

**PROTOTIPE SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA
BANJIR BERBASIS SENSOR ULTRASONIK DENGAN
TEKNOLOGI NIRKABEL MENGGUNAKAN MODUL XBEE**

SKRIPSI

Disusun untuk melengkapi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains



Martalia Andayani

3225122048

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2016

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

PROTOTIPE SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR BERBASIS SENSOR ULTRASONIK DENGAN TEKNOLOGI NIRKABEL MENGUNAKAN MODUL XBEE

Nama : Martalia Andayani
No. Reg. : 3225122048

	Nama	Tanda tangan	Tanggal
Penanggungjawab			
Dekan	:Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP. 19671218 199303 1 005	.....	.....
Wakil Penanggung Jawab			
Pembantu Dekan I	:Dr. Muktiningsih, M.Si NIP. 19640511 198903 2 001	.....	.....
Ketua	:Dr. Anggara Budi S, M.Si NIP. 19601001 199203 1 001	.....	.....
Sekretaris	:Riser Fahdiran, M.Si NIP. 19830717 200912 1 008	.....	.....
Anggota			
Pembimbing I	:Dr.Widyaningrum Indrasari,M.Si NIP. 19770510 200604 2 001	.....	.....
Pembimbing II	:Dr.rer.nat.Bambang Heru I, M.Si NIP. 19680401 199403 1 002	.....	.....
Penguji	:Dr. Sunaryo, M.Si NIP. 19550303 198703 1 002	.....	.....

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal: 27 Juli 2016

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini, saya yang bertandatangan di bawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Martalia Andayani

No. Reg : 3225122048

Program Studi : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul “**PROTOTIPE SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR BERBASIS SENSOR ULTRASONIK DENGAN TEKNOLOGI NIRKABEL MENGGUNAKAN MODUL XBEE**”, adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian pada bulan Maret – Juni 2016.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya ini tidak benar.

Jakarta, Agustus 2016

Yang membuat pernyataan

(Materai 6000)

Martalia Andayani

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- *You're never too old to set another goal or dream another dream.*
- *Go after your dream, no matter how unattainable others think it is*

Karya ini saya persembahkan untuk:

- Bapak, yang selalu berdoa dan senantiasa berkorban, serta memberikan perhatian dan kasih selama ini sehingga saya bisa sampai di titik ini.
- Almarhumah ibu, walaupun ibu sudah tidak ada tetapi sampai saat ini pun bila ditanya saya mau jadi apa, saya akan menjawab “menjadi seperti ibu saya, untuk melanjutkan mimpi almarhum”.
- Terakhir, untuk kebebasan jiwa saya.

ABSTRAK

Martalia Andayani. Prototipe Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik dengan Teknologi Nirkabel Menggunakan Modul Xbee. Skripsi. Jakarta: Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, 2016.

Telah dibuat prototipe sistem peringatan dini banjir guna mengurangi kerugian yang dialami masyarakat apabila terjadi banjir dadakan. Penelitian ini mengkombinasikan teknologi nirkabel sebagai peringatan jarak jauh dan gsm sebagai media pemberi informasi akan terjadinya banjir. Prototipe sistem ini menggunakan dua buah sensor ultrasonik sebagai sensor pendeteksi ketinggian permukaan air, serta *water flow sensor* sebagai sensor kecepatan aliran air. Pengujian keseluruhan dilakukan pada sensor ultrasonik, *water flow sensor*, modul xbee dan gsm sim900a. Secara keseluruhan, sistem dapat bekerja baik dengan kesalahan relatif maksimum sensor ultrasonik sebesar 2.4% pada sensor 1 dan 3.12% pada sensor 2 dengan jarak jangkauan nirkabel sejauh 75 m dan kecepatan waktu pengiriman sms 8.20 detik serta mampu mengetahui kecepatan aliran air.

Kata kunci: teknologi nirkabel, sensor ultrasonik, *water flow sensor*

ABTRACT

Martalia Andayani. *Flood Early Warning System Prototype Based on Ultrasonic Sensor with Wireless Technology using XBee Module. Minithesis. Jakarta: Study Program of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta, 2016.*

The prototype of flood early warning system have been created in order to reduce losses suffered by the community in the event of flash flooding. This study combines wireless technology as a long-distance warning and gsm as media information of flood warning. This prototype uses two ultrasonic sensors as the water level detection sensor, and water flow sensor as water flow velocity sensor. Tests carried out on ultrasonic sensors, water flow sensors, and gsm sim900a XBee modules. Overall, the system can work well with a maximum relative error of 2.4% ultrasonik sensors on the sensor 1 and 3.12% on the sensor 2 with a wireless range as far as 75 m and the time speed of message delivery 8.2 seconds and is capable of knowing the speed of water flow.

Keywords: Wireless Technology, Ultrasonic Sensor, Water Flow Sensor

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Prototipe Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik Dengan Teknologi Nirkabel Menggunakan Modul Xbee”**. Penulis menyadari bahwa selesainya Proposal Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si selaku ketua Program Studi Fisika sekaligus Dosen Pembimbing I atas bimbingan, motivasi, serta sarannya dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini
2. Dr.rer.nat. Bambang Heru. I, M.Si selaku Pembimbing II atas bimbingan serta sarannya dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini
3. Bapak serta adik-adik, yang senantiasa mendoakan dan memotivasi selama penyusunan skripsi ini
4. Sabrina Tamimi, sebagai sahabat sekaligus teman seperjuangan dari mulai PKL sampai penyelesaian penyusunan skripsi ini
5. Novia Angelita, Anisa Agustianingsih, Desy Rakhmawati, Intan Ayu Rembulan, dan Ayu Mutia, sebagai sahabat yang senantiasa mendoakan, memberikan motivasi serta saran kepada penulis selama penyusunan skripsi ini
6. Teman-Teman Fisika 2012, teman-teman seperjuangan, terimakasih atas motivasi serta saran yang diberikan kepada penulis
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu, terimakasih atas bantuannya selama penyusunan skripsi ini

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangannya, untuk itu segala saran dan kritik sangat penulis harapkan sebagai proses pembelajaran untuk penulisan selanjutnya yang lebih baik lagi.

Jakarta, Agustus 2016

Martalia Andayani

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Pembatasan Masalah	3
D. Perumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian	3
F. Manfaat Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
A. Status Siaga Pintu Air	4
B. Teknologi Nirkabel	5
1. Jaringan Nirkabel	5
2. GSM (Global System for Mobile communication).....	7
C. Teknologi Sensor	8
1. Sensor dan Transduser	8
2. Sensor Ultrasonik	10
3. <i>Water Flow Sensor</i>	13
D. Mikrokontroler Arduino Uno.....	15
E. Modul <i>Xbee</i>	16
F. <i>XBee Shield</i>	17
G. SIM900A Mini Board	17
H. Komunikasi Serial.....	18
I. Motor Servo	19
J. Buzzer	20
K. <i>LCD 16x2</i>	20
L. Program	22
1. Bahasa C.....	22

2. Arduino IDE.....	22
M. Penelitian yang Relevan.....	23
N. Kerangka Pikir	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
A. Tujuan Operasional	27
B. Tempat dan Waktu Penelitian	27
C. Alat dan Bahan.....	27
1. Alat.....	27
2. Bahan.....	28
D. Metode Penelitian.....	28
E. Prosedur Penelitian.....	28
F. Blok Diagram Sistem	29
G. Skema Alat.....	30
H. Flowchart Program.....	32
I. Diagram Alir Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
A. Kalibrasi Sensor Ultrasonik	34
B. Kalibrasi <i>Water Flow Sensor</i>	38
C. Perancangan Perangkat Keras	39
D. Perancangan Perangkat Lunak	41
1. Program <i>Transmitter</i>	41
2. Program <i>Receiver</i>	42
E. Hasil Pengujian Perangkat dan Pembahasan.....	42
1. Hasil Pembacaan Sensor Ultrasonik	42
2. Hasil Pengujian <i>Water Flow Sensor</i>	47
3. Pengujian Kemampuan Modul Xbee Menerima Data	49
4. Pengujian GSM SIM900A	51
5. Pengujian Keseluruhan Sistem.....	53
BAB V PENUTUP.....	55
A. Kesimpulan	55
B. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pintu Air Bendungan Katulampa	5
Gambar 2.2. Spektrum Gelombang Elektomagnetik	6
Gambar 2.3. Sensor Ultrasonik	10
Gambar 2.4. Pengukuran jarak ultrasonik.....	10
Gambar 2.5. Bahan Piezoelektrik Pada Sensor Ultrasonik	11
Gambar 2.6. Karakteristik impedansi transduser piezoeketrik	12
Gambar 2.7. Timing diagram pengiriman dan penerimaan sinyal pada sensor ultrasonik.....	13
Gambar 2.8. <i>Water Flow Sensor YF-S201</i>	13
Gambar 2.9. Ilustrasi Efek Hall.....	14
Gambar 2.10. Arduino Uno.....	15
Gambar 2.11. <i>XBee 2mW Wire Antenna - Series 2</i>	16
Gambar 2.12. <i>Bluetooth Bee V03 Shield</i>	17
Gambar 2.13. <i>GSM SIM900A</i>	18
Gambar 2.14. Ilustrasi komunikasi antara dua <i>device</i>	18
Gambar 2.15. Motor servo	19
Gambar 2.16. <i>Buzzer</i>	20
Gambar 2.17. <i>LCD 16x2</i>	21
Gambar 2.18. Tampilan Arduino IDE.....	23
Gambar 3.1. Skema sistem monitoring kondisi air statis.....	30
Gambar 3.2. Skema sistem monitoring kondisi air dinamis	30
Gambar 3.3. Skema sistem peringatan jarak jauh	31
Gambar 4.1. Batas ketinggian permukaan air pada bendungan Katulampa	35
Gambar 4.2. Grafik pembacaan sensor terhadap nilai aktual dengan perubahan jarak 0.5 cm.....	36
Gambar 4.3. Grafik Kesalahan Relatif Maksimum Perubahan jarak 0.5 cm.....	36
Gambar 4.4. Grafik pembacaan sensor terhadap nilai aktual dengan perubahan jarak 1 cm.....	37
Gambar 4.5. Grafik Kesalahan Relatif Maksimum Perubahan jarak 1 cm.....	37
Gambar 4.6. Grafik Rata-rata Kesalahan Relatif Sensor volume 20ml-80ml.....	38

Gambar 4.7. Grafik Rata-rata Kesalahan Relatif Sensor volume 100ml-500ml...	39
Gambar 4.8. Tempat Air	40
Gambar 4.9. Keseluruhan sistem <i>monitoring</i> ketinggian permukaan air.....	41
Gambar 4.10. Grafik pembacaan sensor terhadap jarak aktual kondisi satu sumber aliran air	42
Gambar 4.11. Kesalahan Relatif pengujian pembacaan sensor dengan satu sumber aliran air	43
Gambar 4.12. Grafik pembacaan sensor terhadap jarak aktual kondisi dua sumber aliran air	43
Gambar 4.13. Kesalahan Relatif pengujian pembacaan sensor dengan dua sumber aliran air	44
Gambar 4.14. Grafik pembacaan sensor terhadap jarak aktual kondisi permukaan air bergerak.....	44
Gambar 4.15. Kesalahan Relatif pengujian pembacaan sensor kondisi permukaan air bergerak.....	45
Gambar 4.16. Perbandingan ketiga kondisi pengujian sensor 1	45
Gambar 4.17. Perbandingan ketiga kondisi pengujian sensor 2	46
Gambar 4.18. Pengujian Kecepatan Aliran Air dengan kecepatan air yang tidak stabil	48
Gambar 4.19. Pengujian Kecepatan Aliran Air dengan kecepatan air yang stabil	48
Gambar 4.20. Sistem peringatan jarak jauh yang diletakkan diatas sebuah papan...	51
Gambar 4.21. Karakter yang diperlihatkan LCD apabila data yang diterima status aman	51
Gambar 4.22. Isi sms peringatan yang diterima.....	52
Gambar 4.23. Sistem peringatan jarak jauh menunjukkan status SIAGA 3 dan indikator LED hijau	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Status siaga pada beberapa pintu air	5
Tabel 2.2. Konfigurasi pin <i>LCD</i> 16x2.....	21
Tabel 4.1. Kesalahan Relatif Sensor 1 dan 2 Menggunakan Status Ketinggian Air Bendungan Katulampa	34
Tabel 4.2. Kesalahan Relatif Sensor 1 dan 2 menggunakan skala 1:10 dari acuan Status Siaga Bendungan Katulampa.....	35
Tabel 4.3. Status Ketinggian Permukaan Air pada Prototipe.....	40
Tabel 4.4. Pengujian Xbee dengan kondisi tanpa halangan dinding.....	49
Tabel 4.5. Pengujian Xbee dengan kondisi ada penghalang.....	50
Tabel 4.6. Pengujian Kecepatan Pengiriman SMS	52
Tabel 4.7. Pengujian Keseluruhan Sistem.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Banjir merupakan bencana yang biasa terjadi namun tetap saja merugikan masyarakat terutama apabila banjir terjadi secara mendadak, terlebih lagi bila terjadi saat malam hari. Untuk mengurangi kerugian yang dialami oleh masyarakat, sudah banyak sistem peringatan dini banjir yang dirancang untuk memperingati masyarakat apabila akan terjadi banjir.

Sistem peringatan dini banjir didesain untuk memberikan informasi dan peringatan dini, sehingga mampu mengurangi jumlah korban akibat ketidaksiapan masyarakat dalam menghadapi bencana banjir, dan juga untuk memberikan tindakan dini pada instansi yang terkait dengan masyarakat sehingga adanya koordinasi yang baik (Aryanto dkk., 2015).

Sistem pendeteksi ketinggian permukaan air maksimum dan minimum menggunakan sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler yang informasinya ditampilkan pada *LCD 16x2* secara berkala telah dibuat oleh Komaludin dkk (2014). Dalam penelitian tersebut tidak dibuat sistem peringatan, melainkan hanya pendeteksian ketinggian permukaan air saja.

Selain itu, terdapat penelitian lainnya yaitu, sistem peringatan dini banjir berbasis mikrokontroler atmega16 dan *buzzer* serta *short message service* sebagai indikator peringatan banjir yang dibuat oleh Sumarno dkk (2013). Namun, Sumarno, dkk hanya menggunakan satu sensor yaitu sensor ultrasonik yang mendeteksi ketinggian permukaan air, hal ini kurang efektif karena untuk mendapatkan data ketinggian permukaan air yang lebih akurat dibutuhkan lebih dari satu sensor.

Faktor geografis dan jarak juga dapat membuat sistem tidak efektif karena menghambat penerimaan informasi. Kendala pengukuran dan pemantauan pada lokasi yang sulit terjangkau dapat diatasi dengan menggunakan metode pengukuran jarak jauh (telemetry) dengan memanfaatkan teknologi nirkabel (Susanto dkk., 2013). Sistem peringatan dini banjir yang telah dibuat oleh Attabibi dkk (2013) memanfaatkan teknologi nirkabel, dimana Attabibi memanfaatkan media sosial

sebagai pemberitahuan terjadinya banjir, selain itu mereka menambahkan pula informasi peringatan banjir melalui sms (*short message service*). Penggunaan media jejaring sosial masih kurang efektif untuk memperingati bahaya banjir karena perlu dihubungkan dengan internet, selain itu tidak semua orang selalu membuka media sosialnya tiap saat.

Sama seperti halnya Attabibi dkk, Komaludin dkk (2013) dalam penelitiannya juga memanfaatkan internet sebagai media penyampai informasi, sistem yang dibuat Nugroho dkk (2013) juga menggunakan dua sensor sekaligus sebagai pendeteksi banjir. Sistem peringatan dini banjir milik Nugroho, dkk sudah sangat lengkap dari segi pendeteksian banjir yang menggunakan dua sensor dan menggunakan media internet serta sms sebagai penyampai informasi. Namun, untuk membuat sistem peringatan dini diperlukan juga lokasi yang menjadi acuan dibuatnya prototipe seperti pintu air atau bendungan, karena setiap pintu air memiliki status siaga dengan ketinggian permukaan air yang berbeda-beda. Penelitian milik Didi Rachmadi dan Karlisa Priandana (2014) menjadikan pintu air Katulampa sebagai lokasi acuannya, penelitian mereka berbasis mikrokontroler arduino uno dan memanfaatkan sms untuk peringatan banjirnya.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dipaparkan diatas, pada penelitian ini akan dikembangkan rancang bangun sistem peringatan dini banjir dengan memanfaatkan teknologi nirkabel dan sms (*short message service*) sebagai media pemberi informasi. Agar informasi banjir lebih akurat, akan digunakan dua tipe sensor yaitu, sensor ultrasonik dan *water flow* sensor. Melalui metode ini diharapkan efektivitas sistem dapat ditingkatkan. Dalam penelitian ini, acuan status ketinggian permukaan air sungai yang digunakan adalah pintu air Katulampa.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diidentifikasi masalah masalah sebagai berikut

1. Bagaimana mendesain sistem peringatan dini banjir?
2. Bagaimana memanfaatkan teknologi nirkabel untuk mendapatkan informasi ketinggian permukaan air serta sms sebagai media pemberitahuan peringatan banjir?

3. Apakah peringatan banjir dapat ditempatkan dirumah warga?

C. Pembatasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada pemanfaatan teknologi nirkabel untuk memberikan informasi secara telemetri dan sms sebagai media pemberi informasi peringatan banjir berbasis sensor ultrasonik dan *water flow sensor*

D. Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana sistem dapat memberikan ketepatan saat memberikan peringatan banjir sehingga dapat meminimalisir kerugian yang dialami masyarakat

E. Tujuan Penelitian

1. Membuat sistem peringatan dini banjir yang tepat yang mampu mengurangi kerugian masyarakat
2. Membuat sistem peringatan dini banjir dengan memanfaatkan teknologi nirkabel dan sms sebagai media pemberi informasi peringatan banjir
3. Mendapatkan sistem peringatan dini banjir yang memiliki tingkat akurasi yang baik

F. Manfaat Penelitian

1. Membantu mengurangi kerugian yang dialami masyarakat saat terjadi banjir
2. Dapat dikembangkan lebih lanjut untuk disempurnakan sebagai sistem peringatan dini banjir di Jakarta dan wilayah rawan banjir lainnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Status Siaga Pintu Air

Status siaga banjir di Jakarta merupakan hasil analisa dari informasi yang didapatkan dari stasiun-stasiun pengamatan Tinggi Muka Air (TMA) di sungai-sungai yang bermuara ke Jakarta (PUSDALOPS BPBD DKI Jakarta, 2016). Setiap Pintu Air memiliki kriteria status tinggi muka air yang berbeda tergantung pada kedalaman sungai tersebut. Ada empat tipe siaga yang memiliki pengertian masing-masing

Arti umum status siaga :

1. **Siaga IV** : Belum ada peningkatan debit air secara mencolok. komando di lapangan, termasuk membuka atau menutup pintu air serta akan dikemanakan arah air cukup dilakukan oleh komandan pelaksana dinas atau wakil komandan operasional wilayah.
2. **Siaga III** : Bila Hujan yang terjadi menyebabkan terjadinya debit air meningkat di Pintu - Pintu Air tetapi kondisinya masih belum kritis dan membahayakan. Meski demikian bila status siaga III sudah ditetapkan, masyarakat sebaiknya mulai berhati-hati dan mempersiapkan segala sesuatunya dari berbagai kemungkinan bencana banjir.
3. **Siaga II** : Bila Hujan yang terjadi menyebabkan debit air mulai meluas, maka akan ditetapkan Siaga II, penanggung jawab untuk siaga II ini adalah Kepala Badan Penanggulangan Bencana Daerah Prov. DKI Jakarta yaitu Sekretaris Daerah.
4. **Siaga I** : Bila dalam enam jam debit air tersebut tidak surut dan kritis maka ditetapkan Siaga I. Penanggung jawab penanganan status siaga I langsung ditangan Gubernur.

Tabel 2.1. Status siaga pada beberapa pintu air (BPDB Jakarta)

Pos Pemantau Pintu Air	SIAGA IV (dalam cm)	SIAGA III (dalam cm)	SIAGA II (dalam cm)	SIAGA I (dalam cm)
Katulampa	<79	80-149	150-199	≥ 200
Angke Hulu	<149	150-249	250-299	≥ 300
Sunter Hulu	<139	140-199	200-249	≥ 250
Depok	<199	200-269	270-349	≥ 350
Manggarai	<749	750-849	850-949	≥ 950

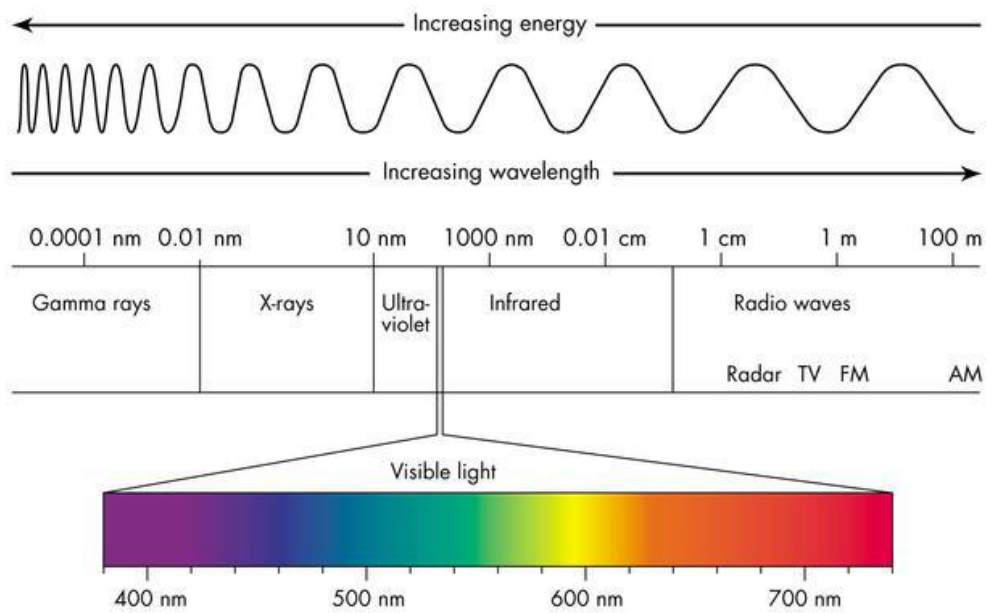


Gambar 2.1. Pintu Air Bendungan Katulampa

B. Teknologi Nirkabel

1. Jaringan Nirkabel

Jaringan nirkabel (*wireless*) adalah teknologi jaringan yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik melalui udara sebagai media untuk mengirimkan informasi dari pengirim ke penerima. Gelombang elektromagnetik berbeda dengan gelombang mekanik, mereka tidak membutuhkan media untuk menyebar atau berpropagasi. Frekuensi dan panjang gelombang akan menentukan sebagian besar dari perilaku gelombang elektromagnetik (Flickenger, *etc.*,2007) .



Gambar 2.2. Spektrum Gelombang Elektromagnetik (sumber: www.cyberphysics.co.uk)

Gelombang elektromagnetik timbul setiap kali muatan listrik berubah kecepatannya yang dipercepat melalui kawat-kawat penghantar. Elektron bergerak dari yang tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah, dalam sebuah atom akan memancarkan gelombang tertentu frekuensi dan panjang gelombang (Pain, 2005). Radiasi gelombang elektromagnetik yang dipadu dengan proses modulasi memungkinkan manusia menumpangkan sinyal informasi suara, gambar, video, dan data – yang telah dikonversi menjadi sinyal listrik – pada gelombang elektromagnetik yang merambat melalui berbagai medium.

Pada gambar 2.1 dapat terlihat bahwa gelombang radio memiliki frekuensi terendah dan panjang gelombang terpanjang. Untuk semua gelombang elektromagnetik yang merambat dalam ruang hampa berlaku persamaan dasar gelombang.

$$c = \lambda f \quad (2.1)$$

dengan,

c = cepat rambat gelombang elektromagnetik (m/s)

λ = panjang gelombang (m)

f = frekuensi (Hz)

Gelombang radio merupakan gelombang dalam spektrum gelombang elektromagnetik yang digunakan sebagai media pembawa informasi. Seperti yang

dijelaskan diatas bahwa radiasi gelombang elektromagnetik yang dipadu dengan proses modulasi memungkinkan manusia menumpangkan sinyal informasi, gelombang elektromagnetik tersebut adalah gelombang radio.

Untuk membangun sebuah sistem komunikasi nirkabel dibutuhkan pemancar, penerima dan antena. Antena berperan sebagai pengubah sinyal listrik (tegangan/arus) menjadi sinyal elektromagnetik (sebagai pemancar). Persamaan diatas sangat berguna untuk menentukan panjang gelombang, dimana panjang gelombang ini sangat bermanfaat dalam menentukan panjang kabel transmisi dan panjang fisik elemen antena yang dipergunakan dalam komunikasi radio (Susilawati, 2009).

Ponsel (*mobile phone*) merupakan salah satu piranti yang memanfaatkan teknologi jaringan nirkabel. Ponsel bekerja dengan mengirim dan menerima sinyal radio nirkabel (Hendrantoro, 2008). Hampir semua ponsel di seluruh dunia menggunakan jaringan GSM (*Global System for Mobile Communication*).

2. GSM (Global System for Mobile communication)

GSM (*Global System for Mobile communication*) adalah suatu teknologi yang digunakan dalam komunikasi *mobile* dengan teknik digital. Sebagai teknologi yang dapat dikatakan cukup revolusioner karena berhasil menggeser teknologi sistem telekomunikasi bergerak analog yang populer pada dekade 80-an, GSM telah memberikan alternatif berkomunikasi baru bagi dunia telekomunikasi yang lebih *powerful*. Dengan menggunakan sistem sinyal digital dalam transmisi datanya, membuat kualitas data maupun *bit rate* yang dihasilkan menjadi lebih baik dibanding sistem analog.

Jaringan GSM (*Global Sistem for Mobile Communications*) adalah sistem standar yang digunakan oleh sebagian besar jaringan telepon seluler di seluruh dunia. GSM beroperasi pada frekuensi 900 Mhz dan 1600 Mhz di Eropa dan Asia. Sedangkan di Amerika Serikat pada frekuensi 850 Mhz dan 1900 Mhz (Proboyekti, 2011). GSM mengimplementasikan teknologi *TDMA (Time Division Multiple Data)* yang merupakan salah satu teknologi transmisi informasi nirkabel pada ponsel. *TDMA* merupakan sebuah teknologi digital, yaitu bekerja dengan membagi-bagi spektrum yang tersedia kepada sejumlah channel diskrit yang

tetap, meskipun masing-masing channel merepresentasikan *time slot* yang tetap daripada band frekuensi yang tetap (Stiawan, 2013). Karena sifatnya yang tidak kontinyu (tidak terjadi pemakaian pita frekuensi terus menerus oleh satu pelanggan dalam satu periode pembicaraan), maka teknik TDMA hanya dapat mengakomodasi data digital atau modulasi digital. Sehingga sinyal-sinyal analog yang akan dikirim, harus diubah menjadi format digital dahulu.

C. Teknologi Sensor

1. Sensor dan Transduser

Sensor adalah perangkat yang mengubah fenomena fisik menjadi sinyal listrik. Dengan demikian, sensor merupakan bagian dari antarmuka antara dunia fisik dan dunia perangkat listrik, seperti komputer (Wilson, 2005). Sensor memudahkan manusia melakukan pengambilan data dan pengolahan data sebuah fenomena fisik. Dapat dikatakan bahwa sensor adalah penerjemah dari sesuatu yang tidak memiliki nilai listrik menjadi bernilai listrik. Ketika kita mengatakan "listrik," artinya adalah sinyal yang dapat disalurkan, diperkuat, dan dimodifikasi oleh perangkat elektronik. Sinyal *output* sensor dapat berupa tegangan, arus, atau muatan.

Sebuah sensor tidak berfungsi dengan sendirinya, sensor selalu merupakan bagian dari sistem yang lebih besar yang dapat menggabungkan banyak detektor, pengkondisi sinyal, sinyal prosesor, perangkat memori, perekam data, dan aktuator. Letak sensor dalam suatu perangkat dapat intrinsik ataupun ekstrinsik. Sensor dapat diposisikan pada masukan dari suatu perangkat untuk memahami efek luar dan memberikan sinyal kepada sistem tentang rangsangan luar. Serta dapat diletakkan pada bagian internal dari perangkat yang memonitor kondisi perangkat sendiri agar dapat memberikan kinerja yang tepat (Fraden, 2003).

Terdapat dua jenis sensor: pasif dan aktif. Sebuah sensor pasif tidak memerlukan sumber energi tambahan dan langsung menghasilkan sinyal listrik dalam respon terhadap rangsangan luar; yaitu, input energi dikonversi oleh sensor ke dalam sinyal *output*. Sebagian besar sensor pasif adalah sensor langsung. Sementara sensor aktif adalah sensor yang membutuhkan daya eksternal untuk melakukan pekerjaannya, yang disebut sinyal eksitasi, sinyal yang dimodifikasi oleh sensor untuk menghasilkan sinyal *output*. Sensor aktif terkadang disebut parametrik

karena sifat perubahan sifatnya dalam menanggapi efek eksternal dan sifat ini dapat selanjutnya diubah menjadi sinyal listrik.

Berdasarkan variabel yang di indranya, sensor dikategorikan kedalam dua jenis: sensor Fisika dan sensor Kimia (Setiawan, 2009). Sensor Fisika merupakan jenis sensor yang mendeteksi suatu besaran berdasarkan hukum-hukum fisika, yaitu seperti sensor cahaya, suara, gaya, kecepatan, percepatan, maupun sensor suhu. Sedangkan jenis sensor kimia merupakan sensor yang mendeteksi jumlah suatu zat kimia dengan jalan mengubah besaran kimia menjadi besaran listrik dimana di dalamnya dilibatkan beberapa reaksi kimia, seperti misal-nya pada sensor pH, sensor oksigen, sensor ledakan, serta sensor gas.

Pengertian sensor harus dibedakan dari transduser. Transduser adalah sebuah alat yang mampu mengkonversi suatu energi ke bentuk energi lain, yang merupakan elemen penting dalam sistem pengendali. Energi yang dapat di konversi oleh transduser contohnya seperti gaya, tekanan, temperatur, kecepatan, dll. Energi tersebut dapat dikonversi ke bentuk asalnya atau ke bentuk energi lainnya. Transduser dapat digunakan sebagai aktuator dalam berbagai sistem. Aktuator dapat digambarkan sebagai hal yang berlawanan dengan sensor. Aktuator mengkonversi sinyal listrik menjadi energi yang umumnya non listrik. Sebagai contoh, sebuah motor listrik adalah aktuator, yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.

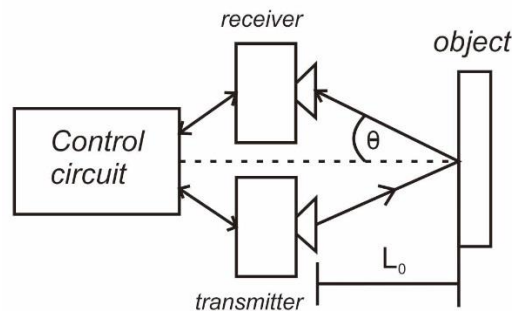
Pada umumnya bentuk energi yang terkonversi oleh transduser biasanya merupakan energi listrik. Energi listrik merupakan pilihan yang paling banyak digunakan dikarenakan energi listrik mudah disimpan baik dalam bentuk analog dan digital selain itu energi listrik juga mudah untuk diatur, diubah dari segi bentuknya, frekuensinya, maupun kegunaannya.

2. Sensor Ultrasonik



Gambar 2.3. Sensor Ultrasonik (sumber: <https://electrosome.com>)

Sensor ultrasonik dirancang untuk melakukan pengukuran jarak tanpa kontak langsung, dimana dalam hal ini sensor harus mampu mentransmisikan sinyal dan kemudian menerima kembali pantulan dari sinyal tersebut. Transmisi dan penerimaan energi ultrasonik merupakan dasar dari *ultrasonik-range meter* dan detektor kecepatan. Gelombang ultrasonik adalah gelombang akustik mekanik yang rentang frekuensinya di atas kemampuan pendengaran manusia (lebih dari 20 KHz). Ketika gelombang menabrak objek, sebagian dari energi gelombang tersebut terpantul. Dalam berbagai kasus, energi ultrasonik terpantul dalam cara difusi, yaitu darimana asalnya energi ditransmisikan, maka energi tersebut akan terpantul diarah yang sama dalam sudut yang lebar, mendekati 160°. Jika suatu benda bergerak, frekuensi gelombang yang dipantulkan akan berbeda dari gelombang yang ditransmisikan.



Gambar 2.4. Pengukuran jarak ultrasonik

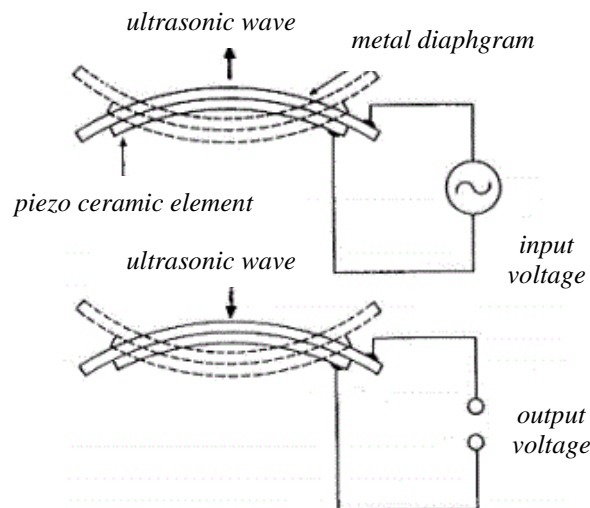
Jarak L_0 ke objek dapat dihitung melalui kecepatan gelombang ultrasonik pada medium, dan sudut θ

$$L_0 = \frac{vt \cos \theta}{2} \quad (2.2)$$

dengan,

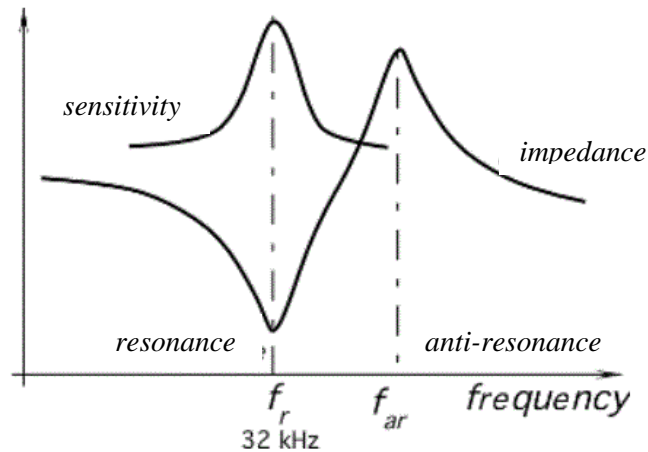
- L_0 = Jarak antara *transmitter/receiver* ke objek (m)
- v = cepat rambat gelombang di udara (m/s)
- t = waktu untuk gelombang ultrasonic bergerak bolak balik dari saat di transmisikan sampai terpantul kembali ke penerima (s)

Jika pemancar dan penerima diposisikan dekat satu sama lain dibandingkan dengan jarak ke objek, maka $\cos \theta \approx 1$ (Fraden, 2003). Untuk menghasilkan setiap gelombang mekanik, termasuk ultrasonik, dibutuhkan pergerakan permukaan. Gerakan ini menciptakan kompresi dan perluasan medium, yang dapat berupa gas (udara), cairan, atau padatan. Jenis yang paling umum dari perangkat eksitasi yang dapat menghasilkan gerakan permukaan di kisaran ultrasonik adalah transduser piezoelektrik. Transduser piezoelektrik langsung mengubah energi listrik menjadi energi mekanik



Gambar 2.5. Bahan Piezoelektrik Pada Sensor Ultrasonik (sumber: Fraden, (2003))

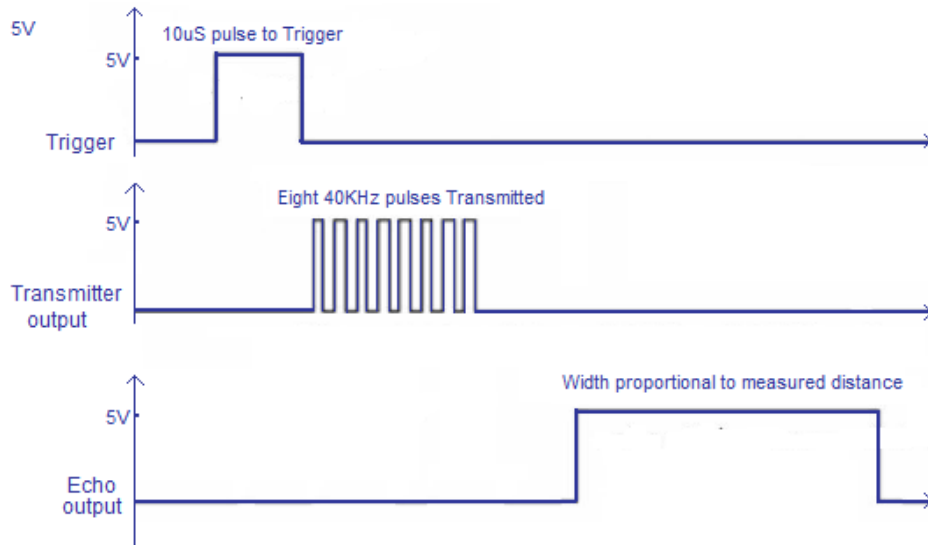
Gambar 2.5. menunjukkan bahwa tegangan input yang diberikan menyebabkan elemen keramik piezo menjadi lentur dan mengirimkan gelombang ultrasonik. Karena piezoelektrik adalah fenomena reversibel, keramik menghasilkan tegangan ketika gelombang ultrasonik masuk melipatnya. artinya bahan ini dapat merubah energi mekanik menjadi energi listrik dan dapat merubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kedua efek tersebut menyebabkan bahan piezoelektrik dapat digunakan sebagai sebagai pemancar (*transmitter*) maupun sebagai penerima (*receiver*).



Gambar 2.6. Karakteristik impedansi transduser piezoelektrik (sumber: Fraden, (2003))

Untuk efisiensi yang lebih baik, frekuensi osilator harus disesuaikan dengan frekuensi resonansi dari keramik piezoelektrik (Gambar. 2.6), dimana sensitivitas dan efisiensi dari elemen pada saat itu merupakan yang paling baik. Ketika rangkaian pengukuran beroperasi dalam *pulsed-mode*, elemen piezoelektrik yang sama digunakan untuk transmisi dan penerima. Sementara itu, ketika sistem membutuhkan transmisi gelombang ultrasonik terus-menerus, digunakan elemen piezoelektrik yang berbeda yang masing-masing berfungsi untuk pemancar dan penerima.

Sensor ultrasonik HC-SR04 sendiri memiliki empat pin, yaitu pin *Trigger*, *Echo*, *Vcc*, dan *Ground*. Ketika diberikan tegangan positif pada pin *Trigger* selama 10 μ s, maka sensor akan mengirimkan 8 step sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz. Selanjutnya, sinyal akan diterima oleh pin *Echo*. Untuk mengukur jarak benda yang memantulkan sinyal tersebut, maka selisih waktu ketika mengirim dan menerima sinyal digunakan untuk menentukan jarak benda tersebut (kedaiarduino.com, diakses 25 Februari 2016)



Gambar 2.7. Timing diagram pengiriman dan penerimaan sinyal pada sensor ultrasonik (sumber: <http://www.circuitstoday.com>)

Dalam penggunaannya, sensor ultrasonik dapat berkurang tingkat akurasi, yang dapat disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya permukaan objek, ukuran objek, sudut permukaan objek yang menghadap sensor, dan suhu (Suleiman dkk, 2015). Reflektivitas dari gelombang ultrasonik di permukaan cairan hampir sama dengan permukaan padat oleh karena itu sensor ultrasonik dapat digunakan sebagai sensor pendeteksi ketinggian permukaan air.

3. *Water Flow Sensor*

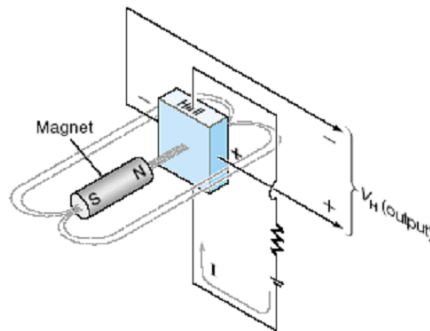


Gambar 2.8. *Water Flow Sensor YF-S201* (sumber: <http://www.hobbytronics.co.uk>)

Sensor *water flow* terdiri dari tubuh katup plastik, rotor air, dan sensor *hall effect* (seedstudio.com, diakses 15 Februari 2016). Kecepatan putaran pada sensor akan bergantung pada kecepatan aliran air. Ketika air mengalir melalui gulungan rotor, terjadi kecepatan perubahan dengan tingkat yang berbeda

(Siregar dkk, 2013). Sensor akan mengeluarkan *output* berupa pulsa sesuai dengan besarnya aliran air (Nugroho dkk, 2013)

Seperti yang telah disebutkan, prinsip kerja sensor ini adalah dengan memanfaatkan fenomena *hall effect*. Efek hall adalah peristiwa membeloknya arus listrik dalam pelat konduktor karena adanya pengaruh medan magnet (Nugraheni dkk., 2014)



Gambar 2.9. Ilustrasi Efek Hall (sumber: Simatupang, A R., (2010))

Gambar 2.9 menunjukkan bagaimana efek hall bekerja. Pertama – tama sumber tegangan eksternal digunakan untuk menghasilkan arus (I) pada semikonduktor kristal. Tegangan output (V_H) melewati bagian dari kristal secara tegak lurus dengan arah arus. Ketika medan magnet didekatkan maka tegangan negatif akan dibelokkan ke satu sisi untuk menghasilkan tegangan (Simatupang, 2010)

Ketika ada arus listrik yang mengalir pada perangkat efek hall yang ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus arus listrik, pergerakan pembawa muatan akan berbelok ke salah satu sisi dan menghasilkan medan listrik. Medan listrik terus membesar hingga gaya Lorentz yang bekerja pada partikel menjadi nol. Perbedaan potensial antara kedua sisi divais tersebut disebut potensial Hall. Potensial Hall ini sebanding dengan medan magnet dan arus listrik yang melalui divais, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan berikut (Fraden, J., 2003)

$$V_H = \frac{HIB}{D} \quad (2.3)$$

dengan,

$$V_H = \text{Tegangan/Potensial Hall (V)}$$

- H = Koefisien Efek Hall
- I = Arus yang melalui sensor (A)
- D = Ketebalan sensor (m)
- B = Medan Magnet (Tesla)

Keseluruhan sensitivitas tergantung pada koefisien Hall, menurut teori elektron bebas dalam logam, koefisien Hall dirumuskan sebagai berikut (Fraden, 2003)

$$H = \frac{1}{Ncq} \quad (2.4)$$

dengan,

- H = Koefisien Hall
- N = Jumlah elektron per-satuan volume
- c = Kecepatan Cahaya
- q = Muatan elektron

Proses pengkonversian berlangsung dalam sensor. Adanya fluida yang mengalir pada sensor mengakibatkan kincir pada sensor akan berputar. Putaran pada kincir akan menimbulkan medan magnet pada kumparan yang terdapat pada *water flow sensor*. Medan magnet tersebut yang akan dikonversikan oleh efek Hall menjadi pulsa. Dalam hal ini kekentalan fluida mempengaruhi putaran kincir air dalam *water flow sensor*.

D. Mikrokontroler Arduino Uno



Gambar 2.10. Arduino Uno (sumber: <https://www.arduino.cc>)

Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor yang dikemas dalam sebuah *IC (integrated circuit)* yang didalamnya sudah terdapat *CPU, ROM, RAM, I/O, Clock* dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi (teramati) dengan baik oleh pabrik pembuatan mikrokontroler.

Mikrokontroler digunakan untuk fungsi dan tugas yang khusus yaitu mengatur sistem, dengan kata lain mikrokontroler digunakan sebagai otak suatu sistem. Arduino Uno sendiri merupakan mikrokontroler berbasis ATmega328 keluaran perusahaan *Atmel Corporation*. *Atmel Corporation* mengeluarkan berbagai jenis papan Arduino yang memiliki spesifikasi berbeda-beda serta keunggulan dan kekurangan yang berbeda pula. Arduino uno merupakan papan arduino yang sederhana yang paling banyak digunakan orang sebagai permulaan (Margolis, 2012)

E. Modul Xbee



Gambar 2.11. Xbee 2mW Wire Antenna - Series 2
(sumber: <http://examples.digi.com>)

Modul Xbee ini merupakan *radio frequency transceiver* yaitu mendukung komunikasi secara *full duplex*. Xbee bekerja pada frekuensi 2.4 GHz dengan menggunakan standart IEEE 802.15.4 (Digi International, 2009). *Radio frequency transceiver* ini merupakan sebuah modul yang terdiri dari *RF receiver* dan *RF transmitter* dengan *interface* serial UART. Modul ini dapat digunakan untuk beberapa aplikasi pengiriman data sensor. Xbee berfungsi untuk menggantikan kabel serial sebagai media transfer data. Dengan menggunakan xbee diharapkan dapat memperkecil biaya dan menjadi konektivitas berdaya rendah untuk peralatan yang memerlukan baterai untuk hidup selama beberapa bulan sampai beberapa tahun, tetapi tidak memerlukan kecepatan transfer data tinggi. Komunikasi antara *xbee transmitter* dengan *xbee receiver* dapat berupa *point to point* atau *point to multipoint*, sehingga dengan *xbee* dapat pula dibentuk *wireless sensor network*. Kemampuan xbee untuk melakukan komunikasi *point to point* atau *point to multipoint* dibedakan berdasarkan pengaturan konfigurasinya, jumlah xbee yang

digunakan serta perintah yang digunakan. Untuk komunikasi *point to point* dapat digunakan perintah *AT Command (Transparent mode)*, sementara untuk *point to multipoint* perintah yang digunakan adalah *API mode (Application Programming Interface)*. Dalam penelitian ini yang digunakan adalah perintah *AT command* karena komunikasinya hanya dari *xbee transmitter* ke *xbee receiver* atau *point to point*.

F. XBee Shield

Xbee shield ini merupakan perangkat tambahan untuk menghubungkan mikrokontroler dengan modul xbee baik itu Zigbee maupun *bluetooth*. *Shield* ini bekerja dengan baik untuk xbee seri 1, 2 dan juga seri Pro. *Shield* ini memiliki 2 *jumper*, dimana posisi *jumper* tersebut menentukan komunikasi serial dari Zigbee.

1. *Jumper* pada posisi *Xbee*, posisi ini memungkinkan modul xbee untuk bekerja pada sebagai *transmitter* atau *receiver*
2. *Jumper* pada posisi USB, posisi ini memungkinkan modul xbee untuk dapat berkomunikasi langsung dengan komputer. *Upload Sketch* dari IDE dilakukan saat *shield* dalam posisi ini



Gambar 2.12. *Bluetooth Bee V03 Shield* (sumber: <http://sensorembedded.com>)

G. SIM900A Mini Board

SIM900A Mini Board, merupakan perangkat yang menggunakan modul *sim900A GSM/GPRS* yang berfungsi untuk berkomunikasi antara pemantau utama dengan ponsel pada frekuensi 900/1800 MHz. *SIM900A* memungkinkan untuk melakukan pengontrolan perangkat output lain yang terhubung dengan Arduino dengan menggunakan jaringan GPRS/GSM. Jaringan GPRS/GSM ini dapat

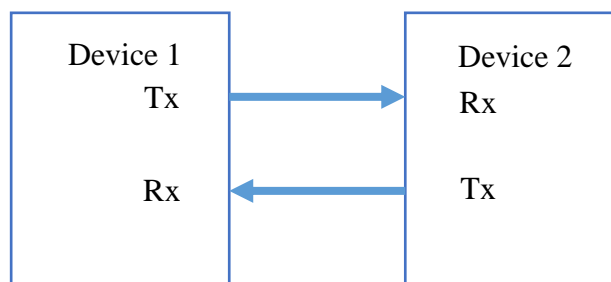
digunakan sebagai pengirim/penerima pesan singkat (sms) atau panggilan telepon, *SIM900A Mini Board* ini juga dapat berkomunikasi dengan *board* Arduino menggunakan *AT command*. Untuk dapat melakukan pengontrolan, pin *Rx* yang terdapat pada *SIM900A Mini Board* dan Arduino perlu dihubungkan, kemudian hal yang sama perlu dilakukan pula pada pin *Tx*. *SIM900A Mini Board* ini dapat beroperasi dengan arus dan tegangan yang diberikan dari *board* Arduino.



Gambar 2.13. *GSM SIM900A* (sumber: <http://electrodragon.com>)

H. Komunikasi Serial

Komunikasi serial ialah pengiriman data secara serial (data dikirim satu persatu secara berurutan), sehingga komunikasi serial lebih lambat daripada komunikasi parallel (Suyadi,2012). Kemampuan komunikasi serial dibutuhkan oleh perangkat elektronik untuk berkomunikasi. Begitupula dengan mikrokontroler, ada 2 jenis komunikasi data yang bisa dilakukan oleh mikrokontroler, yaitu komunikasi paralel dan komunikasi serial. Protokol komunikasi serial menggunakan dua buah jalur sinyal untuk berkomunikasi, yaitu jalur sinyal *Rx* (*receiver*) untuk menerima data dan jalur sinyal *Tx* (*transmitter*) untuk mengirimkan data.



Gambar 2.14. Ilustrasi komunikasi antara dua *device*

Terdapat dua jenis komunikasi serial, yaitu *asynchronous serial* dan *synchronous serial*.

- a. *Synchronous serial*, metode synchronous mengirimkan datanya beberapa *byte* atau karakter (atau disebut blok data atau frame) sebelum meminta konfirmasi apakah data sudah diterima dengan baik atau tidak.
- b. *Asynchronous serial*, metode asynchronous data dikirim satu *byte* setiap pengiriman. Biasanya tidak dibutuhkan konfirmasi penerimaan data.

Komunikasi serial yang dimiliki oleh Arduino bisa kita manfaatkan untuk berkomunikasi dengan *Personal Computer*, *Bluetooth Modul*, atau bahkan dengan Arduino yang lain. Yang perlu menjadi catatan utama adalah, jika *port* dari mikrokontroler Arduino sudah difungsikan sebagai sarana komunikasi serial, maka port tersebut tidak dapat difungsikan sebagai *port input/output digital*.

I. Motor Servo



Gambar 2.15. Motor servo (sumber: <https://electrosome.com>)

Motor servo pada dasarnya adalah *motor dc* dengan kualifikasi khusus yang sesuai dengan aplikasi “servo” didalam teknik kontrol (Purwanto, 2009). Motor servo merupakan motor dengan sistem umpan balik tertutup (*closed feedback*) yang terintegrasi dalam motor tersebut, dimana posisi dari motor atau posisi putaran sumbu akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Dalam hal ini potensiometer memiliki fungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo.

Sedangkan sudut sumbu motor diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Terdapat dua jenis motor servo, yaitu motor

servo *standard* dan motor servo *continuous*. Motor servo standar dapat berputar 160 derajat dan memiliki tiga posisi yaitu 0 derajat, 90 derajat dan 160 derajat, Sedangkan motor *servo continuous* dapat berputar 360 derajat

J. Buzzer

Buzzer adalah suatu alat yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara. *Buzzer* terdiri dari alat penggetar yang berupa lempengan yang tipis dan lempengan logam tebal. Bila kedua lempengan diberi tegangan maka elektron dan proton akan mengalir dari lempengan satu ke lempengan lain. Kejadian ini dapat menunjukkan bahwa gaya mekanik dan dimensi dapat digantikan oleh muatan listrik. Bila *buzzer* mendapatkan tegangan maka lempengan 1 dan 2 bermuatan listrik.



Gambar 2.16. *Buzzer* (sumber: <http://www.hobbytronics.co.uk>)

Dengan adanya muatan listrik maka terdapat beda potensial di kedua lempengan, beda potensial akan menyebabkan lempengan 1 bergerak saling bersentuhan dengan lempengan 2. Diantara lempengan 1 dan 2 terdapat rongga udara, sehingga apabila terjadi proses getaran di rongga udara maka *buzzer* akan menghasilkan bunyi dengan frekuensi tinggi. *Buzzer* biasanya digunakan sebagai alarm. Frekuensi suara yang keluar dari buzzer mencapai 1-5 KHz

K. LCD 16x2

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan media yang digunakan untuk menampilkan data atau perintah yang diberikan oleh user melalui perantara mikrokontroler. *LCD* sudah digunakan di berbagai bidang, misalnya dalam alat-alat elektronik, seperti televisi, kalkulator ataupun layar komputer. *LCD* dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian depan panel *LCD* yang terdiri dari banyak dot atau titik *LCD* dan mikrokontroler yang menempel pada bagian belakang panel *LCD* yang

berfungsi untuk mengatur titik-titik *LCD* sehingga dapat menampilkan huruf, angka, dan simbol khusus yang dapat terbaca.



Gambar 2.17. *LCD 16x2* (sumber: <http://seedstudio.com>)

Karena *LCD* sudah dilengkapi perangkat kontrol sendiri yang menyatu dengan *LCD*, maka kita mengikuti aturan standar yang telah disimpan dalam pengontrolan tersebut. Konfigurasi pin yang terdapat dalam *LCD* adalah

Tabel 2.2. Konfigurasi pin *LCD 16x2* (Margolis, 2012)

LCD Pin	Function	Arduino Pin
1	Gnd or 0V or Vss	Gnd
2	5V or Vdd	5V
3	Vo or contrast	
4	RS	12
5	R/W	Gnd
6	E	11
7	D0	
8	D1	
9	D2	
10	D3	
11	D4	5
12	D5	4
13	D6	3
14	D7	2
15	A or anode	
16	K or cathode	

L. Program

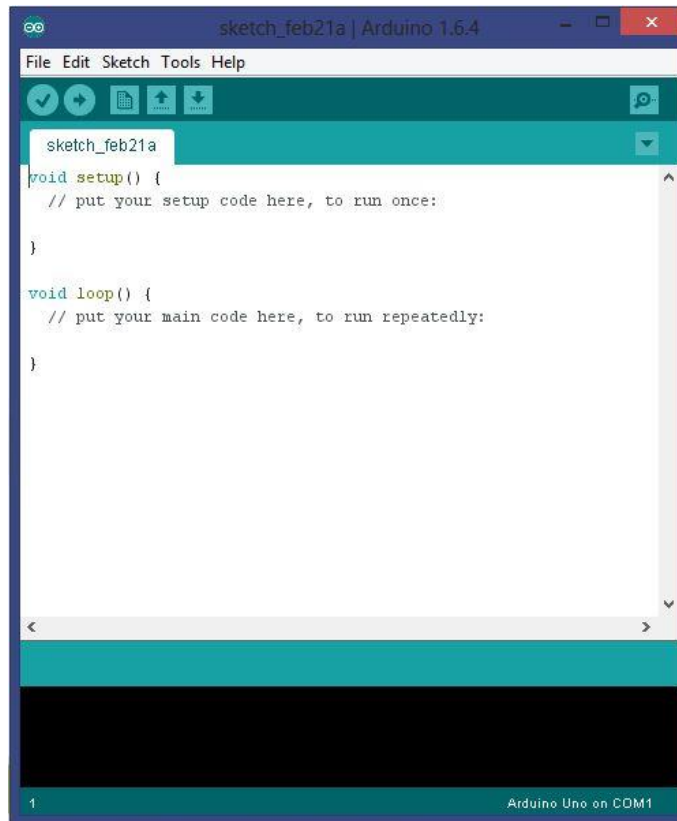
1. Bahasa C

Bahasa C merupakan perkembangan dari bahasa BCPL yang dikembangkan oleh Martin Richards pada tahun 1967. Bahasa C pertama kali digunakan di komputer *Digital Equipment Corporation* PDP-11 yang menggunakan sistem operasi *UNIX* (Solichin, A., 2003). Hingga saat ini penggunaan bahasa C telah merata di seluruh dunia. Bahasa C mempunyai kemampuan lebih dibanding dengan bahasa pemrograman yang lain. Bahasa C merupakan bahasa pemrograman yang bersifat portabel, yaitu suatu program yang dibuat dengan bahasa C pada suatu komputer akan dapat dijalankan pada komputer lain dengan sedikit (atau tanpa) ada perubahan yang berarti.

2. Arduino IDE

Arduino IDE merupakan software bawaan dari Mikrokontroler Arduino yang digunakan untuk membuat program yang diperintahkan untuk mikrokontroler Arduino sehingga tidak perlu lagi penggunaan software eksternal. Bahasa pemrograman yang digunakan oleh IDE arduino didalam mengembangkan aplikasi mikrokontroler adalah C/C++. Arduino IDE dibagi menjadi tiga bagian, diantaranya (Djuandi, Feri, 2011)

1. **Editor program**, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*.
2. **Compiler**, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler diperlukan dalam hal ini.
3. **Uploader**, sebuah modul yang memuat kode biner dari computer ke dalam memory di dalam papan Arduino.



Gambar 2.18. Tampilan Arduino IDE

M. Penelitian yang Relevan

Sistem peringatan dini banjir bukan merupakan penelitian yang baru, telah banyak perancangan sistem peringatan dini banjir dengan berbagai kelebihan masing-masing. Deden Komaludin dan Anugrah Galih (2014) dalam jurnalnya yang berjudul “*Prototipe Pendeteksi Ketinggian Permukaan Air Maksimum Dan Minimum Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler*” telah merancang sistem yang dapat mendeteksi ketinggian air minimum dan maksimum dengan menggunakan sensor ultrasonik. Dalam penelitiannya, Deden dan Anugrah lebih fokus pada penyampaian informasi ketinggian permukaan air yang ditampilkan lewat LCD 16x2, serta otomatisasi mesin pompa air. Sementara penelitian milik Sumarno, dkk (2013) yang berjudul “*Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Mikrokontroler Atmega 16 dengan Buzzer dan Short Message Service (SMS)*” fokus pada peringatan akan datangnya banjir. Sumarno, dkk menggunakan buzzer sebagai indikator peringatan banjir dan *Short Message Service* sebagai penyampai informasinya. Perangkat yang digunakan sebagai

pengirim sms adalah *Modem Wavecom Fastrack* dan pengujiannya dilakukan dengan mengirim sms ke 4 nomer ponsel tujuan dengan kecepatan penerimaan sms 7,55 detik sampai 9,3 detik.

Berbeda dengan penelitian milik Sumarno, dkk., penelitian yang berjudul “*Perancangan Pendeteksi Banjir Jarak Jauh Menggunakan Sistem Komunikasi 802.15.4*” milik Amelia dan Ajub Ajulian (2011) memanfaatkan sistem komunikasi 802.15.4 atau komunikasi *wireless*, yang tujuannya untuk mengirim data dari sensor dan kemudian menerima data secara telemetri, sehingga informasi dapat lebih mudah dikontrol tiap waktu. Perangkat *wireless* yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah *Xbee Pro* yang berfungsi sebagai *transmitter* atau pengirim data dan *Xbee Pro* di lokasi lain sebagai penerima data.

Penelitian lainnya “*Peringatan Dini Mengenai Tinggi Air Sungai Melalui Media Jejaring Sosial Menggunakan Mikrokontroler*” milik Attabibi, dkk (2013), memanfaatkan media sosial sebagai penyampai informasinya, yaitu, *facebook* dan *twitter* dengan kecepatan rata-rata pengiriman 10 hingga 11 detik. Attabibi juga menggunakan motor servo untuk otomatisasi palang pintu air.

Dalam sistem peringatan banjir, penggunaan lebih dari satu tipe sensor dapat meningkatkan akurasi informasi akan datangnya banjir, penggunaan dua tipe sensor ini telah diterapkan dalam penelitian milik Nugroho, dkk (2013) dengan judul “*Sistem Pendeteksi Dini Banjir Menggunakan Sensor Kecepatan Air dan Sensor Ketinggian Air pada Mikrokontroler Arduino*”. Seperti yang tertulis pada judulnya, Nugroho, dkk (2013), menggunakan dua tipe sensor yaitu, sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak permukaan airnya dan *waterflow sensor* sebagai pendeteksi kecepatan aliran airnya.

Dalam pembuatan prototipe sistem peringatan dini banjir, dibutuhkan acuan lokasi yang memiliki status ketinggian permukaan air, dalam hal ini bisa saja berupa pintu air atau bendungan. Penelitian yang menggunakan acuan status ketinggian permukaan air adalah penelitian milik Didi Rachmadi dan Karlisa Priandana (2014). Dengan judul penelitian “*Sistem Monitoring Ketinggian Air Melalui SMS Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*” sama seperti penelitian lainnya, Didi dan Karlisa menggunakan sensor ultrasonik dan media penyampai *short message service (sms)* Namun, Didi dan Karlisa juga menggunakan status ketinggian

permukaan air pintu air Katulampa sebagai acuan prototipe sistem mereka. Hal ini sangat penting, agar apabila sistem diterapkan pada lokasinya, sistem tersebut masih bisa berjalan.

Penelitian-penelitian yang dipaparkan diatas memiliki kesamaan pada sensor yang digunakan, yaitu sensor ultrasonik, serta sama-sama menggunakan media penyampai informasi, baik itu melalui media sosial, maupun *short message service (sms)*. Perangkat yang dapat mengirimkan informasi yang digunakan pun berbeda-beda, dan kebanyakan menggunakan modem, karena dapat berfungsi sebagai *sms gateway* serta pengiriman ke media sosial. Pada penelitian ini, akan digunakan pula sensor ultrasonik serta media penyampainya melalui sms, namun akan ditambahkan teknologi nirkabel untuk pengiriman dan penerimaan data jarak jauh (telemetry).

N. Kerangka Pikir

Sistem peringatan dini banjir merupakan sebuah sistem yang tujuan utamanya adalah menginformasikan kepada masyarakat ketika banjir akan terjadi, agar dapat meminimalisir kerugian yang dialami masyarakat. Dalam sistem peringatan banjir dibutuhkan sebuah pendeteksi ketinggian permukaan air, dimana semakin tinggi air, maka status ketinggiannya akan berubah pula. Hal ini lah yang menjadi indikator akan terjadinya banjir. Apabila sistem telah mendeteksi perubahan status ketinggian air, maka sistem akan secara otomatis memberikan peringatan. Pengontrolan secara otomatis ini menggunakan mikrokontroler yang mampu melakukan kontrol semua perangkat yang terhubung dengannya, mulai dari pendeteksian ketinggian permukaan air hingga peringatan akan terjadinya banjir.

Sebuah sistem peringatan dini banjir akan lebih akurat bila menggunakan lebih dari satu sensor, sehingga pada penelitian akan digunakan dua tipe sensor, yaitu, sensor ultrasonik sebanyak dua buah dan satu buah *waterflow sensor*. Sementara untuk penyampai informasinya akan melalui *short message service (sms)* untuk wilayah yang tidak terjangkau oleh jaringan nirkabel sistem, sedangkan wilayah yang terjangkau akan mendapat informasi melalui perangkat *wireless*. Ketika sistem menerima data status siaga maka peringatan (*buzzer*) yang diletakkan dirumah akan berbunyi dan melakukan otomatisasi buka/tutup palang pada pintu rumah, hal ini dilakukan agar setidaknya dapat menahan sementara air yang masuk

kedalam rumah, sehingga pemilik rumah dapat mengevakuasi barang-barang miliknya terutama barang elektronik. Sebagai acuan status ketinggian permukaan air akan digunakan status pintu air Katulampa, karena pintu air Katulampa sendiri merupakan acuan status siaga banjir di Jakarta.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Operasional

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan rancang bangun sistem peringatan dini banjir berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan memanfaatkan teknologi nirkabel

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan Juni 2016

C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Alat

- Sumber Tegangan
- Laptop
- Kabel USB
- Mikrokontroler Arduino Uno
- Sensor Ultrasonik HC-SR04
- *Water Flow Sensor YS-S201*
- Modul *Xbee Series 2*
- *GSM SIM900A*
- *Xbee Shiled V3*
- Motor Servo
- *Buzzer*
- Solder
- Komponen elektronika
- *PCB*
- *LCD 16x2*

- Kabel/Jumper

2. Bahan

- Air
- Timah
- Lem
- Kaca
- Penyangga

D. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen dan pengembangan. Penelitian ini mengembangkan sistem peringatan dini banjir dengan memanfaatkan teknologi nirkabel dan menggunakan media sms (*short message service*) sebagai penyampai informasi peringatan banjir . Informasi ketinggian permukaan air yang ditangkap oleh sistem dikirim dengan memanfaatkan teknologi nirkabel sebagai pengganti kabel, kemudian sistem peringatan yang ada di rumah akan menerima informasi tersebut. Sebagai penghambat masuknya air ke dalam rumah ditambahkan pintu penghambat otomatis dengan memanfaatkan motor servo sebagai penggerakannya.

E. Prosedur Penelitian

1. Preparasi alat dan bahan yang akan digunakan untuk membuat sistem
2. Kalibrasi sensor ultrasonik dan *Water Flow Sensor*. Persamaan yang digunakan untuk menentukan besar kesalahan relative sensor adalah

$$Error (\%) = \frac{|NP-NS|}{NS} \times 100\% \quad (3.1)$$

dengan,

NP = Nilai Pembacaan Sensor

NS = Nilai Sebenarnya

3. Konfigurasi modul xbee sebagai *transmitter* dan *receiver*
4. Perancangan sistem yang meliputi sistem pendeteksian ketinggian permukaan air dan sistem peringatan pada rumah

5. Pengujian keseluruhan sistem dan pengambilan data

F. Blok Diagram Sistem

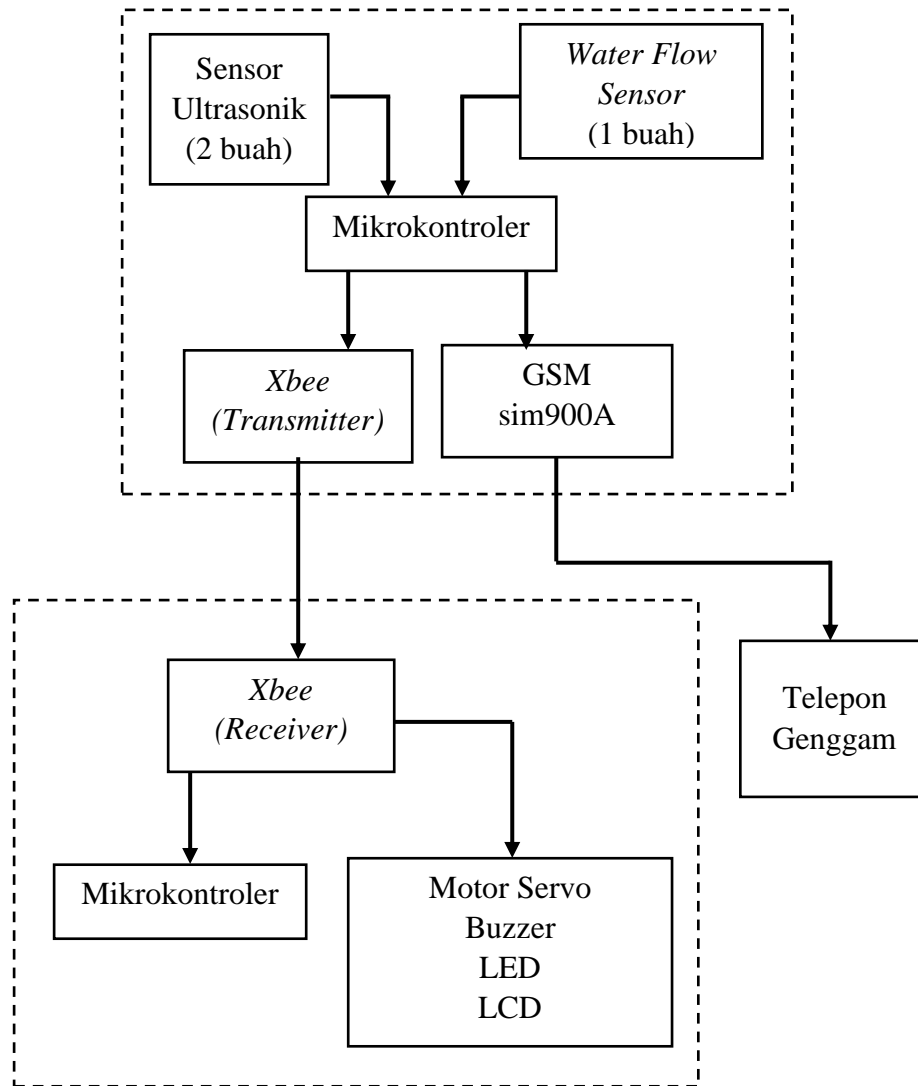
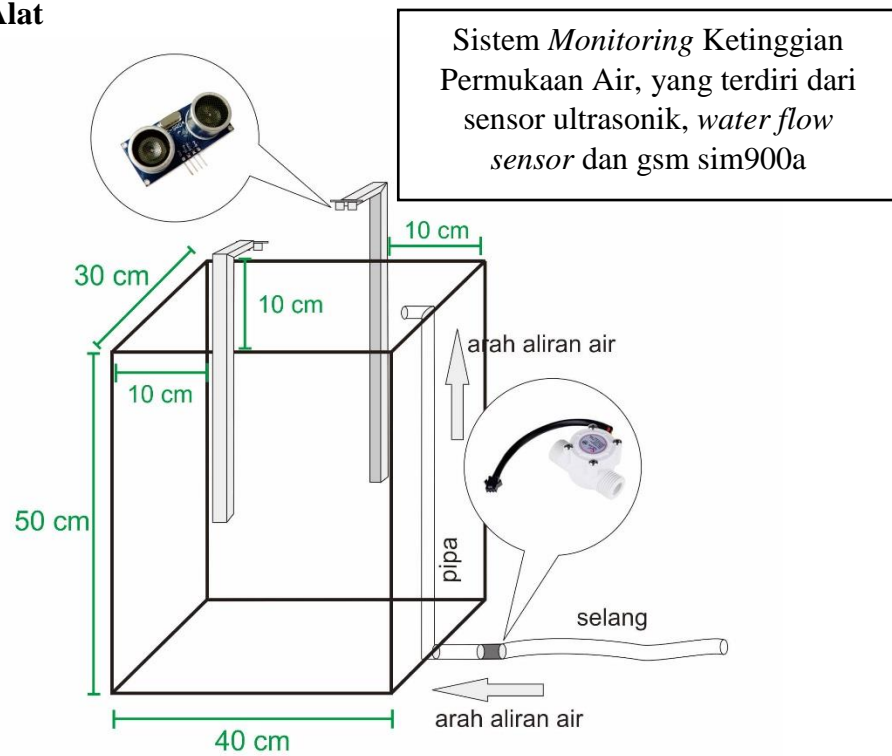
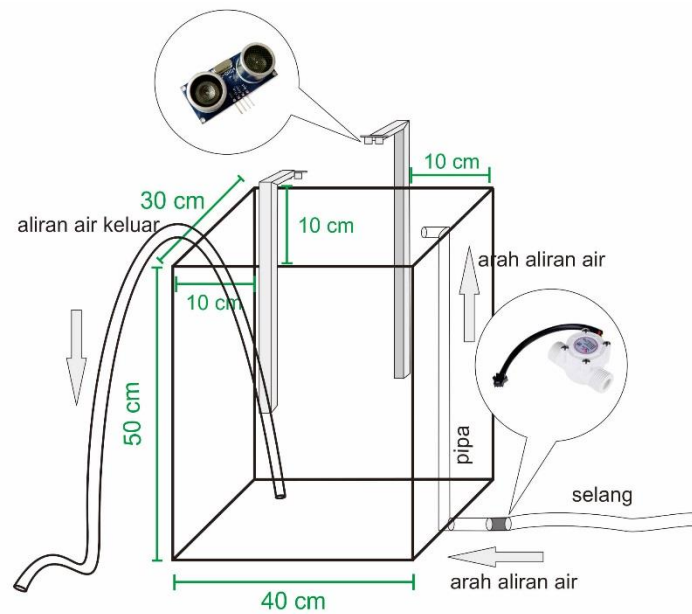


Diagram 3.1. Diagram Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir

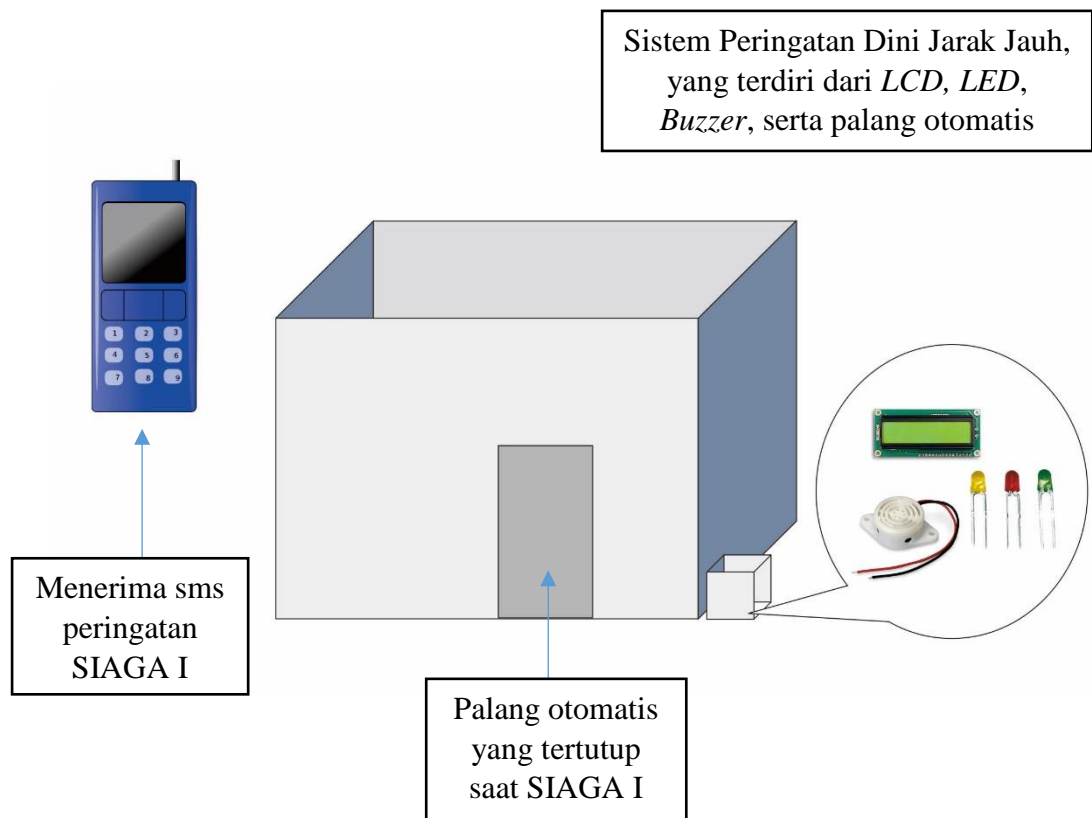
G. Skema Alat



Gambar 3.1. Skema sistem monitoring kondisi air statis



Gambar 3.2. Skema sistem monitoring kondisi air dinamis



Gambar 3.3. Skema sistem peringatan jarak jauh

H. Flowchart Program

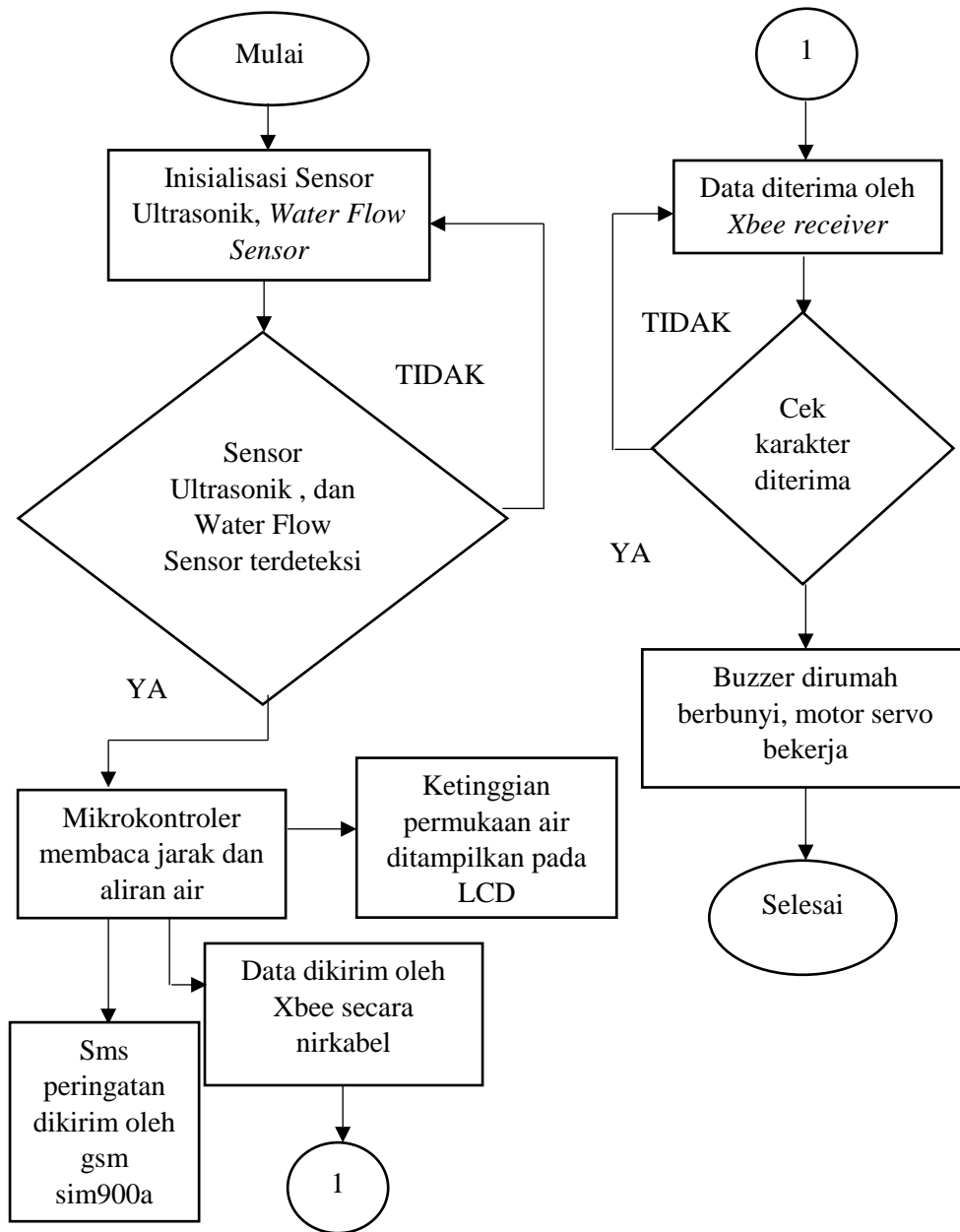


Diagram 3.2. Flowchart program Transmitter dan Receiver

I. Diagram Alir Penelitian

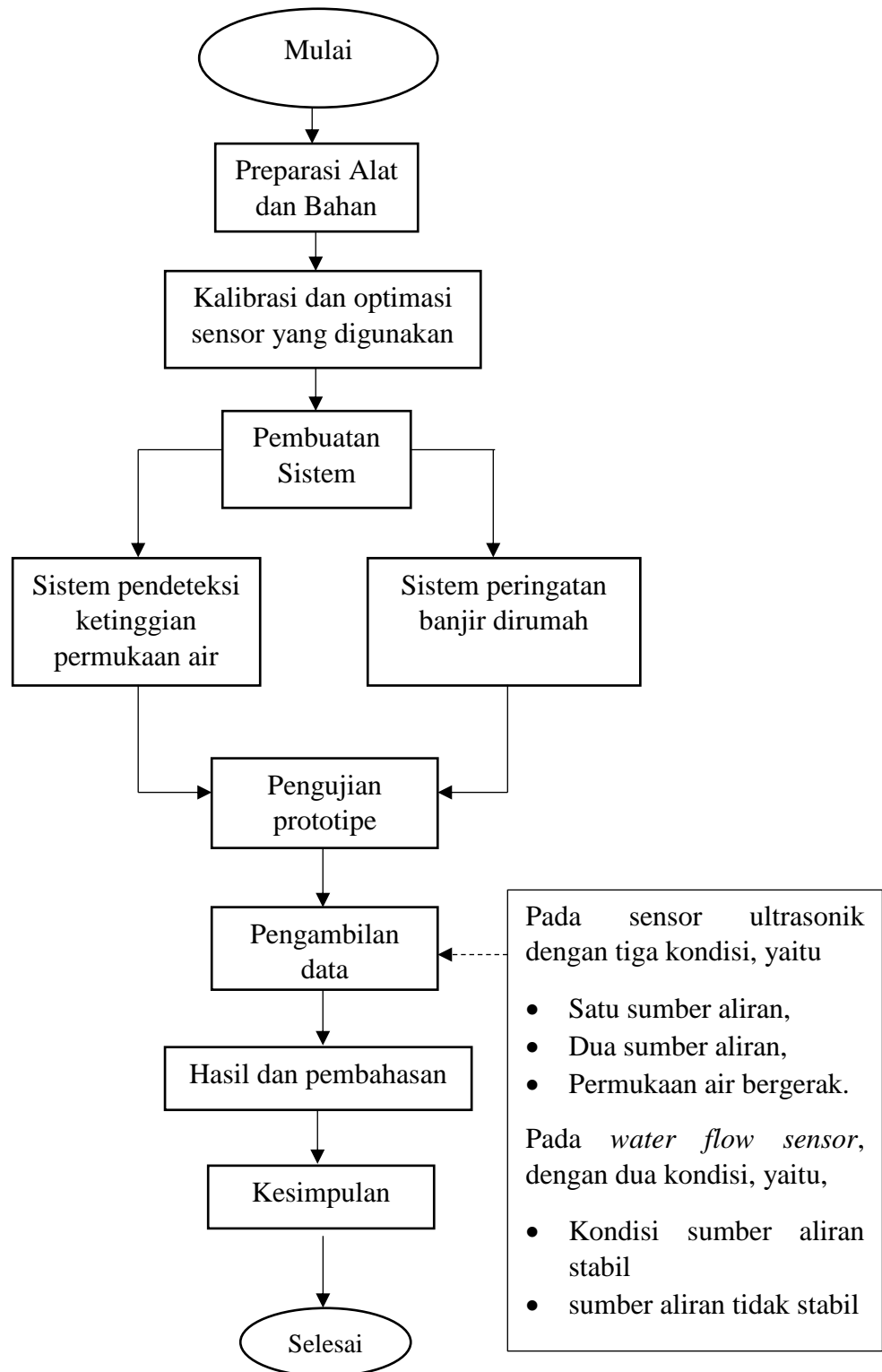


Diagram 3.3. Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kalibrasi Sensor Ultrasonik

Sebelum membuat prototipe sistem peringatan dini banjir terlebih dahulu dilakukan kalibrasi terhadap sensor yang digunakan. Kalibrasi ini dilakukan untuk mengetahui besar kesalahan sensor yang nantinya akan digunakan pada sistem peringatan dini banjir. Sensor yang digunakan pada sistem peringatan dini banjir ini adalah sensor ultrasonik HC-SR04, yang berfungsi sebagai pendeteksi ketinggian permukaan air. Data yang diambil untuk menghitung kesalahan relatif sensor sebanyak 20 kali pembacaan sensor dengan jeda waktu tiap pembacaan selama 2 detik dan pengulangan pengambilan data sebanyak tiga kali. Kalibrasi sensor ultrasonik ini dilakukan dalam tiga bagian, yaitu pengambilan data dengan menggunakan status siaga ketinggian permukaan air bendungan Katulampa sebagai acuan, pengambilan data dengan menggunakan skala 1:10 dari keadaan sebenarnya (status ketinggian permukaan air bendungan Katulampa), kemudian yang terakhir adalah dengan mencari perubahan minimum yang dapat terdeteksi oleh sensor ultrasonik HC-SR04.

Tabel 4.1. Kesalahan Relatif Sensor 1 dan 2 Menggunakan Status Ketinggian Air Bendungan Katulampa

STATUS	JARAK (cm)	Kesalahan Relatif Maksimum (%)	
		Sensor1	Sensor2
SIAGA I	80	1.125	1.125
	100	0.4	1
SIAGA II	101	0.45	1.63
	125	0.68	0.68
	150	0.73	0.73
SIAGA III	151	0.33	1.04
	185	0.76	0.35
	220	0.91	0.34
SIAGA IV	221	0.45	0.34
	250	0.46	0.84

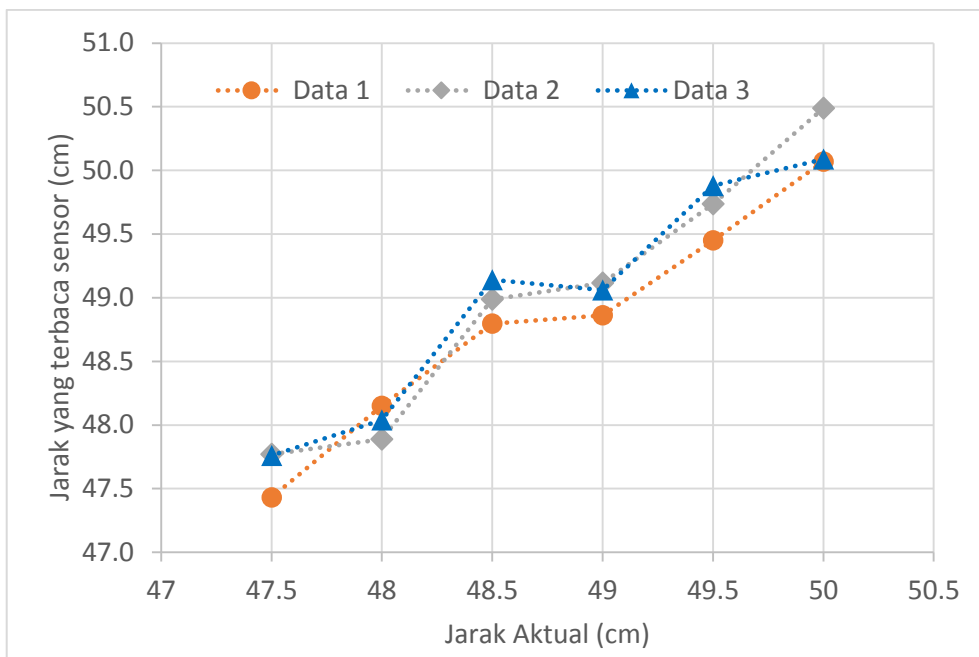
Tabel 4.2. Kesalahan Relatif Sensor 1 dan 2 menggunakan skala 1:10 dari acuan Status Siaga Bendungan Katulampa

STATUS	JARAK (CM)	Kesalahan Relatif Maksimum (%)	
		Sensor1	Sensor2
SIAGA I	7	8.57	6.43
	9	3.90	9.44
SIAGA II	10	1.60	7.50
	12	1.67	7.08
	14	3.93	3.93
SIAGA III	15	4.33	4.00
	18	2.22	2.78
	21	1.90	1.43
SIAGA IV	22	2.50	2.045
	25	0.20	1.80

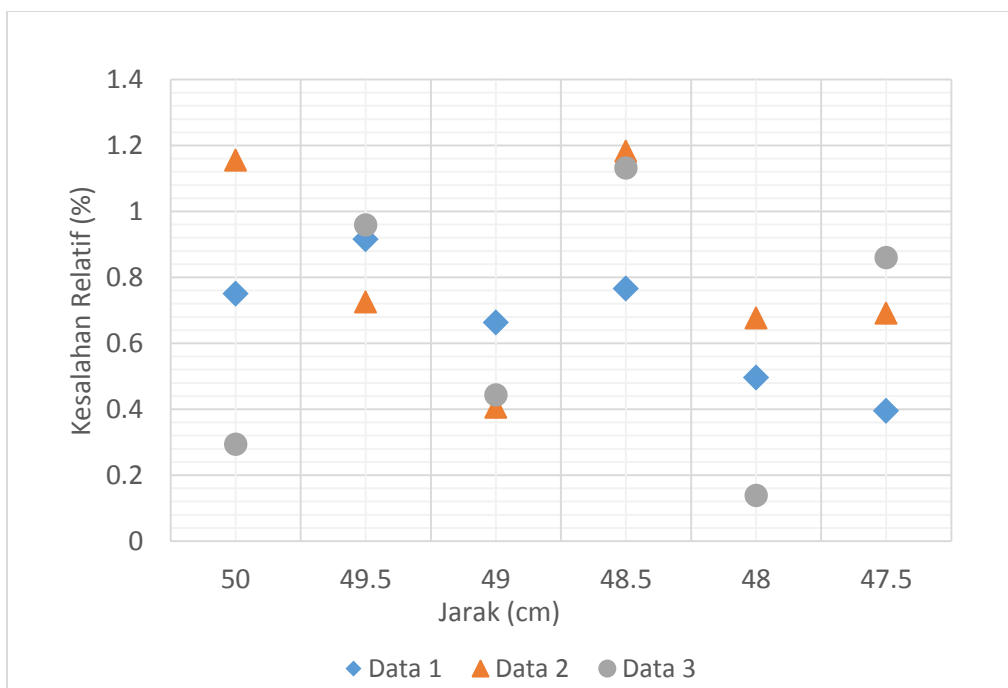
Berdasarkan hasil perhitungan kesalahan pada tabel 4.1 dan 4.2 dapat diketahui bahwa sensor bekerja dengan baik pada jarak 14 cm sampai dengan 250 cm dengan kesalahan relatif maksimum pada jarak 15 cm sebesar 4.33%. Sementara pada jarak 7 cm hingga 13 cm sensor tidak bekerja dengan baik dapat terlihat pada kesalahan relatifnya yang besar hingga 9.4 %. Dengan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa sensor ultrasonik lebih baik jika bekerja untuk mendeteksi jarak yang jauh. Kemampuan kerja sensor ultrasonik tersebut berpengaruh pada pembuatan prototipe sistem peringatan dini bencana banjir.



Gambar 4.1. Batas ketinggian permukaan air pada bendungan Katulampa

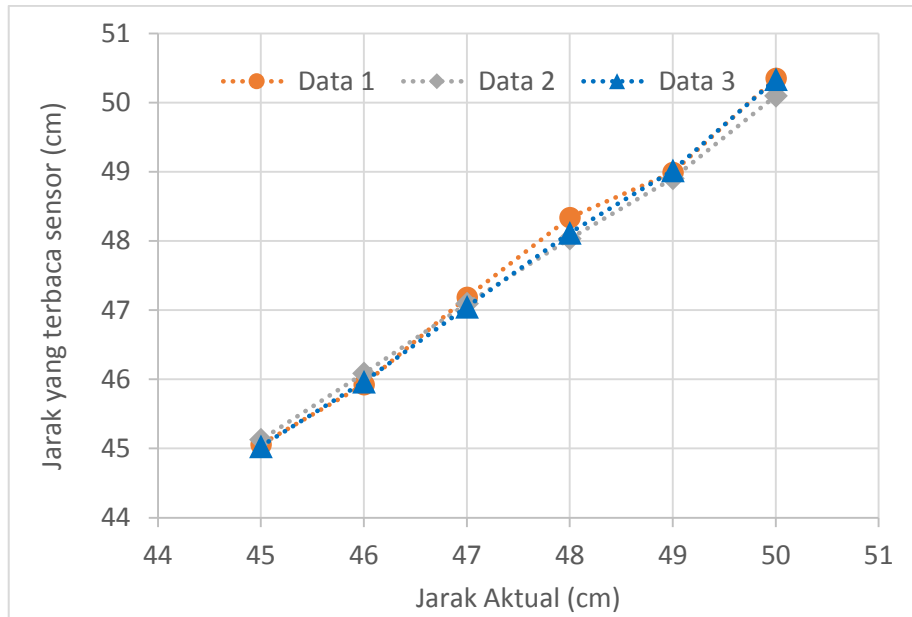


Gambar 4.2. Grafik pembacaan sensor terhadap nilai aktual dengan perubahan jarak 0.5 cm

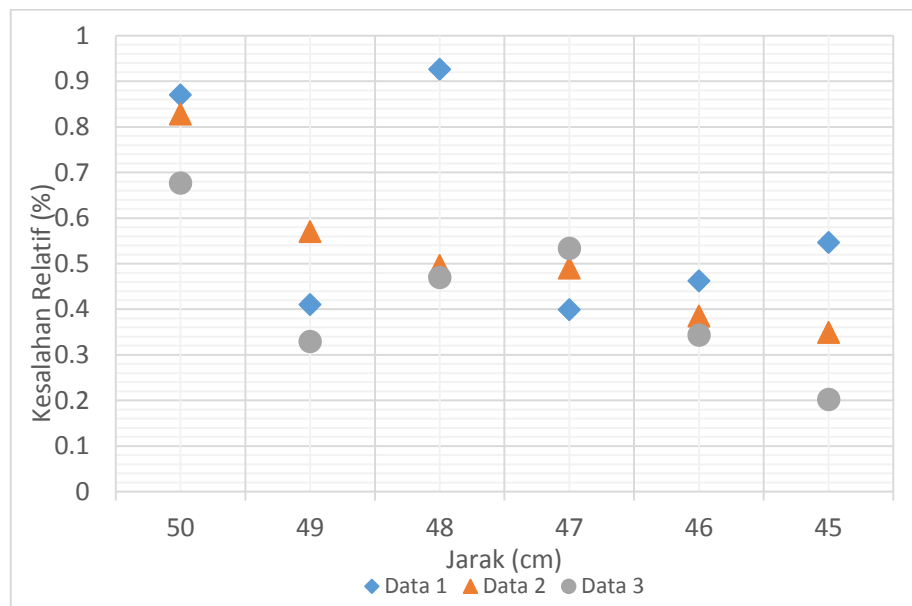


Gambar 4.3. Grafik Kesalahan Relatif Maksimum Perubahan jarak 0.5 cm

Karena pada jarak 7 cm hingga 13 cm sensor tidak bekerja dengan baik maka pada prototipe tidak dapat menggunakan Skala 1:10, skala harus diperbesar menjadi 1:5 yang didapat dari perbandingan 15 cm dengan 80 cm.



Gambar 4.4. Grafik pembacaan sensor terhadap nilai aktual dengan perubahan jarak 1 cm

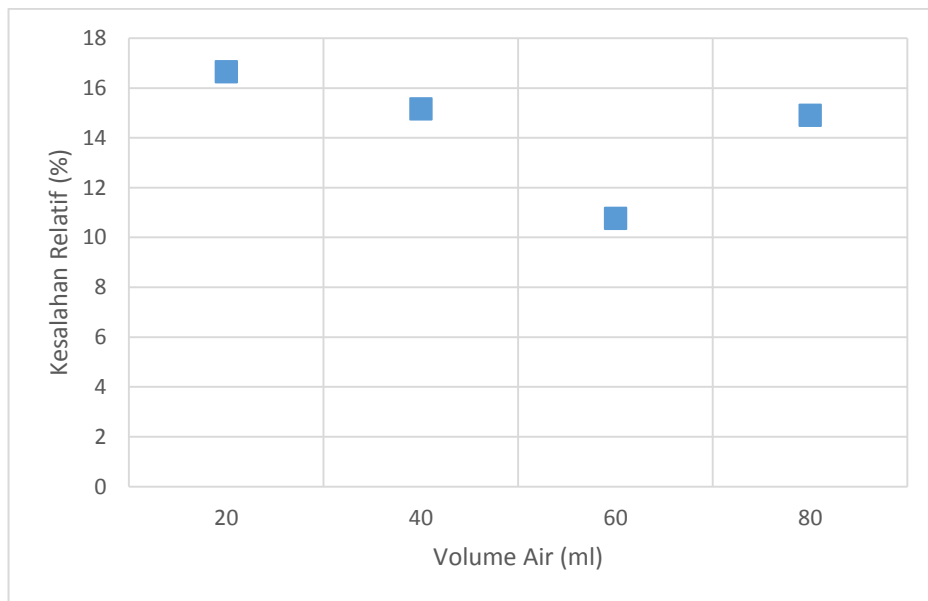


Gambar 4.5. Grafik Kesalahan Relatif Maksimum Perubahan jarak 1 cm

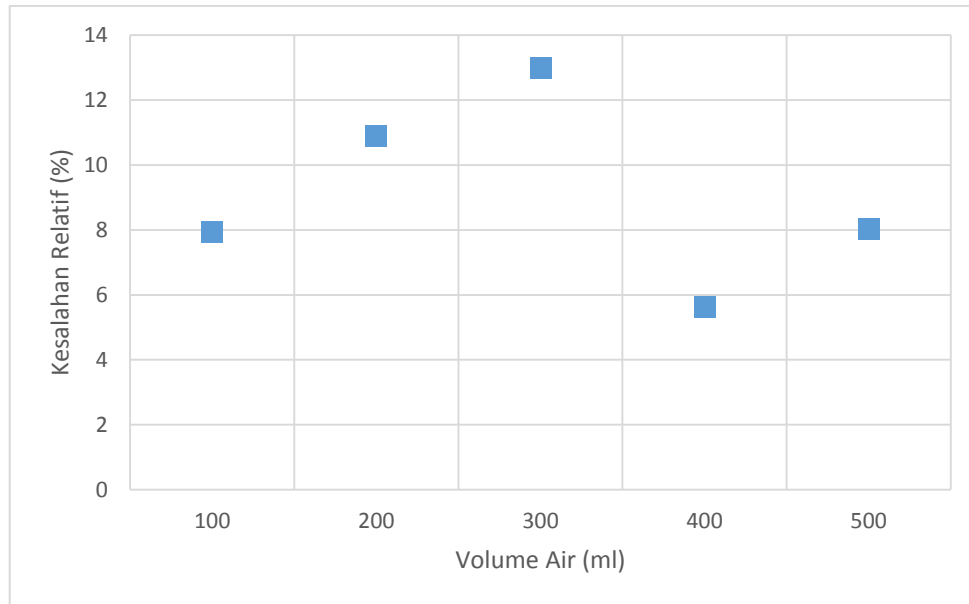
Sementara untuk mengetahui seberapa kecil perubahan jarak yang dapat terdeteksi oleh sensor, dilakukan pengukuran jarak dengan selisih perubahan jarak 1 cm dan 0.5 cm. Berdasarkan grafik pada gambar 4.2 dan 4.4 dapat diketahui bahwa sensor lebih baik digunakan untuk mendeteksi perubahan jarak 1 cm dengan kesalahan relatif maksimumnya sebesar 0.93%.

B. Kalibrasi Water Flow Sensor

Selain sensor ultrasonik digunakan pula *water flow* sensor sebagai sensor kecepatan aliran air. Perhitungan kesalahan relatif sensor menggunakan persamaan 3.1. Pengambilan data dilakukan masing-masing sebanyak 15 kali setiap perubahan data diambil dari 20 ml hingga 80 ml dan 100 ml hingga 500 ml. Tingkat akurasi waterflow sensor dapat dikatakan rendah, dapat terlihat volume 20 ml dengan kesalahan relatif yang besar yaitu 16.67%. Hal ini dikarenakan fungsi utama sensor sebagai pembaca kecepatan aliran yang melewatinya, sehingga pembacaan volume oleh sensor merupakan total dari aliran air yang melewati sensor tersebut. Karena tidak ada cara manual untuk menghitung kecepatan aliran air sebagai perbandingan dengan pembacaan sensor, maka yang dijadikan perbandingan adalah volume yang dapat dihitung dari jumlah aliran air yang melewati sensor tersebut.



Gambar 4.6. Grafik Rata-rata Kesalahan Relatif Sensor YF-S201 volume 20ml-80ml



Gambar 4.7. Grafik Rata-rata Kesalahan Relatif Sensor YF-S201 100ml-500ml

Water flow sensor dalam penggunaannya dengan mikrokontroler Arduino menggunakan 2 buah pin digital selain pin gnd dan vcc, dimana salah satu pinnya merupakan pin *interrupt* (pin 0 pada Arduino uno). Penggunaan pin 0 ini dapat mengganggu komunikasi serial pada mikrokontroler, karena pada Arduino uno pin 0 merupakan pin Rx. Apabila *water flow sensor* yang digunakan dua buah maka pin 1 yang merupakan pin Tx akan digunakan sebagai pin *interrupt*. Prototipe ini menggunakan modul xbee yang memanfaatkan komunikasi serial antara dua Arduino, oleh karena itu *water flow sensor* yang digunakan hanya satu untuk mengurangi terganggunya komunikasi serial Arduino. Pada dasarnya tidak ada acuan yang dapat menjadikan *water flow sensor* sebagai indikasi akan terjadinya bencana banjir, sehingga kecepatan aliran yang terbaca oleh *water flow sensor* hanya sebagai informasi bukan sebagai indikasi akan terjadinya bencana banjir.

C. Perancangan Perangkat Keras

Berdasarkan hasil kalibrasi sensor ultrasonik maka skala yang digunakan untuk pembuatan prototipe adalah 1:5. Pada status siaga I ketinggian permukaan air bendungan Katulampa, ketinggian permukaan air sebesar ≥ 200 cm, dengan skala 1: 5 maka pada prototipe status siaga I menjadi ≥ 40 cm (tabel 4.3). Dengan acuan tersebut maka dibuat ukuran tempat air dengan dimensi 30 cm x 40 cm x 50 cm,

dimana selisih jarak sensor dari permukaan maksimal air adalah 10 cm, maka tinggi tiang penyangga sensor sepanjang 60 cm (gambar 4.8)

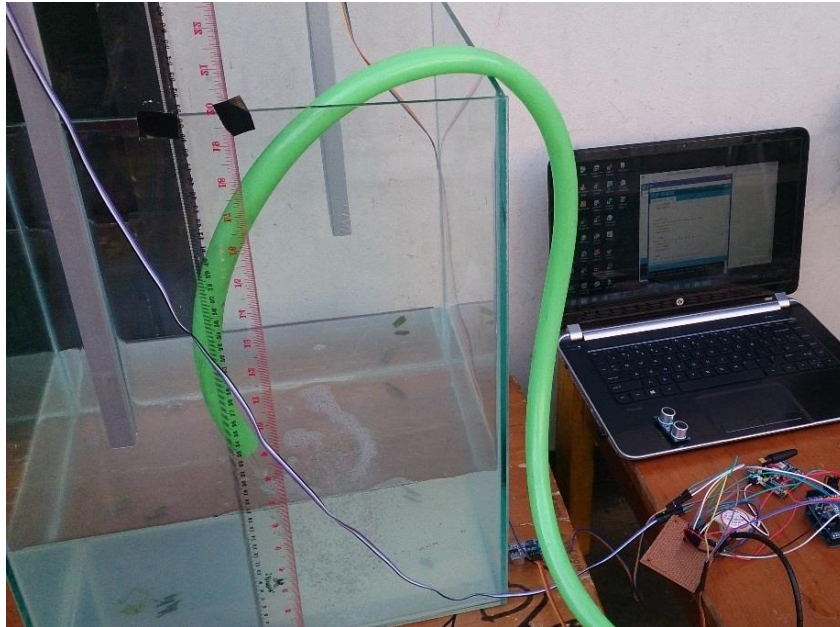


Gambar 4.8. Tempat Air

Tabel 4.3. Status Ketinggian Permukaan Air pada Prototipe

Status	Jarak sensor ke permukaan air
Aman	≥ 48 cm
Siaga IV	44 cm – 47 cm
Siaga III	43 cm – 30 cm
Siaga II	29 cm – 20 cm
Siaga I	≤ 19 cm

Sensor ultrasonik pada tiang penyangga terhubung dengan sistem monitoring ketinggian permukaan air yang terdiri dari mikrokontroler, xbee (*transmitter*) sebagai modul nirkabel, gsm sim900a untuk pengirim pesan singkat, serta *water flow sensor* yf-s201. Sebagai sistem peringatan jarak jauhnya terdapat mikrokontroler, motor servo, xbee (*receiver*), *lcd 16x2*, *led*, serta *buzzer* sebagai indikasi status ketinggian permukaan air. Sistem peringatan jarak jauh ini tidak terhubung dengan sistem monitoring ketinggian permukaan air.



Gambar 4 9. Keseluruhan sistem *monitoring* ketinggian permukaan air

D. Perancangan Perangkat Lunak

Secara keseluruhan terdapat dua sistem pada prototipe sistem peringatan dini bencana banjir ini, yaitu sistem monitoring sebagai sistem *transmitter* atau pengirim data, dan sistem peringatan jarak jauh sebagai sistem *receiver*. Komunikasi jarak jauh tersebut menggunakan sepasang modul *xbee series 2*. Dengan digunakannya dua buah modul *xbee (transmitter dan receiver)* tersebut, maka program yang digunakan pun ada dua yaitu program transmitter pada sistem *monitoring*, dan program *receiver* pada sistem peringatan jarak jauh.

1. Program Transmitter

Pada sistem *monitoring* digunakan dua buah sensor ultrasonik dan satu buah *water flow sensor*. Kedua sensor ultrasonik akan membaca jarak dari sensor ke permukaan air. Ketika ketinggian permukaan air sudah sesuai dengan statusnya (Siaga I, II, III, dan IV) maka sistem akan mengirimkan pesan ke sistem *receiver*. Pesan yang diterima oleh *receiver* berupa karakter yang dikeluarkan pada serial monitor Arduino IDE. Untuk Siaga I karakter yang dikirim adalah “A”, Siaga II “B”, Siaga III “C”, Siaga IV “D”, serta untuk status aman karakter yang dikirim adalah “E” dan “N”. Ketika ketinggian permukaan air sudah menunjukkan status siaga I maka secara otomatis sistem akan mengirimkan pesan singkat (sms) ke 5 nomor sebanyak 2 kali.

2. Program Receiver

Program *receiver* atau sistem peringatan jarak jauh merupakan program yang menerima data dari *transmitter* untuk kemudian menginformasikan status ketinggian permukaan air dengan memberikan peringatan berupa nyala *led*, informasi pada *lcd* serta bunyi *buzzer* sesuai dengan karakter yang diterima.

E. Hasil Pengujian Perangkat dan Pembahasan

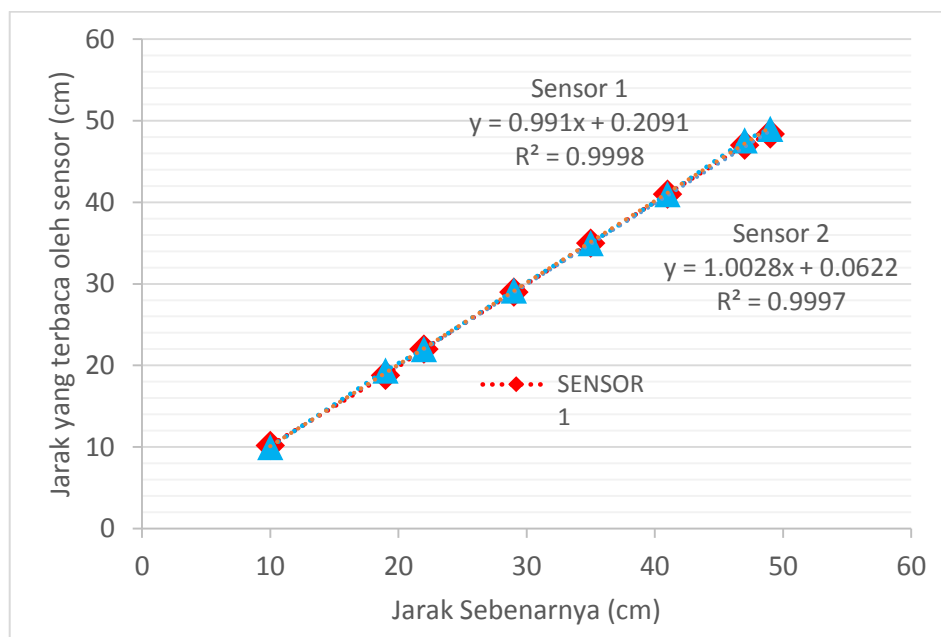
Pengujian prototipe sistem peringatan bencana banjir dilakukan pada tanggal 26 Juni 2016. Pengujian yang dilakukan berupa pembacaan sensor ultrasonik, *water flow sensor* serta menguji kesesuaian program sistem peringatan jarak jauh dengan program.

1. Hasil Pembacaan Sensor Ultrasonik

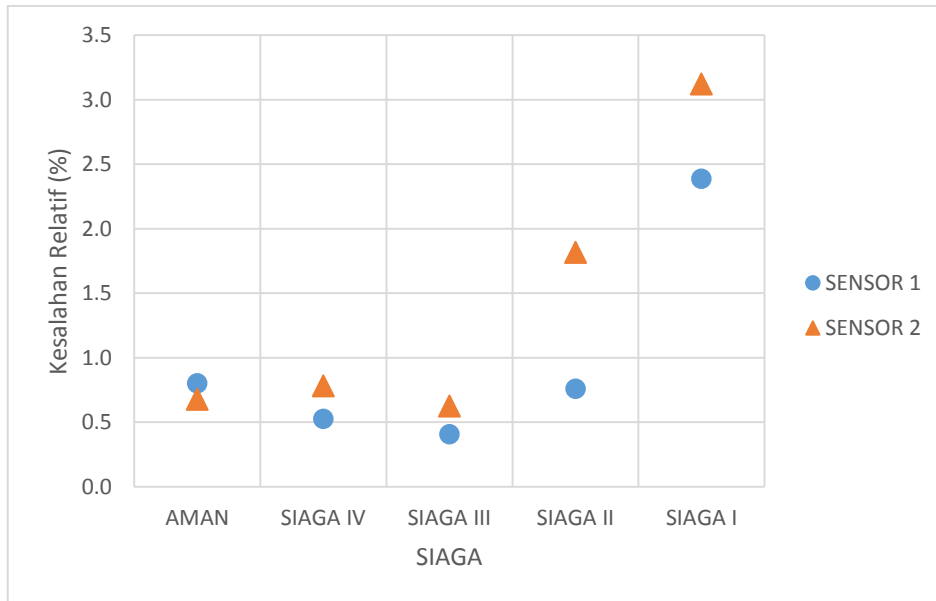
Pengujian pembacaan sensor terhadap permukaan air dilakukan sebanyak tiga kali dengan kondisi yang berbeda, yaitu menggunakan satu sumber aliran air, menggunakan dua sumber aliran air, dan kondisi permukaan air bergerak.

a. Pengujian Sensor pada Kondisi Satu Sumber Aliran Air

Pengujian pada kondisi satu sumber aliran air dilakukan dengan hanya menggunakan satu selang air sebagai sumber air yang masuk ke dalam tempat air. Permukaan air pada pengujian ini stabil.



Gambar 4.10. Grafik pembacaan sensor terhadap jarak aktual kondisi satu sumber aliran air

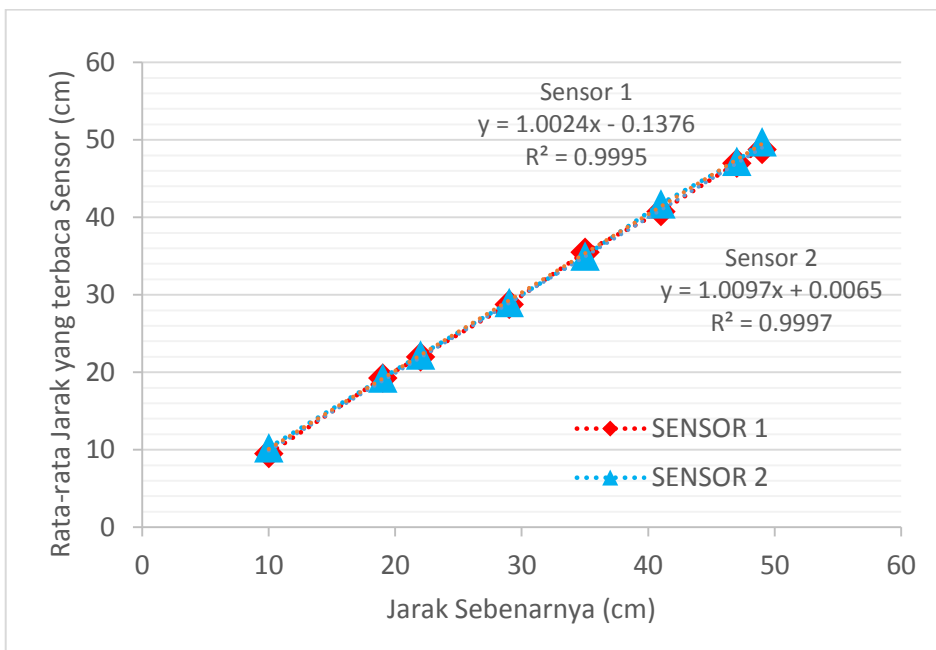


Gambar 4.11. Kesalahan Relatif pengujian pembacaan sensor dengan satu sumber aliran air

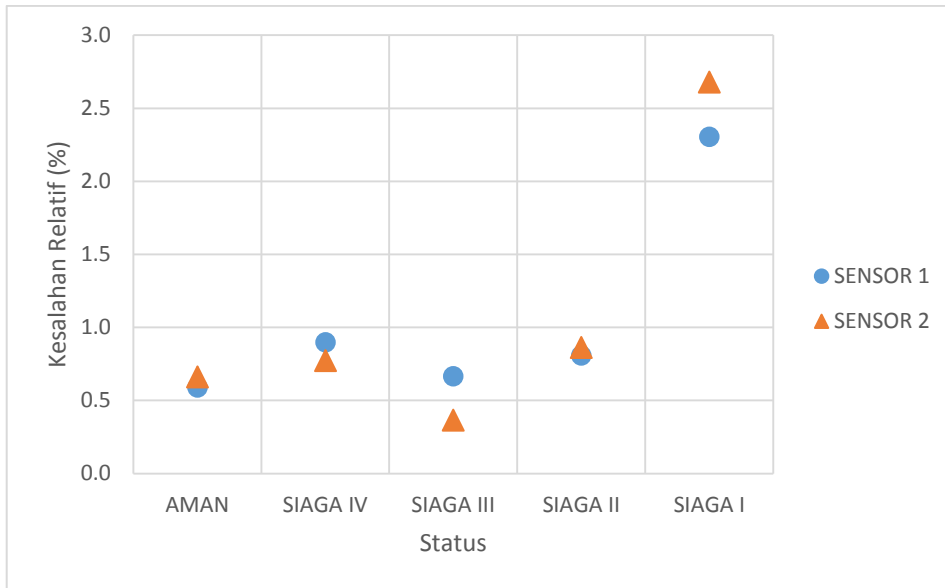
Kesalahan relatif maksimum pada pengujian ini sebesar 2.4% pada sensor 1 dan 3.12% pada sensor 2.

b. Pengujian Sensor pada Kondisi Dua Sumber Aliran Air

Pengujian pada kondisi satu sumber aliran air dilakukan dengan menggunakan dua selang air sebagai sumber air yang masuk ke dalam tempat air. Permukaan air pada pengujian ini stabil.



Gambar 4.12. Grafik pembacaan sensor terhadap jarak aktual kondisi dua sumber aliran air

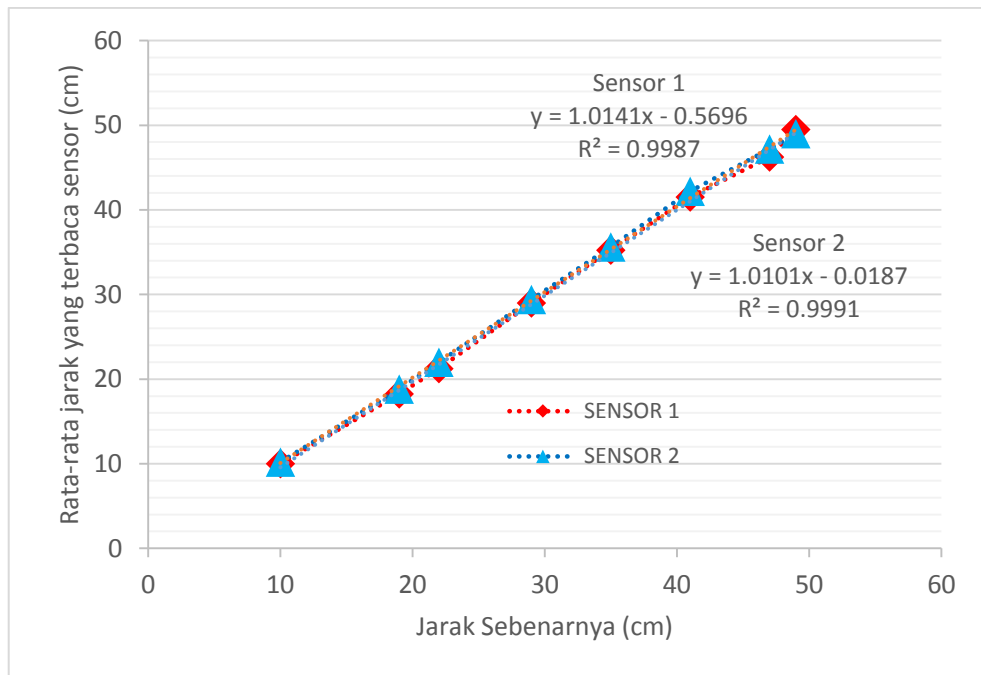


Gambar 4.13. Kesalahan Relatif pengujian pembacaan sensor dengan dua sumber aliran air

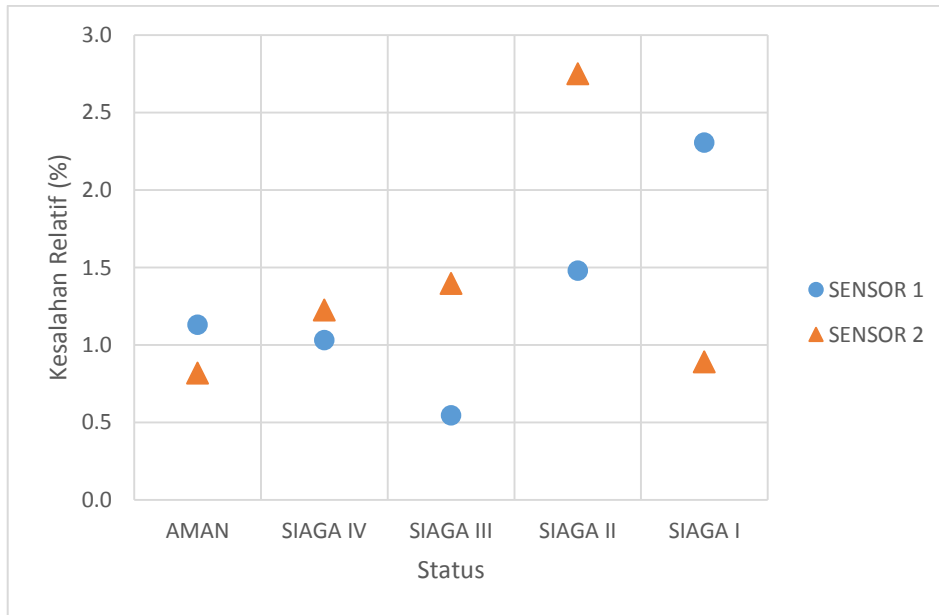
Kesalahan relatif maksimum pada pengujian ini sebesar 2.3% pada sensor 1 dan 2.7% pada sensor 2.

c. Pengujian Sensor pada Kondisi Permukaan Air Bergerak

Pengujian pada kondisi satu sumber aliran air dilakukan dengan menggunakan satu selang air sebagai sumber air yang masuk ke dalam tempat air dan satu selang lagi untuk air keluar. Permukaan air pada pengujian ini bergerak dan tidak stabil.



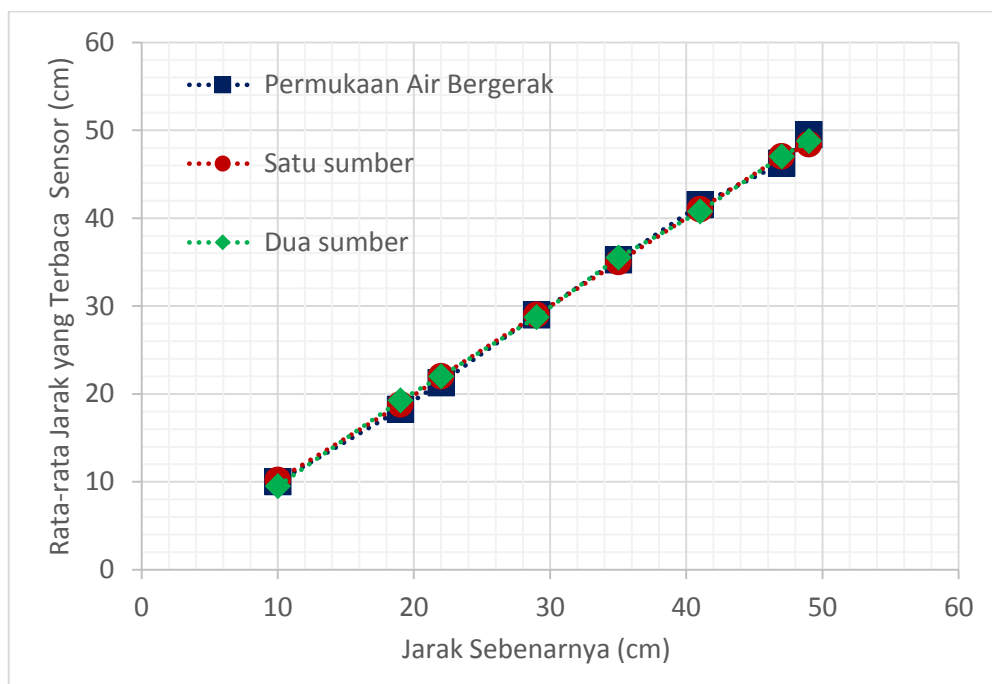
Gambar 4.14. Grafik pembacaan sensor terhadap jarak aktual kondisi permukaan air bergerak



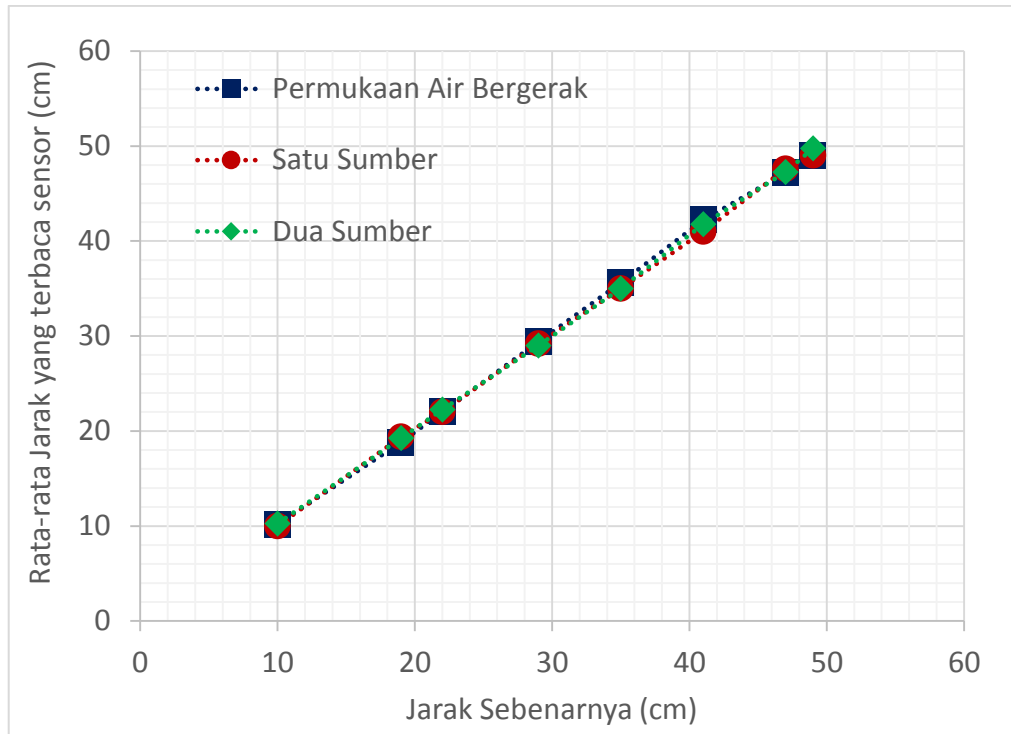
Gambar 4.15. Kesalahan Relatif pengujian pembacaan sensor kondisi permukaan air bergerak

Kesalahan relatif maksimum pada pengujian ini sebesar 2.4% pada sensor 1 dan 2.75% pada sensor 2.

d. Perbandingan Tiga Kondisi Pengujian



Gambar 4.16. Perbandingan ketiga kondisi pengujian sensor 1



Gambar 4.17. Perbandingan ketiga kondisi pengujian sensor 2

Dari hasil ketiga kondisi pengujian, dapat diketahui bahwa pengujian sensor pada permukaan air bergerak memiliki koefisien determinasi (R^2) yang paling kecil. Hal ini berarti kesalahan pembacaan yang dilakukan sensor pada saat kondisi permukaan air bergerak lebih besar dibandingkan dengan saat permukaan air tenang, karena pada dasarnya sensor melakukan pembacaan yang lebih baik apabila permukaan objek datar. Permukaan objek yang ideal untuk sensor ultrasonik adalah yang keras serta halus. Permukaan seperti itu memantulkan sinyal yang lebih besar daripada permukaan yang kasar serta lembut/lunak. Permukaan kasar serta lembut/lunak menghasilkan sinyal *echo* yang lemah. Hal ini akan mengurangi jarak operasi dari sebuah sensor ultrasonik dan mengurangi akurasi (M, Suleiman *etc.*, 2015).

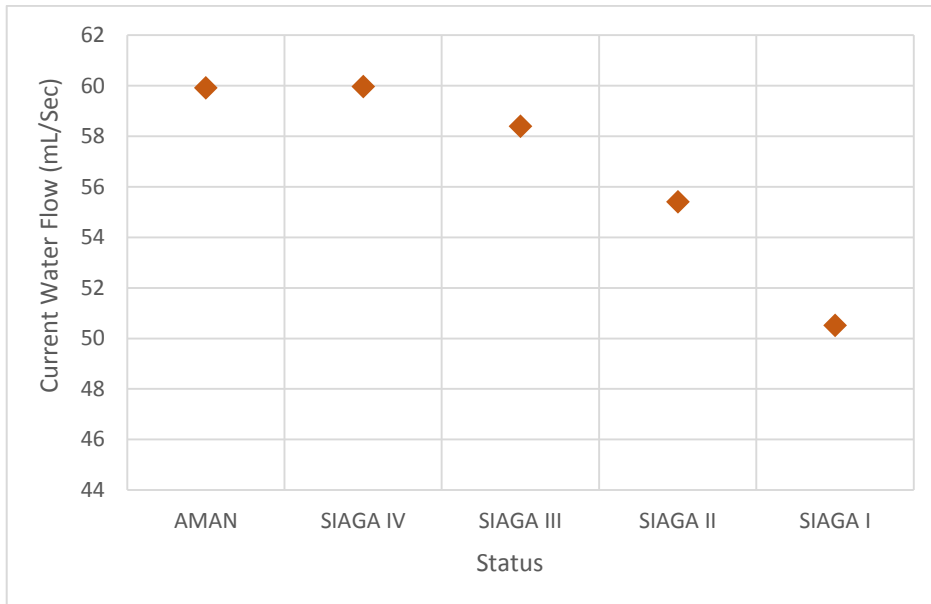
Selain permukaan, jarak sensor ke objek juga mempengaruhi pembacaan sensor. Pengaruh jarak pada pembacaan sensor adalah semakin jauh jarak maka semakin lama sensor melaporkan jarak yang dibacanya, yang juga berarti bahwa sinyal *echo* yang diterima semakin lemah (Morgan, 2014). Dengan begitu semakin dekat jarak antara sensor dan objek, maka semakin kuat sinyal *echo*. Berdasarkan grafik kesalahan rata-rata dapat diketahui bahwa kesalahan pembacaan lebih besar pada jarak yang lebih dekat (Siaga I), hal ini dikarenakan dalam perhitungan

kesalahan relatif (pers 3.1), hubungan jarak dengan besarnya kesalahan relatif berbanding terbalik, sehingga semakin kecil jarak semakin besar kesalahan yang diperoleh. Sementara untuk pengujian dengan menggunakan dua sumber aliran air memiliki koefisien determinasi (R^2) yang lebih kecil dari pengujian dengan satu sumber aliran air, yang berarti bahwa dari ketiga pengujian, sensor bekerja paling baik pada kondisi satu sumber aliran dengan kesalahan relatif maksimum sebesar 2.4% pada sensor 1 dan 3.12% pada sensor 2. Namun, walaupun demikian, sensor masih dapat dikatakan bekerja dengan baik pada kondisi permukaan air bergerak karena kesalahan relatif sensor kecil dan tidak lebih dari 10%.

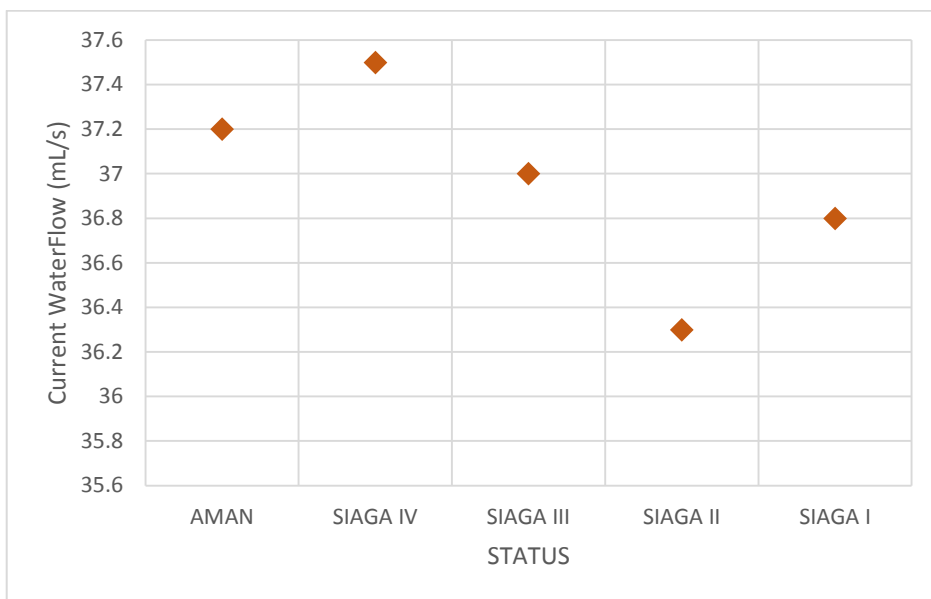
Secara keseluruhan, penggunaan dua buah sensor ultrasonik dapat meningkatkan efektivitas sensor, karena pembacaan ketinggian permukaan air menjadi lebih tepat, terlebih lagi ketika kondisi permukaan air tidak stabil. Dapat dilihat pada gambar 4.15, bahwa pada permukaan air yang tidak stabil menyebabkan pembacaan sensor menjadi tidak stabil pula, sehingga dengan menggunakan dua buah sensor dapat mengurangi kesalahan pembacaan yang terjadi apabila sensor hanya diletakkan di satu titik saja.

2. Hasil Pengujian *Water Flow Sensor*

Pada sistem peringatan banjir ini *water flow sensor* tidak dijadikan indikasi akan terjadinya banjir, namun informasi yang diperoleh sensor tetap diperlukan untuk mengetahui kestabilan aliran air yang melewati sensor.



Gambar 4.18. Pengujian Kecepatan Aliran Air dengan kecepatan air yang tidak stabil



Gambar 4.19. Pengujian Kecepatan Aliran Air dengan kecepatan air yang stabil

Dapat terlihat pada gambar 4.18 kecepatan aliran menurun seiring bertambahnya ketinggian air, namun seperti yang terlihat pada gambar 4.19 kecepatan aliran air tetap stabil pada rentang 36.3 ml – 37.8 ml. Penurunan atau kenaikan kecepatan aliran air yang melewati sensor tergantung pada kecepatan aliran sumber air. Seperti yang diketahui, bahwa *water flow sensor* YF-S201 merupakan sensor kecepatan aliran air yang bekerja sesuai dengan fenomena efek hall (Nugraheni dkk., 2014). Aliran air yang melewati sensor akan menggerakkan

kincir yang terdapat dalam sensor. Putaran pada kincir tersebut akan menimbulkan medan magnet pada kumparan yang terdapat pada *water flow sensor*. Medan magnet tersebut yang akan dikonversikan oleh efek Hall menjadi pulsa. Pulsa tersebut yang kemudian dikonversi menjadi kecepatan aliran air.

Dalam prototipe ini, penurunan atau kenaikan kecepatan aliran air yang terbaca oleh sensor tidak berpengaruh pada perubahan status ketinggian permukaan air, karena kecepatan aliran air tidak menjadi indikasi perubahan status, melainkan hanya sebagai informasi tambahan untuk kecepatan aliran air. Sehingga apabila kecepatan aliran air yang terbaca mendadak naik secara drastis dan terus menerus bernilai tinggi, maka dapat dijadikan sebagai *warning* akan terjadinya banjir, namun pembacaan ketinggian permukaan air oleh sensor ultrasonik tetap menjadi indikasi utama akan terjadinya banjir.

3. Pengujian Kemampuan Modul Xbee Menerima Data

Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yaitu *outdoor* tanpa halangan dinding dan *outdoor* dengan halangan dinding dengan memindahkan sistem peringatan jarak jauh yang diletakkan diatas papan (gambar 4.20) sesuai dengan jarak yang ditentukan. Berikut merupakan tabel pengujian kemampuan nirkabel sistem (tabel 4.4 dan 4.5).

Tabel 4.4. Pengujian xbee dengan kondisi tanpa halangan dinding

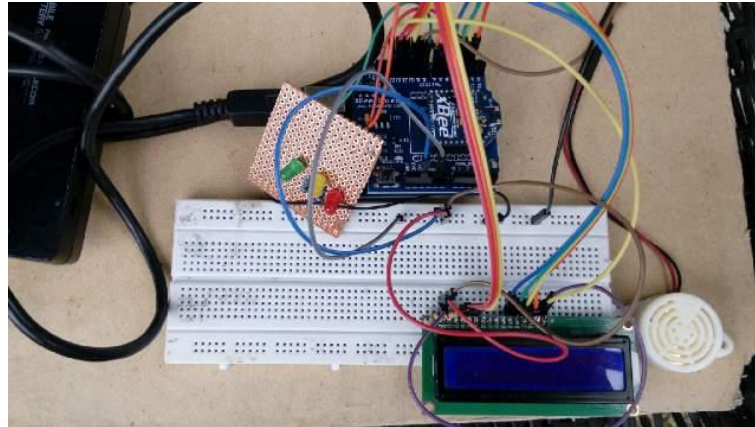
Jarak (m)	Status
5	Terkirim
10	Terkirim
20	Terkirim
30	Terkirim
40	Terkirim
50	Terkirim
60	Terkirim
70	Terkirim
80	Tidak Terkirim

Tabel 4.5. Pengujian xbee dengan kondisi ada penghalang

Jarak (m)	Status
5	Terkirim
10	Terkirim
15	Terkirim
20	Terkirim
25	Tidak Terkirim

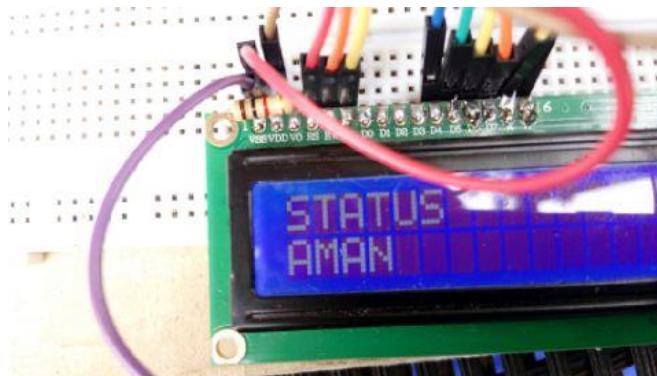
Bila dilihat pada tabel 4.7 dan 4.8 dapat diketahui bahwa modul xbee lebih baik bekerja pada kondisi tanpa penghalang, dengan jarak maksimalnya dimana data tepat terkirim sejauh 70 m atau lebih tepatnya 75 m. Sementara untuk kondisi dengan penghalang, xbee hanya mampu menerima data sejauh 20 m atau lebih tepatnya 24,3 m.

Apabila dibandingkan dengan spesifikasi xbee *series 2*, kemampuan jangkauan xbee adalah 120 m. Pengurangan kemampuan ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya gangguan beberapa benda atau material yang dapat memantulkan frekuensi gelombang radio yang dikirimkan xbee *transmitter*, gelombang radio dapat diserap oleh benda-benda di yang dilewatinya dan menyebabkan hilangnya daya, kemampuan antena dari modul juga merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan xbee. Semakin fokus antena yang dapat diterapkan, semakin jauh sistem yang dihasilkan (*xbee official website*, <https://docs.digi.com>). Terlihat pada tabel 4.5, bahwa kemampuan xbee untuk kondisi ada penghalang lebih buruk bila dibandingkan dengan kondisi tanpa penghalang. Ini berarti xbee lebih baik digunakan dalam ruangan terbuka tanpa penghalang dinding.



Gambar 4.20. Sistem peringatan jarak jauh yang diletakkan diatas sebuah papan

Komunikasi antara *xbee transmitter* dengan *receiver* menggunakan komunikasi serial, yaitu setiap data yang keluar pada serial monitor Arduino IDE maka akan diterima oleh *xbee receiver*. Namun karena komunikasi serial merupakan komunikasi bit per bit, maka waktu yang diperlukan untuk *xbee receiver* menerima data tidaklah cepat, oleh karena itu pada program dibuat mikrokontroler pada *xbee receiver* melaksanakan perintah sesuai dengan karakter yang diterima oleh *xbee receiver*.



Gambar 4.21. Karakter yang diperlihatkan LCD apabila data yang diterima status aman

4. Pengujian GSM SIM900A

Pengujian dilakukan terhadap 5 nomor ponsel dengan operator yang berbeda, kecepatan penerimaan pesan dihitung dari saat sistem mengeluarkan karakter “A” pada serial monitor yang berarti Siaga I.

Tabel 4.6. Pengujian Kecepatan Pengiriman SMS

No Ponsel	Status	Waktu SMS ke-1	Waktu SMS ke-2
+6285710619759	Terkirim	8.2 s	33.3 s
+6281314546611	Terkirim	14.1 s	9.5 s
+6287785579476	Terkirim	22.1 s	24.6 s
+6289604192268	Terkirim	8.5 s	10.2 s
+6285881000626	Terkirim	17.3 s	16.9 s

Waktu tercepat penerimaan sms berdasarkan pengujian adalah 8.2 s dan waktu terlamanya 33.3 s. Kecepatan waktu pengiriman sms ini tidak selalu sama dan dapat berubah sewaktu-waktu tergantung pada jalur kecepatan jalur komunikasi GSM pada waktu pengiriman sms. Namun kecepatan sms yang diperoleh pada pengujian sudah dapat dikatakan baik untuk penyampaian siaga banjir pada sistem peringatan dini banjir. Nomor telepon yang menerima pesan siaga akan mendapatkan sms yang berisi status SIAGA I serta laporan ketinggian permukaan air ketika sms tersebut dikirim dari *sistem monitoring* ketinggian permukaan air (gambar 4.8)



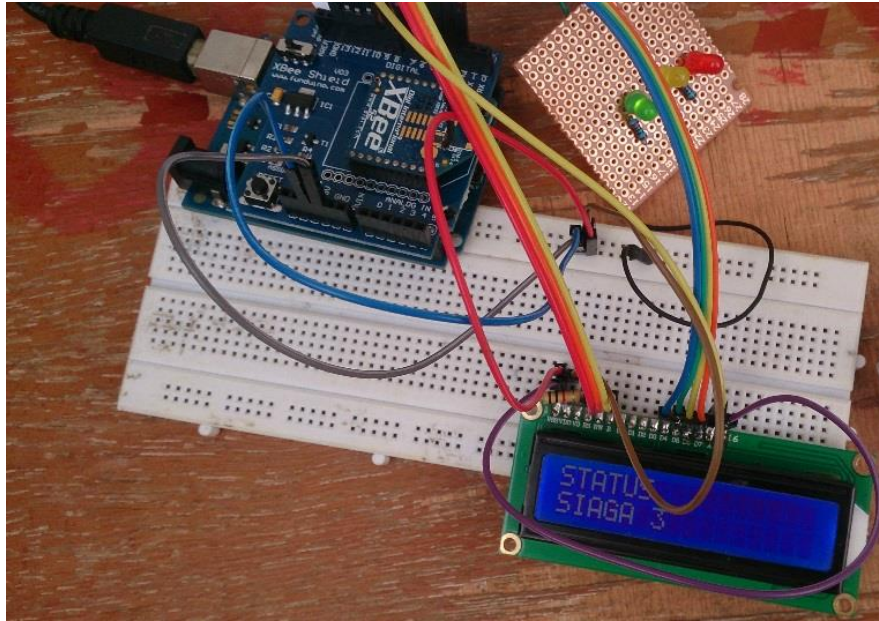
Gambar 4.22. Isi sms peringatan yang diterima

5. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem keseluruhan sesuai dengan rancangan perangkat lunak yang dibuat. Setiap perubahan jarak yang ditentukan sesuai status siaga dilihat apakah dengan tepat berjalan sesuai dengan rancangan perangkat lunak. Berdasarkan tabel 4.7 terlihat bahwa pengujian yang dilakukan telah sesuai dengan rancangan perangkat lunak. Bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menjadikan Status Ketinggian Permukaan Air bendungan katulampa sebagai acuan (Rachmadi, 2014), tingkat akurasi pada prototipe ini dapat dibilang sudah cukup baik, dan dapat bekerja pada kondisi permukaan air tidak stabil dengan akurasi sensor 1 sebesar 97.6% dan sensor 2 sebesar 97.2% untuk skala 1:5, sementara penelitian sebelumnya sebesar 85% dengan skala 1:10. Penggunaan sensor lebih dari satu dapat membantu meningkatkan tingkat akurasi alat, terlebih untuk kondisi permukaan air yang bergerak. Sementara untuk penggabungan teknologi nirkabel, menggunakan modul xbee dan gsm, menggunakan gsm sim900a ternyata dapat bekerja dengan baik. Dimana kecepatan waktu pengiriman sms tercepat selama 8.20 s dan untuk jarak jangkauan nirkabel sejauh 75 m.

Tabel 4.7. Pengujian Keseluruhan Sistem

Karakter Terkirim/diterima	Status SMS	LED	LCD	Buzzer	Pintu Otomatis
A	Terkirim	Merah	SIAGA I	Nyala	Tertutup
B	-	Kuning	SIAGA II	Nyala	Terbuka
C	-	Hijau	SIAGA III	Mati	Terbuka
D	-	Mati	SIAGA IV	Mati	Terbuka
E/N	-	Mati	AMAN	Mati	Terbuka



Gambar 4.23. Sistem peringatan jarak jauh menunjukkan status SIAGA 3 dan indikator LED hijau

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Telah dibuat Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir yang memanfaatkan teknologi nirkabel sebagai peringatan jarak jauh sekaligus mengirimkan pesan singkat sebagai media penyampai informasi peringatan banjir.
2. Sensor ultrasonik dapat membaca perubahan jarak minimum sebesar 1 cm dengan kesalahan relatif maksimum sebesar 0.93%. Dimana 1 cm adalah 5 cm pada keadaan sebenarnya
3. Sensor ultrasonik dapat bekerja pada kondisi mendekati keadaan sebenarnya yaitu kondisi permukaan air bergerak dengan kesalahan relatif yang kecil
4. Hasil pembacaan *water flow sensor* dapat dijadikan informasi tambahan perubahan kecepatan aliran air pada sistem peringatan dini bencana banjir. Dimana pada sistem ini *water flow sensor* mampu mendeteksi kecepatan aliran air sebesar 30 ml/s hingga 60 ml/s
5. Prototipe sistem peringatan banjir ini memiliki kecepatan waktu pengiriman pesan selama 8.20 detik dan jarak jangkauan sejauh 75 m dalam kondisi ruangan terbuka tanpa penghalang dan 24.3 m dalam kondisi ruangan terbuka dengan penghalang.

B. Saran

1. Penggunaan modul xbee sebaiknya dipilih yang memiliki spesifikasi lebih baik dan jarak jangkauan yang lebih jauh.
2. Sebaiknya, pada sistem *monitoring* ketinggian permukaan air memiliki *interface*, agar lebih mudah untuk melihat hasil pembacaan sensor.
3. Dalam pengembangan selanjutnya sebaiknya data dapat disimpan sehingga memiliki *database* yang dapat dikaitkan dengan kondisi yang terjadi, untuk mengetahui pengaruh-pengaruh yang menyebabkan perubahan pembacaan pada sensor ultrasonik ataupun *water flow sensor*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, Hasanudin, Zulfan, A., (2015), *Perancangan Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Mikrokontroler Atmega328 dan Sms Gateway pada Kecamatan Rumbai Pesisir Pekanbaru*, Seminar Nasional Inovasi dan Tren (SNIT), A-282-286
- Attabibi, M L., Husni, M., Ciptaningtyas, H T., (2013), *Peringatan Dini Mengenai Tinggi Air Sungai Melalui Media Jejaring Sosial Menggunakan Mikrokontroler*, Jurnal TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1, ISSN: 2337-3539
- Flickenger, R., etc., (2007), *Jaringan Wireless di Dunia Berkembang (Edisi ke-2)*, England: AttributionShareAlike 3.0
- Fraden, J., (2003), *Handbook Of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications Third Edition*. California, United States of America: Springer-Verlag, Inc
- Hendrantoro, G., (2008), *Teknologi Komunikasi Nirkabel: Perkembangan Terkini Dan Peluang Indonesia*, Departemen Pendidikan Nasional Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Komaludin, Garliaji., (2014), *Prototipe Pendeteksi Ketinggian Permukaan Air Maksimum dan Minimum Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler*, Jurnal LPKIA, Vol.1 No.1
- Margolis, M (2012), *Arduino Cookbook (Second Edition)*, United States of America: O'Reilly Media
- M, Suleiman, etc., (2015), *Ultrasonik Fluid Level Measuring Device*, International Journal of Research in Science Vol 1
- Nugraheni, N, et al., (2014) *Efek Hall*, Laboratorium Fisika Material, Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya
- Nugroho, Mazharuddin, Studiawan, (2013), *Sistem Pendeteksi Dini Banjir Menggunakan Sensor Kecepatan Air dan Sensor Ketinggian Air pada Mikrokontroler Arduino*, Jurnal TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1, ISSN: 2337-3539
- Pain, H J., (2005), *The Physics Of Vibrations And Waves (Sixth Edition)*, England: John Wiley & Sons Ltd

- Proboyekti, U, *Pengantar Teknologi Informasi. Teknologi Nirkabel: Telepon Selular Teknologi Nirkabel: Telepon Selular (Ponsel)*, <http://lecturer.ukdw.ac.id/othie/Ponsel.pdf> [diakses 24 Februari 2016]
- Purwanto, (2009), *Pengendali Motor Servo DC Standard Dengan Berbasis Mikrokontroler AVR Atmega8535*, Jurnal Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma
- Rachmadi, D., Priandana, K ., (2014), *Sistem Monitoring Ketinggian Air Melalui SMS Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*, Jurnal Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Setiawan, I., (2009), *Buku Ajar Sensor dan Transduser*, Universitas Diponegoro
- Simatupang, A., (2010), *Penggunaan Sensor Proximity Jenis Kapasitif Dalam Operasi Crane Pengganti Anoda Di Unit Reduction Plant PT. Inalum Kuala Tanjung Asahan*, Universitas Sumatera Utara.
- Siregar, K., Tamba, T., Perangin-angin, B., (2013), *Viskosimeter Digital Menggunakan Water Flow Sensor G1/2 Berbasis Mikrokontroller 8535*. Jurnal Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.
- Solichin, A., (2003), *Pemrograman Bahasa C dengan Turbo C*. IlmuKomputer.Com [diakses 16 Februari 2016]
- Sumarno, Irawan, B., Brianorman, Y., (2013), *Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Mikrokontroler Atmega 16 Dengan Buzzer Dan Short Message Service (SMS)*, Jurnal Sistem Komputer, FMIPA Universitas Tanjungpura
- Susanto, H., Pramana, R., Mujahidin, M., (2013), *Perancangan Sistem Telemetry Wireless Untuk Mengukur Suhu Dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3 Atmega328p Dan Xbee Pro*, Jurnal Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji
- Susilawati, I., (2009), *Teknik Telekomunikasi Dasar*, Universitas Mercu Buana Yogyakarta
- Stiawan, D.,(2013), *Teknologi Seluler CDMA dan GSM*, Talk Show Computer Easy di Radio SONORA FM.

Wilson, John., (2005), *Sensor Technology Handbook*, United States of America: Elsevier Inc

Status Siaga Pintu Air

PUSDALOPS BPBD DKI Jakarta, Arti Status Siaga Banjir, <http://bpbd.jakarta.go.id/article/detail/65> [diakses 24 Februari 2016]

Datasheet hardware

Arduino UNO & Genuino UNO. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> [diakses 16 Februari 2016]

Digi International, (2009), *Xbee Modules datasheet*. <http://www.digi.com> [diakses 21 Februari 2016]

Djuandi, Feri, (2011), Pengenalan Arduino, www.tobuku.com [diakses 15 Februari 2016]

Elec Freaks. *Ultrasonic Ranging Module HC - SR04*. Datasheet

Prinsip kerja sensor ultrasonik. <http://www.kedaiarduino.com/blog/prinsip-kerja-sensor-ultrasonik> [diakses 25 Februari 2016]

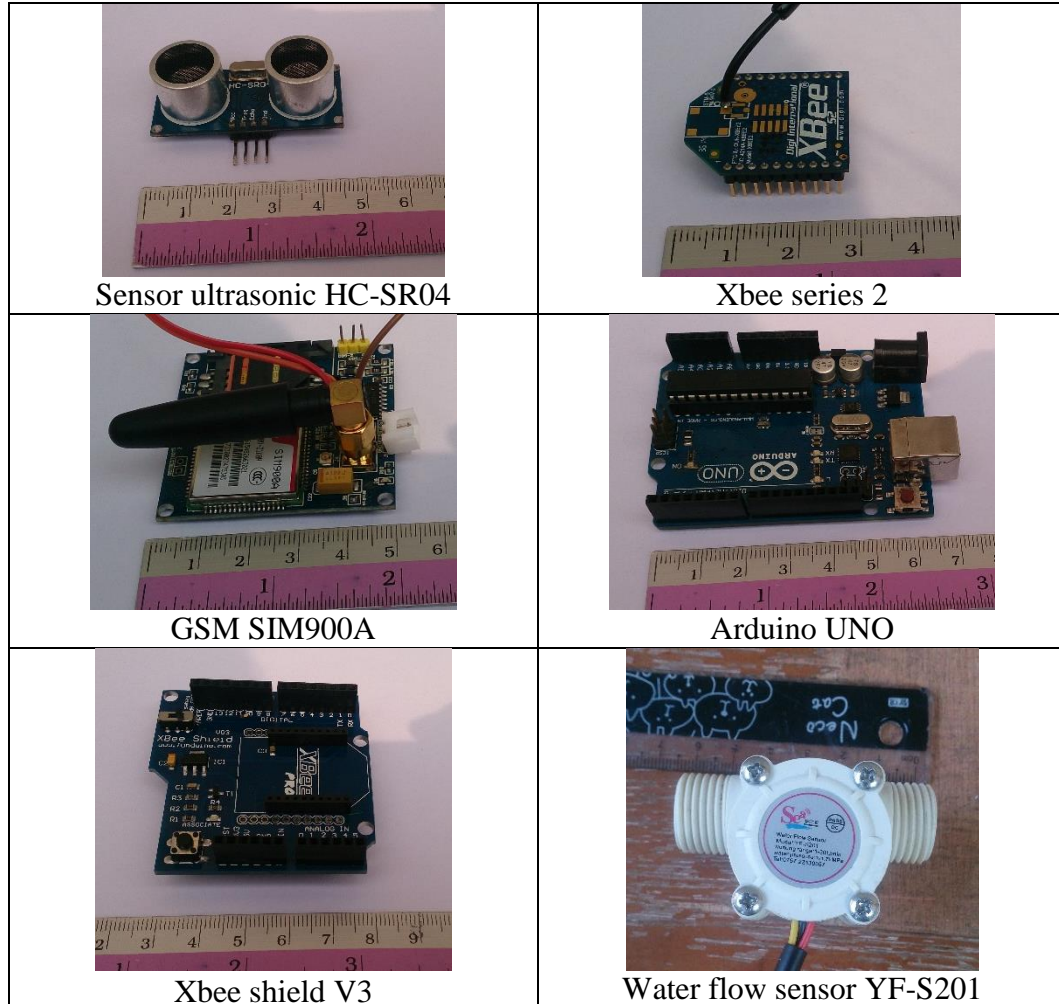
YF-S201 Water Flow Sensor. Sensors & Sensor Modules : YF-S201 Water Flow Sensor [diakses 2 Juni 2016]

Morgan, E., (2014), *HC-SR04 Ultrasonik Sensor* [diakses 8 Juli 2016]

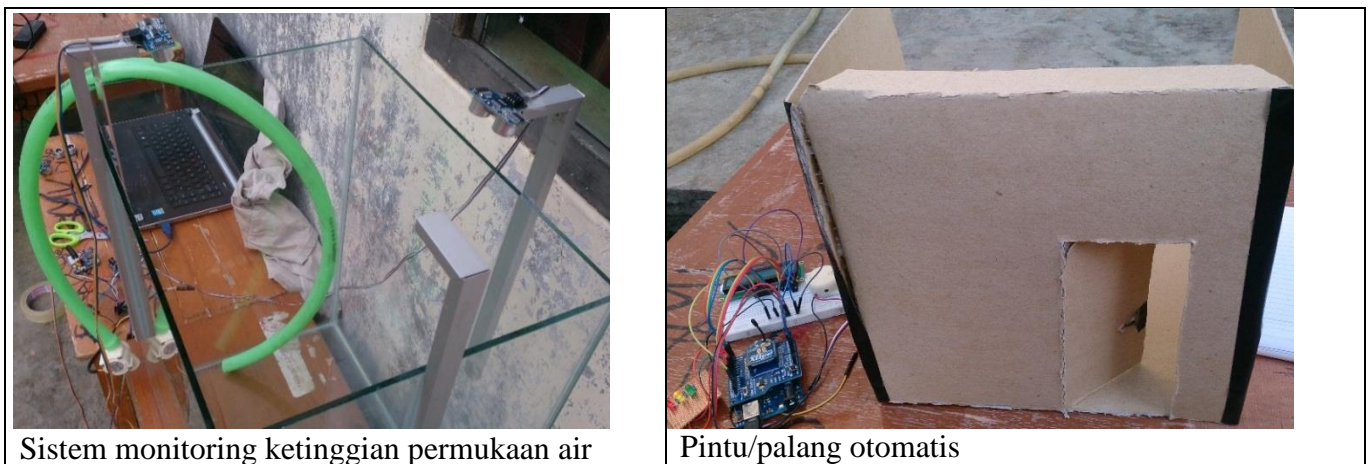
LAMPIRAN

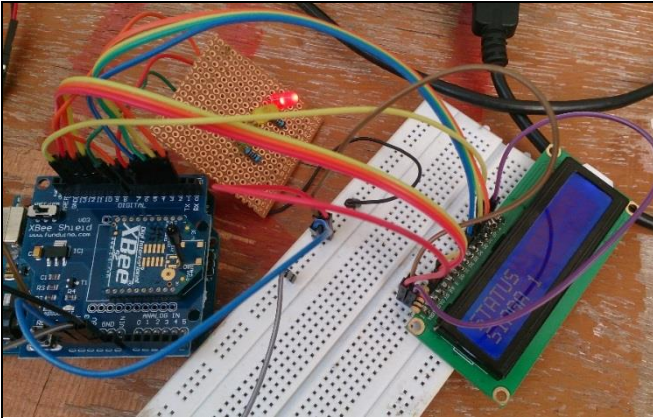
Lampiran 1. Foto-foto dokumentasi

Lampiran 1.1. Instrumen yang digunakan

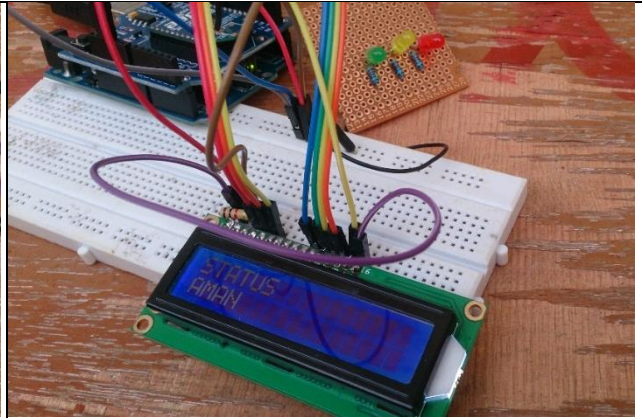


Lampiran 1.2. Foto Prototipe Sistem





Peringatan jarak jauh status siaga I



Peringatan jarak jauh status aman

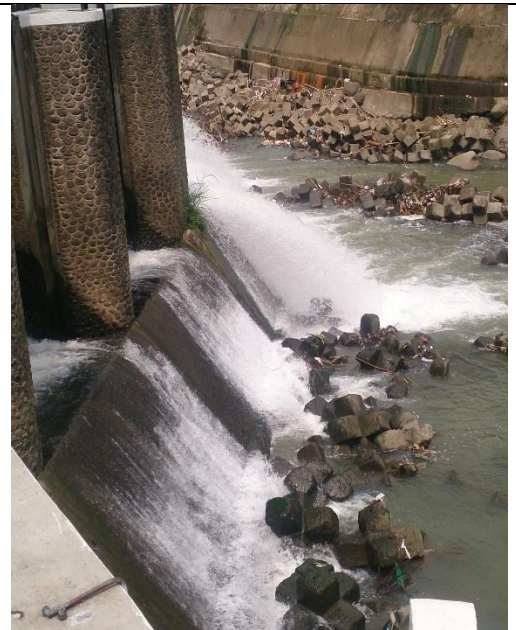


Kondisi 2 sumber aliran



Ketinggian permukaan air diukur manual menggunakan penggaris

Lampiran 1.3. Pintu Air Bendungan Katulampa





Lampiran 2. Data Kalibrasi Sensor Ultrasonik

Lampiran 2.1. Skala 1:10

Ket: U1 = Sensor 1, U2 = Sensor 2

JARAK (CM)		DATA I		DATA II		DATA III		Kesalahan Relatif Maksimum (%)	
		U1 (cm)	U2 (cm)	U1 (cm)	U2 (cm)	U1 (cm)	U2 (cm)	U1	U2
SIAGA I	7	7.20	7.05	7.40	7.00	6.90	7.45	8.57	6.43
	9	9.00	8.95	8.65	8.70	8.65	8.15	3.90	9.44
SIAGA II	10	10.00	9.30	10.00	9.40	9.85	9.25	1.60	7.50
	12	12.00	11.75	11.80	11.15	12.00	11.45	1.67	7.08
	14	13.50	13.45	13.60	14.10	13.45	13.50	3.93	3.93
SIAGA III	15	14.35	14.65	14.90	14.85	14.35	14.40	4.33	4.00
	18	17.90	17.50	17.95	17.75	17.90	17.80	2.22	2.78
	21	21.40	20.90	20.85	20.70	21.00	20.85	1.90	1.43
SIAGA IV	22	21.75	21.65	21.95	21.80	22.15	21.60	2.50	2.045
	25	25.05	24.70	24.95	24.55	25.00	24.70	0.20	1.80

Lampiran 2.2. Acuan Bendungan Katulampa

JARAK (cm)		DATA I		DATA II		DATA III		Kesalahan Relatif Maksimum (%)	
		U1 (cm)	U2 (cm)	U1 (cm)	U2 (cm)	U1 (cm)	U2 (cm)	U1	U2
SIAGA I	80	79.80	79.50	80.85	79.10	80.90	80.05	1.125	1.125
	100	99.90	99.25	99.85	99.00	99.60	99.15	0.4	1
SIAGA II	101	100.60	100.5	100.60	100.45	100.55	100.50	0.45	1.63
	125	125.55	125.20	125.75	125.25	125.85	125.25	0.68	0.68
	150	149.00	149.30	148.90	148.95	148.95	148.90	0.73	0.73
SIAGA III	151	151.05	149.45	151.05	149.60	150.80	150.45	0.33	1.04
	185	184.55	184.45	184.55	184.55	184.50	184.85	0.76	0.35
	220	218.35	219.30	218.25	219.50	218.00	219.85	0.91	0.34
SIAGA IV	221	220.55	220.65	220.50	220.65	220.70	220.30	0.45	0.34
	250	249.40	247.90	249.85	248.80	249.10	248.90	0.46	0.84

Lampiran 2.3. Perubahan Jarak 0.5 cm.

Jarak Aktual (cm)	Error (%)			Jarak Pembacaan (cm)		
	Data 1	Data 2	Data 3	Data 1	Data 2	Data 3
50	0.751	1.155	0.294	50.070	50.488	50.088
49.5	0.915152	0.725253	0.959596	49.449	49.736	49.879
49	0.6633265	0.406122	0.443878	48.861	49.115	49.0595
48.5	0.765979	1.182474	1.1319688	48.797	48.987	49.14
48	0.495833	0.677083	0.138542	48.149	47.888	48.0395
47.5	0.394737	0.691579	0.86	47.432	47.771	47.7605

Lampiran 2.4. Perubahan Jarak 1 cm

Jarak Aktual (cm)	Error (%)			Jarak Pembacaan (cm)		
	Data 1	Data 2	Data 3	Data 1	Data 2	Data 3
50	0.87	0.828	0.677	50.3535	50.0990	50.3385
49	0.410204	0.57048	0.329592	48.991	48.9045	49.0215
48	0.926042	0.4960625	0.469792	48.3405	48.0355	48.1195
47	0.398936	0.490426	0.534043	47.1875	47.0955	47.0500
46	0.461957	0.384783	0.343478	45.9225	46.0850	45.9670
45	0.546667	0.349446	0.202222	45.058	45.1260	45.0320

Lampiran 3. Data Kalibrasi *Water Flow Sensor*

Lampiran 3.1. Volume 100ml-500ml

Volume Air (ml)	Rata-rata Pembacaan Sensor (ml)	Kesalahan Relatif (%)
100	96.733	7.933
200	203.933	10.9
300	315.133	13
400	417.133	5.6167
500	535.533	8.0133

Lampiran 3.2. Volume 20ml-80ml

Volume air (ml)	Rata-rata pembacaan sensor (ml)	Kesalahan Relatif (%)
20	22.2667	16.667
40	45.1333	15.1667
60	64.7333	10.778
80	88.8667	14.9167

Lampiran 4. Pengujian Sensor Ultrasonik

Lampiran 4.1. Kondisi satu sumber aliran

Jarak aktual (cm)	Sensor 1 (cm)	Sensor 2 (cm)
10	10.2	10
19	18.8	19.4
22	22	22
29	29	29.2
35	35	35
41	41	41
47	47	47.6
49	48.4	49

STATUS	Kesalahan Relatif (%)	
	SENSOR 1	SENSOR 2
AMAN	0.800	0.676
SIAGA IV	0.526	0.781
SIAGA III	0.406	0.624
SIAGA II	0.760	1.817
SIAGA I	2.388	3.120

Lampiran 4.2. Kondisi dua sumber aliran

Jarak Aktual (cm)	Sensor 1 (cm)	Sensor 2 (cm)
10	9.5	10.25
19	19.25	19.25
22	22	22.25
29	28.75	29
35	35.5	35
41	40.75	41.75
47	47	47.25
49	48.75	49.75

STATUS	Kesalahan Relatif (%)	
	SENSOR 1	SENSOR 2
AMAN	0.5886	0.6606
SIAGA IV	0.8982	0.7731
SIAGA III	0.6644	0.3643
SIAGA II	0.8076	0.8625
SIAGA I	2.3048	2.6782

Lampiran 4.3. Kondisi permukaan air bergerak

Jarak Aktual (cm)	Sensor 1 (cm)	Sensor 2 (cm)
10	10	10.2
19	18.25	18.8
22	21.25	22
29	29	29.4
35	35.25	35.6
41	41.5	42.2
47	46.25	47.2
49	49.5	49

STATUS	Kesalahan Relatif (%)	
	SENSOR 1	SENSOR 2
AMAN	1.1310	0.8185
SIAGA IV	1.0325	1.2271
SIAGA III	0.5455	1.3971
SIAGA II	1.4800	2.7517
SIAGA I	2.3077	0.8906

Lampiran 5. Pengujian Water Flow Sensor

Lampiran 5.1. Kecepatan air tidak stabil Lampiran 5.2. Kecepatan aliran air

<i>CURRENT FLOW (ml/Sec)</i>				
AMAN	SIAGA IV	SIAGA III	SIAGA II	SIAGA I
60	58	60	57	52
60	58	60	57	53
60	58	60	57	53
60	60	60	57	52
59	58	60	57	53
59	60	60	57	53
60	58	61	57	54
60	66	60	57	53
60	58	58	56	50
60	61	58	56	49
60	60	58	54	49
60	60	58	56	49
61	61	58	56	49
61	60	58	56	49
61	61	60	56	49
60	60	57	56	49
61	60	58	53	49
61	60	57	54	50
61	61	57	53	49
58	61	57	53	48
58	60	57	54	50
58	60	57	53	51
60	60	57	53	50
60	60	57	53	50
60	60	57	53	50

stabil

<i>CURRENT WATER FLOW (ml/s)</i>				
AMAN	SIAGA IV	SIAGA III	SIAGA II	SIAGA I
37	37	37	37	35
36	38	37	36	35
36	37	37	37	35
38	38	37	37	36
38	37	37	37	37
37	38	37	36	37
37	38	37	37	37
37	37	37	37	37
37	38	37	37	37
36	37	37	36	37
37	37	37	36	38
37	38	36	36	37
38	37	37	36	38
38	37	38	36	38
37	38	37	36	38
38	37	37	37	37
37	37	37	36	36
38	38	37	36	37
37	38	37	34	37
38	38	37	36	37

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Martalia Andayani merupakan putri sulung dari Alm Ibu Sundari dan Bapak Suyanto yang lahir di Jakarta, 18 Maret 1994.

Mengenyam pendidikan formal sejak 2000 yang dimulai dari SDN 03 Pagi Pondok Labu (2000 – 2006), SMPN 85 Jakarta (2006 – 2009), SMAN 49 Jakarta (2009 – 2012) dan Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta (September 2012 – September 2016).

Semasa kuliah pernah menjadi asisten laboratorium Fisika Modern, tahun 2015 bergabung dengan LAPAN Pusat Teknologi Roket dalam menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan, tahun 2016 pernah mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Subang, Jawa Barat, yang diadakan oleh Universitas Negeri Jakarta. Diluar bidang akademik, penulis pernah bergabung dalam BEM Jurusan Fisika tahun kepengurusan 2012/2013 dan 2013/2014.

Email: martalia.andayani@rocketmail.com