



**SISTEM KONTROL OTOMATIS DAN MONITORING EC BERBASIS
IoT UNTUK PEMBERIAN PUPUK PADA TANAMAN SELADA
HIDROPONIK**

SKRIPSI

Oleh :

Muhammad Afandi

NIM 151710201118

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**SISTEM KONTROL OTOMATIS DAN MONITORING EC BERBASIS
IoT UNTUK PEMBERIAN PUPUK PADA TANAMAN SELADA
HIDROPONIK**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Pertanian (S1) dan mencapai gelas Sarjana Teknik

Oleh :

Muhammad Afandi

NIM 151710201118

**HALAMAN JUDUL
JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terimakasih saya yang tidak terkira kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibu Titik Nurhayati dan Ayah Ahmad Sujudi yang menjadi motivator terbesar didalam hidup saya, yang selalu mendoakanku dan semua pengorbanan yang mengantarkan saya sampai dititik ini.
2. Kedua kakak kandung saya Yudhi Nurcahyono dan Arif Syaifuloh.
3. Semua guru-guru saya sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah mendidik dan mengajarkan ilmunya dengan sabar kepada saya.
4. Almamater tercinta Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
5. Dan teman-teman saya yang telah membantu selama ini.

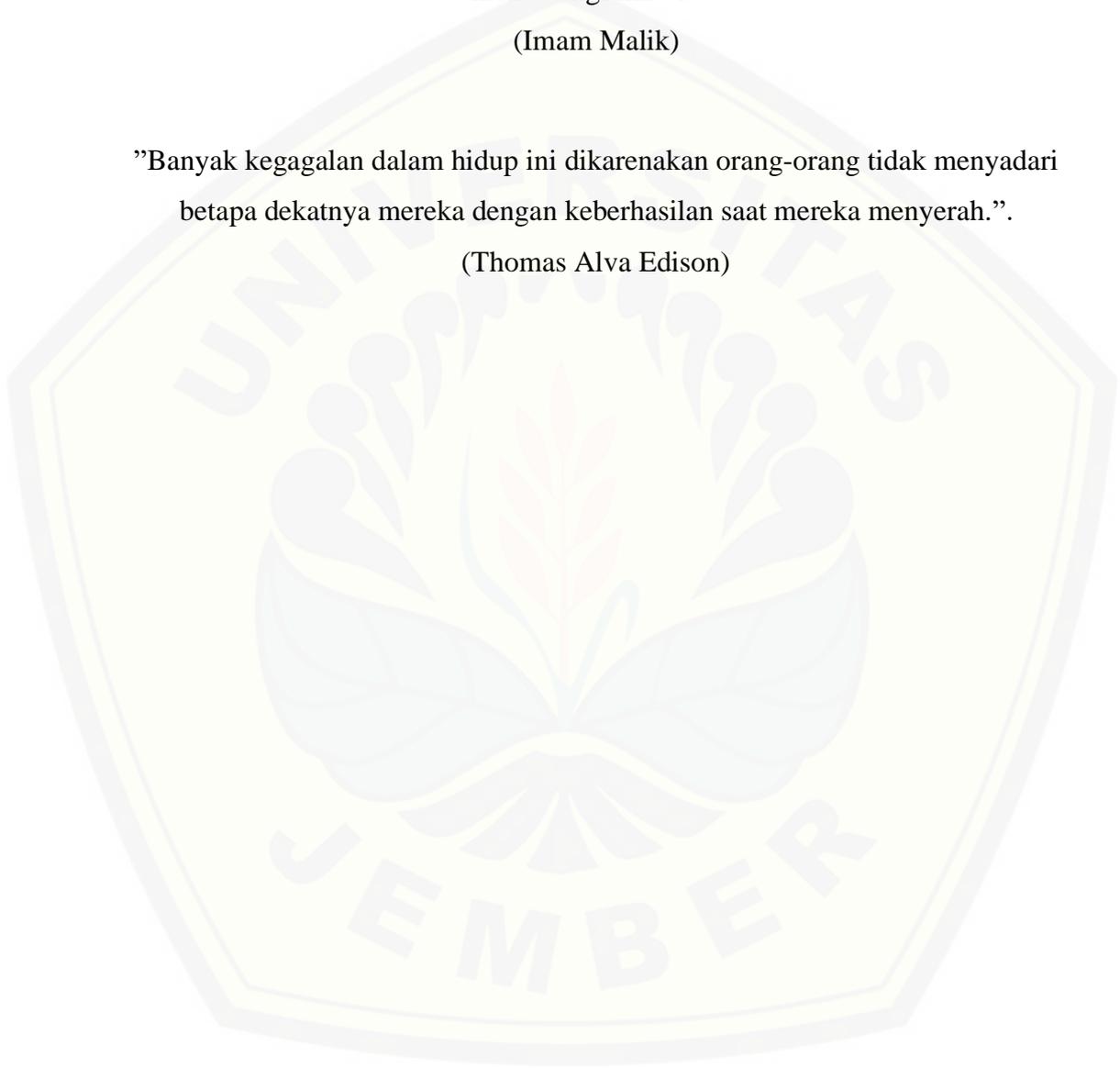
MOTTO

“Bukanlah ilmu yang seharusnya mendatangimu, tetapi kamulah yang harus
mendatangi ilmu itu”

(Imam Malik)

”Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari
betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah.”.

(Thomas Alva Edison)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Afandi

NIM : 151710201118

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: “Sistem Kontrol Otomatis dan Monitoring EC Berbasis IoT untuk Pemberian Pupuk pada Tanaman Selada Hidroponik” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 18 Mei 2020

Yang menyatakan

Muhammad Afandi

NIM. 151710201118

SKRIPSI

**SISTEM KONTROL OTOMATIS DAN MONITORING EC BERBASIS
IoT UNTUK PEMBERIAN PUPUK PADA TANAMAN SELADA
HIDROPONIK**

Oleh

**Muhammad Afandi
NIM 151710201118**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Marhaenanto M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Dedy Wirawan Soedibyo S.T.P., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Sistem Kontrol Otomatis dan Monitoring EC Berbasis IoT untuk Pemberian Pupuk pada Tanaman Selada Hidroponik” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Senin

Tanggal : 18 Mei 2020

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,



Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.
NIP. 196312121990031002

Dr. Dedy Wirawan Soedibyo S.T.P., M.Si.
NIP. 19740707 1999031001

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,



Dr. Idah Andriyani, S.TP., M.T
NIP. 197603212002122001

Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D.
NIP. 198410082008121002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M. Eng.
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Sistem Kontrol Otomatis dan Monitoring EC Berbasis IoT untuk Pemberian Pupuk pada Tanaman Selada Hidroponik; Muhammad Afandi, 151710201118; 2020; 62 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Hidroponik menjadi salah satu alternatif untuk menanam sayuran di wilayah padat penduduk yang umumnya kekurangan lahan untuk pertanian dan dapat dilakukan pada lahan yang kesuburannya rendah. Namun, teknologi hidroponik yang diterapkan masih dalam kondisi buruk untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman. Karena umumnya perlakuan nutrisi yang dilakukan masih secara manual dan kurang efisien waktu. Nutrisi yang dikontrol adalah *electrical conductivity* (EC). Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi selada secara kontinyu adalah dengan hidroponik sistem penyiraman otomatis menggunakan konsep IoT. Untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman lebih baik pengendalian nilai EC dilakukan secara berkala, sehingga nilai EC larutan selalu terjaga optimal. Adapun tujuan penelitian ini adalah mendapatkan rancangan alat kontrol EC berbasis IoT yang diterapkan pada tanaman selada hidroponik serta menganalisis kebutuhan nutrisi pada setiap minggu.

Metode sistem hidroponik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sistem *Deep flow technique* (DFT) termasuk salah satu metode hidroponik yang menggunakan air sebagai media untuk menyediakan nutrisi tanaman dengan pemberian nutrisi dalam bentuk genangan. Sistem kontrol ini dirancang berdasarkan mempertahankan konsentrasi nutrisi EC pada rentang 800-1200 us/cm. Penggunaan IoT berbasis NodeMCU sebagai mikrokontroler dapat mengukur kondisi lingkungan secara *real time* melalui web dan aplikasi *Thingview* pada *smartphone*. Website berguna sebagai *interface* dan juga aplikasi pada *smartphone* yang dapat menyediakan informasi tentang pertumbuhan tanaman selada yang telah terekam oleh *Thingspeak*. Terdapat 3 variabel yang diambil dari hasil uji lapang yaitu berupa data suhu, kelembapan, dan EC (*electrical conductivity*). Setiap

variabel yang telah didapatkan diukur menggunakan Analog TDS meter SEN0244 untuk mengukur EC dengan cara koversi nilai TDS ke EC menggunakan metode truncheon dan DHT 11 untuk mengukur suhu lingkungan dan kelembapan udara. Selanjutnya, NodeMCU dihubungkan dengan router agar dapat diakses melalui jarak jauh dan memiliki alamat APIkey sebagai server penyimpanan berbasis *cloud*. Terakhir, GPIO yang terdapat pada NodeMCU digunakan untuk menghubungkan dengan relay 1 dan relay 2 sebagai aktuator yang digunakan. NodeMCU merupakan mikrokontroler yang digunakan untuk membaca hasil setiap variabel dari sensor dan mengirimkan data ke dalam platform *Thingspeak*.

Kalibrasi pada sensor analog TDS untuk variabel EC menghasilkan hasil pengukuran yang akurat yaitu $<\pm 0,1$ sebagai nilai acuan sensor untuk mendekati nilai instrumen. Selanjutnya, tampilan data dapat dilihat pada halaman web dan aplikasi *Thingview* pada *smartphone*. Data tersebut diambil dengan setiap interval 30 menit menggunakan format *comma separated values* (csv) yang dapat langsung dimonitor secara *real-time* melalui *website* atau *android*. Data yang tersimpan pada *server* dapat diunduh kembali kemudian hari apabila dibutuhkan untuk dianalisis.

SUMMARY

IoT-based automated control and Monitoring system of EC (Electrical Conductivity) on the watering of hydroponic lettuce with fertilizer-giving treatment; Muhammad Afandi, 151710201118; 2020; 62 pages; Department of Agriculture Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Hydroponics is an alternative way to grow vegetables in densely populated areas that generally lack land for agriculture and can be done on fields that are down to the lowest. However, the applied hydroponic technology is still in poor condition to meet the nutritional needs of plants. Because generally nutritional treatments are done manually and are less time-efficient. Controlled nutrition is electrical conductivity (EC). One effort to increase lettuce production continuously is by hydroponic automatic watering systems using the IoT concept. To meet the nutritional needs of plants better control of the EC value is done periodically so that the EC value of the solution is always maintained optimally. The purpose of this study is to obtain an IoT-based EC control device design that is applied to hydroponic lettuce plants and analyze the nutritional requirements on a weekly basis.

The hydroponic system method used in this study is the Deep Flow Technique (DFT) system, including one of the hydroponic methods that use air as a medium to provide plant nutrition by providing nutrients in the form of a pool. This control system is designed based on the maintenance of EC nutrients in the range of 800-1200 us / cm. The use of NodeMCU-based IoT as a microcontroller can measure environmental conditions through the web and the Thingview application on smartphones. The website is useful as an interface and also an application on a smartphone that can provide information about the growth of lettuce plants that have been recorded by Thingspeak. Obtained 3 variables taken from the field test results which consist of temperature, humidity, and EC (electrical

conductivity) data. Each variable obtained was obtained using an Analog TDS meter SEN0244 to measure EC by converting TDS values to EC using the truncheon method and DHT 11 to measure ambient temperature and humidity. Furthermore, NodeMCU is allocated with a router so that it can be accessed remotely and has a key API address as a cloud-based storage server. Finally, the GPIO available on NodeMCU is used to connect with relay 1 and relay 2 as the actuator used. NodeMCU is a microcontroller that is used to read the results of each variable from the sensor and send data to the Thingspeak platform.

The calibration of the TDS analog sensor for the EC variable results in an accurate measurement result of $< \pm 0.1$ as the sensor reference value to approach the instrument value. Furthermore, the data view can be viewed on the Thingview webpage and app on the smartphone. The Data is taken with every 30-minute interval using a comma-separated values (CSV) format that can be directly monitored in real-time via website or Android. Data stored on the server can be downloaded back later when needed to be analyzed.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmad dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Sistem Kontrol Otomatis dan Monitoring EC Berbasis IoT untuk Pemberian Pupuk pada Tanaman Selada Hidroponik”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Bambang Marhaenanto M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Bapak Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, S.TP., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
3. Ibu Idah Andriyani, S.TP., M.T., selaku Ketua Tim Penguji yang telah meluangkan tenaga, waktu serta pikiran dalam proses penyempurnaan penulisan skripsi ;
4. Bapak Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D., selaku Anggota Tim Penguji yang telah meluangkan tenaga, waktu, serta pikiran dalam proses penyempurnaan penulisan skripsi;
5. Ibu Rufiani Nadzirah, S.TP., M.Sc., selaku dosen dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
6. Prof. Dr. Indarto, S. TP., DEA. selaku Dosen Pembimbing Akademik atas bimbingan dan motivasi yang diberikan selama ini;
7. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;

8. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, terimakasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan lainnya;
9. Keluarga saya, Ibu Titik Nurhayati dan Bapak Ahmad Sujudi serta kakak saya Yudhi Nurcahyono dan Arif Syaifuloh yang selalu memberikan semangat dan doa setiap waktu;
10. Seluruh teman-teman TEP angkatan 2016 dan 2015 atas semangatnya;
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Meskipun demikian, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Selada	4
2.2 Nutrisi AB Mix	5
2.3 Hidroponik.....	6
2.4 Alih Fungsi Lahan.....	7
2.5 DFT (Deep Flow Technique).....	8
2.6 Mikrokontroler	9
2.4.1 Arduino	9
2.4.2 NodeMCU.....	10
2.7 Sensor EC	11
2.8 IoT (Internet of Things).....	12
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.3 Tahapan Penelitian	13
3.4 Pembuatan Rancangan.....	15
3.4.1 Rancangan Operasional	15
3.4.2 Rancangan Fungsional.....	16

3.4.3 Rancangan Struktural.....	17
3.5 Pembuatan Rangkaian Elektronik dan Pemrograman.....	19
3.5.1 Pembuatan Rangkaian Elektronik.....	19
3.5.2 Pembuatan Program.....	20
3.6 Kalibrasi.....	21
3.7 Pengambilan dan Analisis Data	22
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Hasil Pembuatan Rangkaian Elektronik dan Pemrograman.....	23
4.1.1 Hasil Rangkaian Elektronik.....	23
4.1.2 Hasil Pemrograman.....	25
4.2 Hasil Pembuatan Rancangan Plot Hidroponik DFT.....	27
4.3 Kalibrasi Sensor	28
4.4 Implementasi IoT pada Budidaya Tanaman Selada Hidroponik	31
4.5 Kebutuhan Nutrisi Tanaman Selada	33
4.6 Analisis Data.....	34
4.6.1 Suhu	34
4.6.2 Kelembaban	37
4.6.3 EC (Electical Conductivity).....	38
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
DAFTAR LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Nutrisi tanaman hidroponik.....	10

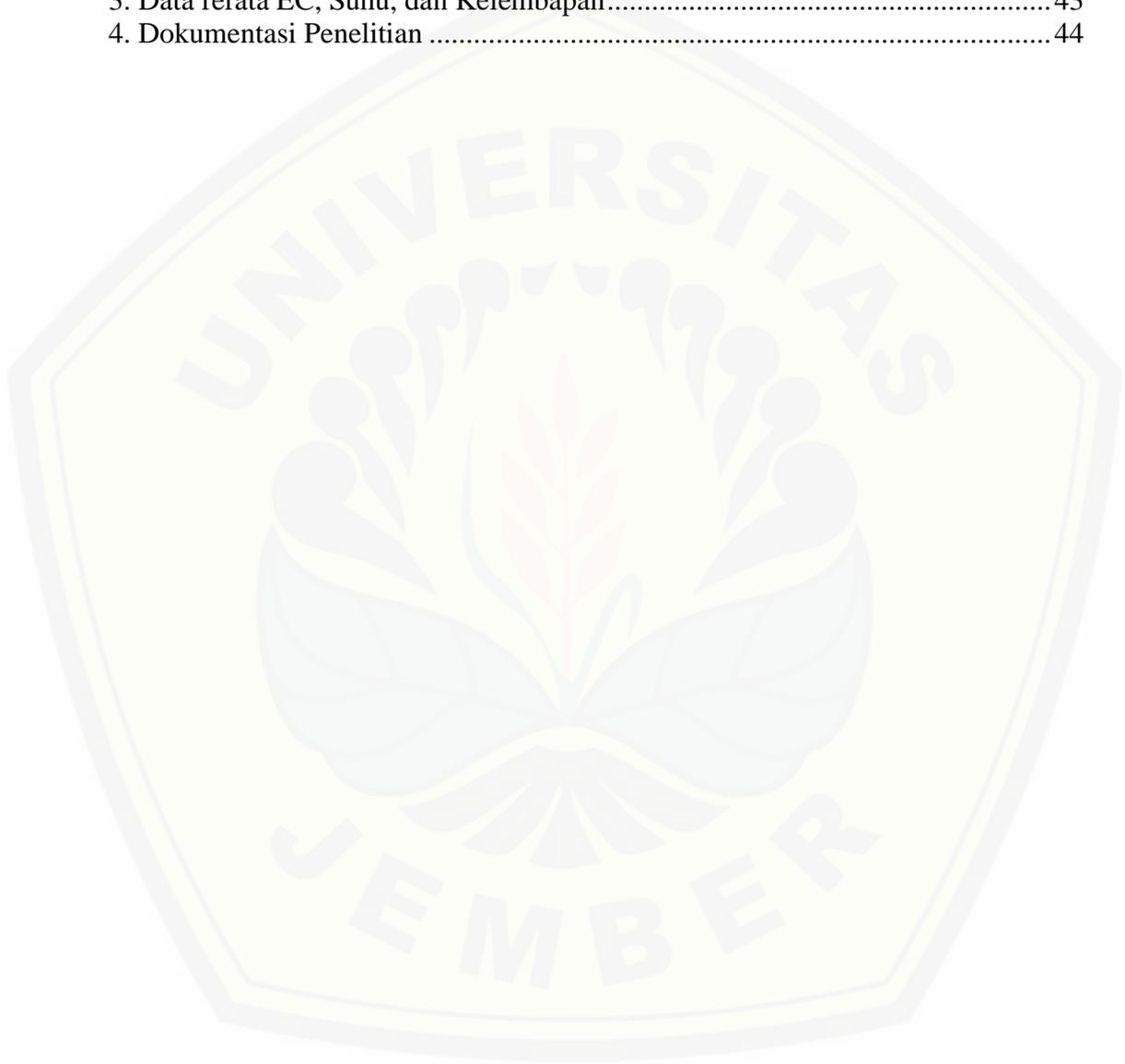


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Arduino UNO.....	6
2.2 NodeMCU (ESP8266)	8
3.1 Diagram alir penelitian.....	12
3.2 Diagram blok komponen.....	13
3.3 Skema rangkaian elektronik	15
3.4 Rancangan struktural.....	16
4.1 (a) Instalasi rangkaian DFT, (b)Bak air dan nutrisi, (c)Tempat Sensor.....	19
4.2 (a) Rangkaian modul sensor TDS meter (b) Probe TDS sensor	23
4.3 Rangkaian sensor DHT11	23
4.4 Hasil perakitan seluruh komponen elektronik.....	24
4.5 <i>Sketch</i> program Arduino IDE.....	26
4.6 Grafik kalibrasi TDS Sensor dan TDS Meter	27
4.7 Grafik persamaan kalibrasi EC Sensor dan TDS-EC Meter	28
4.8 Tampilan website Thingspeak.....	30
4.9 Tampilan smartphone android.....	30
4.10 Grafik kebutuhan dan sisa nutrisi.....	31
4.11 Grafik rerata nilai suhu harian.....	32
4.12 Grafik nilai suhu selama 24 jam.....	33
4.13 Grafik nilai kelembapan rerata harian.....	34
4.14 Grafik nilai EC rerata harian	35
4.15 Grafik nilai EC selama 24 jam	36

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Listing Program Arduino	36
2. Kalibrasi Data Awal.....	42
3. Data rerata EC, Suhu, dan Kelembapan.....	43
4. Dokumentasi Penelitian	44



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi sekarang semakin pesat seiring munculnya istilah *Internet of Thing* (IoT). IoT memungkinkan semua benda dapat berkomunikasi satu sama lain melalui internet. Konsep IoT bisa diterapkan pada berbagai aspek salah satunya adalah aspek pertanian baik pertanian konvensional (media tanah) maupun pertanian hidroponik. Selain itu, IoT juga dapat dimanfaatkan dalam sistem penyiraman otomatis serta kontrol sirkulasi air pada budidaya tanaman hidroponik.

Salah satu tanaman hidroponik yang dapat dikembangkan yaitu selada karena memiliki peluang pasar yang cukup besar, baik untuk memenuhi kebutuhan pasar domestik maupun internasional. Permintaan yang tinggi baik pasar di dalam maupun di luar negeri menjadikan komoditi hortikultura ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi, sehingga dapat meningkatkan pendapatan masyarakat. Sementara sumberdaya alam untuk dibudidayakan di dalam negeri peluangnya cukup besar karena banyak daerah yang sangat cocok untuk budidaya selada. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2014) produksi tanaman selada di Indonesia dari tahun 2010 sampai 2013 sebesar 283.770 ton, 280.969 ton, 294.934 ton dan 300.961 ton. Data tersebut menunjukkan bahwa pada tahun 2011 sempat mengalami penurunan hasil produksi tanaman selada.

Hidroponik menjadi salah satu alternatif untuk menanam sayuran di wilayah padat penduduk yang umumnya kekurangan lahan untuk pertanian dan dapat dilakukan pada lahan yang kesuburannya rendah. Selain itu tidak membutuhkan lahan yang luas, kelebihan dari budidaya hidroponik yaitu menanam dengan memanfaatkan air tanpa menggunakan tanah dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman. Hal tersebut dikarenakan air yang digunakan dalam budidaya tanaman metode hidroponik akan terus disirkulasikan.

Menurut Lingga, 2002 selada dapat dikonsumsi sebagai salah satu pilihan terbaik untuk mencukupi kebutuhan kalsium harian. Selain itu selada (*Lactuca sativa L.*) merupakan salah satu sayuran yang memiliki kandungan kalsium cukup tinggi yaitu sebesar 56 mg/ 100 gram jika dibandingkan dengan sayuran lainnya

(International Osteoporosis Foundation, 2015). Pemanfaatan teknologi hidroponik diharapkan mampu memperbaiki produksi selada. Kebutuhan nutrisi tanaman adalah jumlah nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman untuk bertahan dan bereproduksi. Salah satu cairan konsentrasi larutan yang dapat diukur EC (*Electrical Conductivity*) sebagai parameter yang menunjukkan konsentrasi ion-ion yang terlarut dalam larutan nutrisi. Akan lebih baik pengendalian nilai EC dilakukan secara berkala, sehingga nilai EC larutan selalu terjaga optimal. Nilai EC untuk selada yaitu 0,8-1,2 ms/cm. Untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan kualitas dari tanaman, diperlukan penyesuaian antara pasokan air dan pupuk yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jangka waktu yang pendek. Rancangan hidroponik dan elektronik yang digunakan pada implementasi tanaman selada, perlu adanya pengujian kinerja sistem kontrol EC berbasis IoT dan agar kebutuhan nutrisi stabil dilakukan analisis selama setiap minggu.

Umumnya pengukuran nutrisi dilakukan secara manual dengan menggunakan alat ukur standar TDS-EC Meter yang berfungsi sebagai mendeteksi nilai larutan pada suatu cairan kemudian alat ukur standar dilakukan pengendalian dengan menambah air dan pupuk. Namun pengukuran dan pengendalian tersebut akan lebih efisien dengan memanfaatkan konsep IoT. Pada kondisi sebelum penelitian dilakukan adapun kendala-kendala yang sering dialami terutama kondisi cuaca yang tidak menentu. Oleh sebab itu, tanaman juga harus selalu dilakukan pemeriksaan karena ruang terbuka dengan atap transparan perlu adanya perlindungan yang lebih. Yang kedua, dimana ketika ada pemadaman listrik di wilayah tempat penelitian juga harus dilakukan pemeriksaan karena sirkulasi air yang tidak bisa memberikan sistem irigasi yang cukup. Untuk memenuhi nutrisi tersebut harus dilakukan secara manual supaya nutrisi dapat tercukupi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas sehingga terdapat masalah yang dapat ditarik sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang dan menguji kinerja sistem kontrol EC berbasis IoT?
2. Bagaimana estimasi kebutuhan nutrisi tanaman selada?

1.3 Batasan Masalah

Pengamatan yang dilakukan di ruang terbuka ini berfokus pada hasil data *realtime*, EC, dan produktivitas tanaman selada tanpa mengamati perubahan nilai PH pada air. Sistem kontrol pada penelitian ini berbasis NodeMCU.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu antara lain sebagai berikut.

1. Merancang dan menguji kinerja sistem kontrol EC berbasis IoT.
2. Menganalisis kebutuhan nutrisi tanaman selada.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut.

1. Bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) memberikan informasi mengenai rancangan sistem kontrol otomatis berbasis *cloud* dari mikrokontroler.
2. Bagi perguruan tinggi dapat dijadikan sumber rujukan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.
3. Bagi masyarakat dapat memberikan informasi mengenai pengukuran suhu lingkungan dan larutan nutrisi pada tanaman hidroponik di ruang terbuka dengan atap agar masyarakat memahami kebutuhan larutan nutrisi yang efisien pada tanaman hidroponik.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Selada

Selada merupakan sayuran yang termasuk ke dalam famili *compositae* dengan nama latin *Lactuca sativa L.* Asal tanaman ini diperkirakan dari dataran Mediterania Timur, hal ini terbukti dari lukisan di kuburan di Mesir yang menggambarkan bahwa penduduk Mesir telah menanam selada sejak tahun 4500 SM (Rubatzky dan Yamaguchi, 1999). Berikut ini adalah klasifikasi selada:

Kingdom	: <i>Spermatophyta</i>
Subdivisio	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i>
Ordo	: <i>Asterales</i>
Famili	: <i>Asteraceae (Compositae)</i>
Genus	: <i>Lactuca</i>
Spesies	: <i>Lactuca sativa</i>

Selada memiliki banyak manfaat antara lain dapat memperbaiki organ dalam, mencegah panas dalam, melancarkan metabolisme, membantu menjaga kesehatan rambut, mencegah kulit menjadi kering, dan dapat mengobati insomnia. Kandungan gizi yang terdapat pada selada adalah serat, provitamin A (karotenoid), kalium dan kalsium (Supriati dan Herlina, 2014).

Suhu ideal untuk produksi selada berkualitas tinggi adalah 15-25 °C. Suhu yang lebih tinggi dari 30°C dapat menghambat pertumbuhan, merangsang tumbuhnya tangkai bunga (*bolting*), dan dapat menyebabkan rasa pahit. Sedangkan untuk tipe selada kepala suhu yang tinggi dapat menyebabkan bentuk kepala longgar. Selada tipe daun longgar umumnya beradaptasi lebih baik terhadap kisaran suhu yang lebih tinggi ketimbang tipe bentuk kepala (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998).

2.2 Nutrisi AB Mix

Nutrisi AB mix merupakan larutan nutrisi yang sangat berpengaruh untuk tanaman hidroponik yang dapat digunakan sebagai suplai hara, baik makro maupun mikro untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang optimum. Nutrisi hidroponik tersebut terdiri dari dua larutan, yaitu A Mix yang mengandung unsur hara makro dan B Mix yang mengandung unsur hara mikro. (Sanyoto *et al*, 2016)

Nutrisi hidroponik atau AB Mix ada yang berbentuk cair dalam kemasan botol 500 ml dan ada yang berbentuk padat (serbuk). Pada dasarnya nutrisi yang berbentuk cair itu berasal dari serbuk yang sudah di larutkan sehingga pembeli tidak perlu susah membuat larutan AB Mix, karena larutan ini terdiri dari nutrisi A dan nutrisi B yang dikemas terpisah. Berikut ini proses pembuatan nutrisi AB mix serbuk ke cair. (Sanyoto *et al*, 2016)

1. Menyiapkan nutrisi hidroponik AB Mix serbuk dalam kemasan 250 gram.
2. Menyiapkan juga 2 botol 500 ml dan dikasih label A dan B supaya kedua pupuk tidak tertukar.
3. Mengisikan air ke dalam botol A dan B sebanyak 400 ml, lalu menuangkan serbuk A Mix ke botol A dan B Mix ke botol B.
4. Menutup kedua botol yang sudah diberi air dan serbuk hingga rapat, kemudian mengkocok kedua botol tersebut dan pastikan nutrisi telah benar-benar larut dengan air.
5. Tambahkan air bersih dengan ketinggian hingga leher botol, lalu mengkocok perlahan agar larutan tercampur sempurna.

Setiap jenis tanaman hidroponik memiliki kondisi tertentu yang berbeda dengan lainnya untuk dapat tumbuh optimal. Kebutuhan larutan pH (*power of hydrogen*), EC (*electrical conductivity*), dan PPM (*part per million*) dapat disesuaikan dengan jenis tanamannya. PH menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Makin tinggi nilai pH suatu larutan tingkat basa makin tinggi. Sebaliknya semakin rendah nilai pH suatu larutan, sifat asam makin tinggi. Tingkat banyaknya partikel yang ada dalam larutan dinyatakan dengan ppm (*parts per million*). Semakin tinggi ppm zat terlarut di dalamnya semakin banyak atau

semakin pekat. Sedangkan dari nilai EC dapat dilihat tingkatan konduktivitas dari larutan. Pada penelitian ini satuan EC sensor yang sebelumnya ms/cm (milisiemens/centimeter) disesuaikan dengan alat TDS Meter dengan menggunakan satuan $\mu\text{s}/\text{cm}$ (microsiemens/centimeter). Berikut ini ada tabel nutrisi hidroponik yang dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 2.1 Nutrisi tanaman hidroponik

Tanaman	Ph	PPM	EC
Selada	5,5-6,5	560-840	0,8-1,2
Asparagus	6,0-6,8	980-1260	1,4-1,8
Bayam	5,5-6,0	1260-1610	2,0-2,5
Brokoli	6,0-6,5	1960-2450	2,8-3,5
Cabe	5,8-6,3	1400-2100	2,0-3,0
Cabe Pedas	6,0-6,5	2100-2450	3,0-3,5
Capsicum	6,0-6,5	1260-1540	1,8-2,2
Kembang Kol	6,0-7,0	1050-1400	0,5-2,0
Kentang	5,0-6,0	1400-1750	2,0-2,5
Ketimun/Mentimun	5,8-6,0	1190-1750	1,7-2,5
Kubis	6,5-7,0	1750-2100	2,5-3,0
Lobak	6,0-7,0	840-1540	1,6-2,2
Melon	5,5-6,0	1400-1750	2,0-2,5
Okra	6,5	1400-1680	2,0-2,4
Pak-choi	7	1050-1400	1,5-2,0
Selada	5,5-6,5	560-840	0,8-1,2
Seledri	6,5	1260-1680	1,8-2,4
Semangka	5,8	1260-1680	1,5-2,4
Strowberi	5,6-6,5	1260-1540	1,8-2,2
Terung	5,5-6,5	1750-2450	2,5-3,5
Tomat	5,5-6,5	1400-3500	2,0-5,0
Wortel	6,3	1120-1400	1,6-2,0

Sumber : (Daun Ijo, 2017).

2.3 Hidroponik

Hidroponik atau istilah lainnya *hydroponics*, adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan cara bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai tempat menanam tanaman. Hidroponik berasal dari bahasa latin yang terdiri dari kata hydro yang berarti air dan kata ponos yang berarti kerja. Jadi definisi hidroponik adalah pengerjaan atau pengelolaan air yang digunakan sebagai media tumbuh tanaman

dan tempat akar tanaman mengambil unsur hara yang diperlukan. Umumnya media tanam yang digunakan bersifat porous, seperti pasir, arang sekam, batu apung, kerikil, *rockwool*. (Lingga, 1999)

Berdasarkan penggunaan larutan nutrisinya, hidroponik digolongkan menjadi dua, yaitu hidroponik sistem terbuka dan tertutup. Pada hidroponik sistem terbuka, larutan nutrisi dialirkan ke daerah perakaran tanaman dan kelebihannya dibiarkan hilang. Sedangkan hidroponik sistem tertutup, kelebihan larutan nutrisi yang diberikan, ditampung dan disirkulasikan kembali ke daerah perakaran tanaman. Pada hidroponik sistem tertutup, kandungan unsur-unsur hara dalam larutan nutrisi akan berubah seiring dengan penyerapannya oleh tanaman (Chadirin, 2007)

2.4 Alih Fungsi Lahan

Alih fungsi lahan atau konversi lahan pertanian bukan merupakan hal yang baru. Dengan semakin meningkatnya taraf hidup dan terbukanya kesempatan untuk menciptakan peluang kerja, yang ditandai oleh semakin banyaknya investor ataupun masyarakat dan pemerintah dalam melakukan pembangunan, maka semakin meningkat pula kebutuhan akan lahan. Dipihak lain jumlah lahan yang terbatas sehingga menimbulkan penggunaan lahan yang seharusnya beralih ke penggunaan non-pertanian.

Menurut Iqbal dan Sumaryanto (2007), pada umumnya lahan pertanian yang paling rentan terhadap alih fungsi lahan adalah sawah. Hal tersebut disebabkan oleh kepadatan penduduk di pedesaan yang mempunyai agroekosistem dominan sawah yang jauh lebih tinggi dibandingkan agroekosistem lahan kering, Daerah pesawahan banyak yang lokasinya berdekatan dengan daerah perkotaan, infrastruktur wilayah pesawahan pada umumnya lebih baik dari pada wilayah lahan kering, serta pembangunan prasarana dan sarana pemukiman, kawasan industri, dan sebagainya cenderung berlangsung cepat di wilayah bertopografi datar, dimana pada wilayah dengan topografi seperti itu (terutama di Pulau Jawa) ekosistem pertaniannya dominan areal persawahan.

Sebagai contoh konversi lahan pertanian di wilayah kota Semarang pada tahun 2000 sampai 2009 akan berdampak luas, yakni terjadinya pergeseran struktur ketenagakerjaan, pemilikan dan penguasaan lahan, serta transformasi struktur ekonomi dari pertanian ke industri, juga mobilitas penduduk. Dari aspek ekonomi akan mengurangi ketahanan pangan bagi produksi pertanian. Bagi masyarakat petani akan kehilangan pekerjaan sehingga daya beli menurun karena belum tentu petani dapat pekerjaan baru yang lebih baik. Konversi lahan pertanian adalah suatu hal tidak dapat dihindari sebagai konsekuensi logis pembangunan, sehingga perlu sebuah perencanaan penggunaan lahan yang baik dalam rangka pengendalian konversi lahan pertanian di Kota Semarang. (Hariyanto, 2010).

2.5 DFT (Deep Flow Technique)

Salah satu sistem hidroponik yang dapat digunakan di wilayah padat penduduk yaitu *deep flow technique* dengan metode budidaya tanaman hidroponik dengan meletakkan akar tanaman pada lapisan air yang dalam dengan tidak perlu menggunakan lahan yang luas. Kedalaman lapisan berkisar antara 4-6 cm. Prinsip kerja sistem hidroponik DFT adalah mensirkulasikan larutan nutrisi tanaman secara terus menerus selama 24 jam. Teknik hidroponik ini dikategorikan sebagai sistem hidroponik tertutup. Umumnya penerapan teknik hidroponik ini digunakan pada budidaya tanaman daun dan sayuran buah (Chadirin, 2007)

Menurut Bayu (2018) ada beberapa kelebihan dan kekurangan yang dimiliki hidroponik DFT :

1. Kelebihan dari DFT ini adalah :
 - a. DFT membutuhkan listrik 24 jam atau bisa kurang dari 24 jam
 - b. Saat listrik padam tanaman masih bisa dalam kondisi aman karena ada genangan nutrisi.
 - c. Pertumbuhan lebih optimal karena unsur hara nutrisi lebih tercukupi.
 - d. Tanaman yang menggunakan sistem DFT memiliki umur panen yang lebih cepat.
 - e. Hasil panen tanaman dapat lebih seragam.
 - f. Perawatan dan pemeliharaan lebih mudah.

2. Kekurangan sistem DFT ini adalah :
 - a. Tanaman dapat kekurangan oksigen terlarut sehingga membuat pertumbuhan tanaman terganggu.
 - b. Resiko busuk pada akar tanaman karena jumlah air yang terlalu banyak.
 - c. Dapat terjadi endapan pada pipa menyebabkan banyak masalah yang timbul.
 - d. Lebih banyak memerlukan nutrisi
 - e. Tanaman yang terkena virus, jamur, hama dan penyakit akan tersebar dengan cepat.

2.6 Mikrokontroler

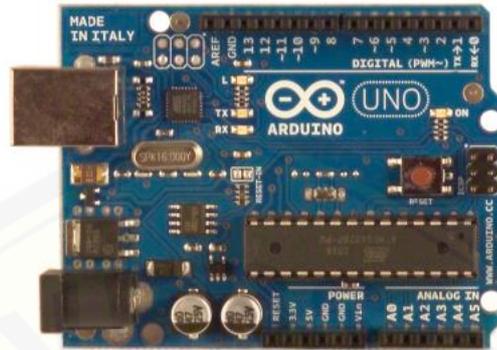
Mikrokontroler merupakan suatu chip berupa IC (Integrated Circuit) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang sudah terisi di dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diartikan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. (Owen, 2010)

2.4.1 Arduino

Arduino adalah sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino merupakan kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE). IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*. Arduino mempunyai banyak modul pendukung seperti misalnya sensor, tampilan dan sebagainya (Djuandi, 2011).

Arduino Memiliki banyak jenis, yang paling banyak digunakan adalah tipe Duemilanove dan Uno. Arduino Uno adalah generasi yang terakhir setelah Duemilanove dan dari sisi harganya sedikit lebih mahal karena memiliki spesifikasi yang lebih tinggi yaitu memiliki *microcontroller* Atmega328 dan *flash memory* 32

KB (Djuandi 2011). Berikut ini adalah Mikrokontroler Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Arduino UNO (Sumber : Djuandi, 2011)

Kelebihan Arduino dibanding dengan platform mikrokontroler yang lain adalah sebagai berikut.

- a. Harga yang terjangkau, harganya akan lebih murah lagi apabila pengguna membuat papannya sendiri dan merangkai komponen-komponennya satu persatu.
- b. Lintas platform, software Arduino dapat dijalankan pada system operasi *Windows*, *Macintosh OSX* dan *Linux*, sementara platform lain umumnya terbatas hanya pada *Windows*.
- c. Mudah dipelajari dan digunakan
- d. Sistem yang terbuka, baik dari sisi *hardware* maupun *software*-nya. Pengguna dapat mengunduh *software* maupun rangkaian secara gratis.

2.4.2 NodeMCU

Modul Wifi NodeMCU adalah *firmware* interaktif berbasis LUA *Espressif* ESP82622 WiFi SoC. Gambar 2.2 menunjukkan bentuk fisik dari NodeMCU ESP8266 V0.9 NodeMCU ESP8266 V0.9 memiliki 4MB *flash*, 11 pin GPIO (10 pin diantaranya dapat digunakan untuk PWM), 1pin ADC, 2 pasang UART, WiFi 2,4GHz serta mendukung WPA/WPA2. NodeMCU selain dapat diprogram menggunakan bahasa LUA dapat juga diprogram menggunakan bahasa C++ menggunakan Arduino IDE (Wicaksono dan Hidayat, 2017). Berikut ini adalah Mikrokontroler NodeMCU dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 NodeMCU (ESP8266)

NodeMCU dapat dianalogikan sebagai board arduino-nya ESP8266. Program ESP8266 sedikit merepotkan karena diperlukan beberapa teknik wiring serta tambahan modul USB to serial untuk mengunduh program. Namun NodeMCU telah me-package ESP8266 ke dalam sebuah board yang kompak dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroler + kapabilitas akses terhadap Wifi juga chip komunikasi USB to serial. Sehingga untuk memprogramnya hanya diperlukan ekstensi kabel data USB persis yang digunakan *charging smarphone*.

2.7 Sensor EC

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi nilai *electrical conductivity* (EC) dari larutan nutrisi. Nilai ppm dihitung dari EC larutan. EC merupakan penghantar listrik yang ada pada cairan. Nilai EC atau ppm didapat dari pengukuran perlawanan antara dua *probe* ketika terendam dalam cairan. Secara definisi, jika dua *probe* yang diletakkan dalam suatu larutan dan diberi beda potensial listrik (normalnya berbentuk sinusioda), maka pada plat tersebut akan mengalir arus listrik. Besar nutrisi yang diukur pada penelitian ini menggunakan satuan *part-per million* (ppm). Dalam penelitian ini fokus pengendalian nutrisi pada nilai EC dan hasil pembacaan nutrisi EC dari sensor larutan nutrisi digunakan sebagai nilai variabel yang didapat dari jumlah larutan nutrisi yang ada pada wadah hidroponik.

Larutan nutrisi sebagai pasokan air dan mineral yang penting bagi pertumbuhan tanaman, sehingga harus tepat dalam penakaran jumlah, komposisi nutrisi, dan suhu. Pada umumnya kualitas larutan nutrisi ini diketahui dengan mengukur EC larutan tersebut. Semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi

arus listrik yang dihantarkan. *Electrical conductivity* (EC) atau daya hantar listrik adalah kemampuan untuk menghantarkan ion-ion listrik yang terkandung di dalam larutan nutrisi ke akar tanaman. EC merupakan parameter yang menunjukkan konsentrasi ion-ion yang terlarut dalam larutan nutrisi. Jika ion yang terlarut semakin banyak, maka semakin tinggi EC larutan nutrisi tersebut. Tinggi rendahnya EC dalam larutan nutrisi mempengaruhi metabolisme tanaman, yaitu kecepatan fotosintesis tanaman, aktivitas enzim dan potensi penyerapan ion-ion larutan oleh akar tanaman (Sutiyoso, 2004).

Penelitian terkait juga sudah banyak dilakukan. Prasetyo (2018) Implementasi IoT pada Sistem Monitoring dan Pengendali Sirkulasi Air Tanaman Hidroponik. Putra (2018) Budidaya Tanaman Hidroponik DFT pada Tiga Kondisi Nutrisi Yang Berbeda. Septiany (2018) Realisasi Sistem Kontrol pada Budidaya Tanaman Hidroponik Berbasis IoT dan Web dengan Perangkat ESP8266 NodeMCU.

2.8 IoT (Internet of Things)

Perkembangan teknologi informasi yang sangat cepat telah memberikan dampak pada globalisasi, persaingan bisnis, tuntutan pekerjaan, dan tuntutan gaya hidup menjadi semakin meningkat. Salah satunya yaitu *Internet of Things* (IoT) menghasilkan peluang menghubungkan benda-benda fisik dan sensor. *Internet of Things* (IoT) merupakan suatu konsep dari pemanfaatan jaringan internet atau konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus untuk menghubungkan suatu objek dengan internet sesuai protokol yang ditetapkan. Adapun manfaat IoT yaitu *sharing* data dan *remote control*. Contohnya bahan pangan, elektronik, koleksi, peralatan apa saja, termasuk benda hidup yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global melalui sensor yang tertanam dan selalu aktif. Pada dasarnya, *Internet of Things* mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representasi virtual dalam struktur berbasis Internet. IoT merupakan kombinasi dari berbagai hardware dan software yang saling terintegrasi satu sama lain melalui jaringan teknologi informasi (Patel dan Patel, 2016).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni sampai Agustus 2019. Penelitian ini dilaksanakan di Jln. Letjen Suprpto, Gang 6, blok 88, Kelurahan Kebonsari, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember. Lokasi penelitian terletak di koordinat -8.1822234, 113.6998772. Pengolahan data-data yang telah diperoleh akan diolah di Laboratorium *N-Computing*.

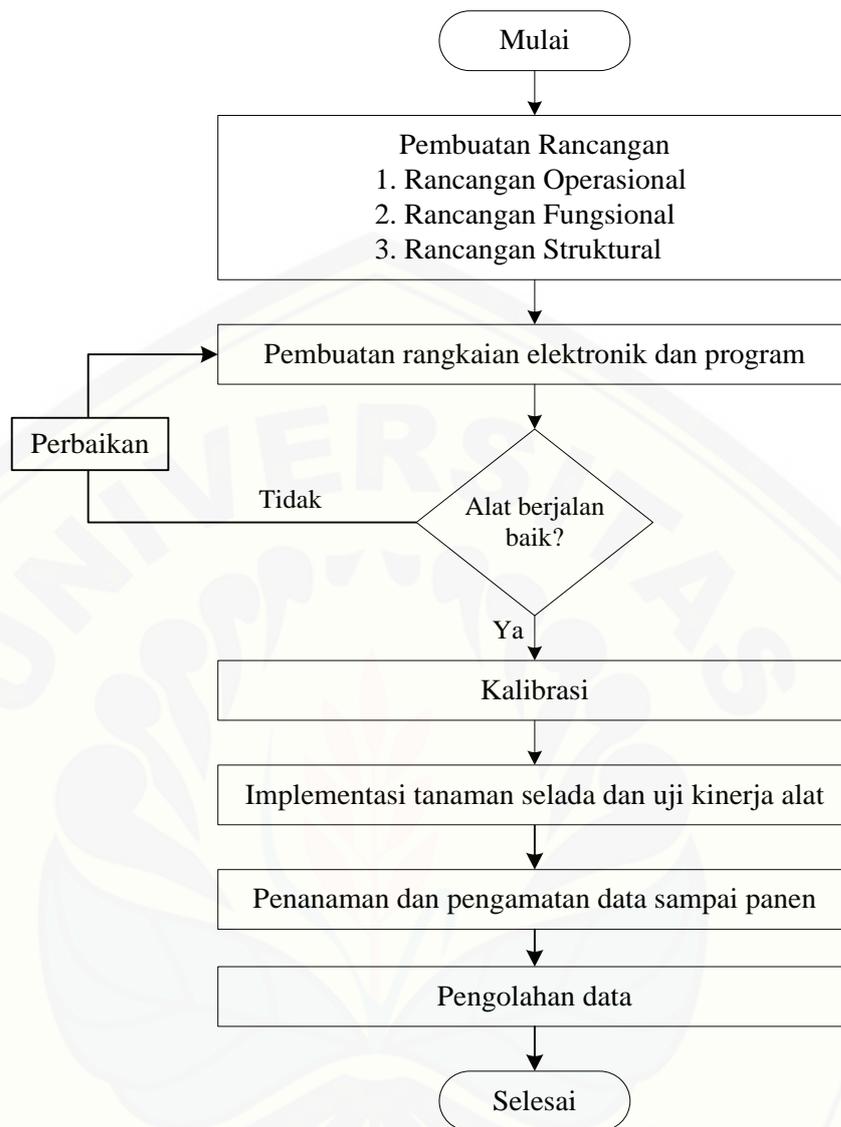
3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ialah: NodeMCU, sensor EC, DHT 11, sensor relay, kabel *jumper male to female*, penggaris, laptop atau komputer, software *Arduino IDE*, timba, gergaji kayu, gergaji pipa, palu, paku, kayu reng, pipa berdiameter 2,5 inch sepanjang 12 meter, pipa berukuran 3 inch sepanjang 2 meter, pompa air.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ialah: benih selada, net pot berdiameter 5 cm, air sumur, dan nutrisi AB Mix (pupuk cair) sayuran daun.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilaksanakan yaitu meliputi pembuatan rancangan yang terbagi menjadi 3 bagian yaitu rancangan operasional, rancangan fungsional, dan rancangan struktural serta, pembuatan rangkaian elektornik dan program, proses uji kalibrasi, implementasi tanaman selada, penanaman dan pengamatan sampai panen, dan pengolahan data. Tahapan penelitian ditunjukkan pada diagram alir Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Pada Gambar 3.1 menunjukkan proses yang dimulai dari pembuatan rancangan sampai pengolahan data. Pada proses kalibrasi terdapat uji kalibrasi dari alat yang dirancang dikalibrasi dengan alat instrumen agar mendekati nilai yang sebenarnya. Dalam diagram juga dijelaskan proses pembuatan rangkaian elektronik dan program dari komponen elektronik yang digunakan. Pada awalnya pembuatan dimulai dari proses *wiring* dengan menghubungkan semua komponen elektronik agar terhubung satu dengan yang lain sampai proses pengecekan kembali jika sensor sudah sesuai dengan *pinout* yang ada pada mikrokontroler. Selanjutnya pembuatan program yang dikerjakan pada Arduino IDE, pembuatan program dilakukan sesuai

dengan proses *wiring* yang sudah dirangkai. Jika pengujian program tidak berjalan dengan baik maka akan dilakukan perbaikan pada *sketch* program jika berjalan dengan baik *sketch* program akan digunakan pada implementasi tanaman selada. Penanaman selada sampai panen dilakukan selama 32 hari dengan setiap minggu diukur kebutuhan nutrisi dan mengganti nutrisi AB Mix yang baru. Pengamatan ini dilakukan secara otomatis menggunakan penyimpanan *cloud data logger* berupa Thingspeak. Setelah didapatkan data dilakukan pengolahan data menggunakan *microsoft excel*. Berikut ini penjelasan tahapan rancangan penelitian yang dilakukan antara lain.

3.4 Pembuatan Rancangan

3.4.1 Rancangan Operasional

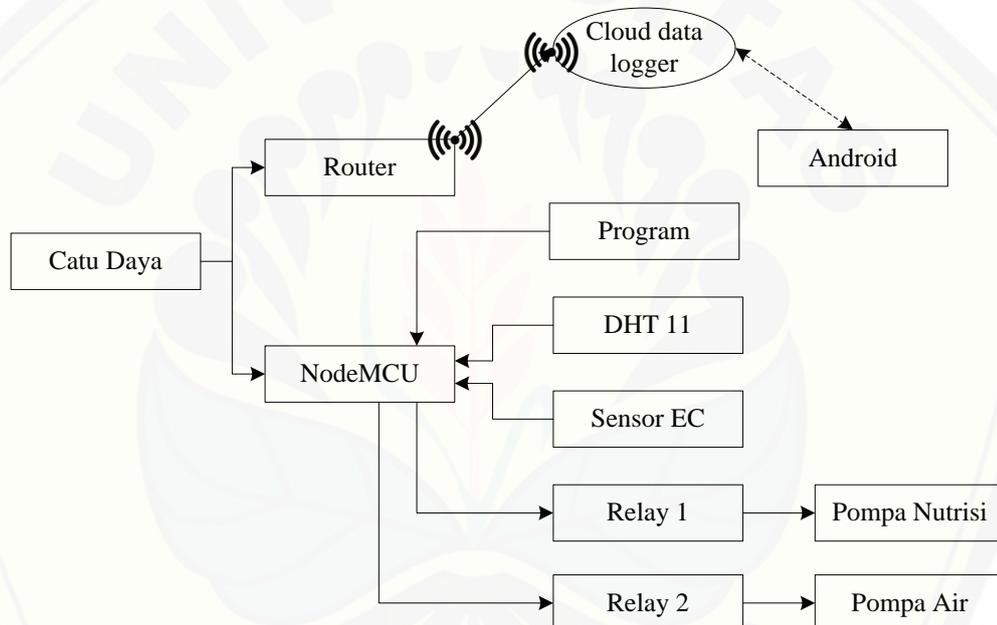
Sistem yang dirancang memiliki prinsip kerja yang dikendalikan dengan modul mikrokontroler NodeMCU. Adapun operasional sistem kontrol dan monitoring nutrisi EC pada tanaman hidroponik adalah sebagai berikut.

1. Sensor EC akan mendeteksi konsentrasi larutan nutrisi dan merubahnya menjadi keluaran berupa tegangan analog yang dibaca oleh NodeMCU dikonversi menjadi nilai digital 10 bit.
2. NodeMCU mengkonversi nilai 10 bit menjadi nilai EC melalui persamaan kalibrasi yang sebelumnya telah dilakukan.
3. Jika EC kurang dari 800 us/cm (batas bawah) yang ditentukan maka mikrokontroler menghidupkan relay 1 untuk menyalakan penyaluran nutrisi menggunakan pompa nutrisi, jika EC melebihi batas atas (1200 us/cm) maka mikrokontroler mematikan relay 1 untuk menghentikan menyalurkan nutrisi ke wadah penampung.
4. Mikrokontroler juga mengaktifkan relay 2 untuk sirkulasi air ke tanaman hidroponik menggunakan pompa aquarium dengan cara menghidupkan pompa selama 2 menit setiap rentang waktu 30 menit.
5. Nilai paramater yang terbaca oleh NodeMCU akan di simpan *cloud server* (*Thingspeak*).

6. Data pada Thingspeak selanjutnya dibaca dengan Android melalui aplikasi Thingview, atau menggunakan browser pada website <https://thingspeak.com/> melalui menghubungkan koneksi router yang telah terhubung dengan jaringan internet.

3.4.2 Rancangan Fungsional

Berdasarkan rancangan operasional diatas secara fungsional alat yang akan dirancang akan memiliki komponen seperti diagram blok yang pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Diagram blok komponen

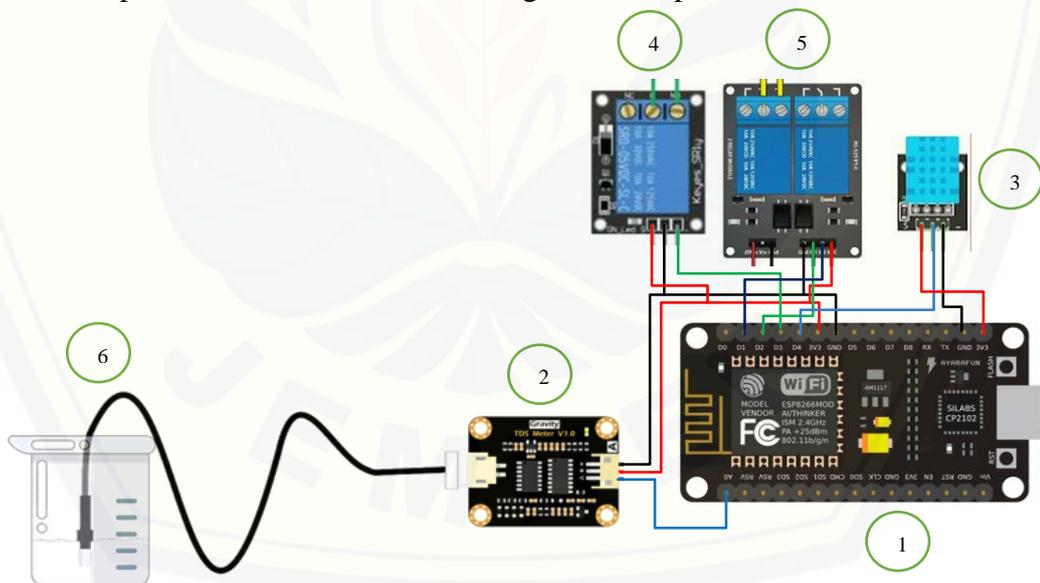
Fungsi setiap komponen pada Gambar 3.2 dapat dijelaskan dalam diagram blok komponen sebagai berikut ini.

1. Catu daya berfungsi sebagai penyedia atau sumber energi untuk seluruh komponen elektronik yang digunakan.
2. Router berfungsi sebagai penghubung dengan jaringan internet.
3. NodeMCU adalah mikrokontroler yang mengendalikan seluruh sistem.
4. DHT 11 berfungsi sebagai mendeteksi suhu dan kelembapan.
5. Sensor EC berfungsi sebagai mendeteksi konsentrasi cairan nutrisi.

6. Relay 1 berfungsi untuk menyambung atau memutus arus listrik ke pompa nutrisi.
7. Relay 2 berfungsi untuk menyambung atau memutus arus listrik ke pompa air.
8. Pompa berfungsi sebagai mengalirkan nutrisi
9. Pompa berfungsi sebagai sirkulasi air ke hidroponik
10. Program digunakan untuk menjalankan mikrokontroler NodeMCU agar dapat beroperasi sesuai rancangan yang diinginkan.
11. Android digunakan untuk monitoring data melalui smartphone pada aplikasi *Thingview*.

3.4.3 Rancangan Struktural

Dalam rancangan struktural terbagi menjadi dua bagian yaitu sekma rangkaian elektronik dan rancangan instalasi hidroponik. Adapun skema rancangan struktural pada sistem kontrol otomatis digambarkan pada Gambar 3.3.



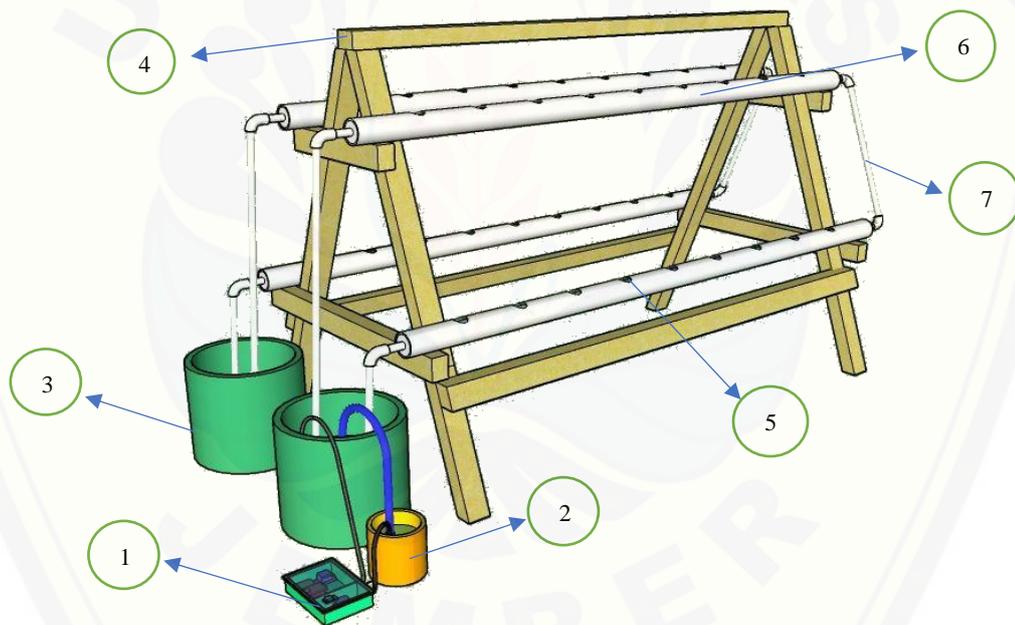
Gambar 3.3 Skema rangkaian elektronik

Keterangan

1. Mikrokontroler NodeMCU
2. Sensor analog TDS meter SEN0244
3. Sensor DHT 11

4. Relay 1
5. Relay 2
6. Probe TDS Sensor

Sistem kontrol otomatis ini berfungsi untuk mengendalikan nilai EC yang telah ditentukan melalui pengaturan *set point* menggunakan Analog EC meter yang diperoleh nilai EC dapat ditampilkan pada aplikasi. Skema rangkaian ini menjelaskan alur rangkaian (*wiring*) dari mikrokontroler NodeMCU sebagai otak dari sistem. Penggunaan Relay 1 untuk menyalurkan nutrisi dan relay 2 untuk mensirkulasikan air yang dibutuhkan. DHT 11 sebagai instrumen pengukur suhu dan kelembapan. Sensor TDS sebagai instrumen pengukur nilai EC. Rancangan instalasi hidroponik dan rangkaian elektronika yang dibutuhkan dihubungkan dengan NodeMCU seperti Gambar 3.5 dikemas dalam *box* komponen elektronik.



Gambar 3.4 Rancangan Struktural

Keterangan :

1. *Box* alat komponen elektronik
2. Wadah nutrisi
3. Wadah penampung air
4. Rangka kayu
5. Lubang tempat *net pot*

6. Pipa 2,5 inch
7. Pipa ½ inch

Rancangan hidroponik yang digunakan yaitu berupa DFT dengan pipa memiliki panjang berukuran 2 meter, tinggi rangka kayu 1,33 m, panjang kayu 1,8 dan lebar alas 1,47. Bahan kayu reng yang digunakan berupa kayu mahoni. Terdapat 4 pipa berukuran 2,5 dm dengan ukuran lubang berdiameter 3 cm dari total lubang sebanyak 36 net pot yang dapat digunakan dengan jarak setiap lubang 20 cm. Dalam diameter lubang net pot 4 cm, hal ini dapat memudahkan tanaman untuk tumbuh secara sempurna. Untuk pipa berukuran 2 dm, yang terletak di atas terdapat ketinggian sekitar 4 cm untuk memudahkan aliran air yang konstan dan stabil. Terdapat 2 bak air berukuran 15 L yang menampung air dan nutrisi yang telah serta bak nutrisi berupa kaleng bekas untuk menyimpan nutrisi AB Mix yang mensirkulasikan nutrisi sesuai kebutuhan tanaman. Adapun box elektronik yang di dalamnya terdapat komponen mikrokontroler, sensor, dan relay. Box elektronik terdapat dibagian luar untuk memudahkan sistem *wiring* sensor TDS dimana probe sensor terletak pada bak air yang telah terisi nutrisi dan relay sebagai penyedia sumber daya listrik dan pemutus arus listrik. Berikut ini adalah Gambar 3.4 desain rencana yang digunakan.

3.5 Pembuatan Rangkaian Elektronik dan Pemrograman

3.5.1 Pembuatan Rangkaian Elektronik

Pembuatan rangkaian elektronik merupakan suatu tahapan dimana semua komponen elektronik yang digunakan dihubungkan satu sama lain. Langkah awal dalam pembuatan rangkaian elektronik adalah merangkai komponen sensor EC dan suhu dengan *port* input analog NodeMCU menggunakan kabel jumper *male to female*. Setelah itu menghubungkan antara NodeMCU dengan Laptop menggunakan Micro USB TTL Kabel CH340. Selanjutnya, NodeMCU dihubungkan dengan router agar dapat diakses melalui jarak jauh dan memiliki alamat APIkey sebagai server penyimpanan berbasis *cloud*. Terakhir, GPIO yang terdapat pada NodeMCU digunakan untuk menghubungkan dengan relay 1 dan

relay 2 sebagai aktuator yang digunakan. Berikut rincian pembuatan alat pada rangkaian elektronik yang digunakan.

- a. Perakitan sensor analog TDS meter SEN0244
- b. Perakitan sensor DHT 11
- c. Perakitan modul *relay board* dan aktuator
- d. Perakitan keseluruhan komponen elektronik

3.5.2 Pembuatan Program

Pembuatan program dilakukan melalui 3 bagian yaitu pembuatan program untuk sensor TDS, sensor suhu, dan penyimpanan cloud (*Thingspeak*) menggunakan software Arduino IDE. Program yang dibuat disesuaikan dengan kebutuhan yaitu untuk pembacaan data dari sensor. Program yang telah selesai selanjutnya akan dihubungkan pada port USB pada laptop. Dalam pembuatan program untuk penyimpanan data ke platform *Thingspeak* diperlukan kode APIKey sebagai alamat server *Thingspeak* agar terhubung ke dalam penyimpanan *server cloud*. Berikut adalah daftar program yang akan dibuat sesuai dengan fungsinya masing-masing.

- a. Pembuatan program pembacaan sensor TDS dengan bahasa C++

Program dibuat, di compile, dan di transfer ke NodeMCU menggunakan Arduino IDE. Pembuatan program pembacaan sensor TDS dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu deklarasi, inisialisasi, dan eksekusi. Sensor ini memiliki 3 pin yaitu DATA, VCC, dan GND. Pin DATA dihubungkan pada pin analog NodeMCU (A0) sedangkan VCC dihubungkan dengan pin *output* regulator dan GND dihubungkan ke pin *ground* regulator. Untuk sketch program sensor TDS dapat dilihat pada halaman daftar lampiran.

Dalam sketch program TDS ini terdapat konversi dari nilai tds ke nilai EC yang dapat dilihat pada deklarasi $x = 1.4285 * z$. Dimana z adalah hasil perhitungan dari nilai TDS dan 1.4285 adalah konstanta yang diperoleh dari metode *truncheon*.

- b. Pembuatan program pembacaan sensor suhu dengan bahasa C++

Program pembacaan sensor DHT11 dijalankan didalam Arduino IDE oleh mikrokontroller ESP8266. Pembuatan program pembacaan sensor DHT11 dibuat dengan beberapa tahapan yaitu deklarasi, inisialisasi, dan eksekusi. Sensor ini memiliki 3 pin yaitu DATA, VCC, dan GND. Pin DATA dihubungkan pada pin analog NodeMCU (D0) sedangkan VCC dihubungkan dengan pin *output* 3v dan GND dihubungkan ke pin *ground* regulator. Untuk sketch program sensor DHT11 dapat dilihat pada halaman daftar lampiran.

- c. Pembuatan program pembacaan dan penyimpanan data didalam platform *Thingspeak*.

Program pembacaan penyimpanan data melalui *Thingspeak* dijalankan didalam Arduino IDE oleh mikrokontroller ESP8266. Pembuatan program pembacaan *Thingspeak* dibuat dengan beberapa tahapan yaitu deklarasi dan eksekusi. Agar penyimpanan data dapat connect kepada server *Thingspeak* harus menggunakan *APIkey* sebagai alamat server yang digunakan. Sedangkan penamaan data dalam platform disesuaikan dengan parameter yang digunakan. Untuk sketch program *Thingspeak* dapat dilihat pada halaman daftar lampiran.

3.6 Kalibrasi

Kalibrasi sensor berfungsi untuk memperoleh nilai sebenarnya dengan cara membandingkan nilai sensor EC dengan instrumen ukur standar. Pada umumnya TDS dan EC Meter pengukuran EC menggunakan satuan $\mu\text{S}/\text{cm}$. Sedangkan pada sensor EC umumnya penilaiannya menggunakan satuan mS/cm . Jadi supaya pengukuran sesuai dengan TDS dan EC meter, harus dilakukan koversi dari nilai ms/cm ke $\mu\text{S}/\text{cm}$. Untuk pengkuruan kalibrasi TDS dan EC meter dan Sensor EC dilakukan secara bersamaan untuk mengetahui nilai yang sesuai. Rumus yang digunakan yaitu metode Truncheon, rumus tersebut dapat dilihat dibawah ini.

$$\text{EC} = 1 \text{ mS}/\text{cm} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$= 1000 \text{ uS}/\text{cm} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$= \frac{1000}{1.4285} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$= 700 \text{ PPM} \dots\dots\dots (3.4)$$

(Setiawan, 2018)

Untuk menjadikan nilai EC dalam satuan $\mu\text{s}/\text{cm}$ maka rumus koversi yang digunakan yaitu:

$$\text{EC} = 1.4285 * \text{TDS} \dots\dots\dots (3.4)$$

Setelah uji kalibrasi dilakukan diperoleh data TDS dan EC. Data tersebut di olah kembali menggunakan Microsoft Excel untuk memperoleh nilai persamaan yang akan digunakan pada hasil nilai EC yang digunakan pada saat penelitian berlangsung. Dengan persamaan yang digunakan yaitu $y = ax + b$. Nilai *intercept* a diindikasikan sebagai nilai sensor dan nilai *intercept* b sebagai instrumen ukur standar. Dimana x adalah nilai EC. Nilai x berfungsi sebagai variabel untuk memperoleh nilai EC dari konstanta 1.4285 di kali variabel z sebagai nilai TDS.

3.7 Pengambilan dan Analisis Data

Data yang diambil yaitu berupa data suhu, kelembapan, dan EC. Secara kontinyu data disimpan menggunakan aplikasi IoT yaitu dengan cara memanfaatkan jaringan internet untuk mentransfer dan *cloud* storage untuk menyimpan data yang diperoleh. Data-data yang yang diperoleh tersebut diambil dengan setiap interval 30 menit dan penyimpanan data dengan format *comma separated values* (csv). Data tersebut dapat langsung dimonitoring secara *real-time* melalui *website* atau *Android*. Pengukuran menggunakan sensor yang sudah ada dipasaran yaitu TDS dan EC Meter berguna untuk membandingkan antara nilai yang didapat dari sensor yang sudah dirangkai. Sedangkan pengukuran kebutuhan nutrisi tanaman dilakukan setiap minggu untuk melihat jumlah penggunaan nutrisi yang digunakan lalu dirata-rata kebutuhan nutrisi yang digunakan selama 32 hari. Data yang telah diperoleh diolah menggunakan *Microsoft Excel*.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian dari rancangan yang telah dibuat didapatkan bahwa rancangan berfungsi dengan baik. Dimana sistem yang berjalan selama 24 jam dan data tampilan pada *Thingspeak* secara keseluruhan 1543 baris data dengan interval setiap 30 menit.
2. Kebutuhan nutrisi tanaman selada hidroponik selama 32 hari didapatkan rerata nilai 700 ml selama setiap minggu dengan jumlah sebanyak 18 tanaman selada hidroponik. Dalam kebutuhan nutrisi total selama 32 hari yang digunakan sebesar 2800 ml dengan kebutuhan nutrisi setiap tanaman adalah 155 ml dari 18 netpot tanaman selada.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dengan menambah parameter pH untuk mengukur larutan nutrisi yang ada di dalam tanaman hidroponik selada sehingga larutan nutrisi yang telah diberi pupuk dapat mengerti kandungan nutrisi dalam setiap kondisi dan jika mengalami pemadaman listrik hendaknya mengontrol kembali kondisi air dan nutrisi yang digunakan supaya tidak terjadi kekurangan nutrisi yang dapat menyebabkan tanaman menjadi tidak sehat.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2014. *Produksi Sayuran di Indonesia 2007-2009*. www.bps.go.id. [Diakses pada 23 Februari 2019]
- Bayu W.N. 2018. *Kelebihan dan Kekurangan Sistem Hidroponik DFT*. <http://hidroponikpedia.com/kelebihan-dan-kekurang-sistem-hidroponik-dft/>
- Chadirin, Y. 2007. *Teknologi Greenhouse dan Hidroponik*. Diktat Kuliah Departemen Teknik Pertanian, IPB.
- Djuandi, Feri. 2011. *Pengenalan Arduino*. E-Book.. <http://www.tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf>. [Diakses pada 30 April 2019].
- Daun Ijo. 2017. *Daftar Nilai pH, EC dan PPM Beberapa Tanaman Hidroponik*. <http://daunijo.com/daftar-nilai-ph-ec-dan-ppm-beberapa-tanaman-hidroponik/> [Dikases pada 23 Juni 2019]
- Hariyanto. 2010. *Pola dan Intensitas Konversi Lahan Pertanian di Kota Semarang tahun 2000-2009*. Jurnal Geografi. Vol. 7 No.1. Hal 1-10.
- Hasan, B.J. 1988. *Dasar-dasar Agronomi*. Rajawali Press. Jakarta
- International Osteoporosis Foundation (2015) *International Osteoporosis Foundation*, Available: <http://www.iofbonehealth.org/factsstatistics> [Diakses pada 30 April 2019].
- Iqbal, M dan Sumaryanto, 2007. Strategi Pengendalian Alih Fungsi Lahan Pertanian Bertumpu Pada Partisipasi Masyarakat, Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Volume 5 No. 2, Juni 2007 : 167-182. Bogor
- Lingga, P. 1999. *Hidroponik Bercocok Tanam Tanpa Tanah*. Penebar Swadaya. Jakarta. 99 hal.
- Lingga, P. 2002. *Hidroponik Bercocok Tanam Tanpa Tanah*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Patel, K. K. dan S. M. Patel. 2016. Internet of things-iot: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. *International Journal of Engineering Science and Computing*. 6(5):6122–6131.

- Prasetyo, A., Nurhasan, U., dan Lazuardi, G. 2018. *Implementasi IoT pada Sistem Monitoring dan Pengendali Sirkulasi Air Tanaman Hidroponik*. Jurnal Informatika Polinema
- Putra, R. M. 2018. *Budidaya Tanaman Hidroponik DFT pada Tiga Kondisi Nutrisi yang Berbeda*. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung
- Roslioni, R., dan Sumarni, N 2005. *Budidaya Tanaman Sayuran dengan Sistem Hidroponik. Monografi (27) : ISBN : 979-8403-36-2*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung.
- Rubatzky, V. E. and M. Yamaguchi. 1999. *World Vegetable: Principles, Production, and Nutritive Values (Sayuran Dunia: Prinsip, Produksi, dan Gizi, alih bahasa C. Herison)*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Septiany, N. 2018. *Realisasi Sistem Kontrol pada Budidaya Tanaman Hidroponik Berbasis IoT dan Web dengan Perangkat ESP8266*. Perpustakaan Digital Politeknik Negeri Bandung
- Setiawan, A. 2018. Cara Menghitung Dan Menakar Larutan Pupuk Ab Mix Dalam Skala Ppm. <https://www.kebunpedia.com/threads/cara-menghitung-dan-menakar-larutan-pupuk-ab-mix-dalam-skala-ppm.4599/page-2>. [Diakses pada 4 Juni 2019]
- Susila, A.D., dan Koernawati, Y. 2004. *Pengaruh volume dan jenis media tanam pada pertumbuhan dan hasil tanaman selada (Lactuca sativa) dalam teknologi hidroponik sistem terapung*. *Bul. Agron.* Vol.32 No.3 : 16-21.
- Supriati, Y dan E. Herlina. 2014. *15 Sayuran Organik Dalam Pot*. Penebar Swadaya. Jakarta. 148 hal.
- Sutiyoso, Y., 2004. *Hidroponik ala Yos*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Umar, U.F., Akhmadi, Y.N., dan Sanyoto. 2016. *Mengenal, Membuat dan Menggunakan Larutan Nutrisi*. In *Jago Menanam Hidroponik Untuk Pemula (pp. 41-45)*. Jakarta. PT.AgroMedia Pustaka.
- Wicaksono, M.F, Hidayat. 2017. *MUDAH BELAJAR MIKROKONTROLER ARDUINO*. Informatika Bandung. 251 hal

DAFTAR LAMPIRAN**Lampiran 1. Penulisan Program Arduino**

```
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>
#include <ESP8266WiFi.h>

#define DHTPIN 2
#define pompa 5
#define relay1 4
#define relay2 5

#define TdsSensorPin A0
#define VREF 4.9 // tegangan referensi analog (Volt) dari ADC
#define SCOUNT 30 // jumlah titik sampel
int analogBuffer[SCOUNT]; // menyimpan nilai analog dalam array, baca dari
ADC
int analogBufferTemp[SCOUNT];
int analogBufferIndex = 0,copyIndex = 0;
float averageVoltage = 0,tdsValue = 0,temperature = 25, ec=0;
float x = 0, z = 0;
int e;
int c;
int o;
int d;
int analogPin = 0;
String apiKey = "OKYX1GY34WFOFI5K"; //-----APIKey
const char *ssid = "WONG NDESO"; //-----SSID Wifi
const char *pass = "pecelnganjuk97"; //-----Password Wifi
const char* server = "api.thingspeak.com"; //-----IP Thingspeak
```

```
DHT dht(DHTPIN, DHT11);           //-----DHT paket

WiFiClient client;                //-----NodeMCU paket

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(TdsSensorPin,INPUT);

  pinMode(relay1,OUTPUT);
  pinMode(relay2,OUTPUT);
  digitalWrite(relay1,LOW);
  digitalWrite(relay2,LOW);

  Serial.println("MENGHUBUNGKAN PADA JARINGAN..... ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, pass);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
  {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("TERSAMBUNG PADA JARINGAN");
}

void loop()
{
  static unsigned long analogSampleTimepoint = millis();
  if(millis()-analogSampleTimepoint > 4000)
```

```

{
  analogSampleTimepoint = millis();
  analogBuffer[analogBufferIndex] = analogRead(TdsSensorPin);
  analogBufferIndex++;
  if(analogBufferIndex == SCOUNT)
    analogBufferIndex = 0;
}
static unsigned long printTimepoint = millis();
if(millis()-printTimepoint > 800U)
{
  printTimepoint = millis();
  for(copyIndex=0;copyIndex<SCOUNT;copyIndex++)
    analogBufferTemp[copyIndex]= analogBuffer[copyIndex];
  averageVoltage = getMedianNum(analogBufferTemp,SCOUNT) *
(float)VREF / 1024.0;
  //-----Sensor EC DAN TDS
  float compensationCoefficient=1.0+0.02*(temperature-25.0);
  float compensationVolatge=averageVoltage/compensationCoefficient;

  z=(133.42*compensationVolatge*compensationVolatge*compensationVolatge -
255.86*compensationVolatge*compensationVolatge +
857.39*compensationVolatge)*0.5; //convert voltage value to tds value
  x= 1.4285*z;
  float ec = (1.3285 * x) + 92.876; //-----EC Kalibrasi

  float tdsValue = (1.2262 * z) + 40.671; //-----TDS Kalibrasi
  {
    float h = dht.readHumidity(); //-----Kelembapan
    float t = dht.readTemperature(); //-----Suhu
  }
}

```

```
//-----  
Mengirim Data ke Server Thingspeak  
if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(tdsValue) || isnan(ec))  
{  
    Serial.println("GAGAL MEMBACA SENSOR!");  
    return;  
}  
if (client.connect(server,80) //  
{  
    String postStr = apiKey;  
    postStr += "&field1=";  
    postStr += String(t);  
    postStr += "&field2=";  
    postStr += String(h);  
    postStr += "&field3=";  
    postStr += String(tdsValue);  
    postStr += "&field4=";  
    postStr += String(ec);  
    postStr += "\r\n\r\n";  
    client.print("POST /update HTTP/1.1\n");  
    client.print("Host: api.thingspeak.com\n");  
    client.print("Connection: close\n");  
    client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\n");  
    client.print("Content-Type:          application/x-www-form-  
urlencoded\n");  
    client.print("Content-Length: ");  
    client.print(postStr.length());  
    client.print("\n\n");  
    client.print(postStr);  
  
    Serial.print("Suhu: ");
```

```
        Serial.print(t);
        Serial.print(" Kelembapan: ");
        Serial.print(h);
        Serial.print("%. TDS:");
        Serial.print(tdsValue);
        Serial.print(" ppm ");
        Serial.print("%. EC:");
        Serial.print(ec);
        Serial.println(" uS/cm. Berhasil Terupload.");
    }
    client.stop();
    Serial.println("Menunggu...");

    /*digitalWrite(relay1,HIGH);
    digitalWrite(relay2,HIGH);
    delay(60000);

    digitalWrite(relay1,LOW);
    digitalWrite(relay2,LOW);
    delay(1800000);*/
    delay(2000);
}

if (EC < 800.00){ //-----Set Point
    digitalWrite(pompa,HIGH);
}
else if(EC < 1200.00){
    digitalWrite(pompa,LOW);
}
}
}
```

```
//-----  
-----  
int getMedianNum(int bArray[], int iFilterLen) //-----  
ARRAY  
{  
    int bTab[iFilterLen];  
    for (byte i = 0; i < iFilterLen; i++)  
        bTab[i] = bArray[i];  
    int i, j, bTemp;  
    for (j = 0; j < iFilterLen - 1; j++)  
    {  
        for (i = 0; i < iFilterLen - j - 1; i++)  
        {  
            if (bTab[i] > bTab[i + 1])  
            {  
                bTemp = bTab[i];  
                bTab[i] = bTab[i + 1];  
                bTab[i + 1] = bTemp;  
            }  
        }  
    }  
    if ((iFilterLen & 1) > 0)  
        bTemp = bTab[(iFilterLen - 1) / 2];  
    else  
        bTemp = (bTab[iFilterLen / 2] + bTab[iFilterLen / 2 - 1]) / 2;  
    return bTemp;  
}
```

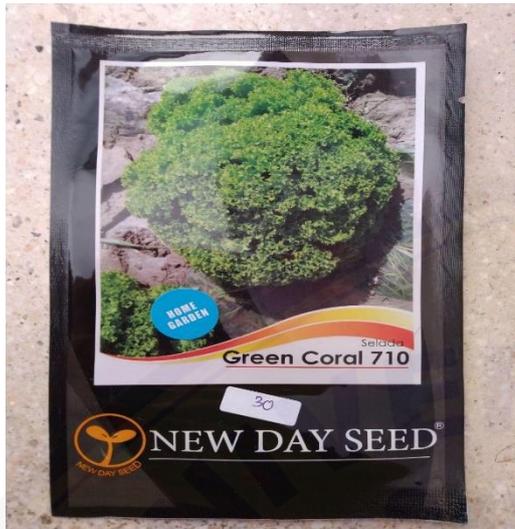
Lampiran 2. Kalibrasi Data Awal

No.	Alat		Sensor	
	TDS	EC	TDS	EC
1	8	15	48	72
2	13	28	63	91
3	22	48	90	128
4	45	89	142	203
5	65	136	197	281
6	88	198	249	346
7	117	267	332	475
8	143	297	380	546
9	153	327	406	605
10	165	370	482	688
11	192	425	507	775
12	213	467	627	925
13	233	509	716	1023
14	257	553	769	1095
15	279	588	937	1371
16	295	612	971	1426
17	312	689	1153	1653
18	340	720	1380	1964
19	393	835	1535	2192
20	419	869	1685	2407
21	447	921	1795	2592
22	462	969	1996	2872
23	487	1011	2062	2989
24	515	1084	2177	3109
25	538	1137	2224	3177

Lampiran 3. Data rerata EC, Suhu, dan Kelembapan

Waktu	rerata suhu (harian)	rerata kelembapan (harian)	rerata EC (harian)
13/07/2019	26	95	1076
14/07/2019	26	94	966
15/07/2019	27	95	952
16/07/2019	27	95	1019
17/07/2019	26	95	996
18/07/2019	27	94	1013
19/07/2019	27	95	1182
20/07/2019	28	94	1137
21/07/2019	28	94	1107
22/07/2019	27	95	1230
23/07/2019	28	95	1165
24/07/2019	28	95	1220
25/07/2019	27	95	1224
26/07/2019	27	95	1215
27/07/2019	27	95	1211
28/07/2019	27	95	1136
29/07/2019	27	95	1195
30/07/2019	27	95	1162
31/07/2019	28	95	1161
01/08/2019	28	95	1190
02/08/2019	28	95	1182
03/08/2019	27	91	1221
04/08/2019	27	94	1252
05/08/2019	27	89	1125
06/08/2019	27	95	1199
07/08/2019	27	95	919
08/08/2019	27	95	784
09/08/2019	28	95	1003
10/08/2019	28	94	813
11/08/2019	28	95	966
12/08/2019	28	95	621
13/08/2019	29	95	628

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian



Gambar 3.1 Benih Selada



Gambar 3.2 Pupuk AB Mix



Gambar 3.3 Pemotongan Pipa Pvc 2,5



Gambar 3.4 Pembuatan Kerangka DFT



Gambar 3.5 Pemberian Pupuk AB Mix



Gambar 3.6 Masa Panen Selada