



**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM TELEMETRI pH
AIR PADA KOLAM PEMBENIHAN IKAN MENGGUNAKAN
*FREQUENCY HOPPING SPREAD SPECTRUM***

SKRIPSI

oleh

**Aldian Naridho Achsan
NIM 111910201008**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM TELEMETRI pH
AIR PADA KOLAM PEMBENIHAN IKAN MENGGUNAKAN
*FREQUENCY HOPPING SPREAD SPECTRUM***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi S1 Teknik Elektro
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

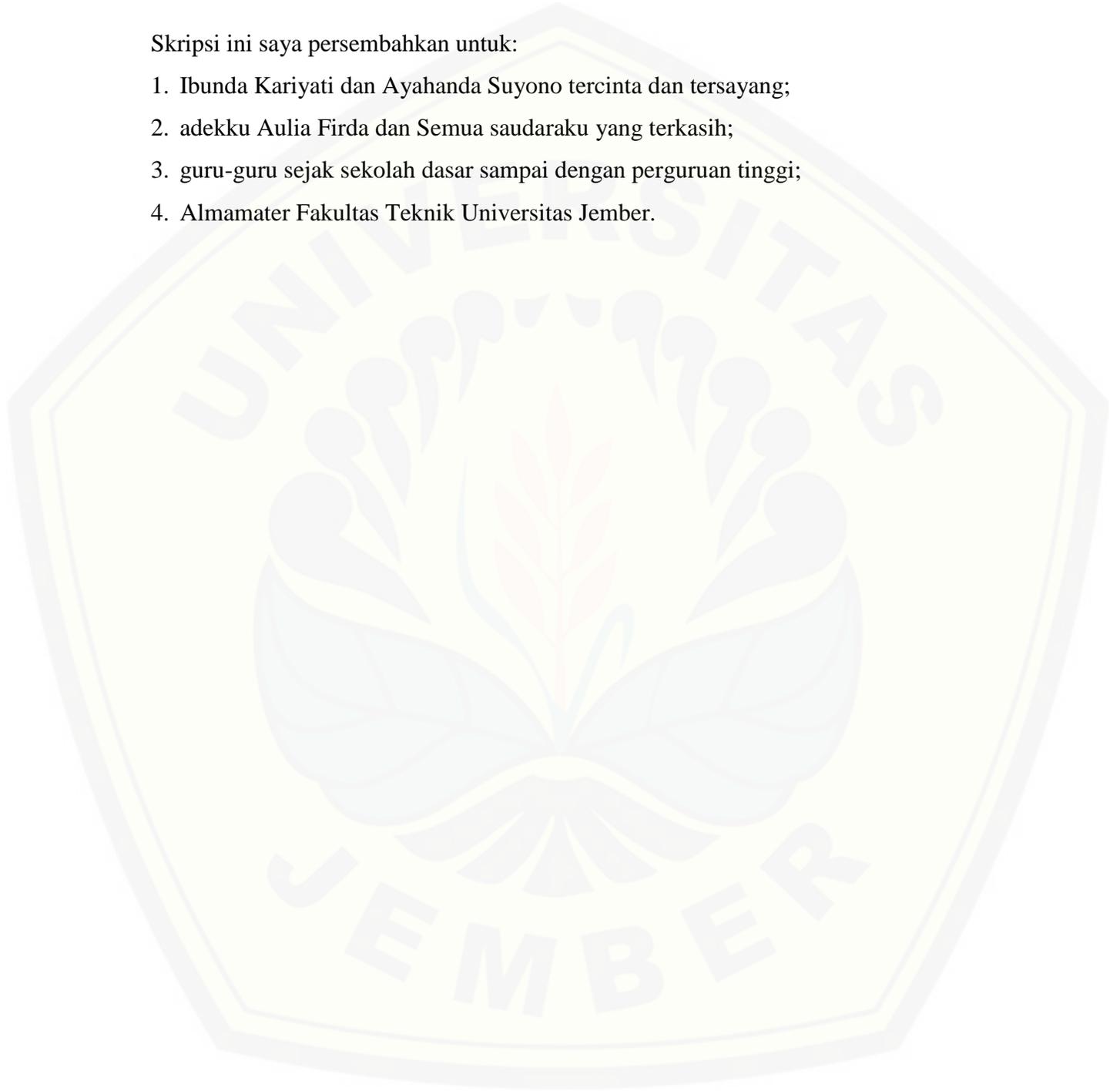
**Aldian Naridho Ahsan
NIM 111910201008**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Kariyati dan Ayahanda Suyono tercinta dan tersayang;
2. adekku Aulia Firda dan Semua saudaraku yang terkasih;
3. guru-guru sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.



MOTO

Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada keringanan. Karena itu bila kau sudah selesai (mengerjakan yang lain). Dan berharaplah kepada Tuhanmu.
(terjemahan Surat Al-Insyira ayat 6-8)^{*)}

Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaannya yang ada pada diri mereka sendiri.
(terjemahan Surat Ar-Raad ayat 11)^{**)}

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.
(terjemahan Surat Al-Mujadalah ayat 11)^{***)}

^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 2000. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung : CV Diponegoro

^{**)} Departemen Agama Republik Indonesia. 2000. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung : CV Diponegoro

^{***)} Departemen Agama Republik Indonesia. 2000. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung : CV Diponegoro

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Aldian Naridho Achsan

NIM : 111910201008

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “ Perancangan dan Pembuatan Sistem Telemetry pH Air Pada Kolam Pembenihan Ikan Menggunakan *Frequency Hopping Spread Spectrum* ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 10 Juli 2015

Yang menyatakan,

Aldian Naridho Achsan

NIM 111910201008

SKRIPSI

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM TELEMETRI pH
AIR PADA KOLAM PEMBENIHAN IKAN MENGGUNAKAN
*FREQUENCY HOPPING SPREAD SPECTRUM***

oleh

Aldian Naridho Achsan
NIM 111910201008

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ike Fibriani, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Widya Cahyadi, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ Perancangan dan Pembuatan Sistem Telemetri pH Air Pada Kolam Pembenihan Ikan Menggunakan *Frequency Hopping Spread Spectrum* ” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jumat, 10 Juli 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Ike Fibriani, S.T., M.T.
NRP 760011391

Widya Cahyadi, S.T., M.T.
NIP 198511102014041001

Penguji I,

Penguji II,

Catur Suko Sarwono, S.T.
NIP 196801191997021001

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.
NIP 198405312008121004

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 196104141989021001

Perancangan dan Pembuatan Sistem Telemetri pH Air Pada Kolam Pembenihan Ikan Menggunakan Frequency Hopping Spread Spectrum

Aldian Naridho Achsan

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan sistem telemetri pH air pada kolam pembenihan ikan menggunakan *Frequency Hopping Spread Spectrum*. Bentuk monitoring ditampilkan pada laptop menggunakan tampilan *visual basic* dalam bentuk data dan grafik. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, alat pH air yang telah dibuat dalam hal pembacaan nilai *buffer* pH 4 didapatkan *error* persen antara 18.5% - 19.5%, *buffer* pH 7 dengan *error* persen antara 0.29% - 0.57% dan *buffer* pH 10 dengan *error* persen antara 5.40% - 5.60%. Sedangkan dalam hal pengiriman data, sistem telemetri yang menggunakan FHSS ini memiliki tingkat ketahanan yang sangat tinggi terhadap *noise* dengan didapatkan *packet loss* sebesar 0% ketika masih berada pada *range* jarak maksimalnya.

Kata kunci: telemetri, FHSS, pH, *error*, *packet loss*.

Designing and Making Water pH Telemetry System In Pool Fish Hatchery Using Frequency Hopping Spread Spectrum

Aldian Naridho Achsan

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember

ABSTRACT

In this research, design and manufacturing of pH telemetry system water fish hatchery ponds using Frequency Hopping Spread Spectrum. Monitoring form is displayed on a laptop using visual basic display in the form of data and graphs. From the analysis that has been done, the tool pH of the water that has been made in terms of reading the value of buffer pH 4 percent error obtained between 18.5% - 19.5%, pH 7 buffer with error% percent between 0.29 – 0.57 10% and a buffer pH 10 with error percent between 5.40% - 5.60%. Whereas in the case of data transmission, telemetry systems that use FHSS has a very high level of resistance to noise with packet loss obtained at 0% when they are at the maximum distance range.

Key words: *telemetry, FHSS, pH, error, packet loss.*

RINGKASAN

Perancangan dan Pembuatan Sistem Telemetry pH Air Pada Kolam Pembenihan Ikan Menggunakan *Frequency Hopping Spread Spectrum*; Aldian Naridho Achsan, 111910201008; 2015; 76 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kegiatan budidaya pembesaran ikan telah dilakukan di beberapa tempat di Indonesia, dalam proses pengembangannya masih menemui kendala, salah satunya karena keterbatasan benih. Selama ini para nelayan pembudidaya masih mengandalkan benih alam yang sifatnya musiman sehingga jumlah benih yang dibudidayakan sangat terbatas. Dalam proses pembudidayaan ikan, keberhasilan sangat ditentukan oleh beberapa faktor antara lain kualitas benih, kualitas air, pengelolaan dan sebagainya. Faktor kualitas air dalam hal ini meliputi : Suhu Air, Salinitas, pH, Oksigen Terlarut (DO). Pada saat melakukan peninjauan ke Balai Perikanan Rambigundam terdapat beberapa jenis ikan yang sedang dalam tahap pembenihan (*hatchery*) dan salah satunya adalah Ikan Lele. Parameter kualitas air yang cocok untuk pertumbuhan ikan lele yaitu suhu antara 25–30°C, kandungan oksigen terlarut yang baik untuk perkembangan ikan sebesar 5 ppm. Menurut Hefni Effendi (2003) biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan bertahan hidup pada pH sekitar 7-8,5. Di Balai Benih Ikan Rambigundam proses pengontrolan dan pengukuran pH air masih dilakukan secara manual. Misalnya mengukur pH air dengan menggunakan pH meter digital yang harus berjalan ke tempat kolam. Hal ini dinilai kurang efektif karena masih memerlukan waktu dan tenaga manusia untuk berjalan ke lokasi.

Perkembangan teknologi yang semakin pesat memberikan banyak manfaat diantaranya adalah penyampaian informasi yang cepat sehingga setiap informasi dapat dipantau secara *real time* atau pada saat itu juga, hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan suatu informasi yang akurat. *Wireless* adalah salah satu teknik

komunikasi untuk menyampaikan informasi dengan menggunakan gelombang radio untuk menggantikan kabel yang menghubungkan komputer dengan jaringan, sehingga komputer dapat berkomunikasi dengan jaringan lebih efektif dan efisien serta dengan kecepatan yang memadai. Kelebihan - kelebihan inilah yang sangat mendukung pemanfaatan *wireless* sebagai media yang digunakan untuk mengakses informasi secara *real time*.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat sistem telemetri pH air pada kolam pembenihan ikan menggunakan *Frequency Hopping Spread Spectrum*. Teknologi ini merupakan teknologi unggulan yang biasa digunakan dibidang militer, dimana teknologi yang menggunakan modulasi FHSS ini lebih tahan terhadap interferensi dan memiliki konsumsi energi yang lebih rendah. Analisis yang dilakukan setelah membuat alat telemetri pH air menggunakan FHSS ini yaitu menghitung nilai *error* persen untuk mengetahui keakuratan alat yang dalam hal pembacaan nilai pH air. Selanjutnya menghitung nilai *packet loss* untuk mengetahui tingkat ketahanan FHSS terhadap *noise* pada saat mengirim dan menerima data.

Analisis data dalam penelitian diketahui bahwa alat yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik. Hal tersebut dibuktikan dengan data-data pengujian yang telah dilakukan. Dalam pembacaan menggunakan *buffer* pH 4 alat tersebut diketahui *error* persennya antara 18.5% - 19.5%, pada *buffer* pH 7 diketahui *error* persennya antara 0.29% - 0.57% dan pada *buffer* pH 10 diketahui *error* persennya antara 5.40% - 5.60%. Sedangkan dalam hal pengiriman data, FHSS ini terbukti memiliki tingkat ketahanan yang sangat tinggi terhadap *noise*, dibuktikan hasil pengujian dengan didapatkan *packet loss* sebesar 0% ketika masih berada dalam range jarak maksimalnya.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan dan Pembuatan Sistem Telemetri pH Air Pada Kolam Pembenihan Ikan Menggunakan *Frequency Hopping Spread Spectrum*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

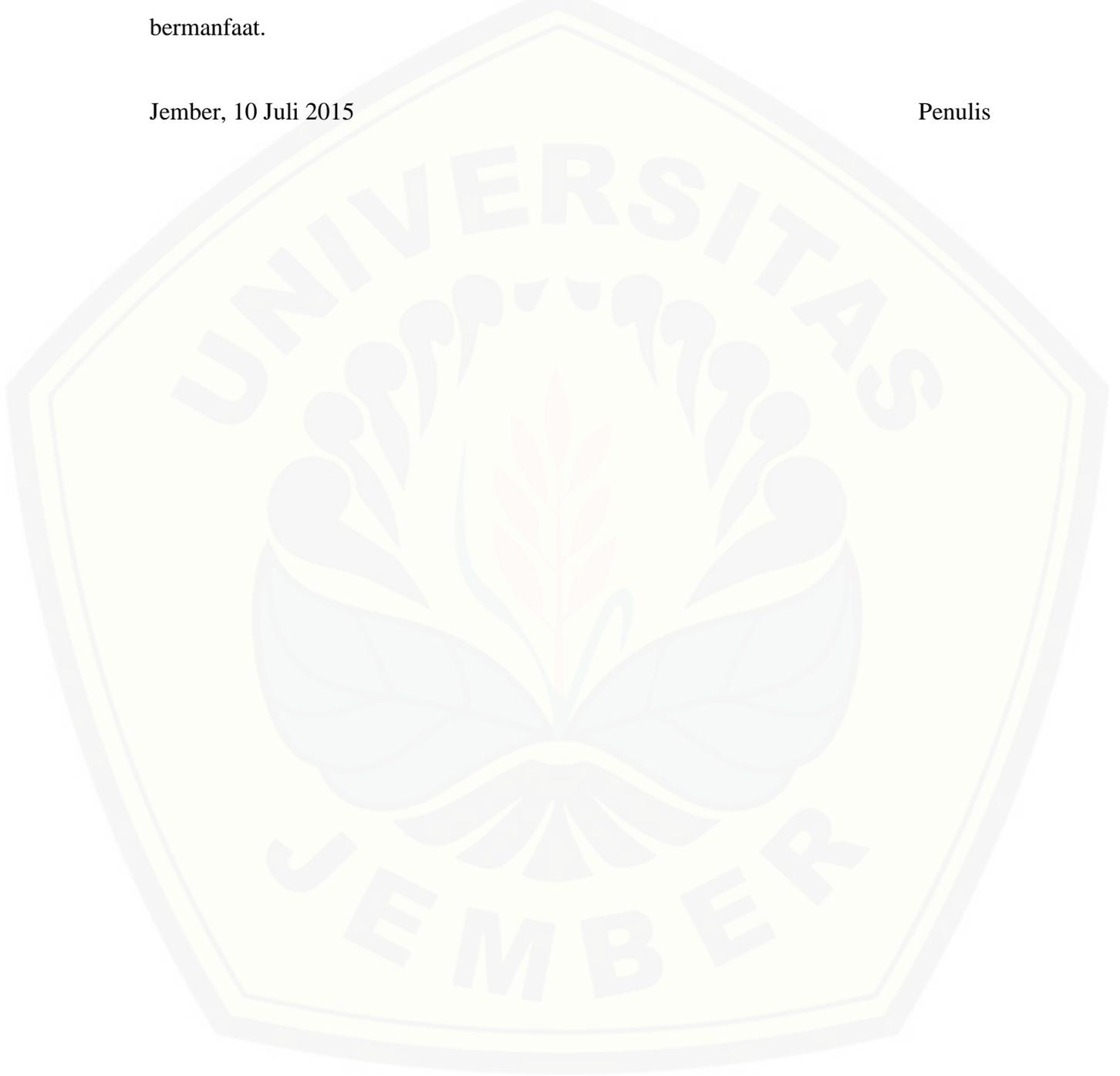
Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. bu Ike Fibriani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, bpk. Widya Cahyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. bpk. Catur Suko Sarwono, S.T. selaku Dosen Penguji I, bpk. Dodi Setiabudi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membangun demi penyempurnaan skripsi ini;
3. bpk. Ir. Widyono Hadi, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. bpk. Bambang Supeno, S.T., M.T. selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif;
5. bunda Kariyati dan ayahanda Suyono yang telah memberikan dukungan moril dan materil serta kasih sayang yang tak terhingga;
6. adikku dan saudaraku semua yang telah memberikan motivasi dan semangat;
7. rekan-rekan tim molis Elevatron yang telah memberikan pengalaman yang sangat berharga;
8. dulur-dulur seperjuangan Teknik Elektro 2011 yang telah memberikan motivasi dan semangat dalam perjuangan 4 tahun di bangku kuliah;
9. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 10 Juli 2015

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Telemetry	5
2.2 Wireless	5

2.3	<i>Wireless Ad hoc</i>	8
2.4	Konsep Dasar <i>Spread Spectrum</i>	10
2.5	Kelebihan <i>Spread Spectrum</i>	12
2.6	<i>Frequency Hopping Spread Spectrum</i>	12
	2.6.1 Modulasi FHSS	15
	2.6.2 Standar Operasi FHSS	16
	2.6.3 Rangkaian Pengirim FHSS	17
	2.6.4 Rangkaian Penerima FHSS.....	19
2.7	Teori Asam Basa	20
	2.7.1 Teori pH.....	21
	2.7.2 Derajat Keasaman Terhadap Pertumbuhan Ikan	22
2.8	Sensor pH	22
2.9	Arduino Uno	23
2.10	Modul FPV Radio <i>Telemetry Kit 915MHz</i>	27
	2.10.1 Rangkaian <i>Transmitter</i>	29
	2.10.2 Rangkaian <i>Receiver</i>	30
2.11	<i>Packet Loss</i>	30
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1	Waktu dan Tempat	32
3.2	Alat dan Bahan	33
	3.2.1 Mikrokontroler Arduino Uno	33
	3.2.2 FPV Radio Telemetri <i>Kit 915MHz</i>	34
	3.2.3 Sensor pH	34
	3.2.4 <i>Software Visual Basic</i>	35
3.3	Diagram Perencanaan Alat	36
	3.3.1 Blok Diagram Alat	36
	3.3.2 <i>Flow Chart</i> sistem	38
3.4	<i>Flow Chart</i> pengujian sensor pH	40
	3.4.1 Pengujian ADC sensor pH.....	40

3.4.2 Pengujian keakuratan pembacaan sensor pH.....	41
3.5 Flow Chart pengujian wireless	42
3.6 Tahapan penelitian	43
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Pengujian Sensor pH	44
4.2 Pengujian Program Aplikasi	54
4.3 Pengujian Wireless Modul Pada Kondisi <i>Obstacle</i>	57
4.3.1 Pengujian Tanpa Antena	57
4.3.2 Pengujian Menggunakan Antena.....	58
4.4 Pengujian Wireless Modul Pada Kondisi <i>Loss Space</i>	61
4.4.1 Pengujian Tanpa Antena	61
4.4.2 Pengujian Menggunakan Antena.....	62
BAB 5. PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	69

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Standarisasi <i>wireless</i>	7
2.2 Pengaruh keasaman terhadap pertumbuhan ikan.....	22
2.3 Deskripsi <i>Arduino Uno</i>	26
3.1 Rencana kegiatan tugas akhir	32
4.1 Pengujian ADC menggunakan <i>buffer</i> pH 4	45
4.2 Pengujian ADC menggunakan <i>buffer</i> pH 7	47
4.3 Pengujian ADC menggunakan <i>buffer</i> pH 10.....	48
4.4 Karakteristik ADC sensor pH.....	49
4.5 Hasil <i>error</i> persen menggunakan <i>buffer</i> pH 4.....	51
4.6 Hasil <i>error</i> persen menggunakan <i>buffer</i> pH 7	52
4.7 Hasil <i>error</i> persen menggunakan <i>buffer</i> pH 10	53
4.8 Pengujian <i>wireless</i> pada kondisi <i>obstacle</i> tanpa antenna	57
4.9 Pengujian <i>wireless</i> pada kondisi <i>obstacle</i> menggunakan antenna.....	59
4.10 Pengujian <i>wireless</i> pada kondisi <i>loss space</i> tanpa menggunakan antenna.....	61
4.11 Pengujian <i>wireless</i> pada kondisi <i>loss space</i> menggunakan antenna..	62

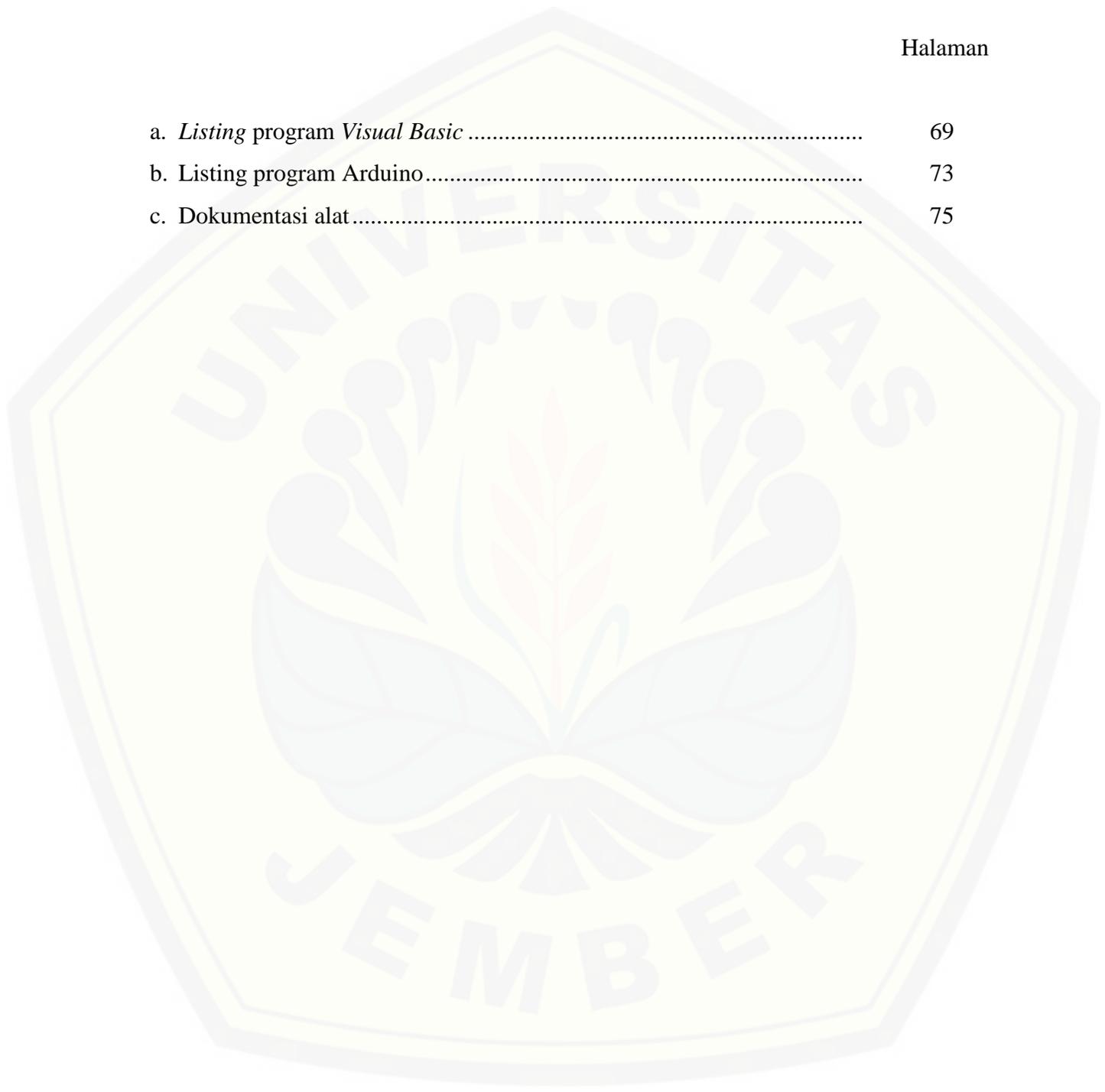
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Ilustrasi <i>wireless ad hoc</i>	8
2.2 Diagram sistem <i>Spread Spectrum</i>	11
2.3 Pola <i>Frequency Hopping</i>	13
2.4 Frekuensi plot dari <i>Fast Frequency Hopping</i>	14
2.5 Frekuensi plot dari <i>Slow Frequency Hopping</i>	15
2.6 Rangkaian pengirim <i>Frequency Hopping</i>	17
2.7 Sinyal <i>Pseudonoise</i> dan <i>Pseudorandom</i>	18
2.8 Diagram Blok Penyusunan Sinyal PRG	18
2.9 Rangkaian Penerima FHSS.....	20
2.10 Sensor pH.....	23
2.11 Board Arduino Uno	25
2.12 Modul FPV Radio <i>Telemetry Kit</i> 915MHz.....	27
2.13 Rangkaian <i>transmitter</i>	29
2.14 Rangkaian <i>teceiver</i>	30
3.1 Mikrokontroler Arduino Uno.....	33
3.2 Modul <i>wireless</i> FPV Radio <i>Telemetry Kit</i> 915MHz	34
3.3 Sensor analog pH Meter.....	34
3.4 Tampilan awal <i>Visual Basic</i> 2010.....	35
3.5 Tampilan awal <i>user interface</i> menggunakan <i>Visual Basic</i> 2010	35
3.6 Diagram blok sistem	36
3.7 <i>Flow chart</i> sistem.....	39
3.8 Pengujian ADC sensor pH	40
3.9 Pengujian keakuratan sensor pH	41
3.10 Pengujian <i>wireless</i>	42
3.11 Tahapan penelitian	43
4.1 Grafik karakteristik ADC Sensor pH	49

4.2	Tampilan <i>user interface software visual basic</i>	54
4.3	Tampilan <i>user interface</i> yang terhubung dengan <i>wireless</i>	55
4.4	Data yang disimpan dalam <i>ms. excel</i>	56
4.5	Pengujian kondisi <i>obstacle</i> tanpa antena	57
4.6	Pengujian kondisi <i>obstacle</i> menggunakan antena.....	59
4.7	Pengujian kondisi <i>loss space</i> tanpa antena.....	61
4.8	Pengujian kondisi <i>loss space</i> menggunakan antena.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
a. <i>Listing</i> program <i>Visual Basic</i>	69
b. <i>Listing</i> program <i>Arduino</i>	73
c. Dokumentasi alat.....	75



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan budidaya pembesaran ikan telah dilakukan di beberapa tempat di Indonesia, dalam proses pengembangannya masih menemui kendala, salah satunya karena keterbatasan benih. Selama ini para nelayan pembudidaya masih mengandalkan benih alam yang sifatnya musiman sehingga jumlah benih yang dibudidayakan sangat terbatas. Dalam proses pembudidayaan ikan, keberhasilan sangat ditentukan oleh beberapa faktor antara lain kualitas benih, kualitas air, pengelolaan dan sebagainya. Faktor kualitas air dalam hal ini meliputi : Suhu Air, Salinitas, pH, Oksigen Terlarut (DO). Pada saat melakukan peninjauan ke Balai Perikanan Rambigundam terdapat beberapa jenis ikan yang sedang dalam tahap pembenihan (*hatchery*) dan salah satunya adalah Ikan Lele. Parameter kualitas air yang cocok untuk pertumbuhan ikan lele yaitu suhu antara 25–30°C, kandungan oksigen terlarut yang baik untuk perkembangan ikan sebesar 5 ppm. Menurut Hefni Effendi (2003) biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan bertahan hidup pada pH sekitar 7-8,5. Di Balai Benih Ikan Rambigundam proses pengontrolan dan pengukuran pH air masih dilakukan secara manual. Misalnya mengukur pH air dengan menggunakan pH meter digital yang harus berjalan ke tempat kolam. Hal ini dinilai kurang efektif karena masih memerlukan waktu dan tenaga manusia untuk berjalan ke lokasi.

Perkembangan teknologi yang semakin pesat memberikan banyak manfaat diantaranya adalah penyampaian informasi yang cepat sehingga setiap informasi dapat dipantau secara *real time* atau pada saat itu juga, hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan suatu informasi yang akurat. *Wireless* adalah salah satu teknik

komunikasi untuk menyampaikan informasi dengan menggunakan gelombang radio untuk menggantikan kabel yang menghubungkan komputer dengan jaringan, sehingga komputer dapat berkomunikasi dengan jaringan lebih efektif dan efisien serta dengan kecepatan yang memadai. Kelebihan - kelebihan inilah yang sangat mendukung pemanfaatan *wireless* sebagai media yang digunakan untuk mengakses informasi secara *real time*.

Penelitian sebelumnya, Mahfudz Shidiq dan Panca M Raharjo merancang suatu alat ukur suhu dan pH air menggunakan sistem telemetri, berjudul Pengukur Suhu dan pH Air Tambak Terintegrasi dengan Data Logger. Penelitian tersebut memonitoring suhu dan pH air yang ditampilkan ke PC menggunakan kabel USB. Dari latar belakang tersebut dan merujuk dari peneliti sebelumnya, penulis mempunyai usulan sistem telemetri menggunakan *wireless* supaya pengukurannya dapat dilakukan secara jarak jauh dan hasil data dapat dimonitoring secara *real time*. *Wireless* yang digunakan yaitu menggunakan teknologi FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*). Teknologi ini merupakan teknologi unggulan yang biasa digunakan dibidang militer, dimana teknologi yang menggunakan modulasi FHSS ini lebih tahan terhadap interferensi dan memiliki konsumsi energi yang lebih rendah (Budi Tjahyono, 2012). Sehingga penulis memilih judul “Perancangan dan Pembuatan Sistem Telemetri pH Air Pada Kolam Pembenihan Ikan Menggunakan *Frequency Hopping Spread Spectrum*”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diperoleh berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan :

1. Bagaimana merancang alat ukur pH meter menggunakan sistem telemetri?
2. Bagaimana mengaplikasikan teknologi *Frequency Hopping Spread Spectrum* pada alat ukur pH meter?

1.3 Batasan Masalah

Agar dalam penulisan skripsi ini dapat mencapai sasaran dan tujuan yang diharapkan, maka dalam pembahasan penelitian ini membatasi pembahasan menjadi beberapa permasalahan berikut :

1. Sensor yang digunakan yaitu menggunakan sensor pH.
2. Pengujian sensor dilakukan pada suhu kamar 29⁰ C
3. Modul *wireless* yang digunakan menggunakan FPV Radio *Telemetry kit* 915MHz produk dari 3DR.
4. Mikrokontroler yang digunakan menggunakan Arduino Uno
5. Monitoring atau *output* yang ditampilkan pada laptop menggunakan *software visual basic*
6. Tidak membahas alat elektronika secara keseluruhan, namun lebih kearah telekomunikasinya.
7. Parameter analisis yang digunakan yaitu pengaruh jarak, pengaruh pengiriman dalam kondisi *obstacle* atau *loss space*.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengimplementasikan sistem telemetri untuk pengukuran pH air.
2. Mengimplementasikan teknologi *Frequency Hopping Spread Spectrum* pada alat ukur pH meter.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan sistem monitoring kadar pH air kolam untuk pembenihan ikan lele berbasis telemetri.
2. Memperoleh data nilai pH air kolam pembenihan ikan lele yang dapat di akses setiap saat sehingga dapat digunakan dalam proses analisa pembenihan ikan lele.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, ruang lingkup/batasan permasalahan, tujuan penulisan, metodologi pembahasan dan sistematika penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang tinjauan pustaka yang menguraikan pendapat-pendapat atau hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, landasan teori merupakan penjabaran dari tinjauan pustaka.

BAB 3 : METODELOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

BAB 4 : DATA DAN ANALISA

Berisi hasil penelitian dan analisa hasil penelitian.

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan dan saran dari hasil yang didapat mengenai rancang bangun alat ukur pH air pada kolam pembenihan ikan lele menggunakan telemetri berbasis teknologi *Frequency Hopping Spread Spectrum*.

DAFTAR PUSTAKA

KESIMPULAN

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Telemetri

Telemetri adalah proses pengukuran parameter suatu obyek (benda, ruang, kondisi alam) yang hasil pengukurannya di kirimkan ke tempat lain melalui proses pengiriman data baik dengan menggunakan kabel maupun tanpa menggunakan kabel (*wireless*). Kata telemetri berasal dari bahasa Yunani yaitu *tele* artinya jarak jauh sedangkan *metron* artinya pengukuran. Secara istilah telemetri diartikan sebagai suatu bidang keteknikan yang memanfaatkan instrumen untuk mengukur panas, radiasi, ketinggian, kecepatan atau *property* lainnya dan mengirimkan data hasil pengukuran ke penerima yang letaknya jauh secara fisik, berada diluar dari jangkauan pengamat atau *user*. Media pengiriman dengan sistem telemetri menggunakan kabel maupun tanpa menggunakan kabel (*wireless*), selanjutnya data tersebut dapat dimanfaatkan langsung atau perlu dianalisa. Secara umum sistem telemetri terdiri atas enam bagian pendukung yaitu objek ukur sensor, pemancar, saluran transmisi, penerima dan tampilan/*display* (Heri Susanto, 2013).

Komunikasi nirkabel (*wireless*) sebagai media komunikasi pada jaringan komputer sudah sangat populer dan sudah menjadi hal yang biasa pada masa ini. Dengan demikian proses pertukaran data akan menjadi lebih mudah. Dalam perkembangannya komunikasi nirkabel juga digunakan untuk komunikasi antara mikrokontroler dan hal ini menyebabkan untuk komunikasi data antara mikrokontroler menjadi lebih mudah (Aza Muzakim, 2011).

2.2 *Wireless*

Teknologi *wireless*, memungkinkan satu atau lebih peralatan untuk berkomunikasi tanpa koneksi fisik, yaitu tanpa membutuhkan jaringan atau peralatan kabel. Teknologi *wireless* menggunakan transmisi frekuensi radio sebagai alat untuk mengirimkan data, sedangkan teknologi kabel menggunakan kabel. Teknologi *wireless* berkisar dari sistem kompleks seperti *Wireless Local Area Network (WLAN)* dan telepon selular hingga peralatan sederhana seperti *headpHone wireless*, *micropHone wireless* dan peralatan lain yang tidak memproses atau menyimpan informasi. *Wireless Local Area Network (WLAN)* adalah hubungan antara komputer yang satu dengan komputer dan/atau *peripHeral* lainnya dengan mempergunakan sedikit kabel. Jaringan komputer tersebut mempergunakan gelombang radio sebagai media transmisi datanya. Informasi (data) ditransfer dari satu komputer ke komputer lain menggunakan gelombang radio. *WLAN* sering disebut sebagai Jaringan Nirkabel atau Jaringan *Wireless*. Disini juga termasuk peralatan infra merah seperti *remote control*, *keyboard* dan *mouse* komputer *wireless*, dan *headset stereo hi-fi wireless*, semuanya membutuhkan garis pandang langsung antara *transmitter* dan *receiver* untuk membuat hubungan (Janner Simamarta,2014).

Karena Jaringan *Wireless* mempergunakan frekuensi, maka frekuensi yang dialokasikan diberi standarisasi pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Standarisasi *wireless*(Sumber : *Hero ShvrootKit, 2012*)

Standard	Frequencies	Spectrum Type
UMTS over W-CDMA	850 MHz, 1.9, 1.9/2.1, and 1.7/2.1 GHz	Licensed (Cellular/PCS/3G/AWS)
UMTS-TDD	450, 850 MHz, 1.9, 2, 2.5, and 3.5 GHz ^[4] 2 GHz	Licensed (Cellular, 3G TDD, BRS/IMT-ext, FWA) Unlicensed (see note)
CDMA2000 (inc. EV-DO, 1xRTT)	450, 850, 900 MHz 1.7, 1.8, 1.9, and 2.1 GHz	Licensed (Cellular/PCS/3G/AWS)
EDGE/GPRS	850 MHz 900 MHz 1.8 GHz 1.9 GHz	Licensed (Cellular/PCS/PCN)
iBurst	1.8, 1.9 and 2.1 GHz	Licensed
Flash-OFDM	450 and 870 MHz	Licensed
802.16e	2.3, 2.5, 3.5, 3.7 and 5.8 GHz	Licensed
802.11a	5.25, 5.6 and 5.8 GHz	Unlicensed 802.11a and ISM
802.11b/g/n	2.4 GHz	Unlicensed ISM
Bluetooth	2.4 GHz	Unlicensed ISM
Wibree	2.4 GHz	Unlicensed ISM
ZigBee	868 MHz, 915 MHz, 2.4 GHz	Unlicensed ISM
Wireless USB, UWB	3.1 to 10.6 GHz	Unlicensed Ultrawideband
EnOcean*	868.3 MHz	Unlicensed ISM

Sedangkan untuk standarisasi *Wireless LAN*, sebagai berikut :

a. 802.11a

Dibuat pada tahun 1999. Menggunakan frekuensi 5GHz, dan kecepatan transfer data teoritis maksimal 300 Mbps. Kini 802.11a mengalami perubahan teknologi secara revolusioner dengan kecepatan transfer data teoritis maksimal 150 Mbps juga mengalami peningkatan jangkauan sampai dengan 50 Km (bisa dilakukan dengan memanfaatkan peralatan *wireless* tertentu)

b. 802.11b

Dibuat pada tahun 1999. Menggunakan frekuensi 2.4 GHz, dan kecepatan transfer data teoritis maksimal 11 Mbps.

c. 802.11g

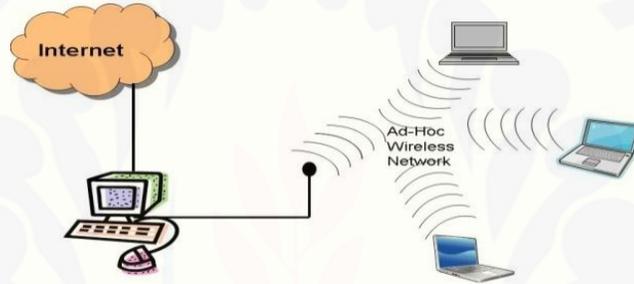
Dibuat pada tahun 2003. Menggunakan frekuensi 2.4 Ghz, dan kecepatan transfer data teoritis maksimal 108 Mbps.

d. 802.11n

Ditujukan untuk WLAN dengan kecepatan tranfer data teoritis maksimal 450 Mbps dengan teknologi 3T3R. Di pasar dapat dijumpai dengan merek dagang MIMO atau Pre-802.11n.

2.3 Wireless Ad hoc

Definisi *ad hoc network* adalah desentraliasi dari jaringan *wireless*, disebut *ad hoc network* karena tidak bergantung pada infrastruktur yang sudah ada, seperti router dalam jaringan kabel ataupun Access Point pada jaringan nirkabel.



Gambar 2.1 Ilustrasi *wireless ad hoc*

(Sumber : Wikipedia *Wireless Ad Hoc.com*, 2015)

Ad Hoc Network adalah jaringan *wireless* yang terdiri dari kumpulan *mobile node* (*mobile station*) yang bersifat dinamik dan spontan, dapat diaplikasikan di mana pun tanpa menggunakan jaringan infrastruktur (seluler ataupun PSTN) yang telah ada. Contoh *mobile node* adalah notebook, PDA dan ponsel. Jaringan *ad hoc* disebut juga dengan *spontaneous network* atau disebut *MANET* (*Mobile Ad hoc NETWORK*).

Contoh Penggunaan/Aplikasi di lapangan :

1. Operasi militer, seperti yang telah diujicobakan kawasan pertempuran di Sudan. Dengan jaringan *ad hoc*, mempermudah untuk akses informasi antar personel militer.

2. Komersial, jaringan *ad hoc* dapat digunakan pada situasi *emergency* atau upaya penyelamatan (*rescue operation*), seperti banjir atau gempa bumi dan entertainment seperti acara live music.
3. Jaringan yang cepat tersedia dengan menggunakan notebook untuk menyebarkan dan berbagi informasi di antara user seperti dalam konferensi atau ruang kuliah.

Keuntungan :

1. Tidak memerlukan dukungan *backbone* infrastruktur sehingga mudah diimplementasikan dan sangat berguna ketika infrastruktur tidak ada ataupun tidak berfungsi lagi.
2. Mobile node yang selalu bergerak (*mobility*) dapat mengakses informasi secara *real time* ketika berhubungan dengan *mobile node* lain, sehingga pertukaran data dan pengambilan keputusan dapat segera dilaksanakan.
3. Fleksibel terhadap suatu keperluan tertentu karena jaringan ini memang bersifat sementara.
4. Dapat direkonfigurasi dalam beragam topologi baik untuk jumlah user kecil hingga banyak sesuai dengan aplikasi dan instalasi (*scalability*).

Kerugian (Permasalahan) :

1. *Packet loss* (rugi-rugi paket) akan terjadi bila transmisi mengalami kesalahan (*error*).
2. Sering terjadi *disconnection*, karena tidak berada dalam area cakupan.
3. *Bandwidth* komunikasi yang terbatas
4. Kekuatan baterai yang singkat.
5. Kapasitas kemampuan jangkauan *mobile node* yang terbatas dan bervariasi.

2.4 Konsep Dasar Spread Spectrum

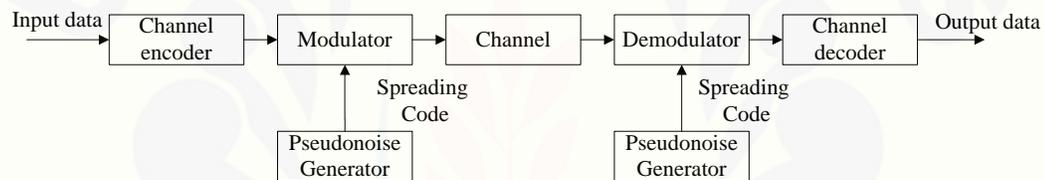
Teknologi *spread spectrum* memungkinkan kita untuk membawa sejumlah informasi yang sama seperti yang dapat dikirimkan dengan menggunakan *narrowband carrier signal* dan menyebarkan sinyal itu pada kisaran frekuensi yang jauh lebih besar. Sebagai contoh, kita mungkin menggunakan 1 MHz pada 10 Watt dengan *narrowband*, namun pada *spread spectrum* kita dapat menggunakan 20 MHz pada 100 mW. Dengan menggunakan spektrum frekuensi yang lebih lebar, kita dapat memperkecil kemungkinan bahwa data akan mengalami perubahan/pengurangan (*corrupted*) atau *jamming*. Suatu upaya *jamming* terhadap *narrowband* pada suatu sinyal *spread spectrum* kemungkinan besar akan digagalkan oleh sebagian kecil informasi yang masuk ke dalam kisaran frekuensi *narrowband signals*. Sebagian besar data digital akan diterima secara sempurna. Radio RF *spread spectrum* yang ada sekarang dapat memancarkan kembali sejumlah kecil data yang hilang akibat *interferensi narrowband*. Agar suatu sinyal dikelompokkan sebagai *spread spectrum*, sinyal itu harus menggunakan daya yang rendah. Dua karakteristik *spread spectrum* ini (penggunaan band frekuensi lebar dan daya yang sangat rendah) membuat sinyal ini seolah-olah merupakan sinyal derau bagi sebagian besar penerima (Budi Tjahyono, 2012).

Sebuah sistem *spread-spectrum* harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

1. Sinyal yang dikirimkan menduduki *bandwidth* yang jauh lebih lebar daripada *bandwidth* minimum yang diperlukan untuk mengirimkan sinyal informasi
2. Pada pengirim terjadi proses *spreading* yang menebarkan sinyal informasi dengan bantuan sinyal kode yang bersifat independen terhadap informasi
3. Pada penerima terjadi proses *despreading* yang melibatkan korelasi antara sinyal yang diterima dan replika sinyal kode yang dibangkitkan sendiri oleh suatu generator lokal.

Dalam komunikasi *spread spectrum* semakin lebar *bandwidth* akan semakin tahan terhadap *jamming* dan akan semakin terjamin tingkat kerahasiaannya. Disamping itu akan semakin banyak kanal yang bisa dipakai. Seperti yang di

terangkan oleh Shannon, salah seorang ahli statistik telekomunikasi, dalam ilmu komunikasi dinyatakan bahwa kapasitas kanal akan sebanding dengan *bandwidth* transmisi dan logaritmik dari S/N-nya. Jadi agar sistem komunikasi dapat bekerja dengan kapasitas kanal yang tetap pada level daya *noise* yang tinggi (S/N yang rendah), dapat dilakukan dengan jalan memperbesar *bandwidth* transmisi W . Disamping itu Shannon juga mengemukakan bahwa sebuah kanal dapat mentransmisikan informasi dengan probabilitas salah yang kecil apabila terhadap informasi tersebut dilakukan pengkodean yang tepat dan rate informasi yang tidak melebihi kapasitas kanal meskipun kanal tersebut memuat interferensi acak. Berikut diagram sistem *spread spectrum* :



Gambar 2.2 Diagram sistem *Spread Spectrum*

(Sumber : *Wireless Communications And Networks*, 2005)

Gambar diatas menyajikan gambaran tentang karakteristik kunci beberapa sistem spektrum penyebaran. Input dimasukkan ke dalam suatu *channel* enkoder yang menghasilkan sebuah sinyal analog dengan *bandwidth* sempit relatif di seputar beberapa frekuensi pusat. Sinyal ini kemudian dimodulasikan menggunakan deretan digit-digit tidak beraturan yang disebut *pseudorandom sequence*. Efek dari modulasi ini adalah untuk meningkatkan secara signifikan *bandwidth* (yang menyebarkan spektrum) sinyal yang ditransmisikan. Pada ujung penerima, deretan digit yang sama di gunakan untuk mendemodulasikan sinyal spektrum penyebaran. Terakhir sinyal dimasukkan ke dalam sebuah channel dekoder untuk melindungi data.

2.5 Kelebihan *Spread Spectrum*

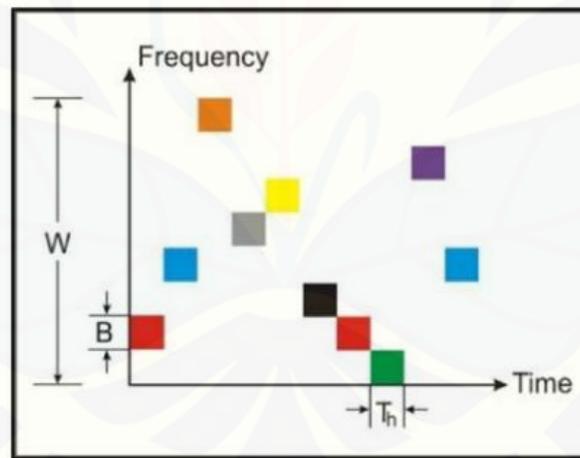
Signal *spread spectrum* digunakan untuk :

- a) Menghilangkan atau menekan efek interferensi detrimental pada *jamming*, interferensi dari user lain pada kanal dan interferensi karena *multipath propagation*. Jammer harus dihilangkan karena akan mengganggu komunikasi karena membingungkan penerima. Interferensi dari user lain terjadi karena *user* berbagi kanal *bandwidth* yang sama untuk mengirimkan berbagai informasi ke berbagai tujuan pada saat yang bersamaan.
- b) Menyembunyikan sinyal dengan mentransmisikan pada daya rendah yang tertutup oleh *noise*. Penyembunyian pesan dibalik *noise* dilakukan dengan menyebarkan *bandwidth*nya dengan *coding* dan transmitting sinyal resultan pada daya rendah. Pada keadaan ini probabilitas pendengar lain untuk mengetahui isi pesan sangat rendah, atau dikenal dengan *Low-probability-ofintercept* (LPI).
- c) Memberi pesan pribadi tanpa didengar user lain. Hal ini dilakukan dengan superimposing pola *pseudo-random* dalam pentransmisi pesan. Pesan dapat didemodulasi oleh *receiver* yang dimaksud, yang mengetahui pola *pseudo-random* atau kode yang digunakan transmitter, sedangkan *receiver* lain yang tidak mengetahui kode ini tidak dapat menerima pesan tersebut.

2.6 *Frequency Hopping Spread Spectrum*

Frequency Hopping Spread Spectrum merupakan sinyal informasi ditransmisikan yang disebar secara *random* ke beberapa frekuensi radio. Sinyal informasi tersebut dilompatkan ke dalam suatu spektrum frekuensi, dimana spektrum tersebut sudah dialokasikan menjadi beberapa *channel* yang diperuntukkan untuk *frequency hopping signal*. Lompatan sinyal informasi tersebut dapat dilakukan secara *random* ataupun menurut aturan tertentu. Formasi dari lompatan tersebut diatur berdasarkan kode tertentu, yang dinamakan *chipping code*, artinya termasuk bagian dari *encrypting signal*. Suatu spektrum

atau rentang frekuensi akan disekat atau dibagi menjadi *channel-channel* teralokasi yang akan digunakan untuk melompatkan sinyal informasi dalam FHSS. Pembagian *channel-channel* tersebut didasarkan atas interval yang besarnya tetap, sehingga sinyal informasi akan dilompatkan dari satu frekuensi ke frekuensi lainnya dengan interval frekuensi yang tetap. Jarak interval tersebut dipengaruhi lebar dari spektrum yang digunakan untuk FHSS dan juga dipengaruhi oleh besarnya suatu sinyal informasi. Lebar dari beberapa *channel* yang digunakan sebagai lompatan dalam FHSS juga akan tergantung dari besarnya *bandwidth* dan input sinyal informasi. Apabila input sinyal informasi mempunyai *bandwidth* yang besar, maka otomatis lebar dari masing-masing *channel* sebagai tempat lompatannya juga akan besar, begitu pula sebaliknya. Gambar 2.3 ilustrasi kanal frekuensi dikaitkan dengan keterangan *frequency-hopping pattern*. Interval waktu antara *hop* disebut *hop interval*. Durasinya disebut *hop duration* dan dilambangkan dengan T_h (Don Torrieri : 2005).

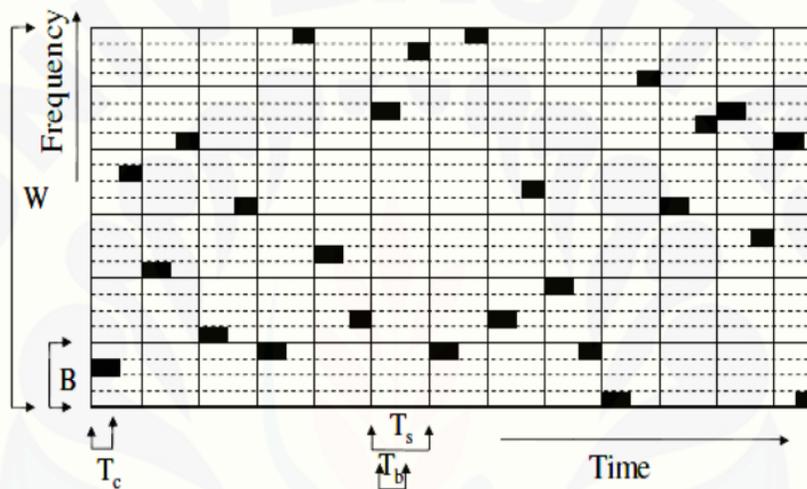


Gambar 2.3 Pola *Frequency Hopping*

(Sumber : *Principles of Spread Spectrum Communication System*, 2005)

Frekuensi hopping dapat diklasifikasikan sebagai *fast* dan *slow*. *Fast frequency hopping* (FFH) terjadi jika ada lebih dari satu *hop* untuk setiap simbol informasi. Meskipun definisi ini tidak mengacu pada *hop rate*, *Fast frequency hopping* (FFH) merupakan pilihan jika *hop rate* yang melebihi

information-symbol rate dapat diimplementasikan. Pada *Fast frequency hopping* (FFH) nilai $T_c < T_s$ yaitu frekuensi hopping terjadi lebih cepat dari modulasi. Sistem *fast* FH/MFSK berbeda dari sistem *slow* FH/MFSK bahwa ada beberapa lompatan setiap simbol M-ary. Oleh karena itu, dapat diterapkan dari *Fast frequency hopping* (FFH) yaitu $T_s = NT_c$. Gambaran dari sistem fast FHSS dengan modulasi 4-FSK ($M = 4$), 6 frekuensi lompatan ($L = 6$), dan 2 lompatan setiap simbol ($T_s = 2T_c$, $N = 2$) (Rini Nurpita Sari,dkk : 2015) .

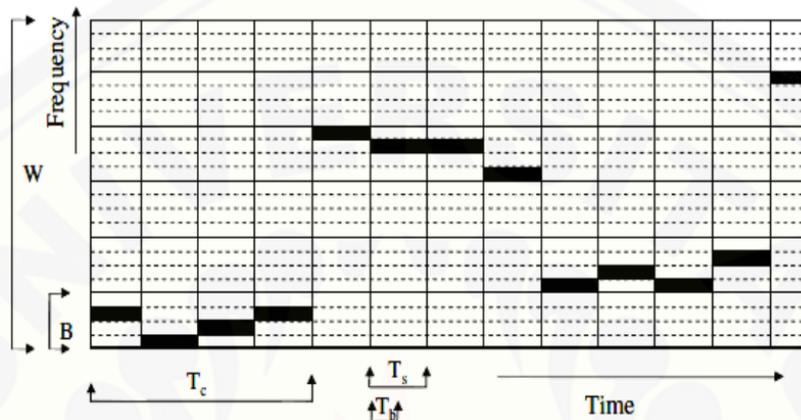


Gambar 2.4 Frekuensi plot dari *Fast Frequency Hopping*

(Sumber : Implementasi dan Evaluasi Kinerja *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS) Menggunakan WARP, 2015)

Slow frequency hopping (SFH) terjadi jika salah satu atau lebih simbol informasi yang ditransmisikan dalam interval waktu antara *hop* frekuensi. *Slow frequency hopping* (SFH) biasanya lebih baik karena gelombang yang ditransmisikan jauh lebih rapat dan *switching time* yang berlebihan bisa berkurang. Pada *Slow frequency hopping* (SFH) ini dimana $T_c > T_s$. Sinyal *slow* FH/MFSK adalah karakteristik dengan memiliki beberapa simbol transmisi setiap *hop*. Oleh karena itu, setiap simbol dari sinyal *slow* FH/MFSK adalah sebuah *chip*. Ketentuan dari *Slow frequency hopping* (SFH) adalah $T_c = NT_s$. Persyaratan orthogonalitas untuk sinyal FSK pemisahan antara *symbol* frekuensi

FSK yang berdekatan setidaknya $2\pi/T_s$. Oleh karena itu, pemisahan minimum antara frekuensi *hopping* berdekatan adalah $2\pi M/T_s$. *Slow frequency hopping* (SFH) dengan 4-FSK ($M=4$), 6 frekuensi *hop* ($L=6$), dan 4 simbol setiap lompatan ($t_c = 4T_s$, $N=4$) (Rini Nupita Sari : 2015).



Gambar 2.5 Frekuensi plot dari *Slow Frequency Hopping*

(Sumber : Implementasi dan Evaluasi Kinerja *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS) Menggunakan WARP, 2015)

Dimana :

- $T_c = \text{Hop period}$
- $T_s = \text{Symbol period}$
- $T_b = \text{Bit period}$
- $W = \text{Spread bandwidth}$
- $B = \text{Symbol bandwidth}$

2.6.1 Modulasi FHSS

Pada sistem frekuensi *hopping* ini menggunakan *Multiple Frequency Shift Keying* (MFSK) sebagai modulasi datanya. Frekuensi pembawa yang dipilih dari salah satu frekuensi q untuk setiap simbol yang ditransmisikan, dan kumpulan dari frekuensi tersebut memungkinkan perubahan frekuensi di setiap *hop*. Sistem FH/MFSK dimana keluaran *bit* dari generator kode dan input digital digabungkan untuk menentukan frekuensi yang dihasilkan oleh *synthesizer*. MFSK merupakan

fase kontinyu dari simbol ke simbol, jika tidak dapat dimodelkan sebagai variabel acak terdistribusi merata secara menyeluruh. Implementasi dari kontinuitas fase sangat dibutuhkan untuk mencegah hamburan spektral yang berlebihan di luar kanal frekuensi (Don Torrieri : 2005).

Pada implementasi standar, sub kanal q dari setiap kumpulan MFSK berdekatan, dan setiap kumpulan merupakan kanal frekuensi dalam *hopping band*. Untuk sinyal orthogonal non-koheren, pola MFSK harus benar-benar dipisahkan agar sinyal yang diterima menghasilkan respon yang dapat diabaikan di sub-kanal yang salah. Seperti yang ditunjukkan selanjutnya, pemisahan frekuensi harus $f_d = k/T_s$, di mana k adalah bilangan bulat *nonzero*, dan T_s menyatakan durasi simbol.

2.6.2 Standar Operasi FHSS

Pekerjaan dari IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) adalah menciptakan standar operasi dalam bingkai peraturan yang diciptakan oleh FCC (*Federal Communications Commission*). IEEE dan *Open Air Standar* berkenaan dengan FHSS sistem menggambarkan: (Abas Pangera : 2008)

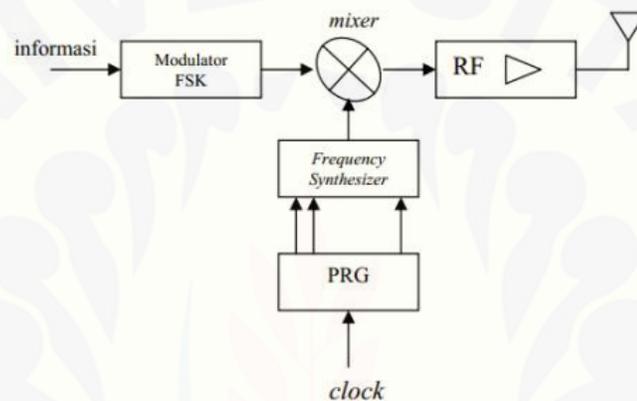
1. *Band* frekuensi mana yang harus digunakan
2. *Hop sequence*
3. *Dwell times*
4. *Data rates*

IEEE 802.11 standar menetapkan *data rate* sebesar 1 Mbps dan 2 Mbps dan *OpenAir* (suatu standar yang diciptakan oleh forum antar operasi LAN (*Local Area Network*) nirkabel yang sekarang tidak berfungsi) menetapkan *data rate* sebesar 800 kbps dan 1.6 Mbps. Agar suatu *frequency hopping* sistem berada pada 802.11 atau sesuai dengan *OpenAir*, maka ia harus beroperasi pada *band* frekuensi 2.4 GHz ISM (*Industrial, Scientific, and Medical*) (yang didefinisikan oleh FCC berada pada kisaran dari 2.4000 GHz sampai 2.5000 GHz). Kedua

standar ini memungkinkan operasi pada kisaran frekuensi 2.4000 GHz sampai 2.4833 GHz.

2.6.3 Rangkaian Pengirim FHSS

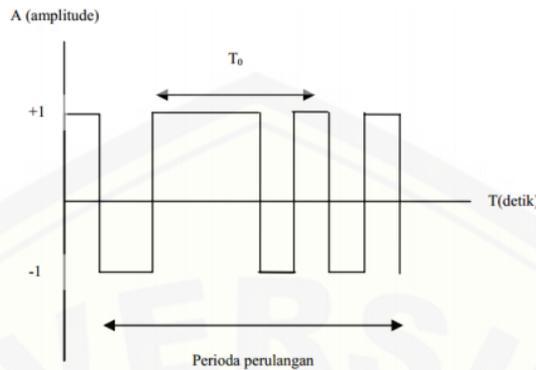
Rangkaian pengirim *Frequency Hopping* terdiri dari modulator FSK (*Frequency Shift Keying*). *Pseudo Random Generator* (PRG), pensintesis frekuensi dan *mixer* seperti terlihat pada Gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.6 Rangkaian pengirim *Frequency Hopping*

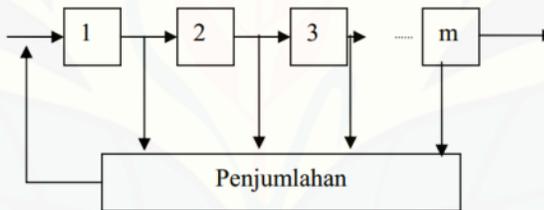
(Sumber : *Wireless Communication and Network* , 2005)

Proses *spreading* pada sistem *spread spectrum* dapat terjadi karena sinyal informasi dimodulasi oleh sinyal *pseudo random*. *Pseudo random* (PRG) berfungsi untuk menebarkan sinyal informasi secara langsung ke *bandwidth* frekuensi yang lebih lebar dari *bandwidth* frekuensi sinyal informasi aslinya. Sinyal PRG merupakan deretan sinyal biner 0 dan 1 yang mempunyai pola acak dan berulang setiap periode. Satu sinyal biner pada deretan *pseudo noise* disebut dengan *chip* dan lebarnya disebut *time chip* (T_c) seperti pada Gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Sinyal *Pseudonoise* dan *Pseudorandom*

Pembangkit sinyal PRG disusun dari beberapa *shift register*. Jaringan umpan balik dari sumber *clock* pada susunan *shift register* tersebut diambil salah satu atau beberapa *output*-nya untuk diumpanbalikkan ke input *shift register* tahap pertama. Bentuk umpan balik dapat sedemikian rupa sehingga menghasilkan kode-kode tertentu. Jaringan umpan balik *output* berupa fungsi penjumlahan pada Gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8 Diagram blok penyusunan sinyal PRG

Deretan panjang maksimal (*m-Sequence* atau *maximally length sequence*) didefinisikan sebagai deretan dengan periode terpanjang yang dapat dibangkitkan oleh PRG. Panjang maksimal suatu deretan (dalam satuan chip) adalah

$$N = 2^{m-1} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana : m = jumlah shift register

N = panjang deretan

Maksimal tidaknya suatu deretan kode ditentukan oleh kombinasi umpan balik yang dapat menghasilkan panjang kode maksimal dapat dilakukan dengan

representasi fungsi polinomial. Bentuk umum fungsi polinomial $f(x)$ dapat dilihat sebagai berikut :

$$f(x) = x^n + a_{n-1}x^{n-1} + \dots + a_1x + 1 \dots\dots\dots (2.2)$$

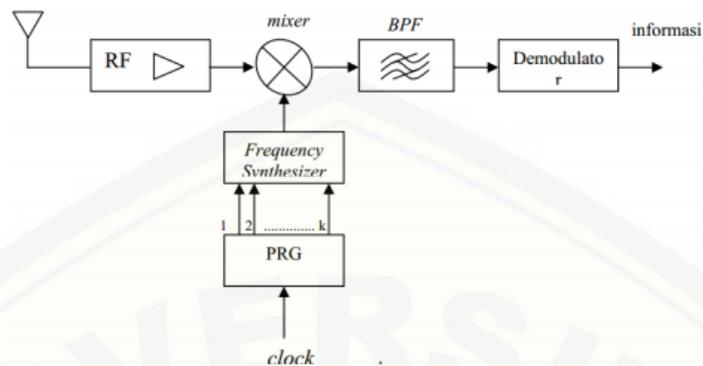
Suatu PRG akan menghasilkan deretan panjang polinomial jika $f(x)$ nya *irreducible*, fungsi polinomial dikatakan *irreducible* jika koefisien a_n berharga satu.

Pensintesa *frequency hopping* yang dikendalikan oleh PRG, yang identik dengan PRG di pengirim. Sehingga pensintesa frekuensi dapat membangkitkan replika sinyal penebar seperti pada rangkaian pengirim. Replika sinyal penebar ini digunakan untuk proses *despreading* untuk menghasilkan sinyal FSK yang dikirimkan, proses *despreading* dilakukan secara korelasi antara replika sinyal penebar dengan sinyal *frequency hopping spread spectrum* yang datang (proses korelasi ini dilakukan pada rangkaian *mixer*).

Mixer digunakan untuk mencampurkan (dalam arti memodulasikan) sinyal FSK pada sinyal penebar, sehingga sinyal informasi dapat ditebarkan pada bidang frekuensi yang lebih tinggi (f_1 s/d f_n) untuk menghasilkan sinyal FHSS. Prinsip kerja *mixer* adalah perkalian antara dua sinyal masukan, yaitu sinyal FSK $S(t)$ dengan sinyal penebar $hT(t)$, sehingga dihasilkan sinyal keluaran yang memiliki frekuensi selisih (LSB = *lower side band*) dan frekuensi jumlah (USB = *upper side band*), bila dilewatkan pada SBF (*side band filter*) akan diperoleh salah satu *side band* (dalam hal ini USB) sebagai sinyal FHSS.

2.6.4 Rangkaian Penerima FHSS

Rangkaian penerima *frequency hopping* terdiri dari generator kode PN, pesintesa frekuensi, *mixer*, BPF (*band pass filter*) dan demodulator FSK seperti terlihat pada Gambar 2.9. Pensintesa frekuensi dan generator kode PN identik seperti yang terdapat pada rangkaian pengirim *frequency hopping*.



Gambar 2.9 Rangkaian penerima FHSS

(Sumber : *Wireless Communication and Network* , 2005)

Pensintesa *frequency hopping* yang dikendalikan oleh generator kode PN, yang identik dengan generator kode PN di pengirim. Sehingga pensintesa frekuensi dapat membangkitkan replika sinyal penegar seperti pada rangkaian pengirim. Replika sinyal penegar ini digunakan untuk proses *despreading* untuk menghasilkan sinyal FSK yang dikirimkan, proses *dispreading* dilakukan secara korelasi antara replika sinyal penegar dengan sinyal *frequency hopping spread spectrum* yang datang (proses korelasi ini dilakukan pada rangkaian *mixer*). Keluaran rangkaian *mixer* adalah sinyal pada frekuensi IF (*intermodulated frequency*) yang mengandung sinyal FSK, selanjutnya sinyal FSK akan diambil kembali (demodulasi) dengan rangkaian demodulator FSK sehingga diperoleh kembali sinyal informasi semula. Salah satu keuntungan *frequency hopping* adalah PRG dapat mempunyai *rate* (kecepatan) lebih rendah. Rate maksimum PRG di pengirim dan penerima *frequency hopping* ditentukan oleh kecepatan *switching* (perpindahan dari satu frekuensi ke frekuensi yang lain) dari pensintesa frekuensi yang digunakan berkisar ratusan bps.

2.7 Teori Asam Basa

Asam secara umum merupakan senyawa kimia yang bila dilarutkan dalam air akan menghasilkan larutan dengan pH lebih kecil dari 7. Asam dinyatakan sebagai

suatu senyawa yang bila dilarutkan dalam air akan berdisosiasi dengan menghasilkan ion hidrogen $[H^+]$ atau ion hidronium $[H_3O^+]$ sebagai satu-satunya ion positif. Salah satu contoh larutan asam adalah CH_3COOH . CH_3COOH adalah suatu asam karena didalam larutannya dapat melepas ion hidrogen $[H^+]$ menurut reaksi : (Achmad Dwiana Chandra, 2012)



Definisi umum dari basa adalah senyawa kimia yang menyerap ion *hydronium* ketika dilarutkan dalam air. Istilah basa ditujukan untuk unsur atau senyawa kimia yang memiliki pH lebih dari 7. NaOH merupakan salah satu senyawa basa. NaOH didalam air dapat melepas ion hidroksil (OH^-) menurut reaksi :



2.7.1 Teori pH

Konsep eksponen ion hidrogen (pH) diperkenalkan oleh Sorrensen (1909) dengan tujuan untuk menghindari kerumitan penulisan angka dengan faktor 10 berpangkat negatif. Definisi dari konsep pH tersebut seperti pada persamaan dibawah ini :

$$pH = - \log [H^+] \dots\dots\dots (2.5)$$

Berdasarkan persamaan maka nilai pH sama dengan negatif logaritma dari ion hidrogen atau logaritma dari kebalikan konsentrasi ion hidrogen. Hal tersebut memudahkan sekali untuk menulis tingkat asam atau basa suatu larutan dengan pHnya. pH larutan bernilai 0–14. Dalam 1 molar larutan asam kuat berbasa satu, pH larutannya adalah 0 sedangkan 1 molar larutan basa kuat monovalen memiliki pH 14. Sebagian teori yang dipaparkan dalam sub bab 2A dan 2B disadur dari buku Kimia Dasar Jilid 2 karangan Raymond Chang tahun 2005.

2.7.2 Derajat Keasaman Terhadap Pertumbuhan Ikan

Menurut literatur yang didapat berikut ini pengaruh pH terhadap reproduksi ikan :

Tabel 2.2 Pengaruh perubahan pH terhadap ikan

Kisaran pH	Pengaruh terhadap ikan
4.0 – 5.0	Tidak ada reproduksi
5.0 – 6.9	Pertumbuhan lambat
7 – 8.5.	Baik untuk reproduksi
> 8.5	Tingkat alkalis mematikan

Sumber : Afrianto dan Liviawati (2012)

2.8 Sensor pH

pH adalah suatu satuan ukur yang menguraikan derajat tingkat kadar keasaman atau kadar alkali dari suatu larutan. Unit pH diukur pada skala 0 sampai 14. Istilah pH berasal dari “p” lambang matematika dari negatif logaritma, dan “H” lambang kimia untuk unsur Hidrogen. Definisi yang formal tentang pH adalah negatif logaritma dari aktivitas ion Hidrogen.

pH dibentuk dari informasi kuantitatif yang dinyatakan oleh tingkat keasaman atau basa yang berkaitan dengan aktivitas ion Hidrogen. Jika konsentrasi $[H^+]$ lebih besar daripada $[OH^-]$, maka material tersebut bersifat asam, yaitu nilai pH kurang dari 7. Jika konsentrasi $[OH^-]$ lebih besar daripada $[H^+]$, maka material tersebut bersifat basa, yaitu dengan nilai pH lebih dari 7 (Purba, 1995).

Pada prinsipnya pengukuran suatu pH adalah didasarkan pada potensial elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat didalam elektroda gelas (membrane gelas) yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat diluar elektroda gelas yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hidrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif, elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektrokimia dari ion hidrogen atau

diistilahkan dengan potential of hidrogen. Untuk melengkapi sirkuit elektrik dibutuhkan suatu elektroda pembanding. Sebagai catatan, alat tersebut tidak mengukur arus tetapi hanya mengukur tegangan.

pH circuit adalah sistem monitoring pH yang tersusun sangat rapat yang cocok dengan setiap papan rangkaian. Konfigurasi Desain ini memungkinkan pengguna untuk secara akurat memantau pH tanpa harus menambahkan sirkuit atau komponen tambahan ke dalam sistem. Komunikasi dengan pH circuit dilakukan dengan menggunakan hanya 11 perintah sederhana. pH circuit menyediakan tingkat keakuratan pembacaan yang bermutu untuk setiap sistem yang memiliki koneksi interface serial asynchronous (kisaran tegangan 0 - VCC , tidak +/- 12 volt). Gambar 2.10 menunjukkan contoh bentuk sensor pH.



Gambar 2.10 Sensor pH

(Sumber : <http://dfrobot.com/wiki/index.php?title=File:DSC0018.JPG>)

2.9 Arduino Uno

Arduino didefinisikan sebagai sebuah *platform* elektronik yang *open source*, berbasis pada *software* dan *hardware* yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk seniman, desainer, hobbies dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan yang interaktif (Dian Artanto, 2012).

Arduino sebagai sebuah *platform* komputasi fisik (*Physical Computing*) yang *open source* pada *board input output* sederhana, yang dimaksud dengan *platform* komputasi fisik disini adalah sebuah sistem fisik hyang interaktif dengan penggunaan

software dan *hardware* yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi. Kelebihan arduino dari *platform hardware* mikrokontroler lain adalah:

1. IDE Arduino merupakan *multiplatform*, yang dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, seperti Windows, Macintosh dan Linux.
2. IDE Arduino dibuat berdasarkan pada IDE *processing*, yang sederhana sehingga mudah digunakan.
3. Pemrograman arduino menggunakan kabel yang terhubung dengan *port* USB, bukan *port serial*. Fitur ini berguna karena banyak komputer yang sekarang ini tidak memiliki *port serial*.
4. Arduino adalah *hardware* dan *software open source* pembaca bisa *download software* dan gambar rangkaian arduino tanpa harus membayar ke pembuat arduino.
5. Biaya *hardware* cukup murah, sehingga tidak terlalu menakutkan untuk membuat kesalahan.
6. Proyek arduino ini dikembangkan dalam lingkungan pendidikan sehingga bagi pemula akan lebih cepat dan mudah mempelajarinya.
7. Memiliki begitu banyak pengguna dan komunitas di internet dapat membantu setiap kesulitan yang dihadapi.

Board Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler yang berukuran kecil atau dapat diartikan juga dengan suatu rangkaian berukuran kecil yang didalamnya terdapat komputer berbentuk suatu *chip* yang kecil.



Gambar 2.11 *Board* Arduino Uno

(Sumber : <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>)

Pada *hardware* arduino terdiri dari 20 pin yang meliputi:

- a. 14 pin IO digital (pin 0–13)

Sejumlah pin digital dengan nomor 0–13 yang dapat dijadikan *input* atau *output* yang diatur dengan cara membuat program IDE.

- b. 6 pin *input* analog (pin 0–5)

Sejumlah pin analog bernomor 0–5 yang dapat digunakan untuk membaca nilai *input* yang memiliki nilai analog dan mengubahnya ke dalam angka antara 0 dan 1023.

- c. 6 pin *output* analog (pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11)

Sejumlah pin yang sebenarnya merupakan pin digital tetapi sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin *output* analog dengan cara membuat programnya pada IDE.

Tabel 2.3 Deskripsi *Arduino Uno*(Sumber :<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>)

<i>Microcontroller</i>	ATmega328
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limits)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	2 KB (ATmega328)
<i>EEPROM</i>	1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>Length</i>	68.6 mm
<i>Width</i>	53.4 mm
<i>Weight</i>	25 g

2.10 Modul FPV Radio Telemetry Kit 915MHz



Gambar 2.12 Modul FPV Radio Telemetry Kit 915MHz

Modul FPV Radio Telemetry Kit merupakan modul RF yang biasa digunakan untuk aplikasi telemetri. Modul ini merupakan produksi dari 3DR, dimana produk ini dirancang sebagai *open source* xbee pengganti radio set. Perangkat ini ditawarkan dengan harga yang lebih rendah, jangkauannya yang lebih panjang dan kinerja lebih unggul untuk xbee radio. Perangkat ini membutuhkan tegangan sebesar 5 volt dan sudah dilengkapi dengan TTL serial atau FTDI USB serial. Spesifikasi lebih lengkapnya dapat dilihat sebagai berikut :

- a. Ukuran kecil dan ringan
- b. Tersedia dalam varian 915MHz
- c. Sensitivitas *Receiver* ke -121 dBm
- d. Mengirimkan tenaga hingga 20dBm (100mW)
- e. Kecepatan data diudara hingga 250 kbps
- f. Protokol MAVLink *framing* dan status pelaporan
- g. *Frekuensi hopping spread spectrum* (FHSS)
- h. Waktu *Adaptive division multiplexing* (TDM)
- i. Dukungan untuk LBT dan AFA
- j. Siklus Dikonfigurasi
- k. Dibangun pada kesalahan kode koreksi (dapat memperbaiki hingga 25% kesalahan data bit)

- l. Menunjukkan rentang beberapa kilometer dengan antena omni kecil
- m. Dapat digunakan dengan penguat *bi-directional* untuk lebih rentang
- n. Sumber *firmware* terbuka
- o. AT perintah untuk konfigurasi radio
- p. RT perintah untuk konfigurasi radio jarak jauh
- q. Kontrol aliran adaptif bila digunakan dengan APM
- r. Berat modul *transmitter* 4.6 g dan *receiver* 16.8 g (termasuk kabel dan antenna.

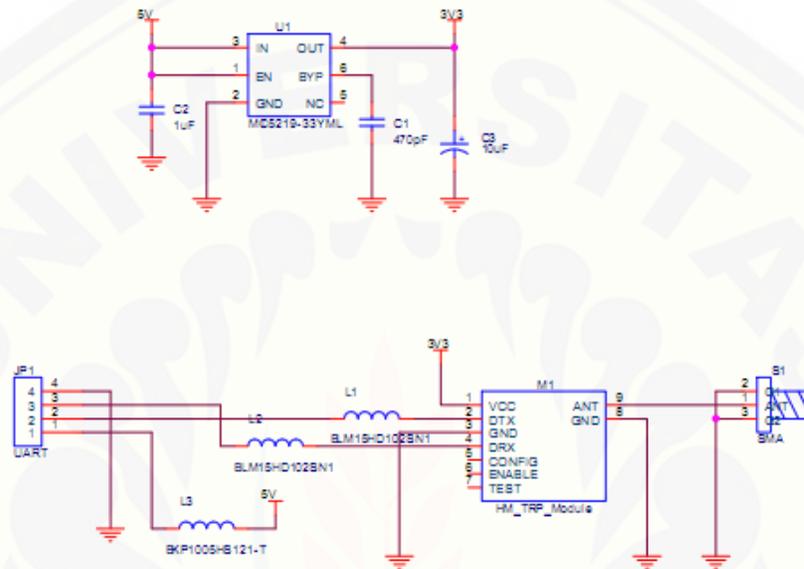
Dari keterangan spesifikasi diatas dapat dijelaskan bahwa modul *wireless* FPV radio *telemetry* kit 915MHz ini bekerja pada frekuensi 915MHz. Kepekaan *wireless* penerima dalam menerima data yaitu -121dBm. *Wireless* pengirim data (*transmitter*) memancarkan daya sebesar 20dBm atau 100mW. Kecepatan pengiriman data di udara hingga 250 kb *per second*. Mode komunikasi yang digunakan yaitu *half duplex*. Protokol MAVLink (*Micro Air Vehicle Link*) merupakan protokol yang biasa digunakan untuk komunikasi data kapal tanpa awak. Modulasi data yang digunakan alat ini yaitu menggunakan modulasi FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) yang mana pengertiannya telah dijelaskan pada subbab 2.6. Dengan menggunakan teknologi FHSS ini maka pengaruh *fading* dan *multipath* dapat diminimalisir karena pada FHSS memiliki PN yang bersifat autokorelasi.

Adaptive Frequency Agility (AFA) adalah teknik yang digunakan oleh pemancar radio untuk menghindari penularan di saluran yang sudah diduduki. Radio pemancar berkala memonitor lingkungan radio dan catatan saluran lokal yang diduduki. Berdasarkan informasi ini pemancar memilih frekuensi operasi yang belum digunakan untuk menghindari gangguan.

AFA dapat sangat berguna jika pita frekuensi dibagi di antara sekelompok besar pengguna atau jika *band* harus dibagi dengan layanan lain yang memiliki prioritas yang lebih tinggi dan karena itu tidak dapat terhambat. AFA biasanya dikombinasikan dengan *Listen Before Talk* (LBT), yang berarti bahwa pemancar

mendengarkan radio lingkungan sebelum transmisi mulai pastikan untuk beroperasi di saluran gratis.

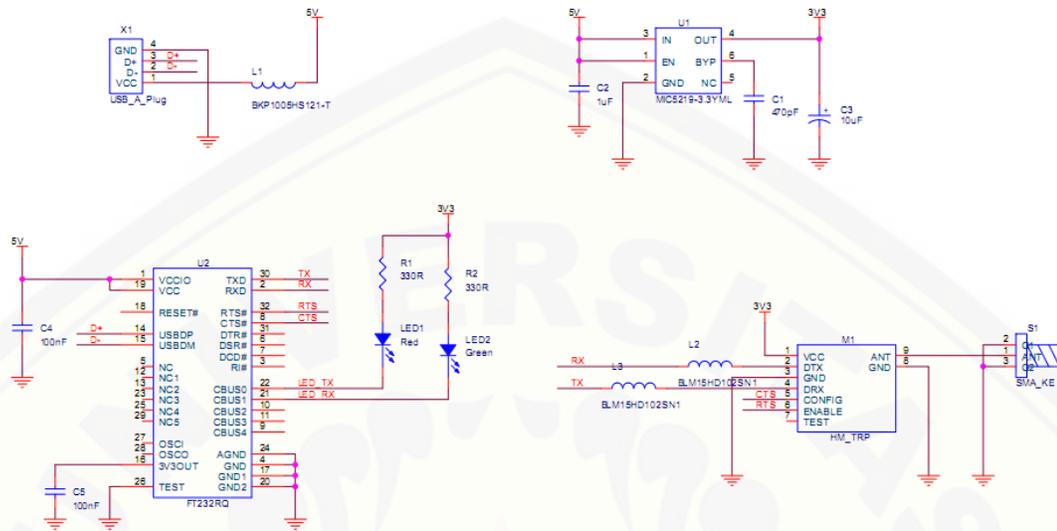
2.10.1 Rangkaian *Transmitter*



Gambar 2.13 Rangkaian *transmitter*

(Sumber : PDF RCTIMER Radio- *Air Modul*, 2012)

2.10.2 Rangkaian Receiver



Gambar 2.14 Rangkaian receiver

(Sumber : PDF RCTIMER Radio- Ground Modul, 2012)

2.11 Packet Loss

Packet Loss, merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan dan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena *retransmisi* akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah *bandwidth* cukup tersedia untuk aplikasi-aplikasi tersebut. Umumnya perangkat jaringan memiliki *buffer* untuk menampung data yang diterima. Jika terjadi kongesti yang cukup lama, *buffer* akan penuh, dan data baru tidak akan diterima.

Beberapa penyebab terjadinya *packet loss* yaitu:

1. Congestion, disebabkan terjadinya antrian yang berlebihan dalam jaringan
2. Node yang bekerja melebihi kapasitas *buffer*
3. Memory yang terbatas pada node
4. *Policing* atau kontrol terhadap jaringan untuk memastikan bahwa jumlah trafik yang mengalir sesuai dengan besarnya *bandwidth*. Jika besarnya trafik

yang mengalir didalam jaringan melebihi dari kapasitas *bandwidth* yang ada maka *policing control* akan membuang kelebihan trafik yang ada.

5. Derau atau yang biasa disebut *noise* adalah suatu sinyal gangguan yang bersifat akustik(suara), elektris, maupun elektronis yang hadir dalam suatu sistem (rangkaiian listrik/ elektronika) dalam bentuk gangguan yang bukan merupakan sinyal yang diinginkan.

Sumber derau dapat dikelompokkan dalam tiga kategori:

1. Sumber derau *intrinsic* yang muncul dari fluktuasi acak di dalam suatu sistemfisik seperti *thermal* dan *shot noise*.
2. Sumber derau buatan manusia seperti motor, *switch*, elektronika digital.
3. Derau karena gangguan alamiah seperti petir dan bintik matahari.

Perhitungan *packet los* dilakukan dengan cara membandingkan data yang dikirim oleh komputer di kurangi data yang diterima oleh komputer, kemudian dihitung persentase data yang hilang, dapat dihitung dengan rumus : (Rahmad Saleh Lubis dan Maksum Pinem, 2014)

$$Packet\ loss\ \% = \frac{|DT-DD|}{DT} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : DT = *Packet Data* Dikirim

DD = *Packet Data* Diterima

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini dijelaskan beberapa hal pokok yaitu parameter atau obyek penelitian, cara pengamatan variabel atau parameter, tempat dan waktu penelitian, langkah-langkah dalam pengumpulan data dan manajemen penelitian di lapangan, pengolahan data serta analisis data yang dipakai. Semuanya dijelaskan secara cermat dan jelas. Adapun uraian dari metode penelitian studi analisis ini sebagai berikut:

3.1 Waktu dan Tempat

Waktu penelitian dilaksanakan selama lima bulan, mulai bulan Maret 2015 sampai bulan Juli 2015.

3.1 Tabel rencana kegiatan tugas akhir

No	Rencana Kegiatan	Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pembuatan Proposal	■	■	■	■																
2	Studi Pustaka	■	■	■	■																
3	Seminar			■	■																
4	Pembuatan Alat					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
5	Pengujian Hasil											■	■	■	■	■	■				

3.2.2 FPV Radio Telemetry Kit 915MHz



Gambar 3.2 Modul *wireless* FPV radio telemetri kit 915MHz

Modul *wireless* FPV radio telemetri ini nantinya berperan sebagai pengirim dan penerima data berbasis *wireless*. Pada modul telemetri ini sudah terdapat dua alat, modul pertama berperan sebagai *transmitter* atau pengirim data sedangkan modul kedua sebagai *receiver* atau penerima data. Alat ini juga telah menggunakan modulasi *Frequency Hopping Spread Spectrum*.

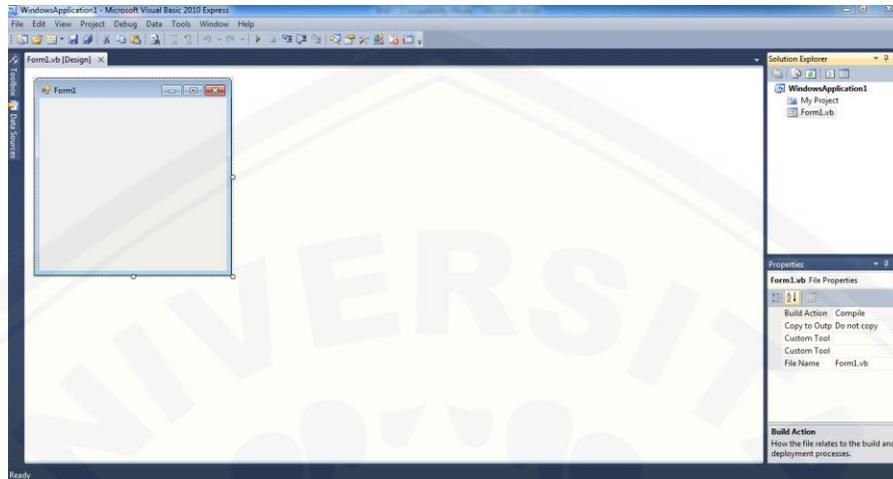
3.2.3 Sensor pH

Sensor pH ini nantinya sebagai pendeteksi kadar pH pada air kolam pembenihan ikan lele. Secara fisik, sensor ini terdiri dari LED sebagai power indikator, konektor BNC dan *interface* sensor pH. Untuk menggunakannya cukup hubungkan sensor pH ini dengan sistem minimum menggunakan kabel jumper.



Gambar 3.3 Sensor analog pH meter

3.2.4 Software Visual Basic



Gambar 3.4 Tampilan awal *Visual Basic* 2010

Tampilan awal dari software *visual basic* 2010 dapat dilihat pada gambar 3.4. Pada tampilan awal tersedia beberapa *palette window* yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi.



Gambar 3.5 Tampilan awal *user interface* menggunakan *Visual Basic* 2010

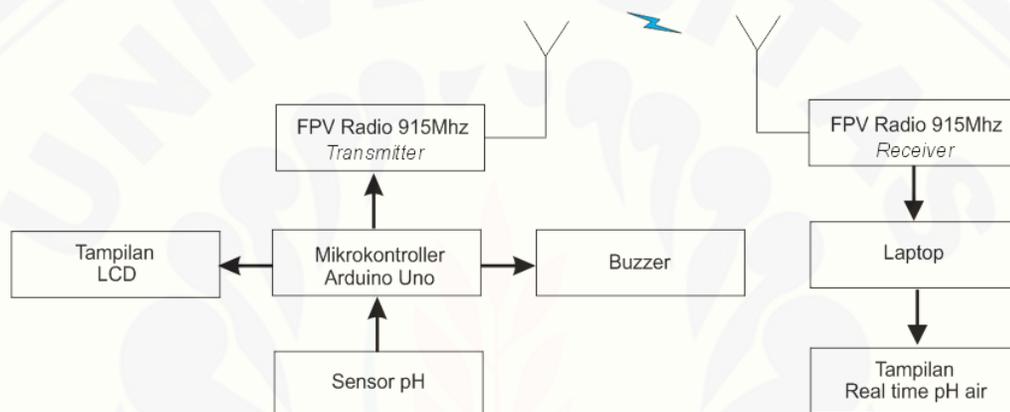
Tampilan *user interface* yang digunakan untuk menampilkan data pH air pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.5. Data akan ditampilkan dan digambarkan dalam bentuk grafik. Terdapat beberapa menu dalam tampilan ini antara lain *connect*,

disconnect, menu pemilihan *com port*, pemilihan *baud rate* dan menu pengaturan pengambilan sampling data.

3.3 Diagram Perencanaan Alat

3.3.1 Blok Diagram Alat

Gambar 3.6 merupakan gambar diagram blok dari alat yang akan dibuat :



Gambar 3.6 Diagram blok sistem

Fungsi dari masing-masing bagian adalah sebagai berikut:

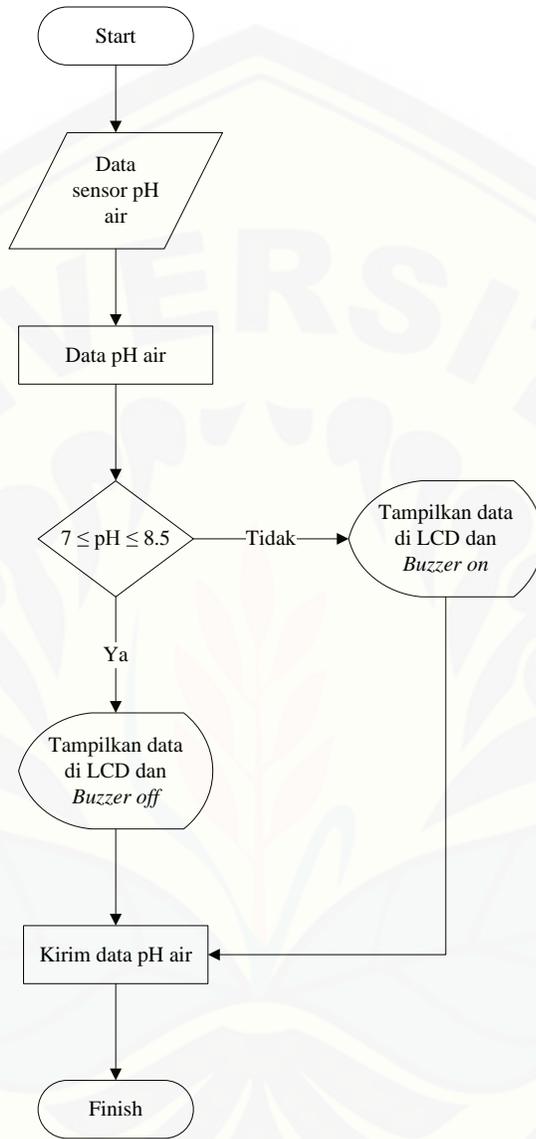
- Sensor pH akan mendeteksi tingkat kandungan hidrogen pada air kolam.
- Mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai pemroses pengubah nilai tegangan yang diberikan oleh sensor pH menjadi data berupa nilai pH.
- LCD berperan untuk menampilkan nilai pH pada bagian pengirim data pH.
- FPV Radio 915Mhz *Transmitter* digunakan untuk mentransmisikan data dari mikrokontroler ke komputer.
- Buzzer* sebagai indikator jika nilai pH lebih dari parameter yang telah ditentukan.
- FPV Radio 915Mhz *Receiver* digunakan untuk menerima data dari *wireless transmitter*.
- Laptop berfungsi untuk memproses data digital yang diterima dari mikrokontroler.

- h. *Software visual basic* sebagai penampil data digital yang akan dikonversikan kedalam grafik secara *realtime*.

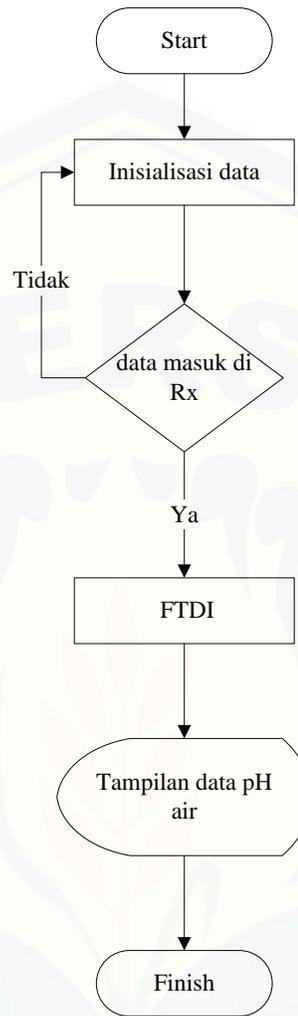
Gambar 3.6 blok diagram alat ukur pH air berbasis telemetri tersebut menjelaskan tentang bagian-bagian dari rangkaian yang tersusun menjadi satu sistem alat. Mikrokontroler Arduino Uno menjadi pusat pengontrol, artinya mikrokontroler tersebut menjadi otak dari kinerja sistem ini. Mikrokontroler Arduino Uno membutuhkan tegangan sumber 5 volt, hal tersebut diperoleh dari rangkaian *power supply*. *Power supply* ini juga digunakan sebagai catu daya led indikator, wireless FPV radio 915MHz dan sensor.

Bagian input pada blok diagram terdiri dari sensor pH. Bagian *output* pada blok diagram di atas yaitu nilai pH air yang ditampilkan pada laptop menggunakan *software visual basic*. Untuk memprogram Arduino Uno menggunakan *software* Arduino.

3.3.2 Flow Chart sistem



a. (Tx)



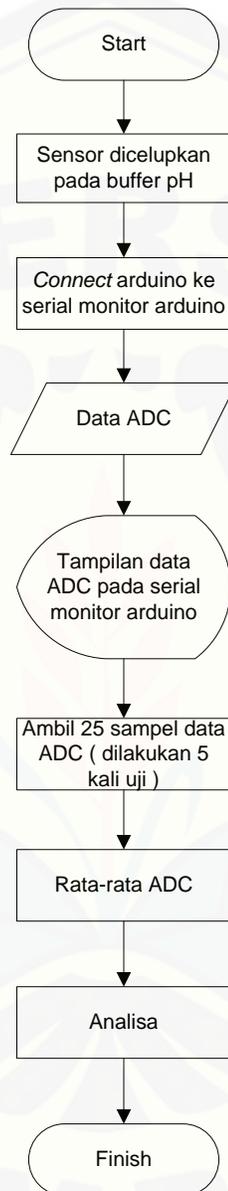
b. (Rx)

Gambar 3.7 *Flow Chart* sistem (a) Unit pengirim Tx (b) Unit penerima Rx

Gambar 3.7 merupakan gambaran langkah-langkah alat tersebut mengukur pH air pada kolam pembenihan ikan lele yang menggunakan sistem telemetri. Hasil data yang ditangkap oleh sensor dapat ditampilkan pada laptop secara telemetri atau menggunakan sistem *wireless*.

3.4 Flow Chart pengujian sensor pH

3.4.1 Pengujian ADC sensor pH

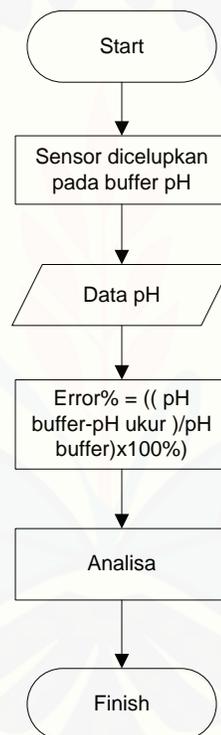


Gambar 3.8 Pengujian ADC sensor pH

Pengujian ADC sensor dilakukan untuk mengetahui karakteristik ADC sensor terhadap pembacaan *buffer* pH. ADC sensor ini nantinya juga digunakan untuk menentukan pembacaan nilai pH yang digunakan. Pada gambar 3.8 dapat diketahui

proses pengujian karakteristik ADC sensor pH. Langkah awal yang dilakukan yaitu sensor pH dicelupkan pada *buffer* pH yang digunakan, kemudian mengkoneksikan arduino dengan *serial monitor* pada *software* arduino. Data ADC yang ditampilkan pada *serial monitor* arduino tersebut kemudian diambil 25 sampel data yang nantinya akan dirata-rata nilai ADC-nya. Pengambilan sampel data dilakukan sebanyak lima kali pengujian. Setelah mendapatkan rata-rata ADC-nya, selanjutnya dilakukan proses analisa data untuk mengetahui karakteristik ADC sensor tersebut.

3.4.2 Pengujian keakuratan pembacaan sensor pH

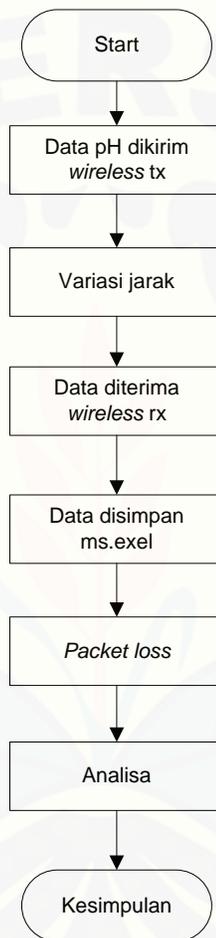


Gambar 3.9 Pengujian keakuratan sensor pH

Pengujian keakuratan pembacaan sensor pH dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat alat yang telah dibuat dalam hal pembacaan nilai pH. Dari gambar 3.9 dapat diketahui proses dalam pengujian tersebut. Langkah awal yang digunakan yaitu sensor dicelupkan pada *buffer* pH, kemudian data pH akan ditampilkan pada LCD ataupun aplikasi *visual basic* yang telah dibuat. Data yang disimpan pada mc.

Excel digunakan untuk membandingkan nilai pembacaan sensor dengan *buffer* pH yang digunakan. Setelah itu dihitung nilai *error* persennya dan dilakukan analisa data.

3.5 Flow Chart pengujian *wireless*

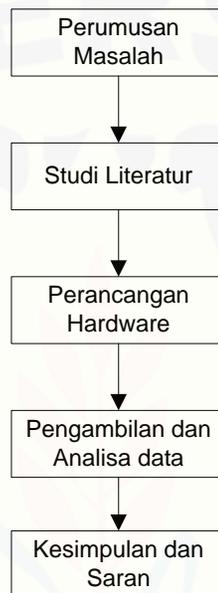


Gambar 3.10 Pengujian *wireless*

Pengujian *wireless* dilakukan untuk mengetahui ketahanan *wireless* terhadap *noise* dalam kondisi *obstacle* maupun *loss space*. Pada gambar 3.10 dapat diketahui tahapan-tahapan dalam menguji *wireless*. Langkah awal yaitu *wireless tx* (pengirim) mengirimkan data pH, dalam pengirimannya dilakukan dengan cara mengubah variasi jarak pengirimannya. Setelah data diterima *wireless rx* (penerima), kemudian

didapatkan data yang sudah disimpan dalam excel yang nantinya digunakan untuk menghitung *packet loss*. Setelah data didapatkan kemudian dilanjutkan tahapan analisa data.

3.6 Tahapan Penelitian



Gambar 3.11 Tahapan penelitian

Tahapan penelitian merupakan langkah dalam penelitian ini. Pada gambar 3.11 dapat diketahui tahapan-tahapan dari penelitian ini. Langkah pertama yaitu dibuat perumusan masalah, dilanjutkan membuat studi literatur, perancangan *hardware* dan analisa data. Langkah terakhir yaitu membuat kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembahasan ini, dijelaskan mengenai hasil dari penelitian dan pengujian yang sesuai dengan parameter – parameter yang telah ditentukan. Dimulai dengan pengujian sensor, pengujian *wireless*, pengujian pengiriman data. Pengujian *wireless* ini dilakukan untuk mengetahui kualitas pengiriman data yang dikirim maupun yang diterima. Pengujian jarak pengiriman data menggunakan *wireless* juga diperlukan untuk mengetahui jarak maksimum yang dapat dijangkau untuk pengiriman data. Sehingga diperoleh berapa jumlah pengiriman yang sesuai agar data dapat terkirim dengan baik. Selain itu pengujian kepekaan sensor pH dilakukan untuk mengetahui nilai pH yang dibaca oleh sensor tersebut. Setelah itu data ditampilkan *software* Visual Basic secara *real time* dalam bentuk grafik. *Prototype* alat pH air ini nantinya hanya digunakan pada kolam ikan yang berukuran 2m x 2m.

4.1 Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH bertujuan untuk mengetahui karakteristik sensor pH terhadap nilai ADC yang dapat dilihat melalui *serial monitor software* arduino. Nilai ADC ini nantinya digunakan sebagai referensi untuk melakukan kalibrasi. Pada pengujian ini menggunakan *buffer* pH 4, 7 dan 10. Suhu pada saat pengujian yaitu 29⁰C. *List* programnya seperti dibawah ini :

```
void setup() {  
  Serial.begin(57600)  
}  
void loop() {
```

```

Serial.println(analogRead(0));
delay(1000);
}

```

Pada pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan *buffer* pH 4. Untuk hasil pengujian ADC menggunakan *buffer* pH 4 ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengujian ADC menggunakan *buffer* pH 4

No	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4	ADC 5
1	253	252	254	252	252
2	251	249	253	253	250
3	251	249	253	253	251
4	251	249	253	253	250
5	250	249	253	253	251
6	251	251	253	253	249
7	251	250	252	252	250
8	251	249	252	253	251
9	252	250	253	253	250
10	251	249	253	253	250
11	250	249	253	253	250
12	251	249	253	253	251
13	252	250	253	252	252
14	252	249	253	253	250
15	252	250	253	252	252
16	252	250	253	253	251
17	252	251	253	252	252
18	252	250	252	253	251
19	253	251	251	252	253
20	252	251	254	250	251
21	252	251	253	251	251
22	251	251	251	251	252
23	252	251	252	251	252
24	253	251	252	251	251
25	252	251	252	252	252
Rata-rata	251.6	250.08	252.68	252.28	251

Berdasarkan tabel 4.1 diatas diambil sampel sebanyak 25 data. Kolom ADC 1, ADC 2, ADC 3, ADC 4 dan ADC 5 merupakan jumlah pengujian yang telah dilakukan. Pada ADC 1 didapatkan nilai rata-rata sebesar 251.6, untuk ADC 2 didapatkan nilai rata-rata 250.8, untuk ADC 3 didapatkan nilai rata-rata 252.68, untuk ADC 4 didapatkan nilai rata-rata 252.28, dan untuk ADC 5 didapatkan nilai rata-rata 251.

Pada pengujian selanjutnya dilakukan pengujian menggunakan *buffer* pH 7. Hasil pengujian ADC menggunakan *buffer* pH 7 dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini :



Tabel 4.2 Pengujian ADC menggunakan *buffer* pH 7

No	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4	ADC 5
1	399	396	394	394	394
2	399	391	393	393	392
3	398	394	393	393	392
4	398	394	393	393	392
5	398	394	392	393	392
6	398	393	394	393	392
7	398	394	393	392	392
8	398	394	394	393	392
9	397	394	393	392	393
10	397	394	392	392	392
11	388	393	391	392	392
12	397	393	392	392	392
13	397	393	393	392	392
14	397	393	393	393	392
15	396	393	393	388	392
16	397	393	393	392	393
17	396	390	393	392	392
18	396	393	393	392	392
19	396	392	393	392	392
20	396	392	392	392	391
21	396	392	391	392	392
22	395	392	392	392	392
23	395	392	392	392	392
24	394	392	392	392	392
25	395	392	392	392	392
Rata-rata	396.44	392.92	392.64	392.2	392.12

Pada pengujian menggunakan *buffer* pH 7 seperti pada tabel 4.2 langkah yang dilakukan sama dengan pada pengujian sebelumnya. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan mengambil 25 sampel tiap pengujian. Dari hasil data tersebut dapat diketahui rata-rata ADC 1 sebesar 396.44, untuk rata-rata ADC 2 yang didapat sebesar 392.92, untuk ADC 3 rata-rata yang didapat sebesar 392.64, untuk ADC 4 rata-rata yang didapat sebesar 392.2, dan untuk ADC 5 rata-rata yang didapat sebesar 392.12.

Pengujian selanjutnya menggunakan *buffer* pH 10. Untuk hasil pengujian ADC menggunakan *buffer* pH 10 dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini :

Tabel 4.3 Pengujian ADC menggunakan *buffer* pH 10

No	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4	ADC 5
1	536	535	542	539	540
2	536	534	540	538	538
3	536	534	537	540	538
4	535	533	537	537	538
5	535	533	537	537	538
6	534	534	540	537	538
7	537	526	537	537	538
8	535	534	537	537	539
9	535	534	537	537	533
10	534	534	537	537	539
11	534	534	536	537	539
12	535	533	537	536	539
13	534	534	537	537	538
14	534	534	537	537	539
15	533	534	537	537	539
16	528	533	537	537	538
17	530	534	537	536	538
18	533	533	537	535	538
19	535	534	537	537	538
20	535	534	537	537	538
21	535	534	542	537	538
22	539	535	537	536	538
23	535	534	537	536	539
24	535	535	537	536	536
25	535	534	537	537	538
Rata-rata	534.52	533.6	537.6	536.96	538.08

Langkah pengujian menggunakan *buffer* pH 10 sama dengan langkah sebelumnya, dan hasil data dapat dilihat pada tabel 4.3. Pengujian tersebut dilakukan sebanyak 5 kali dengan tiap pengujian diambil 25 sampel data. Dari hasil data tersebut dapat diketahui bahwa ADC 1 rata-rata sebesar 534.52, untuk ADC 2 rata-rata yang didapat sebesar 533.6, untuk ADC 3 rata-rata yang didapat sebesar 537.6,

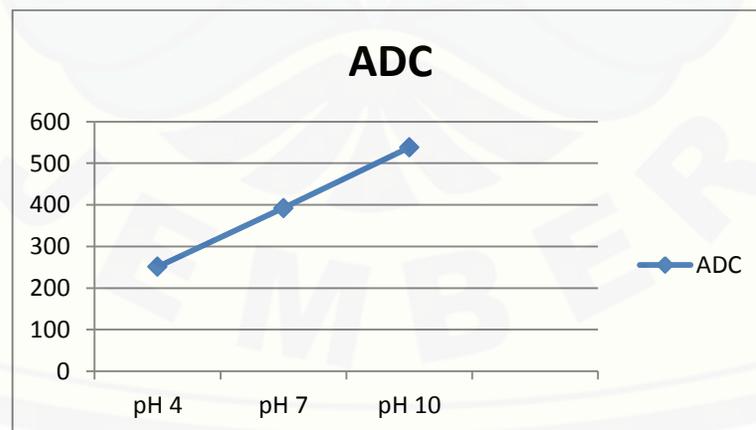
untuk ADC 4 rata-rata yang didapat sebesar 536.96 dan ADC 5 rata-rata yang didapat sebesar 538.08.

Setelah diketahui nilai ADC pada masing-masing *buffer* pH, langkah selanjutnya yaitu menghitung rata-rata keseluruhan pengujian masing-masing *buffer* untuk mengetahui karakteristik ADC sensor pH terhadap larutan *buffer* yang digunakan.

Tabel 4.4 Karakteristik ADC sensor pH

No	Buffer pH	Pengujian ke -					Rata - rata
		1	2	3	4	5	
1	4	251.6	250.08	252.68	252.28	251	251.528
2	7	396.44	392.92	392.64	392.2	392.12	393.264
3	10	534.52	533.6	537.6	536.96	538.08	536.152

Dari hasil data pada tabel tersebut diketahui pada pengujian menggunakan *buffer* pH 4 didapatkan nilai ADC rata-rata sebesar 251.528, kemudian pada pengujian menggunakan *buffer* pH 7 didapatkan nilai ADC rata-rata sebesar 393.264. Pada pengujian menggunakan *buffer* pH 10 didapatkan nilai ADC rata-rata sebesar 536.152. Setelah mendapatkan nilai ADC rata-rata dari masing-masing *buffer*, peneliti menggunakan *excel* untuk membuat grafik seperti pada gambar 4.4 berikut ini :



Gambar 4.1 Grafik karakteristik ADC sensor pH

Dari gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai pH berbanding lurus dengan nilai ADC yang dihasilkan. Semakin kecil *buffer* pH yang digunakan maka nilai ADC yang didapatkan semakin kecil, begitu pula sebaliknya jika *buffer* pH yang digunakan nilainya semakin besar maka nilai ADC yang didapatkan juga semakin besar.

Setelah menguji sensor terhadap karakteristik ADC, langkah selanjutnya menguji pembacaan alat yang telah dikalibrasi menggunakan *buffer* pH untuk dapat mengetahui tingkat *error* persen alat yang sudah dibuat. Tingkat *error* % dapat diketahui dengan rumus :

$$\text{Error \%} = \frac{|pH \text{ buffer} - pH \text{ ukur}|}{pH \text{ buffer}} \times 100\% \dots\dots\dots (4.1)$$

Data hasil pegujian menggunakan *buffer* ph 4 dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5 Hasil *error* persen menggunakan *buffer* pH 4

No	<i>Buffer</i> pH	pH pengukuran	<i>Error</i> %
1	4	4.78	19.5
2	4	4.78	19.5
3	4	4.78	19.5
4	4	4.74	18.5
5	4	4.78	19.5
6	4	4.78	19.5
7	4	4.78	19.5
8	4	4.78	19.5
9	4	4.78	19.5
10	4	4.78	19.5
11	4	4.78	19.5
12	4	4.78	19.5
13	4	4.78	19.5
14	4	4.78	19.5
15	4	4.78	19.5
16	4	4.78	19.5
17	4	4.78	19.5
18	4	4.78	19.5
19	4	4.78	19.5
20	4	4.78	19.5
21	4	4.78	19.5
22	4	4.78	19.5
23	4	4.78	19.5
24	4	4.78	19.5
25	4	4.78	19.5

Berdasarkan tabel 4.5 diatas diambil 25 sampel data percobaan dengan menggunakan *buffer* pH 4. Dari hasil data tersebut dapat diketahui nilai *error* persen yang didapat mulai dari range 18.5% sampai 19.5%. Hasil *error* persen tersebut dapat dikarenakan sensor pH yang digunakan sangat *sensitive* terhadap perubahan terutama pada bahan yang mengandung asam. Begitu juga pada bahan uji mengalami penurunan kualitas yang dikarenakan bahan uji tersebut telah terkontaminasi dengan pH lain saat pengujian berulang-ulang sehingga hasil pembacaan dalam pengukuran pada saat menggunakan *buffer* pH 4 kurang begitu maksimal.

Tabel 4.6 Hasil *error* persen menggunakan *buffer* pH 7

No	<i>Buffer</i> pH	pH pengukuran	<i>Error</i> %
1	7	7.04	0.57
2	7	7.04	0.57
3	7	7.02	0.29
4	7	7.04	0.57
5	7	7.04	0.57
6	7	7.04	0.57
7	7	7.04	0.57
8	7	7.04	0.57
9	7	7.04	0.57
10	7	7.04	0.57
11	7	7.04	0.57
12	7	7.04	0.57
13	7	7.04	0.57
14	7	6.92	1.14
15	7	7.04	0.57
16	7	7.04	0.57
17	7	7.04	0.57
18	7	7.02	0.29
19	7	7.04	0.57
20	7	7.04	0.57
21	7	7.04	0.57
22	7	7.04	0.57
23	7	7.04	0.57
24	7	7.04	0.57
25	7	7.04	0.57

Sama seperti pengujian sebelumnya, pada pengujian menggunakan *buffer* pH 7 hasil yang didapat seperti pada tabel 4.6 dengan diambil sampel sebanyak 25 data percobaan. Dapat diketahui nilai *error* persen yang didapat yaitu antara 0.29% - 0.57%. Hasil *error* persen yang didapat menunjukkan nilai *error* persen yang sangat kecil. Nilai pembacaan alat ukur yang digunakan terhadap nilai *buffer* pH yang digunakan mendekati sama. Sehingga sensor pH tersebut dalam mengukur pH netral menunjukkan nilai yang ideal.

Tabel 4.7 Hasil *error* persen menggunakan *buffer* pH 10

No	<i>Buffer</i> pH	pH pengukuran	<i>Error</i> %
1	10	9.44	5.60
2	10	9.44	5.60
3	10	9.44	5.60
4	10	9.44	5.60
5	10	9.37	6.30
6	10	9.44	5.60
7	10	9.44	5.60
8	10	9.44	5.60
9	10	9.44	5.60
10	10	9.46	5.40
11	10	9.44	5.60
12	10	9.44	5.60
13	10	9.44	5.60
14	10	9.44	5.60
15	10	9.44	5.60
16	10	9.46	5.40
17	10	9.46	5.40
18	10	9.44	5.60
19	10	9.46	5.40
20	10	9.44	5.60
21	10	9.44	5.60
22	10	9.44	5.60
23	10	9.46	5.40
24	10	9.44	5.60
25	10	9.44	5.60

Sama seperti pengujian sebelumnya, pada pengujian menggunakan *buffer* pH 10 hasil pengukuran yang didapat terhadap *buffer* pH yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.7. Dari hasil data tersebut dapat diketahui nilai *error* persen yang didapat yaitu antara range 5.40% - 5.60%. Hasil *error* persen yang didapat menunjukkan bahwa pembacaan alat ukur terhadap nilai *buffer* yang digunakan kurang maksimal. Hal tersebut bisa dikarenakan kinerja sensor yang sangat sensitif terhadap *buffer* pH yang digunakan. Selain itu kualitas bahan uji yang mengalami penurunan kualitas

akibat terkontaminasi dengan larutan *buffer* pH yang lain juga merupakan salah satu faktor penyebab hasil pengukuran yang kurang maksimal.

4.2 Pengujian Program Aplikasi

Tampilan awal ketika *software user interface* yang digunakan untuk memonitoring pH air dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini :

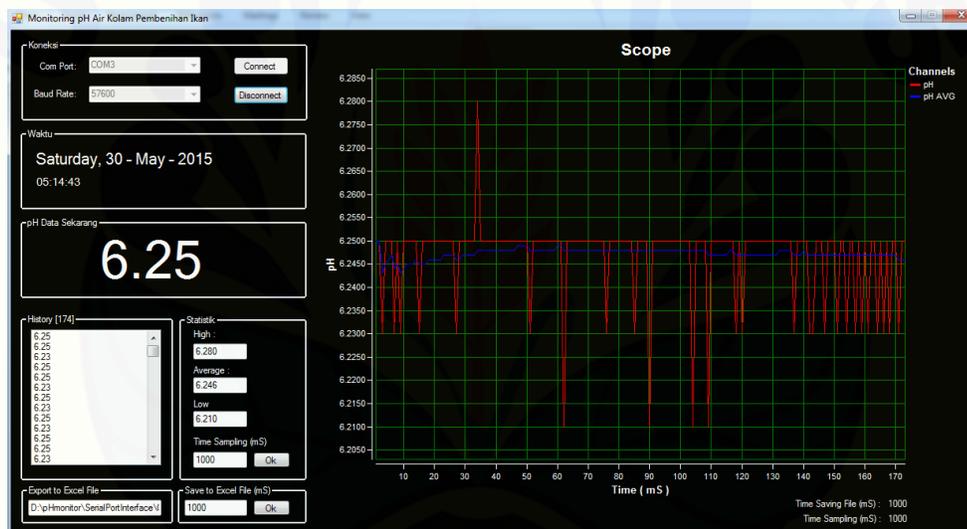


Gambar 4.2 Tampilan *user interface software visual basic*

Software ini menampilkan informasi seperti jam, tanggal, nilai pH, nilai pH rata-rata, nilai pH tertinggi, nilai pH terendah dan grafik pH. Grafik pada *software* tersebut dilakukan secara terus menerus selama *wireless* penerima dalam kondisi *connect*. Menu yang disediakan pada *software* ini antara lain *com port* sebagai pengaturan pemilihan *port serial*, *baud rate* sebagai menu pengaturan *baud rate* yang digunakan, *time sampling* (mS) sebagai menu pengaturan pengambilan data pada grafik berdasarkan waktu yang dapat ditentukan oleh *user* dengan satuan *milisecond* dan *save to excel file* (mS) sebagai menu pengaturan pengambilan data yang disimpan pada *excel* berdasarkan waktu yang ditentukan oleh *user* dengan satuan *millisecond*. Menu *connect* digunakan untuk pengambilan data pH air yang dikirimkan oleh

pengirim data, sedangkan menu *disconnect* digunakan untuk memutuskan pengiriman data pH air.

Setelah dijelaskan fungsi menu dari *user interface* tersebut, langkah awal yang dilakukan untuk menguji program aplikasi tersebut yaitu terlebih dahulu mengatur *com port* yang sesuai. Selanjutnya *baud rate* yang digunakan yaitu 57600 karena pada nilai tersebut data dapat dikirim dan diterima dengan baik. Kemudian mengatur waktu pengambilan data pada menu *time sampling* dan *save to excel*. Pada pengujian yang telah dilakukan menggunakan pengambilan data tiap 1000 mS atau 1 detik sekali. Kemudian pilih *connect* untuk menghubungkan program aplikasi tersebut dengan *wireless* yang digunakan.



Gambar 4.3 Tampilan *user interface* yang terhubung dengan *wireless*

Untuk mengetahui hasil penyimpanan data pada *ms.excel* dapat dilakukan dengan membuka file *excel* yang telah dipilih pada langkah awal ketika pertama kali membuka program aplikasi tersebut. Dan hasil dari penyimpanan data di *ms.excel* dapat dilihat pada gambar 4.4 seperti di bawah ini :

A	B	C
Tanggal	Jam	pH
5/30/2015	5:11:48	6.25
5/30/2015	5:11:49	6.25
5/30/2015	5:11:50	6.23
5/30/2015	5:11:51	6.25
5/30/2015	5:11:52	6.25
5/30/2015	5:11:53	6.25
5/30/2015	5:11:54	6.23
5/30/2015	5:11:55	6.25
5/30/2015	5:11:56	6.23
5/30/2015	5:11:57	6.25
5/30/2015	5:11:58	6.25
5/30/2015	5:11:59	6.25
5/30/2015	5:12:00	6.25
5/30/2015	5:12:01	6.25
5/30/2015	5:12:02	6.23
5/30/2015	5:12:03	6.25
5/30/2015	5:12:04	6.25
5/30/2015	5:12:05	6.25
5/30/2015	5:12:06	6.25
5/30/2015	5:12:07	6.25
5/30/2015	5:12:08	6.25
5/30/2015	5:12:09	6.25
5/30/2015	5:12:10	6.25
5/30/2015	5:12:11	6.25

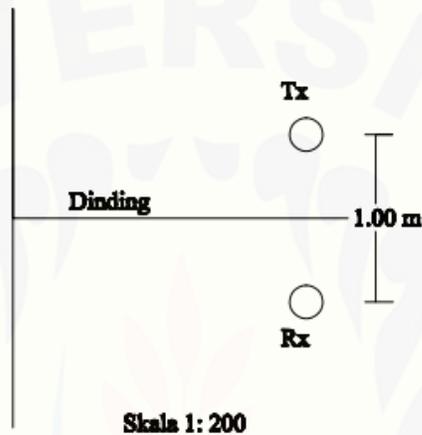
Gambar 4.4 Data yang disimpan dalam *ms.excel*

Dari hasil simulasi telah dilakukan dapat diketahui bahwa program aplikasi dan *hardware* dapat terhubung dan bekerja secara sinkron yaitu data pH yang diterima sesuai dengan data pH yang dikirim.

4.3 Pengujian *Wireless* Modul Pada Kondisi *Obstacle*

4.3.1 Pengujian Tanpa Antenna

Pengujian tanpa antenna bertujuan untuk mengetahui jarak maksimal *wireless* dapat bekerja dengan baik pada kondisi *obstacle* dengan kondisi yang digambarkan dengan skala 1:200 seperti pada gambar 4.5 berikut ini :



Gambar 4.5 Pengujian kondisi *obstacle* tanpa antenna

Tabel 4.8 Pengujian *wireless* pada kondisi *obstacle* tanpa antenna

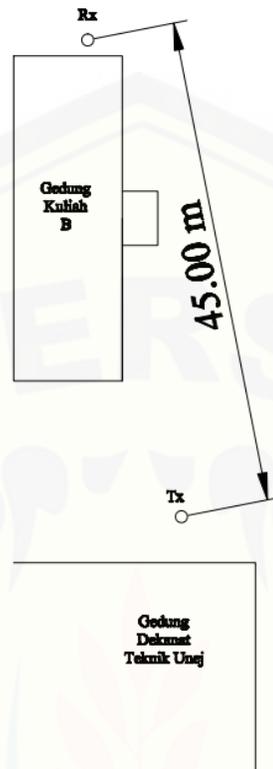
No	Jarak (meter)	Hasil Pengujian		Data Terkirim	Data Diterima	Packet Loss %
		Terkirim	Tidak Terkirim			
1	1	√	-	7.2	7.2	0%
2	2	-	√	7.3	-	100%
3	3	-	√	7.3	-	100%
4	4	-	√	7.2	-	100%
5	5	-	√	7.2	-	100%

Tabel 4.8 merupakan tabel hasil pengujian *wireless* pada kondisi *obstacle* dengan kondisi seperti yang telah digambarkan pada gambar 4.5. Kondisi penerima berada didalam ruangan dengan dinding tembok dan diletakkan diatas tanah.

Pengujian dilakukan tanpa menggunakan antenna tambahan. Jarak maksimal *wireless FPV radio telemetry kit 915MHz* ini dalam mengirimkan data adalah 1 meter. Jika jarak pemancar dan penerima melebihi 1 meter maka data yang dikirim tidak akan sampai pada penerima atau hilang, namun ketika jarak pengirim dan penerima kurang dari 1 meter maka data diterima *receiver* sesuai dengan data yang dikirimkan. Seperti pada pengujian data dengan jarak 1 meter data yang diterima oleh *wireless receiver* sesuai dengan data yang dikirimkan oleh *wireless transmitter* dengan *packet loss* sebesar 0%. Namun ketika pengujian dengan jarak lebih dari 1 meter maka *wireless* pengirim tidak menjangkau *wireless* penerima sehingga *wireless* penerima tidak mendapatkan kiriman data dan dapat dikatakan kedua *wireless* tidak terhubung. Sehingga *packet loss* yang didapat yaitu 100%.

4.3.2 Pengujian Menggunakan Antenna

Pengujian menggunakan antenna bertujuan untuk mengetahui jarak maksimal *wireless* dapat mengirim dan menerima data dengan baik pada kondisi *obstacle*. Pengujian dilakukan di halaman parkir Fakultas Teknik Unej dengan kondisi yang digambarkan dengan skala 1:100 seperti pada gambar 4.6 berikut ini:



Skala 1:100

Gambar 4.6 Pengujian kondisi *obstacle* menggunakan antenna

Tabel 4.9 Pengujian *wireless* pada kondisi *obstacle* menggunakan antenna

No	Jarak (meter)	Hasil Pengujian		Data Terkirim	Data Diterima	Packet Loss %
		Terkirim	Tidak Terkirim			
1	5	√	-	7.2	7.2	0%
2	10	√	-	7.3	7.3	0%
3	15	√	-	7.3	7.3	0%
4	20	√	-	7.2	7.2	0%
5	25	√	-	7.2	7.2	0%
6	30	√	-	7.2	7.2	0%
7	35	√	-	7.3	7.3	0%

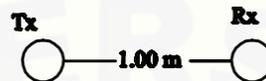
8	40	√	-	7.3	7.3	0%
9	45	√	-	7.3	7.3	0%
10	50	-	√	7.3	-	100%
11	55	-	√	7.2	-	100%
12	60	-	√	7.3	-	100%
13	65	-	√	7.3	-	100%
14	70	-	√	7.4	-	100%
15	75	-	√	7.3	-	100%

Tabel 4.9 merupakan tabel hasil pengujian *wireless* menggunakan antenna pada kondisi *obstacle* dan diukur pada suatu area yang digambarkan dengan skala 1:100 seperti pada gambar 4.6. Kemudian penerima diletakkan 1 meter diatas permukaan tanah. Disini pengujian *wireless* dilakukan dengan selisih 5 meter dan hasil data menunjukkan ketika jarak 5 – 45 meter *wireless* pengirim dan *wireless* penerima dapat terhubung dengan baik. Hasil data yang diterima sesuai dengan data yang dikirimkan oleh *wireless transceiver*. Seperti pengujian pada jarak 5 meter data pH yang dikirim 7.2 dan data yang diterima nilainya 7.2 sehingga *packet loss* yang didapat sebesar 0%. Hal tersebut sama terjadi sampai dengan pengujian pada jarak 45 meter, dimana jarak 45 meter merupakan jarak maksimal jangkauan *wireless* tersebut. Penggunaan antenna mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap jarak jangkauan *wireless* tersebut, yang mana dengan menggunakan antenna jarak jangkauannya semakin lebih jauh dari pada tidak menggunakan antenna. Keandalan teknologi dengan modulasi *Frequency Hopping Spread Spectrum* ini terbukti tahan terhadap *noise* atau gangguan seperti adanya penghalang pada saat pengiriman data. Sehingga data yang diterima sesuai dengan data yang dikirimkan.

4.4 Pengujian *Wireless* Modul Pada Kondisi *Loss Space*

4.4.1 Pengujian Tanpa Antenna

Pengujian tanpa antenna bertujuan untuk mengetahui jarak maksimal *wireless* dapat bekerja dengan baik pada kondisi *loss space* dengan kondisi yang digambarkan dengan skala 1:50 seperti pada gambar 4.7 berikut ini :



Skala 1:50

Gambar 4.7 Pengujian kondisi *loss space* tanpa antenna

Tabel 4.10 Pengujian *wireless* pada kondisi *loss space* tanpa menggunakan antenna

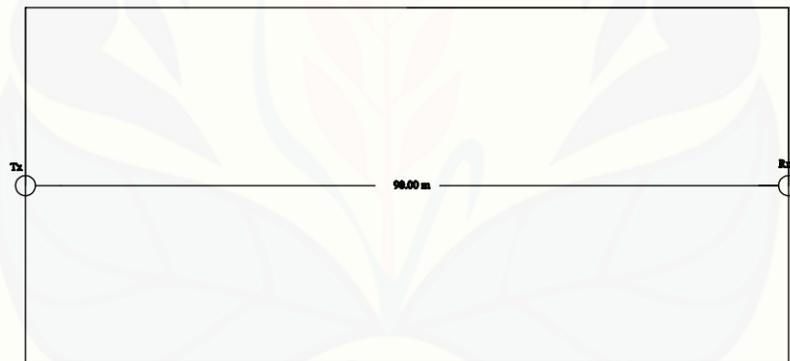
No	Jarak (meter)	Hasil Pengujian		Data Terkirim	Data Diterima	Packet Loss %
		Terkirim	Tidak Terkirim			
1	1	√	-	7.1	7.1	0%
2	2	-	√	7.3	-	100%
3	3	-	√	7.2	-	100%
4	4	-	√	7.2	-	100%
5	5	-	√	7.3	-	100%

Tabel 4.10 merupakan data hasil pengujian *wireless* tanpa menggunakan antenna dalam kondisi *loss space* atau tanpa halangan. Pengujian tersebut dilakukan di lapangan sepak bola Unej yang telah digambarkan seperti pada gambar 4.7 dengan skala 1:50. Dari hasil data tersebut dapat diketahui bahwa jarak maksimal *wireless* untuk mengirim dan menerima data yaitu 1 meter. Ketika pengujian dilakukan dengan jarak lebih dari 1 meter maka *wireless* secara otomatis tidak dapat melakukan komunikasi atau tidak dapat mengirimkan data. Untuk hasil data yang dikirim dan diterima hasilnya sama. Seperti pada pengujian dengan jarak 1 meter tersebut, ketika *wireless* pengirim mengirimkan data dengan nilai pH 7.1 maka *wireless* penerima menampilkan data dengan nilai yang sama yaitu 7.1. Sehingga *packet loss* yang

didapatkan sebesar 0%, sedangkan untuk pengujian dengan jarak lebih dari 1 meter data yang dikirim tidak sampai pada *wireless* penerima yang disebabkan oleh pengaruh jarak jangkauan maksimal *wireless* tersebut. Hal tersebut membuktikan bahwa teknologi yang menggunakan modulasi *Frequency Hopping Spread Spectrum* ini dapat mengirimkan data dengan baik pada saat *wireless* masih dalam rentang jarak jangkauan maksimalnya.

4.4.2 Pengujian Menggunakan Antenna

Pengujian menggunakan antenna bertujuan untuk mengetahui jarak maksimal *wireless* dapat mengirim dan menerima data dengan baik pada kondisi *loss space* atau tanpa halangan. Pengujian dilakukan di lapangan sepak bola Universitas Jember dengan kondisi yang digambarkan dengan skala 1:600 seperti pada gambar 4.8 berikut ini :



Skala 1:600

Gambar 4.8 Pengujian kondisi *loss space* menggunakan antenna

Tabel 4.11 Pengujian *wireless* pada kondisi *loss space* menggunakan antenna

No	Jarak (meter)	Hasil Pengujian		Data Terkirim	Data Diterima	Packet Loss %
		Terkirim	Tidak Terkirim			
1	5	√	-	7.2	7.2	0%
2	10	√	-	7.3	7.3	0%
3	15	√	-	7.3	7.3	0%

4	20	√	-	7.2	7.2	0%
5	25	√	-	7.2	7.2	0%
6	30	√	-	7.2	7.2	0%
7	35	√	-	7.3	7.3	0%
8	40	√	-	7.3	7.3	0%
9	45	√	-	7.3	7.3	0%
10	50	√	-	7.3	7.3	0%
11	55	√	-	7.2	7.2	0%
12	60	√	-	7.3	7.3	0%
13	65	√	-	7.3	7.3	0%
14	70	√	-	7.4	7.4	0%
15	75	√	-	7.3	7.3	0%
16	80	√	-	7.2	7.2	0%
17	85	√	-	7.2	7.2	0%
18	90	√	-	7.2	7.2	0%
19	95	-	√	7.4	-	100%
20	100	-	√	7.4	-	100%

Tabel 4.11 merupakan hasil pengujian *wireless* pada kondisi *loss space* atau tanpa halangan. Pengujian tersebut dilakukan di lapangan sepak bola Universitas Jember dengan gambaran seperti pada gambar 4.8 dengan skala 1:600. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa jarak maksimal *wireless* tersebut dalam kondisi *loss space* atau tanpa ada halangan yaitu berjarak 90 meter. Untuk keandalan pengiriman data, *wireless* yang menggunakan modulasi *Frequency Hopping Spread Spectrum* ini mampu mengirim dan menerima data dengan baik pada *range* jarak jangkauan yang dimiliki *wireless* tersebut. Dapat dilihat pada data tersebut bahwa pada saat pengukuran dengan jarak 5 – 90 meter, data yang dikirimkan memiliki *packet loss* sebesar 0%. Sehingga dapat dikatakan bahwa teknologi *Frequency Hopping Spread Spectrum* ini memiliki tingkat keandalan pengiriman paket data yang bagus. Sedangkan pada pengujian dengan jarak lebih dari 90 meter, *wireless* tidak dapat

saling terhubung, sehingga menyebabkan pengiriman data terputus dan *wireless* penerima tidak menerima paket data yang dikirim.



BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilakukan pengujian dan analisa, dari hasil tersebut dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan alat ukur pH meter menggunakan sistem telemetri dapat bekerja dengan baik dengan nilai pH sesuai dengan hasil pengujian pada pembacaan *buffer* pH 4 dengan *error* persen mulai dari *range* 18.5% - 19.5%, *buffer* pH 7 dengan *error* persen mulai dari *range* 0.29% - 0.57%, dan *buffer* pH 10 dengan *error* persen mulai dari *range* 5.40% - 5.60% (dibuktikan pada tabel 4.5, 4.6, 4.7 pada halaman buku 51 – 53) .
2. Sistem telemetri menggunakan *Frequency Hopping Spread Spectrum* yang telah diaplikasikan pada alat ukur pH meter memiliki tingkat keakuratan yang sangat tinggi dalam pengiriman data dan tahan terhadap *noise* ketika masih berada pada *range* jarak maksimalnya sesuai dengan hasil pengujian data dengan nilai *packet loss* sebesar 0% (dibuktikan pada tabel 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 pada halaman 57 – 62).

5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian mengenai Alat Telemetri pH Air yang menggunakan *Frequency Hopping Spread Spectrum* ini terdapat beberapa kekurangan atau kendala berikut ini merupakan saran untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Menggunakan sensor pH yang lebih sensitive.

2. Menggunakan *Wireless* yang memiliki jangkauan yang lebih luas.
3. Menghubungkan perangkat dengan komunikasi internet supaya bisa diakses lebih luas.



DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E. dan Liviawati, I. 2012. *Pengendalian Hama dan Penyakit*.
<http://books.google.co.id/books?id=iMDQOthcEbIC&printsec=frontcover&q=inauthor:%22Ir.+Eddy+Afrianto+%26+Ir.+Evi+Liviawaty%22&hl=id#v=onepage&q&f=false>
- Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabView*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Budiharto, Widodo. 2011. *Aneka Proyek Mikrokontroler*. Jakarta : Graha Ilmu.
- Chandra, Ahmad Dwiana. Hendra Cordova. 2012. *Rancang Bangun Kontrol pH Berbasis Self Tuning PID Melalui Metode Adaptive Control*. Jurnal Teknik POMITS. Vol.01 Nomor 01.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Percetakan Kanisius.
- Lubis, Rahmad Saleh & Pinem, Maksum. 2014. *Analisis Quality Of Service (QoS) Jaringan Internet Di SMK Telkom Medan*. Medan : Universitas Sumatra Utara.
- Muzakim, Aza. 2011. *Telemetri dan Telekontrol Menggunakan Xbee Pro Wireless*. Jurnal ELTEK. Vol. 09 Nomor 02.
- Pangera, Abas Ali. 2008. *Perbandingan FHSS dan DSSS (Teknologi Spread Spectrum)*. Yogyakarta : STMIK AMIKOM.
- Purbo, Onno W. 2008. *Buku Pegangan Internet Wireless dan Hotspot*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Purba, M. 1995. *Ilmu Kimia*. Jakarta, Erlangga.
- ShvrootKit, Hero. 2012. *Menapak Jejak Wireless Untuk Anak Bangsa*. Jakarta.

- Sari, Rini Nurpita. Dkk. 2015. *Implementasi dan Evaluasi Kinerja Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) Menggunakan WARP*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Simamarta, Janner .*Keamanan Jaringan Wireless*. (MateriKuliah.Com Diakses 1 Maret 2015).
- Susanto, Heri., Pramana, R., dan Mujahidin, M. 2013. *Perancangan Sistem Telemetry Wireless Untuk Mengukur Suhu Dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3 Atmega328p Dan Xbee Pro*. Tanjung Pinang: Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Syamsi, Djohar. 2012. *Pemanfaatan Teknologi Telemetry Untuk Pengawasan dan Pengendalian Pencemaran Air Sungai*. Vol. 06 Nomor 02.
- Sutrisno. 2006. *Budidaya Lele Dumbo*. Azka Press. Bandung.
- Shidiq, Mahfudz & Raharjo, P. M. 2008. *Pengukur Suhu dan pH Air Tambak Terintegrasi dengan Data Logger*. Vol. 02 Nomor 01.
- Stallings, William. 2005. "*Wireless Communication and Networks 2nd Edition*". Pearson Education.
- Syarfina Qisthi, Amelia. 2012. *Perancangan Pendeteksi Banjir Jarak Jauh Menggunakan Sistem Komunikasi 802.15.4*. Semarang: Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- Torrieri, Don. "*Principles of Spread-Spectrum Communication Systems 2nd Edition*". Springer.New York.2011.
- Tjahjono, Budi.2012. *Perbandingan Teknik Modulasi DSSS dan FHSS Pada Sistem Jaringan Wireless LAN*. Vol.09 Nomor 33.
- Universitas Jember. 2011. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: Badan Penerbit Universitas Jember.

LAMPIRAN

a. Listing program Visual Basic

```
Imports System
Imports System.ComponentModel
Imports System.Threading
Imports System.IO.Ports
Imports Mitov.PlotLab
Imports Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel

Public Class frmDisplay
    Dim comOpen As Boolean      'Keeps track of the port status. True = Open;
    False = Closed
    Dim readbuffer As String    'Buffer of whats read from the serial port
    Dim time As Integer = 0
    Dim plotpH As Double
    Dim plotAverage As Double
    Dim timeSet As Integer
    Dim timeSFE As Integer

    Dim APP As Excel.Application
    Dim worksheet As Excel.Worksheet
    Dim workbook As Excel.Workbook
    Dim y As Integer = 2

    Private Sub frmDisplay_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As EventArgs)
Handles MyBase.Load
        OpenFileDialog1.Filter = "Excel (*.xlsx)|*.xlsx"
        If OpenFileDialog1.ShowDialog() = DialogResult.OK Then
            namafile.Text = OpenFileDialog1.FileName
        End If

        APP = New Excel.Application
        workbook = APP.Workbooks.Open(namafile.Text)
        worksheet = workbook.Worksheets("sheet1")

        'Get all connected serial ports
        Dim comPorts As String() = System.IO.Ports.SerialPort.GetPortNames
        Tanggal.Text = Format(Now, "dddd, dd - MMMM - yyyy")
        Jam.Text = TimeString
    End Sub
End Class
```

```
If comPorts.Count < 1 Then
    'If there are not ports connected, show an error and close the
program.
    MsgBox("There are no com ports available! Closing program.")
    Me.Close()
Else
    cmbPort.Items.AddRange(comPorts)
    cmbPort.Text = comPorts(0)
End If

Scope1.XAxis.AxisLabel.Text = "Sampling"
Scope1.YAxis.AxisLabel.Text = "pH"

End Sub

Private Sub frmDisplay_FormClosing(ByVal sender As Object, ByVal e As
FormClosingEventArgs) Handles Me.FormClosing
    'Gracefully disconnect before form closes
    DoDisconnect()
End Sub

Private Sub SerialPort1_DataReceived(ByVal sender As System.Object, _
ByVal e As
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) _
Handles SerialPort1.DataReceived
    If comOpen Then
        Try
            'Send data to a new thread to update the ph display
            readbuffer = SerialPort1.ReadLine()
            Me.Invoke(New EventHandler(AddressOf updateTemp))
        Catch ex As Exception
            'Otherwise show error. Will display when disconnecting.
            'MsgBox(ex.Message)
        End Try
    End If
End Sub

Public Sub updateTemp(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)
    'Update ph display as it comes in
    Dim read As String
    read = readbuffer.Replace(vbCr, "").Replace(vbLf, "")
    TxtPH.Text = read
    LstHistory.Items.Insert(0, read)

    'Check Highest Temp
    If TxtHigh.Text < read Then
        TxtHigh.Text = read
        TxtHigh.Text = FormatNumber(TxtHigh.Text, 3)
    End If

    'Check Lowest Temp
```

```

If TxtLow.Text > read Then
    TxtLow.Text = read
    TxtLow.Text = FormatNumber(TxtLow.Text, 3)
End If

'Calculate Average
Dim total As Decimal
Dim count As Integer

For Each ph In LstHistory.Items
    total += ph
    count = count + 1
Next

TxtAverage.Text = total / count
TxtAverage.Text = FormatNumber(TxtAverage.Text, 3)

GroupBox2.Text = "History [" & count & "]" 'Running count of ph reads.

total = 0 'Reset total
count = 0 'Reset count
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer1.Tick
    plotpH = TxtPH.Text
    plotAverage = TxtAverage.Text
    time = time + 1
    Jam.Text = TimeString
    Tanggal.Text = Format(Now, "dddd, dd - MMMM - yyyy")
    Scope1.Channels(0).Data.AddXYPoint(time, plotpH)
    Scope1.Channels(1).Data.AddXYPoint(time, plotAverage)
End Sub

Public Sub DoDisconnect()
    'Graceful disconnect if port is open
    If comOpen Then
        SerialPort1.DiscardInBuffer()
        SerialPort1.Close()

        'Reset our flag and controls
        comOpen = False
        btnDisconnect.Enabled = False
        btnConnect.Enabled = True
        cmbBaud.Enabled = True
        cmbPort.Enabled = True
    End If
End Sub

Public Sub DoConnect()
    'Setup the serial port connection
    With SerialPort1()
        .PortName = cmbPort.Text 'Selected Port
    End With
End Sub

```

```
.BaudRate = CInt(cmbBaud.Text)           'Baud Rate. 9600 is default.
.Parity = IO.Ports.Parity.None
.DataBits = 8
.StopBits = IO.Ports.StopBits.One
.Handshake = IO.Ports.Handshake.None
.RtsEnable = False
.ReceivedBytesThreshold = 1
.NewLine = vbCr
.ReadTimeout = 10000
End With

'Try to open the selected port...
Try
    SerialPort1.Open()
    comOpen = SerialPort1.IsOpen
Catch ex As Exception
    comOpen = False
    MsgBox("Error Open: " & ex.Message)
End Try

btnDisconnect.Enabled = True
btnConnect.Enabled = False
cmbBaud.Enabled = False
cmbPort.Enabled = False
End Sub

Private Sub btnConnect_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnConnect.Click
    'Conect to serial port
    DoConnect()
    Timer1.Enabled = True
    Timer2.Enabled = True
End Sub

Private Sub btnDisconnect_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnDisconnect.Click
    'Disconnect the serial port
    Timer1.Enabled = False
    Timer2.Enabled = False

    DoDisconnect()
End Sub

Private Sub Ok_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Ok.Click
    t1.Text = Timer1.Interval
    timeSet = TimeBox.Text
    Timer1.Interval = timeSet
End Sub

Private Sub Timer2_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer2.Tick
    worksheet.Cells(y, 1).Value = DateString
```

```
        worksheet.Cells(y, 2).Value = TimeString
        worksheet.Cells(y, 3).Value = TxtPH.Text
        y = y + 1
        workbook.Save()
    End Sub

    Private Sub Oks_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Oks.Click
        timeSFE = SEF.Text
        Timer2.Interval = timeSFE
        t2.Text = Timer2.Interval
    End Sub

    Private Sub Label1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Label1.Click

    End Sub
End Class
```

b. Listing program Arduino

```
#include <LiquidCrystal.h>

int sensor = 1, buzzer = 8;

float data = 0, kalibrasi = 0, voltage = 0;

//Port LCD yang digunakan :
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
//
void setup() {
    //inisialisasi komunikasi serial 57600 per detik :
    Serial.begin(57600);
    //menampilkan karakter LCD :
    lcd.begin(16,2);
    pinMode(8, OUTPUT);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(" Skripsi");
    lcd.setCursor(0,1);
```

```
lcd.print(" Monitoring pH");
delay(2000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Aldian Naridho A");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" 111910201008");
delay(4000);
lcd.clear();
}

void loop() {
  //baca data input sensor :
  data = analogRead(sensor);
  // kalibrasi pH :
  kalibrasi = (data / 56.180)+0.08;
  // Pengiriman data :
  Serial.println(kalibrasi);

  // Menampilkan data ke LCD :
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Nilai pH : ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(kalibrasi);

  // inialisasi data pH :
  if(kalibrasi < 6.89 || kalibrasi > 8.49)
  {
```

```
digitalWrite(8, HIGH);  
}  
if(kalibrasi >= 6.90 && kalibrasi <= 8.50)  
{  
  digitalWrite(8, LOW);  
}  
delay(1000);  
}
```

c. Dokumentasi alat

