

**SISTEM *MONITORING* DAN KONTROL  
LARUTAN NUTRISI SAYURAN HIDROPONIK MELALUI  
KOMUNIKASI NIRKABEL**

**SKRIPSI  
TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**IBRAHIM HASAN  
NIM. 135060301111023**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

LEMBAR PENGESAHAN  
SISTEM *MONITORING* DAN KONTROL  
LARUTAN NUTRISI SAYURAN HIDROPONIK MELALUI  
KOMUNIKASI NIRKABEL  
SKRIPSI  
TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar sarjana teknik



IBRAHIM HASAN  
NIM. 135060301111023

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Raden Arief Setyawan, S.T., M.T.  
NIP. 19750819 19903 1 001

Dr. Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc  
NIP. 19590304 198903 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. Hadi Suryono, S.T., M.T., Ph.D., IPM.  
NIP. 19730520 200801 1 013

### **Penguji 1**

Nama	Zainul Abidin, ST., MT., M.Eng.
NIP/NIK	201201 860123 1 001
NIDN	0023018602
Jabatan	-
SK Pengangkatan	-
Jab.Fungsional	Tenaga Pengajar
Gol./Pangkat	III b, Penata Muda Tk. I
Pendidikan	S1 – Universitas Brawijaya
	S2 – Universitas Brawijaya
	S3 -
Alamat	Jalan Joyo Suryo 4A, Malang
Email	zainulabidin[at]ub.ac.id

### **Penguji 2**

Nama	Ir. Nurussa'adah, MT.
NIP/NIK	19680706 199203 2 001
NIDN	0006076807
Jab.Struktural	-
SK Pengangkatan	-
Jab.Fungsional	Lektor
Gol./Pangkat	III d, Penata Tk. I
Pendidikan	S1 – Universitas Brawijaya
	S2 – Universitas Brawijaya
	S3 -
Alamat	Jl. Kawi 6 Turen Malang
Email	rossa@ub.ac.id
Telp.	08123317611

### **Penguji 3**

Nama	Akhmad Zainuri, ST., MT.
NIP/NIK	19840120 201212 1 003
NIDN	0021017601
Jabatan	-
SK Pengangkatan	-
Jab.Fungsional	Tenaga Pengajar
Gol./Pangkat	III b, Penata Muda Tk. I
Pendidikan	S1 – Universitas Brawijaya
	S2 – Universitas Brawijaya
	S3 -
Alamat	Jl. Kanjuruhan IV 40E Tlogomas Lowokwaru, Malang
Email	akhmad.zainuri@ub.ac.id
Telp.	085731160354

JUDUL SKRIPSI :  
SISTEM *MONITORING* DAN KONTROL LARUTAN NUTRISI SAYURAN  
HIDROPONIK MELALUI KOMUNIKASI NIRKABEL

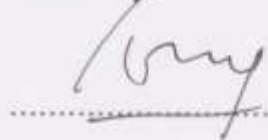
Nama Mahasiswa : Ibrahim Hasan  
NIM : 135060301111023  
Program Studi : Teknik Elektro  
Konsentrasi : Teknik Elektronika

KOMISI PEMBIMBING :

Ketua : Raden Arief Setyawan, S.T.,M.T.

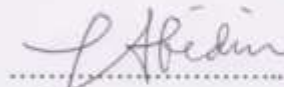


Anggota : Dr. Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc

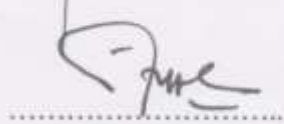


TIM DOSES PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Zainul Abidin, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.



Dosen Penguji 2 : Ir. Nurussa'adah, M.T.



Dosen Penguji 3 : Akhmad Zainuri, S.T.,M.T.



Tanggal Ujian : 8 Januari 2018

SK Penguji : No. 17/UN10.F07/SK/2018

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No.20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Januari 2018



**Ibrahim Hasan**

**NIM. 135060301111023**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### A. DAFTAR PRIBADI

Nama Lengkap : Ibrahim Hasan  
Tempat, Tanggal Lahir : Ngawi, 04 September 1994  
Jenis Kelamin : Laki - Laki  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Alamat : Dusun Jambe, RT/RW 03/06, Desa Gemarang, Kecamatan  
Kedunggalar, Kabupaten Ngawi  
No. HP : 085730093047  
Email : ibrahimmhasan04@gmail.com

### B. PENDIDIKAN FORMAL

1. SDN Gemarang II : 2001 - 2007
2. SMPN 1 Paron : 2007 - 2010
3. SMKN 1 Ngawi (Elektronika Industri) : 2010 - 2013
4. S1 Teknik Elektro Universitas Brawijaya : 2013 - 2018

Demikian riwayat hidup ini saya buat dengan sebenarnya.

Malang, 18 Januari 2018



**Ibrahim Hasan**

*Taklukan Setiap Rasa Takutmu*

*Dalam Setiap Langkah Pasti Ada Keraguan*

*Imbangi Dengan Doa Dan Iktidar*

*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:*

*Ayahanda dan Ibunda tercinta*

*Para Sahabat*



**Abstrak** – Kesulitan yang banyak dihadapi petani dalam menanam sayuran dengan metode hidroponik adalah setiap sayuran memiliki perbedaan nilai pH dan EC yang berbeda-beda. Selain itu parameter tersebut selalu berubah yang disebabkan berbagai faktor seperti media tanam, proses fotosintesis dan respirasi, maupun bakteri. Dengan demikian, maka dibuatlah sistem *monitoring* dan kontrol larutan nutrisi sayuran hidroponik melalui komunikasi nirkabel. Alat yang dibuat terdiri dari perangkat *remote* yang berfungsi sebagai pemilihan jenis sayuran yang akan di-*monitoring* dan dikontrol nilai pH dan EC larutan nutrisi serta menerima data pengukuran dari perangkat *field control* sedangkan perangkat *field control* berfungsi sebagai penerima data berupa rentang nilai pH dan EC dari perangkat *remote*, me-*monitoring* nilai pH dan EC pada larutan nutrisi, mengirim data pengukuran ke perangkat *remote*, serta mengontrol jika nilai pH atau EC diluar kisaran yang ditentukan. Kesalahan rata-rata pembacaan sensor pH sebesar 0,63% dan sensor EC sebesar 1,24%. Air yang digunakan untuk melarutkan larutan pH dan nutrisi sebesar 4,5 liter. Untuk mengontrol nilai pH dan EC nutrisi diterapkan metode kontrol *On-Off*. Pengontrolan pH digunakan larutan pH up dan pH down. Sedangkan pengontrolan EC digunakan larutan nutrisi A, nutrisi B, penguras dan pengisi air. Jarak terjauh komunikasi data kedua perangkat secara nirkabel menggunakan Xbee kurang dari 95 meter.

**Kata Kunci**–Hidroponik, *Monitoring* dan Kontrol Nutrisi Sayuran, Komunikasi Nirkabel

**Abstract** - *The difficulty many farmers face in planting vegetables with hydroponic methods is that each vegetable has different values of pH and EC. In addition, these parameters are always changing due to various factors such as planting media, photosynthesis and respiration process, and bacteria. Thus, the monitoring and control system of hydroponic vegetable nutrition solution through wireless communication. The tool made consists of a remote device that serves as the selection of vegetables to be monitored and controlled pH and EC value of nutrient solution and receive measurement data from the field control device while the field control device serves as a data recipient in the range of pH and EC values of the device remote, monitoring pH and EC values in nutrient solutions, sending measurement data to remote devices, and controlling if pH or EC values are outside the specified range. The average error of pH sensor readings is 0.63% and the EC sensor is 1.24%. Water used to dissolve pH and nutrient solutions of 4.5 liters. To control the pH value and EC nutrition applied On-Off control method. Control of pH is used pH up and pH down solution. While EC control is used nutrient solution A, nutrition B, drain and water filler. The farthest distance communications data of both devices wirelessly using Xbee is less than 95 meters.*

**Keyword**- *Hydroponics, Monitoring and Control of Vegetable Nutrition, Wireless Communications*

## PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya dan perkenan-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Karya ini tidak mungkin selesai tanpa restu dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih sedalam-dalamnya yang tidak terhingga kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Agus Subekti dan Ibu Suparni atas pengorbanan, motivasi dan doa restunya sehingga penulis dapat menuntut ilmu sampai jenjang Sarjana.
2. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universtias Brawijaya.
3. Ibu Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universtias Brawijaya yang selalu memberi semangat dan motivasi untuk cepat menyelesaikan skripsi..
4. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T., selaku ketua Program Studi Sarjana Teknik Elektro Universtias Brawijaya.
5. Bapak Raden Arief Setyawan, S.T., M.T. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
6. Bapak Raden Arief Setyawan, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc sebagai pembimbing pertama dan sebagai pembimbing kedua, ditengah kesibukan beliau berdua selalu memberikan waktu untuk diskusi dengan tulus, sabar memberikan masukan yang sungguh berharga.
7. Bapak Ir. Moch. Dhofir, MT. sebagai dosen penasihat akademik yang telah memberikan pengarahan perihal akademik selama masa studi.
8. Para Dosen Pengajar Program Studi Teknik Elektro Universitas Brawijaya, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bekal ilmu pada penulis dalam menyelesaikan studi dan sebagai bekal untuk mempelajari ilmu setelah lulus.
9. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan studi Azril, Idam, Udin, Ryan, Rozaq, Adit atas segala kebersamaannya.
10. Teman-teman PKM 2013/2014 (Samsul, Leli, Dewi, Dian), PKM 2014/2015 (Samsul, Nur, Okta, Bela), PKM 2015/2016 (Ana, Samsul, Ojan, Azril, Vani, Haekal, Huda),

PKM 2016/2017 (Azril, Idam, Raras, Ruth) atas kemauanya untuk berkarya bersama-sama.

11. Teman-teman PKL Chandra dan Nadia atas segala kebersamaannya waktu PKL di PT. PERTAMINA UP VI Balongan. Moment yang tidak akan terlupakan
12. Teman-teman konsentrasi Elektronika 2013 dan elektro angkatan 2013 “SPECTRUM” atas segala dukungan dalam pembuatan skripsi.

Sekiranya Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang turut membantu skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Amin, Terima kasih.

Malang, Januari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penulisan.....	2
1.5. Manfaat .....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1. Hidroponik .....	3
2.2. pH dan EC Larutan Nutrisi .....	3
2.3. Sensor .....	4
2.3.1 Sensor pH.....	4
2.3.2 Sensor Konduktivitas .....	6
2.4. LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) .....	7
2.5. Keypad.....	7
2.6. Arduino Uno.....	8
2.6.1 Daya.....	9
2.6.2 Memori.....	9
2.6.3 Input dan Output .....	9
2.6.4 Komunikasi .....	10
2.7. <i>Universal Asynchronous Receiver and Transmitter</i> (UART).....	11
2.8. Komunikasi <i>Wireless</i> .....	11
2.8.1 Protokol Zigbee.....	11
2.8.2 <i>Device</i> .....	12
2.8.3 Arsitektur XBee Pro S1 .....	13
BAB III METODE PENELITIAN .....	15
3.1. Penentuan Spesifikasi Alat.....	15

3.2.	Perancangan dan Pembuatan Alat .....	16
3.3.	Perancangan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) .....	17
3.3.1.	Perangkat <i>Remote</i> .....	17
3.3.2.	Perangkat <i>Field Control</i> .....	18
3.4.	Perancangan Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ).....	18
3.4.1.	Perancangan Perangkat Lunak Perangkat <i>Remote</i> dan <i>Field Control</i> .....	21
3.4.2.	Analisis Pembacaan Sensor.....	22
3.4.3.	Metode Kontrol .....	27
3.4.4.	<i>Setting</i> Parameter XBee .....	28
3.5.	Pengujian Alat .....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1.	Pengujian Perangkat <i>Remote</i> .....	31
4.1.1.	Pengujian <i>Keypad</i> 4x4.....	31
4.1.2.	Pengujian LCD 16x2 .....	31
4.1.3.	Pengujian <i>Push Button</i> .....	33
4.2.	Pengujian Perangkat <i>Field Control</i> .....	33
4.2.1.	Pengujian RPS Sensor pH.....	34
4.2.2.	Pengujian Sensor PH.....	34
4.2.3.	Pengujian RPS Sensor EC.....	37
4.2.4.	Pengujian Sensor EC.....	39
4.2.5.	Pengujian Pompa.....	41
4.2.6.	Pengujian Larutan .....	43
4.3.	Pengujian Jarak Komunikasi Nirkabel .....	44
4.3.1.	Hasil Pengujian dan Analisis.....	46
4.4.	Pengujian Keseluruhan Sistem .....	47
4.4.1.	Pengujian Keseluruhan Perangkat <i>Remote</i> .....	47
4.4.2.	Pengujian Keseluruhan Perangkat <i>Field Control</i> .....	47
4.4.3.	Pengujian Keseluruhan Komunikasi Nirkabel .....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		51
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran .....	53
DAFTAR PUSTAKA .....		54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai EC dan pH untuk sayuran daun .....	4
Tabel 2.2 Konfigurasi Pinout LCD 16x2.....	7
Tabel 2.3 Perbandingan XBee dengan <i>wireless</i> lainnya.....	13
Tabel 3.1 Pilihan sayuran pada <i>keypad</i> .....	20
Tabel 3.3 Metode Kontrol pH.....	27
Tabel 3.4 Metode Kontrol EC.....	28
Tabel 3.5 Konfigurasi XBee .....	28
Tabel 4.1 Hasil pengujian <i>keypad</i> 4x4.....	32
Tabel 4.2 Hasil pengujian <i>push button</i> .....	34
Tabel 4.3 Hasil pengujian RPS sensor pH.....	35
Tabel 4.4 Hasil pengujian sensor pH.....	38
Tabel 4.5 Hasil pengujian RPS sensor EC.....	40
Tabel 4.6 Hasil pengujian sensor EC.....	42
Tabel 4.7 Hasil pengujian pompa .....	44
Tabel 4.8 Hasil pengujian larutan nutrisi, pH, penguras, dan pengisi air .....	45
Tabel 4.9 Hasil pengujian jarak komunikasi nirkabel .....	47
Tabel 4.10 Hasil pengujian perangkat <i>remote</i> . .....	48
Tabel 4.11 Hasil pengujian kontrol pH.....	50
Tabel 4.12 Hasil pengujian kontrol EC .....	50
Tabel 4.13 Hasil pengujian pengiriman data dari perangkat <i>remote</i> ke perangkat <i>field control</i> .....	51
Tabel 4.14 Hasil pengujian pengiriman data dari perangkat <i>field control</i> ke perangkat <i>remote</i> . .....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Elektroda Sensor pH .....	5
Gambar 2.2 RPS <i>Industrial pH Electrode</i> (SKU:FIT0348) .....	5
Gambar 2.3 Elektroda Sensor EC .....	6
Gambar 2.4 RPS <i>Analog EC Meter</i> (SKU:DFR0300).....	6
Gambar 2.5 (a) Bentuk Fisik (b) Rangkaian dasar keypad 4x4.....	8
Gambar 2.6 <i>Board</i> Arduino Uno .....	8
Gambar 2.7 UART <i>frame format</i> .....	11
Gambar 2.8 Xbee Pro Series 1.....	12
Gambar 2.9 Konfigurasi Pin Xbee Pro .....	13
Gambar 3.1 Blok Diagram Perangkat <i>Remote</i> .....	16
Gambar 3.2 Blok Diagram Perangkat <i>Field Control</i> .....	17
Gambar 3.3 Skematik perangkat <i>remote</i> .....	18
Gambar 3.4 Skematik perangkat <i>field control</i> .....	18
Gambar 3.5 Diagram alir keseluruhan.....	19
Gambar 3.6 Diagram Alir Perangkat <i>Remote</i> .....	21
Gambar 3.7 Diagram Alir Perangkat <i>Field Control</i> .....	22
Gambar 3.8 Sensitivitas pengukuran pH .....	23
Gambar 3.9 Sensitivitas pengukuran EC .....	25
Gambar 4.1 Diagram blok pengujian <i>keypad</i> 4x4 .....	31
Gambar 4.2 Hasil pengujian <i>keypad</i> 4x4 .....	32
Gambar 4.3 Diagram blok pengujian LCD 16x2.....	33
Gambar 4.4 Hasil pengujian LCD .....	33
Gambar 4.5 Diagram blok pengujian <i>push button</i> .....	34
Gambar 4.6 Diagram blok pengujian RPS sensor pH .....	34
Gambar 4.7 Grafik hubungan tegangan keluaran RPS pH dan pH .....	36
Gambar 4.8 Persamaan linier untuk pengukuran pH.....	36
Gambar 4.9 Diagram blok pengujian sensor pH.....	37
Gambar 4.10 Grafik perbandingan pengukuran pH.....	38
Gambar 4.11 Diagram blok pengujian RPS sensor EC .....	39

Gambar 4.12 Grafik hubungan tegangan keluaran RPS EC dan EC .....	40
Gambar 4.13 Persamaan linier untuk pengukuran EC .....	41
Gambar 4.14 Diagram blok pengujian sensor EC.....	41
Gambar 4.15 Grafik perbandingan pengukuran EC.....	43
Gambar 4.16 Blok diagram pengujian pompa .....	43
Gambar 4.17 Pengujian pompa .....	44
Gambar 4.18 (a) Wadah larutan, (b) Larutan uji.....	44
Gambar 4.19 (a) Blok diagram XBee A (b) Blok diagram XBee B .....	46
Gambar 4.20 Perangkat <i>remote</i> .....	48
Gambar 4.21 Perangkat <i>field control</i> .....	49





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan teknologi, sayuran telah dibudidayakan secara hidroponik. Hidroponik adalah metode penanaman tanaman tanpa menggunakan media tumbuh dari tanah melainkan menggunakan air yang mengandung campuran hara agar potensi maksimum tanaman untuk berproduksi dapat tercapai dengan cara mengoptimalkan pertumbuhan perakaran tanaman. Hal ini akan menghasilkan pertumbuhan tunas atau bagian atas yang sangat tinggi sehingga tanaman akan tumbuh dengan optimal (Rosliani, 2005).

Implementasi budidaya sayuran secara hidroponik di perkotaan sangat potensial untuk dikembangkan. Hal tersebut disebabkan oleh berbagai hal, diantaranya adalah tingginya tingkat kebutuhan sayuran seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, terbatasnya ruang untuk budidaya tanaman, dan semakin tingginya minat masyarakat dalam mengkonsumsi sayur berkualitas bebas dari cemaran. Pola cocok tanam hidroponik dapat memenuhi kriteria spesifik pertanian perkotaan yang memiliki keterbatasan lahan, namun demikian efektif, produktif, bermutu, bernilai tambah tinggi, serta dapat meningkatkan ketersediaan pangan dan gizi masyarakat dalam jumlah yang cukup dengan harga terjangkau (Sastro, 2016).

Pada budidaya sayuran secara hidroponik, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain *potential hydrogen* (pH), *electrical conductivity* (EC), oksigen, dan media tanam. Pemberian larutan nutrisi harus sesuai dengan kepekatan yang dianjurkan pada setiap jenis sayuran yang direpresentasikan dengan EC. Demikian juga dengan pH air, dimana pH air akan mempengaruhi daya larut unsur hara yang berakibat pada kualitas kesuburan sayuran tersebut. Kesulitan yang banyak dihadapi petani dalam menanam sayuran dengan metode hidroponik adalah setiap jenis sayuran memiliki nilai pH dan EC yang berbeda-beda. Selain itu nilai pH dan EC selalu berubah-ubah selama masa tanam. Perubahan ini disebabkan berbagai faktor seperti media tanam, proses fotosintesis dan respirasi, maupun bakteri. Sehingga dilakukan pengecekan pH dan EC larutan nutrisi yang dilakukan secara berulang-ulang.

Dengan demikian, maka dibuatlah sistem *monitoring* dan kontrol larutan nutrisi sayuran hidroponik melalui komunikasi nirkabel. Dimana alat terdiri dari perangkat *remote*

dan perangkat *field control*. Pemilihan jenis sayuran yang akan ditanam dapat dipilih melalui perangkat *remote*. Sedangkan perangkat *field control* berfungsi untuk mengukur dan mengontrol nilai pH dan EC larutan nutrisi agar sesuai dengan jenis sayuran yang ditanam serta mengirim data pengukuran ke perangkat *remote* melalui komunikasi nirkabel.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat perangkat *remote* serta perangkat *field control*?
2. Bagaimana pembacaan sensor pH dan EC pada nutrisi sayuran hidroponik?
3. Bagaimana mengontrol nilai pH dan EC pada nutrisi sayuran hidroponik?
4. Bagaimana komunikasi data antar perangkat *remote* dan perangkat *field control* yang dilakukan secara nirkabel?

### **1.3. Batasan Masalah**

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan alat akan diberi batasan sebagai berikut:

1. Sistem diterapkan pada sayuran daun yang ditanam menggunakan metode hidroponik.
2. Parameter larutan nutrisi yang di *monitoring* adalah pH dan EC.
3. Metode kontrol yang diterapkan adalah On-Off.
4. Air yang digunakan untuk pelarutan larutan pH dan nutrisi adalah 4,5 liter.
5. Panjang pipa yang digunakan untuk setiap pompa adalah 18 cm dengan diameter 0,5 cm.
6. Tidak membahas protokol Zigbee.

### **1.4. Tujuan Penulisan**

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah merancang bangun suatu sistem yang terdiri dari perangkat *remote* dan perangkat *field control* untuk *monitoring* dan mengontrol pH dan EC larutan nutrisi pada sayuran hidroponik serta pengiriman data pengukuran dari perangkat *field control* ke perangkat *remote* melalui komunikasi nirkabel.

### **1.5. Manfaat**

1. Untuk kepentingan ilmiah, skripsi ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi mahasiswa dalam melakukan pengukuran dan pengontrolan pH, EC, serta komunikasi nirkabel menggunakan Xbee.
2. Untuk kepentingan terapan, skripsi ini dapat berguna bagi petani hidroponik untuk *monitoring* dan mengontrol pH dan EC larutan nutrisi pada sayuran.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Hidroponik**

Hidroponik memiliki pengertian sebagai suatu metode budidaya tanaman menggunakan larutan mineral dalam air tanpa tanah. Publikasi pertama mengenai budidaya tanpa tanah adalah oleh Francis Bacon pada tahun 1627. Pada tahun 1699, Jhon Woodward mempublikasikan bahwa tanaman yang ditanam menggunakan air alami lebih baik dibandingkan menggunakan air destilasi. Kelebihan budidaya tanaman secara hidroponik, yaitu tanpa menggunakan tanah, air tetap berada dalam sistem dan dapat dipergunakan kembali tidak menyebabkan polusi nutrisi dalam sistem lingkungan, berdaya hasil tinggi serta stabil, dan penyakit serta hama dapat dengan mudah di tanggulangi (Sastro, 2016).

Dalam sistem hidroponik, pengelolaan air dan hara difokuskan terhadap cara pemberian yang optimal sesuai dengan kebutuhan tanaman, umur tanaman dan kondisi lingkungan sehingga tercapai hasil yang maksimum. Air dan pupuk diberikan secara bersamaan sebagai larutan hara. Jumlah air dan hara akan selalu berubah sesuai dengan umur dan pertumbuhan tanaman. Kebutuhan tanaman terhadap hara dan terus meningkat sejak persemaian sampai tanaman menghasilkan (Susila, 2013).

#### **2.2. pH dan EC Larutan Nutrisi**

Kondisi pH optimum untuk tanaman atau sayuran pada kultur hidroponik berkisar dari 5,5 sampai 6,5. Pengaturan pH larutan dapat dilakukan dengan menggunakan larutan asam : asam phosphate, asam nitrat. Pada teknologi hidroponik, pemberian nutrisi dilakukan bersamaan dengan pemberian air. Cara ini dikenal dengan istilah fertigasi atau *fertigation*. Pemberian nutrisi ini selain memenuhi unsur hara tanaman tetapi juga untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan tanaman dan evapotranspirasi. Efisiensi penggunaan larutan nutrisi berhubungan dengan larutan hara dan kebutuhan hara oleh tanaman.

Pada umumnya kualitas larutan nutrisi ini diketahui dengan mengukur *electrical conductivity* (EC) larutan. Bila EC tinggi maka larutan nutrisi semakin pekat, sehingga ketersediaan unsur hara semakin bertambah. Begitu juga sebaliknya, jika EC rendah maka

konsentrasi larutan nutrisi rendah sehingga ketersediaan unsur hara lebih sedikit (Lingga, 2005).

*Electrical conductivity* (EC) untuk sayuran berkisar 1,5 – 2,5 mS/cm. Pada EC yang terlampaui tinggi, tanaman sudah tidak sanggup lagi menyerap hara lagi karena terlalu jenuh. Aliran larutan hara hanya lewat tanpa diserap akar. Batasan jenuh untuk sayuran daun adalah EC 4,2 mS/cm. Di atas angka tersebut, pertumbuhan tanaman akan stagnan. Bila EC jauh lebih tinggi maka akan terjadi toksisitas atau keracunan dan sel-sel akan mengalami kematian (Sutiyoso, 2006). Setiap tanaman memiliki kebutuhan akan pH dan EC nutrisi yang berbeda-beda agar dapat tumbuh optimal. Berikut ini adalah daftar nilai EC dan pH untuk sayuran daun yang ditunjukkan Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai EC dan pH untuk sayuran daun

Jenis Sayuran	EC (mS/cm)	pH
Bayam	1,8 – 2,3	6,0 – 7,0
Brokoli	2,8 – 3,5	6,0 – 6,8
Daun Bawang	1,8 – 2,2	6,0 – 6,5
Kangkung	1,5 – 2,0	5,5 – 6,5
Kemangi	1,0 – 1,6	5,5 – 6,5
Seledri	1,8 – 2,4	6,5 – 7,0
Kubis / Kol	2,5 – 3,0	6,5 – 7,0
Sawi / Caisim / Sosin	1,5 – 2,0	5,5 – 6,5
Sawi Pahit	1,6 – 2,4	6,0 – 6,5
Selada	0,8 – 1,2	6,0 – 7,0
Selada Air	0,8 – 1,2	6,0 – 7,0
Kailan	1,5 – 2,0	5,5 – 6,5

Sumber : PGO Pacitan

### 2.3. Sensor

Sensor adalah divais yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisika atau kimia menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. Sensor juga adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya, contoh kamera sebagai sensor penglihatan dan LDR (*light dependent resistance*) sebagai sensor cahaya. (Firdaus, 2014).

#### 2.2.1 Sensor pH

Besaran pH menyatakan derajat keasaman dari air yang dilarutkan oleh beberapa zat. Air memiliki rumus kimia H<sub>2</sub>O yang mana dalam larutan dapat diuraikan atas ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup>. Perbandingan antara banyaknya ion H<sup>+</sup> dan ion OH<sup>-</sup> dalam larutan menentukan apakah larutan bersifat sebagai asam atau basa. Jika ion H<sup>+</sup> dan ion OH<sup>-</sup> tersebut sama banyaknya, dinyatakan larutan bersifat netral. Tetapi jika ion H<sup>+</sup> lebih banyak dari ion

OH-, larutan bersifat asam. Sedangkan jika ion OH- lebih banyak dari ion H+, larutan bersifat basa. Sensor pH mempunyai sepasang elektroda yaitu sebuah elektroda untuk merasakan adanya ion H+ (*sensing electrode*) yang berupa elektroda *membrane* kaca (*glass membrane electrode*) dan sebuah elektroda referensi atau elektroda acuan (*reference electrode*).

Sensor pH yang digunakan adalah *industrial pH electrode* (SKU:FIT0348) produk dari DFrobot yang ditunjukkan Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.

Spesifikasi:

- Panjang (dengan cover pelindung) : 17,7 cm
- Diameter : 2,74 cm
- Panjang Kabel : 5 m
- Konektor : BNC
- Rentang Pengukuran : 0 -14 pH
- Presisi Pengukuran :  $\leq 0,02$  pH
- Suhu Operasional : 0 - 60 °C
- Waktu Respon : 10 detik
- *Drift* :  $\leq 0,02/24$  jam
- Resistansi membran :  $\leq 200 \times 10^6 \Omega$
- Kemiringan :  $\geq 95\%$



Gambar 2.1 Elektroda Sensor pH  
Sumber: [www.dfrobot.com](http://www.dfrobot.com), 2017



Gambar 2.2 RPS sensor pH  
Sumber: [www.dfrobot.com](http://www.dfrobot.com), 2017

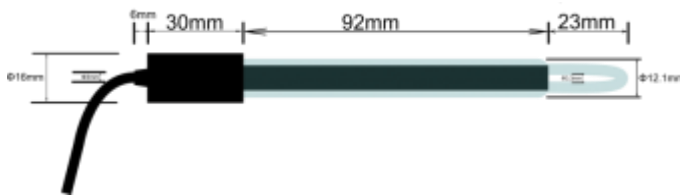
### 2.2.2 Sensor Konduktivitas

Konduktivitas adalah kemampuan zat untuk membawa arus listrik. Konduktivitas adalah *invers* dari resistansi. Pada zat cair digunakan *invers* resistansi untuk mengukur konduktivitas. Konduktivitas air merupakan indikator penting dalam pengukuran kualitas air. Hal ini dapat merepresentasikan tingkat elektrolit yang ada di dalam air. Konduktivitas tiap larutan berbeda tergantung pada konsentrasi elektrolit. Dalam sistem SI, satuan konduktivitas adalah Siemens/meter ( $\frac{S}{m}$ ) (dfrobot,2017). Konduktivitas pada penanaman tanaman atau sayuran dengan hidroponik digunakan untuk merepresentasikan nutrisi yang terlarut pada air dan lebih dikenal dengan *electrical conductivity* (EC).

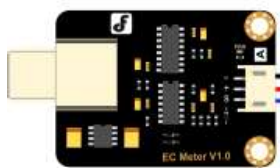
Sensor konduktivitas yang digunakan adalah Analog EC Meter SKU:DFR0300 produk dari DFrobot yang ditunjukkan Gambar 2.3 dan Gambar 2.4.

Spesifikasi:

- Tegangan Operasi : + 5,00 V
- Ukuran PCB : 45 mm x 32 mm
- Rentang Pengukuran : 1 mS/cm – 20 mS/cm
- Suhu Operasional : 5 – 40 °C
- Akurasi :  $<\pm 10\%$  F.S (akurasi spesifik tergantung keakuratan kalibrasi)
- Konstanta Elektroda (K) : 1
- Konektor : BNC
- Panjang Kabel Elektroda :  $\pm 60$  cm
- Sensor suhu : DS18B20



Gambar 2.3 Elektroda Sensor EC  
Sumber: www.dfrobot.com, 2017



Gambar 2.4 RPS sensor EC  
Sumber: www.dfrobot.com, 2017



#### 2.4. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah merupakan salah satu perangkat elektronika yang berfungsi sebagai penampil suatu data, baik dalam bentuk karakter, huruf maupun grafik. LCD banyak tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya termasuk ROM dan perangkat penunjang lainnya. LCD mempunyai pin data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan. Saat ini LCD lebih banyak digunakan daripada *dot matriks*, *seven-segment LED* atau *Multi-segment LED* untuk *display* suatu data, hal ini dikarenakan harganya yang relatif lebih terjangkau. Selain itu, LCD juga sudah mampu menampilkan huruf, angka bahkan grafik sekalipun. Dalam proses pemrogramannya, LCD lebih mudah diprogram. Pada Tabel 2.2 ditunjukkan konfigurasi *pinout* LCD 16x2.

Tabel 2.2 Konfigurasi Pinout LCD 16x2

No	Nama Pin	Deskripsi
1	Vss	Power supply (GND)
2	Vdd/Vcc	Power supply (+5V)
3	Vee/Vo	Contrast adjust
4	RS	0=Instruction input/ 1=Data input
5	R/W	0=Write to LCD module/ 1=Read from LCD module
6	E	Enable signal
7	DB0	Data <i>pin</i> 0
8	DB1	Data <i>pin</i> 1
9	DB2	Data <i>pin</i> 2
10	DB3	Data <i>pin</i> 3
11	DB4	Data <i>pin</i> 4
12	DB5	Data <i>pin</i> 5
13	DB6	Data <i>pin</i> 6
14	DB7	Data <i>pin</i> 7
15	VB+	Backlight (+5V)
16	VB-	Backlight (GND)

Sumber: (Winoto, 2010)

Cara mengoperasikan LCD secara mudah dengan menghubungkan *pin* Vss ke *pin* Ground dan *pin* Vcc ke sumber tegangan +5V. Untuk pengaturan kontras Vee dihubungkan ke Ground. Supaya LCD bercahaya dengan cara menghidupkan backlight dengan VB+ ke sumber +5V dan VB- ke Ground (Winoto, 2010).

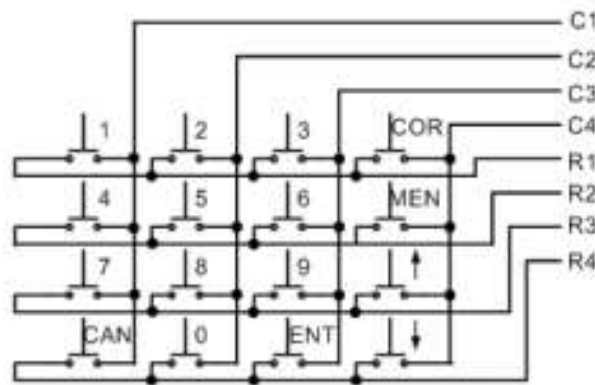
#### 2.5. Keypad

*Keypad* sering digunakan sebagai suatu input pada beberapa peralatan yang berbasis mikroprosesor atau mikrokontroler. *Keypad* terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom dengan susunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Agar mikrokontroler dapat melakukan *scan keypad*, maka port memberikan salah satu bit dari 4

bit yang terhubung pada kolom dengan logika *low* “0” dan selanjutnya membaca 4 bit pada baris untuk memeriksa jika ada tombol yang ditekan pada kolom tersebut. Selama tidak ada tombol yang ditekan, maka mikrokontroler akan membaca sebagai logika *high* “1” pada setiap pin yang terhubung ke baris. Bentuk fisik dan rangkaian dasar *keypad* ditunjukkan Gambar 2.5



(a)



(b)

Gambar 2.5 (a) Bentuk Fisik (b) Rangkaian dasar keypad 4x4

## 2.6. Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega 328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai Output PWM), 6 input analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *power jack*, *header ICSP*, tombol reset. Arduino Uno dapat dioperasikan langsung dengan menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau menggunakan adaptor AC ke DC. *Board* Arduino Uno ditunjukkan Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Board Arduino Uno  
Sumber: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc), 2017

Arduino Uno memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Mikrokontroler : ATmega328P
- Tegangan pengoperasian : 5V
- Tegangan input yang disarankan : 7-12V
- Batas tegangan input : 6-20V
- Jumlah pin I/O digital : 14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
- Jumlah pin input analog : 6
- Arus DC tiap pin I/O : 20 mA
- Arus DC untuk pin 3.3V : 50 mA
- Memori *Flash* : 32 KB (ATmega328P), sekitar 0.5 KB digunakan untuk *bootloader*
- SRAM : 2 KB (ATmega328P)
- EEPROM : 1 KB (ATmega328P)
- Kecepatan *clock* : 16 MHz
- LED pada board : 13
- Panjang : 68,6 mm
- Lebar : 53,4 mm
- Berat : 25 g

### 2.5.1 Daya

Arduino Uno dapat disuplai sumber tegangan melalui koneksi USB dengan komputer atau dengan sumber tegangan eksternal. Sumber tegangan eksternal dapat diperoleh dari adaptor AC ke DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan ke konektor power yang ada di *board*. Arduino Uno beroperasi pada sumber tegangan eksternal 6 sampai 20 volt. Jika sumber tegangan kurang dari 7 volt, kinerja Arduino Uno menjadi tidak stabil. Sedangkan jika sumber tegangan melebihi 12 volt, regulator tegangan akan menjadi panas dan merusak board Arduino Uno. Jika menggunakan sumber tegangan eksternal, rentang tegangan yang direkomendasikan adalah 7 sampai 12 volt.

### 2.5.2 Memori

ATmega328 memiliki 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk *bootloader*), 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan EEPROM *library*).

### 2.5.3 Input dan Output

Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai input dan output menggunakan fungsi `pinMode( )`, `digitalWrite( )`, dan `digitalRead( )`. Fungsi – fungsi

tersebut beroperasi di tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan mempunyai resistor *pull-up* 20-50k  $\Omega$  (secara default terputus).

- Serial : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial. *Pin* ini dihubungkan ke *pin* yang berkaitan dengan *chip Serial* ATmega8U2 USB ke TTL.
- Interrupt Eksternal : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu *interrupt* pada nilai yang rendah, dengan batasan tepi naik atau turun, atau perubahan nilai.
- PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan output PWM 8-bit dengan fungsi `analogWrite()`.
- SPI : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan SPI library.
- LED : 13. LED terhubung ke *pin* digital 13. Ketika pin bernilai *High*, LED *on*, ketika pin bernilai *Low*, LED *off*.

Arduino Uno memiliki 6 input analog, berlabel A0 sampai dengan A5 yang masing – masing menyediakan 10 bit dengan resolusi (1024 nilai yang berbeda). Secara *default* input analaot tersebut mengukur dari *ground* sampai 5 volt. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus.

- I2C : A4 (SDA) dan A5 (SCL). Dukungan I2C (TWI) komunikasi menggunakan *library Wire*.
- Aref : Tegangan referensi (0 sampai 5 V) untuk input analog. Digunakan dengan fungsi `analogReference()`.
- Reset: untuk reset mikrokontroler.

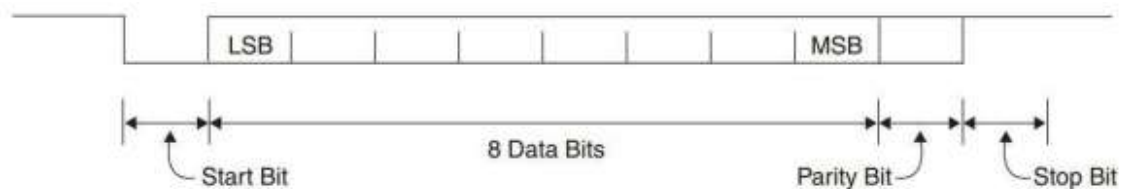
#### 2.5.4 Komunikasi

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5 V) untuk komunikasi serial yang tersedia di pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega16U2 sebagai saluran komunikasi serial melalui USB dan sebagai *port virtual* untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware* ATmega16U2 menggunakan *driver* standar USB COM. Namun, pada Windows diperlukan sebuah file `inf`. Perangkat lunak Arduino terdapat serial monitor yang digunakan me-monitor data tekstual yang akan dikirim ke atau dari board Arduino. LED RX dan TX di board akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB to serial dengan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). Sebuah *library Software Serial* memungkinkan untuk berkomunikasi secara serial pada salah satu pin digital pada board Arduino Uno.

ATmega328 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk *library Wire* untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C. Untuk komunikasi SPI, menggunakan *library SPI* (Arduino, 2017).

## 2.7. Universal Asynchronous Receiver and Transmitter (UART)

*Universal Asynchronous Receiver and Transmitter* (UART) adalah salah satu komunikasi antar perangkat elektronik secara serial. UART memiliki keunggulan yaitu murah, dapat mengurangi kompleksitas pada pengkabelan, adapun kelemahan UART yaitu kecepatan yang lebih rendah daripada komunikasi secara paralel. UART menyediakan sinkronisasi penerimaan informasi, konversi paralel ke serial pada bagian pemancar dan serial ke paralel pada bagian penerima. Sinkronisasi informasi dilakukan dengan penambahan bit start dan stop untuk membentuk paket informasi. Bit parity dilampirkan pada paket informasi untuk mengetahui kesalahan bit transmisi saat paket informasi diterima pada bagian penerima (Philips Semiconductors, 2004). Baudrate adalah lebar masing-masing bit pada bit informasi, start, parity dan stop. Transmisi baudrate 9600 dapat diartikan pengiriman 9600 Hz setiap bit untuk setiap karakter pada paket informasi (EXAR Corporation, 1996). Gambar 2.7 menunjukkan paket informasi atau format *frame* pada UART (1 Start Bit, 8 Informasi Bits, 1 Parity Bit, 1 Stop Bit).



Gambar 2.7 UART frame format

Sumber: Lattice Semiconductors, 2011

## 2.8. Komunikasi Wireless

### 2.7.1 Protokol Zigbee

ZigBee merupakan salah satu protokol dalam jaringan *wireless*. Salah satu perangkat yang menggunakan protokol ini adalah XBee Pro Seri 1. Protokol ini didesain oleh *ZigBee Alliance* meliputi lapisan fisik, lapisan jaringan, lapisan aplikasi, dan lapisan keamanan yang didasarkan pada standar IEEE 802.15.4. Zigbee hanya dapat melakukan komunikasi jarak pendek, sehingga ZigBee termasuk dalam kategori *Wireless Personal Area Network* (WPAN). Dibandingkan dengan sistem komunikasi jarak pendek lainnya seperti *bluetooth*, zigbee hanya memiliki kecepatan komunikasi maksimal 250 kbps saja, dengan kata lain kedua perangkat ini memiliki perbedaan yang sangat jauh. Kecepatan komunikasi *bluetooth* mampu berkomunikasi hingga mencapai kecepatan 3 Mbps. Jarak komunikasinya pun terbilang pendek hanya bisa mencapai 10 hingga 70 meter saja.

Kelebihan dari zigbee ini adalah pengoperasiannya yang sangat mudah, bentuknya kecil, dan membutuhkan daya yang sangat kecil. Dengan kecepatan yang cukup rendah ini, zigbee tidak mampu melakukan pengiriman data yang cukup besar, seperti multimedia suara, atau video. Zigbee lebih cocok digunakan untuk komunikasi berhubungan dengan pengontrolan informasi dari sensor yang tidak membutuhkan komunikasi dengan kecepatan yang tinggi dalam mengirimkan data. Perangkat ini dapat digunakan pada jaringan yang memiliki banyak titik (*node*). Zigbee menggunakan tiga buah rentang frekuensi yang digunakan sesuai dengan standar frekuensi daerah setempat. Yaitu pada frekuensi 2,4 Ghz dengan 16 *channel*, 902-928 MHz dengan 10 *channel*, dan 868-870 MHz dengan 1 *channel*.

### 2.7.2 Device

Modul wireless XBee Pro S1 atau yang sering disebut dengan modul zigbee merupakan modul *transceiver*. Radio *frequency transceiver* atau pengirim dan penerima frekuensi radio ini berfungsi untuk komunikasi secara *full duplex*. Salah satu modul komunikasi *wireless* dengan frekuensi 2,4 GHz adalah XBee-Pro OEM Zigbee/IEEE 802.15.4 2,4 GHz. Radio *frequency transceiver* ini merupakan sebuah modul yang terdiri dari RF *transmitter* dan RF *receiver* dengan sistem *interface serial asynchronous*. Gambar 2.8 adalah modul XBee Pro series 1.



Gambar 2.8 Xbee Pro Series 1  
Sumber: Digi International, 2009

Zigbee dapat digunakan pada frekuensi 2,4 - 2,484 GHz, 902 - 928 MHz, dan 868 - 868,6 MHz. Perbandingan zigbee dengan *standard wireless* lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Perbandingan XBee dengan wireless lainnya

Standard	ZigBee® 802.15.4	Wi-Fi™ 802.11b	Bluetooth™ 802.15.1
Transmission Range (meters)	1 – 100*	1 – 100	1 – 10
Battery Life (days)	100 – 1,000	0.5 – 5.0	1 - 7
Network Size (# of nodes)	> 64,000	32	7
Application	Monitoring & Control	Web, Email, Video	Cable Replacement
Stack Size (KB)	4 – 32	1,000	250
Throughput (kb/s)	20 – 250	11,000	720

Sumber: (Ahamed, 2005)

Salah satu keunggulan XBee Pro ini adalah konsumsi daya yang sangat rendah, sehingga memiliki *lifetime* yang lama.

### 2.7.3 Arsitektur XBee Pro S1

Arsitektur fisik XBee Pro S1 dirancang sedemikian rupa agar dapat ditempatkan pada sebuah *socket*, sehingga tidak perlu ditempatkan langsung pada papan pengerjaan perangkat. Gambar 2.9 berikut adalah konfigurasi *pinout* dari XBee Pro Seri 1



Gambar 2.9 Konfigurasi Pin Xbee Pro

Sumber: (Digi International, 2009)

Berikut ini adalah penjelasan tentang fungsi-fungsi setiap PIN yang terdapat pada modul XBee :

- Pin 1-VCC berfungsi sebagai *Power Supply* Modul XBee.
- Pin 2-DOUT berfungsi sebagai komunikasi data keluar melalui UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*).
- Pin 3-DIN/CONFIG berfungsi sebagai komunikasi data masuk melalui UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*).
- Pin 4-DO8\* berfungsi sebagai *Digital Output* 8.
- Pin 5-RESET berfungsi untuk *reset* modul XBEE.
- Pin 6-PWM0 / RSSI berfungsi sebagai indikator kekuatan sinyal dan juga bisa digunakan sebagai *PWM Output*.
- Pin 7-PWM1 berfungsi sebagai *PWM Output* 1.
- Pin 8 [reserved] tidak terhubung ke modul.

- Pin 9-DTR / SLEEP\_RQ / DI8 berfungsi sebagai input untuk ke *mode sleep* tetapi juga bisa digunakan sebagai *digital input* ke 8.
- Pin 10-GND berfungsi sebagai Ground
- Pin 11-AD4 / DIO4 berfungsi sebagai *analog input* 4 atau juga bisa sebagai *digital input* 8.
- Pin 12-CTS / DOI7 *Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O* 7.
- Pin 13-ON / SLEEP berfungsi sebagai status indikator Modul XBEE
- Pin 14-VREF berfungsi sebagai *Voltage Reference* untuk input *Analog* dan *Digital* 5.
- Pin 15-Aossociate / AD5 / DIO5 berfungsi sebagai *Associated Indicator, Analog Input* 5 or *Digital Input* dan *Output* 5
- Pin 16-RTS / AD6 / DIO6 berfungsi untuk *Request-to-Send Flow Control*, dan juga sebagai *Analog Input* 6 atau *Digital Input / Output* 6.
- Pin 17-AD3 / DIO3 berfungsi sebagai *Analog Input* 3 atau *Digital I/O* 3.
- Pin 18-AD2 / DIO2 berfungsi sebagai *Analog Input* 2 atau *Digital I/O* 2.
- Pin 19-AD1 / DIO1 berfungsi sebagai *Analog Input* 1 atau *Digital I/O* 1.
- Pin 20-AD0 / DIO0 berfungsi sebagai *Analog Input* 0 atau *Digital I/O* 0.

Modul zigbee ini mempunyai 20 pin (kaki) dengan koneksi minimum agar modul ini dapat bekerja adalah pin VCC (pin 1), GND (pin 10), DOUT (pin 2), dan DIN (pin 3). Tegangan input yang digunakan adalah 3,3 volt.



### **BAB III METODE PENELITIAN**

Penyusunan proposal ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasiian alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Langkah - langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasiikan alat yang dirancang adalah penentuan spesifikasi alat, Diagram blok perancangan alat, pengujian alat dan pengambilan kesimpulan.

#### **3.1. Penentuan Spesifikasi Alat**

Spesifikasi alat ditentukan secara keseluruhan agar dapat dijadikan acuan untuk membuat sistem yang di inginkan serta dapat berfungsi dengan optimal. Alat yang dibuat memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Spesifikasi Umum

1. Alat terdiri dari dua bagian. Yaitu perangkat *remote* dan perangkat *field control*
2. Perangkat *remote* berfungsi sebagai pemilihan jenis sayuran yang akan di-*monitoring* dan dikontrol nilai pH dan EC larutan nutrisi serta menerima data pengukuran dari perangkat *field control*.
3. Perangkat *field control* berfungsi sebagai penerima data berupa rentang nilai pH dan EC dari perangkat *remote*, me-*monitoring* nilai pH dan EC pada larutan nutrisi, mengirim data pengukuran ke perangkat *remote*, serta mengontrol jika nilai pH atau EC diluar kisaran yang ditentukan.

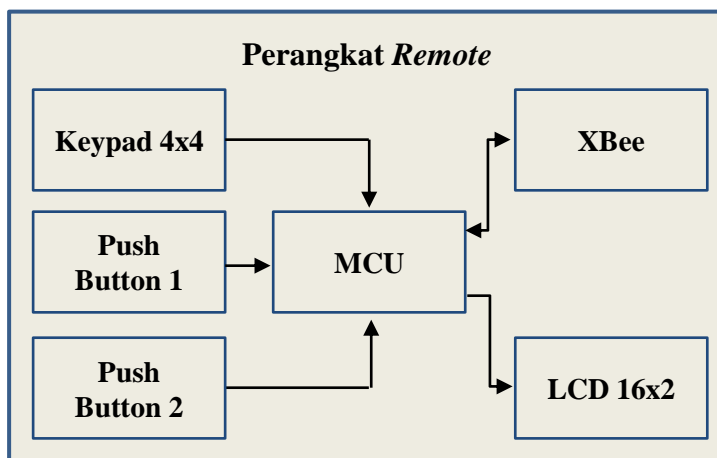
- Spesifikasi Perangkat *Remote*

1. *Board* mikrokontroler Arduino Uno digunakan sebagai pusat kontrol dan pengolah informasi.
2. *Keypad* 4x4 digunakan untuk memilih jenis sayuran yang ditanam. Setiap jenis sayuran diwakili 1 tombol pada *keypad*.
3. *Push button* 1 digunakan sebagai *enter* ketika pengguna telah menentukan jenis sayuran yang ditanam.
4. *Push button* 2 digunakan sebagai *back/delete* ketika pengguna ingin mengganti jenis sayuran yang ditanam. LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan jenis tanaman yang dipilih, menampilkan hasil pengukuran pH dan EC dari perangkat *field control*.
5. XBee Pro S1 digunakan untuk komunikasi 2 arah secara nirkabel antara perangkat *remote* dengan perangkat *field control*.

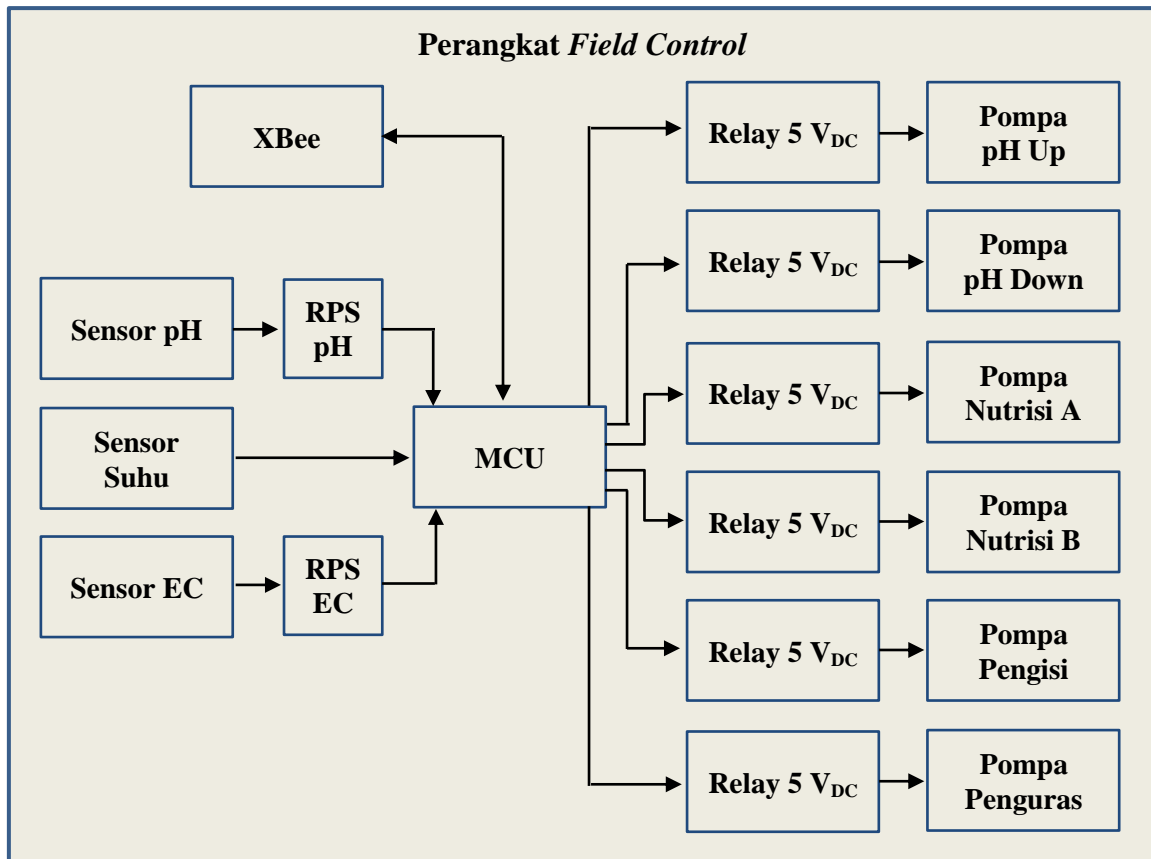
- Spesifikasi Perangkat *Field Control*
  1. *Board* mikrokontroler Arduino Uno digunakan sebagai pusat kontrol dan pengolah informasi.
  2. Sensor pH digunakan untuk mengukur nilai pH larutan nutrisi pada rentang pH 3,91 sampai pH 7,92
  3. Sensor EC digunakan untuk mengukur tingkat kepekatan larutan nutrisi pada rentang 1 mS/cm sampai 3,15 mS/cm.
  4. Sensor suhu digunakan untuk mengkompensasi pengukuran EC.
  5. 6 pompa mikro ( $6 V_{DC}$ ) digunakan untuk pompa pH *up*, pH *down*, nutrisi A, nutrisi B, penguras, dan pengisi air.
  6. XBee S1 digunakan untuk komunikasi 2 arah secara nirkabel antara perangkat *remote* dengan perangkat *field control*.

### 3.2. Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan dan pembuatan alat terbagi atas perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Blok diagram dibuat untuk mempermudah dalam perancangan dan pembuatan alat. Blok diagram perangkat *remote* ditunjukkan pada Gambar 3.1 sedangkan blok diagram perangkat *field control* ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Blok Diagram Perangkat *Remote*

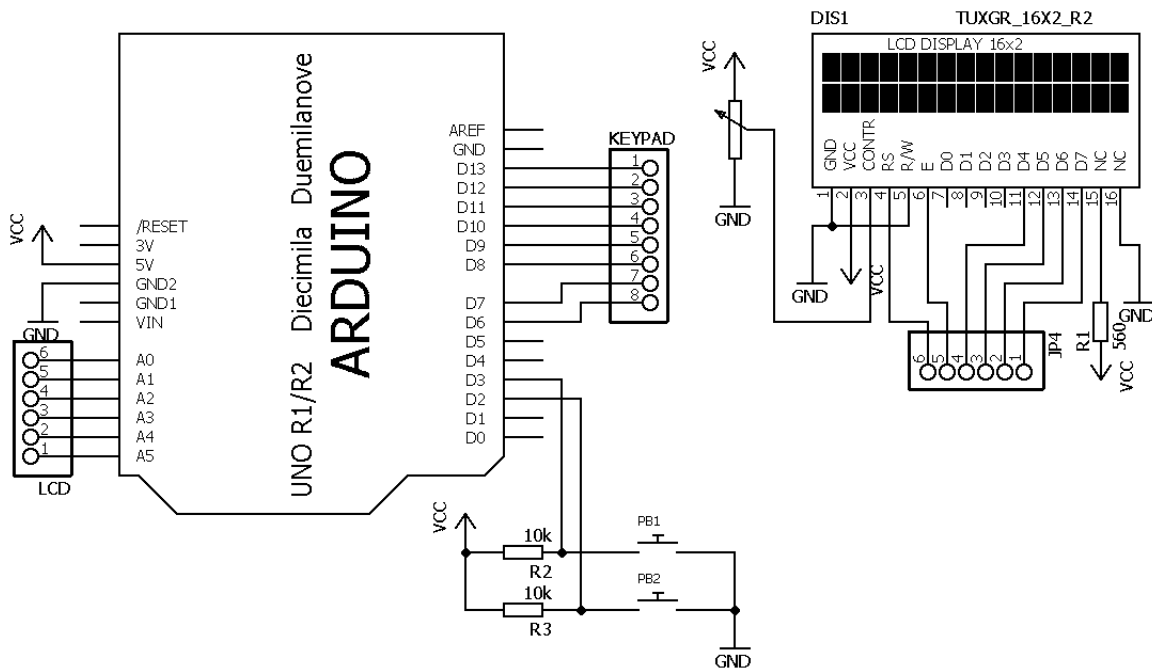


Gambar 3.2 Blok Diagram Perangkat *Field Control*

### 3.3. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

#### 3.3.1. Perangkat *Remote*

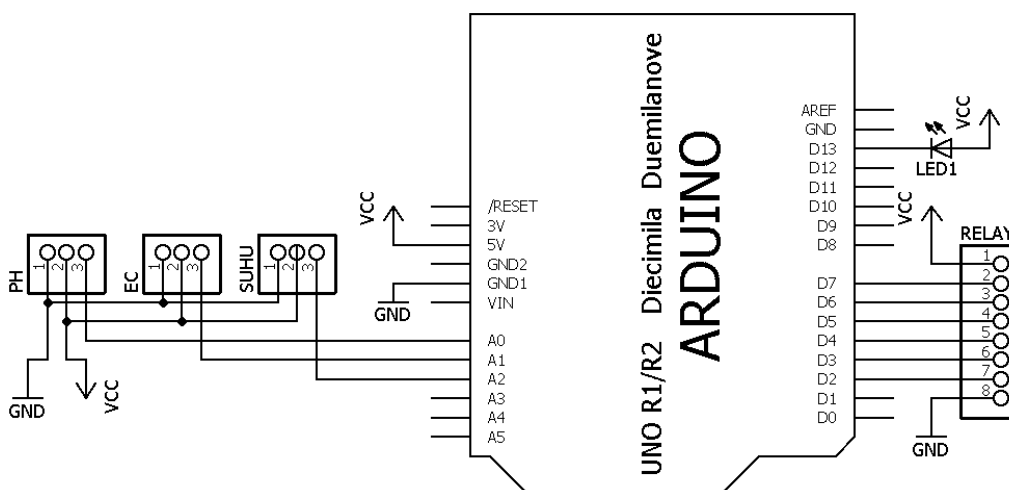
Perancangan ini meliputi LCD 16x2, *keypad* 4x4 dan *push button* yang pin-pinnya dihubungkan dengan pin mikrokontroler Arduino Uno. Sedangkan untuk XBee menggunakan *shield* yang dapat langsung dipasangkan ke pin-pin mikrokontroler Arduino Uno. Perancangan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Eagle yang ditampilkan dalam bentuk skematik pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skematik perangkat remote

### 3.3.2. Perangkat *Field Control*

Perancangan ini meliputi modul RPS sensor pH, modul RPS sensor EC, sensor suhu DS18B20, dan modul *relay* 5 V<sub>DC</sub> yang pin-pinnya dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Uno. Sedangkan untuk XBee menggunakan *shield* yang dapat langsung dipasangkan ke pin-pin mikrokontroler Arduino Uno. Perancangan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Eagle yang ditampilkan dalam bentuk skematik pada Gambar 3.4.

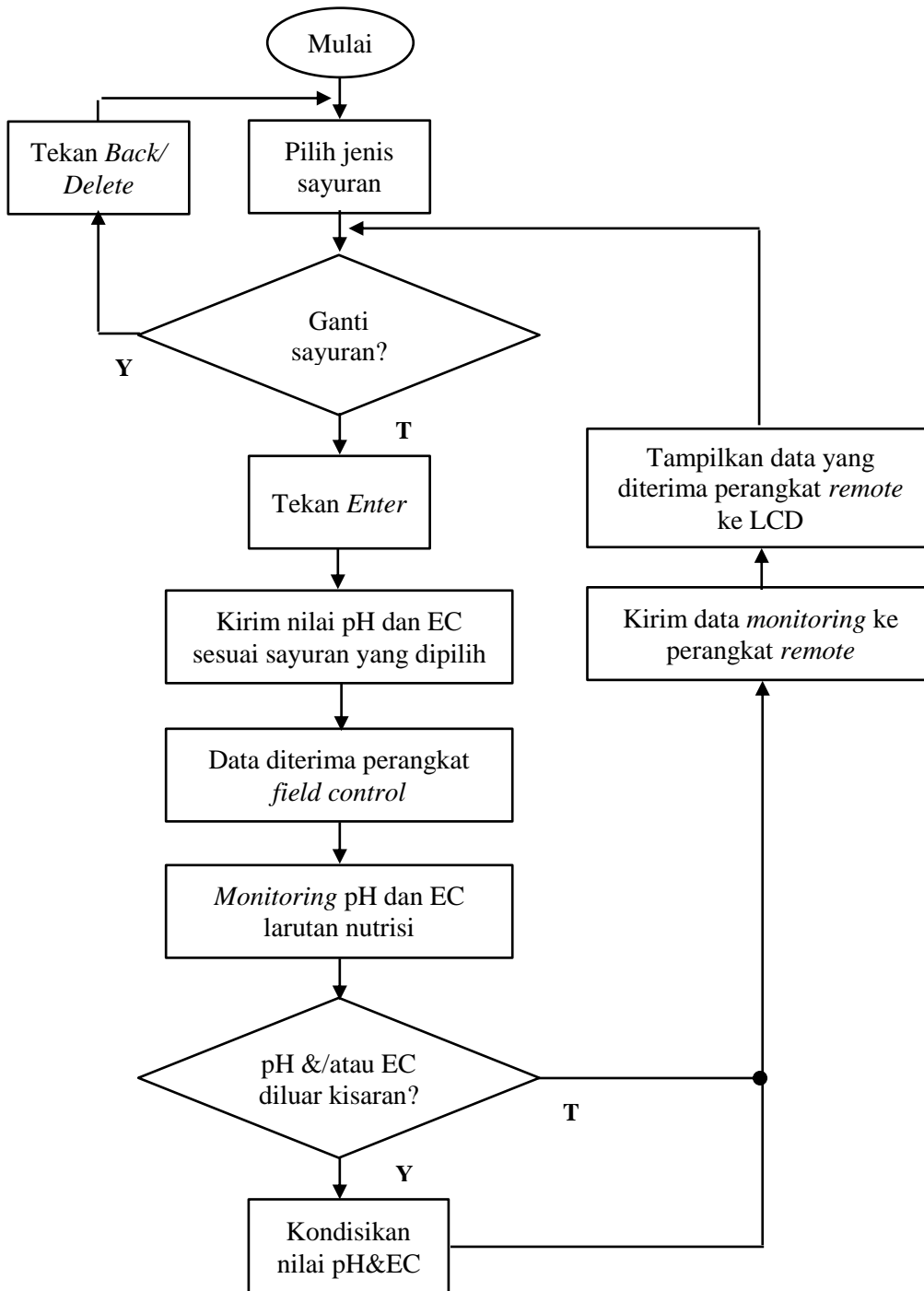


Gambar 3.4 Skematik perangkat *field control*

### 3.4. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan dan pembuatan perangkat lunak (*software*) merupakan langkah untuk mengatur cara kerja sistem. Untuk memprogram mikrokontroler Arduino Uno menggunakan software *processing* Arduino IDE dengan menggunakan pemrograman

bahasa C. Sedangkan untuk melakukan konfigurasi pada XBee menggunakan perangkat lunak XCTU. Berikut ini adalah diagram alir keseluruhan dari perancangan perangkat lunak.



Gambar 3.5 Diagram alir keseluruhan

Pemilihan sayuran dipilih melalui input *keypad* 4x4 yang setiap tombolnya mewakili 1 jenis sayuran. Sayuran yang dapat dipilih ditunjukkan pada Tabel 3.1. Tombol *enter* berfungsi untuk mengeksekusi jenis sayuran yang dipilih oleh pengguna. Ketika tombol *enter* ditekan, perangkat *remote* akan mengirim data ke perangkat *field control* berupa

rentang nilai pH dan EC dari jenis sayuran yang dipilih. Data yang diterima *field control* dari *remote* digunakan sebagai acuan batas kontrol nilai pH dan EC. Setelah perangkat *field control* melakukan pengukuran pH dan EC larutan nutrisi, data pengukuran dikirim ke perangkat *remote* untuk memudahkan pengguna mengetahui nilai pH dan EC larutan nutrisi. Apabila nilai pH atau EC diluar kisaran yang telah ditentukan, pompa pH up, pH down, nutrisi A, nutrisi B, penguras, dan pengisi air akan mengkondisikan kembali nilai pH dan EC agar sesuai pada kisaran yang telah ditentukan.

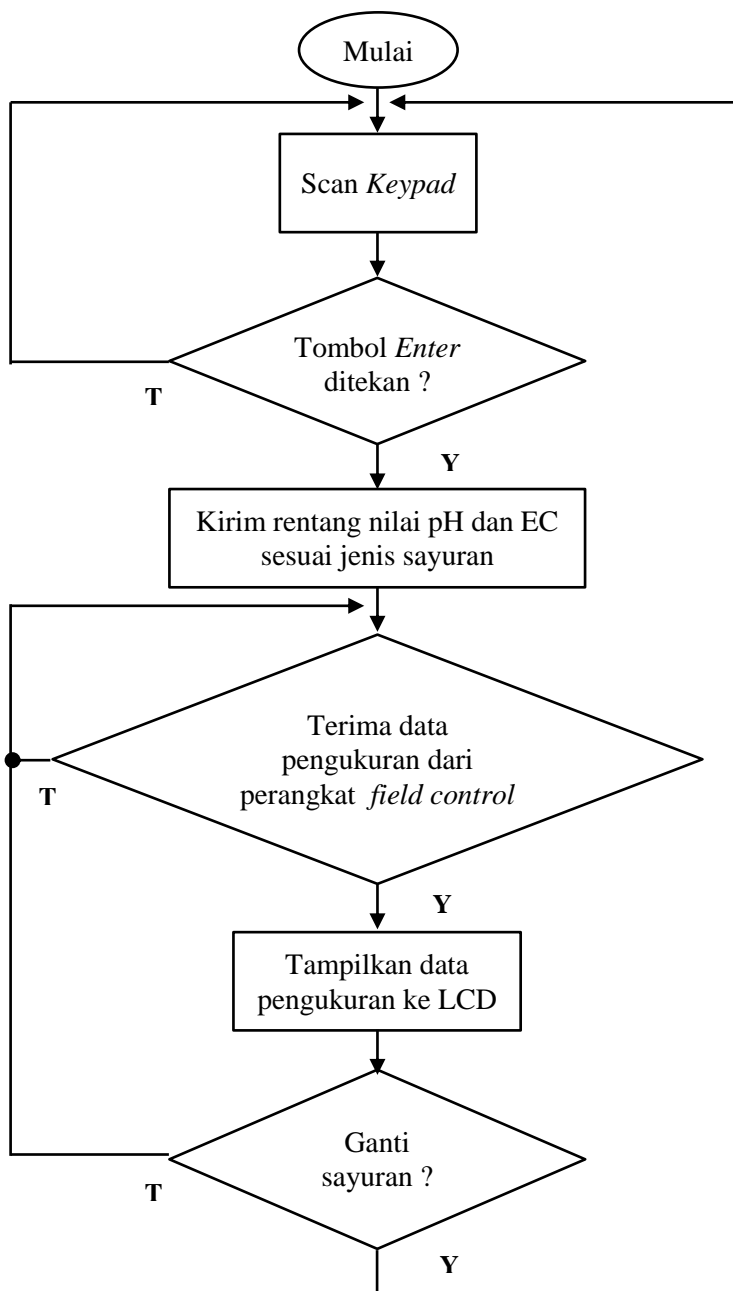
Dalam menanam sayuran menggunakan sistem hidroponik ada kemungkinan pengguna mengganti sayuran yang ditanam dengan sayuran yang lain. Untuk itu yang perlu dilakukan oleh pengguna adalah menekan tombol *back/delete* pada saat buzzer di perangkat *field control* berbunyi. Penekanan tombol ini akan mengembalikan sistem ke awal. Cara kerja tombol ini adalah ketika tombol ditekan, *perangkat remote* akan memberikan perintah stop ke perangkat *field control* untuk menghentikan pengukuran dan pengiriman data ke perangkat *remote* serta mengembalikan sistem ke awal.

*Tabel 3.1* Pilihan sayuran pada keypad

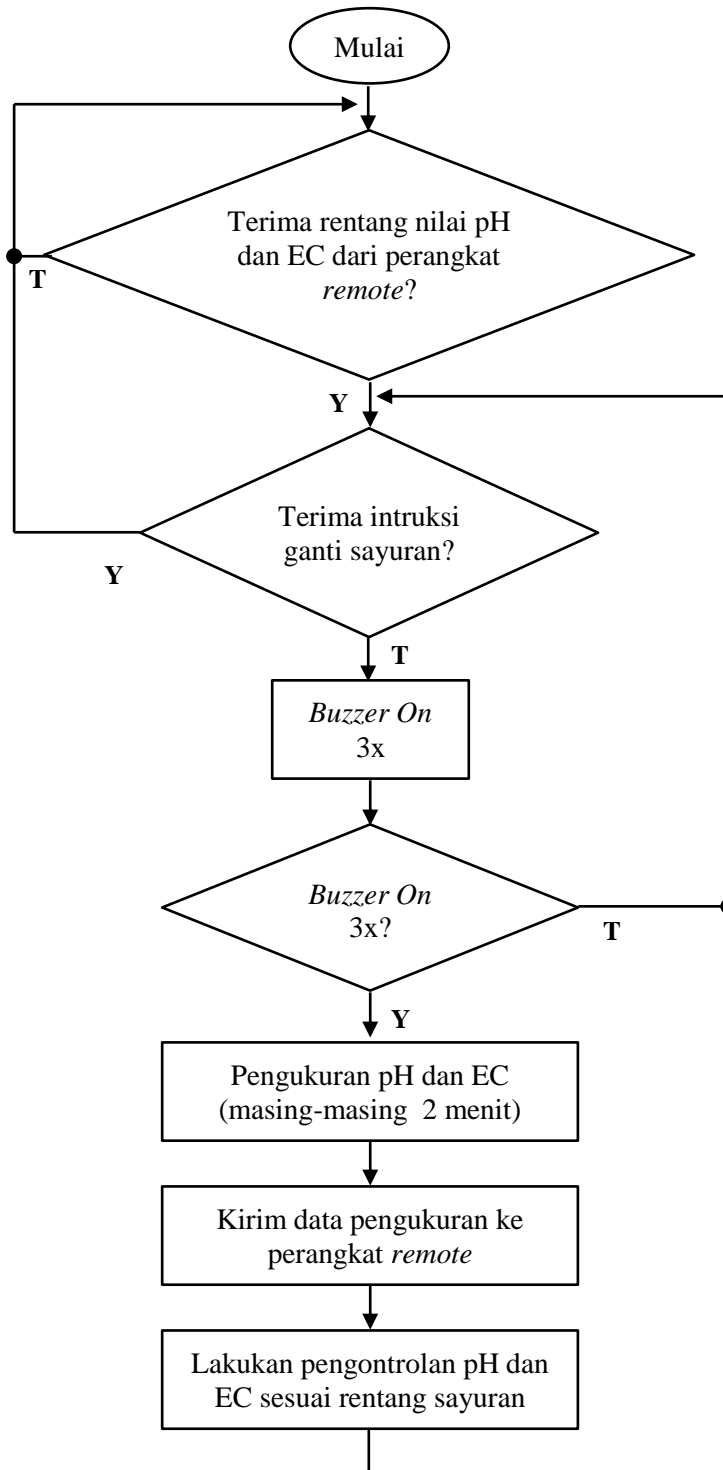
<b>Keypad</b>	<b>Jenis Sayuran</b>	<b>pH</b>	<b>EC (mS/cm)</b>
1	Bayam	6,0 – 7,0	1,8 – 2,3
2	Brokoli	6,0 – 6,8	2,8 – 3,0
3	Daun Bawang	6,0 – 6,5	1,8 – 2,2
4	Kangkung	5,5 – 6,5	1,5 – 2,0
5	Kemangi	5,5 – 6,5	1,2 – 1,6
6	Seledri	6,5 – 7,0	1,8 – 2,4
7	Kubis / Kol	6,5 – 7,0	2,5 – 3,0
8	Sawi / Caisim / Sosin	5,5 – 6,5	1,5 – 2,0
9	Sawi Pahit	6,0 – 6,5	1,6 – 2,4
10	Selada	6,0 – 7,0	1,2 – 1,4
11	Selada Air	6,0 – 7,0	1,2 – 1,4
12	Kailan	5,5 – 6,5	1,5 – 2,0

### 3.4.1. Perancangan Perangkat Lunak Perangkat *Remote* dan *Field Control*

Diagram alir perangkat remote ditunjukkan Gambar 3.6. Sedangkan diagram alir perangkat field control ditunjukkan Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Diagram Alir Perangkat Remote



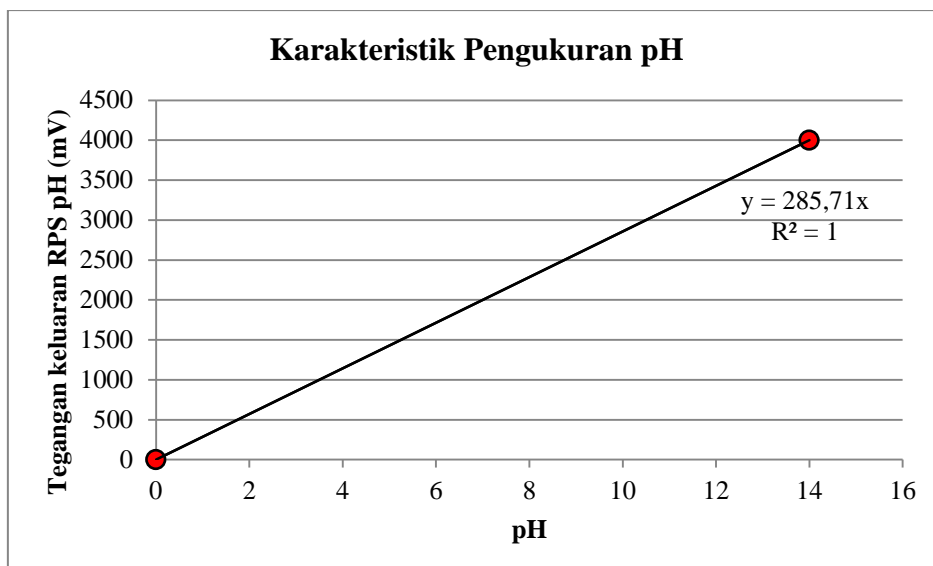
Gambar 3.7 Diagram Alir Perangkat *Field Control*

### 3.4.2. Analisis Pembacaan Sensor

#### 3.4.2.1 Karakteristik Pembacaan Sensor pH

Rangkaian pengkondisi sinyal (RPS) sensor pH produk DFRobot didesain untuk pengukuran pH (0 ~ 14) dan tegangan keluaran (0 ~ 4 volt). Pengukuran pH pada rentang 0 ~ 14 adalah linier. Sensitivitas pengukuran pH ditunjukkan pada Gambar 3.8.





Gambar 3.8 Karakteristik pengukuran pH

Dari hubungan grafik pada Gambar 3.9 maka dapat diketahui besar sensitivitas pengukuran pH menggunakan sensor pH (SKU:FIT0348) adalah 285,71 mV/pH yang dapat diartikan, setiap perubahan pH sebesar 0.01 mengakibatkan perubahan tegangan keluaran RPS sensor pH sebesar 2,8571 mV.

Untuk menghitung nilai resolusi pengukuran pH dapat dihitung menggunakan Persamaan (3-1).

$$\Delta pH = \frac{pH_{maks} - pH_{min}}{2^n - 1} \quad (3-1)$$

Keterangan :

$\Delta pH$  = Resolusi pengukuran pH

$pH_{maks}$  = Nilai maksimal pengukuran pH

$pH_{min}$  = Nilai minimal pengukuran pH

$n$  = Jumlah bit ADC mikrokontroler

Nilai  $n$  ADC mikrokontroler yang digunakan adalah 10 bit dengan tegangan referensi atau  $V_{ref}$  sebesar 5 V . Persamaan (3-1) dapat digunakan jika perubahan nilai ADC terjadi pada rentang 0 ~ 1023 yang mewakili perubahan tegangan ADC pada rentang 0 ~ 5 volt. RPS sensor pH yang digunakan memiliki tegangan keluaran minimal pada pH 0 sebesar 0 volt dan maksimal pada pH 14 sebesar 4 volt dan perubahan tegangan ADC yang terjadi pada rentang 0 ~ 4 volt. Sehingga untuk menghitung resolusi pengukuran pH menggunakan Persamaan (3-2).

$$\Delta pH = \frac{pH_{maks} - pH_{min}}{(ADC)_{0-4V}} \quad (3-2)$$

Nilai ADC pada saat 0 V adalah 0 sedangkan nilai ADC pada saat tegangan keluaran RPS sensor pH sebesar 4 volt dapat dihitung menggunakan Persamaan (3-3).

$$ADC = \frac{V_{in} \cdot (2^n - 1)}{V_{ref}} \quad (3-3)$$

Keterangan :

$ADC$  = Nilai ADC

$V_{in}$  = Tegangan masukan ADC

$V_{ref}$  = Tegangan referensi ADC

dari Persamaan (3-3) maka nilai ADC pada saat  $V_{in}$  atau tegangan masukan ADC sebesar 4 volt adalah :

$$ADC = \frac{V_{in} \cdot (2^n - 1)}{V_{ref}}$$

$$ADC = \frac{4 \cdot (2^{10} - 1)}{5}$$

$$ADC = 818,4$$

$$ADC \approx 818$$

Resolusi pengukuran pH dihitung menggunakan Persamaan (3-2) adalah :

$$\Delta pH = \frac{pH_{maks} - pH_{min}}{(ADC)_{0 \sim 4V}}$$

$$\Delta pH = \frac{14 - 0}{818}$$

$$\Delta pH = 0.017 / \text{bit}$$

Setiap perubahan 1 bit ADC mewakili perubahan nilai pH sebesar 0.017. Sedangkan resolusi ADC mikrokontroler dapat dihitung menggunakan Persamaan (3-4).

$$\Delta V_{in} = \frac{V_{ref}}{2^n} \quad (3-4)$$

$$\Delta V_{in} = \frac{5}{2^{10}}$$

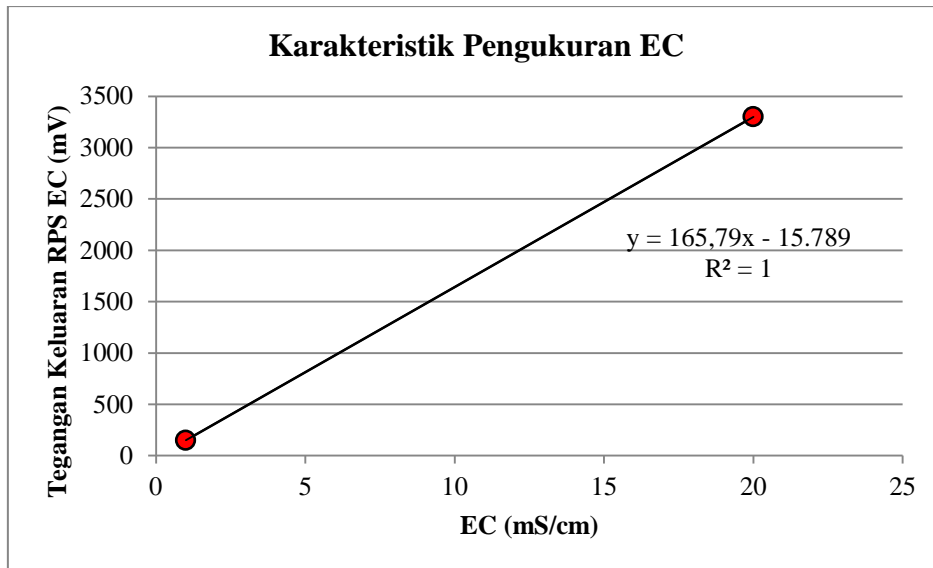
$$\Delta V_{in} = 0,00489 \text{ V}$$

$$\Delta V_{in} = 4,89 \text{ mV} / \text{bit}$$

Setiap perubahan 1 bit ADC mewakili perubahan tegangan masukan ADC sebesar 4,89 mV.

### 3.4.2.2 Karakteristik Pembacaan Sensor EC

Rangkaian pengkondisi sinyal (RPS) sensor EC produk DFRobot didesain untuk pengukuran EC (1 mS/cm ~ 20 mS/cm) dan tegangan keluaran (0,15 ~ 3,3 volt). Pengukuran EC pada rentang 1 mS/cm ~ 20 mS/cm adalah linier. Sensitivitas pengukuran EC ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.9 Karakteristik pengukuran EC

Dari hubungan grafik pada Gambar 3.9 maka dapat diketahui besar sensitivitas pengukuran EC menggunakan sensor EC (SKU:DFR0300) adalah 165,79 mV/EC yang dapat diartikan, setiap perubahan EC sebesar 0.01 mS/cm mengakibatkan perubahan tegangan keluaran RPS sensor EC sebesar 1,6579 mV.

Untuk menghitung nilai resolusi pengukuran EC dapat dihitung menggunakan Persamaan (3-5).

$$\Delta EC = \frac{EC_{maks} - EC_{min}}{(ADC)_{0,15 \sim 3,3V}} \quad (3-5)$$

Keterangan:

$\Delta EC$  = Resolusi pengukuran EC

$EC_{maks}$  = Nilai maksimal pengukuran EC

$EC_{min}$  = Nilai minimal pengukuran EC

Nilai ADC pada saat tegangan keluaran RPS sensor EC sebesar 0.15 volt dapat dihitung menggunakan Persamaan (3-3).

$$ADC = \frac{V_{in} \cdot (2^n - 1)}{V_{ref}}$$

$$ADC = \frac{0,15(2^{10} - 1)}{5}$$

$$ADC = 30,69$$

$$ADC \approx 31$$

Nilai ADC pada saat tegangan keluaran RPS sensor EC sebesar 3,3 volt adalah:

$$ADC = \frac{V_{in} \cdot (2^n - 1)}{V_{ref}}$$

$$ADC = \frac{3,3(2^{10} - 1)}{5}$$

$$ADC = 675,18$$

$$ADC \approx 675$$

Sehingga resolusi pengukuran EC adalah:

$$\Delta EC = \frac{EC_{maks} - EC_{min}}{(ADC)_{0.15 \sim 3.3V}}$$

$$\Delta EC = \frac{20 - 1}{675 - 31}$$

$$\Delta EC = 0,029 \text{ / bit}$$

Setiap perubahan 1 bit ADC mewakili perubahan nilai EC sebesar 0,029 mS/cm.

### 3.4.2.3 Metode Pembacaan Sensor

Rangkaian pengkondisi sinyal (RPS) sensor pH dan sensor EC yang digunakan didesain untuk pengukuran pH (0 sampai 14) dan EC (1 mS/cm sampai 20 mS/cm). Pada aplikasi untuk pengukuran nilai pH dan EC larutan nutrisi sayuran hidroponik adalah pada rentang pH (3,91 sampai 7,92) dan EC (1 mS/cm sampai 3,15 mS/cm) maka dari itu dilakukan kalibrasi dengan mendapatkan persamaan yang menghubungkan keluaran tegangan dari masing-masing rangkaian pengkondisi sinyal (RPS) sensor dengan nilai prediksi pH dan EC. Langkah-langkah untuk mendapatkan persamaan linier untuk setiap sensor adalah sebagai berikut:

#### 1. Konversi Nilai ADC ke Tegangan

Rentang pengukuran pH adalah 3,91 sampai 7,92 sedangkan pengukuran EC adalah 1 mS/cm sampai 3,15 mS/cm. Kemudian menghitung keluaran tegangan dari masing-masing rangkaian pengkondisi sinyal (RPS) untuk pH (3,91 dan 7,92) sedangkan untuk EC (0,52 mS/cm dan 3,15 mS/cm). Keluaran rangkaian pengkondisi sinyal (RPS) masing-masing sensor pH dan sensor EC yang disambungkan ke pin analog Arduino Uno berupa nilai ADC.

Untuk mengkonversi menjadi nilai ADC menjadi nilai tegangan digunakan persamaan:

$$V_{in} = \frac{V_{ref}}{1024} \times ADC \quad (3-6)$$

Keterangan:

$V_{in}$  = Tegangan keluaran RPS (V)

$V_{ref}$  = Tegangan referensi (5 volt)

$ADC$  = Nilai ADC yang terbaca mikrokontroler

## 2. Konversi Tegangan ke Nilai pH dan EC Prediksi

Setelah nilai tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal (RPS) diketahui maka didapatkan dua titik  $(X1, Y1) = (V1, 3,91)$  dan  $(X2, Y2) = (V2, 7,92)$  untuk mendapatkan nilai pH. Sedangkan untuk mendapatkan nilai EC didapatkan dua titik  $(X1, Y1) = (V1, 1 \text{ mS/cm})$  dan  $(X2, Y2) = (V2, 3,15 \text{ mS/cm})$ . Dengan melakukan regresi linier pada titik-titik diatas akan didapatkan persamaanya sebagai berikut :

$$C_m = mC + C_o \quad (3-7)$$

Keterangan :

$C$  = variabel yang diukur

$m$  = kemiringan / slope garis lurus

$C_o$  = offset garis lurus

$C_m$  = keluaran pengukuran

### 3.4.3. Metode Kontrol

Metode kontrol yang diterapkan pada perangkat *field control* adalah On/Off. Nilai pH dan EC larutan nutrisi dikontrol pada batas yang sesuai dengan jenis sayuran. Tabel 3.3 dan 3.4 menunjukkan aksi kontrol pada setiap kemungkinan perubahan nilai pH dan EC yang terjadi. Setiap pompa dinyalakan sekian detik dengan tujuan mengalirkan larutan pH *up*, pH *down*, nutrisi A, nutrisi B, penguras dan pengisi air biasa untuk mengakibatkan perubahan nilai pH atau EC pada larutan nutrisi. Waktu yang dibutuhkan pompa akan didapatkan pada pengujian pompa.

Tabel 3.2 Metode Kontrol pH

pH	pH <i>Up</i>	pH <i>Down</i>
	(detik)	(detik)
$pH < pH_B$	ON	OFF
$pH_B > pH < pH_A$	OFF	OFF
$pH > pH_A$	OFF	ON

Tabel 3.3 Metode Kontrol EC

EC (mS/cm)	Nutrisi A (detik)	Nutrisi B (detik)	Penguras (detik)	Pengisi (detik)
$EC < EC_B$	ON	ON	OFF	OFF
$EC_B > EC < EC_A$	OFF	OFF	OFF	OFF
$EC > EC_A$	OFF	OFF	ON	ON

#### 3.4.4. Setting Parameter XBee

Sebelum XBee digunakan, XBee perlu di-*setting* terlebih dahulu untuk memastikan XBee bekerja dengan baik. Untuk konfigurasi XBee digunakan software XCTU. Kedua XBee diatur dengan format *frame* : *baudrate* = 9600 bps, panjang *bit* data = 8 bit, *No parity*, 1 *stop bit*. Konfigurasi XBee yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 3.4 Konfigurasi XBee

Parameter	Remote	Field Control
DL	1	0
MY	0	1
ID	4268	4268
BD	9600	9600

##### a. Bagian Remote

- ID di-set 4268, artinya PAN (*Personal Area Network*) ID atau ID jaringan yang digunakan adalah 4268.
- MY (*Source Address*) di-set 0, artinya alamat XBee ini adalah 0
- DL (*Destination Address Low*) di-set 1, artinya alamat tujuan XBee ini adalah ke XBee yang MY-nya di-set 1.
- BD (*Baudrate*) di-set 9600

##### b. Bagian Field Control

- ID di-set 4268, artinya PAN (*Personal Area Network*) ID atau ID jaringan yang digunakan adalah 4268
- MY (*Source Address*) di-set 1, artinya alamat XBee ini adalah 1
- DL (*Destination Address Low*) di-set 0, artinya alamat tujuan XBee ini adalah ke XBee yang MY-nya di-set 0.
- BD (*Baudrate*) di-set 9600

### 3.5. Pengujian Alat

Pengujian alat diperlukan untuk menganalisis kinerja alat dan memastikan alat bekerja sesuai yang direncanakan. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok penyusun alat yang dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu pengujian pada perangkat *remote*, *field control*, dan komunikasi nirkabel.

1. Pengujian perangkat *remote* ditekankan pada kinerja *remote* untuk memberi intruksi berupa rentang nilai pH dan EC ke perangkat *field control*.
2. Pengujian perangkat *field control* ditekankan pada pengukuran nilai pH dan EC larutan, dan mengontrol agar parameter tersebut pada rentang yang telah ditentukan.
3. Sedangkan pengujian komunikasi nirkabel ditekankan pada jarak komunikasi yang dapat dijangkau serta alur komunikasi data antar perangkat *remote* dan perangkat *field control*

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

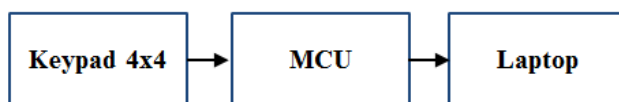
Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari seluruh sistem. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Pengujian perangkat *remote*:
  1. Pengujian *keypad* 4x4
  2. Pengujian LCD 16x2
  3. Pengujian *push button*
- Pengujian perangkat *field control*:
  1. Pengujian RPS sensor pH
  2. Pengujian pengukuran sensor pH
  3. Pengujian RPS sensor EC
  4. Pengujian pengukuran sensor EC
  5. Pengujian pompa
  6. Pengujian larutan
- Pengujian jarak komunikasi nirkabel
- Pengujian keseluruhan sistem

#### **4.1. Pengujian Perangkat Remote**

##### **4.1.1. Pengujian Keypad 4x4**

Pengujian *keypad* 4x4 bertujuan untuk mengetahui kinerja dari setiap tombol.



Gambar 4.1 Diagram blok pengujian *keypad* 4x4

Alat yang digunakan untuk pengujian *keypad* 4x4 antara lain:

1. *Keypad* 4x4
2. Mikrokontroler Arduino Uno
3. Kabel USB *type B standart*
4. Laptop

Prosesur pengujian dilakukan sebagai berikut ini:

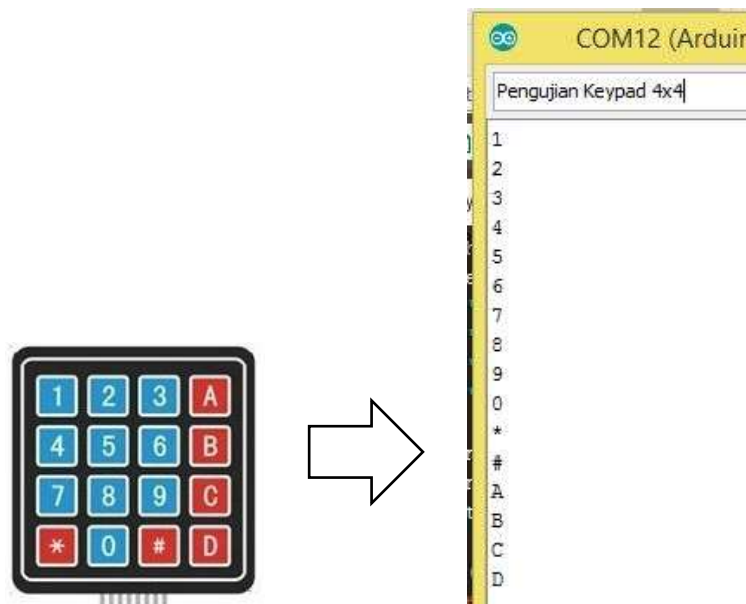
1. Susun alat yang digunakan seperti Gambar 4.1
2. *Upload* program keypad ke mikrokontroler Arduino Uno



3. Tekan tombol 1
4. Catat karakter yang tampil di serial *monitor*
5. Ulangi langkah 3 sampai 4 untuk semua tombol

#### 4.1.1.1 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian dilakukan dengan menekan tombol *keypad* secara bergantian. Output dari setiap penekanan tombol ditampilkan di serial monitor Arduino IDE. Tabel 4.1 adalah hasil pengujian *keypad* 4x4.



Gambar 4.2 Hasil pengujian *keypad* 4x4

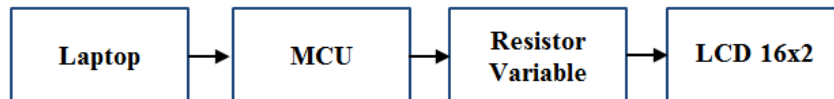
Tabel 4.1 Hasil pengujian *keypad* 4x4

Input Karakter	Output Karakter
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
A	A
B	B
C	C
D	D
*	*
#	#

Hasil pengujian menunjukkan kesesuaian output dengan input yang diberikan. Setiap tombol pada *keypad* akan digunakan sebagai input untuk pemilihan jenis sayuran pada perangkat *remote*.

#### 4.1.2. Pengujian LCD 16x2

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah LCD dapat bekerja sesuai perintah yang diberikan mikrokontroler.



Gambar 4.3 Diagram blok pengujian LCD 16x2

Alat yang digunakan untuk pengujian LCD antara lain:

1. Laptop
2. Mikrokontroler Arduino Uno
3. Kabel USB *type B standart*
4. Resistor *Variable* 10k $\Omega$
5. LCD 16x2

Prosedur Pengujian dilakukan sebagai berikut ini:

1. Susun alat yang digunakan seperti Gambar 4.3
2. *Upload* program LCD 16x2 ke mikrokontroler Arduino Uno
3. Amati karakter yang muncul pada LCD 16x2
4. Atur nilai resistor *variable* untuk mengatur kontras LCD 16x2

##### 4.1.2.1 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan text pada LCD melalui program mikrokontroler. Gambar 4.4 menunjukkan hasil pengujian LCD.

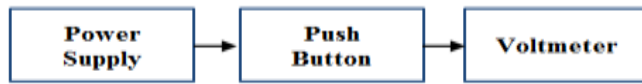


Gambar 4.4 Hasil pengujian LCD

Hasil pengujian menunjukkan LCD dapat menampilkan karakter sesuai perintah dari mikrokontroler. LCD akan digunakan sebagai penampil input yang diberikan pengguna serta hasil pengukuran sensor dari perangkat *field control*.

### 4.1.3. Pengujian *Push Button*

Pengujian *push button* bertujuan untuk mengetahui kinerja *push button*. *Push button* digunakan sebagai input pada perangkat *remote* dengan konfigurasi resistor *pull up*.



Gambar 4.5 Diagram blok pengujian *push button*

Alat yang digunakan untuk pengujian *push button*

1. *Power supply* 5 V<sub>DC</sub>
2. *Push button*
3. Multimeter DEKO DM-133D

Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut ini:

1. Susun alat yang digunakan seperti Gambar 4.5
2. Catat tegangan keluaran ketika *push button* ditekan dan tidak ditekan

#### 4.1.3.1 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian dilakukan dengan cara *push button* ditekan dan tidak ditekan. Tabel 4.2 merupakan hasil pengujian *push button*.

Tabel 4.2 Hasil pengujian *push button*

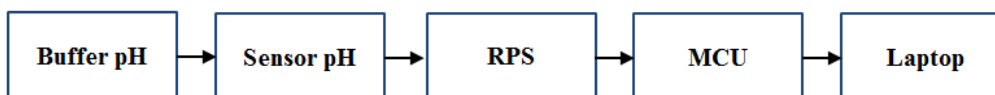
Input	Output
Ditekan	0 V
Tidak ditekan	5 V

Pengujian *push button* dengan konfigurasi resistor *pull up* menunjukkan ketika kondisi ditekan output dari *push button* adalah 0 volt sedangkan pada kondisi tidak ditekan output dari *push button* adalah 5 volt.

## 4.2. Pengujian Perangkat *Field Control*

### 4.2.1. Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal (RPS) Sensor pH

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik RPS sensor pH untuk pengukuran pH pada rentang 3,91 sampai 7,92.



Gambar 4.6 Diagram blok pengujian RPS sensor pH

Alat yang digunakan untuk pengujian RPS sensor pH antara lain:

1. *Buffer pH* 3,91, 5,25, 5,96, 6,85, dan 7,92
2. Sensor pH DFrobot (SKU:FIT0348)
3. RPS sensor pH
4. Mikrokontroler Arduino Uno

5. Kabel USB *type B standart*
6. Laptop

Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut ini:

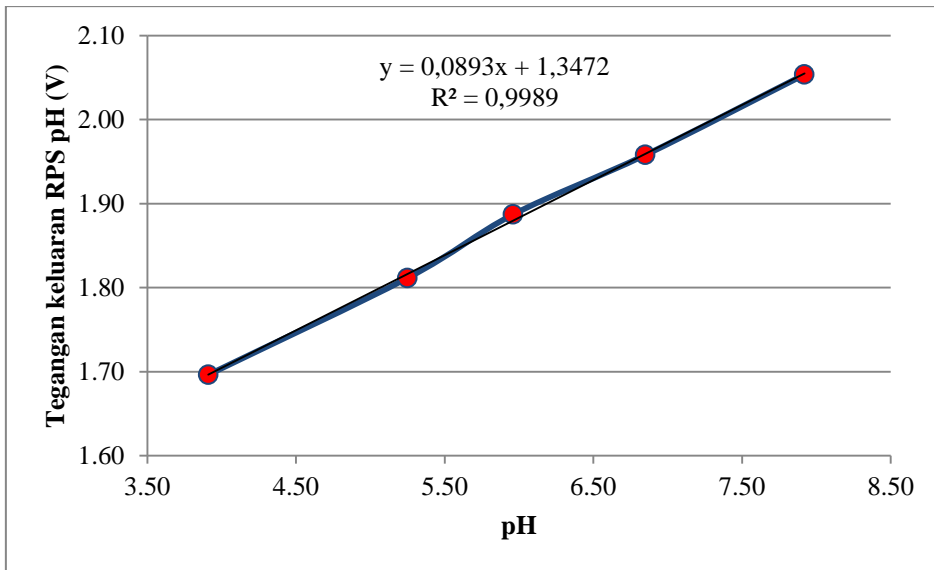
1. Susun alat yang digunakan seperti Gambar 4.6
2. *Upload* program pH ke mikrokontroler Arduino Uno
3. Lakukan pengukuran pada *buffer* pH 3,91
4. Tunggu sampai pengukuran stabil
5. Catat nilai tegangan keluaran RPS yang tampil di serial monitor
6. Ulangi langkah 3 sampai 5 untuk semua *buffer* pH

#### 4.2.1.1 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian tegangan keluaran RPS sensor pH dilakukan pada pengukuran pH 3,91, 5,25, 5,96, 6,85 dan 7,92 dengan masing-masing pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali. Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal (RPS) sensor pH ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.7.

*Tabel 4.3* Hasil pengujian RPS sensor pH

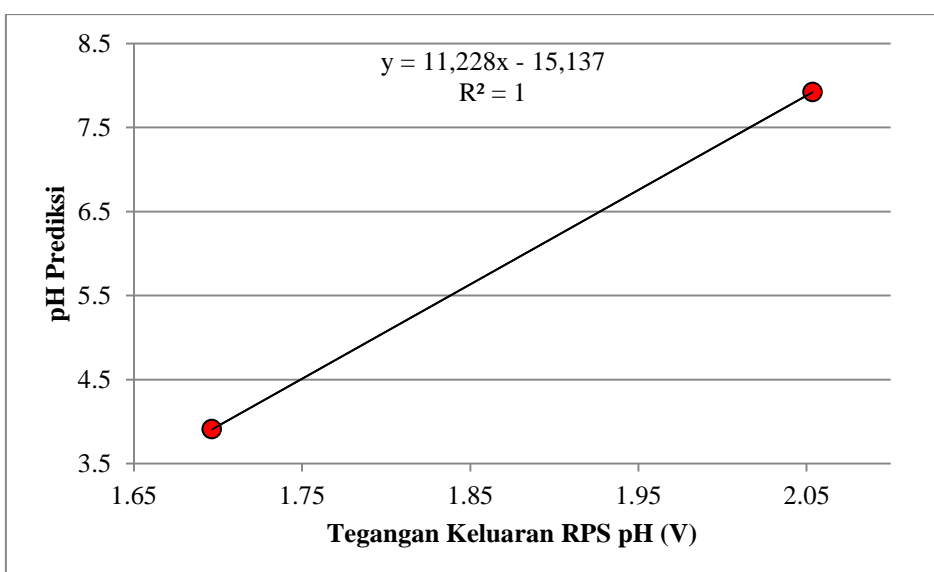
Pengujian ke-	Tegangan Keluaran RPS pH (V)				
	pH 3,91	pH 5,25	pH 5,96	pH 6,85	pH 7,92
1	1,696	1,811	1,887	1,957	2,052
2	1,696	1,812	1,887	1,959	2,054
3	1,696	1,812	1,887	1,958	2,053
4	1,697	1,812	1,887	1,959	2,055
5	1,696	1,812	1,887	1,957	2,052
6	1,697	1,812	1,887	1,959	2,055
7	1,697	1,812	1,887	1,958	2,053
8	1,697	1,812	1,887	1,957	2,054
9	1,696	1,811	1,887	1,958	2,053
10	1,697	1,812	1,887	1,957	2,054
<b><math>\bar{V. out}</math></b>	<b>1,696</b>	<b>1,812</b>	<b>1,887</b>	<b>1,958</b>	<b>2,054</b>



Gambar 4.7 Grafik hubungan tegangan keluaran RPS pH dan pH

Dari hubungan grafik pada Gambar 4.7 maka dapat diketahui karakteristik dari RPS sensor pH. Dapat dianalisa bahwa koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9989 yang artinya perubahan nilai pH memberikan pengaruh terhadap perubahan tegangan keluaran RPS sebesar 99,89% sehingga dapat disimpulkan kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang linier, dimana tegangan keluaran RPS sensor pH berubah secara linier dari 1,696 ke 2,054 volt pada pH 3,91 ke 7,92.

Dengan melakukan regresi linier pada titik  $(X1, Y1) = (1,696, 3,91)$  dan  $(X2, Y2) = (2,054, 7,92)$  akan didapatkan persamaan linier yang digunakan untuk memprediksi nilai pH pada saat pengukuran. Persamaan linier untuk pengukuran pH ditunjukkan pada Gambar 4.8.

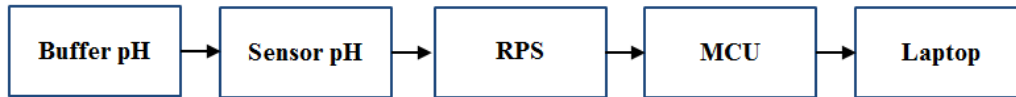


Gambar 4.8 Persamaan linier untuk pengukuran pH

Persamaan linier yang digunakan untuk memprediksi nilai pH pada saat pengukuran pada rentang pH 3,91 sampai 7,92 adalah  $y = 11,228x - 15,137$ .

#### 4.2.2. Pengujian Sensor PH

Pengujian sensor pH bertujuan untuk mengetahui kesalahan pengukuran pH dengan alat ukur standart. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur beberapa larutan pH yang berbeda. Hasil pengukuran akan dibandingkan dengan pH meter standart.



Gambar 4.9 Diagram blok pengujian sensor pH

Alat yang digunakan untuk pengujian antara lain:

1. *Buffer* pH 3,91, 5,25, 5,96, 6,85, dan 7,92
2. pH meter
3. Sensor pH DFrobot (SKU:FIT0348)
4. RPS sensor pH
5. Mikrokontroler Arduino Uno
6. Kabel USB *type B standart*
7. Laptop

Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut ini:

1. Susun alat yang digunakan seperti Gambar 4.9
2. Ukur buffer pH menggunakan pH meter
3. Tunggu pengukuran stabil
4. Catat hasil pengukuran pH meter
5. Ukur larutan pH menggunakan sensor pH
6. Tunggu pengukuran stabil
7. Catat hasil pengukuran yang tampil di serial monitor
8. Bandingkan hasil pengukuran sensor pH dengan pH meter

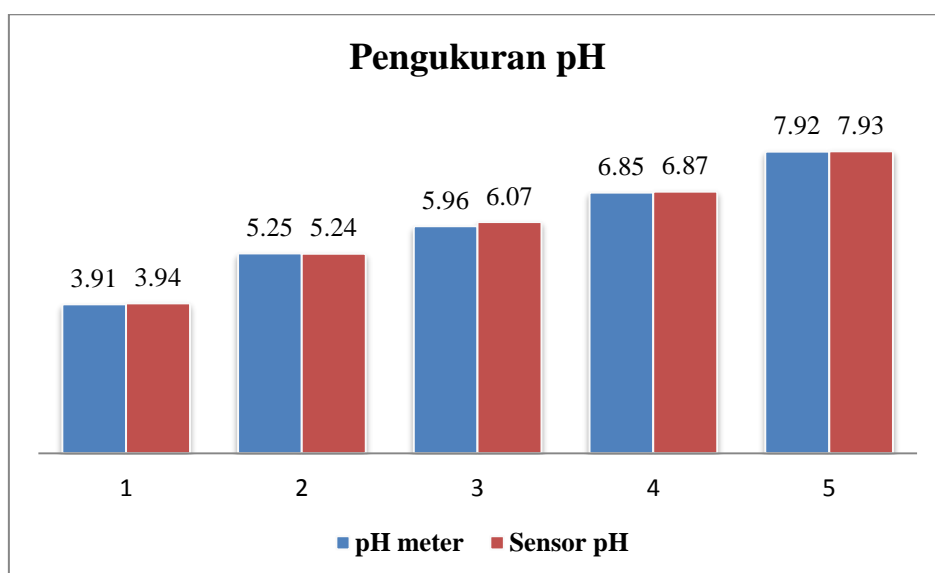
##### 4.2.2.1. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian sensor pH dilakukan pada rentang pH 3,91 sampai 7,92 dan hasil pengukuran dibandingkan dengan pH meter. Hasil pengujian sensor pH ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil pengujian sensor pH

Pengujian ke-	pH Meter				
	3,91	5,25	5,96	6,85	7,92
1	3,95	5,24	6,07	6,88	7,92
2	3,94	5,23	6,06	6,87	7,94
3	3,95	5,23	6,06	6,87	7,92
4	3,94	5,24	6,07	6,87	7,92
5	3,94	5,23	6,06	6,87	7,93
6	3,94	5,25	6,06	6,87	7,92
7	3,93	5,23	6,07	6,86	7,93
8	3,94	5,24	6,06	6,88	7,93
9	3,94	5,23	6,07	6,87	7,93
10	3,93	5,24	6,07	6,85	7,93
<b>pH</b>	<b>3,94</b>	<b>5,24</b>	<b>6,07</b>	<b>6,87</b>	<b>7,93</b>
<b>Selisih</b>	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>	<b>0,11</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>
<b>Kesalahan (%)</b>	<b>0,76</b>	<b>0,27</b>	<b>1,73</b>	<b>0,28</b>	<b>0,09</b>
<b>Kesalahan (%)</b>	<b>0,63</b>				

Untuk menunjukkan lebih detail perbandingan pembacaan sensor pH dan pH meter maka dibuat grafik seperti Gambar 4.10



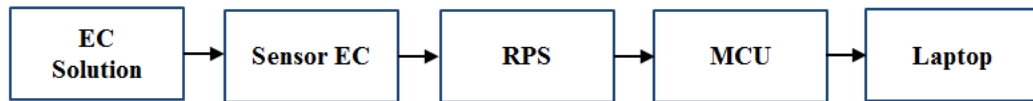
Gambar 4.10 Grafik perbandingan pengukuran pH

Hasil pengujian menunjukkan, selisih pembacaan sensor pH dan pH meter menghasilkan nilai terkecil sebesar 0,01 pada pengukuran pH 5,25 dan 7,92 dan terbesar pada pH 5,96 sebesar 0,11. Sensor pH mampu dan bekerja dengan baik untuk rentang

pengukuran pH 3,91 sampai 7,92 dengan kesalahan rata-rata pembacaan sensor pH dibandingkan dengan pH meter sebesar 0,63%.

#### 4.2.3. Pengujian RPS Sensor EC

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik RPS sensor EC untuk pengukuran EC pada rentang 1 mS/cm sampai 3,15 mS/cm.



Gambar 4.11 Diagram blok pengujian RPS sensor EC

Alat yang digunakan untuk pengujian antara lain:

1. Larutan EC : 0,52 mS/cm, 1,15 mS/cm, 1,93 mS/cm, 2,74 mS/cm, dan 3,15 mS/cm
2. Sensor EC DFRobot (SKU:DFR0300)
3. RPS sensor EC
4. Mikrokontroler Arduino Uno
5. Kabel USB type B standart
6. Laptop

Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut ini:

1. Susun alat yang digunakan seperti Gambar 4.11
2. *Upload* program EC ke mikrokontroler Arduino Uno
3. Lakukan pengukuran pada larutan dengan EC 0.52 mS/cm
4. Tunggu sampai pengukuran stabil
5. Catat nilai tegangan keluaran RPS yang tampil di serial monitor
6. Ulangi langkah 3 sampai 5 untuk semua larutan EC

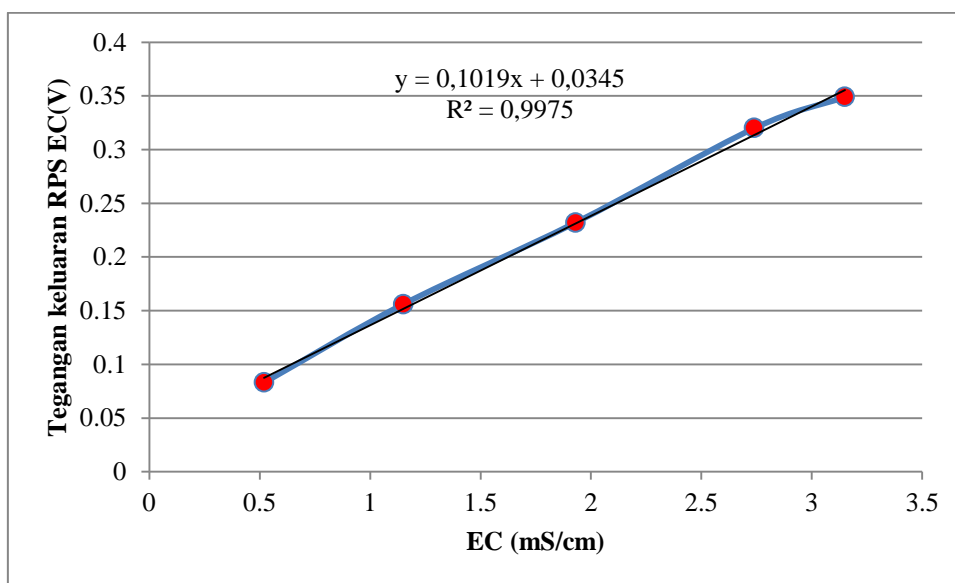
##### 4.2.3.1. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian tegangan keluaran RPS sensor EC dilakukan pada pengukuran EC 0,52 mS/cm , 1,15 mS/cm, 1,93 mS/cm, 2,74 mS/cm, dan 3,15 mS/cm dengan masing-masing pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali. Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal (RPS) sensor EC ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.12.



Tabel 4.5 Hasil pengujian RPS sensor EC

Pengujian ke-	Tegangan Keluaran RPS EC (V)				
	0,52 mS/cm	1,15 mS/cm	1,93 mS/cm	2,74 mS/cm	3,15 mS/cm
1	0,083	0,151	0,239	0,322	0,361
2	0,083	0,156	0,234	0,322	0,356
3	0,083	0,161	0,229	0,327	0,361
4	0,078	0,156	0,225	0,312	0,356
5	0,083	0,156	0,225	0,317	0,342
6	0,083	0,156	0,225	0,322	0,337
7	0,083	0,156	0,229	0,327	0,347
8	0,083	0,151	0,244	0,327	0,342
9	0,083	0,156	0,234	0,317	0,347
10	0,083	0,156	0,239	0,308	0,342
<b>V. out</b>	<b>0,083</b>	0,156	0,232	0,320	0,349

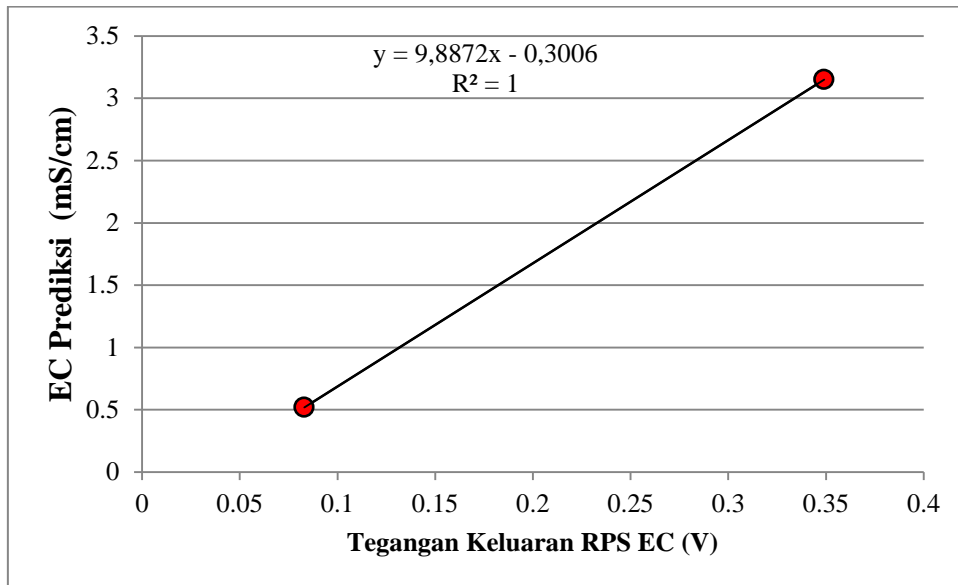


Gambar 4.12 Grafik hubungan tegangan keluaran RPS EC dan EC

Dari hubungan grafik pada Gambar 4.12 maka dapat diketahui karakteristik dari RPS sensor EC. Dapat dianalisa bahwa koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.9975 yang artinya perubahan nilai EC memberikan pengaruh terhadap perubahan tegangan keluaran RPS sebesar 99,75% sehingga dapat disimpulkan kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang linier, dimana tegangan keluaran RPS sensor EC berubah secara linier dari 0,083 ke 0,349 volt pada EC 0,52 mS/cm ke 3,15 mS/cm.

Dengan melakukan regresi linier pada titik  $(X_1, Y_1) = (0,083, 0,52)$  dan  $(X_2, Y_2) = (0,349, 3,15)$  akan didapatkan persamaan linier yang digunakan untuk memprediksi nilai

EC pada saat pengukuran. Persamaan linier untuk pengukuran EC ditunjukkan pada Gambar 4.13

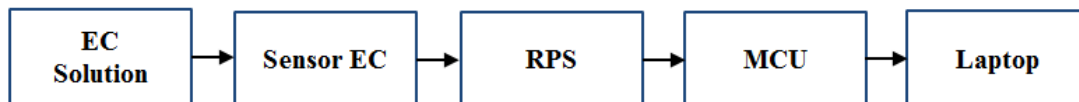


Gambar 4.13 Persamaan linier untuk pengukuran EC

Persamaan linier yang digunakan untuk memprediksi nilai EC pada saat pengukuran pada rentang EC 0,52 mS/cm sampai 3,15 mS/cm adalah  $y = 9,8872x - 0,3006$ .

#### 4.2.4. Pengujian Sensor EC

Pengujian sensor EC bertujuan untuk mengetahui kesalahan pengukuran EC dengan alat ukur standart. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur larutan EC yang berbeda. Hasil pengukuran akan dibandingkan dengan EC meter standart.



Gambar 4.14 Diagram blok pengujian sensor EC

Alat yang digunakan untuk pengujian antara lain:

1. Larutan EC : 1,15 mS/cm, 1,93 mS/cm, 2,74 mS/cm, dan 3,15 mS/cm
2. TDS&EC meter
3. Sensor EC DFrobot (SKU:DFR0300)
4. RPS sensor EC
5. Mikrokontroler Arduino Uno
6. Kabel USB *type B standart*
7. Laptop

Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut:

1. Susun alat yang digunakan seperti Gambar 4.14
2. Ukur larutan EC menggunakan EC meter

3. Tunggu pengukuran stabil
4. Catat hasil pengukuran EC meter
5. Ukur larutan EC menggunakan sensor EC
6. Tunggu pengukuran stabil
7. Catat hasil pengukuran yang tampil di serial monitor
8. Bandingkan hasil pengukuran sensor EC dengan EC meter

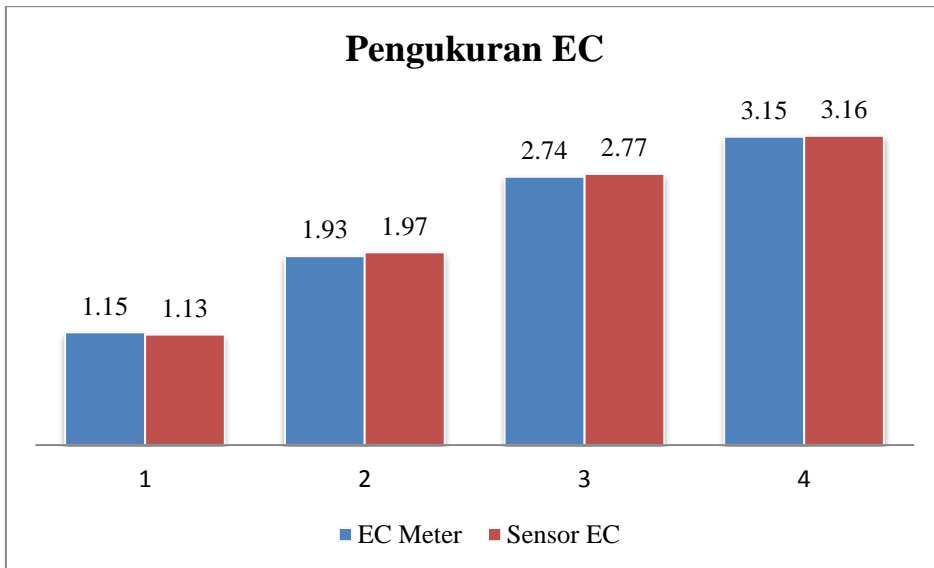
#### 4.2.4.1. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian sensor EC dilakukan pada rentang EC 1.15 mS/cm sampai 3.15 mS/cm dan hasil pengukuran dibandingkan dengan EC meter. Hasil pengujian sensor EC ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil pengujian sensor EC

Pengujian ke-	EC (mS/cm)			
	1,15	1,93	2,74	3,15
1	1,12	1,98	2,84	3,14
2	1,12	1,98	2,84	3,09
3	1,12	1,98	2,69	3,04
4	1,12	1,98	2,79	3,24
5	1,13	1,98	2,74	3,19
6	1,13	1,98	2,64	3,19
7	1,13	1,98	2,69	3,09
8	1,13	1,98	2,79	3,14
9	1,13	1,88	2,74	3,24
10	1,13	1,93	2,89	3,19
<b><math>\overline{EC}</math></b>	<b>1,13</b>	<b>1,97</b>	<b>2,77</b>	<b>3,16</b>
<b>Selisih</b>	<b>0,02</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>
<b>Kesalahan (%)</b>	<b>2,09</b>	<b>1,81</b>	<b>0,91</b>	<b>0,16</b>
<b><math>\overline{Kesalahan}</math> (%)</b>	<b>1,24</b>			

Untuk menunjukkan lebih detail perbandingan pembacaan sensor EC dan EC meter maka dibuat grafik seperti Gambar 4.15

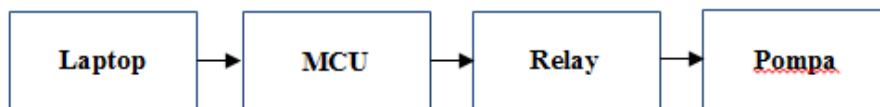


Gambar 4.15 Grafik perbandingan pengukuran EC

Hasil pengujian menunjukkan, selisih pembacaan sensor EC dan EC meter menghasilkan nilai terkecil sebesar 0,01 pada pengukuran EC 3,15 mS/cm dan terbesar pada EC 1,93 mS/cm sebesar 0,04. Sensor EC mampu dan bekerja dengan baik untuk rentang pengukuran EC 1 mS/cm sampai 3,15 mS/cm dengan kesalahan rata-rata pembacaan sensor EC dibandingkan dengan EC meter sebesar 1,24%.

#### 4.2.5. Pengujian Pompa

Pengujian pompa bertujuan untuk mengetahui seberapa besar volume larutan yang dialirkan pada rentang waktu tertentu.



Gambar 4.16 Blok diagram pengujian pompa

Alat yang digunakan untuk pengujian antara lain:

1. Gelas ukur
2. Pompa *mini micro submersible* 6 V<sub>DC</sub>
3. *Power supply* 12 V<sub>DC</sub>
4. *Relay* 5 V<sub>DC</sub>
5. Mikrokontroler Arduino Uno
6. Kabel USB *type B standart*
7. Laptop

Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut:

1. Susun alat yang digunakan seperti Gambar 4.16
2. Upload program untuk menyalakan *relay* selama 1 detik

3. Ukur air yang dialirkan pompa dengan gelas ukur
4. Ulangi langkah 2 dan 3 untuk penyalaan *relay* selama 2 detik, 3 detik, dan 4 detik.

#### 4.2.5.1. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian pompa dilakukan dengan mengaktifkan pompa pada rentang waktu 1 detik, 2 detik, 3 detik, 4 detik dan 102 detik. Tabel 4.7 menunjukkan hasil pengujian pompa.



Gambar 4.17 Pengujian pompa

Tabel 4.7 Hasil pengujian pompa

Pompa ON (detik)	Air (ml)
1	0,4
2	1,2
3	2,4
4	4
102	330

Hasil pengujian pompa menunjukkan dengan waktu on selama 1 detik mengalirkan air sebesar 0,4 ml, 2 detik mengalirkan air sebesar 1,2 ml, 3 detik mengalirkan air sebesar 2,4 ml, 4 detik mengalirkan air sebesar 4 ml, dan 102 detik mengalirkan air sebesar 330 ml.

#### 4.2.6. Pengujian Larutan

Pengujian larutan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perubahan pH dan EC pada larutan nutrisi ketika diberikan larutan pH up/down, nutrisi A dan B, dan ketika dilakukan pengurasan dan pengisian air. Gambar 4.18 adalah wadah yang digunakan dan larutan uji nutrisi A dan nutrisi B dan larutan pH *up*, pH *down*.



(a)



(b)

Gambar 4.18 (a) Wadah larutan, (b) Larutan uji

Peralatan yang digunakan untuk pengujian antara lain:

1. Gelas ukur
2. Larutan pH *Up* 250 ml
3. Larutan pH *Down* 250 ml
4. Nutrisi A 500 ml
5. Nutrisi B 500 ml
6. Air 4,5 liter

Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut:

1. Larutkan nutrisi A dan B sebesar 0.4 ml ke air 4,5 liter
2. Catat seberapa besar perubahan EC
3. Ulangi langkah 2 dan 3 untuk larutan nutrisi A dan B sebesar 1,2 ml, 2,4 ml, dan 4 ml.
4. Lakukan pelarutan pH *up*, pH *down* seperti pada langkah pelarutan nutrisi A dan B
5. Untuk pengurasan dan pengisian air lakukan sebesar 330 ml.

#### 4.2.6.1. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian larutan dilakukan dengan menambahkan nutrisi A, nutrisi B , pH up, pH down sebesar 0,4 ml, 1,2 ml, 2,4 ml, dan 4 ml. Sedangkan untuk pengurasan dan pengisian dilakukan sebesar 330 ml. Tabel 4.8 menunjukkan hasil pengujian larutan.

Tabel 4.8 Hasil pengujian larutan nutrisi, pH, penguras, dan pengisi air

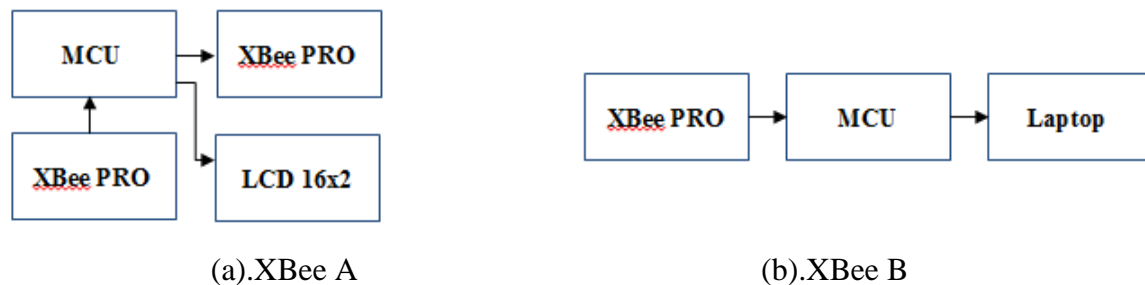
Larutan	Volume (ml)	EC <sub>0</sub>	EC <sub>1</sub>	pH <sub>0</sub>	pH <sub>1</sub>	ΔEC	ΔpH
		(mS/cm)					
Nutrisi AB	0.40	0.45	0.46	6.45	6.45	0.01	0.00
	1.20	0.46	0.64	6.45	6.43	0.18	-0.02
	2.40	0.64	0.87	6.43	6.43	0.23	0.00
	4.00	0.87	1.26	6.43	6.42	0.39	-0.01
pH Up	0.40	1.26	1.26	6.42	6.45	0.00	0.03
	1.20	1.26	1.30	6.45	6.65	0.04	0.20
	2.40	1.30	1.35	6.65	7.27	0.05	0.62
	4.00	1.35	1.36	7.27	8.45	0.01	1.18
pH Down	0.40	1.42	1.52	7.56	6.80	0.10	-0.76
	1.20	1.52	1.59	6.80	5.36	0.07	-1.44
Penguras dan Pengisi	330	1.56	1.46	6.35	6.08	-0.10	-0.27

Hasil pengujian pada volume air sebesar 4,5 liter menunjukkan, pemberian nutrisi AB yang sesuai adalah sebesar 1,20 ml dimana memberikan perubahan EC sebesar 0,18

mS/cm, pemberian pH up yang sesuai sebesar 1,20 ml dimana memberikan perubahan pH sebesar 0,20, pemberian pH down yang sesuai sebesar 0,40 ml dimana memberikan perubahan sebesar -0,76, dan pengurasan sekaligus pengisian air sebesar 330 ml memberikan perubahan EC sebesar -0,1 dan pH sebesar -0,27. Pemilihan pemberian larutan nutrisi AB, pH up, pH down, dan pengurasan serta pengisian diatas dipilih berdasarkan perubahan EC dan pH yang tidak terlalu kecil atau besar.

#### 4.3. Pengujian Jarak Komunikasi Nirkabel

Pengujian perangkat komunikasi nirkabel bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh komunikasi data antar XBee dapat terhubung. Pengujian dilakukan dengan cara mengirim data pada jarak yang bervariasi. Data yang diterima *receiver* akan ditampilkan pada serial monitor.



Gambar 4.19 (a) Blok diagram XBee A (b) Blok diagram XBee B

Alat yang digunakan untuk pengujina antara lain:

1. 2 XBee
2. 2 mikrokontroler Arduino Uno
3. 1 *push button*
4. LCD 16x2
5. *Power supply* 9 V<sub>DC</sub>
6. Kabel USB *type B standart*
7. Laptop

Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut:

1. Susun alat yang digunakan seperti Gambar 4.19
2. Upload program XBee A ke mikrokontroler Arduino Uno 1 dan XBee B ke mikrokontroler Arduino Uno 2
3. Lakukan pengiriman data pada jarak yang bervariasi
4. Setiap perubahan jarak lakukan penekanan push button sebagai indikator perubahan jarak.
5. Catat setiap data yang dikirim

#### 4.3.1. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian jarak komunikasi nirkabel dilakukan pada jarak 5 meter sampai 95 meter.

Tabel 4.9 Hasil pengujian jarak komunikasi nirkabel

Jarak (m)	Data
5	Terkirim
10	Terkirim
20	Terkirim
30	Terkirim
40	Terkirim
55	Terkirim
65	Terkirim
75	Terkirim
85	Terkirim
> 95	Tidak Terkirim

Hasil pengujian menunjukkan, XBee dapat berkomunikasi dengan baik pada jarak terjauh kurang dari 95 meter.

#### 4.4. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk mengetahui kinerja dari setiap perangkat ketika saling dihubungkan dan bekerja secara bersama-sama. Untuk memudahkan analisa, pengujian dibagi menjadi tiga bagian utama.

##### 4.4.1. Pengujian Keseluruhan Perangkat *Remote*

Pengujian perangkat remote adalah pengujian dari seluruh komponen penyusun perangkat ketika dijadikan satu. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan kinerja dari *remote* agar berfungsi optimal.

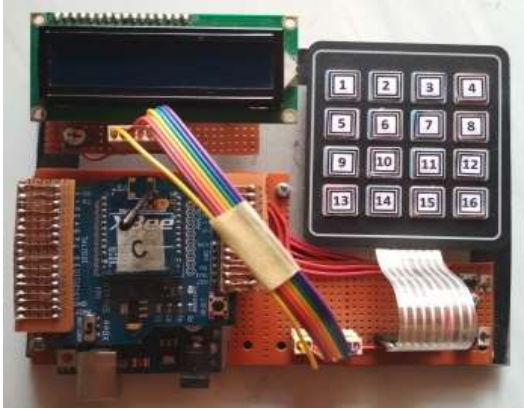
Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut:

1. Hubungkan perangkat *remote* dengan *power supply*
2. Amati hasil yang ditampilkan LCD ketika setiap langkah dilakukan
3. Tekan salah satu tombol *keypad* untuk memilih jenis sayuran
4. Tekan *push button* 1 yang berfungsi sebagai *enter* untuk mengeksekusi sayuran yang dipilih
5. Lakukan penekanan beberapa tombol *keypad* secara bergantian untuk memilih jenis sayuran yang lain.
6. Tekan *push button* 2 yang berfungsi sebagai *back/delete* untuk mengembalikan sistem ke awal pemilihan jenis sayuran.
7. Ulangi langkah 2 sampai 6 beberapa kali.



#### 4.4.1.1. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian perangkat *remote* dilakukan dengan memberikan kombinasi input berupa *keypad*, *push button* 1 yang berfungsi sebagai *enter*, *push button* 2 yang berfungsi sebagai *back/delete*, dan output berupa LCD. Perangkat *remote* ditunjukkan Gambar 4.20 dan hasil pengujian ditunjukkan Tabel 4.10.



Gambar 4.20 Perangkat *remote*

Tabel 4.10 Hasil pengujian perangkat *remote*.

Kondisi Awal	Karakter Keypad	Input		Output LCD 16x2
		PB1	PB2	
P	1	Ditekan	Tidak ditekan	Brokoli
I	2	Tidak ditekan	Tidak ditekan	Brokoli
L	3	Tidak ditekan	Tidak ditekan	Brokoli
I H	1	Tidak ditekan	Ditekan	Kondisi Awal
	2	Ditekan	Tidak ditekan	Daun Bawang
S	3	Tidak ditekan	Tidak ditekan	Daun Bawang
A Y	1	Tidak ditekan	Tidak ditekan	Daun Bawang
	2	Tidak ditekan	Ditekan	Kondisi Awal
U R	3	Ditekan	Tidak ditekan	Kangkung
	1	Tidak ditekan	Tidak ditekan	Kangkung
A N	2	Tidak ditekan	Tidak ditekan	Kangkung
	Sembarang Tombol	Tidak ditekan	Ditekan	Kondisi Awal

Hasil pengujian menunjukkan perangkat *remote* dapat bekerja dengan baik.

#### 4.4.2. Pengujian Keseluruhan Perangkat *Field Control*

Pengujian perangkat *field control* adalah pengujian dari seluruh komponen penyusun perangkat ketika dijadikan satu. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan kinerja dari perangkat agar berfungsi optimal. Pada pengujian perangkat *field control* sensor pH dan EC diganti dengan resistor variabel dengan tujuan mengetahui kinerja sistem dengan cepat

ketika nilai pH atau EC diluar kisaran. Pengontrolan pH pada rentang 5,5 – 6,5, sedangkan EC pada rentang 1,20 mS/cm – 2,90 mS/cm.

Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut :

1. Hubungkan perangkat field control dengan laptop
2. Amati setiap langkah yang dilakukan
3. Ubah nilai resistor variabel 1 yang mewakili sensor pH
4. Ubah nilai resistor variabel 2 yang mewakili sensor EC

#### 4.4.2.1. Hasil Pengujian dan Analisis

Nilai tegangan keluaran resistor variabel akan dibaca oleh mikrokontroler yang akan dikonversi menjadi nilai pH dan EC. Pengujian dilakukan dengan cara memberi nilai input pada perubahan nilai yang mungkin terjadi. Perangkat *field control* ditunjukkan Gambar 4.21, hasil pengujian kontrol pH ditunjukkan Tabel 4.11 dan kontrol EC ditunjukkan Tabel 4.12.



Gambar 4.21 Perangkat *field control*

Tabel 4.11 Hasil pengujian kontrol pH

pH	pH Up	pH Down
	(2 detik)	(1 detik)
5,25	ON	OFF
5,32	ON	OFF
5,45	ON	OFF
5,63	OFF	OFF
6,32	OFF	OFF
6,46	OFF	OFF
6,68	OFF	ON
6,72	OFF	ON
6,86	OFF	ON

Tabel 4.12 Hasil pengujian kontrol EC

EC (mS/cm)	Nutrisi A (2 detik)	Nutrisi B (2 detik)	Penguras (330 detik)	Pengisi (330 detik)
1,05	ON	ON	OFF	OFF
1,12	ON	ON	OFF	OFF
1,13	ON	ON	OFF	OFF
1,46	OFF	OFF	OFF	OFF
2,56	OFF	OFF	OFF	OFF
2,89	OFF	OFF	OFF	OFF
2,95	OFF	OFF	ON	ON
3,00	OFF	OFF	ON	ON
3,05	OFF	OFF	ON	ON

Hasil pengujian menunjukkan perangkat *field control* bekerja sesuai algoritma kontrol yang direncanakan. Pada pengontrolan pH (pengujian pH 5,5 – 6,5) ketika nilai pH dibawah 5,5 pompa pH up akan On selama 2 detik mengalirkan larutan pH up sebesar 1,2 ml, ketika nilai pH di atas 6,5 pompa pH down akan On selama 1 detik mengalirkan larutan pH down sebesar 0,4 ml, ketika nilai pH pada rentang 5,5 – 6,5 pompa pH up dan pompa pH down akan Off.

Sedangkan pada pengontrolan EC (pengujian 1,20 – 2,90 mS/cm) ketika nilai EC dibawah 1,20 mS/cm pompa nutrisi A dan pompa nutrisi B akan On selama 2 detik untuk mengalirkan larutan nutrisi sebesar 1,2 ml. Ketika nilai EC diatas 2,90 mS/cm pompa penguras dan pengisi air akan On selama 102 detik untuk membuang larutan nutrisi dan mengisinya kembali dengan air biasa.

#### 4.4.3. Pengujian Keseluruhan Komunikasi Nirkabel

Pengujian perangkat komunikasi nirkabel adalah pengujian komunikasi dua arah antar perangkat *remote* dan *field control*. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan alur komunikasi sesuai yang direncanakan.

Pengujian dilakukan dengan cara mengirim data dari perangkat *remote* ke perangkat *field control* berupa rentang nilai pH dan EC. Setelah data diterima perangkat *field control*, kemudian perangkat ini mengirim data pembacaan sensor ke perangkat *remote*. Sensor pH dan EC diganti dengan resistor variabel dengan tujuan untuk mendapatkan nilai pengukuran yang mudah diubah-ubah. Hasil pengujian ditunjukkan Tabel 4.13 dan 4.14.

Tabel 4.13 Hasil pengujian pengiriman data dari perangkat *remote* ke perangkat *field control*

Perangkat Remote				Perangkat Field Control			
(Data Dikirim)				(Data Diterima)			
pH <sub>B0</sub>	pH <sub>A0</sub>	EC <sub>B0</sub>	EC <sub>A0</sub>	pH <sub>B1</sub>	pH <sub>A1</sub>	EC <sub>B1</sub>	EC <sub>A1</sub>
6,0	7,0	1,8	2,3	6,0	7,0	1,8	2,3
6,0	6,8	2,8	3,5	6,0	6,8	2,8	3,5
6,0	6,5	1,8	2,2	6,0	6,5	1,8	2,2
5,5	6,5	1,5	2,0	5,5	6,5	1,5	2,0
5,5	6,5	1,0	1,6	5,5	6,5	1,0	1,6
6,5	7,0	1,8	2,4	6,5	7,0	1,8	2,4
6,5	7,0	2,5	3,0	6,5	7,0	2,5	3,0
5,5	6,5	1,5	2,0	5,5	6,5	1,5	2,0
6,0	6,5	1,6	2,4	6,0	6,5	1,6	2,4
6,0	7,0	1,0	1,2	6,0	7,0	0,8	1,2

Tabel 4.14 Hasil pengujian pengiriman data dari perangkat *field control* ke perangkat *remote*.

Perangkat Field Control (Data Dikirim)		Perangkat Remote (Data Diterima)	
pH <sub>0</sub>	EC <sub>0</sub>	pH <sub>1</sub>	EC <sub>1</sub>
7,93	3,45	7,93	3,45
7,17	2,04	7,17	2,04
5,86	2,56	5,86	2,56
5,23	3,18	5,23	3,18
6,10	2,72	6,10	2,72
5,63	2,88	5,63	2,88
4,63	0,73	4,63	0,73
4,59	1,05	4,59	1,05
4,88	1,73	4,88	1,73
4,02	0,56	4,02	0,56

Hasil pengujian menunjukkan komunikasi antar perangkat bekerja dengan baik. Perangkat *field control* mampu menerima data rentang pH dan EC yang dikirim perangkat *remote*, dan perangkat *remote* mampu menerima data pengukuran sensor dari perangkat *field control*.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan rumusan masalah, perancangan dan hasil pengujian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perangkat *remote* yang telah dibuat memiliki fungsi sebagai pemilihan jenis sayuran yang akan di-*monitoring* dan dikontrol nilai pH dan EC larutan nutrisi serta menerima data pengukuran dari perangkat *field control*. Jenis sayuran yang dapat dipilih adalah bayam, brokoli, daun bawang, kangkung, kemangi, seledri, kubis / kol, sawi / caisim / sosin, sawi pahit, selada, selada air, dan kalia. Sedangkan perangkat *field control* yang telah dibuat memiliki fungsi sebagai penerima data berupa rentang nilai pH dan EC dari perangkat *remote*, *me-monitoring* nilai pH dan EC pada larutan nutrisi, mengirim data pengukuran ke perangkat *remote*, serta mengontrol jika nilai pH atau EC diluar kisaran yang ditentukan.
2. Kesalahan rata-rata pembacaan sensor pH sebesar 0.63% dan kesalahan rata-rata pembacaan sensor EC sebesar 1.24%
3. Untuk mengontrol nilai pH dan EC nutrisi diterapkan metode kontrol On-Off. Pengontrolan pH digunakan larutan pH up dan pH down. Sedangkan pengontrolan EC digunakan larutan nutrisi A, nutrisi B, penguras dan pengisi air. Air yang digunakan untuk melarutkan larutan pH dan nutrisi sebesar 4,5 liter. Berikut penerapan kontrol On-Off untuk setiap kemungkinan perubahan nilai pH dan EC yang terjadi :
  - Kondisi 1 : nilai pH di bawah rentang yang telah ditentukan, maka pompa pH up akan on selama 2 detik untuk mengalirkan larutan pH up sebesar 1,2 ml yang akan menaikkan nilai pH sebesar 0,2.
  - Kondisi 2 : nilai pH berada pada rentang yang telah ditentukan, maka pompa pH up dan pompa pH down akan off.
  - Kondisi 3 : nilai pH di atas rentang yang telah ditentukan, maka pompa pH down akan on selama 1 detik untuk mengalirkan larutan pH down sebesar 0.4 ml yang akan menurunkan nilai pH sebesar 0,76.
  - Kondisi 4 : nilai EC di bawah rentang yang telah ditentukan, maka pompa nutrisi A dan nutrisi B akan on selama 2 detik untuk mengalirkan larutan nutrisi A dan nutrisi B sebesar 1,2 ml yang akan menaikkan nilai EC sebesar 0,18 mS/cm.

- Kondisi 5 : nilai EC berada pada rentang yang telah ditentukan, maka pompa nutrisi A, pompa nutrisi B, pompa penguras, dan pompa pengisi air akan off.
  - Kondisi 6 : nilai EC di atas rentang yang telah ditentukan, maka pompa penguras dan pengisi air akan on selama 102 detik untuk mengganti air sebesar 330 ml yang akan menurunkan nilai pH sebesar 0,27 dan EC sebesar 0,1.
4. Perangkat *field control* mampu menerima data rentang pH dan EC yang dikirim perangkat *remote*, dan perangkat *remote* mampu menerima data pengukuran sensor dari perangkat *field control*. Jarak terjauh komunikasi data kedua perangkat secara nirkabel menggunakan Xbee kurang dari 95 meter.

## 5.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan mengenai penelitian serupa yaitu sebagai berikut:

1. Pemilihan sayuran pada perangkat *remote* dapat dibuat untuk semua jenis sayuran sehingga lebih fleksibel.
2. Pengukuran pH dan EC tidak dapat dilakukan secara kontinu serta tidak dapat dilakukan secara bersama-sama. Sehingga perlu ditambahkan perangkat pencelup dan pembilas pada masing-masing sensor.
3. Penambahan *mixer* diperlukan agar larutan nutrisi dan pH bercampur rata.
4. Perangkat *field control* dapat dibuat beberapa *node* untuk beberapa jenis sayuran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahamed, S.S.Riaz. 2005. *The Role of Zigbee Technology in Future Data Communication System*. Sathak Institute of Technology.
- Arduino Board Uno. 2017. [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc), Diakses tanggal 13 Maret 2017
- Digi International. 2009. *XBee®/XBee-PRO® RF Modules*. Minnetonka: Digi International Inc. [www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf](http://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf), Diakses tanggal 15 Maret 2017.
- DFrobot. 2017. [www.dfrobot.com/wiki/index.php/Analog\\_EC\\_Meter\\_SKU:DFR0300](http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Analog_EC_Meter_SKU:DFR0300), Diakses tanggal 17 Juli 2017.
- DFrobot. 2017. [www.dfrobot.com/wiki/index.php/Industrial\\_pH\\_electrode\(SKU:FIT0348\)](http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Industrial_pH_electrode(SKU:FIT0348)), diakses tanggal 1 Juli 2017.
- EXAR Corporation. 1996. [www.exar.com/appnote/uartnote.pdf](http://www.exar.com/appnote/uartnote.pdf), Diakses pada 7 Agustus 2017
- Firdaus. 2014. *Wireless Sensor Network Teori dan Aplikasi*, Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Lattice Semiconductors. 2011. *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*.
- Lingga, P. 2005. *HIDROPONIK Bercocok Tanam Tanpa Tanah*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Philips Semiconductor. 2004. *Application note: UART to Bluetooth interfacing*. USA
- PGO Pacitan. 2017. Tabel EC dan pH Untuk Sayuran Daun.
- Rosliani, Rini dan Nani Sumarni. 2005. *Budidaya Tanaman Sayuran Dengan Sistem Hidroponik*. Bandung : Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Sastro, Yudi, dan Nofi Anisatun Rokhmah. 2016. *Hidroponik Sayuran Di Perkotaan*. Jakarta : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP).
- Susila, Anas D. 2013. *Dasar – Dasar Hortikultura*. Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Sutiyoso, Y. 2006. *Hidroponik ala Yos*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Winoto, Ardi. 2010. *Mikrokontroler AVR Atmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*. Bandung: Informatika Bandung.