

# RANCANG BANGUN DAN UJI KINERJA SISTEM KONTROL FERTIGASI DENGAN IRIGASI TETES

Alfin Fajar<sup>1\*</sup>, Sirajudin H Abdullah<sup>2\*</sup>, Asih Priyati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram, [Sirajuddin@ummat.ac.id](mailto:Sirajuddin@ummat.ac.id)

## INFO ARTIKEL

### Riwayat Artikel:

Diterima: 16-02-2018

Disetujui: 23-02-2018

### Kata Kunci:

fertigation  
water requirement  
uniformity of droplets  
plant nutrition  
control system

## ABSTRAK

**Abstrak:** Kebutuhan nutrisi pada tanaman dalam bentuk unsur hara baik yang berasal dari tanah itu sendiri dan dari luar dalam bentuk pupuk mempengaruhi produktivitas tanaman. Komposisi dan kualitas tanah yang bervariasi berperan pada kesuburan tanaman sehingga diperlukan pengaturan dan pengontrolan dalam memformulasikan pupuk yang optimal serta penjadwalan pemberian nutrisi bagi tanaman. Penerapan mikrokontroler pada sistem fertigasi dapat memungkinkan dalam mengontrol pemberian unsur hara secara otomatis berdasarkan perintah. Penerapan sistem fertigasi berbasis mikrokontroler dalam budidaya sayuran diharapkan dapat meningkatkan produktivitasnya dan dapat mengurangi penggunaan unsur hara yang berlebihan sehingga biaya dalam budidaya tanaman dapat ditekan serta untuk efisiensi tenaga kerja dan menghemat biaya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem fertigasi otomatis dengan acuan kendali *On/Off* pada kran otomatis *solenoid valve*, melakukan pengujian volume dan waktu pemberian fertigasi dengan irigasi tetes, dan menentukan formulasi larutan unsur hara sesuai dengan kebutuhan tanaman. Selama simulasi diasumsikan pada tanaman bayam yang harus diketahui terlebih dahulu jumlah kebutuhan air tanamannya dan kebutuhan nutrisi selama satu periode umur tanam. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan penelitian langsung di laboratorium. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik dan Konservasi Lingkungan Pertanian dengan parameter yang diamati adalah debit emitter, koefisien keseragaman tetesan, Larutan AB mix dan penggunaan air, dan kinerja sistem kendali *On/Off* fertigasi sesuai dengan umur tanam dan kebutuhan tanaman. Dari hasil pengamatan, uji kinerja sistem kontrol bekerja dengan baik dengan melakukan *setting point* waktu sesuai yang diinginkan. Didapat sistem yang sangat baik untuk digunakan dengan rata-rata koefisien keseragaman irigasi CU sebesar 96,50% dan debit aliran penetes yang cukup stabil pada setiap perlakuan waktu dan volume; didapat kisaran debit 0,000140 l/detik – 0,000150 l/detik.

**Abstract:** The form of nutrients both derived from the soil itself and from outside, in the form of fertilizer, affect the productivity of plant. The various composition and quality of soil has role on plant fertility, therefore regulation and control in formulating optimal fertilizer and scheduling of nutrition for the plant were necessary. The application of microcontroller to the fertigation system might be possible in controlling nutrient delivery automatically using designed command language. The application of microcontroller based fertilization system in plant cultivation is expected to increase the yield and decrease the excessive use of nutrients, so that the cost could be suppressed as well as labor efficiency and cost saving. The aim of this research was to design automatic fertigation system with on/off system reference of automatic solenoid valve, testing the fertigation volume and time with drip irrigation and determine nutrient solution formulation according to plant requirement. During the simulation, it was assumed that the amount of crop water requirement and nutritional needs for spinach planting period must be determined in advance. The method used in this study was experimental method with direct research in the laboratory. This research was conducted in Laboratory of Agricultural Environment Engineering and Conservation with parameters observed were emitter discharge, drip uniformity coefficient, AB mixed solution and water used, and performance of the On/Off fertigation control system correspond with plant age and requirement. The observation showed that the control system worked well by applying the desired setting point. The coefficient of uniformity CU was 96.50% and the drip flow rate were relatively stable on each time and volume treatment; the discharge range was 0.000140 l/s – 0.000150 l/s.

## A. LATAR BELAKANG

Kebutuhan nutrisi pada tanaman dalam bentuk unsur hara baik yang berasal dari tanah itu sendiri dan dari luar dalam bentuk pupuk mempengaruhi produktifitas tanaman. Jenis tanah yang digunakan, dan jenis tanaman yang bervariasi menentukan jumlah pupuk yang bekerja. Komposisi dan kualitas tanah yang bervariasi berperan pada kesuburan tanaman sehingga diperlukan pengaturan dan pengontrolan dalam memformulasikan pupuk yang optimal serta penjadwalan pemberian nutrisi bagi tanaman sehingga dapat mengefisienkan penggunaan pupuk bagi tanaman dan menghemat biaya.

Pemupukan adalah pemberian bahan yang dimaksudkan untuk menambah hara tanaman pada tanah. Sedangkan irigasi adalah pemberian air pada tanah untuk keperluan penyediaan cairan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Kemudian dikenal dengan fertigasi merupakan pemberian air dan pupuk secara bersamaan sebagai larutan hara. Jumlah air dan hara akan selalu berubah sesuai dengan umur dan pertumbuhan tanaman. Kebutuhan tanaman terhadap hara akan terus meningkat sejak persemaian sampai tanaman menghasilkan. Menurut (Susila, 2006), kelebihan dari sistem fertigasi adalah nutrisi lengkap dapat dikontrol oleh pertumbuhan pohon, menjamin kebersihan dan menghindari penyakit, mengatasi masalah tanah, meningkatkan hasil produksi, masalah rumput sangat rendah, kualitas hasil yang lebih baik, penggunaan pupuk yang efisien, mengurangi penggunaan racun dan mendapatkan hasil yang lebih tinggi. Sedangkan kelemahan sistem fertigasi adalah modal awal yang lumayan tinggi, pengetahuan yang mendalam perihal tanaman, manajemen *leading* yang berkelanjutan dan kerusakan sistem membawa kerugian.

Dalam sistem kontrol fertigasi dengan irigasi tetes, di mana masukan air dan nutrisi ke dalam tanah melalui suatu pemancar (*emitter*) dengan debit yang kecil dan konstan serta tekanan rendah yang akan menyebar di tanah baik ke samping maupun ke bawah karena gaya kapiler dan gravitasi pada tanaman serta perlu juga memperhatikan kualitas tanah dan umur tanaman tersebut untuk itu perlunya pengontrolan pada sistem fertigasi tersebut untuk mencegah terjadinya kekurangan dan kelebihan pemberian unsur hara yang dilakukan. Salah satu cara pengontrolan sistem kontrol fertigasi adalah dengan cara penerapan mikrokontroler.

Mikrokontroler dapat diartikan suatu alat elektronik digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Penerapan mikrokontroler pada sistem fertigasi dapat memungkinkan dalam mengontrol pemberian unsur hara secara otomatis berdasarkan perintah. Dalam usaha pengontrolan sistem fertigasi menggunakan mikrokontroler, perlu ditunjang dengan komponen-komponen elektronika yang dapat dikendalikan oleh mikrokontroler. Komponen-komponen tersebut ada yang berperan sebagai *input* (masukan)

untuk memberikan informasi yang akan diproses oleh mikrokontroler dan *output* (keluaran) sebagai eksekutor terhadap informasi yang telah diproses oleh mikrokontroler.

Perancangan sistem fertigasi berbasis mikrokontroler perlu diterapkan pada budidaya tanaman pertanian. Tanaman sayuran dipilih karena semakin berkembangnya berbagai pupuk kimia dalam penerapannya harus dilakukan pengontrolan dan pengaturan dosis yang benar, dimana tanaman sayuran dalam pertumbuhannya sensitif terhadap penambahan unsur hara sehingga dapat mempengaruhi perkembangannya. Penerapan sistem fertigasi berbasis mikrokontroler dalam budidaya sayuran diharapkan dapat meningkatkan produktivitasnya dan dapat mengurangi penggunaan unsur hara yang berlebihan sehingga biaya dalam budidaya tanaman dapat ditekan serta efisiensi tenaga kerja.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem fertigasi otomatis dengan acuan kendali on/off pada kran otomatis *solenoid valve*.
2. Melakukan pengujian pada kendali on/off sesuai dengan volume dan waktu pemberian fertigasi dengan irigasi tetes.
3. Melakukan pembuatan formulasi larutan unsur hara sesuai dengan kebutuhan tanaman.

### Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui dan mengatur waktu pemberian dosis larutan pupuk secara otomatis sesuai kebutuhan umur tanaman.
2. Memberikan informasi dan referensi hasil penelitian kepada masyarakat, petani dan mahasiswa sehingga dapat dilanjutkan atau digunakan dalam penelitian selanjutnya.

## B. METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan Penelitian

#### 1. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikrokontroler arduino uno r3, *real time clock* (RTC) DS 3231, *liquid cristal display* (LCD), *solenoid valve*, *modul relay 1 channel*, pipa ½", selang *polyethilen* 5 mm, *emitter* irigasi tetes, rangkaian sistem otomatisasi fertigasi, tangki penampung larutan hara (penampung air 15 liter), TDS meter, kabel penghubung daya, pot/wadah, dan gelas ukur.

#### 2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dan pupuk anorganik (larutan AB mix).

### Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem kontrol menggunakan metode penelitian *eksperimental* dengan melakukan percobaan laboratorium. Dari dasar perancangan sistem kontrol dilakukan tahap pengujian

yaitu pada saat waktu pemberian dan volume (dosis) larutan.

### Persiapan

Persiapan merupakan tahapan identifikasi fungsi dan kelengkapan alat dan bahan untuk membuat sistem otomatisasi fertigasi yang mencakup penyediaan alat dan bahan.

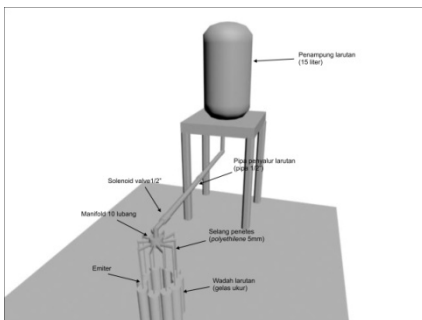
### Pelaksanaan

#### 1. Perancangan *hardware*

Pada perancangan *hardware* dilakukan dengan pembuatan program pada Arduino yang menggunakan bahasa C. Dalam menjalankan suatu program *hardware* arduino perlu dilakukan pengaturan terlebih dahulu, hal-hal yang perlu diatur ialah pin mana saja yang digunakan kemudian pengaturan sistem kendali *on/off* pada *solenoid valve* sesuai waktu yang diinginkan. Awal mula proses yang dilakukan ialah membuat sistem program pada arduino yang kemudian pengujian pada LCD 20x4 untuk menampilkan karakter tiap baris. Selanjutnya program pada arduino untuk pengujian RTC mengetahui tingkat keakuratan waktu di dalam rangkaian RTC, untuk menampilkan jam, menit, detik dan juga hari. Kemudian *modul relay* yang bertugas untuk memutus arus 12 VDC pada *solenoid*. Sehingga rtc akan memberikan perintah kepada *modul relay* untuk memutus arus *solenoid valve* sehingga kondisi *solenoid* terbuka (ON) dan menentukan *delay* lama waktu yang dibutuhkan untuk *solenoid* kembali tertutup (OFF).

#### 2. Perancangan Instalasi Fertigasi

Perancangan instalasi sistem fertigasi dengan irigasi tetes, maka untuk memastikan kerja sistem kontrol yang telah dirancang dapat bekerja dengan baik dilakukan uji keseragaman dari sistem fertigasi dengan irigasi tetes yang akan diterapkan seperti yang terlihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Desain Sistem Kontrol Fertigasi dengan Irigasi Tetes

#### 3. Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini difokuskan pada pembuatan formulasi larutan unsur hara dan penggunaan volume air sesuai kebutuhan tanaman serta pengembangan sistem kontrol otomatis dengan

acuan kendali *on/off* pada kran *solenoid valve* dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno untuk jaringan fertigasi otomatis sesuai dengan kebutuhan dan umur tanaman.

### Parameter Penelitian

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Debit emitter.
2. Koefisien keseragaman tetesan.
3. Larutan AB mix dan penggunaan air.
4. Kinerja sistem kendali *On/Off* fertigasi sesuai dengan umur tanam dan kebutuhan tanaman.

### Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

- a. Pembuatan rangkaian kontrol.
  1. Ditentukan komponen sistem kontrol.
  2. Digambar rangkaian kontrol yang akan dibuat.
  3. Disiapkan alat yang akan digunakan dalam pembuatan kontrol.
  4. Dirakit rangkaian kontrol berdasarkan gambar rangkaian yang telah dibuat.
- b. Pengujian rangkaian kontrol
  1. Disiapkan rangkaian kontrol yang telah dibuat.
  2. Disambungkan *solenoid valve* ke RTC dan Arduino.
  3. Diinput *setting point* nilai waktu yang akan digunakan pada sistem kendali *on/off* *solenoid valve*.
  4. Diuji fungsi kontrol pada sistem kendali *on/off* yang telah dibuat.
- c. Pembuatan formulasi larutan unsur hara
  1. Disiapkan alat dan bahan.
  2. Dibuat larutan dengan cara mencampurkan larutan AB mix sesuai dengan dosis nilai (ppm) yang diinginkan ke dalam air sesuai dengan kebutuhan tanaman pada bak penampung.
  3. Diukur larutan untuk mengetahui nilai ppm dengan TDS meter.

#### d. Pengujian *Emitter*

##### Tahap persiapan:

1. Disiapkan alat dan bahan.
2. Dibuat sistem fertigasi dengan merakit pipa dan membuat rangkaian yang terdiri dari pipa sepanjang 1 meter dengan jumlah *emitter* 10 buah.
3. Ditempatkan gelas ukur dibawah *emitter*.
4. Dioperasikan rangkaian sistem kontrol fertigasi tetes.
5. Dihitung volume larutan yang tertampung dalam gelas ukur.

**Pengujian *emitter*:**

Diuji hubungan antara waktu (s) dan Volume (v) sesuai dengan kebutuhan umur tanaman.

- e. Pengujian rangkaian fertigasi tetes
  - 1. Disiapkan alat dan bahan.
  - 2. Dirangkai sistem rangkaian fertigasi dengan sistem mikrokontroler.
  - 3. Ditempatkan gelas ukur di bawah *emitter*.

**f. Pengolahan data**

Dihitung debit penetes *emitter* dengan persamaan:

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots 1)$$

Keterangan:

Q = debit penetes (l/detik)

t = waktu (detik)

V = volume (liter)

Dihitung koefisien keseragaman tetesan dengan persamaan:

$$C_u = 100 \left( 1 - \frac{\sum |c_i - \bar{c}|}{\sum c_i} \right) \dots\dots\dots 2)$$

Keterangan:

C<sub>u</sub> = Koefisien keseragaman irigasi (%) c<sub>i</sub> = Nilai masing-masing air pada wadah (ml)

$\bar{c}$  = Nilai rata-rata dari volume air pada wadah (ml)

$\sum |c_i - \bar{c}|$  = Jumlah deviasi absolut rata-rata pengukuran (ml)

- 7. Prosedur pengujian sistem kontrol fertigasi dengan irigasi tetes
  - a. Ditentukan waktu pemberian larutan pupuk dan volume larutan dalam satu kali sistem kendali berjalan/on.
  - b. Dicatat waktu dan volume larutan pupuk yang dibutuhkan untuk sekali sistem kendali berjalan/on.

**Analisis Data**

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan pengolahan menggunakan *Microsoft Excel* untuk menyelesaikan persamaan dan disajikan dalam bentuk tabel.

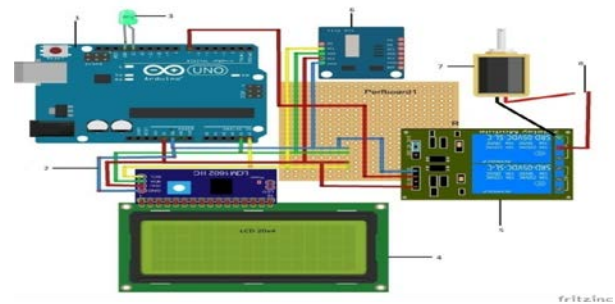
**C. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Perancangan Sistem**

Perancangan sistem merupakan langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini. Perancangan ini meliputi proses pembuatan skema rangkaian kontrol fertigasi, pembuatan bahasa pemrograman dan pembuatan instalasi fertigasi tetes otomatis.

**1. Skema Rangkaian Kontrol Fertigasi**

Hal utama yang perlu diperhatikan pada penelitian ini adalah proses pembuatan skema rangkaian, selama proses berlangsung peneliti melakukan studi pustaka dan percobaan berkali-kali sehingga rangkaian yang dibuat dapat berjalan dengan baik. Skema rangkaian kontrol fertigasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Kontrol Fertigasi

**Keterangan:**

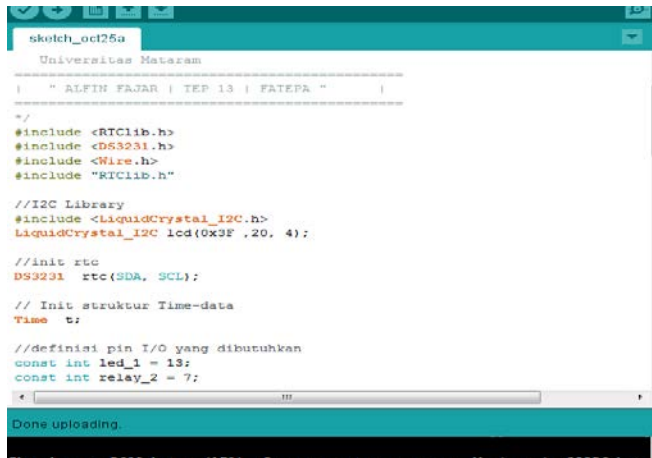
- 1. Mikrokontroler *ArduinoUno*, fungsi dari komponen ini adalah sebagai pusat pengendali/pengatur jalannya seluruh komponen-komponen lainnya.
- 2. Kabel *Jumper*. Kabel *jumper* adalah kabel warna-warni yang berfungsi sebagai penghubung (arus daya) setiap rangkaian.
- 3. Lampu LED, adalah lampu elektronik yang berfungsi sebagai indikator ketika sistem berjalan, lampu ini akan dihubungkan ke rangkaian relay agar dapat berjalan otomatis
- 4. LCD 20x4 dengan I2C, adalah layar kecil yang berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan RTC *real time clock* dan status sistem *on/off*.
- 5. Rangkaian *Relay On/Off solenoid valve*,
- 6. RTC *real time clock*, berfungsi sebagai pembacaan waktu sebenarnya yang kemudian di atur waktu sesuai yang diinginkan dan diteruskan untuk membuka dan menutup *solenoid valve*.
- 7. *Female Power Jack Connector*, adalah komponen penyambung kabel jumper positif (+) dan negatif (-), komponen ini akan menjadi penyambung untuk mengambil arus daya dari *adaptor* dan diteruskan ke rangkaian relay menuju kran otomatis *solenoid valve*.
- 8. *Adaptor 12V*, digunakan untuk mengubah arus AC (*alternating current*) menjadi DC (*direct current*), selain itu *adaptor* berfungsi sebagai pengubah tegangan listrik tinggi ke rendah yang nanti akan diteruskan ke *solenoid valve*.

**2. Membuat Bahasa Pemrograman**

Bahasa pemrograman diperlukan agar mikrokontroler *Arduino* dapat menjalankan fungsi kerjanya sesuai dengan yang diperintahkan, banyak beredar panduan-panduan dasar cara pembuatan bahasa pemrograman tersebut, baik itu dari buku ataupun internet. Perintah yang diberikan menggunakan kode-kode dengan bahasa C. Bahasa yang dimasukkan harus sesuai dengan kode-kode bahasa C yang berlaku termasuk pengetikan besar kecil suatu huruf, jika terdapat 1 huruf saja yang salah, maka seluruh bahasa pemrograman yang telah dibuat tidak dapat dijalankan (*error*), oleh karena itu diperlukan ketelitian dan kesabaran dalam proses pembuatannya.

Menurut Syahwil (2013), tahap awal dalam membuat bahasa pemrograman pada *Arduinoterbagi* menjadi tiga blok bagian ketika membuka

software Arduino 1.6.12. Jika software telah terbuka maka langkah selanjutnya yaitu membuat bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman pada penelitian ini dikelompokkan menjadi 3 blok, yaitu *header*, *void loop*, dan *void setup*.



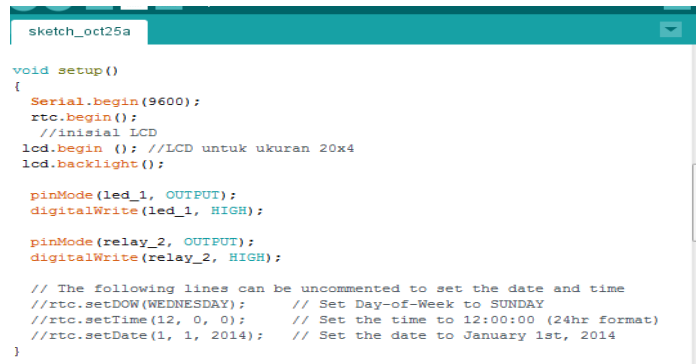
Gambar 3. Bahasa Pemrograman Pada *Block Header*

Bahasa pemrograman di atas merupakan bagian *header* pada program yang dibuat. Perintah yang dimasukkan diawali dengan simbol `/* */`, simbol tersebut merupakan tanda bahwa tulisan yang diinput di antara simbol tersebut hanya berupa pernyataan atau keterangan biasa dan tidak berpengaruh apa-apa pada saat program dijalankan.

Kode bahasa C yang pertama adalah `#include`. Dalam pembuatan bahasa pemrograman menggunakan software Arduino terdapat fitur *library*. *Library* merupakan kumpulan dari beberapa jenis perintah bahasa C yang telah disediakan oleh program, sedangkan kode `#include` merupakan pengarah pada bahasa C yang akan digunakan dari *library*. Contoh pada kode `#include <DS3231.h>` memberikan perintah kepada kompiler agar membaca file DS3231.h saat pelaksanaan kompilasi.

Penggunaan *library* pada program ini terdiri dari `#include <Wire.h>` dan `#include <LiquidCrystal_I2C.h>`. Kedua *library* ini saling berkaitan, dimana keduanya berfungsi untuk menampilkan teks yang dikirim melalui port I2C *backpack module* pada LCD yang telah terpasang. Sedangkan untuk kode `LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,20,4)`; yaitu mengatur alamat LCD untuk tampilan 20 karakter dan 4 baris (kode disesuaikan dengan jenis LCD yang digunakan). Penggunaan *library* yang terakhir adalah `#include <DS3231.h>` dan `#include <RTCLib.h>`. Kedua *library* ini saling berkaitan dimana fungsi dari kode ini agar module RTC *real time clock* dapat terhubung dan dijalankan pada mikrokontroler. Selanjutnya terdapat kode DS3231 rtc (`SDA, SCL`) dimana ini merupakan kaki dari rtc yang dihubungkan dengan pin analog pada arduino yaitu (A4, A5).

Selanjutnya adalah `const int led_1 = 13;` `const` artinya konstanta dan `int` diartikan untuk menyatakan tipe data *integer* (bilangan bulat), sedangkan `led_1` adalah variabelnya. Jadi dapat diartikan sebagai sebuah konstanta bilangan bulat *integer* yang memiliki angka tetap yaitu 0 atau 13, angka ini hanya bisa dibaca dan tidak dapat diubah selama program dijalankan. Dengan kata lain kode ini berfungsi untuk menentukan inisial pin yang digunakan yaitu `led_1` sebagai variabelnya dan 13 sebagai bilangan tetapnya. Begitu juga dengan `const int relay_2 = 7;`. Untuk fungsi variabel yang digunakan yaitu pin digital 7 sebagai pin digital yang diperintahkan pada bahasa program oleh arduino.



Gambar 4. Bahasa Pemrograman Pada *Void Setup*

Selanjutnya adalah blok `void setup()`. Pada blok ini akan diisi dengan bahasa C yang berisi tentang pemberian perintah fungsi sebuah *pin*, selain itu pemberian inisial dari variabel juga dapat dilakukan pada blok ini. Pada blok `void setup()` bahasa C yang dibuat hanya akan dijalankan satu kali yaitu pada saat program dijalankan, pembuatan bahasa C pada blok ini harus diawali dengan tanda buka kurung kurawal “ { “ dan diakhiri dengan tutup kurung kurawal “ } ” simbol ini berfungsi agar bahasa C yang diinput dalam kurung kurawal tersebut berada dalam bagian `void setup()` sehingga bahasa C yang dibuat hanya akan dijalankan satu kali.

Bahasa C yang pertama di bahas pada blok ini adalah kode `Serial.begin(9600)`; digunakan dalam proses inialisasi komunikasi serial dengan *baudrate* 9600. Dengan kata lain fungsi dari kode `Serial.begin(9600)`; adalah untuk komunikasi antara Arduino dengan komputer.

Selanjutnya adalah `rtc.begin()` merupakan kode untuk memulai penggunaan modul RTC begitu juga dengan `lcd.begin()`; dan `lcd.backlight()`; Kode `lcd.begin()`; berfungsi untuk menampilkan bacaan rtc pada lcd, `lcd.begin (20;4)`; sedangkan `lcd.backlight()`; berfungsi untuk menghidupkan layar pada LCD, dengan kata lain kedua bahasa C tersebut saling berkaitan dalam penggunaan komponen LCD.

Kemudian kode `pinMode (led_1, OUTPUT);` `pinMode (led_1);` merupakan penginisialan untuk mengirim/menerima sinyal digital yang digunakan

pada led\_1 yang bernilai 1 atau 0, *on* atau *off*, sedangkan untuk **OUTPUT** digunakan untuk mengeset agar dapat mengirimkan sinyal. Pada `digitalWrite` (led\_1, HIGH) akan menerima input digital yang dikirim oleh **pinMode**. Fungsi ini menerima satu parameter, yaitu nomer pin mana yang akan dibaca nomer inputnya. Fungsi ini akan mengembalikan nilai 1 dan 0, atau HIGH dan LOW.

```

sketch_oct25a
void loop()
{
  //data dari DS3231
  t = rtc.getTime();

  //untuk memonitor jam dari serial (boleh di disable)
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(t.hour, DEC);
  lcd.print(":");
  lcd.print(t.min, DEC);
  lcd.print(":");
  lcd.print(t.sec, DEC);
  lcd.print("");
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Fertigasi Otomatis");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("Created: Alfin F");
  Serial.print(t.hour, DEC);
  Serial.print(":");
  Serial.print(t.min, DEC);
  Serial.print(":");
  Serial.print(t.sec, DEC);
  Serial.println("");
}
    
```

Done uploading

Sketch uses 5608 bytes (17%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes

Gambar 5. Bahasa Pemrograman Pada Void Loop

`VoidLoop` ( ) merupakan bagian untuk mengeksekusi bagian program yang akan dijalankan berulang-ulang sampai catu daya dilepaskan. Pada bagian `Voidloop` ini terdapat perintah yang dapat dijalankan berulang-ulang seperti pengaturan waktu RTC (*Real Time Clock*), (`DateTime now = rtc.now ( );`) merupakan perintah untuk mengatur waktu yang akan dibaca oleh RTC (*Real Time Clock*) yaitu waktu sekarang saat bahasa program tersebut di upload. Selain untuk menampilkan bacaan RTC (*Real Time Clock*), bagian `Voidloop` juga digunakan untuk menampilkan keterangan sistem fertigasi ketikan *on* atau *off*.

```

sketch_oct25a
int jam = t.hour;
int menit = t.min;
int detik = t.sec;

//sesuaikan jam, menit, dan detik dengan kebutuhan
if (jam == 21 && menit == 40 && detik == 00) {
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Fertigasi ON");
  digitalWrite(relay_2, LOW);
  digitalWrite(led_1, HIGH);
  delay(1000); //relay dan led indikator menyala selama 2 detik, silaka
}
else
{
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Fertigasi OFF");
  digitalWrite(relay_2, HIGH);
  digitalWrite(led_1, LOW);
}
delay (1000);
}
    
```

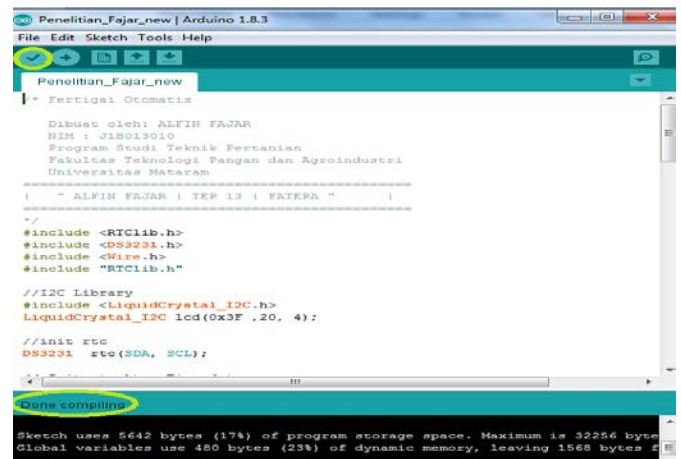
Done uploading

Gambar 6. Perintah untuk Pengaturan Waktu RTC

Perintah untuk pengaturan waktu RTC (*Real Time Clock*) digunakan fungsi *if* dan *else*. Di mana menurut Santoso (2016), berfungsi untuk melakukan pengaturan kondisi yang dikehendaki apabila sebuah kondisi telah terpenuhi maka program akan menjalankan pernyataan. Bentuk *if* tunggal hanya digunakan untuk

satu kondisi, sehingga bila sudah tercapai kondisi tersebut dijalankan perintah jika tidak lewat perintah, ada beberapa yang diperintahkan di sini pada fungsi *if* yaitu (`jam == 21 && menit == 40 && detik == 00`) {, fungsi *if* ini menunjukkan waktu pada RTC yang akan diperintah, kemudian `lcd.print("Fertigasi ON");`, yang akan membuat perintah tampilan fertigasi on pada lcd, selanjutnya `digitalWrite` (relay\_2, LOW); yang akan membuat perintah sinyal digital pada relay *off* atau LOW, prinsip dari relay adalah sebagai saklar yang apabila dialiri arus listrik maka lilitan kawat tertarik karena adanya gaya magnet sehingga saklar akan menutup, pada saat arus dihentikan maka akan kembali ke posisi semula dan saklar akan kembali terbuka. `digitalWrite` (led\_1, HIGH); sama seperti relay yang akan memberi perintah pada sinyal digital led *on* atau HIGH. Kemudian fungsi `delay(10000);` ini bagian terpenting pada bahasa program yang dibuat karena `delay` disini yang akan memberikan perintah berapa lama sistem fertigasi akan menyala atau *on*, satuan yang digunakan `delay` yaitu 1000 milidetik, jadi dilakukan perhitungan konversi jika ingin menggunakan sesuai waktu yang dikehendaki. Fungsi *else*, dimana perintah ini berjalan setelah fungsi *if*. fungsi ini digunakan sebagai perintah untuk melakukan kondisi agar kembali seperti semula.

Setelah ketiga bagian (*header*, *void setup*, *void loop*) bahasa pemrograman selesai dibuat, selanjutnya adalah bagian verifikasi. Verifikasi adalah proses untuk mengecek ulang apakah bahasa pemrograman yang dibuat sudah benar atau masih terdapat kesalahan. Caranya cukup dengan mengklik tanda centang seperti yang terlihat pada Gambar 7 dan menunggu proses verifikasi selesai.



Gambar 7. Proses Verifikasi Program

Jika sudah benar maka akan ke luar teks **“Donecompiling”**. Sebaliknya jika terdapat kesalahan maka biasanya akan muncul pesan berwarna merah **“Error compiling for board Arduino/Genuino Uno”** dan memberikan keterangan bagian mana yang terjadi kesalahan.

### 3. Rancangan Instalasi Irigasi Tetes Otomatis

Instalasi irigasi tetes merupakan rangkaian komponen alat irigasi yang diatur sedemikian rupa sehingga dapat mengeluarkan air secara menetes. Perancangan instalasi irigasi tetes diperlukan untuk mengefisienkan penggunaan air, karena irigasi tetes dapat memusatkan pemberian air pada daerah perakaran, sehingga tanaman akan lebih mudah menyerap air untuk pertumbuhannya. Instalasi jaringan irigasi tetes yang terdiri dari tangki penampung air, pipa aliran, pembagi air (manipol), selang penyalur air, dan *emitter* irigasi tetes. Tangki air ukuran 15 liter. kemudian pipa aliran terbuat dari pipa PVC ½” dengan panjang 125 cm, kemudian pembagi air yang terbuat dari manipol

hidroponik dengan 10 lubang pembagi air, selang saluran air terbuat dari bahan *polyethylene* dengan diameter 5 mm dan panjang 30 cm yang disambungkan ke *emitter*.

Instalasi irigasi tetes yang telah dibuat kemudian diuji keseragaman dan debit irigasi dari setiap *emitter*nya. Cara pengujian keseragaman dilakukan dengan mencari nilai *coefficient of uniformity (CU)*. Pada penelitian ini dilakukan tiga kali perlakuan pengujian *emitter* dengan volume air yang telah ditentukan, tiga perlakuan ini didapat dari kebutuhan air tiap tanaman yang berbeda. Dari hasil pengujian didapatkan nilai *coefficient of uniformity (CU)* dan debit sebagai berikut:

Tabel 1. Koefisien Keseragaman dan Debit Irigasi Tetes.

<i>Emitter</i>	Ppm	volume air (ml)	waktu (menit)	volume rata-rata (ml)	Debit (l/detik)	CU (%)
1	650-750	76	8	72.8	0,000151	97,58
2	650-750	76	8	72.4	0,000150	96,79
3	650-750	76	8	70.8	0,000147	95,25
4	650-750	76	8	73.6	0,000153	98,48
5	650-750	76	8	66.6	0,000138	97,12
6	650-750	76	8	70.6	0,000147	98,41
7	650-750	76	8	69.4	0,000144	97,0
8	650-750	76	8	67.6	0,000140	96,92
9	650-750	76	8	68.6	0,000142	97,90
10	650-750	76	8	71.4	0,000148	95,63
1	850-950	200	21	186.8	0,000148	97,78
2	850-950	200	21	180.6	0,000143	99,02
3	850-950	200	21	176.8	0,000140	98,77
4	850-950	200	21	190.6	0,000151	99,07
5	850-950	200	21	186.2	0,000147	96,26
6	850-950	200	21	179.8	0,000142	98,75
7	850-950	200	21	180.6	0,000143	98,41
8	850-950	200	21	174	0,000138	99,08
9	850-950	200	21	177.6	0,000140	98,83
10	850-950	200	21	193.4	0,000153	97,35
1	1150-1250	100	10	87.6	0,000146	97,63
2	1150-1250	100	10	87.8	0,000146	96,40
3	1150-1250	100	10	85.6	0,000142	96,82
4	1150-1250	100	10	90	0,00015	99,11
5	1150-1250	100	10	91.6	0,000152	97,03
6	1150-1250	100	10	84.8	0,000141	95,57
7	1150-1250	100	10	86.2	0,000137	96,94
8	1150-1250	100	10	81.2	0,000135	97,73
9	1150-1250	100	10	81.6	0,000136	97,65
10	1150-1250	100	10	92	0,000153	97,39

Berdasarkan kriteria tingkat keseragaman irigasi tetes menurut Franata dkk (2014), pada Tabel 1 Hal.9, maka sistem irigasi otomatis ini sangat baik untuk digunakan, yaitu dengan menghasilkan rata-rata koefisien keseragaman irigasi CU sebesar 96,50% dari

tiga perlakuan volume yang berbeda. Pada irigasi otomatis dengan *head* 120 cm ini menghasilkan debit aliran penetes yang cukup stabil pada setiap perlakuan waktu dan volume yang telah ditentukan dan didapat kisaran debit 0,000140 l/detik – 0,000150 l/detik.

Kemudian pada volume yang keluar dari tiap *emitter* didapatkan nilai volume rata-rata setiap lima kali ulangan masih jauh dari nilai volume yang diharapkan pada setiap *emitter* dengan setingan waktu yang telah ditetapkan. Hal ini dikarenakan pada proses pengambilan data ketika kran *solenoid valve* terbuka atau *on* pada bagian pembagi *emitter* atau *manifold* dan selang penetes masih dalam keadaan kosong, kemudian di bagian selang penetes dengan panjang 30 cm adanya selang yang terlipat sehingga aliran air dari *manifold* terhambat menuju *emitter*, selain itu debit air terbesar terdapat pada *emitter* pertama dan terakhir. Hal ini disebabkan manifold yang berbentuk lingkaran menyebabkan tekanan yang diberikan untuk mengalirkan air pada *emitter* pertama dan terakhir posisinya lebih dekat dibandingkan dengan *emitter* yang lain sehingga pada saat air mengalir ke bagian yang jauh akan terjadi kehilangan tekanan yang disebabkan adanya gaya gesekan antara pipa dan air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Simangunsong (2013), bahwa kehilangan tekanan dapat disebabkan oleh *friction loss* pada bahan plastik, setiap sambungan pada pipa, serta gesekan. Sehingga untuk mendapatkan nilai volume rata-rata agar sesuai dengan yang diharapkan dapat dilakukan penambahan setingan waktu pada masing-masing perlakuan.

#### 4. Uji Kinerja Sistem Kontrol Fertigasi Tetes

Sistem kontrol yang telah selesai dirangkai yang kemudian diuji kerja dengan rancangan instalasi irigasi tetes. Terdapat dua tahap yang pertama melakukan pengujian pada sistem kendali *on/off* pada *solenoid valve* untuk waktu pemberian sesuai dengan umur tanaman, seperti diasumsikan selama simulasi ada tiga tahap waktu pemberian yaitu pada umur tanam 7 hari, 14 hari dan 21 hari setelah tanam (HST), tetapi peneliti membuat penjadwalan pemberiaan kebutuhan air per hari sesuai dengan kebutuhan pertanaman selama satu periode umur tanaman, jadi sistem kontrol akan berjalan setiap hari dengan waktu yang telah ditentukan pada pengaturan mikrokontroler. Tahap kedua melakukan pengujian pada sistem kendali *on/off* pada *solenoid valve* untuk menentukan lama pemberian sesuai dengan volume air yang dibutuhkan pada setiap umur tanaman, yaitu dengan waktu 8 menit untuk umur tanam 7 hari dengan kebutuhan air sebanyak 76 ml, kemudian untuk umur tanam 14 hari dibutuhkan waktu 21 menit sistem kontrol atau *solenoid valve on* agar dapat mengeluarkan air sebanyak 200 ml, dan untuk memenuhi kebutuhan air sebanyak 100 ml *solenoid valve* akan menyala dengan waktu 10 menit pada 21 hari setelah tanam. Dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 2. Sistem Kontrol Fertigasi ketika *On* dan *Off*

<i>Emitter</i>	Ppm	Waktu <i>On</i> (jam)	waktu (menit)	Waktu <i>Off</i> (jam)	volume air (ml)	volume rata-rata (ml)
1	650-750	07.00	8	07.09	76	72.8
2	650-750	07.00	8	07.09	76	72.4
3	650-750	07.00	8	07.09	76	70.8
4	650-750	07.00	8	07.09	76	73.6
5	650-750	07.00	8	07.09	76	66.6
6	650-750	07.00	8	07.09	76	70.6
7	650-750	07.00	8	07.09	76	69.4
8	650-750	07.00	8	07.09	76	67.6
9	650-750	07.00	8	07.09	76	68.6
10	650-750	07.00	8	07.09	76	71.4
1	850-950	07.00	21	07.22	200	186.8
2	850-950	07.00	21	07.22	200	180.6
3	850-950	07.00	21	07.22	200	176.8
4	850-950	07.00	21	07.22	200	190.6
5	850-950	07.00	21	07.22	200	186.2
6	850-950	07.00	21	07.22	200	179.8
7	850-950	07.00	21	07.22	200	180.6
8	850-950	07.00	21	07.22	200	174
9	850-950	07.00	21	07.22	200	177.6
10	850-950	07.00	21	07.22	200	193.4



1	1150-1250	07.00	10	07.11	100	87.6
2	1150-1250	07.00	10	07.11	100	87.8
3	1150-1250	07.00	10	07.11	100	85.6
4	1150-1250	07.00	10	07.11	100	90
5	1150-1250	07.00	10	07.11	100	91.6
6	1150-1250	07.00	10	07.11	100	84.8
7	1150-1250	07.00	10	07.11	100	86.2
8	1150-1250	07.00	10	07.11	100	81.2
9	1150-1250	07.00	10	07.11	100	81.6
10	1150-1250	07.00	10	07.11	100	92

## Menentukan Kebutuhan Air Tanaman dan Larutan Nutrisi

### 1. Menentukan Kebutuhan Air Tanaman

Menurut Chaer, Ibnu, S, I. (2016) air diperlukan oleh tanaman untuk proses fotosintesis, metabolisme serta transportasi bahan makanan dari daun ke seluruh tubuh tanaman. Air juga penting untuk melarutkan unsur hara dalam tanah sehingga dapat diserap oleh akar tanaman. Ketersediaan air bagi pertumbuhan tanaman dapat dipenuhi melalui irigasi. Pada penelitian ini selama simulasi diasumsikan pada tanaman bayam yang harus diketahui terlebih dahulu jumlah kebutuhan air tanamannya untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman agar dapat tumbuh normal. Nilai koefisien

tanaman (Kc) untuk tanaman pada periode awal pertumbuhan yaitu 0,3. Periode tengah pertumbuhan 1,2 dan periode akhir pertumbuhan 0,6. Kebutuhan air tanaman bayam yang terbesar terdapat pada periode tengah pertumbuhan dan kebutuhan air tanaman terkecil terdapat pada periode awal pertumbuhan. Hal ini karena tanaman akan lebih banyak membutuhkan air pada periode tengah pertumbuhan karena pertumbuhan vegetative tanaman maksimal terjadi pada periode ini. Dari nilai (Etc) kemudian di cari nilai volume kebutuhan air tanaman, dengan konversi nilai (Etc) dengan lama waktu penyiraman jam/detik. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai kebutuhan air tanaman selama satu periode pertumbuhan.

Tabel 3. Kebutuhan Air Tanaman Bayam Selama Simulasi

Periode pertumbuhan	Umur Tanaman (HST)	Etc (mm/hari)	Volume Air (ml/hari)	Jumlah <i>emitter</i>	Total penggunaan air (ml/ <i>emitter</i> /hari)
Awal	1-10	1,16	76	10	760
Tengah	11-20	4,65	200	10	2000
Akhir	21-28	2,32	100	10	1000

Dari Tabel 3 di atas pada penelitian ini digunakan penampung air dengan volume 15 liter, sehingga dibutuhkan pengaturan pemberian air agar dapat memenuhi kebutuhan air selama satu periode pertumbuhan tanaman. Ada tiga tahap pengaturan pemberian air pada tampungan yaitu pada hari pertama sebagai volume awal 15.000 ml, kemudian pada hari ke-11 dengan penambahan air sebanyak 7.600 ml, selanjutnya pada hari ke-15 dengan penambahan air sebanyak 10.000 ml, sehingga total air pada penampung sebanyak 15.000 ml, pada penelitian ini volume air di penampung dijaga agar tetap konstan agar tekanan air yang keluar pada tiap *emitter* tetap stabil dan kebutuhan air tanaman dapat tepenuhi. Penambahan air yang terakhir yaitu pada hari ke-22 sebanyak 5.000 ml,

dengan volume total di penampung sebanyak 10.000 ml, sehingga sisa air yang tersisa pada penampung selama satu periode pertumbuhan tanaman sebanyak 2.000 ml, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaturan Pemberian Air Tanaman Bayam pada Penampung

Hari Ke-	Penggunaan Air (ml)				
	Awal	Terpakai	Sisa	Penambahan	Total
1	15.000	-	-	-	15.000
11	-	7.600	7.400	7.600	15.000
15	15.000	10.000	5.000	10.000	15.000
22	15.000	10.000	5.000	5.000	10.000
	10.000	8.000	2.000	-	2.000

2. Menentukan Pembuatan Formulasi Larutan Nutrisi

Nutrisi sebagai sumber pasokan air dan mineral merupakan faktor penting untuk pertumbuhan dan kualitas hasil tanaman hidroponik atau fertigasi, sehingga harus tepat jumlah komposisi ion nutrisi yang diberikan pada tanaman agar tidak terjadi keracunan atau kekurangan nutrisi pada tanaman. Larutan nutrisi ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian A dan bagian B, dan biasanya disebut A

B mix. Cara penggunaan sangat mudah, hanya dengan mencampurkan masing-masing bagian A dan bagian B dengan air, satu persatuan secara terpisah sesuai dengan petunjuk yang diberikan produsen nutrisi tersebut. Dalam penelitian ini proses pembuatan larutan yang menggunakan larutan AB mix yang telah dibuat dengan konsentrasi kepekatan 5000 ppm dalam 1000 ml air, yang kemudian akan dicampurkan ke dalam bak penampung dengan kapasitas tampungan 15000 ml.

Kebutuhan tanaman sayuran akan nutrisi berbeda-beda selama satu periode tanaman baik dalam kepekatan dan pH. Tingkat kepekatan larutan nutrisi diukur menggunakan TDS (*total dissolved solids*) dengan satuan ppm, jika kepekatan nutrisi yang

diberikan kadarnya terlalu rendah maka tanaman akan kurang subur, pertumbuhannya lambat dan kerdil. Begitu pula sebaliknya jika nutrisi terlalu tinggi tanaman akan mengalami stress dan pertumbuhannya terganggu. Tingkat keasaman akan mempengaruhi penyerapan akar terhadap unsur-unsur hara yang terkandung dalam nutrisi yang diberikan. Apabila pH terlalu rendah akar akan mengalami kesulitan dalam menyerap unsur hara sehingga akan terjadi defisiensi hara, begitu pula sebaliknya jika pH lebih besar dari 7 akan terjadi pengendapan unsur hara mikro dalam nutrisi dan akar tidak bisa menyerap unsur hara sehingga akan terjadi defisiensi hara. Dengan memberikan nutrisi yang tepat dan menjaga kesetabilan nutrisi sesuai kebutuhan tanaman, maka tanaman akan tumbuh sehat dan optimal.

Dalam penelitian ini yang menjadi fokus pembuatan larutan nutrisi di bak penampung yaitu konsentrasi kepekatan pada nutrisi. Diasumsikan pada tanaman bayam dengan kadar konsentrasi kepekatan yang mengalami peningkatan setiap minggu yang disertai penambahan volume air selama satu periode tanam.

Tabel 5. Formulasi Larutan Tanaman pada Bayam Penampung

Hari Ke-	ppm diharapkan	Penambahan ppm/ ml (semula 5000 ppm)	Volume tampungan air (ml)
1	650-750	450	15.000
8	850-950	10	-
15	1150-1250	710	15.000
22	1350-1450	350	10.000

Dari Tabel 5 Di atas pembuatan formulasi larutan yang akan terus meningkat setiap minggunya karena sesuai dengan pertumbuhan tanaman, dengan konsentrasi semula 5000 ppm sebanyak 450 ml yang kemudian dilarutkan pada air dengan volume penampung 15000 ml untuk mendapatkan nilai ppm yang diharapkan pada rentan 650-750 ppm sebagai larutan awal. Di hari ke-8 pada penampung ditambahkan nutrisi sebanyak 10 ml untuk mendapatkan nilai ppm yang diharapkan pada rentan 850-950 ppm. Selanjutnya pada hari ke-15 atau minggu ketiga terjadi peningkatan kadar konsentrasi larutan yang diharapkan pada rentan 1150-1250 ppm sehingga dilakukana penambahan sebanyak 710 ml dari nilai kadar konsentrasi semula untuk volume tampungan sebanyak 15000 ml. Kemudian pada hari ke-22 atau

minggu terakhir dengan volume sisa sebanyak 10000 ml, dibutuhkan 350 ml dari nilai ppm semula untuk mencapai 1350-1450 ppm yang diharapkan. Dalam menentukan pembuatan formulasi larutan ini dilakukan dengan menggunakan penelitian percobaan dengan menggunakan TDS (*total dissolved solids*) dengan satuan ppm.

## D. SIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian alat, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem kontrol fertigasi pada irigasi tetes dengan kendali kran otomatis *solenoid valve* dapat diterapkan dengan *setting point* awal dengan waktu 8 menit, 10 menit dan 21 menit, sesuai volume air yang dibutuhkan tanaman bayam.
2. Jumlah penggunaan fertigasi otomatis pada irigasi tetes masih menunjukkan keluaran volume air yang belum seragam dari kebutuhan air yang diinginkan.
3. Pembuatan formulasi larutan semakin meningkat tiap minggunya dari konsentrasi semula yang disertai penambahan volume air.
4. Kebutuhan air tanaman dan pembuatan formulasi larutan yang tepat dapat meningkatkan sistem fertigasi.

### Saran

Saran yang dapat diberikan untuk tindak lanjut penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan dilapangan dengan menggunakan tanaman dan menambahkan sensor kadar lengas pada rangkaian sistem kontrol fertigasi otomatis.
2. Menentukan *setting point* waktu yang sesuai dengan kebutuhan fertigasi pada tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Franata R., Oktafri, dan Tusi Ahmad. 2014. Rancang Bangun Sistem Irigasi Tetes Otomatis Berbasis Perubahan Kadar Air Tanah dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Nano. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* Vol. 4. No 1; 19-26.
- [2] Santoso, Hari. 2016. *Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula*. Diakses melalui [www.elangsakti.com](http://www.elangsakti.com) pada tanggal 20 Desember 2016.
- [3] Chaer, Ibnu, S, M. 2016. Aplikasi Mikrokontroler Arduino Pada Sistem Irigasi Tetes untuk Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*. Vol. 4. No 2:
- [4] Simangunsong F, T. Sumono. dkk. 2013. Analisis Efisiensi Irigasi Tetes dan Kebutuhan Ait Tanaman Sawi (*Brassica juncea*) pada Tanah Inceptisol. *Jurnal Reakayasa Pangan dan Pertanian.*, Vol. 2 No. 1. Dept. Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian USU. Medan.
- [5] Syahwil, Muhamad. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Penerbit Andi. Yogyakarta.