material yang diperlukan untuk membuat rotor berputar.

Stator pada motor *brushless DC* berfungsi sebagai medan putar motor untuk memberikan gaya elektromagnetik pada rotor sehingga rotor dapat berputar. Pada motor *brushless DC* statornya terdiri dari 12 belitan (elektromagnet) yang bekerja secara elektromagnetik dimana stator pada motor DC *brushless* terhubung dengan tiga buah kabel untuk disambungkan pada rangkaian kontrol seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Konstruksi Motor Brushless DC

2.5.1 Prinsip Kerja Motor *Brushless DC* [5]

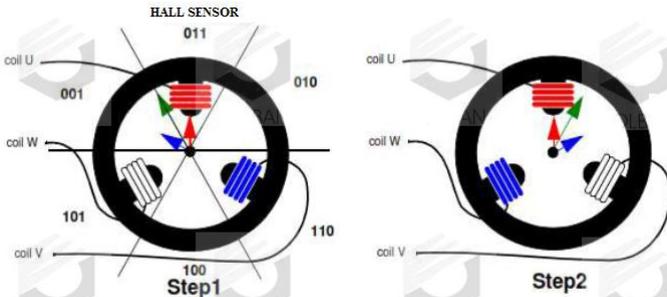
Cara kerja pada motor BLDC cukup sederhana, yaitu magnet yang berada pada poros motor akan tertarik dan terdorong oleh gaya

elektromagnetik yang diatur oleh *driver* pada motor BLDC. Berikut ini tabel perubahan komutasi pada motor *brushless DC* :

Tabel 2.2 Perubahan Komutasi Motor Brushless DC

No	Hall Sensor Value	Phasa	Switches
1	101	U-V	Q1 ; Q4
2	001	U-W	Q1 ; Q6
3	011	V-W	Q3 ; Q6
4	101	V-U	Q3 ; Q2
5	110	W-U	Q5 ; Q2
6	100	W-V	Q5 ; Q4

Skema kerja motor *brushless DC*, adalah sebagai berikut :

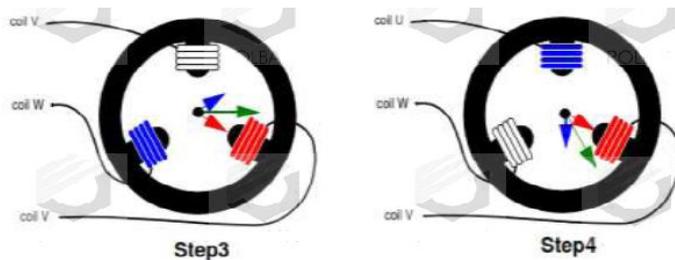


Gambar 2.6 Perubahan Komutasi Motor BLDC Step 1 dan Step 2

Pada tabel 2.2 dan gambar 2.6 perubahan komutasi motor berdasarkan *hall sensor value*. Pada kolom *hall sensor value* nilai tersebut berdasarkan dari motor *brushless DC* dan merupakan konstanta tahapan (step) dari komutasi motor *brushless DC*. Komutasi menghasilkan medan putar, maka agar motor bisa berputar harus dilakukan secara bertahap sesuai *hall sensor value*.

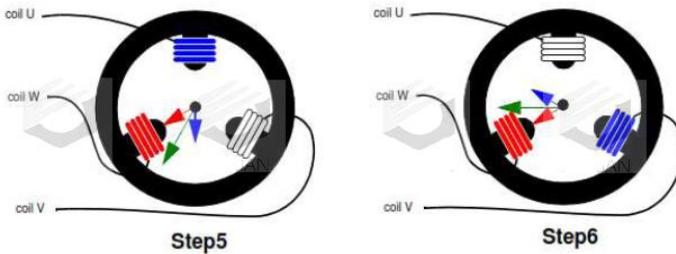
Pada **step 1**, fasa U dihubungkan ke kutub positif (+) baterai pada bus motor *brushless DC* melalui (Q1), lalu fasa V dihubungkan ke negatif (-) melalui (Q4), untuk fasa W tidak diberikan sinyal, 2 buah vector fluks dihasilkan oleh fasa U (panah merah) dan fasa V

(panah biru). Jumlah kedua vector tersebut menghasilkan vector fluks pada stator (panah hijau) dimana rotor akan berusaha mengikuti arah fluks stator tersebut. Pada kondisi ini motor sedang *standby* untuk berputar, ketika posisi rotor sudah mencapai posisi tertentu yang diberikan, maka nilai pernyataan logika pada *hall sensor* berubah dari “101” ke “001” dan pola tegangan baru tercipta pada motor *brushless DC* dimana fasa V sekarang tidak diberikan sinyal namun fasa W terhubung dengan negatif (-) melalui (Q1) dimana posisi vector fluks stator (panah hijau) sekarang berada pada posisi yang ditunjukkan oleh gambar 2.1 **step 2**.



Gambar 2.7 Perubahan Komutasi Motor BLDC Step 3 dan Step 4

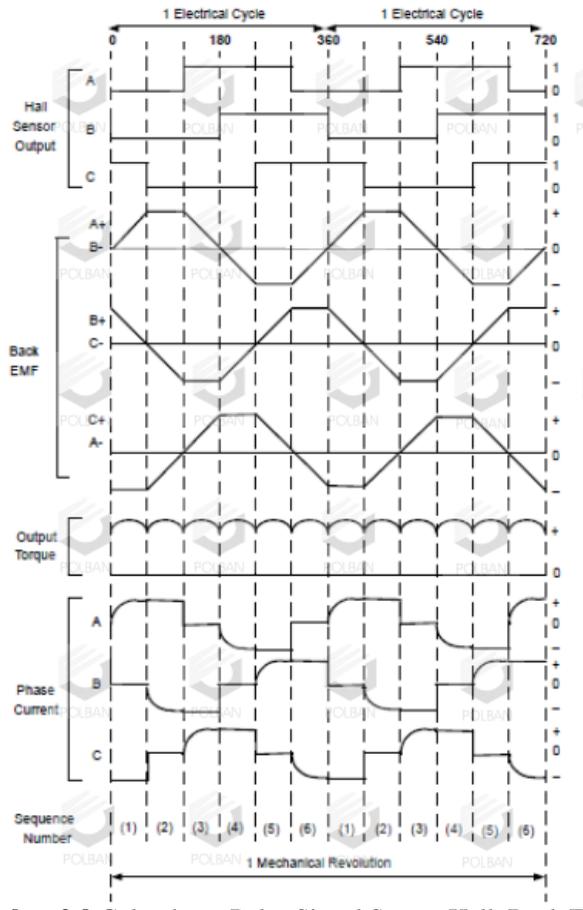
Pada **step 3** yang mengacu pada gambar 2.7 dan tabel 2.2, fasa yang aktif adalah V-W yang artinya fasa V terhubung ke kutub positif (+) melalui (Q3) dan fasa W terhubung dengan negatif (-), sedangkan untuk fasa U tidak diberikan sinyal sehingga posisi vektor fluks stator berada pada posisi tersebut. Selanjutnya pada **step 4** fasa yang aktif adalah V-U yang berarti fasa V tetap terhubung dengan kutub positif (+) melalui (Q3) dan fasa U terhubung ke kutub negatif (-) melalui (Q2) sedangkan fasa W tidak diberikan sinyal sehingga rotor tetap berputar ke arah fluks stator pada **step 4**.



Gambar 2.8 Perubahan Komutasi Motor BLDC Step 5 dan Step 6

Mengacu pada gambar 2.8 dan tabel 2.2, **step 5** dan **step 6** terlihat fasa lain lagi yang diberikan sinyal. Pada **step 5** fasa yang aktif adalah W-U yang berarti fasa W terhubung ke kutub positif (+) melalui (Q5) dan fasa U terhubung ke kutub negatif (-) melalui (Q2) sedangkan fasa V tidak diberikan sinyal sehingga arah putaran rotor terus mengikuti arah vektor fluks stator yang dihasilkan. Pada **step 6**, terjadi proses yang sama dengan beberapa step sebelumnya, fasa yang diaktifkan adalah W-V yang artinya fasa W terhubung ke kutub positif (+) melalui (Q5) dan fasa V terhubung ke kutub negatif (-) melalui (Q4) sedangkan fasa U tidak diberikan sinyal dan selanjutnya proses putaran kembali lagi pada **step 1**.

Itulah 6 langkah (**step**) putaran elektrik motor *brushless DC* untuk melakukan 1 putaran penuh mekanis motor *brushless DC*. Adapun bentuk gelombang pulsa yang dihasilkan dengan perubahan pada setiap putaran sudut ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Gelombang Pulsa Sinyal Sensor Hall, Back EMF, Keluaran Torsi dan Fasa

2.6 Irigasi pada Tanaman [6]

Irigasi merupakan sebuah alternatif cara pengairan lahan tadah hujan pada musim kemarau. Saat ini, pembangunan irigasi untuk lahan pertanian sedang gencar dilakukan untuk membantu meningkatkan produksi hasil. Dengan adanya irigasi, lahan tidak lagi mengandalkan hujan yang tidak menentu waktunya. Ada banyak jenis irigasi dan

masing-masing akan memberikan kebutuhan air dengan cara yang berbeda.

Masing-masing jenis irigasi membutuhkan syarat pengelolaan yang spesifik. Kriteria kesesuaian lokasi dari masing-masing jenis irigasi juga berbeda. Selain itu, jenis tanaman yang dibudidayakan juga menentukan pemilihan teknik irigasi yang akan diterapkan. Jenis tanaman yang diusahakan sebaiknya tanaman yang bernilai ekonomi tinggi, karena umumnya pembuatan irigasi membutuhkan biaya yang cukup tinggi.

Berikut ini merupakan macam-macam irigasi pada tanaman:

2.6.1 Irigasi Permukaan (*surface irrigation*) [6]

Irigasi permukaan merupakan penerapan irigasi dengan cara mendistribusikan air ke lahan pertanian dengan memanfaatkan gravitasi atau membiarkan air mengalir dengan sendirinya di lahan. Jenis irigasi ini adalah cara yang paling banyak digunakan petani padi. Pemberian air bisa dilakukan dengan mengalirkan di antara bedengan supaya lebih efektif. Pemberian air biasanya juga dilakukan dengan menggenangi lahan dengan air sampai ketinggian tertentu.



Gambar 2.10 Irigasi Permukaan

Pada gambar 2.10 merupakan area pertanian padi yang menggunakan irigasi permukaan.

Irigasi permukaan cocok digunakan pada tanah yang bertekstur halus sampai sedang. Untuk tanah bertekstur kasar akan sulit menerapkan sistem ini karena sebagian besar air akan hilang pada saluran dan yang berupa penggenangan cocok diterapkan pada daerah dengan topografi relatif datar agar pemberian air dapat merata pada areal pertanaman.

2.6.1 Irigasi Curah (*sprinkle irrigation*) [6]

Irigasi curah merupakan cara irigasi dengan menyemprotkan air ke udara dan kemudian air jatuh ke permukaan tanah seperti air hujan. Tujuan dari cara ini adalah agar air dapat diberikan secara merata dan efisien pada areal pertanaman, dengan jumlah dan kecepatan penyiraman kurang atau sama dengan laju infiltrasi. Dengan demikian dalam proses pemberian air tidak terjadi kehilangan air dalam bentuk limpasan.



Gambar 2. 11 Irigasi Curah

Pada gambar 2.11 merupakan irigasi curah yang diterapkan pada tanaman sawi.

Sistem irigasi curah cocok pada daerah di mana kecepatan angin tidak terlalu besar, yang menyebabkan sebagian air yang diberikan hilang melalui evaporasi. Dengan demikian efisiensi penggunaan air irigasi yang lebih tinggi dapat dicapai. Jumlah air irigasi yang diaplikasikan pada sistem irigasi curah akan bervariasi sesuai dengan tekstur tanah dan kedalaman akar tanaman. Tanaman yang cocok untuk irigasi curah ini adalah tanaman yang tidak terlalu membutuhkan banyak air dalam pertumbuhannya. Contohnya adalah tanaman cabai, tomat, sawi dsb.

2.6.2 Irigasi Tetes (*micro irrigation*) [6]

Irigasi tetes merupakan cara pemberian air pada tanaman secara langsung, baik pada permukaan tanah maupun di dalam tanah melalui tetesan secara sinambung dan perlahan pada tanah di dekat tumbuhan.

Alat pengeluaran air pada sistem irigasi tetes disebut emiter atau penetes. Setelah keluar dari penetes (emiter), air menyebar ke dalam profil tanah secara horizontal maupun vertikal akibat gaya kapilaritas dan gravitasi.



Gambar 2.12 Irigasi Tetes

Pada gambar 2.12 merupakan irigasi tetes yang diterapkan pada tanaman bawang.

Irigasi tetes cocok untuk tanah yang tidak terlalu kering. Luas daerah yang diairi tergantung pada besarnya debit keluaran dan interval, struktur dan tekstur tanah, kelembaban tanah, serta permeabilitas tanah. Cara ini bertujuan untuk memanfaatkan air dalam jumlah terbatas dalam budidaya tanaman sayur di lahan kering.

2.6.3 Irigasi Bawah Permukaan (*sub-surface irrigation*) [6]

Sistem irigasi bawah permukaan merupakan salah satu bentuk dari irigasi mikro, namun jaringan atau alat irigasinya diletakkan di bawah permukaan tanah. Irigasi ini bisa berupa pipa-pipa semen dengan diameter 10 cm dan tebal dinding 1 cm yang disambung-sambung.



Gambar 2.13 Irigasi Bawah Permukaan

Pada gambar 2.13 merupakan irigasi bawah permukaan. Sistem irigasi bawah permukaan lebih sesuai diterapkan pada daerah dengan tekstur tanah sedang sampai kasar, agar tidak sering terjadi penyumbatan pada lubang-lubang tempat keluarnya air. Selain itu, kadar garam tanah yang rendah juga dibutuhkan untuk jenis irigasi ini. Dengan demikian target pengairan untuk mengairi langsung pada sasaran akar tanaman dapat dicapai dengan efektif.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan perangkat keras dan lunak yang dilakukan dengan metode penelitian berdasarkan pada studi kepustakaan berupa data-data literatur dari masing-masing komponen, informasi dari internet dan konsep-konsep teoritis dari buku-buku penunjang.

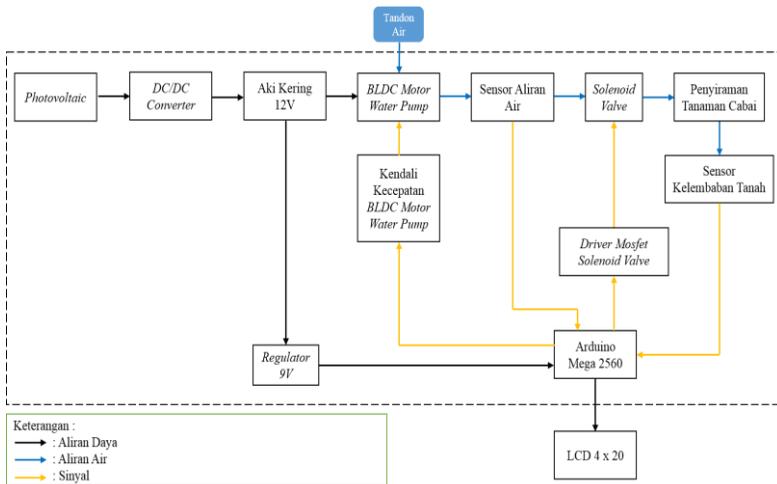
Dari data-data yang diperoleh maka dilakukan perencanaan rangkaian perangkat keras. Dalam perangkat keras ini, penulis akan melakukan pengujian perangkat keras dengan program-program yang telah dibuat, pembuatan perangkat lunak adalah tahap selanjutnya. Terakhir adalah penggabungan perangkat keras dengan kerja perangkat lunak yang telah selesai dibuat. Perencanaan ini diperlukan sebelum proses pembuatan sistem tersebut, perancangan ini berguna agar pengerjaan tahapan selanjutnya berjalan dengan lancar.

Untuk memudahkan dalam pembahasan bab ini akan dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Perancangan *hardware* (perangkat keras) yang terdiri dari, perancangan kotak kontrol, perancangan pipa saluran air beserta tempat penampungan air, perancangan lahan untuk penyiraman, perancangan sensor kelembaban tanah model *capacitive soil moisture sensor v1.2*, perancangan sensor aliran air model YF-B1, perancangan kendali kecepatan *BLDC Motor Water Pump*, perancangan *driver solenoid valve* dan perancangan *interface* pada LCD 4x20.
2. Perancangan *software* (perangkat lunak) meliputi perancangan pembuatan program pembacaan data sensor, perancangan program kendali kecepatan *BLDC Motor Water Pump*, perancangan program *driver solenoid valve* dan perancangan program *interface* LCD 4x20,

3.1 Blok Fungsional Sistem

Pada gambar 3.1 dibawah ini merupakan blok fungsional sistem yang digunakan untuk otomasi irigasi *springkler* pada tanaman cabai. Sumber listrik yang digunakan untuk sistem ini adalah dari energi matahari yang ditangkap oleh *photovoltaic* dan selanjutnya disimpan di aki kering 12V.



Gambar 3.1 Blok Fungsional Sistem

Pusat pengendali pada sistem kendali aliran air pada *BLCD Motor Water Pump* menggunakan Mikrokontroler berupa *Arduino Mega 2560*. Sumber tegangan *Arduino Mega 2560* berasal aki kering 12V yang diregulasi dengan *DC to DC voltage regulator 9V*. *Arduino Mega 2560* akan mengendalikan aliran air dan penjadwalan pengairan untuk tanaman cabai dalam *greenhouse* berdasarkan data kelembaban tanah yang diterima dari sensor kelembaban tanah.

Sensor kelembaban tanah mengirimkan data kelembaban tanah yang bernilai tertentu untuk mengubah aliran air yang akan mengikuti data kelembaban tanah yang ada. Sensor aliran air akan menampilkan data aliran air yang sesuai dengan data kelembaban tanah yang ada.

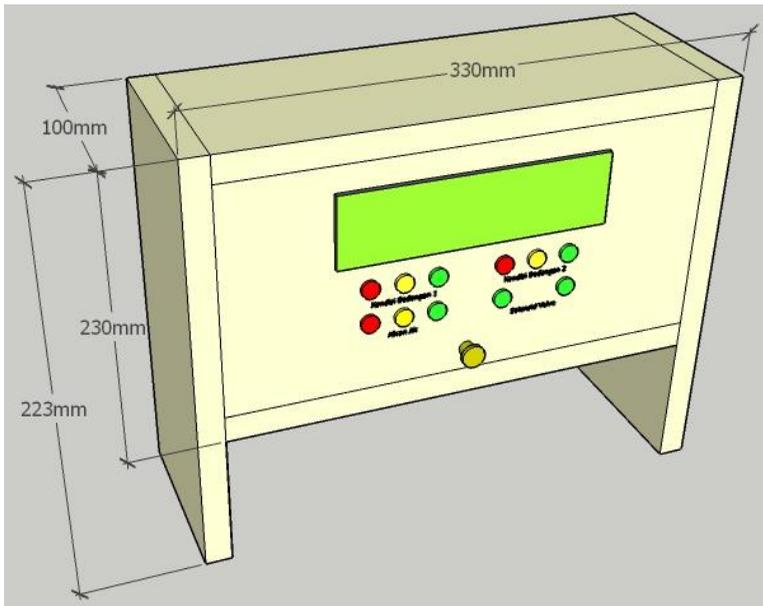
Pada lahan yang direncanakan, terdapat dua bedengan dan akan ditempatkan sensor kelembaban tanah pada masing-masing bedengan untuk mengatur penjadwalan pengairan air yang sesuai dengan kelembaban pada masing-masing bedengan. Penjadwalan pengairan air akan dilakukan oleh *solenoid valve* yang akan ditempatkan pada pangkal pipa pengairan pada masing-masing bedengan.

3.2 Perancangan Penunjang *Hardware*

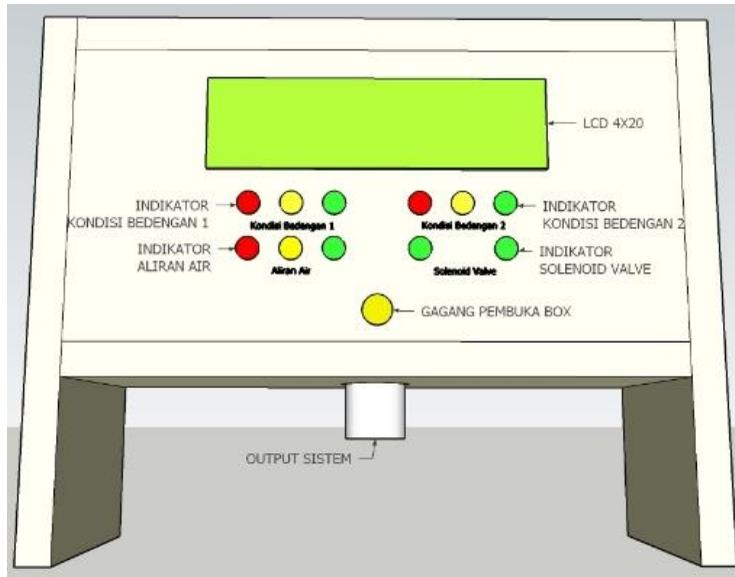
Perancangan penunjang *hardware* terdiri dari perancangan box kontrol.

3.2.1 Perancangan *Box* Kontrol

Box kontrol terbuat dari bahan papan kayu dengan ukuran 330mm x230mm x100mm dengan ketebalan 15mm yang ditunjukkan pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Ukuran *Box* Kontrol



Gambar 3.3 Bagian-Bagian Box Kontrol

Pada gambar 3.3 di atas merupakan bagian-bagian dari *box* kontrol. Pada bagian depan *box* kontrol terdapat LCD dengan ukuran 20x4 yang akan memberikan informasi saat alat bekerja.

Pada bagian depan *box* kontrol ini terdiri dari indikator kelembaban tanah dari dua bedengan dengan lampu indikator merah(tanah kering), kuning(tanah normal) dan hijau(tanah lembab). Terdapat pula indikator kecepatan aliran air dengan indikator hijau(aliran lambat), kuning(aliran sedang) dan merah(aliran cepat). Lalu terdapat pula indikator bedengan yang sedang dalam proses penyiraman yang diindikasikan dengan dua lampu *LED* hijau.

3.3 Perancangan Elektronik

Perancangan elektronik membahas setting port mikrokontroler, perancangan sensor kelembaban tanah, perancangan sensor aliran air, perancangan kendali kecepatan motor *BLDC water pump* dan perancangan *driver solenoid valve*.

3.3.1 Setting Port Mikrokontroler

Mikrokontroler digunakan sebagai pusat kendali sistem kendali kecepatan motor *BLDC water pump* untuk penyiraman tanaman cabai dalam *greenhouse*. Mikrokontroler yang digunakan adalah *Arduino Mega 2560*. Berikut ini merupakan pin-pin *Arduino Mega 2560* yang digunakan:

Tabel 3.1 Konfigurasi Pin *Arduino*

No	Pin <i>Arduino</i>	Fungsi Pin
1	A0	Sensor Kelembaban Tanah I
2	A1	Sensor Kelembaban Tanah II
3	Pin 29	Solenoid Valve I
4	Pin 31	Solenoid Valve II
5	Pin 35	Kecepatan Motor Lambat
6	Pin 37	Kecepatan Motor Sedang
7	Pin 39	Kecepatan Motor Cepat
8	Pin 2	Sensor Aliran Air
11	Pin 40, 42, 44, 46, 48 dan 50	LCD 20x4

3.3.2 Setting Sensor Kelembaban Tanah

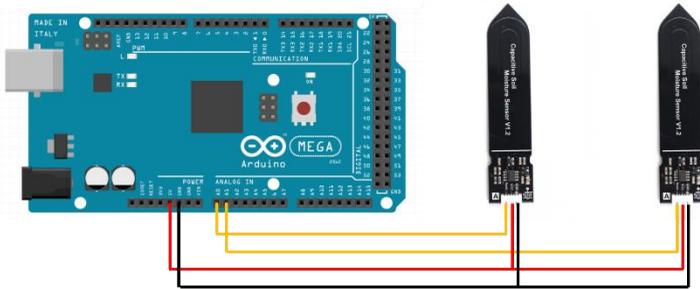
Sensor kelembaban tanah berfungsi untuk mendeteksi kelembaban tanah pada tanaman cabai dalam *greenhouse*. Sensor kelembaban tanah akan menentukan debit air yang akan dikeluarkan untuk penyiraman tanaman cabai dengan sesuai yang dibutuhkan.

Sensor kelembaban tanah mempunyai spesifikasi yang ditunjukkan pada tabel 3.2 dibawah ini:

Tabel 3.2 Spesifikasi Sensor Kelembaban Tanah

Item	Spesifikasi
Sensor Kelembaban Tanah	<i>Capasitive Soil Moisture Sensor v1.2</i>
Tegangan Kerja	DC 3,3V – 5,0V
Tegangan <i>Output</i>	DC 0,0V – 3,0V
Dimensi	99mm x 16mm

Sensor kelembaban tanah akan mengeluarkan sinyal tegangan analog dengan nilai 0V – 3V dengan ketentuan semakin lembab tanah maka sinyal tegangan analog akan semakin kecil nilainya.



Gambar 3.4 Wiring Sensor Kelembaban Tanah

Pada gambar 3.4 adalah *wiring* pada ketiga sensor kelembaban tanah yang akan diletakan pada masing-masing bedengan untuk mengatur jadwal penyiraman tanaman cabai serta mengatur debit air yang dikeluarkannya.

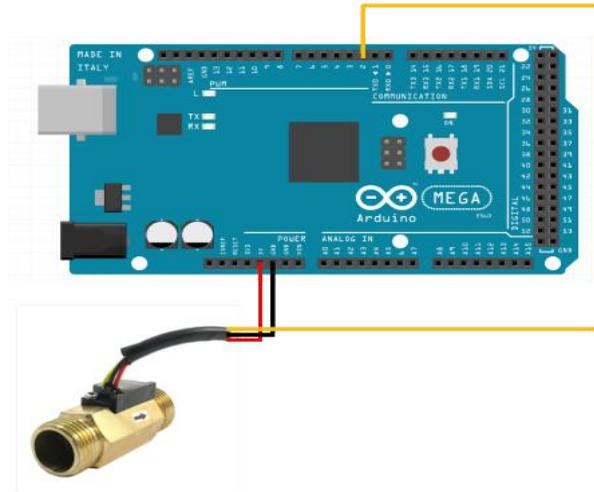
3.3.3 Setting Sensor Aliran Air

Sensor aliran air akan berfungsi untuk menunjukkan nilai debit air yang dikeluarkan oleh *BLDC motor water pump* sehingga air untuk memenuhi kebutuhan tanaman cabai dalam *greenhouse* pada setiap bedengan dapat tercapai.

Sensor aliran air yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.3 Spesifikasi Sensor Aliran Air

Item	Spesifikasi
Sensor Aliran Air	Model YF-B1
Tegangan Kerja	DC 5,0V – 15,0V
Output Pulsa	596 pulse / L
Ukuran Lubang	1/2"



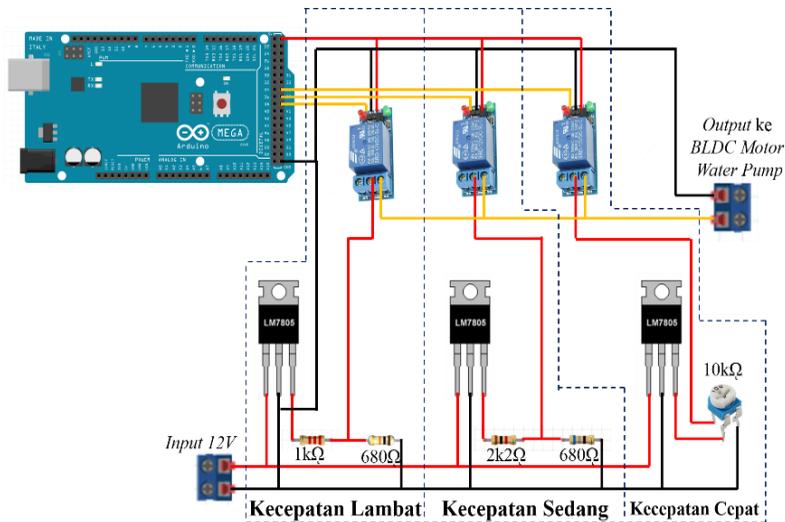
Gambar 3.5 Wiring Sensor Aliran Air

Pada gambar 3.5 merupakan *wiring* yang digunakan untuk sensor aliran air. Sensor aliran air mempunyai keluaran berupa sinyal pulsa, maka sinyal keluaran sensor aliran air akan dibaca oleh *Arduino* Mega 2560 melalui pin 2. Sinyal pulsa yang dihasilkan adalah 596 pulsa per liter. Semakin tinggi debit air yang dikeluarkan maka nilai keluaran sinyal pulsa yang dihasilkan juga akan semakin besar, berlaku sebaliknya.

3.3.4 Perancangan Kendali Kecepatan *BLDC Motor Water Pump*

Rangkaian kendali kecepatan motor pada *BLDC motor water pump* berfungsi untuk mengatur kecepatan aliran air(debit air) yang digunakan pada penyiraman tanaman cabai dalam *greenhouse* sesuai dengan kebutuhannya.

Berikut merupakan rangkaian kendali kecepatan *BLDC motor water pump* :



Gambar 3.6 Rangkaian Kendali Kecepatan *BLDC Motor Water Pump*

Pada gambar 3.6 menunjukkan bahwa rangkaian kendali kecepatan *BLDC motor water pump* diatur dengan menggunakan *relay* 5V. Terdapat tiga *relay* yang masing-masing akan memberikan tegangan *input* sebesar 0,89V; 2,80V dan 4,50V.

Dari tiga macam tegangan *input* tersebut dapat menghasilkan kecepatan putaran motor yang berbeda. Kecepatan putaran *BLDC motor water pump* juga akan berpengaruh pada kecepatan aliran air yang dihasilkan yang akan bekerja bergantian sesuai dengan kebutuhan tanaman cabai dalam *greenhouse* seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.4 mengenai spesifikasi kecepatan *BLDC motor water pump*.

Berikut merupakan pengelompokkan kecepatannya:

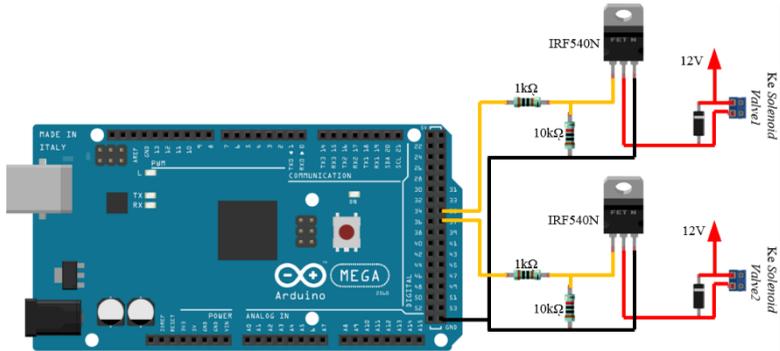
Tabel 3.4 Spesifikasi Kecepatan *BLDC Motor Water Pump*

Kecepatan	Tegangan Input
Lambat	DC 0,89V
Sedang	DC 2,80V
Cepat	DC 4,50V

3.3.5 Perancangan Driver Solenoid Valve

Rangkaian *driver solenoid valve* berfungsi untuk mengaktifkan *solenoid valve* sesuai dengan penjadwalan yang sudah diatur berdasarkan kelembaban tanah pada masing-masing bedengan.

Solenoid valve akan aktif secara bergantian berdasarkan kelembaban tanah pada masing-masing bedengan.



Gambar 3.7 Driver Solenoid Valve

Pada gambar 3.7 adalah *driver solenoid valve* yang digunakan untuk melakukan penjadwalan penyiraman tanaman cabai dalam *greenhouse* sesuai dengan kelembaban tanah pada masing-masing bedengan. Tegangan yang dibutuhkan untuk mengaktifkan *solenoid valve* adalah 12V DC. *Solenoid valve* akan aktif jika pada pin-pin yang dipilih pada kondisi *HIGH*.

3.4 Perancangan Hardware

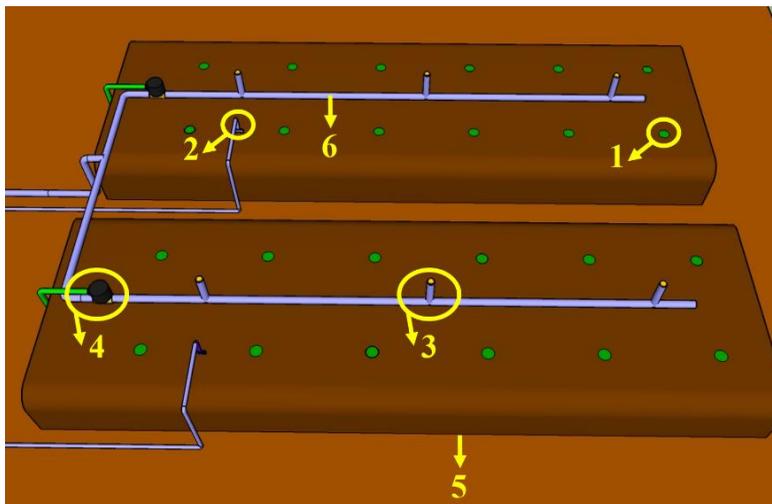
Perancangan *hardware* ini meliputi rancangan pipa saluran penyiraman tanaman cabai dalam *greenhouse*.

3.4.1 Perancangan Pipa Saluran Penyiram

Dalam satu bedengan terdapat satu pipa saluran penyiraman yang digunakan berjumlah 3 buah yang masing-masing saluran terdapat tiga *sprinkle*. Satu *sprinkle* akan memenuhi kebutuhan air untuk 4 tanaman cabai, sehingga dalam satu pipa saluran penyiraman terdapat 12 tanaman cabai.

Dalam satu bedengan juga dilengkapi dengan sebuah sensor kelembaban tanah untuk mengetahui tingkat kelembaban tanahnya yang akan mengatur debit air yang dikeluarkan sehingga dapat memenuhi kebutuhan tanaman cabai dalam *greenhouse* sesuai dengan kebutuhannya.

Berikut ini merupakan perancangan pipa saluran untuk penyiraman tanaman cabai dalam *greenhouse* :



Gambar 3.8 Pipa Saluran Penyiraman Tanaman Cabai

Keterangan :

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1. Tanaman Cabai | 4. <i>Solenoid Valve</i> |
| 2. Sensor Kelembaban Tanah | 5. Bedengan |
| 3. <i>Speinkler</i> | 6. Pipa Saluran Penyiraman |

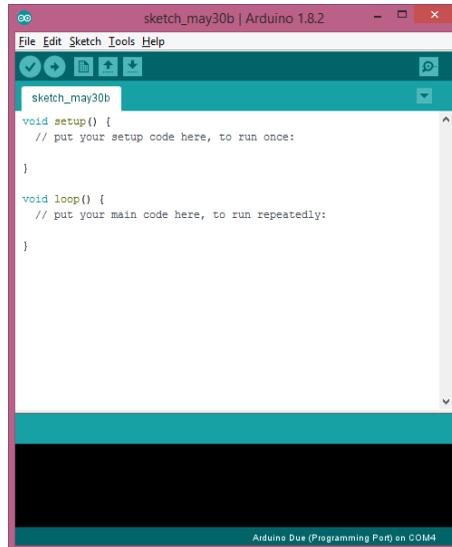
Pada gambar 3.8 merupakan pipa saluran air yang akan diimplementasikan untuk penyiraman tanaman cabai dalam *greenhouse*. Pada pangkal pipa penyiraman terdapat *solenoid valve* yang berfungsi untuk mengatur penjadwalan penyiraman tanaman cabai dalam *greenhouse*. Terdapat juga sensor kelembaban tanah yang diletakkan tepat ditengah bedengan.

BLDC Motor Water Pump dimana adalah salah satu jenis motor sinkron. Medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet yang dihasilkan oleh rotor berputar pada frekuensi yang sama sehingga motor jenis ini tidak memiliki slip seperti yang terjadi pada motor induksi biasa. Dengan tidak adanya sikat pada motor jenis ini, maka motor *BLDC* mempunyai perawatan yang mudah, memiliki efisiensi yang tinggi serta hemat dalam pemakaian baterai, memiliki kecepatan lebih kencang dan torsi akselerasi lebih besar daripada motor *brushed DC* dalam watt yang sama. Untuk itulah motor *BLDC* dipilih untuk penggerak pompa air *sprinkle irrigation* yang diharapkan akan efektif untuk mendistribusikan air dari tempat penampungan air ke setiap tanaman baik dengan posisi dekat dengan pompa maupun jauh dari pompa dengan debit air yang sama.

Metode penyiraman tanaman pada tugas akhir ini menggunakan *sprinkle irrigation* yang diletakkan dalam *greenhouse* dimana merupakan salah satu irigasi pertanian yang berkembang pada saat ini dimana irigasi dibuat dengan mengalirkan air bertekanan melalui nozzle, sehingga air irigasi akan berbentuk seperti air hujan yang akan membuatnya memancarkan air ke udara dan melepaskannya di sekitar tanaman. Irigasi *sprinkle* dapat mengendalikan pemberian air ke tanaman sehingga dapat membantu pertumbuhan tanaman secara vegetatif dan memperbesar peluang tanaman untuk tumbuh secara generatif dimana akan meningkatkan produktivitas hasil panen.

3.5 Perancangan Software

Pada bab ini dibahas perancangan program untuk pembacaan sensor kelembaban tanah, perancangan program penjadwalan penyiraman tanaman cabai berdasarkan tingkat kelembaban tanah, perancangan kendali kecepatan aliran air dan program untuk pembacaan sensor aliran air.



Gambar 3.9 Tampilan Software *Arduino*

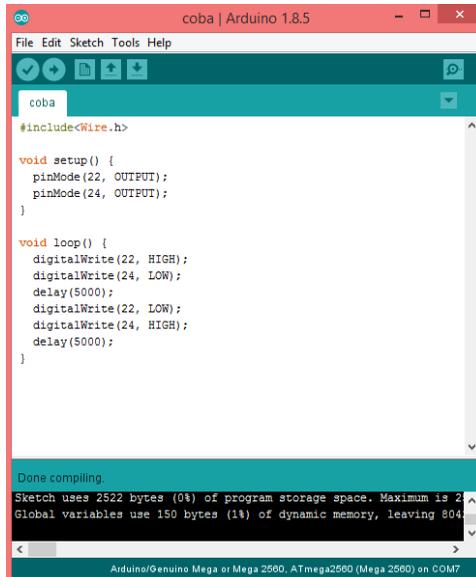
Sebelum menjelaskan langkah-langkah pembuatan program pada penelitian ini, pada gambar 3.9 terlebih dahulu akan dijelaskan beberapa *icon* yang sering di gunakan, yaitu:

1.  Merupakan *icon* **create new project**. Icon ini berfungsi untuk memulai sebuah projek program.
2.  Adalah *icon* menu **Verify** yang bergambar ceklis, ini berfungsi untuk mengecek program yang ditulis apakah ada yang salah atau *error*.
3.  Adalah *icon* menu **Upload** yang bergambar panah ke arah kanan , ini berfungsi untuk memuat atau mentransfer program yang dibuat di *software Arduino* ke *hardware Arduino*.
4.  Adalah *icon* menu **Open** yang bergambar panah ke arah atas, ini berfungsi untuk membuka program yang disimpan atau membuka program yang sudah dibuat dari pabrikan *software Arduino*.

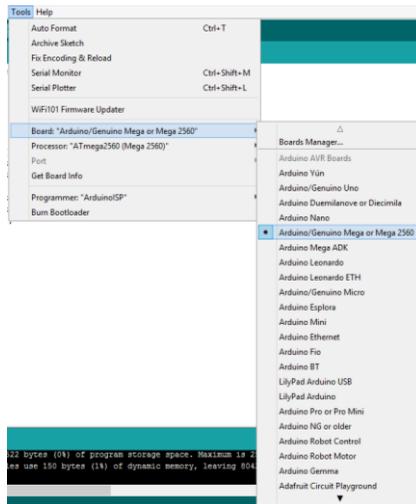
5.  Adalah *icon* menu **Save** yang bergambar panah kearah bawah, ini berfungsi untuk menyimpan program yang telah dibuat atau dimodifikasi
6.  Adalah *icon* menu **Serial Monitor** yang bergambar kaca pembesar (*loop*), ini berfungsi mengirim atau menampilkan serial komunikasi data saat dikirim dari *hardware Arduino*.

Setelah mengetahui beberapa *icon* yang digunakan dan telah membuat program dalam *Software*, maka langkah selanjutnya yang haeus dilakukan adalah cara mengupload program pada *Arduino*. Untuk mengupload program pada *Arduino* terdapat langkah-langkah yang harus dilakukan. Berikut langkah-langkah mengupload program pada *Arduino*:

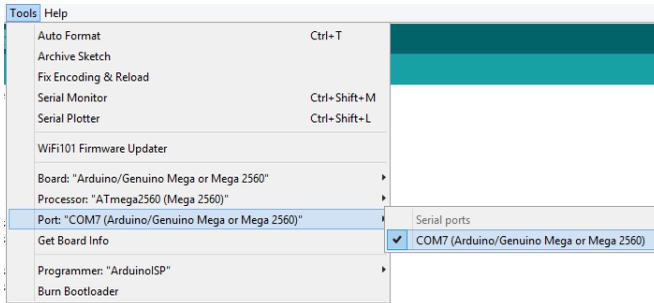
1. Langkah pertama yang dilakukan setelah membuat program adalah melakukan *verify* program yang digunakan dengan cara menekan tombol *verify*. Jika tidak ada *error* maka akan muncul kata *done compiling* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.10.
2. Langkah kedua adalah menyambungkan *hardware Arduino* dengan laptop atau PC yang digunakan.
3. Langkah ketiga adalah memilih *board Arduino* yang digunakan dengan cara menekan Tools lalu *board* dan pilih *board Arduino* yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.11.



Gambar 3.10 Tampilan *Arduino* Ketika Tidak Terjadi Error pada Saat Verify Program



Gambar 3.11 Memilih Board *Arduino* pada Software *Arduino* IDE



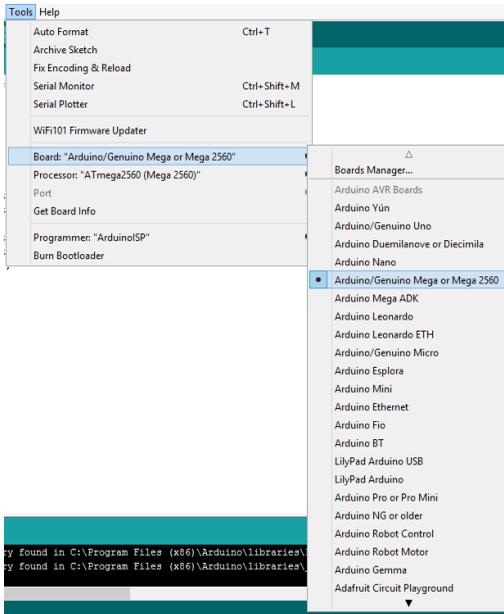
Gambar 3.12 Memilih Port pada *Arduino*

4. Langkah keempat adalah memilih *port* yang digunakan pada laptop atau PC seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.12.
5. Langkah terakhir adalah menekan *icon upload* atau menekan file → *upload*.

3.5.1 Perancangan Program pada *Arduino*

Pada sistem kontrol laju alir menggunakan *Arduino Mega 2560* yang harus di *install* terlebih dahulu pada *Board Manager Arduino*. Berikut ini adalah langkah-langkah perancangan program pada sistem kontrol laju alir pada *Arduino*.

1. Langkah pertama adalah memilih *Arduino Mega 2560* pada *software Arduino IDE* dengan cara memilih *tools >> boards >> Arduino/Genuino Mega or Mega 2560* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.13.
2. Setelah *Arduino Mega 2560* dipilih pada *software Arduino IDE*, langkah selanjutnya adalah membuat program dengan terlebih dahulu memasukkan *library* yang telah dibutuhkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.14.
3. Langkah selanjutnya adalah membuat *listing* program yang digunakan untuk sistem kontrol laju alir. Sebelum pembuatan program inti, harus menginisialisasi pin yang digunakan seperti pada yang ditunjukkan pada gambar 3.15. Selain itu, dapat juga melakukan inisialisasi pin pada fungsi *setup*.



Gambar 3.13 Memilih Board Arduino Mega 2560 pada Arduino IDE

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
```

Gambar 3.14 Menambahkan Library pada Arduino

```
LiquidCrystal lcd(40, 42, 44, 46, 48, 50); //RS, E, D4, D3, D2, D1

const int s_kelembaban1 = A0;
const int s_kelembaban2 = A1;
const int s_kelembaban3 = A2;
```

Gambar 3.15 Menginisialisasi Pin pada Arduino

```
void setup() {
    // set up the LCD's number of c
    lcd.begin(16, 2);
    // Print a message to the LCD.
    lcd.print("hello, world!");
}
```

Gambar 3.16 Program Void Setup pada Arduino

```
10
11 void setup() {
12
13 }
14
15 void loop() {
16     // set up the LCD's number of columns and rows:
17     lcd.begin(16, 2);
18     // Print a message to the LCD.
19     lcd.print("hello, world!");
20
```

Done compiling.

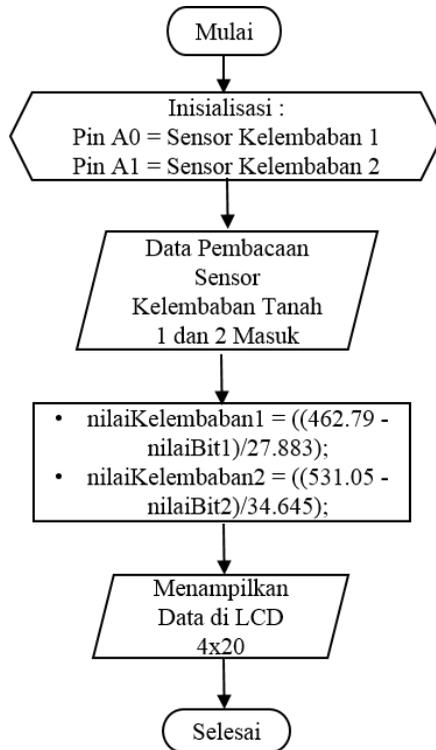
Global variables use 55 bytes (2%) of dynamic memory, leaving 1,993 bytes for local variables. Maximum is 2,048 bytes.

Gambar 3.17 *Void Setup* yang Kosong pada *Arduino*

4. Selanjutnya adalah masuk pada program *void setup*. Program *void setup* hanya sekali eksekusi, yaitu ketika awal program berjalan. Kebanyakan *void setup* berisikan inisialisasi fungsi-fungsi yang digunakan dalam program. *Void setup* juga dapat digunakan sebagai penggunaan kaki dari *Arduino*. *Void setup* ini merupakan fungsi wajib yang harus disertakan dalam memprogram *Arduino*, jika tidak disertakan maka akan menghasilkan *error*. Isi dari *void setup* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.16. Selain itu, Isi *void setup* bisa juga kosong seperti yang ditunjukkan gambar 3.17 di atas.
5. Selanjutnya memasuki perintah *void loop*. *Void loop* berguna untuk melaksanakan atau mengeksekusi perintah program yang telah dibuat. Fungsi ini akan secara aktif mengontrol *board Arduino* baik membaca input atau merubah *output*.
6. Setelah itu, tinggal melakukan *verify* program. Dan program telah siap untuk diupload ke *board Arduino*.

3.5.2 Perancangan Program Pembacaan Sensor Kelembaban Tanah

Pada sistem kendali aliran air untuk irigasi tanaman cabai digunakan dua sensor kelembaban tanah yang mengeluarkan tegangan analog dan akan dibaca oleh *Arduino Mega 2560*. Pada gambar 3.18 dibawah ini merupakan algoritma yang akan digunakan untuk pembacaan sensor kelembaban tanah 1 dan 2.



Gambar 3.18 Flowchart Pembacaan Sensor Kelembaban

Penjelasan *flowchart* pada gambar 3.18 adalah sebagai berikut:

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi pada kedua sensor kelembaban tanah. Pin A0 digunakan untuk sensor kelembaban 1 dan pin A1 digunakan untuk sensor kelembaban 2.
3. Tegangan keluaran dari sensor kelembaban tanah 1 dan 2 akan diterima oleh *Arduino Mega 2560* berupa data ADC.
4. Data ADC pada sensor kelembaban 1 dan 2 yang sudah diterima oleh *Arduino Mega 2560* akan dilinearisasi dengan alat ukur kelembaban tanah dari kondisi kering sampai basah dengan nilai 0 s.d. 10 menggunakan persamaan yang tertera.

5. Data kelembaban tanah 1 dan 2 yang sudah dilinearisasi dengan nilai kelembaban tanah pada alat ukur kelembaban tanah akan ditampilkan pada LCD 4x20.

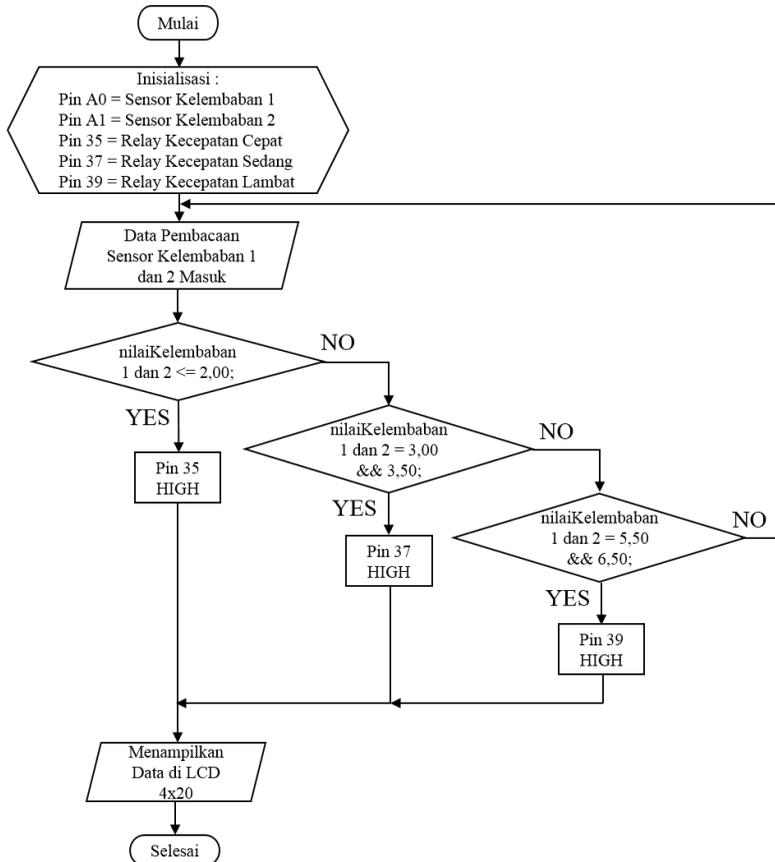
Potongan segmen program penambahan *library* dan variabel untuk sensor kelembaban tanah 1 dan 2 bisa dilihat pada lampiran potongan segmen program B1. *Library* yang digunakan untuk sensor kelembaban tanah 1 dan 2 adalah Wire dan LiquidCrystal. Pin yang digunakan untuk sensor kelembaban tanah 1 dan 2 masing-masing adalah pin A0 dan pin A1. Sedangkan untuk LCD digunakan pin 40, 42, 44, 46, 48 dan 50.

Potongan segmen program inisialisasi port dan variabel untuk sensor kelembaban tanah 1 dan 2 dapat dilihat pada lampiran potongan segmen program B2. Penambahan inisialisasi port dan variabel dituliskan pada fungsi program *void setup*. Penambahan inisialisasi port dan variabel dimaksudkan untuk mendeklarasikan pin A0 dan pin A1 sebagai port *input* sehingga sinyal *output* dari sensor kelembaban 1 dan 2 dapat dibaca oleh *Arduino Mega 2560*.

Potongan segmen program pembacaan dan linierisasi data sensor kelembaban tanah 1 dan 2 dapat dilihat pada lampiran potongan segmen program B3. Program pembacaan dan linierisasi data sensor kelembaban tanah 1 dan 2 dituliskan pada fungsi program *void loop*. Program pembacaan data sensor kelembaban tanah 1 dan 2 dimaksudkan untuk membaca sinyal *output* dari sensor kelembaban tanah 1 dan 2 berupa tegangan analog yang akan dikonversikan menjadi nilai ADC. Sedangkan untuk program linierisasi sensor kelembaban tanah 1 dan 2 dimaksudkan agar nilai ADC yang diterima oleh *Arduino Mega 2560* dapat bernilai sama seperti nilai yang ada di alat ukur kelembaban tanah. Persamaan yang ada pada linierisasi sensor kelembaban tanah 1 dan 2 didapatkan dari kalibrasi yang dilakukan menggunakan tanah dengan tingkat kelembaban yang berbeda-beda..

3.5.3 Perancangan Program Kendali Kecepatan Aliran Air

Pada perancangan program kendali kecepatan air menggunakan *BLDC motor water pump* yang diatur kecepatannya dengan memberikan 3 nilai tegangan *input* yang berbeda. Pada gambar 3.19 dibawah ini merupakan algoritma yang akan digunakan untuk kendali kecepatan aliran air.



Gambar 3.19 Flowchart Kendali Kecepatan *BLDC Motor Water Pump*

Penjelasan *flowchart* pada gambar 3.19 adalah sebagai berikut:

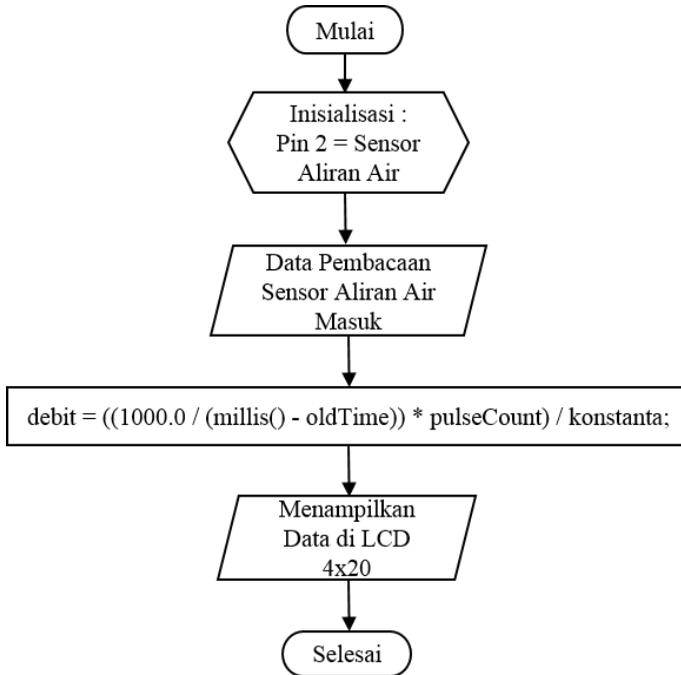
1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi pada pin A0 dan A1 untuk sensor kelembaban tanah serta pin 35, 37 dan 39 untuk *relay* yang mengatur tegangan *input* agar kecepatan *BLDC motor water pump* dapat mengalirkan air dengan nilai debit yang berbeda-beda.
3. Data pembacaan sensor kelembaban tanah 1 dan 2 masuk untuk menentukan pin yang aktif dan menyalakan pompa
4. Jika nilai kelembaban tanah 1 dan 2 kurang dari 2,00; maka pin 35 = HIGH
5. Jika nilai kelembaban tanah 1 dan 2 antara 3,00 sampai dengan 3,50; maka pin 37 = HIGH
6. Jika nilai kelembaban tanah 1 dan 2 antara 5,50 sampai dengan 6,50; maka pin 39 = HIGH
7. Jika nilai kelembaban tanah 1 dan 2 tidak sama dengan pada poin 4, 5 dan 6 maka program akan kembali ke awal
8. Data nilai kelembaban 1 dan 2 akan ditampilkan di LCD 4x20

Potongan segmen program penambahan *library* dan variabel untuk kendali kecepatan *BLDC motor water pump* bisa dilihat pada lampiran potongan segmen program B4 dan B5. *Library* yang digunakan adalah *Wire* dan *LiquidCrystal*. Kecepatan *BLDC motor water pump* dapat diatur dengan memberikan tegangan *input* mulai dari 0V sampai dengan 5V, maka untuk mengendalikan kecepatan *BLDC motor water pump* diberikan 3 nilai tegangan *input* yang berbeda-beda yang akan diberikan dengan perantara 3 buah modul *relay*. Pin yang digunakan untuk kecepatan cepat, sedang dan lambat masing-masing adalah pin 39, 37 dan 35. Sedangkan untuk LCD digunakan pin 40, 42, 44, 46, 48 dan 50.

Potongan segmen program inisialisasi port dan variabel untuk kendali kecepatan *BLDC motor water pump* dapat dilihat pada lampiran potongan segmen program B6. Penambahan inisialisasi port dan variabel dituliskan pada fungsi program *void setup*. Penambahan inisialisasi port dan variabel dimaksudkan untuk mendeklarasikan pin 39, 37 dan 35 sebagai port *output*.

3.5.4 Perancangan Program Pembacaan Sensor Aliran Air

Pada gambar 3.20 dibawah ini merupakan algoritma yang akan digunakan untuk pembacaan sensor aliran air. Pembacaan sensor aliran air dilakukan oleh *Arduino Mega 2560* yang selanjutnya data tersebut dilinierisasikan dengan debit air yang mempunyai satuan L/menit dan data debit air tersebut ditampilkan pada LCD 4x20.



Gambar 3.20 Flowchart Pembacaan Sensor Aliran Air

Penjelasan *flowchart* pada gambar 3.20 adalah sebagai berikut:

1. *Start* adalah ketika program dimulai
2. Inisialisasi pin 2 *Arduino Mega 2560* untuk pembacaan sinyal pulsa dari sensor aliran air.
3. Sinyal keluaran sensor aliran air berupa sinyal pulsa akan diterima oleh *Arduino Mega 2560*.

4. Sinyal pulsa yang sudah diterima oleh *Arduino Mega 2560* akan dilinierisasi berupa debit air dengan satuan L/menit.
5. Data debit air akan ditampilkan di LCD 4x20.

Potongan segmen program penambahan *library* dan variabel untuk sensor aliran air bisa dilihat pada lampiran potongan segmen program B7. *Library* yang digunakan untuk sensor kelembaban tanah 1 dan 2 adalah *Wire* dan *LiquidCrystal*. Pin yang digunakan untuk sensor aliran air adalah pin 2 yang termasuk pin pwm pada *Arduino Mega 2560*. Sedangkan untuk LCD digunakan pin 40, 42, 44, 46, 48 dan 50.

Potongan segmen program inisialisasi port dan variabel untuk sensor aliran air dapat dilihat pada lampiran potongan segmen program B8. Penambahan inisialisasi port dan variabel dituliskan pada fungsi program *void setup*. Penambahan inisialisasi port dan variabel dimaksudkan untuk mendeklarasikan pin 2 sebagai port *input* sehingga sinyal *output* dari sensor aliran air yang berupa sinyal pulsa dapat dibaca oleh *Arduino Mega 2560*.

Potongan segmen program pembacaan dan linierisasi data sensor aliran air dapat dilihat pada lampiran potongan segmen program B9 dan B10. Program pembacaan dan linierisasi data sensor aliran air dituliskan pada fungsi program *void loop*. Program linierisasi sensor aliran air dimaksudkan agar jumlah pulsa yang diterima oleh *Arduino Mega 2560* dapat dibaca berupa debit air dengan satuan (L/menit).

3.5.5 Perancangan Program Penjadwalan Solenoid Valve

Pada gambar 3.21 dibawah ini merupakan algoritma yang digunakan untuk penjadwalan *solenoid valve* untuk penyiraman tanaman cabai pada bedengan 1 dan 2. Penjadwalan dilakukan agar saat penyiraman dilakukan hanya bedengan 1 atau bedengan 2 saja yang *solenoid valve*-nya aktif.

Gambar 3.21 Flowchart Program Penjadwalan *Solenoid Valve*
Penjelasan *flowchart* pada gambar 3.21 adalah sebagai berikut:

1. *Start* adalah ketika program dimulai
2. Inisialisasi pin A0 dan A1 untuk sensor kelembaban tanah 1 dan 2 serta pin 31 dan 33 untuk *solenoid valve* 1 dan 2

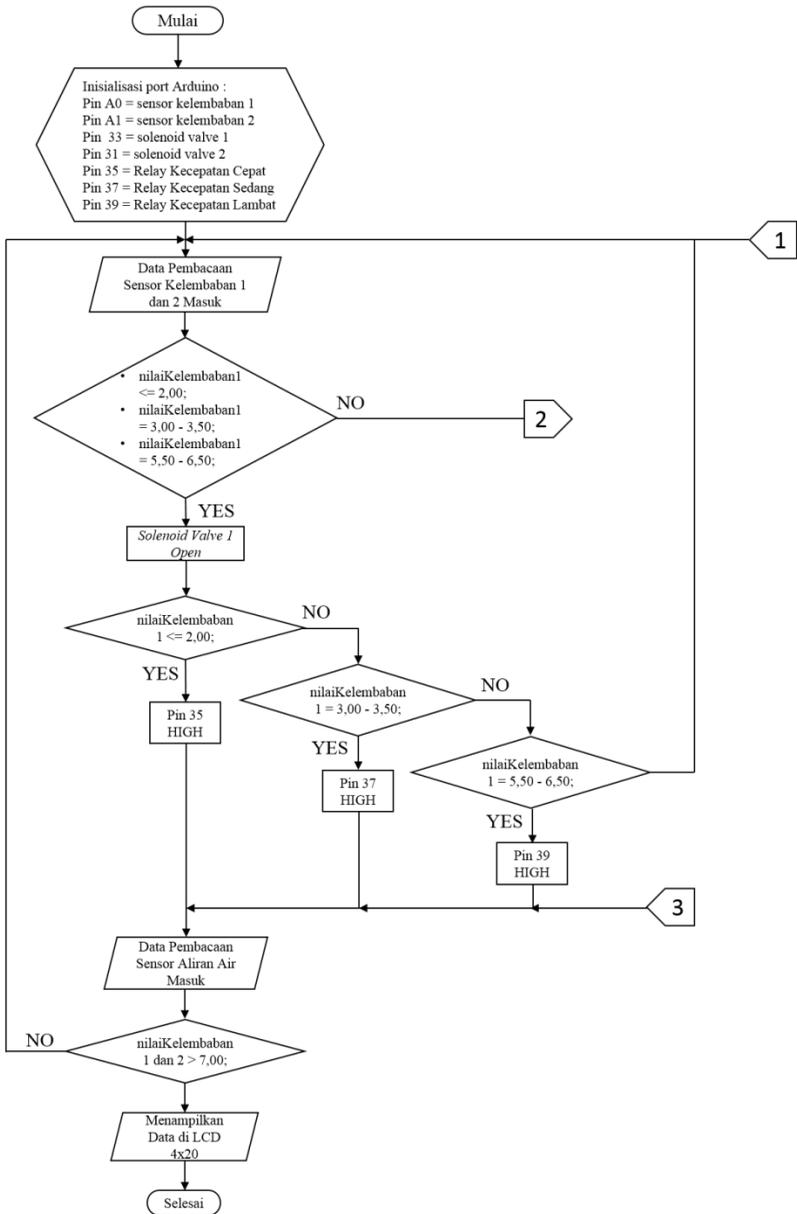
3. Data pembacaan sensor kelembaban tanah 1 dan 2 diterima oleh *Arduino Mega 2560*
4. Jika nilai kelembaban tanah 1 dan 2 kurang dari 7; maka program akan diteruskan namun jika lebih dari 7; maka akan menyalakan LED Hijau
5. Data pembacaan sensor kelembaban tanah 1 masuk
6. Jika nilai kelembaban tanah 1 sesuai dengan ketentuan yang tertera, maka *solenoid valve 1 open*
7. Jika nilai kelembaban tanah 1 tidak sesuai dengan ketentuan yang tertera, maka akan masuk pada program *solenoid valve 2*
8. Data pembacaan sensor kelembaban tanah 2 masuk
9. Jika nilai kelembaban tanah 2 sesuai dengan ketentuan yang tertera, maka *solenoid valve 2 open*
10. Jika nilai kelembaban tanah 2 tidak sesuai dengan ketentuan yang tertera, maka program akan kembali ke awal
11. Data kelembaban tanah 1 dan 2 akan ditampilkan pada LCD 4x20

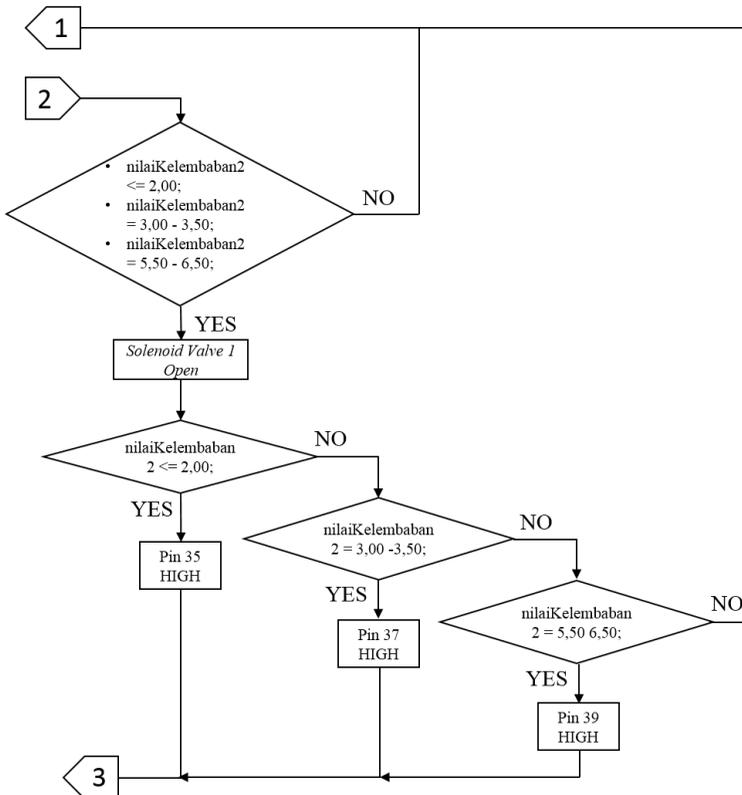
Potongan segmen program penambahan *library* dan variabel untuk penjadwalan penyiraman oleh *solenoid valve 1* dan *2* bisa dilihat pada lampiran potongan segmen program B11. *Library* yang digunakan adalah *Wire* dan *LiquidCrystal*. Pin yang digunakan untuk *solenoid valve 1* dan *2* masing-masing adalah pin 31 dan 33. Sedangkan untuk LCD digunakan pin 40, 42, 44, 46, 48 dan 50.

Potongan segmen program inisialisasi port dan variabel untuk penjadwalan penyiraman oleh *solenoid valve 1* dan *2* dapat dilihat pada lampiran potongan segmen program B12. Penambahan inisialisasi port dan variabel dituliskan pada fungsi program *void setup*.

3.5.6 Perancangan Program Keseluruhan

Pada gambar 3.22 menunjukkan perancangan program untuk keseluruhan sistem yang digunakan. Perancangan program keseluruhan ini mencakup perancangan program mulai dari poin 3.4.1 sampai dengan poin 3.5.5. Penjelasan program keseluruhan dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini:





Gambar 3.22 Flowchart Program Keseluruhan

Penjelasan *flowchart* pada gambar 3.22 adalah sebagai berikut:

1. Start adalah ketika program dimulai
2. Inisialisasi port ADC sebagai pembacaan sensor kelembaban tanah pada A0 untuk sensor kelembaban tanah 1 dan A1 untuk sensor kelembaban tanah 2
3. Data pembacaan sensor kelembaban tanah 1 dan 2 masuk ke *Arduino Mega 2560*
4. Jika nilai kelembaban tanah 1 sesuai dengan ketentuan yang tertera, maka *solenoid valve* 1 aktif
5. Jika tidak, maka akan diteruskan ke bedengan 2 (*solenoid valve* 2)

6. Jika *solenoid valve* 1 aktif maka data pembacaan sensor kelembaban 1 masuk
7. Jika nilai kelembaban tanah 1 kurang dari 2,00; maka pin 35 = HIGH
8. Jika nilai kelembaban tanah 1 antara 3,00 sampai dengan 3,50; maka pin 37 = HIGH
9. Jika nilai kelembaban tanah 1 antara 5,50 sampai dengan 6,50; maka pin 39 = HIGH
10. Jika nilai kelembaban tanah 1 tidak sesuai dengan ketentuan yang tertera, maka program akan kembali ke awal
11. Jika *solenoid valve* 2 aktif maka data pembacaan sensor kelembaban 2 masuk
12. Jika nilai kelembaban tanah 2 kurang dari 2,00; maka pin 35 = HIGH
13. Jika nilai kelembaban tanah 2 antara 3,00 sampai dengan 3,50; maka pin 37 = HIGH
14. Jika nilai kelembaban tanah 2 antara 5,50 sampai dengan 6,50; maka pin 39 = HIGH
15. Jika nilai kelembaban tanah 2 tidak sesuai dengan ketentuan yang tertera, maka program akan kembali ke awal
16. Jika nilai kelembaban 1 dan 2 sudah sesuai dengan yang diinginkan maka program selesai
17. Jika nilai nilai kelembaban 1 dan 2 belum sesuai maka program akan kembali ke awal

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

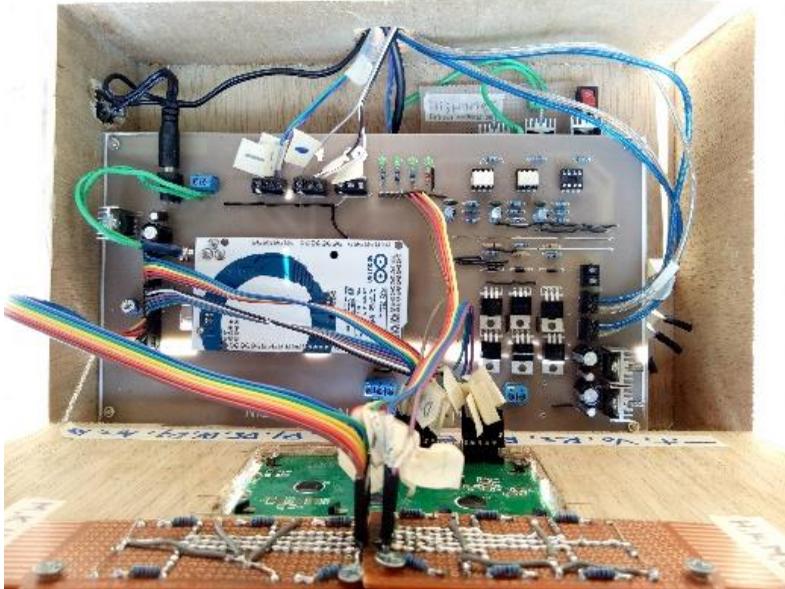
Pada bab ini membahas tentang pengukuran dan analisa sistem yang telah dibuat. Pengujian sistem yang dilakukan merupakan pengujian terhadap perangkat keras dan perangkat lunak dari sistem secara keseluruhan yang telah selesai dibuat untuk memastikan agar komponen-komponen sistem yang akan digunakan dapat berfungsi dengan baik sehingga akan bekerja secara optimal. Pengujian dan analisa pada sistem Kendali Aliran Air *BLDC Motor Water Pump* pada tanaman cabai dalam *greenhouse* meliputi :

1. Pengujian Sensor Kelembaban Tanah
2. Pengujian Sensor Aliran Air
3. Pengujian *BLDC Motor Water Pump*
4. Pengujian *Solenoid Valve*
5. Pengujian Keseluruhan Sistem



Gambar 4.1 Hasil Implementasi Kendali Aliran Air *BLDC Motor Water Pump*

Pada gambar 4.1 merupakan hasil implementasi kendali aliran air *BLDC* motor *water pump* yang sudah diuji coba di Nganjuk. Sistem ini dilengkapi oleh tendon penyimpanan air berkapasitas 30L untuk penyiraman tanaman cabai dalam *greenhouse*.



Gambar 4.2 Rangkaian Kendali Aliran Air *BLDC* Motor *Water Pump* pada Tanaman Cabai dalam *Greenhouse*

Gambar 4.2 merupakan rangkaian yang digunakan untuk kendali aliran air *BLDC* motor *water pump* pada tanaman cabai dalam *greenhouse*.



Gambar 4.3 Pipa Penyiraman Tanaman Cabai dalam *Greenhouse*

Gambar 4.3 merupakan pipa saluran penyiraman tanaman cabai dalam *greenhouse*. Pipa yang digunakan berukuran $\frac{1}{2}$ ".

4.1 Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Sensor kelembaban tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu *Soil Moisture Sensor V1.2* yang mempunyai 3 pin yaitu VCC, Sinyal dan GND. Untuk mengetahui sensor kelembaban tanah ini dapat bekerja dengan baik, maka pada masing-masing pin dihubungkan ke pin 5+V, *analog input* dan GND pada *Arduino Mege 2560*.

Langkah pertama untuk prngujian adalah *upload* program pembacaan ADC dari tegangan analog DC menjadi data 8 bit dari *software Arduino IDE* yang ada di laptop ke perangkat keras *Arduino Mega 2560*. Setelah program di *upload*, sensor kelembaban diberikan 6 jenis tanah dengan tingkat kelembaban yang berbeda-beda. Mengukur tingkat kelembaban tanah dengan alat ukur kelembaban tanah yang akan dibandingkan dengan hasil pembacaan oleh sensor kelembaban tanah.

Sebelum sensor kelembaban tanah digunakan pada sistem kendali aliran air *BLDC motor water pump*, alangkah baiknya sensor kelembaban tanah harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan alat ukur kelembaban tanah yang sudah ada agar nilai kelembaban tanah dari sensor dapat bekerja secara maksimal. Kalibrasi sensor kelembaban tanah ini dilakukan dengan mengambil sembilan *sample* tanah dengan kelembaban yang berbeda-beda, kemudian nilai dari alat ukur kelembaban tanah akan dibandingkan dengan tegangan *output* yang dikonversikan menjadi nilai ADC yang ditampilkan pada LCD 20x4.



Gambar 4.4 Pengujian Sensor Kelembaban Tanah 1 dan 2

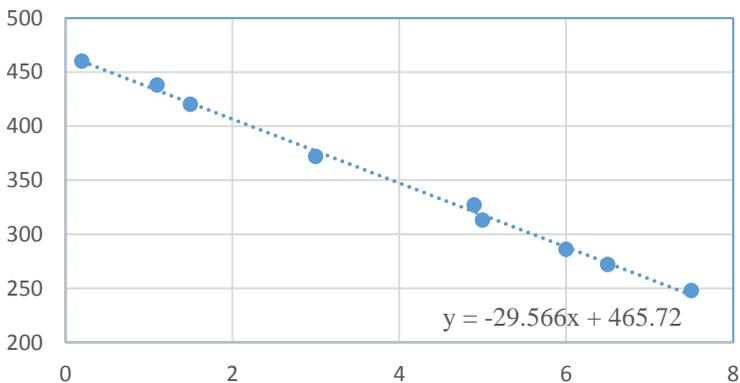
Gambar 4.4 merupakan pengujian sensor kelembaban tanah 1 dan 2. Alat ukur kelembaban tanah diletakkan diantaran sensor kelembaban 1 dan 2 agar mendapatkan nilai yang sama pada ketiganya.

Pengujian sensor kelembaban tanah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berapa tegangan *output* yang dikonversikan menjadi nilai ADC. Pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Data Perbandingan Nilai Kelembaban Tanah pada Alat Ukur dengan Sensor Kelembaban Tanah 1

Nilai Kelembaban Tanah dari Alat Ukur	ADC
0.2	460
1.1	438
1.5	420
3	372
4.9	327
5	313
6	286
6.5	272
7.5	248

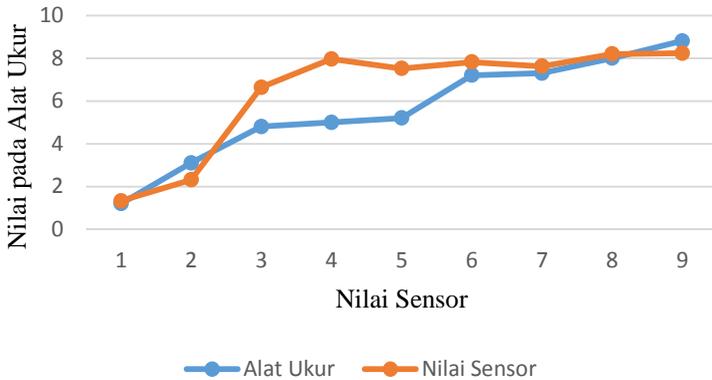
Dari data hasil pengujian diatas dilakukan pendekatan *polynomial* untuk didapatkan rumus persamaan dari sensor kelembaban tanah 1.



Gambar 4.5 Grafik Uji Sensor Kelembaban Tanah 1 dengan Pendekatan *Polynomial*

Grafik pengujian sensor kelembaban tanah 1 dengan pendekatan *polynomial* yang ditunjukkan pada gambar 4.5. Dari grafik

diatas dapat dikatakan bahwa pada sensor kelembaban tanah 1, semakin lembab kondisi tanah maka nilai tegangan *output* akan semakin kecil yang ditunjukkan oleh nilai ADC yang semakin sedikit dan semakin kering kondisi tanah maka nilai tegangan *output* juga akan semakin besar yang ditunjukkan oleh nilai ADC yang semakin banyak.



Gambar 4.6 Grafik Tingkat Kelembaban Tanah 1

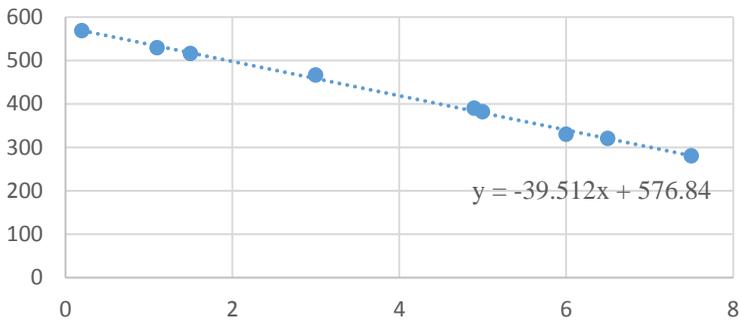
Dari gambar 4.6 dapat dilihat perbedaan antara nilai kelembaban tanah dari alat ukur dengan sensor kelembaban tanah pertama yang sudah dikalibrasi. Perbedaan nilai yang terjadi karena jika semakin dalam memasukkan sensor kelembaban maupun alat ukur kelembaban ke dalam tanah, maka nilai yang akan terbaca juga akan semakin besar.

Tabel 4.2 Data Perbandingan Nilai Kelembaban Tanah pada Alat Ukur dengan Sensor Kelembaban Tanah 2

Nilai Kelembaban Tanah dari Alat Ukur	ADC
0.2	568
1.1	529
1.5	516
3	466

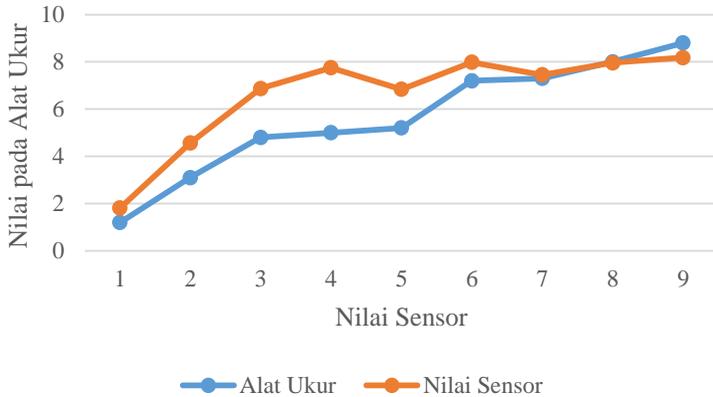
4.9	390
5	382
6	330
6.5	320
7.5	280

Dari data hasil pengujian pada tabel 4.2 akan dilakukan pendekatan *polynomial* untuk mendapatkan rumus persamaan garis dari sensor kelembaban tanah 2.



Gambar 4.7 Grafik Uji Sensor Kelembaban Tanah 2 dengan Pendekatan *Polynomial*

Grafik pengujian sensor kelembaban tanah 2 dengan pendekatan *polynomial* yang ditunjukkan pada gambar 4.7. Dari grafik diatas dapat dikatakan bahwa pada sensor kelembaban tanah 2, semakin lembab kondisi tanah maka nilai tegangan *output* akan semakin kecil yang ditunjukkan oleh nilai ADC yang semakin sedikit dan semakin kering kondisi tanah maka nilai tegangan *output* juga akan semakin besar yang ditunjukkan oleh nilai ADC yang semakin banyak.



Gambar 4.8 Grafik Tingkat Kelembaban Tanah 2

Dapat gambar 4.8 dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi tingkat kelembaban maka tegangan keluaran sensor semakin kecil. Namun terjadi perbedaan antaran nilai kelembaban tanah yang tampil di LCD dengan nilai kelembaban tanah pada alat ukur, hal ini disebabkan kurang bagusnya kalibrasi sensor yang dilakukan.

Perbedaan nilai kelembaban antara alat ukur dengan sensor yang terjadi karena semakin dalam memasukkan sensor kelembaban maupun alat ukur kelembaban ke dalam tanah, maka nilai yang akan terbaca juga akan semakin besar.

4.2 Pengujian Sensor Aliran Air

Sensor kelembaban tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu bertipe YF-B1 yang mempunyai 3 pin yaitu VCC, Sinyal dan GND. Untuk mengetahui sensor aliran ini dapat bekerja dengan baik, maka pada masing-masing pin dihubungkan ke pin 5+V, *digital input* dan GND pada *Arduino Mege 2560*.



Gambar 4.9 Pengujian *Water Flow Sensor*

Pada gambar 4.9 merupakan pengujian *water flow sensor* yang dilakukan didalam *greenhouse*. Pengujian sensor ini juga menggunakan *sprinkle* agar bisa tahu bagaimana respon *water flow sensor* jika digunakan *sprinkle* sebagai bebannya.

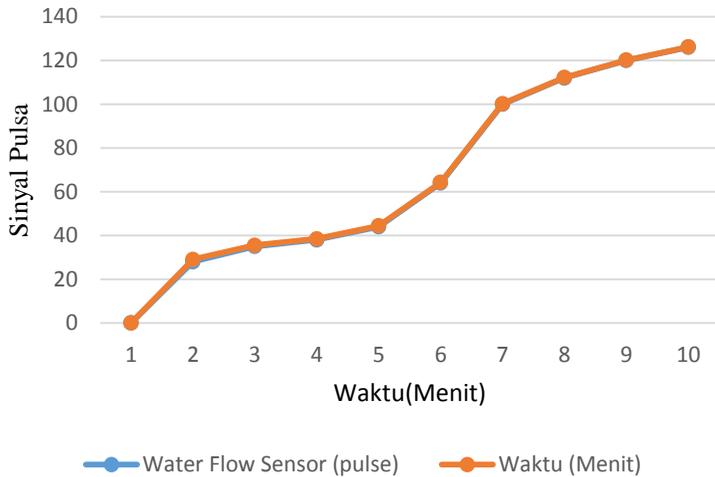
Langkah pertama untuk prngujian adalah *upload* program pembacaan pulsa dari *software Arduino IDE* yang ada di laptop ke perangkat keras *Arduino Mega 2560*. Setelah program di *upload*, sensor aliran air diberikan aliran air dari *BLDC Motor Water Pump*.

Sebelum digunakan dalam sistem kontrol laju alir, sensor *water flow* hendaknya dikalibrasi terlebih dahulu, supaya sistem dapat bekerja secara maksimal. Kalibrasi merupakan suatu proses pengecekan dan pengaturan ketepatan dari sebuah alat ukur dengan cara membandingkannya dengan standar/tolak ukur. Pengkalibrasian sensor *water flow* dilakukan dengan cara mengalirkan air (per 3 liter) melewati sensor *water flow*, kemudian mencatat waktu nya ketika diberi tegangan *input* yang diubah-ubah.

Tabel 4.3 Sensor Aliran Air

Tegangan Input (V)	Volume (L)	Waktu (Menit)	Debit Air (L/menit)	Water Flow Sensor (pulse)
0	3	0	0	0
0.52	3	1.08	2	28
0.81	3	0.54	3	35
0.9	3	0.49	3	38
1.07	3	0.45	4	44
1.54	3	0.29	6	64
2.94	3	0.22	9	100
3.43	3	0.19	11	112
3.98	3	0.17	12	120
4.49	3	0.16	12	126

Pada tabel 4.3 dapat dilihat bahwa pada data karakterisasi *water flow sensor* didapatkan nilai debit air yang terus bertambah ketika nilai tegangan *input* juga ditambah. Keadaan ini mengindikasikan bahwa semakin besar nilai tegangan *input*, maka kecepatan motor akan semakin besar, sehingga nilai debit air yang terbaca juga semakin besar. Dari data hasil pengujian diatas dilakukan pendekatan *polynomial* untuk didapatkan rumus persamaan dari sensor *water flow*. Grafik pengujian *water flow sensor* dengan pendekatan *polynomial* ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Pengujian Water Flow Sensor dengan Pendekatan *Polynomial*

4.3 Pengujian BLDC Motor Water Pump

Pengujian *BLDC Motor Water Pump* digunakan untuk mengetahui debit air yang dihasilkan dengan *input* 3 tegangan yang berbeda-beda yang ditunjukkan pada tabel 4.4 dibawah ini:

Tabel 4.4 Sensor Aliran Air

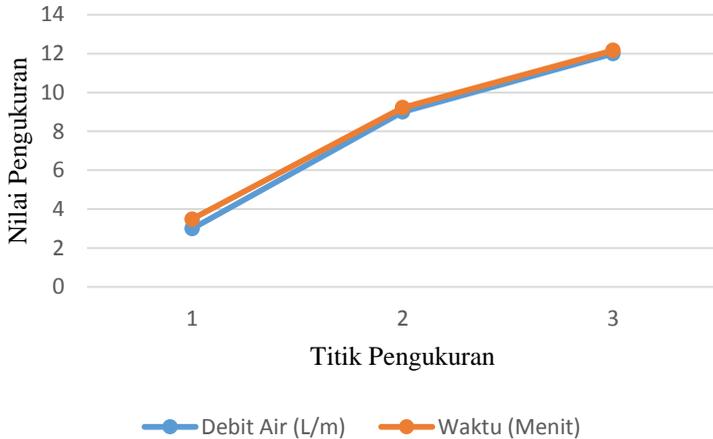
Tegangan <i>Input</i> (V)	Debit Air (L/menit)	Waktu (Menit)
0.9	3	0.49
2.94	9	0.22
4.49	12	0.16



Gambar 4.11 Pengujian *BLDC Motor Water Pump*

Pada gambar 4.11 merupakan pengujian *BLDC motor water pump* yang diiringi dengan penggunaan *sprinkle* sebagai beban untuk mengetahui respon dari *BLDC motor wataer pump* jika menggunakan *sprinkle*.

Dari tabel 4.4 dapat dibuat grafik untuk mengetahui respon motor terhadap tegangan *input* yang diberikan. Berikut merupakan grafik respon motor terhadap tegangan *input* yang diberikan:



Gambar 4.12 Grafik Respon *BLDC Motor Water Pump* Terhadap Tegangan Input

Pada grafik 4.12 menunjukkan bahwa respon *BLDC motor water pump* terhadap tegangan *input* berbanding lurus. Semakin besar tegangan *input*, maka putaran motor juga semakin cepat. Hal ini ditunjukkan oleh debit air yang semakin naik/turun jika tegangan *input* dinaikkan/diturunkan.

4.4 Pengujian Solenoid Valve

Tahap pertama pengujian *solenoid valve* adalah menggunakan tegangan 12V yang dihubungkan ke kedua pin *solenoid valve*. Selanjutnya kedua pin tersebut dihubungkan ke pin NO dari *relay* 5V. Pada *relay* terdapat juga 3 pin yaitu VCC, Sinyal dan GND. Pada masing-masing pin dihubungkan ke 5+V, *digital output* dan GND.

Pada tahap selanjutnya, *solenoid valve* akan bekerja berdasarkan tingkat kelembaban pada masing-masing bedengan. Jika salah satu dari *solenoid valve* aktif, maka *solenoid valve* yang lain tidak akan bisa aktif sebelum tingkat kelembaban pada *solenoid valve* yang aktif dapat tercapai. Berikut ini merupakan nilai kelembaban yang akan membuat *solenoid valve* pada masing-masing bedengan aktif:

Tabel 4.4 Penjadwalan *Solenoid Valve* 1 dan 2

Nilai Kelembaban Tanah	Kondisi Tanah	Kondisi <i>Solenoid Valve</i>
$\leq 2,00$	Kering	Aktif
3,00 s.d. 3,50	Normal	Aktif
5,50 s.d. 6,50	Lembab	Aktif

Pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai kelembaban tanah tertentu akan membuat *solenoid valve* aktif, hal ini berarti tidak setiap kondisi kering saja penyiraman dilakukan, ada kalanya penyiraman dilakukan saat kondisi tanah normal sampai lembab. Ini dilakukan untuk menjaga kelembaban tanah agar tanaman cabai dapat tumbuh dengan maksimal.

4.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini berfungsi untuk melihat respon kecepatan *BLDC motor water pump* terhadap sensor kelembaban tanah yang memberikan informasi kelembaban tanah pada masing-masing bedengan. Selain itu juga untuk melihat respon koordinasi *solenoid valve* terhadap masing-masing bedengan.



Gambar 4.13 Pengujian Keseluruhan dalam *Greenhouse* di Nganjuk

Pada gambar 4.13 merupakan pengujian keseluruhan dalam *greenhouse* di Nganjuk. Penggunaan *photovoltaic* sebagai sumber tenaga yang akan disimpan di *accu* kering 12V untuk seluruh sistem kendali aliran air *BLDC* motor *water pump* untuk tanaman cabai dalam *greenhouse*.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Keseluruhan pada Bedengan 1

Sensor Kelembaban Tanah 1	Solenoid Valve 1	Debit Air (L/menit)	Waktu (Menit)	Volume (L)
1.33	Aktif	12	1.24	14.88
3.08	Aktif	9	1.36	12.24
5.85	Aktif	3	2.13	6.39
2.71	Non-aktif	0	0	0
4.43	Non-aktif	0	0	0
7.3	Non-aktif	0	0	0

Pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa pompa motor dan *solenoid valve* 1 akan aktif saat tingkat kelembaban tanah 1 seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4 terpenuhi.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Keseluruhan pada Bedengan 2

Sensor Kelembaban Tanah 2	Solenoid Valve 2	Debit Air (L/menit)	Waktu (Menit)	Volume (L)
1.81	Aktif	12	1.25	15
3.43	Aktif	9	1.32	11.88
5.54	Aktif	3	2.19	6.57
2.82	Non-aktif	0	0	0
4.56	Non-aktif	0	0	0
7.75	Non-aktif	0	0	0

Pada tabel 4.6 juga menunjukkan bahwa pompa motor dan *solenoid valve* 2 akan aktif jika tingkat kelembaban tanah 2 seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4 terpenuhi.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB V

PENUTUP

Setelah melakukan perancangan sistem serta pengujian dan analisa, maka dapat diambil kesimpulan dan saran dari kegiatan yang telah dilakukan untuk pengembangan Tugas Akhir ini.

5.1 Kesimpulan

Dari tahapan secara keseluruhan yang sudah dilaksanakan pada penyusunan Tugas Akhir ini mulai dari studi literatur, perancangan dan pembuatan sampai dengan pengujian sistem, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Penyiraman dilakukan jika kondisi kelembaban tanah kering, sedang dan basah yang masing-masing bernilai $\leq 2,00$; antara 3,00 sampai dengan 3,50; dan antara 5,50 sampai dengan 6,50.
2. Jika nilai kelembaban tanah 1 sesuai dengan poin kesimpulan 1, maka *solenoid valve* 1 aktif. *Solenoid valve* 2 tidak aktif selama *solenoid valve* 1 masih aktif meskipun kondisi kelembaban pada bedengan 2 sesuai dengan poin kesimpulan 1.
3. Debit air yang keluar jika kondisi kelembaban tanah kering adalah 12L/menit, pada kondisi kelembaban tanah sedang adalah 9L/menit dan pada kondisi kelembaban tanah lembab 3L/menit.
4. Pompa akan mati jika nilai kelembaban tanah lebih dari 7,00.
5. Nilai kelembaban tanah 1 dan 2 kurang dari 2,00 maka debit air yang akan dikeluarkan adalah 12L/menit selama 1 menit 25 detik sampai nilai kelembaban tanah 1 dan 2 bernilai lebih dari 7,00. Nilai kelembaban tanah 1 dan 2 antara 3,00 sampai dengan 3,50 maka debit air yang akan dikeluarkan adalah 9L/menit selama 1 menit 32 detik sampai nilai kelembaban tanah 1 dan 2 bernilai 7,00. Dan nilai kelembaban 1 dan 2 bernilai antara 5,50 sampai dengan 6,50 akan mengeluarkan debit air 3L/menit selama 2 menit 19 detik sampai nilai kelembaban 1 dan 2 bernilai lebih dari 7,00.

5.2 Saran

Untuk lebih memperbaiki dan menyempurnakan kinerja dari alat ini, maka perlu disarankan antara lain:

1. Penggunaan metode *Fuzzy* atau PID untuk mengontrol debit air agar dapat memenuhi kebutuhan tanaman cabai.
2. *Monitoring* perlu dilakukan untuk mengoptimaslisasi penyiraman.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Moekasan, K Tonny dkk. 2014. ‘Panduan Praktis Budidaya Cabai Merah’. Penebar Swadaya. Jakarta.
- [2] Datasheet *Arduino Mega 2560*
- [3] Rafiuddin Syam, PhD. Dasar-dasar Teknik Sensor.
- [4] A. Suharjono, L. N. Rahayu, and R. Aofwah, “Aplikasi Sensor Flow Water Untuk Mengukur Penggunaan Air Pelanggan Secara Digital Serta Pengiriman Data Secara Otomatis Pada PDAM Kota Semarang,” *J. TELE*, vol. 13 No 1, pp. 7–12, Mar. 2015.
- [5] R. A. W. Putra, E. Firmansyah, and F. D. Wijaya, “Metode Six Step Comutation pada Perancangan Rangkaian Kendali Sensored Motor Brushless Direct Current,” *J. Penelit. Tek. Elektro Dan Teknol. Inf.*, vol. 1 Nomor 1, pp. 46–50, Apr. 2014.
- [6] M. Dzulkifli S., M. Rivai, and S. Suwito, “Rancang Bangun Sistem Irigasi Tanaman Otomatis Menggunakan Wireless Sensor Network,” vol. 5, Jan. 2016.
- [7] E. B. Sasongko, E. Widyastuti, and R. E. Priyono, “Kajian Kualitas Air Dan Penggunaan Sumur Gali Oleh Masyarakat Di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap,” *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 12, no. 2: 72-82 (2014), pp. 73–82, Oktober 2014.
- [8] Wardani, Nila dan Purwanta, Jamhari Hadi. 2008. ‘Teknologi Budidaya Cabai Merah’. Agro Inovasi. Bogor.
- [9] Iwan Setiawan, S.T., M.T. Sensor dan Tranducer.
- [10] P. Wulandari, “Rancang Bangun Prototipe Sistem Pompa Air Mengambang Bertenaga Surya Untuk Irigasi Tanaman,” *J. Tek. Elektro UMS*, p. 17, Jul. 2017.
- [11] “Perbedaan BLDC dan Brushed DC pada Kendaraan Listrik.” .

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

LAMPIRAN A
TABEL HASIL PENGUJIAN

Tabel A1 Hasil Pengujian Sensor Kelembaban Tanah 1

Nilai pada Alat Ukur	Nilai pada Sensor Kelembaban Tanah	Error (%)
1.2	1.33	9.77
3.1	2.31	34.19
4.8	6.64	27.71
5	7.96	37.18
5.2	7.52	30.85
7.1	7.32	3.00
7.2	7.82	7.92
7.3	7.62	4.19
8	8.19	2.31
8.8	8.23	6.92

Tabel A2 Hasil Pengujian Sensor Kelembaban Tanah 2

Nilai pada Alat Ukur	Nilai pada Sensor Kelembaban Tanah	Error (%)
1.2	1.81	33.70
3.1	4.56	32.01
4.8	6.87	30.13
5	7.75	35.48
5.2	6.84	23.97
7.1	7.35	3.401
7.2	7.98	9.77
7.3	7.45	2.01
8	7.96	0.50
8.8	8.18	7.57

Tabel A3 Hasil Pengujian Sensor Aliran Air

Tegangan Input (V)	Volume (L)	Waktu (Menit)	Debit Air (L/menit)
0	3	0	0

0.52	3	1.08	2
0.81	3	0.54	3
0.9	3	0.49	3
1.07	3	0.45	4
1.54	3	0.29	6
2.94	3	0.22	9
3.43	3	0.19	11
3.98	3	0.17	12
4.49	3	0.16	12

Tabel A4 Hasil Pengujian Sensor Aliran Air

Tegangan <i>Input</i> (V)	Volume (L)	Debit Air (L/menit)	Waktu (s)
0.89	3	3	49.67
2.89	3	9	22.63
4.89	3	12	16.78

LAMPIRAN B POTONGAN SEGMENT PROGRAM

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(40, 42, 44, 46, 48, 50); //RS, E, D4, D3, D2, D1

const int s_kelembaban1 = A0;
const int s_kelembaban2 = A1;

int nilaiBit1 = 0;
int nilaiBit2 = 0;

float nilaiKelembaban1 = 0;
float nilaiKelembaban2 = 0;
```

Gambar B1 Penambahan Library dan Variabel untuk Pembacaan Sensor Kelembaban Tanah

```
const int s_kelembaban1 = A0;
const int s_kelembaban2 = A1;

void setup() {
  pinMode(s_kelembaban1, INPUT);
  pinMode(s_kelembaban2, INPUT);
```

Gambar B2 Inisialisasi Port dan Variabel Sensor Kelembaban Tanah

```
void loop() {
  //Pembacaan ADC
  nilaiBit1 = analogRead(s_kelembaban1);
  nilaiBit2 = analogRead(s_kelembaban2);

  //Linearisasi Sensor Kelembaban Tanah
  nilaiKelembaban1 = ((462.79 - nilaiBit1)/27.883);
  nilaiKelembaban2 = ((531.05 - nilaiBit2)/34.645);
```

Gambar B3 Pembacaan dan Linierisasi Data Sensor Kelembaban Tanah

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(40, 42, 44, 46, 48, 50); //RS, E, D4, D3, D2, D1
```

Gambar B4 Penambahan *Library*

```
int kec_MCepat = 39;
int kec_MSedang = 37;
int kec_MLambat = 35;
```

Gambar B5 Penambahan Variabel sebagai Pin

```
pinMode(kec_MCepat, OUTPUT);
pinMode(kec_MSedang, OUTPUT);
pinMode(kec_MLambat, OUTPUT);
```

Gambar B6 Pendeklarasian Variabel sebagai Output

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(40,42,44,46,48,50); //RS,E,D4,D3,D2,D1

byte sensorInt = 0;
byte flowsensor = 2;
float konstanta = 10; //konstanta flow meter
volatile byte pulseCount;
float debit;
unsigned int flowmlt;
unsigned long totalmlt;
unsigned long oldTime;
```

Gambar B7 Penambahan Library dan Variabel untuk Pembacaan Sensor Aliran Air

```
void setup(){
  pinMode(flowsensor, INPUT);

  digitalWrite(flowsensor, HIGH);
  pulseCount = 0;
  debit = 0.0;
  flowmlt = 0;
  totalmlt = 0;
  oldTime = 0;
  attachInterrupt(sensorInt, pulseCounter, FALLING);
```

Gambar B8 Inisialisasi Port dan Variabel Sensor Aliran Air

```

pulseCount = 0;
attachInterrupt(sensorInt, pulseCounter, FALLING);
}
}

void pulseCounter() {
pulseCount++;
}

```

Gambar B9 Pembacaan Sinyal Pulsa Sensor Aliran Air

```

if((millis() - oldTime) > 1000){
detachInterrupt(sensorInt);

//LINEARISASI SENSOR ALIRAN AIR
debit = ((1000.0 / (millis() - oldTime)) * pulseCount) / konstanta;
oldTime = millis();

//MENETUKAN DEBIT AIR YANG KELUAR
flowmlt = (debit / 60) * 1000;
totalmlt += flowmlt;
unsigned int frac;

```

Gambar B10 Linierisasi Sensor Aliran Air

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(40, 42, 44, 46, 48, 50); //RS, E, D4, D3, D2, D1

const int s_kelembaban1 = A0;
const int s_kelembaban2 = A1;
int nilaiBit1 = 0;
int nilaiBit2 = 0;
float nilaiKelembaban1 = 0;
float nilaiKelembaban2 = 0;

int SV_1 = 33; //Asli 22
int SV_2 = 31; //Asli 24

```

Gambar B11 Library dan Variabel Program Penjadwalan *Solenoid Valve*

```
pinMode(SV_1, OUTPUT);  
pinMode(SV_2, OUTPUT);
```

Gambar B12 Inisialisasi *Port Solenoid Valve*

LAMPIRAN C PROGRAM

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(40,42,44,46,48,50); //RS,E,D4,D3,D2,D1

const int s_kelembaban1 = A0;
const int s_kelembaban2 = A1;
const int s_kelembaban3 = A2;
int nilaiBit1 = 0;
int nilaiBit2 = 0;
int nilaiBit3 = 0;
float nilaiKelembaban1 = 0;
float nilaiKelembaban2 = 0;
float nilaiKelembaban3 = 0;

byte sensorInt = 0;
byte flowsensor = 2;
float konstanta = 10; //konstanta flow meter
volatile byte pulseCount;
float debit;
unsigned int flowmlt;
unsigned long totalmlt;
unsigned long oldTime;

int SV_1 = 33;
int SV_2 = 31;

int kec_MCepat = 39;
int kec_MSedang = 37;
int kec_MLambat = 35;

void setup(){
  pinMode(s_kelembaban1, INPUT);
  pinMode(s_kelembaban2, INPUT);
  pinMode(s_kelembaban3, INPUT);
  pinMode(flowsensor, INPUT);
```

```

digitalWrite(flowsensor, HIGH);
pulseCount = 0;
debit = 0.0;
flowmlt = 0;
totalmlt = 0;
oldTime = 0;
attachInterrupt(sensorInt, pulseCounter, FALLING);

pinMode(SV_1, OUTPUT);
pinMode(SV_2, OUTPUT);
pinMode(kec_MCepat, OUTPUT);
pinMode(kec_MSedang, OUTPUT);
pinMode(kec_MLambat, OUTPUT);

Serial.begin(9600);

lcd.begin(20, 4);
lcd.setCursor(4, 0);
lcd.print("BRILIAN R.N");
lcd.setCursor(3, 1);
lcd.print("Petani Modern");
lcd.setCursor(3, 2);
lcd.print("Inisialisasi");
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("S. Kelembaban Tanah");
delay(5000);
}

void loop(){
  nilaiBit1 = analogRead(s_kelembaban1);
  nilaiBit2 = analogRead(s_kelembaban2);
  nilaiKelembaban1 = ((462.79 - nilaiBit1)/27.883);
  nilaiKelembaban2 = ((531.05 - nilaiBit2)/34.645);

  if((millis() - oldTime) > 1000){
    detachInterrupt(sensorInt);
    debit = ((1000.0 / (millis() - oldTime)) * pulseCount) /
konstanta;

```

```

oldTime = millis();
flowmlt = (debit / 60) * 1000;
totalmlt += flowmlt;
unsigned int frac;

lcd.clear();
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print("COBA SEMUA SENSOR");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Kelembaban & Aliran:");

if(nilaiBit1 >= 460){
  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("0.00");
}
else{
  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print(nilaiKelembaban1);
}
if(nilaiBit2 >= 530){
  lcd.setCursor(7, 2);
  lcd.print("0.00");
}
else{
  lcd.setCursor(7, 2);
  lcd.print(nilaiKelembaban2);
}

//BEDENGAN PERTAMA & KEDUA kondisi KERING
if(nilaiKelembaban1 <= 1){
  digitalWrite(kec_MCepat, LOW);
  digitalWrite(kec_MSedang, HIGH);
  digitalWrite(kec_MLambat, HIGH);
  digitalWrite(SV_1, HIGH);
  digitalWrite(SV_2, LOW);
  delay(nilaiKelembaban1 >= 5);
}

else if(nilaiKelembaban2 <= 2){

```

```

digitalWrite(kec_MCepat, LOW);
digitalWrite(kec_MSedang, HIGH);
digitalWrite(kec_MLambat, HIGH);
digitalWrite(SV_1, LOW);
digitalWrite(SV_2, HIGH);
delay(nilaiKelembaban2 >= 6);
}

//BEDENGAN PERTAMA & KEDUA kondisi NORMAL
else if(nilaiKelembaban1 >= 1.50 && nilaiKelembaban1 <=
2.00){
digitalWrite(kec_MCepat, HIGH);
digitalWrite(kec_MSedang, LOW);
digitalWrite(kec_MLambat, HIGH);
digitalWrite(SV_1, HIGH);
digitalWrite(SV_2, LOW);
delay(nilaiKelembaban1 >= 5);
}

else if(nilaiKelembaban2 >= 1.50 && nilaiKelembaban2 <=
2.00){
digitalWrite(kec_MCepat, HIGH);
digitalWrite(kec_MSedang, LOW);
digitalWrite(kec_MLambat, HIGH);
digitalWrite(SV_1, LOW);
digitalWrite(SV_2, HIGH);
delay(nilaiKelembaban2 >= 6);
}

//BEDENGAN PERTAMA & KEDUA kondisi LEMBAB
else if(nilaiKelembaban1 >= 2.50 && nilaiKelembaban1 <=
3.00){
digitalWrite(kec_MCepat, HIGH);
digitalWrite(kec_MSedang, HIGH);
digitalWrite(kec_MLambat, LOW);
digitalWrite(SV_1, HIGH);
digitalWrite(SV_2, LOW);
delay(nilaiKelembaban1 >= 5);
}

```

```

else if(nilaiKelembaban2 >= 2.50 && nilaiKelembaban2 <=
3.00){
    digitalWrite(kec_MCepat, HIGH);
    digitalWrite(kec_MSedang, HIGH);
    digitalWrite(kec_MLambat, LOW);
    digitalWrite(SV_1, LOW);
    digitalWrite(SV_2, HIGH);
    delay(nilaiKelembaban2 >= 6);
}

else{
    digitalWrite(SV_1, LOW);
    digitalWrite(SV_2, LOW);
    digitalWrite(kec_MCepat, HIGH);
    digitalWrite(kec_MSedang, HIGH);
    digitalWrite(kec_MLambat, HIGH);
}

Serial.print(nilaiKelembaban1);
Serial.println(" ");
Serial.print(nilaiKelembaban2);
Serial.println(" ");
Serial.println(" ");

lcd.setCursor(13, 2);
lcd.print(nilaiBit1);
lcd.setCursor(17, 2);
lcd.print(nilaiBit2);
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print(int(debit));
lcd.setCursor(4,3);
lcd.print("L/m");
lcd.setCursor(8,3);
lcd.print(totalmlt);
lcd.setCursor(15,3);
lcd.print("mL");
delay(5);
pulseCount = 0;

```

```
attachInterrupt(sensorInt, pulseCounter, FALLING);  
}  
}  
  
void pulseCounter(){  
  pulseCount++;  
}
```

LAMPIRAN D DATASHEET

1. Datasheet Mosfet P-Channel IRF9540N

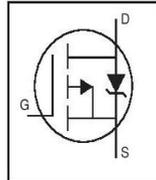
International
IR Rectifier

PD - 91437B

IRF9540N

HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- P-Channel
- Fully Avalanche Rated



$$V_{DS} = -100V$$

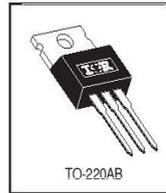
$$R_{DS(on)} = 0.117\Omega$$

$$I_D = -23A$$

Description

Fifth Generation HEXFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET Power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



TO-220AB

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ -10V$	-23	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ -10V$	-16	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	-76	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	140	W
	Linear Derating Factor	0.91	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ②	430	mJ
I_{AR}	Avalanche Current ①	-11	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ①	14	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	-5.0	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to +175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lb•in (1.1N•m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
	$R_{\theta JC}$ Junction-to-Case	—	1.1	°C/W
	$R_{\theta CS}$ Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
	$R_{\theta JA}$ Junction-to-Ambient	—	62	

5/13/98

2. Datasheet Capacitive Soil Moisture Sensor



Capacitive Soil Moisture Sensor SKU:SEN0193



Capacitive Soil Moisture Sensor

Contents

- [1 Introduction](#)
- [2 Specification](#)
- [3 Tutorial](#)
 - [3.1 Requirements](#)
 - [3.2 Connection Diagram](#)
 - [3.3 Calibration Code](#)
 - [3.4 Calibration](#)
 - [3.4.1 Calibration Range](#)
 - [3.4.2 Section Settings](#)
 - [3.5 Test Code](#)
- [4 FAQ](#)

Introduction

Our soil moisture sensor measures soil moisture levels by capacitive sensing rather than resistive sensing like other sensors on the market. It is made of corrosion resistant material which gives it an excellent service life.

Insert it in to the soil around your plants and impress your friends with real-time soil moisture data! This module includes an on-board voltage regulator which gives it an operating voltage range of 3.3 ~ 5.5V. It is perfect for low-voltage MCUs, both 3.3V and 5V. For compatibility with a Raspberry Pi it will need an ADC converter.

This sensor is compatible with our 3-pin "Gravity" interface, which can be directly connected to the Gravity I/O expansion shield.

Specification

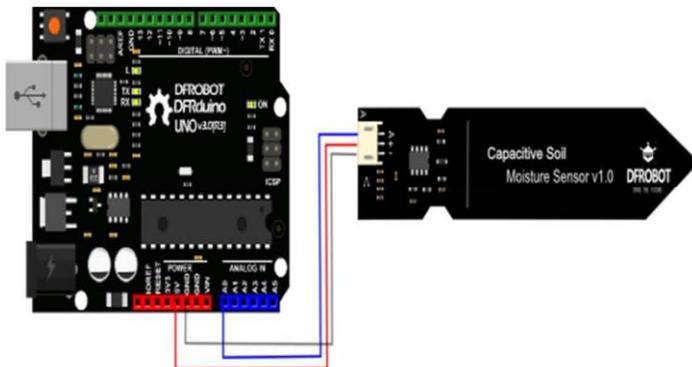
- Operating Voltage: 3.3 ~ 5.5 VDC
- Output Voltage: 0 ~ 3.0VDC
- Operating Current: 5mA
- Interface: PH2.0-3P
- Dimensions: 3.86 x 0.905 inches (L x W)
- Weight: 15g

Tutorial

Requirements

- **Hardware**
UNO x1
Capacitive Soil Moisture Sensor x1
Jumper Cable x3
- **Software**
Arduino IDE V1.6.5 [Click to Download Arduino IDE](#)

Connection Diagram

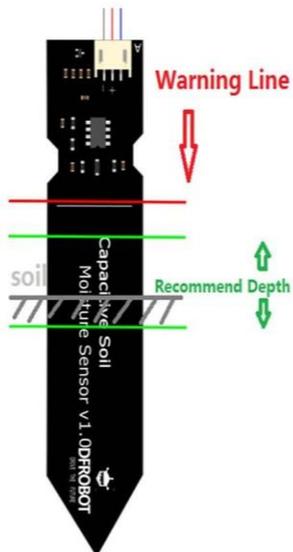


Calibration Code

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600); // open serial port, set the baud rate as 9600 bps  
}  
  
void loop() {  
  int val;  
  val = analogRead(0); //connect sensor to Analog 0  
  Serial.print(val); //print the value to serial port  
  delay(100);  
}
```

Calibration

Calibration Range



1. Open the serial port monitor and set the baud rate to 9600
2. Record the sensor value when the probe is exposed to the air as "Value 1". This is the boundary value of dry soil "Humidity: 0%RH"
3. Take a cup of water and insert the probe into it no further than the red line in the diagram
4. Record the sensor value when the probe is exposed to the water as "Value 2". This is the boundary value of moist soil "Humidity: 100%RH"

 The components on this board are NOT waterproof, do not expose to moisture further than the red line. (If you want to protect components from the elements, try using a length of wide heat shrink tubing around the upper-section of the board.)
There is an inverse ratio between the sensor output value and soil moisture.

Section Settings

The final output value is affected by probe insertion depth and how tight the soil packed around it is. We regard "value_1" as dry soil and "value_2" as soaked soil. This is the sensor detection range.

For example: Value_1 = 520; Value_2 = 260.

The range will be divided into three sections: dry, wet, water. Their related values are:

- Dry: (520 430]
- Wet: (430 350]
- Water: (350 260]

Test Code

```

/*****
This example reads Capacitive Soil Moisture Sensor.

Created 2015-10-21
By berinie Chen <bernie.chen@dfrobot.com>

GNU Lesser General Public License.
See <http://www.gnu.org/licenses/> for details.
All above must be included in any redistribution
*****/

```

```

/*****Notice and Trouble shooting*****/
1.Connection and Diagram can be found here: https://www.dfrobot.com/wiki/index.php?title=Capacitive\_Soil\_Moisture\_Sensor\_SKU:SEN0193
2.This code is tested on Arduino Uno.
3.Sensor is connect to Analog 0 port.
*****/

const int AirValue = 520; //you need to replace this value with Value_1
const int WaterValue = 260; //you need to replace this value with Value_2
int intervals = (AirValue - WaterValue)/3;
int soilMoistureValue = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600); // open serial port, set the baud rate to 9600 bps
}
void loop() {
  soilMoistureValue = analogRead(A0); //put Sensor insert into soil
  if(soilMoistureValue > WaterValue && soilMoistureValue < (WaterValue + intervals))
  {
    Serial.println("Very Wet");
  }
  else if(soilMoistureValue > (WaterValue + intervals) && soilMoistureValue < (AirValue - intervals))
  {
    Serial.println("Wet");
  }
  else if(soilMoistureValue < AirValue && soilMoistureValue > (AirValue - intervals))
  {
    Serial.println("Dry");
  }
  delay(100);
}

```

3. BLDC Pump DC150E

DC50E
Series

BLDC PUMP



DC50E series has three sub-series. T series is common two phase series with general performance. S and A series are high performance sub-series, which we called three phase series. S series is speed fixed and A series is speed adjustable. Be note, all sub-series use common DC power supply.

Main Features

- Brushless DC motor, also known as EC motor; Magnetic Driven;
- Small size but strong; Low consumption & High Efficiency;
- Long time continuous working, lifespan about 30000 hours;
- Safety - no spark, Explosion - proof; Low noise about 40dB;
- Submersible, 100% waterproof;
- Wide range of working voltage; Maintenance - free;
- Can be used to pump water, oil, acid and alkali solution;
- Variety Power: DC electric source, Battery or Solar Panel;
- Soft Start with Low In-rush current, great for Soair SYS; (only S and A series)

Specifications

Inlet (Outer diameter): 1/2 inch thread (about 20mm)

Outlet (Outer diameter): 1/2 inch thread (about 20mm)

Material: PA66 + 30% glass fiber (optional)

Weight: about 600 g

Max working temperature: 60°C for T series, 100°C for S & A series

Speed Control: Potentiometer, Analog signal or PWM (only A series)

Program Control or protection: Optional (only S & A series)

Speed adjust & Control Box



Speed adjust way (only A series):

1. default: by potentiometer or 0-5V analog signal;
2. by PWM (50-800 HZ Amplitude 5V)

Connection: connect the black wire to ground lead and yellow wire to the signal of your system.
Hang the red wire in the air.

Three-phase DC pump controller (only S & A series): All electronic components are put inside of the control box, and separated from pump body, so pump body can bear higher hot water (100°C max)

4. Sensor Water Flow (dilihat pada https://www.aliexpress.com/store/product/Stainless-steel-20-5mm-thread-G1-2-1-30L-MIN-Hall-effect-water-liquid-SUS304-flow/1872079_32819511162.html?spm=2114.10010108.1000023.1.581ae1adbmZfRh)

Item specifics	
Brand Name: HaiHuiLai	Model Number: SUS-44
Diy Supplies: Electrical	Thread: G1/2"
Flow rate: 1-30L/min	Material: Stainless steel 304
Product: water Hall flow sensor meter	Flow Pulse: F(Hz)=(11xQ) .3% + 10% Q=L/min
Temperature: 0-+80	Accuracy: 5%-10%
Size: L 44 x26.5 mm x 1/2"	Function: Hall sensor pulse
Working Voltage: DC 5V-24V	

Product Description

G1/2" flow rate 1-30L/min water Hall Turbine stainless steel flow sensor meter control water liquid rate not brass flow sensor

Product item no. :SUS-44
 Material : Stainless steel 304
 Brand : HaiHuiLai

Specification :

Function : Sensor , flow rate control
 Thread size : Male g1/2" - OD20.5MM
 Size:L 44x26.5MM x DN15
 Color : Silver colour
 Flow rate : **1-30L/min**
 Flow Pulse: $F(\text{Hz})=(11 \times Q) \cdot 3\% + 10\%$ Q=L/min
 Max. Working Current : 15mA (DC 5 V)
Min. Working Voltage: DC 4.5V
Working Voltage:DC 5V-24V
 Load Capacity: -10 mA (DC 5 V)
 Operating Working Temperature :
 -25 Degree centigrade to +80 Degree centigrade
 Liquid Temperature: Max 80
 Accuracy : 5%
 Cable connection: Red: positive + ; black : Negative - ; Yellow: Pulse Signal.



-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

LAMPIRAN E
FOTO



Gambar E1 *Greenhouse* di Nganjuk



Gambar E2 Uji Keseluruhan Sistem



Gambar E3 Bedengan 1 dan Bedengan 2



Gambar E4 Penyiraman Tanaman Cabai pada Bedengan 1



Gambar E5 Kondisi Bedengan 1 dan Bedengan 2 Setelah Penyiraman



Gambar E6 Uji Sensor Kelembaban Tanah



Gambar E7 Tampilan pada LCD 4x20 saat Uji Sensor Kelembaban Tanah 1 dan 2



Gambar E8 Uji Tegangan Keluaran Sensor Kelembaban Tanah 1 dan 2



Gambar E9 Uji Sensor Kelembaban Tanah 1 dan 2



Gambar E10 Membandingkan Sensor Kelembaban Tanah 1 dan 2 dengan Alat Ukur Kelembaban Tanah



Gambar E11 Tampilan pada LCD 4x20 saat Uji Kendali Kecepatan Motor di Kecepatan Tertinggi



Gambar E12 Tampilan pada LCD 4x20 saat Uji Kendali Kecepatan Motor di Kecepatan Terendah

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Brilian Rachmad Nurwachidin
TTL : Surabaya, 13 Nopember 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Griya Asri Kalitengah 1G
Nomer 19 Tanggulangin,
Sidoarjo
Telp/HP : 081249731328
E-mail : brilian.rachmad13@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2003 – 2009 : SD Negeri Kalitengah 1 Tanggulangin
2. 2009 – 2012 : SMP Negeri 2 Candi Sidoarjo
3. 2012 – 2015 : SMA Negeri 1 Porong Sidoarjo
4. 2015 – 2018 : Departemen Teknik Elektro Otomasi, Program Studi Teknik Elektro Industri - FV Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktik di Departemen Maintenance, Divisi Kapal Niaga PT PAL Indonesia (Persero)

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Sekertaris OSIS SMAN 1 Porong Sidoarjo 2013-2014