# Rancang Bangun Sistem *Aeroponik* Secara Otomatis Untuk Budidaya Beberapa Sayuran

**Muhammad Widodo[1], Ayub Subandi[2]**
***[1]Sistem Komputer UNIKOM, Bandung, [2]Sistem Komputer UNIKOM, Bandung***
[1]muhwido@gmail.com, [2]kangayub@gmail.com

Abstrak

*Aeroponik* merupakan suatu cara bercocok tanam sayuran diudara tanpa penggunaan tanah, nutrisi disemprotkan pada akar tanaman, air yang berisi larutan hara atau nutrisi disemburkan dalam bentuk kabut hingga mengenai akar tanaman. Akar tanaman yang menggantung akan menyerap larutan hara yang diberikan. Nutrisi disemprotkan menggunakan irigasi *sprinkler*. Pada perancangan alat yang dibuat menggunakan mikrokontroler sebagai pengatur kerja sistem secara keseluruhan yang sudah berisi instruksi-instruksi atau program yang dibuat dalam bahasa C. Untuk proses *timer* pada pompa menggunakan metode penundaan atau *delay*. Sedangkan untuk proses pembacaan suhu dan kelembaban digunakan sensor DHT11. Pada hasil percobaan alat aeroponik didapatkan hasil pertumbuhan sayuran yang signifikan dari segi tinggi batang, panjang daun dan lebar daun yang berubah-ubah setiap harinya. Perbandingan pertumbuhan antara budidaya sayuran aeroponik dengan metode tanaman tanam tanah adalah 2 : 1. Budidaya sayuran aeroponik terbukti lebih cepat pertumbuhannya dibandingkan dengan budidaya media tanam tanah, hal tersebut disebabkan karena terpenuhinya asupan nutrisi yang dibutuhkan sayuran yang dibudidayakan.

**Kata kunci** : pengaturan suhu dan kelembaban, *timer*, *sprinkler*, mikrokontroler.

## I. Pendahuluan

*Aeroponik* merupakan suatu cara bercocok tanam sayuran diudara tanpa penggunaan tanah, nutrisi disemprotkan pada akar tanaman, air yang berisi larutan hara atau nutrisi disemburkan dalam bentuk kabut hingga mengenai akar tanaman. Akar tanaman yang ditanam menggantung akan menyerap larutan hara tersebut. Air dan nutrisi disemprotkan menggunakan irigasi *sprinkler*.[1]

*Aeroponik* berasal dari kata *aero* yang berarti udara dan *ponus* yang berarti daya. Jadi *aeroponik* adalah memberdayakan udara. Sebenarnya *aeroponik* merupakan suatu tipe *hidroponik* (memberdayaakan air). karena air yang berisi larutan hara disemburkan dalam bentuk kabut hingga mengenai akar tanaman. Sehingga akar tanaman yang ditanam menggantung akan menyerap larutan hara tersebut.[1]

## II. Tujuan Penelitian

Suatu penelitian berujung kepada suatu tujuan atau pencapaian. Dimana tujuan tersebut yang menjadi keluaran produk baik secara materil maupun non-materil. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Membuat sebuah alat yang dapat membantu petani untuk membudidayakan beberapa sayuran secara praktis tanpa membutuhkan lahan yang luas.
2. Meminimalisir gagal panen bagi para petani dikarenakan cuaca buruk.
3. Mengurangi biaya untuk membayar para pekerja yang biasa mengontrol secara manual.

## III. Landasan Teori

### Prinsip Kerja *Aeroponik*

Titik utama aplikasi *aeroponik* di lapang adalah tekanan *(pressure)* yang dihasilkan oleh pompa harus tinggi dan kesesuaian desain instalasi. Tekanan tinggi pada selang saluran akan menghasilkan butiran air berbentuk kabut. Permasalahan dilapang untuk teknik *aeroponik* pada umumnya adalah tekanan yang dihasilkan pompa kurang tinggi sehingga terkreasi butiran air

kasar bukan kabut sehingga butiran air menurun. Semakin kecil butiran air maka permukaan butiran air semakin luas.[2]

### 1.1 Sawi

Sawi sendok atau biasa disebut pakcoy atau bokchoy merupakan jenis sayuran daun kerabat dari sawi yang sudah dikenal dalam dunia kuliner di Indonesia. Bentuknya yang pendek namun besar dengan warna hijau terang ini, sudah banyak dipakai untuk berbagai keperluan dalam masakan. Misalnya saja membuat mi goreng, mi rebus, bakso, dan berbagai makanan yang lain, pakcoy digunakan untuk melengkapi kelezatannya.[3]

Pakcoy banyak mengandung vitamin dan mineral. Kadar vitamin K, A, C, E, dan folat-nya tergolong dalam kategori excellent. Mineral pada pakcoy yang tergolong dalam kategori excellent adalah mangan dan kalsium. pakcoy juga excellent dalam hal asam amino triptofan dan serat pangan (dietaryfiber). Zat-zat gizi yang termasuk dalam kategori very good pada pakcoy adalah kalium, tembaga, posfor, besi, magnesium, vitamin B6, vitamin B2, dan protein. [3]

### 1.2 Kangkung

Kangkung merupakan tanaman menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun. Tanaman kangkung memiliki sistem perakaran tunggang dan cabang-cabangnya akar menyebar kesemua arah, dapat menembus tanah sampai kedalaman 60 hingga 100 cm, dan melebar secara mendatar pada radius 150 cm atau lebih, terutama pada jenis kangkung air batang kangkung bulat dan berlubang, berbuku-buku, banyak mengandung air *(herbacious)* dari buku-bukunya mudah sekali keluar akar. Memiliki percabangan yang banyak dan setelah tumbuh lama batangnya akan merayap (menjalar).[4]

### 1.3 Nutrisi

Nutrisi *aeroponik* adalah pupuk yang telah diformulasikan khusus dari garam-garam mineral yang larut dalam air, mengandung unsur-unsur hara penting yang diperlukan tanaman bagi tumbuh dan berkembang. Nutrisi ini terdiri dari 2 bagian yaitu bagian A dan bagian B, dan biasanya disebut AB mix. Cara penggunaannyapun sangat mudah, hanya dengan mencampurkan masing-masing bagian A dan bagian B dengan air, satu persatu secara terpisah, sesuai petunjuk yang diberikan produsen nutrisi tersebut untuk menjadikan larutan stok atau pekatan. Larutan stok ini perlu dicairkan lagi dengan air jika hendak digunakan.[5]

### 1.4 Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital *input* atau *output* pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack* listrik dan tombol *reset*. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya.[6]

Pada gambar 1 dijelaskan bagaimana tampilan dari arduino uno yang memiliki berbagai fitur. Salah satu fitur dari arduino uno adalah bentuknya yang elegan dan memiliki panjang dan lebar maksimum PCB Arduino Uno adalah 2.7 x 2.1 inch (6,8 x 5,3 cm), dengan konektor USB dan *jack power* menonjol melampaui batas dimensi.




***Gambar 1 : Mikrokontroler Arduino Uno***

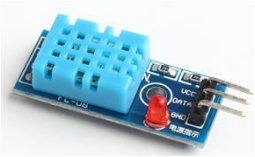
### 1.5 Sensor Suhu dan Kelembaban

Definisi suhu udara adalah banyak sedikitnya sinar matahari yang sampai di permukaan bumi menyebabkan perbedaan suhu udara di permukaan bumi. Sedangkan definisi kelembaban udara yaitu banyaknya kadar uap air yang ada di udara. dalam kelembaban mengenal beberapa istilah yaitu :[7]

- ✓ Kelembaban mutlak : massa uap air yang berada dalam satu satuan udara yang dinyatakan dalam gram/m3.

- ✓ Kelembaban spesifik : perbandingan jumlah uap air di udara denagn satuan massa udara yang dinyatakan dalam gram/kg.
- ✓ Kelembaban relatif : merupakan perbandingan jumlah uap air di udara dengan jumlah maksimum uap air yang dikandung panas dan temperatur tertentu yang dinyatakan dalam %.

Pada gambar 2 dijelaskan tentang sensor yang digunakan memiliki tiga pin keluaran yaitu pin GND, pin VCC dan pin Data. Pada pin-pin tersebut memiliki fungsi masing-masing yang dapat dikontrol melalui mikrokontroler Atmega 328. Berikut adalah gambar dari modul sensor DHT11 :



***Gambar 2 : Sensor DHT11***

## 1.6 Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik adalah alat elektronika yang kemampuannya bisa mengubah dari energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gelombang suara ultrasonik. Sensor ini terdiri dari rangkaian pemancar Ultrasonik yang dinamakan *transmitter* dan penerima ultrasonik yang disebut *receiver*. Alat ini digunakan untuk mengukur gelombang ultrasonik.[19]

Pada gambar 3 menjelaskan bahwa sensor ping dapat mengukur jarak antara 3 cm sampai 300 cm. keluaran dari sensor ini berupa pulsa yang lebarnya merepresentasikan jarak. Lebar pulsanya bervariasi dari 115 uS sampai 18,5 mS. Pada dasanya, Sensor ping terdiri dari sebuah chip pembangkit sinyal 40KHz, sebuah speaker ultrasonik dan sebuah mikropon ultrasonik. *Speaker* ultrasonik mengubah sinyal 40 KHz menjadi suara sementara mikropon ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi pantulan suaranya.

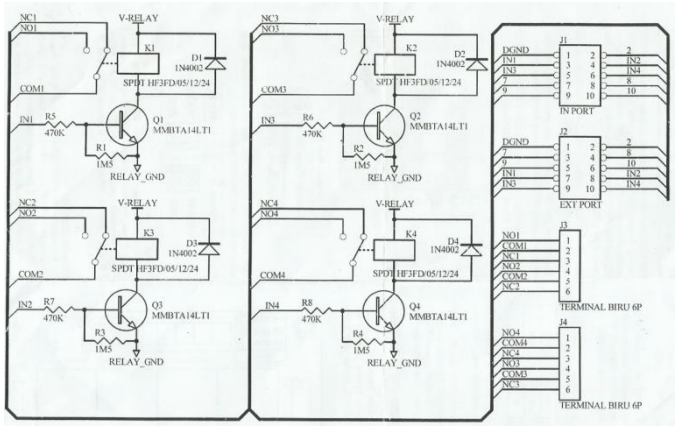



***Gambar 3 : Sensor ultrasonik***

## 1.7 Relay

Relay adalah saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik *(elektro magnetik).* Saklar pada relay akan terjadi perubahan posisi *OFF* ke *ON* pada saat diberikan energi *elektro magnetik* pada armatur relay tersebut. Relay pada dasarnya terdiri dari 2 bagian utama yaitu saklar mekanik dan sistem pembangkit *elektromagnetik* (induktor inti besi). saklar atau kontaktor relay dikendalikan menggunakan tegangan listrik yang diberikan ke induktor pembangkit magnet untuk menrik *armatur* tuas saklar atau kontaktor relay. Relay yang ada dipasaran terdapat berbagai bentuk dan ukuran dengan tegangan kerja dan jumlah saklar yang berfariasi.[15]

Pada alat yang dirancang ini menggunakan relay dengan tipe *Single Pole Double Throw* (SPDT) dengan tegangan 5 V, relay ini memiliki 5 terminal yaitu terdiri dari 2 terminal untuk input kumparan elektromagnetik dan 3 terminal saklar. relay jenis ini memiliki 2 kondisi NO dan NC. Pada gambar 4 menjelaskan tentang bagaimana rangkaian dari relay yang digunakan. Pada gambar 4 menggunakan komponen relay sebanyak empat buah dengan tipe SPDT. Jadi pada modul relay yang digunakan dapat menghasilkan empat kemungkinan kondisi *on* atau *off*. Berikut adalah rangkaian untuk modul relay yang digunakan pada perancangan alat:




***Gambar 4 : Rangkaian relay pada modul***

## 1.8 LCD (Liquid Crystal Display)

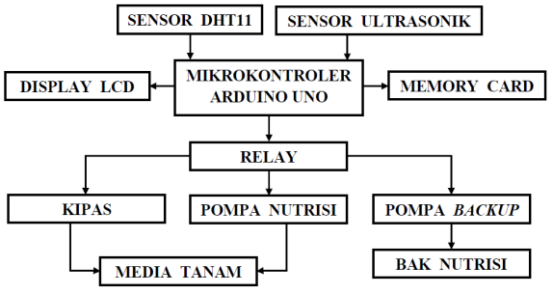
LCD merupakan suatu jenis penampil *(display)* yang menggunakan *Liquid Crystal* sebagai media refleksinya. LCD juga sering

digunakan dalam perancangan alat yang menggunakan mikrokontroler.

LCD dapat berfungsi untuk menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. Tergantung dengan perintah yang ditulis pada mikrokontroler.

## IV. Perancangan

Sebelum melanjutkan pada perancangan perangkat keras, berikut ini adalah diagram alir perancangan perangkat keras secara umum :




***Gambar 5 : Diagram alir perangkat keras secara umum***

### 1.9 Cara Kerja Sistem

Alat yang akan dirancang ini memiliki beberapa bagan pokok. Pada diagram alir gambar 5 merupakan cara kerja secara umum alat yang akan dibuat. Perancangan alat ini menggunakan sensor DHT11 sebagai pembaca kondisi suhu dan kelembaban udara pada tanaman yang akan dibudidayakan. Selain menggunakan sensor DHT11 juga menggunakan sensor ultrasonik ultrasonik yang digunakan untuk mengetahui keadaan nutrisi yang ada pada bak nutrisi. Pada gambar 5 alat yang dirancang juga menggunakan sebuah mikrokontroler Atmega 328 yang berguna sebagai pengontrol dari pembacaan suhu dan kelembaban dari sensor DHT11 dan pembacaan jarak dari sensor ultrasonik untuk mengontrol keadaan nutrisi pada bak nutrisi. Mikrokontroler juga digunakan sebagai pengatur *Timer* atau pewaktu. Pewaktu ini digunakan untuk mengontrol waktu berdasarkan kapan tanaman yang akan dibudidayakan membutuhkan nutrisi sehingga tidak perlu mengontrol secara manual. Untuk mempermudah memonitoring keadaan suhu dan kelembaban yang ada pada tanaman serta kondisi keadaan nutrisi pada bak nutrisi, alat ini dilengkapai dengan sebuah LCD *(Liquid Crystal Display)* sebagai penampil perubahan suhu dan kelembaban dan keadaan nutrisi secara terus-menerus. Alat ini juga dilengkapi dengan modul *sd card* yang digunakan sebagai penyimpanan hasil data monitoring suhu dan kelembaban dan keadaan nutrisi sehingga data dapat disimpan ke dalam *memory sd card* dengan *format .txt*. Hal ini digunakan untuk mempermudah analisa sebuah perbedaan suhu dan kelembaban pada sayuran yang akan dibudidayakan dan berapa banyak nutrisi yang dibutuhkan untuk membudidayakan beberapa sayuran.

**Spesifikasi Sistem**

Spesifikasi sistem pada perancangan alat adalah sebagai berikut :

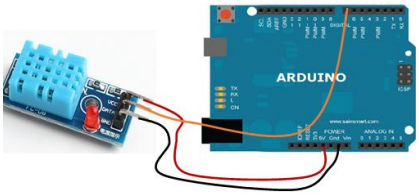
1. *Timer* yang dirancang untuk waktu pemberian nutrisi sudah di*set* untuk waktu aktif 30 detik dan untuk waktu mati 15 menit.
2. Sensor ultrasonik membaca jarak dalam rentang 2 sampai 500 cm.
3. Untuk pembacaan jarak sensor ultrasonik yang diambil apabila jarak = 3 cm, maka sistem akan mematikan pompa *backup*.
4. Untuk pembacaan jarak sensor ultrasonik yang diambil apabila jarak = 13 cm, maka sistem akan mengaktifkan pompa *backup* untuk mengisi bak nutrisi.
5. Kelembaban yang dibaca oleh sistem berada dalam rentang 20 sampai 90%.
6. Suhu yang dapat dibaca oleh sistem berada dalam rentang 0 sampai 50 $^0$C.
7. Untuk data suhu yang diambil apabila suhu > 30 $^0$C, maka sistem akan mengaktifkan *fan*.
8. Untuk data kelembaban yang diambil apabila kelembaban > 72 %, maka sistem akan mengaktifkan *fan 2* untuk mengurangi kelembaban.

Pengaturan kerja sistem secara keseluruhan menggunakan mikrokontroler Atmega 328 yang sudah berisi instruksi-instruksi atau program yang dibuat dalam bahasa C.

**Perancangan Perangkat Keras**

**1. Sensor DHT11**

Pada alat yang dirancang ini menggunakan sensor DHT11 yang digunakan sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban udara. DHT11 adalah sensor suhu dan kelembaban yang memiliki keluaran sinyal digital yang dikalibrasi dengan sensor suhu dan kelembaban yang kompleks. Teknologi ini memastikan keandalan tinggi dan sangat baik stabilitasnya dalam jangka panjang. mikrokontroler terhubung pada kinerja tinggi sebesar 8 bit.

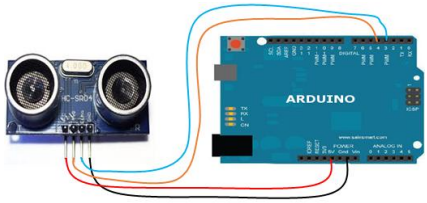



***Gambar 6 : Konfigurasi pin sensor DHT11 pada Arduino Uno***

Pada gambar 6 dijelaskan bahwa pada modul sensor DHT11 memiliki 3 pin keluaran yaitu pin Vcc sebagai tegangan positif, pin GND sebagai tegangan negatif dan pin data yang digunakan sebagai pin pengirim data ke mikrokontroler Atmega 328 dengan data yang dikirimkan berupa hasil pembacaan suhu dan kelembaban. Pada gambar 6 dijelaskan konfigurasi pin yang digunakan antara pin data dari sensor DHT11 dengan pin-pin mikrokontroler Atmega 328.

**2. Sensor Ultrasonik**

Pada alat yang dirancang ini menggunakan sensor ultrasonik yang digunakan sebagai pendeteksi keadaan nutrisi pada bak nutrisi. Pada sensor ultrasonik ini menggunakan konfigurasi jarak sebagai pembanding yang digunakan sebagai pembaca keadaan level larutan nutrisi. Berikut konfigurasi dari modul sensor ultrasonik ke mikrokontroler arduino uno :

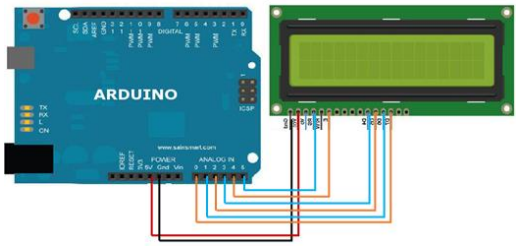



***Gambar 7 : Konfigurasi pin sensor ultrasonik pada Arduino Uno***

Pada gambar 7 dijelaskan bahwa pada modul sensor ultrasonik memiliki 4 pin keluaran yaitu pin Vcc sebagai tegangan positif, pin ultrasonik sebagai tegangan negatif, pin *trigger* yang digunakan sebagai pin *trigger* ke mikrokontroler Atmega 328 dan pin *echo* yang digunakan sebagai pin *echo* ke mikrokontroler Atmega 328. Semua data yang dibaca dikonversi dalam mikrokontroler kedalam sinyal digital sehingga dapat digunakan sebagai pendeteksi keadaan jarak nutrisi. Pada gambar 7 dijelaskan juga konfigurasi pin yang digunakan antara pin-pin dari sensor ultrasonik dengan pin-pin mikrokontroler Atmega 328.

**3. LCD *(Liquid Crystal Display)***

Pada alat yang dirancang ini, LCD digunakan sebagai penampil atau disebut juga sebagai indikator suatu keadaan temperatur dan kelembaban yang dihasilkan dari pembacaan sensor DHT11 yang hasilnya akan diproses oleh mikrokontroler dan akan ditampilkan ke LCD berupa hasil keadaan temperatur dan kelembaban secara terus-menerus. LCD yang digunakan pada perancangan alat ini adalah LCD 16x2 tipe JHD 162A.

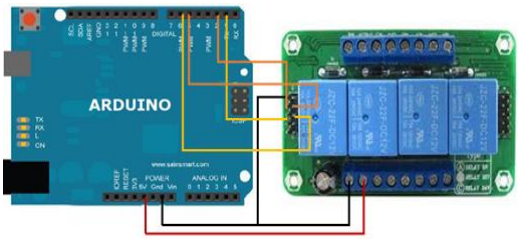



***Gambar 8 : Konfigurasi pin LCD pada Arduino Uno***

Pada gambar 8 dijelaskan bahwa pin yang digunakan pada arduino uno adalah pin bagian digital dari pin 2 sampai pin 7. Pada pin digital tersebut merupakan pin yang akan mengontrol LCD supaya sesuai dengan fungsi utama yaitu sebagai penampil suhu dan kelembaban yang didapatkan dari pembacaan sensor DHT11 dan kondisi keadaan nutrisi yang dihasilkan dari sensor ultrasonik.

**4. Relay**

Pada alat yang dirancang ini relay yang digunakan adalah relay dengan tipe *Single Pole Double Throw* (SPDT) dengan tegangan 5 V, relay ini memiliki 5 terminal yaitu terdiri dari 2 terminal untuk input kumparan elektromagnetik dan 3 terminal saklar. Berikut adalah konfigurasi pin-pin yang digunakan pada modul relay yang terhubung ke mikrokontroler Atmega 328:




***Gambar 9 : Konfigurasi modul relay pada Arduino Uno***

Pada gambar 9 menjelaskan tentang konfigurasi pin antara arduino uno dengan modul relay. pin yang digunakan pada arduino uno adalah pin analog pada pin 0,3,4 dan pin 5 yang digunakan untuk mengontrol beberapa keadaan yang dihasilakn oleh mikrokontroler. pin analog pada pin 4 dan 5 digunakan sebagai pengontrol keadaan kapan kipas aktif dan kapan kipas mati, pin analog pada pin 0 digunakan untuk pewaktu pemberian nutrisi pada media tanam sayuran yang akan dibudidayakan. pin analog pada pin 3 digunakan sebagai pengontrol keadaan kapan pompa *backup* aktif dan kapan pompa *backup* mati.

**5. Modul *SD Card***

Pada alat yang dirancang menggunakan modul *data logging shield* v.1.0 dan sudah dilengkapi modul *timer* IC ds1307 yang digunakan sebagai modul pewaktu sehingga data yang disimpan sesuai dengan kapan waktu pengambilan data yang disimpan. Berikut adalah gambar modul yang digunakan :



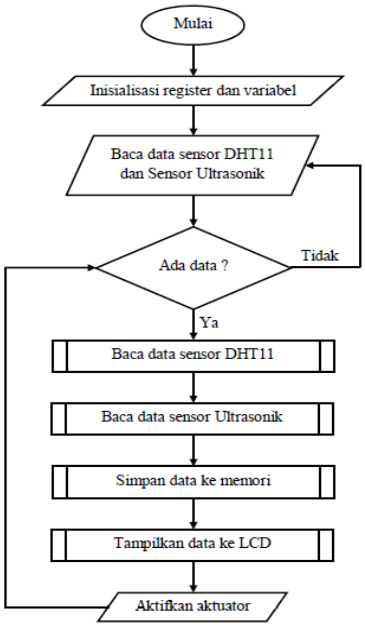

***Gambar 10 : Modul data logger shield***

Pada modul 10 cara menggunakannya adalah modul langsung dipasang diatas arduino uno sesuai dengan pin-pin yang sudah ditentukan. Pada modul *sd card* ini, cara pengkonfigurasian pinnya mudah dan praktis karena sudah langsung terhubung ke pin mikrokontroler Atmega 328.

**Perancangan Perangkat Lunak**

**1. Diagram Alir Program Utama**

Pada diagram alir program utama ini berisikan tentang garis besar hal yang dikerjakan oleh sistem. Berikut adalah diagram alir perangkat lunak atau program secara keseluruhan :



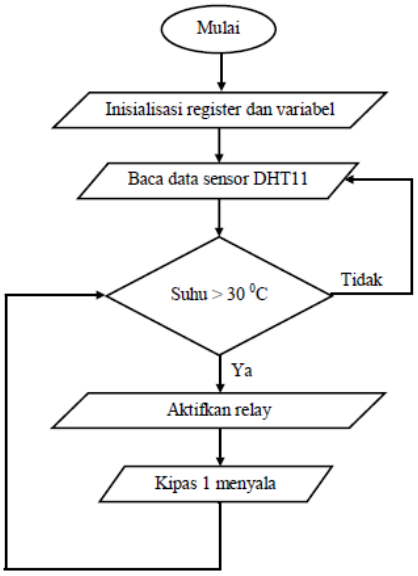

***Gambar 11 : Diagram alir program secara umum***

Pada gambar 11 diatas dijelaskan bahwa semua alat yang dikontrol oleh mikrokontroler dipengaruhi oleh pembacaan sensor. Apabila tidak ada pembacaan data sensor maka program tidak akan bekerja dan akan meminta data ulang secara terus-menerus. sedangkan apabila pembacaan sensor terpenuhi maka akan lanjut ke prosedur baca data sensor DHT11 dan prosedur baca data sensor ultrasonik. Setelah pembacaan dan pengkonversian data yang dilakukan oleh mikrokontroler maka selanjutnya data yang dihasilkan akan disimpan di memori *sd card* dan ditampilan ke display LCD.

## 2. Diagram Alir Prosedur Baca Data Sensor DHT11

### a. Prosedur Pembacaan suhu pada sensor DHT11

Berikut ini adalah diagram alir untuk suhu pada sensor DHT11 yang dirancang pada perancangan alat:

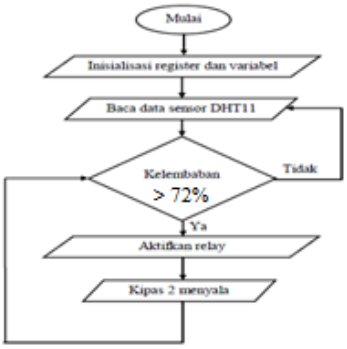



***Gambar 12 : Diagram alir prosedur baca data suhu sensor DHT11***

Pada gambar 12 menjelaskan bahwa pembacaan suhu pada sensor DHT11 sangat berpengaruh pada perkembangan suatu tanaman yang dikembangbiakkan. Oleh karena itu dilakukan program yang diatur dengan membandingkan suhu yang terbaca pada DHT11 dengan perbandingan apabila suhu berada dibawah 30$^0$C maka kipas 1 akan mati dan keadaan normal. Apabila keadaan suhu yang terbaca berada diatas 30$^0$C maka program akan meminta untuk mengaktifkan kipas 1 untuk menurunkan suhu yang terlalu tinggi untuk perkembangan tanaman *aeroponik*. Temperatur yang bisa digunakan pada *aeroponik* berkisar antara 26 $^0$C ≤ Suhu ≤ 30 $^0$C.

### b. Prosedur Pembacaan kelembaban pada sensor DHT11

Berikut ini adalah diagram alir untuk kelembaban pada sensor DHT11 yang dirancang pada perancangan alat:

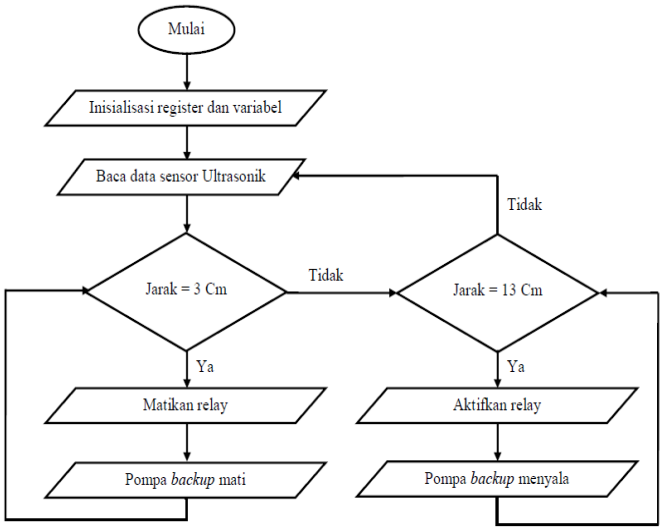



***Gambar 13 : Diagram alir prosedur pembacaan kelembaban sensor DHT11***

Pada gambar 13 menjelaskan bahwa pembacaan kelembaban pada sensor DHT11 sangat berpengaruh pada perkembangan suatu tanaman yang dikembangbiakkan. Oleh karena itu dilakukan program yang diatur dengan membandingkan kelembaban yang terbaca pada DHT11 dengan perbandingan apabila kelembaban berada diatas 72 % maka kipas 2 akan menyala dan keadaan media tanam dalam keadaan yang tidak normal. Apabila keadaan kelembaban yang terbaca berada dibawah 72 % maka program akan bekerja dengan normal dan kipas 2 akan mati. kelembaban yang bisa digunakan pada tanaman *aeroponik* berkisar antara 67 % ≤ RH ≤ 72 %.

## 3. Diagram Alir Prosedur Baca Data Sensor Ultrasonik

Berikut ini adalah diagram alir untuk sensor ultrasonik yang dirancang pada perancangan alat yang dibuat :

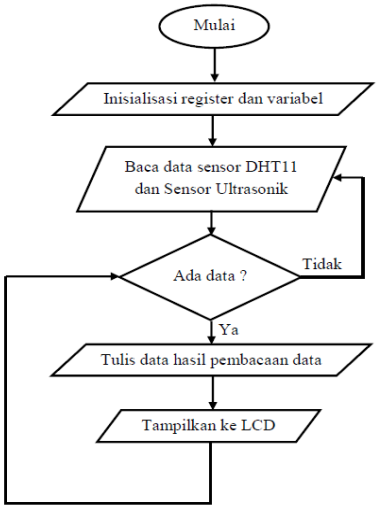



***Gambar 14 : Diagram alir prosedur baca data sensor ultrasonik***

Pada gambar 14 menjelaskan tentang cara kerja dari program sensor ultrasonik yang digunakan pada alat Skripsi yang dibuat. Pada gambar 14 menjelaskan tentang pengendalian bak nutrisi, apabila keadaan nutrisi pada bak penuh maka keadaan jarak antara sensor dengan nutrisi di prediksi = 3 cm dan sedangkan apabila keadaan nutrisi habis, jarak antara sensor dengan nutrisi di prediksi = 13 cm. jarak yang diambil antara keadaan nutrisi penuh dengan nutrisi habis berdasarkan tinggi bak nutrisi yang digunakan dan berdasarkan batas tinggi kinerja pompa nutrisi. Pada gambar 14 pompa *backup* akan aktif ketika keadaan bak nutrisi terindikator habis sehingga nutrisi akan terisi kembali sampai keadaan penuh. Setelah keadaan terpenuhi maka pompa *backup* akan mati.

## 4. Diagram Alir Prosedur Tampilkan Data ke LCD

Berikut ini adalah diagram alir untuk LCD yang dirancang pada perancangan alat yang dibuat:

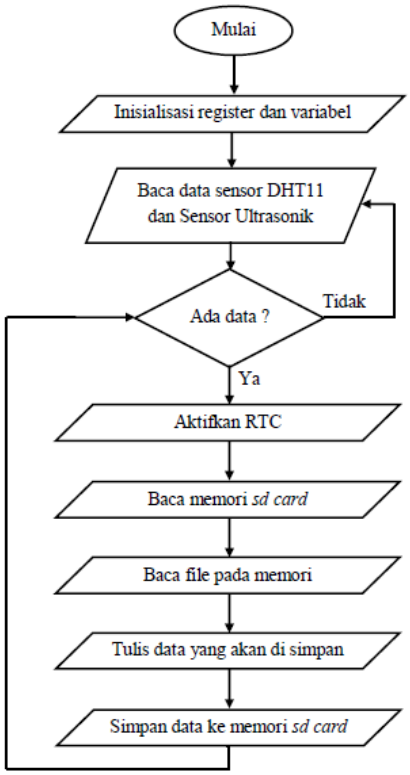



***Gambar 15 : Diagram alir prosedur tampilkan data ke LCD***

Pada gambar 15 menjelaskan bahwa *display* LCD akan menampilkan suhu dan kelembaban ketika mendapatkan data pembacaan dari sebuah sensor DHT11 yang digunakan dan keadaan kondisi air yang terbaca dari sensor PING. Jika tidak ada data sensor yang terbaca maka LCD tidak dapat menampilkan data, sehingga tampilan *display* LCD kosong. Jika keadaan ada data yang terbaca dari sensor DHT11 dan sensor PING maka pada display LCD akan menampilkan suhu dengan format dua digit dengan satuan *Celcius*. pada kelembaban dengan format sama namun dengan satuan %. Sedangkan pada keadaan kondisi nutrisi pada bak nutrisi akan menampilkan apakah kondisi penuh atau kondisi habis.

## 5. Diagram Alir Prosedur Simpan Data ke Memori

Berikut ini adalah diagram alir untuk penyimpanan data ke memory sd card yang dirancang pada perancangan alat yang dibuat :




***Gambar 16 : Diagram alir prosedur simpan data ke memori***

Pada gambar 16 menjelaskan tentang alur program untuk menggunakan modul *SD Card Shield*. Pada tahap awal, program akan menginisialisasi pin yang digunakan untuk pembacaan data dan penulisan data yang akan dilakukan. Selanjutnya masuk ketahap pembacaan data dari sensor DHT11 dan sensor ultrasonik untuk mendapatkan data yang diinginkan berupa keadaan suhu,kelembaban dan kondisi nutrisi. Jika tidak ada data yang dibaca maka akan ada peringatan bahwa data yang dibaca tidak ada *(error)* dan proses akan mengulang kembali untuk meminta data keadaan suhu dan kelembaban yang didapatkan dari sensor DHT11. Namun jika keadaan tersebut terpenuhi maka akan lanjut ke

tahap selanjutnya yaitu mengaktifkan pewaktu RTC untuk menampilkan waktu yang akan digunakan sebagai pewaktu kapan data yang diambil. Setelah itu maka data akan disimpan ke dalam memori dengan format penulisan pada *file .txt* nya yaitu : waktu penulisan, data suhu, data kelembaban dan data keadaan nutrisi pada bak.

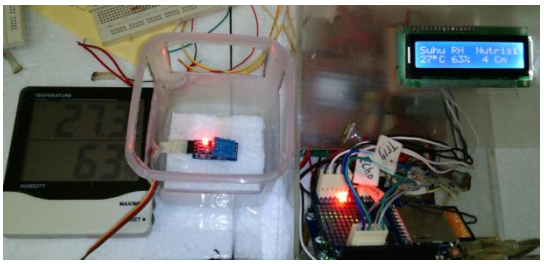
## V. Pengujian

### Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno

Pada pengujian mikrokontroler ini terbagi menjadi dua tahap. Tahap pertama menggunakan bantuan indikator LED untuk mendeteksi pin-pin yang akan digunakan pada alat apakah pin-pin pada mikrokontroler sudah bekerja dengan baik jika diberi program atau perintah untuk mengaktifkan LED dan apakah ada kerusakan pada salah satu pin mikrokontroler. Selain mendeteksi kerusakan pada pin mikrokontroler yang akan digunakan pengujian juga menggunakan multimeter untuk mengetahui besar tegangan yang dikeluarkan pada pin *vcc* dan *ground* apakah sudah sesuai atau belum dengan tegangan yang dibutuhkan untuk mengaktifkan sensor dan LCD yang digunakan. Pada saat pengujian mikrokontroler didapatkan hasil yang baik dan tidak ada ditemukan kerusakan pada pin-pin mikrokontroler yang akan digunakan dan pin tegangan yang dihasilkan sudah sesuai dengan tegangan yang akan digunakan untuk mensuplai sensor dan LCD. Tahap kedua pengujian dilakukan langsung dikoneksikan dengan komponen-komponen lain yang digunakan pada alat yang akan dibuat menjadi alat *otomatisasi aeroponik* seperti sensor, modul *sd card*, modul relay dan LCD. Pada pengujian tahap dua didapatkan data yang sesuai dengan program yang diberikan ke mikrokontroler arduino uno dan alat bekerja secara sempurna.

### Pengujian Sensor DHT11

Pada pengujian modul sensor DHT11 ini menggunakan cara pendeteksian suhu dan kelembaban pada ruangan media tanam dengan kondisi ruangan tertutup. Pembacaan dari sensor DHT11 berupa keadaan suhu dengan satuan derajat celcius dan kelembaban dengan satuan %. Nilai yang dihasilkan dari pembacaan sensor berupa kenaikan dan penurunan keadaan suhu dan kelembaban pada ruangan media tanam. Pengujian dilakukan dengan memberi tegangan 5 Volt dari mikrokontroler yang digunakan, dari pengujian ini akan diketahui apakah modul yang digunakan sudah sesuai dengan benar atau tidak. Berikut merupakan gambar dari hasil pengujian modul sensor DHT11 :



***Gambar 5.17 : Pengujian sensor DHT11***

Pada gambar 4.30 merupakan hasil pengujian setelah dikalibrasi dengan alat sensor suhu dan kelembaban yang presisi dari pabrikan. Hasil yang didapatkan sudah sesuai dengan alat yang dibuat oleh pabrikan. Pada pengujian ini dilakukan kalibrasi antara sensor DHT11 dengan sensor pabrikan dengan mengubah program yang digunakan untuk mengkonversi besaran yang dihasilkan oleh sensor DHT11.

### Pengujian Sensor Ultrasonik

Pada pengujian modul sensor ultrasonik ini menggunakan cara pendeteksian jarak antara penghalang dengan sensor. Pada pengujian ini menggunakan jarak sebagai pembacaan sensor ultrasonik. Hasil yang didapatkan dari sensor ultrasonik akan dikonversi oleh mikrokontroler arduino uno yang menghasilkan bilangan desimal dengan satuan *centimeter*. Hasil pengujian sudah sesuai dengan yang diinginkan dan hasilnya berubah-ubah sesuai dengan kondisi penghalang yang ada didepan sensor ultrasonik. Berikut adalah tabel hasil pengujian sensor ultrasonik:

***Tabel 5.1 : Hasil pengujian sensor ultrasonik***

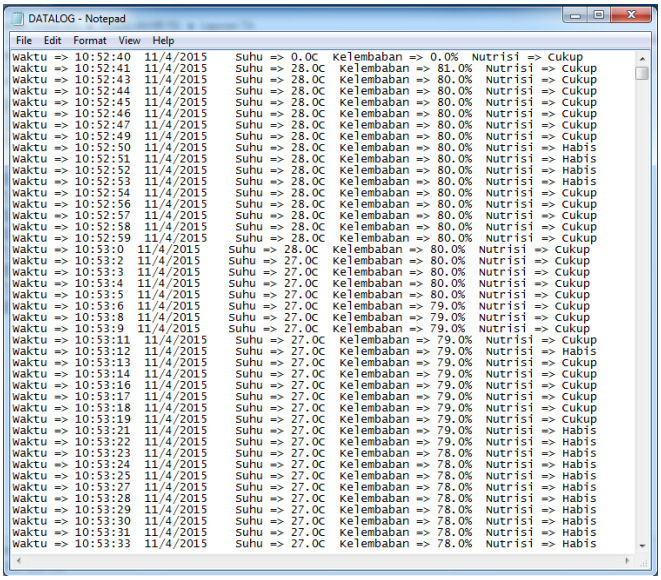
| No | Jarak sensor dengan penghalang | Meteran atau manual | Sensor ultrasonik |
|---|---|---|---|
| 1 | 4 Cm | 4 Cm | Sesuai |
| 2 | 5 Cm | 5 Cm | Sesuai |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | 6 Cm | 6 Cm | Sesuai |
| 4 | 9 Cm | 9 Cm | Sesuai |
| 5 | 13 Cm | 13 Cm | Sesuai |
| 6 | 23 Cm | 23 Cm | Sesuai |

Pada tabel 5.1 menjelaskan tentang hasil dari pengujian modul sensor ultrasonik yang sudah sesuai dengan semestinya. Pada pengujian tersebut sensor sudah bekerja dengan baik dan data yang didapatkan berubah-ubah sesuai dengan kondisi penghalang yang ada didepan sensor ultrasonik. Pada pengujian ini akan diaplikasikan pada alat skripsi sebagai alat pengukur kondisi nutrisi pada bak nutrisi. Dengan kondisi apakah keadaan nutrisi pada bak masih cukup atau sudah habis.

**Pengujian Modul *SD Card***

Pada pengujian modul *sd card* ini menggunakan cara pengambilan data yang didapat dari dua sensor yang digunakan yaitu sensor DHT11 dan sensor ultrasonik. Data yang didapatkan dari sensor akan disimpan ke dalam *memory sd card*. Berikut adalah gambar dari hasil pengujian pembacaan dan penulisan ke dalam *memory sd card* :




***Gambar 18 : Hasil pengujianpenyimpanan data ke modul sd card***

Pada gambar 18 menjelaskan tentang hasil pembacaan dari dua sensor yang digunakan dan dijelaskan juga kapan waktu pembacaan dan penulisan pada *sd card* dilakukan. Pada hasil pengujian gambar 18 sudah didapatkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan data dapat dibaca atau ditulis kedalam *memory sd card* dengan hasil yang ditulis berasal dari pembacaan sensor DHT11 dan sensor ultrasonik.

**Pengujian Tanaman Sawi**

Pada pengujian tanaman sawi ini menggunakan dua metode yaitu menggunakan metode aeroponik dan metode penanaman media tanah. pengujian dilakukan secara langsung pada alat aeroponik dan polibag. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini dicatat setiap hari sesuai dengan pertumbuhan dari tanaman sawi. Berikut adalah tabel hasil pengujian tanaman sawi :

***Tabel 5.2 : Hasil pengujian tanaman sawi***

| No | Tanggal | AEROPONIK | | | MEDIA TANAH | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | P (Cm) | L (Cm) | T (Cm) | P (Cm) | L (Cm) | T (Cm) |
| 1 | Rabu 06/05/2015 | 2 | 1 | 3,1 | 1,2 | 0,6 | 1,5 |
| 2 | Jumat 08/05/2015 | 2,3 | 1,2 | 3,5 | 1,6 | 1 | 1,6 |
| 3 | Minggu 10/05/2015 | 2,8 | 1,9 | 3,7 | 2,1 | 1,3 | 1,9 |
| 4 | Selasa 12/05/2015 | 3,4 | 2,4 | 4,3 | 2,4 | 1,6 | 2,1 |
| 5 | Kamis 14/05/2015 | 3,9 | 2,8 | 4,3 | 2,7 | 1,7 | 2,1 |
| 6 | Sabtu 16/05/2015 | 4,3 | 3,2 | 4,6 | 2,9 | 1,9 | 2,2 |
| 7 | Senin 18/05/2015 | 5 | 3,5 | 4,8 | 3,4 | 2,1 | 2,4 |
| 8 | Rabu 20/05/2015 | 5,4 | 3,9 | 5 | 3,8 | 2,3 | 2,5 |
| 9 | Jumat 22/05/2015 | 6 | 4,2 | 5,5 | 4 | 2,5 | 2,5 |
| 10 | Minggu 24/05/2015 | 6,2 | 4,2 | 5,7 | 4,2 | 2,5 | 2,7 |
| 11 | Selasa 26/05/2015 | 6,4 | 4,3 | 6 | 4,2 | 2,6 | 3 |
| 12 | Kamis 28/05/2015 | 6,5 | 4,3 | 6 | 4,5 | 2,7 | 3 |
| 13 | Sabtu 30/05/2015 | 6,6 | 4,3 | 6,3 | 4,7 | 2,8 | 3 |
| 14 | Senin 01/06/2015 | 6,6 | 4,4 | 6,5 | 4,7 | 2,9 | 3,2 |
| 15 | Rabu 03/06/2015 | 6,6 | 4,4 | 7 | 4,8 | 2,9 | 4 |

Dari Tabel 5.2 dapat diketahui bahwa alat yang digunakan untuk menanam sayuran sudah bekerja sesuai dengan yang diharapkan untuk membudidayakan tanaman sawi. Hal ini dibuktikan dengan adanya pertumbuhan disetiap harinya secara signifikan dan tanaman dapat hidup dari awal pemindahan hingga waktu panen yang telah ditentukan. Pada tabel 5.2 data yang diambil setiap dua hari sekali. Hasil rata-rata tinggi tanaman sawi yang didapatkan secara umum setinggi 2 mm dan untuk panjang daun didapatkan hasil rata-rata sepanjang 1 mm. Pada pertumbuhan

minggu pertama terlihat lebih lambat dibandingkan dengan minggu kedua. Hal tersebut disebabkan oleh adanya waktu adaptasi lingkungan yang dibutuhkan oleh tanaman yang baru saja dipindahkan dari tempat penyemaian ke media tanam *aeroponik* dan media tanam tanah berupa *polibag*.

**Pengujian Tanaman Kangkung**

Pada pengujian tanaman kangkung ini menggunakan dua metode yaitu menggunakan metode *aeroponik* dan metode penanaman media tanah. pengujian dilakukan secara langsung pada alat *aeroponik* dan *polibag*. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini dicatat setiap hari sesuai dengan pertumbuhan dari tanaman kangkung. Berikut adalah tabel hasil pengujian tanaman kangkung :

***Tabel 5.3 : Hasil pengujian tanaman kangkung***

| No | Tanggal | AEROPONIK | | | MEDIA TANAH | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | P (Cm) | L (Cm) | T (Cm) | P (Cm) | L (Cm) | T (Cm) |
| 1 | Rabu 06/05/2015 | 3,3 | 0,6 | 6 | 3 | 0,5 | 4 |
| 2 | Jumat 08/05/2015 | 3,7 | 0,8 | 1 | 3,1 | 0,8 | 4,6 |
| 3 | Minggu 10/05/2015 | 4,6 | 1,1 | 1 | 3,3 | 0,8 | 5,2 |
| 4 | Selasa 12/05/2015 | 4,9 | 1,1 | 1,1 | 3,5 | 0,9 | 5,8 |
| 5 | Kamis 14/05/2015 | 5 | 1,2 | 1,2 | 3,5 | 0,9 | 6 |
| 6 | Sabtu 16/05/2015 | 5,1 | 1,3 | 1,2 | 3,5 | 0,9 | 6,8 |
| 7 | Senin 18/05/2015 | 5,1 | 1,3 | 1,2 | 3,6 | 0,9 | 7,6 |
| 8 | Rabu 20/05/2015 | 5,2 | 1,3 | 1,2 | 3,7 | 0,9 | 8 |
| 9 | Jumat 22/05/2015 | 5,5 | 1,4 | 1,3 | 4 | 1 | 8,5 |
| 10 | Minggu 24/05/2015 | 6 | 1,4 | 1,5 | 4,1 | 1 | 10,5 |
| 11 | Selasa 26/05/2015 | 7,3 | 1,6 | 1,8 | 4,2 | 1 | 12 |
| 12 | Kamis 28/05/2015 | 7,4 | 1,6 | 1,9 | 4,3 | 1 | 13,5 |
| 13 | Sabtu 30/05/2015 | 7,4 | 1,6 | 1,9 | 4,3 | 1 | 15,3 |
| 14 | Senin 01/06/2015 | 7,5 | 1,6 | 1,9 | 4,5 | 1,1 | 16,5 |
| 15 | Rabu 03/06/2015 | 7,7 | 1,6 | 1,9 | 4,6 | 1,1 | 19 |

Dari Tabel 5.3 dapat diketahui bahwa alat yang digunakan untuk menanam sayuran sudah bekerja sesuai dengan yang diharapkan untuk membudidayakan tanaman kangkung. Hal ini dibuktikan dengan adanya pertumbuhan disetiap harinya secara signifikan dan tanaman dapat hidup dari awal pemindahan hingga waktu panen yang telah ditentukan. Pada tabel 5.3 data yang diambil setiap dua hari sekali. Hasil rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman kangkung yang didapatkan secara umum setinggi 5 mm dan untuk pertumbuhan panjang daun secara umum didapatkan hasil rata-rata sepanjang 1 mm.

**Pengujian Tanaman Bayam**

Pada pengujian tanaman bayam ini menggunakan dua metode yaitu menggunakan metode *aeroponik* dan metode penanaman media tanah. pengujian dilakukan secara langsung pada alat *aeroponik* dan *polibag*. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini dicatat setiap hari sesuai dengan pertumbuhan dari tanaman bayam. Berikut adalah tabel hasil pengujian tanaman bayam :

***Tabel 5.4 : Hasil pengujian tanaman bayam***

| No | Tanggal | AEROPONIK | | | MEDIA TANAH | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | P (Cm) | L (Cm) | T (Cm) | P (Cm) | L (Cm) | T (Cm) |
| 1 | Jumat 05/06/2015 | 2 | 1,4 | 3 | 1,2 | 1,2 | 1 |
| 2 | Minggu 07/06/2015 | 2 | 1,4 | 3 | 1,3 | 1,2 | 1,5 |
| 3 | Selasa 09/06/2015 | 2 | 1,4 | 3,1 | 1,4 | 1,3 | 1,7 |
| 4 | Kamis 11/06/2015 | 2 | 1,5 | 3,3 | 1,6 | 1,3 | 1,9 |
| 5 | Sabtu 13/06/2015 | 2,3 | 2,1 | 3,5 | 1,6 | 1,3 | 2 |
| 6 | Senin 15/06/2015 | 2,4 | 2,1 | 3,7 | 1,8 | 1,4 | 2,1 |
| 7 | Rabu 17/06/2015 | 2,4 | 2,1 | 4,3 | 1,9 | 1,4 | 2,5 |
| 8 | Jumat 19/06/2015 | 2,5 | 2,8 | 5,7 | 2,4 | 1,8 | 2,8 |
| 9 | Minggu 21/06/2015 | 2,9 | 3,5 | 6,3 | 2,5 | 2,1 | 3 |
| 10 | Selasa 23/06/2015 | 4,3 | 4,2 | 6,8 | 2,5 | 2,1 | 3,5 |
| 11 | Kamis 25/06/2015 | 4,5 | 4,8 | 6,9 | 2,6 | 2,2 | 3,8 |
| 12 | Sabtu 27/06/2015 | 4,8 | 5 | 7 | 2,8 | 2,4 | 4,5 |
| 13 | Senin 29/06/2015 | 4,9 | 5,2 | 7,2 | 2,9 | 2,5 | 5 |
| 14 | Rabu 01/07/2015 | 5,1 | 5,3 | 7,3 | 3,2 | 2,7 | 5,4 |
| 15 | Jumat 03/07/2015 | 5,5 | 5,4 | 7,9 | 3,8 | 3,2 | 6,5 |

Dari Tabel 5.4 dapat diketahui bahwa alat yang digunakan untuk menanam sayuran sudah bekerja sesuai dengan yang diharapkan untuk membudidayakan tanaman bayam. Hal ini dibuktikan dengan adanya pertumbuhan disetiap harinya secara signifikan dan tanaman dapat hidup dari awal pemindahan hingga waktu panen yang telah ditentukan. Pada tabel 5.4 data yang diambil

setiap dua hari sekali. Hasil rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman kangkung yang didapatkan secara umum setinggi 2 mm dan untuk pertumbuhan panjang daun secara umum didapatkan hasil rata-rata sepanjang 1 mm.

**Pengujian Tanaman Selada**

Pada pengujian tanaman selada ini menggunakan dua metode yaitu menggunakan metode *aeroponik* dan metode penanaman media tanah. pengujian dilakukan secara langsung pada alat *aeroponik* dan *polibag*. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini dicatat setiap hari sesuai dengan pertumbuhan dari tanaman selada. Berikut adalah tabel hasil pengujian tanaman selada :

***Tabel 5.5 : Hasil pengujian tanaman selada***

| No | Tanggal | AEROPONIK | | | MEDIA TANAH | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | P (Cm) | L (Cm) | T (Cm) | P (Cm) | L (Cm) | T (Cm) |
| 1 | Jumat 05/06/2015 | 2,8 | 1,9 | 0,5 | 3,2 | 2 | 0,4 |
| 2 | Minggu 07/06/2015 | 3,5 | 2 | 1 | 3,3 | 2 | 0,4 |
| 3 | Selasa 09/06/2015 | 4,1 | 2,6 | 1 | 3,5 | 2,1 | 0,4 |
| 4 | Kamis 11/06/2015 | 4,3 | 2,7 | 1 | 3,6 | 2,2 | 0,4 |
| 5 | Sabtu 13/06/2015 | 4,5 | 2,8 | 1,5 | 3,6 | 2,3 | 0,4 |
| 6 | Senin 15/06/2015 | 4,6 | 3 | 1,5 | 3,7 | 2,3 | 0,4 |
| 7 | Rabu 17/06/2015 | 4,6 | 3 | 1,5 | 3 | 2,5 | 0,6 |
| 8 | Jumat 19/06/2015 | 4 | 3,1 | 1,6 | 4 | 2,7 | 0,8 |
| 9 | Minggu 21/06/2015 | 4,5 | 3,2 | 2,5 | 5,5 | 3 | 1,2 |
| 10 | Selasa 23/06/2015 | 5,5 | 4 | 3,8 | 5,6 | 3,3 | 1,3 |
| 11 | Kamis 25/06/2015 | 5,9 | 4,2 | 4 | 5,7 | 3,8 | 1,4 |
| 12 | Sabtu 27/06/2015 | 6,4 | 4,3 | 4,3 | 5,9 | 4,3 | 1,5 |
| 13 | Senin 29/06/2015 | 7 | 4,3 | 4,8 | 6 | 4,4 | 1,7 |
| 14 | Rabu 01/07/2015 | 7,5 | 4,5 | 5 | 6,2 | 4,5 | 1,8 |
| 15 | Jumat 03/07/2015 | 8,5 | 4,5 | 5,5 | 6,3 | 4,8 | 2,1 |

Dari Tabel 5.5 dapat diketahui bahwa alat yang digunakan untuk menanam sayuran sudah bekerja sesuai dengan yang diharapkan untuk membudidayakan tanaman selada. Hal ini dibuktikan dengan adanya pertumbuhan disetiap harinya secara signifikan dan tanaman dapat hidup dari awal pemindahan hingga waktu panen yang telah ditentukan. Pada tabel 5.5 data yang diambil setiap dua hari sekali. Hasil rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman selada yang didapatkan secara umum setinggi 2 mm dan untuk pertumbuhan panjang daun secara umum didapatkan hasil rata-rata sepanjang 1 mm.

## VI. Penutup

**Kesimpulan**

Setelah melalui beberapa proses dalam pengerjaan Tugas Akhir ini secara keseluruhan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perancangan alat sistem *aeroponik* secara otomatis untuk budidaya beberapa sayuran telah berhasil dirancang dan telah diuji hasil perancangannya.
2. Dengan adanya alat ini pengguna dapat membudidayakan sayuran dengan mudah tanpa harus membutuhkan lahan yang luas dan juga tidak membutuhkan pekerja untuk memantau tanaman setiap hari sehingga mengurangi biaya untuk membayar pekerja.
3. Hasil proses kaliberasi menunjukkan data keluaran sensor DHT11 selalu berubah-ubah, hal ini karena adanya proses perubahan suhu dan kelembaban pada ruangan media tanam *aeroponik*. Nilai keberhasilan pengujian sensor DHT11 didapatkan sebesar 75% dan nilai *error* sebesar 25%.
4. Air yang keluar dari *sprinkler* membutuhkan tekanan yang lebih besar dari pompa sehingga menghasilkan kabut yang halus dan sempurna. Lama waktu yang dibutuhkan pada saat penyemprotan selam 30 detik dan waktu kondisi mati selama 15 menit.
5. Mikrokontroler arduino uno tidak akan bekerja jika salah satu sensor tidak dipasang. Hal ini dikarenakan instruksi-instruksi yang diberikan pada mikrokontroler bersifat saling berkaitan dan bekerja secara keseluruhan. Nilai keberhasilan pengujian mikrokontroler didapatkan sebesar 100% karena semua bekerja dengan baik.
6. Pada pertumbuhan minggu pertama pada semua tanaman terlihat lebih lambat dibandingkan dengan minggu kedua. Hal tersebut disebabkan oleh adanya waktu adaptasi lingkungan yang dibutuhkan oleh tanaman yang baru saja dipindahkan dari tempat penyemaian ke media tanam *aeroponik* dan media tanam tanah berupa *polibag*.

7. Hasil pengujian alat secara keseluruhan didapatkan nilai keberhasilan sebesar 86,71% dan nilai *error* sebesar 14,28%.

**Saran**

Pada pengerjaan Tugas Akhir ini tidak lepas dari berbagai macam kelemahan didalamnya, baik itu pada perencanaan sistem maupun pada peralatan yang telah dibuat. Untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan serta sebagai masukan untuk perbaikan sistem menjadi lebih sempurna kedepannya, maka diberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Perlu adanya pengujian skala laboratorium untuk nutrisi yang diberikan, sensor DHT11 dan sensor ultrasonik.
2. Agar alat ini bisa bekerja secara optimal, diharapkan untuk ke depannya dalam pemilihan sensor perlu diperhatikan karakteristik dari sensor tersebut, pemilihan jenis komponen dan spesifikasi harus sesuai.
3. Pengujian dilakukan harus diluar ruangan atau tempat terbuka agar pengujian didapatkan hasil yang maksimal.
4. Penggunaan sensor DHT11 lebih dari satu agar dapat mendeteksi suhu dan kelembaban ruangan media tanam secara maksimal.
5. Hindarkan tanaman yang dibudidayakan pada alat *aeroponik* tidak terkena sinar matahari langsung.

**Daftar Pustaka**


[1] Sutiyoso, Y. 2003. *Aeroponik Sayuran Budidaya dengan Sisitem Pengabutan*. Penebar Swadaya, Jakarta.

[2] http://redyprasdianata.blogspot.com/2013/04/budidaya-sayuran-dengan-sistem-aeroponik.html (Diakses pada 6 maret 2015).

[3] http://www.taniorganik.com/menanam-phakcoy-di-rumah-kita-tasikmalaya-2014/ (Diakses pada 7 maret 2015).

[4] https://mukegile08.wordpress.com/2011/06/06/morfologi-dan-klasifikasi-tanaman-kangkung/ (Diakses pada 7 maret 2015).

[5] http://imamwibawa.blogspot.com/2013/05/pupuk-nutrisi-hidroponik-ab-mix. html (Diakses pada 7 maret 2015).

[6] http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno (Diakses pada 8 Maret 2015).

[7] http://matakristal.com/suhu-dan-kelembaban-udara/ (Diakses pada 8 Maret 2015).