

**PEMANFAATAN SENSOR ULTRASONIK DALAM PENGUKURAN DEBIT
AIR PADA SALURAN IRIGASI BERBASIS MIKROKONTROLER
ATMEGA8535 MENGGUNAKAN MEDIA PENYIMPANAN SD CARD**

(Skripsi)

Oleh

Shofiya Nadiya



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

UTILIZATION SENSOR ULTRASONIC IN MEASUREMENT OF WATER DISCHARGE IN THE IRRIGATION BASED MICROCONTROLLER ATMEGA 8535 USED SD CARD AS STORAGE MEDIA

By

Shofiya Nadiya

The research was designed a measurement system of water discharge by using an ultrasonic (PING)) sensor in the irrigation channel based microcontroller ATmega8535 and Micro Secure Digital (Micro SD) as storage media. The measurement system was set above surface of water to determine water level. The value of measurement result was displayed by Liquid Crystal Display (LCD) and stored on the micro SD. The calculation of water discharge was obtained by Manning equation. The result of showed that the average value of the highest water discharge is $140.46 \text{ m}^3 / \text{s}$ and the average water level was 1.52 m which has widest channel base width was 5.7 m. The more high water level, then more increase value of water discharge.

Keyword. Manning equation, ultrasonic sensor, water discharge

ABSTRAK

PEMANFAATAN SENSOR ULTRASONIK DALAM PENGUKURAN DEBIT AIR PADA SALURAN IRIGASI BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535 MENGGUNAKAN MEDIA PENYIMPANAN SD CARD

Oleh

Shofiya Nadiya

Penelitian ini dilakukan dengan merancang suatu sistem pengukuran debit air dengan memanfaatkan sensor ultrasonik, yaitu sensor PING))) pada saluran irigasi irigasi berbasis mikrokontroler ATmega8535 menggunakan media penyimpanan *Micro Secure Digital (Micro SD)*. Sistem pengukurannya, sensor diletakkan di atas permukaan air untuk mengetahui hasil tinggi air. Nilai hasil pengukuran ditampilkan pada *Liquid Crystal Display (LCD)* dan tersimpan pada *micro SD*. Perhitungan debit air dengan menggunakan persamaan Manning. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai debit air tertinggi 140,46 m³/det dari rata-rata tinggi air 1,52 m pada saluran irigasi yang memiliki lebar dasar saluran irigasi terlebar, yaitu 5,7 m. Semakin besar nilai tinggi air, semakin besar nilai debit air.

Kata kunci : Debit air, persamaan Manning, sensor ultrasonik

**PEMANFAATAN SENSOR ULTRASONIK DALAM PENGUKURAN
DEBIT AIR PADA SALURAN IRIGASI BERBASIS MIKROKONTROLER
ATMEGA8535 MENGGUNAKAN MEDIA PENYIMPANAN SD CARD**

Oleh
SHOFIYA NADIYA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi

**: PEMANFAATAN SENSOR ULTRASONIK
DALAM PENGUKURAN DEBIT AIR
PADA SALURAN IRIGASI BERBASIS
MIKROKONTROLER ATMEGA8535
MENGUNAKAN MEDIA PENYIMPANAN
SD CARD**

Nama Mahasiswa

: Shofiya Nadiya

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1017041041

Jurusan

: Fisika

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP 19801010 200510 1 002



Drs. Amir Supriyanto, M.Si.
NIP 19650407 199111 1 001

2. Ketua Jurusan Fisika



Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si.
NIP 19751219 200012 2 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**

Sekretaris : **Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**

Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Warsito, D.E.A.**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Prof. Suharso, Ph.D.
NIP 19690530 199512 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **2 Maret 2016**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 18 Februari 2016



Shofiya

Shofiya Nadiya
NPM. 1017041001

RIWAYAT HIDUP



Penulis yang bernama lengkap Shofiya Nadiya dilahirkan di Kelurahan Banjarejo, Kec. Metro Timur, Kota Metro, pada tanggal 31 Desember 1992, anak pertama dari pasangan Bapak Budi Suyanto dan Ibu Ridha Ruma Ningsih. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Banjarejo pada tahun 2004, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP N 2 Metro pada tahun 2007 dan Madrasah Aliyah di MAN 2 Metro pada tahun 2010. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2010. Selama menempuh pendidikan penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Fisika Dasar I, Asisten Praktikum Sains Bidang Fisika, Asisten Praktikum Sensor dan Pengkondisi Sinyal. Penulis pernah aktif di kegiatan organisasi kemahasiswaan di Rohani Islam periode 2011-2012 sebagai Sekretaris Bidang Kaderisasi, Rohani Islam periode 2012-2013 sebagai Wakil Ketua Umum, BIROHMAH periode 2013-2014 sebagai Ketua Badan Khusus Pemberdayaan Muslimah, FSLDK Lampung periode 2013-2014 sebagai Ketua Jaringan Muslimah Lampung, BEM U KBM Unila periode 2014-2015 Menteri Pemberdayaan Wanita. Penulis juga mengikuti berbagai seminar dan pelatihan. Kerja Praktik (KP) dilaksanakan penulis di PT. KRAKATAU STEEL Cilegon pada tahun 2013, dengan judul **“Analisis Ketidakpastian Pengukuran Kalibrasi Thermocouple Menggunakan Kalibrator Thermocouple Standard dan Furnance High Temperatur ”** dan menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan judul **“Pemanfaatan Sensor Ultrasonik Dalam Pengukuran Debit Air Pada Saluran Irigasi Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 Menggunakan Media Penyimpanan Sd Card ”**.

MOTO

Sukses karena ALLAH dan untuk ALLAH

“ Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku dan matiku hanyalah untuk Allah, Rabb semesta Alam” (Q.S Al An’am : 162)

“...Laa Tahzan, Innallaha ma’ana...” (Q.S At Taubah : 40)

Man Shobaro Zafira!

Yakinlah ada sesuatu yang menantimu selepas banyak kesabaran (yang kau jalani) yang akan membuatmu terpana hingga kau lupa pedihnya rasa sakit (Ali Bin Abi Thalib)

Bismillahirrohmanirrohim

Kuniatkan karya kecil nan indah ku ini karena

Allah SWT

Ku Persembahkan Karya Ini Untuk

Kedua Orang tua (Bapak Budi Suyanto dan Ibu Rídhá Ruma Níngsìh) yang telah berjuang tanpa lelah untuk mendukung dan mendo'akan hingga aku mampu menyelesaikan pendidikan S1

Adik-adik (Rízal, Adílla) yang selalu memberi dukungan semangat

Keluarga Besar yang selalu mendukung

Guru-guru dan Teman - teman

serta

Almamater Tercinta Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah dan skripsi dengan baik. Judul skripsi ini adalah **“PEMANFAATAN SENSOR ULTRASONIK DALAM PENGUKURAN DEBIT AIR PADA SALURAN IRIGASI BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535 MENGGUNAKAN MEDIA PENYIMPANAN SD CARD”**. Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa dirindukan syafaatnya.

Skripsi ini dilaksanakan pada bulan Juni 2015 sampai bulan Februari 2016 bertempat di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penelitian yang tertulis dalam skripsi ini memanfaatkan sensor ultrasonik sebagai alat ukur jarak muka air dan debit air dalam saluran irigasi di kawasan Metro, Lampung. Penulis menyadari bahwa penyajian skripsi ini masih banyak kekurangan dalam penulisan maupun referensi data. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menjadi rujukan untuk penelitian berikutnya agar lebih sempurna.

Bandar Lampung, 18 Februari 2016

Shofiya Nadiya

SANWACANA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan dan dukungan berbagai pihak. oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Abi dan Ummi, terimakasih telah membantu, mendukung dan selalu mendo'akan serta dengan sabarnya menanti kelulusan anakmu.
2. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., sebagai pembimbing I yang telah memberikan ide skripsi dan bimbingan sejak awal hingga penelitian ini selesai.
3. Bapak sebagai Drs. Amir Supriyanto, M.Si., sebagai pembimbing II yang senantiasa memberikan masukan-masukan serta nasehat untuk menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Prof. Dr. Warsito, D.E.A., sebagai penguji yang telah mengoreksi kekurangan, memberi kritik dan saran selama penulisan skripsi.
5. Ibu Dr. Yanti Yulianti, M.Si., sebagai Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung serta Pembimbing Akademik.
6. Bapak Arif Surtono, M.Si., M.Eng., sebagai Sekertaris Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung serta pembimbing PKL.

7. Vaolina, Amria, telah membantu selama penelitian ini dilakukan hingga selesai.
8. Teman–teman seperjuangan angkatan 2010: Fina, Ita, Juli, ST, Muji, Alfi, Kholifah, Nur, Meta, Riza, Suci, Yupi, Vera dan yang tak bisa disebutkan satu persatu terimakasih selama ini memberikan bantuan dan semangat.
9. Adikku Rizal dan Adilla yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan penelitian ini.
10. Kakak dan Adik-adik tingkat: Kak Nurkholis, Kak Imam, mba Ningrum, kak Haidir, Vivi, Yuni, Sammi, Fahad, Fathul, Rini, Naila, Shintha dan seluruh angkatan 2008, 2009, 2011, 2012 dan 2013 yang telah memberikan dukungan semangat.
11. Teman seperjuangan dan sahabat yang banyak membantu peminjaman laptop dalam penyelesaian skripsi Esy, Andar, Sibas, Irma, Defi, Tata, Umi, Dini, Ayu, Marel, DeSun, mba Titis, Sholiha Asem Nian, dkk yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta memberkahi hidup kita. Aamiin.

Bandar Lampung, 18 Februari 2016

Shofiya Nadiya

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xi
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	6

2.2 Karakteristik Sungai.....	8
2.2.1 Tipe Aliran Sungai.....	10
2.3 Debit Air	10
2.4 Gelombang Ultrasonik	12
2.5 Pengukuran Tinggi Muka Air dengan Ultrasonik.....	14
2.6 Pengukuran Debit Air	15
2.6.1 Persamaan Manning	16
2.6.2 Koefisien Manning	18
2.7 Modul PING))) TM Ultrasonic Distance sensor	22
2.8 Mikrokontroler 8535	23
2.6.1 Konfigurasi Mikrokontroler 8535	24
2.6.2 Arsitektur Mikrokontroler 8535.....	26
2.6.3 Peta Memori Mikrokonter 8535.....	27
2.6.4 Status Register.....	28
2.9 LCD Karakter 2x16.....	29
2.9.1 <i>SD Card</i>	32
2.9.2 Keypad	33
2.9.3 Serial Logger.....	34

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	36
3.2 Alat dan Bahan	36
3.3 Prosedur Penelitian	38
3.3.1 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)	38
a. Modul PING))) TM Ultrasonic Distance Sensor	38
b. Mikrokontroler Atmega8535	39
c. <i>Licuid Display Cristal (LCD)</i> dan <i>keypad</i>	39
3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak	40
3.3.3 Rangkaian Alat Secara Keseluruhan.....	40
3.3.4 Pengujian Sistem.....	41
3.3.5 Pengukuran dan Pengambilan Data	41
3.4 Metode Pengujian	44

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil	45
4.2 Analisis Perangkat Keras	46
4.2.1 Catu Daya.....	47
4.2.2 Sistem Sensor PING)))	47
4.2.3 Sistem LCD 2x16.....	49
4.2.4 Sistem Data Logger.....	49
4.3 Analisis Program pengukuran tinggi dan debit air.....	50
4.3.1 Sensor PING)))	50
4.3.2 Penyimpanan <i>Micro SD</i>	54

2.3.3 Menampilkan data ke LCD	55
4.3.3 <i>Keypad</i>	56
4.4 Pengujian Sistem Pengaturan Tinggi Air an Perhitungan Debit Air.....	56
4.4.1 Hasil Penguian Penelitian	57

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Metode echosounder untuk mengukur level tinggi muka air	6
2. Penurunan Rumusan Chezy untuk <i>Open Channel</i>	8
3. Modul PING))) TM Ultrasonic Distance Sensor	12
4. Konfigurasi Mikrokontroler Atmega 8535	12
5. Peta Memori Atmega	13
6. Peta Memori Atmega 8535	13
7. Peta Memori Program Atmega 8535.....	15
8. Status Register 8535.....	16
9. Bentuk Fisik Modul LCD Karakter 2x16.....	25
10. Susunan kaki pin LCD karakter 2x16	26
11. SD Card	27
12. Bentuk keypad matriks 4x4.....	27
13. Desain Perancangan Sistem Pengukuran Level Tinggi Muka Air dan Debit Air	33
14. Saluran Terbuka Berupa Talang Air	29
15. Penampang Melintang Suatu Sungai Buatan	29
16. Diagram Alir Penelitian	32

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tetapan Koefisien Manning	21
2. Fungsi kaki-kaki pin LCD.....	30
3. Data pengujian alat.....	46
4. Grafik Pengujian Sensor PING	40
5. Data hasil penelitian pengukuran 1	61
6. Data hasil penelitian pengukuran 2	62
7. Data hasil penelitian pengukuran 3	62
8. Data hasil penelitian pengukuran 4	63
9. Data hasil penelitian pengukuran 5	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah aliran sungai atau irigasi adalah suatu wilayah ekosistem yang dibatasi oleh pemisahan topografi dan berfungsi sebagai pengumpul, penyimpanan dan penyalur air, sedimen, unsur hara dalam sistem sungai dan keluar melalui outlet tunggal. Aliran sungai sebagai sistem hidrologis saluran terbuka terdiri dari tiga komponen utama dalam sistem tersebut yaitu *input* berupa hujan, proses yaitu berupa aliran sungai sebagai pengatur dan *output* yang berupa aliran permukaan, sedimen dan unsur hara. Karakteristik aliran sungai dipengaruhi oleh debit air dalam suatu sistem sungai. Faktor-faktor pengontrol karakteristik aliran sungai antara lain : faktor geologi, faktor hidrologi dan tataguna lahan (Reyes, 2007).

Debit adalah laju air yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Kemampuan pengukuran debit aliran sangat diperlukan untuk mengetahui potensi sumber daya air di suatu wilayah aliran sungai. Debit aliran dapat dijadikan sebuah alat untuk memonitor dan mengevaluasi neraca air suatu kawasan melalui pendekatan potensi sumber daya air permukaan yang ada (Arsyad, 2006). Debit dipengaruhi

oleh beberapa faktor yaitu curah hujan, luas aliran irigasi, kemiringan aliran irigasi, dan bentuk irigasi.

Aliran irigasi harus memiliki permukaan bebas sedangkan aliran pada saluran tertutup tidak memiliki permukaan bebas karena air harus mengisi seluruh saluran. Aliran dalam saluran terbuka dikatakan permanen (*steady*) bila kedalaman aliran tidak berubah atau dianggap konstan selama suatu selang waktu tertentu, bila air mengalir dalam saluran terbuka, air akan mengalami hambatan saat mengalir ke hilir. Hambatan ini biasanya dilawan oleh komponen gaya berat yang bekerja dalam air dan arah geraknya. Aliran seragam akan terjadi apabila hambatan ini seimbang dengan gaya berat. Besarnya tahanan bila faktor-faktor lain dari saluran dianggap tidak berubah, tergantung pada kecepatan aliran sungai.

Saat ini pengukuran tinggi permukaan aliran tinggi, masih menggunakan tanda garis yang dibuat sedemikian rupa serta masih menghitung debitnya secara manual menggunakan berupa alat pengukur arus (*current meter*), dilakukan dengan cara merawas, dari jembatan, dengan menggunakan perahu. Dengan sistem pengukuran yang dilakukan saat ini memiliki kelemahan yaitu tidak dapat dilakukan secara terus menerus, sifat perubahan debit aliran relatif singkat waktunya dan akan sulit kejadiannya untuk diperkirakan, sulit dilakukan secara bersamaan di beberapa tempat.

Persamaan yang paling umum digunakan untuk menganalisis aliran air dalam saluran terbuka adalah persamaan *manning*. Persamaan *manning* dibangun untuk aliran tunak seragam (*uniform steady state flow*).

Persamaan empiris mensimulasikan aliran air dalam saluran dimana air terbuka terhadap udara. Disajikan pertama kali pada 1889 oleh Robert *Manning*. *Manning* merupakan secara tidak langsung dengan cara luas kemiringan (*slope area method*) yaitu dengan menghitung debit aliran yang telah terjadi berdasarkan tanda aliran, geometri sungai dan parameter fisik alur sungai. Hitungan didasarkan pada rumus pengaliran, yaitu rumus koefisien *Manning* atau Chezy. Nilai koefisien dapat ditetapkan berdasarkan pengamatan kondisi alur.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran debit dan tinggi permukaan air menggunakan sensor ultrasonik dengan pengaturan sistem menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 pada saluran irigasi secara tidak langsung yaitu dengan persamaan koefisien *Manning*. Sensor ultrasonik digunakan dalam pengukuran ketinggian air yang dipasang di atas sungai. Sensor tersebut mendeteksi tinggi permukaan air sehingga pendeteksian tidak perlu dilakukan dengan kontak fisik antara sensor dengan air. Kemudian memasukkan rumus debit air di dalam mikrokontroler untuk menghitung debit air secara otomatis. Setelah menghitung debit air, data yang diperoleh dapat disimpan dalam *SD Card*.

1.2 Perumusan Masalah

Dari penjelasan di atas, dapat dirumuskan permasalahannya sebagai berikut.

1. Merancang suatu alat yang dapat digunakan untuk mengukur debit air irigasi dan tinggi permukaan air menggunakan sensor ultrasonik;
2. Penggunaan persamaan *manning* untuk menghitung debit air sungai berdasarkan perubahan ketinggian muka air irigasi;
3. Penggunaan *keypad* pada alat pengukuran;
4. Metode pengolahan data keluaran pengukuran sensor dan perhitungan agar dapat ditampilkan pada LCD karakter 2x16;
5. Penyimpanan data pengukuran menggunakan SD Card.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain meliputi:

1. pengukuran debit air dilakukan pada sistem aliran irigasi;
2. penelitian tentang kerja sensor ultrasonik hingga menjadi keluaran digital yang dapat ditampilkan LCD;
3. penggunaan *keypad* dalam memasukkan nilai untuk pengukuran;
4. penggunaan *SD Card* dalam menyimpan data pengukuran.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. merealisasikan alat ukur tinggi permukaan air dan debit air saluran irigasi;
2. mengukur tinggi permukaan air dan debit air dengan sensor jarak ultrasonik;
3. menghitung debit air sungai dengan persamaan *mannings*;
4. memasukkan nilai yang dibutuhkan dalam pengukuran dengan *keypad*;
5. menyimpan data pengukuran debit air dengan *SD Card*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. dihasilkannya suatu alat yang dapat mengukur tinggi permukaan air dan debit air dalam saluran irigasi;
2. dihasilkannya suatu alat yang dapat membantu memperkirakan banyaknya volume air banjir pada suatu sistem saluran irigasi;
3. dihasilkannya suatu alat yang membantu memudahkan perhitungan pemerataan pengairan irigasi berdasarkan perhitungan debit.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Sistem Peringatan Pendeteksi Tinggi Muka Air Menggunakan Transduser Ultrasonik Secara Vertikal dengan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler oleh Aprilia (2012). Penelitian dengan merancang suatu sistem peringatan dini untuk pendeteksi ketinggian air pada tampilan LCD dengan menggunakan sensor HC-SR04 sebagai pengukur jarak ketinggian air. Sensor ini memiliki range ketinggian 2-500 cm dengan resolusi 0,3 cm dan hasil resolusi dan resolusi pengukuran berdasarkan perhitungan 0,5 cm yang sesuai dengan realnya serta mengukur jarak hingga kemiringan sudut 15° . Pendeteksi ketinggian muka air ini menggunakan catu daya sebesar 5 volt. Pada pengambilan data dilakukan dua cara pengambilan data yaitu melihat nilai data yang ditangkap oleh sensor dan langsung ditampilkan ke LCD dan melihat hasil pengukuran pada tabung.

Penelitian selanjutnya, Sistem Monitoring Data Tinggi Permukaan Air Sungai Secara *Real Time* Berbasis SMS Gateway oleh Putra (2013). Penelitian mengenai sistem monitoring data tinggi permukaan air sungai secara *real time* berbasis WEB dan SMS gateway. Sistem ini digunakan untuk dilakukan pemantauan terhadap data ketinggian permukaan air sungai yang diperoleh dari pengukuran sebuah transduser ultrasonik (US)

tipe HC-SR04. Transduser HC-SR04 akan mendeteksi perubahan jarak antara transduser dengan permukaan air sungai yang selanjutnya diproses dalam mikrokontroler sehingga dihasilkan data tentang ketinggian permukaan air sungai atau kedalaman sungai, kemudian data tersebut selanjutnya dikirim ke PC server melalui alat pengkonversi port serial menjadi port USB (*Universal Serial Bus*), yaitu serial to USB converter. Dengan alat ini, proses perekaman data dari perangkat eksternal ke program interfacing pada komputer server dapat dijalankan. Aplikasi interfacing dibangun menggunakan aplikasi Visual Basic 6.0 kemudian data dari proses perekaman ini kemudian disimpan dalam database MySQL.

Penelitian Aplikasi Sensor Ultrasonik Sebagai Alat Ukur Level Tinggi Permukaan dan Debit Air Pada Aliran Saluran Terbuka Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535 oleh Imaniar (2011). Penelitian ini untuk merealisasi alat ukur level tinggi permukaan dan debit air pada aliran saluran terbuka seperti sungai sehingga dapat dimanfaatkan dalam sistem peringatan dini banjir. Dengan bantuan perangkat lunak *CodeVision AVR C Compiler 1.24.8d Pro Full*, mikrokontroler mengaktifkan sensor ultrasonik, menghitung waktu tempuh mengolah data menjadi level tinggi muka air, dan menampilkan pada LCD karakter 2x16.

Selanjutnya Pemantauan ketinggian air sungai melalui komputer dioptimasi database berbasis SMS oleh Yusman (2004). Metode pengujian yang dilakukan adalah dengan memasang sensor pada permukaan sungai atau bendungan, sensor terhubung dengan sistem sistem

transmitter yang secara keseluruhan ada di sungai, yang terdiri dari rangkaian pengkondisi sinyal, pengubah sinyal analog ke digital (ADC), sistem mikrokontroler, antarmuka serial RS-232 dan ponsel GSM pada sisi pemancar. Konfigurasi *set-up* pengukuran pada sisi pemancar. Untuk melihat data hasil pengukuran, sistem telemetri ini menggunakan dua tampilan, yaitu tampilan LCD pada sisi pemancar dan tampilan komputer pada sisi penerima, melalui suatu *user interface* untuk pengamatan data dan pengolahan data. Pada pengujian level air yang tertampil pada LCD, parameter utama yang yang ditampilkan di LCD adalah ketinggian muka air terhadap sensor dan waktu *delay* sinyal ultrasonik diterima kembali pada penerimanya. Dari sampel pengujian ketinggian air tersebut diketahui bahwa, makin lama waktu pantulan sinyal ultrasonik dari *transmitter* ke *receiver*-nya maka makin jauh jarak permukaan air dari permukaan tanah, karena jarak yang makin jauh, sehingga periode pancaran gelombang ultrasonik yang jatuh ke permukaan air makin lama, periode pantulan juga akan makin lama.

2.2 Karakteristik Sungai

Karakteristik aliran sungai meliputi pola drainase, tekstur aliran, luas dan bentuk aliran sungai. Pola drainase suatu aliran sungai diantaranya dendritik paralel, dan radial. Pola dendritik mempunyai percabangan pohon. Cabang sungai menyambung induknya dari segala arah bentuk sudut miring secara berpasangan. Pola parallel cabang sungai umumnya secara dan menyambung pada sungai utama dengan arah yang hampir tegak lurus, pola radial membentuk jaringan melingkar dengan anak

sungai yang hampir sejajar mengalir ke arah sungai utama, karakteristik suatu daerah aliran sungai dapat digambarkan oleh fluktuasi debit sungai. Hal ini dapat dijelaskan dengan proses siklus hidrologi pada suatu daerah aliran sungai.

Karakteristik aliran mempengaruhi debit pengeluaran air sungai air dalam suatu sistem sungai. Faktor-faktor pengontrol karakteristik air sungai antara lain: faktor geologi, faktor hidrologi dan tata guna lahan. Faktor geologi terdiri dari geomorfologi dan litologi. Faktor geomorfologi terdiri dari sistem sungai (segmen sungai, hubungan antar cabang sungai, panjang sungai, slope sungai). Sistem cekungan penyaluran, (ukuran cekungan, bentuk cekungan, relief cekungan, tekstur cekungan). Faktor litologi berupa pemunculan mata air dan batuan kedap dan lulus air. Faktor hidrologi berupa distribusi hujan pada daerah aliran sungai dan kapasitas infiltrasi dari tanah (Chay Asdak, 2002).

Bentuk aliran sungai yang memanjang dan sempit cenderung sedikit menimbulkan laju aliran permukaan dari pada bentuk aliran sungai yang lebar. Aliran permukaan terkonsentrasi lambat pada aliran sungai bentuk memanjang daripada melebar pada jarak yang sama untuk kedua bentuk aliran sungai.

2.2.1 Tipe Aliran Sungai

Sungai memiliki tipe aliran seragam atau merata yang berarti memiliki kedalaman aliran sama pada setiap penampang saluran. Menurut Nasution (2005), aliran merata memiliki karakteristik sebagai berikut.

- 1) Besar dan arah kecepatan tetap terhadap jarak $\partial Q/\partial s = 0$
- 2) Aliran pada setiap penampang saluran sama $\partial v/\partial s = 0$
- 3) Variable fluida lain juga tetap $\partial h/\partial z = 0$

Suatu aliran tergantung seragam dapat bersifat tunak atau tidak tunak, tergantung apakah kedalamannya berubah sesuai dengan perubahan waktu. Dikatakan aliran seragam yang tunak (*steady uniform flow*) jika kedalaman air tidak berubah atau dianggap konstan selama selang waktu tertentu. Dikatakan aliran seragam tak-tunak (*unsteady uniform flow*) jika kedalamannya berubah sesuai dengan waktu.

2.3 Debit Air

Dalam hidrologi dikemukakan, debit air sungai adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air sungai. Pengukurannya dilakukan tiap hari, atau dengan pengertian yang lain debit atau aliran sungai adalah laju aliran air yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt). Dalam laporan-laporan teknis, debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran. Hidrograf aliran adalah suatu perilaku debit sebagai respon adanya

perubahan karakteristik biogeofisik yang berlangsung dalam suatu DAS dan atau perubahan fluktuasi musiman atau tahunan.

Kemampuan pengukuran debit aliran sangat diperlukan untuk mengetahui potensi sumberdaya air di suatu wilayah DAS. Debit aliran dapat dijadikan sebuah alat untuk memonitor dan mengevaluasi neraca air suatu kawasan melalui pendekatan potensi sumberdaya air permukaan yang ada. Sungai itu terbentuk dengan adanya aliran air dari satu atau beberapa sumber air yang berada di ketinggian misal di puncak bukit atau gunung yang tinggi, dengan air hujan sangat banyak jatuh di daerah itu, kemudian terkumpul di bagian yang cekung, lama kelamaan dikarenakan sudah terlalu penuh terlalu penuh, akhirnya mengalir keluar melalui bagian bibir cekungan yang paling mudah tergerus air, selanjutnya air itu akan mengalir di atas permukaan tanah yang paling rendah, mungkin mula-mula merata, namun karena ada bagian-bagian dipermukaan tanah yang tidak begitu keras, maka mudalah terkikis, sehingga menjadi alur yang tercipta makin hari makin panjang, seiring dengan makin seringnya air mengalir di alur itu, maka semakin panjang dan semakin dalam, alur itu akan berbelok, atau bercabang, apabila air yang mengalir terhalang oleh batu sebesar alur itu, atau batu banyak, demikian juga dengan sungai di bawah permukaan tanah, terjadi dari air yang mengalir dari atas, kemudian menemukan bagian-bagian yang dapat di tembus ke bawah permukaan tanah dan mengalir kearah dataran rendah yang rendah lama kelamaan sungai itu akan semakin lebar (Suwandi, 2000).

2.4 Gelombang Ultrasonik

Gelombang merupakan salah satu gelombang mekanik longitudinal yang membutuhkan medium sebagai tempat perambatannya dan merupakan gelombang mekanik karena merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat energi medium yang dilaluinya (Buenche, 1986). Selain itu ultrasonik memiliki sifat dipantulkan, diteruskan, dan diserap.

Gelombang adalah suatu gangguan yang menjalar dalam suatu medium. Yang dimaksud dengan medium disini adalah sekumpulan benda yang saling berinteraksi dimana gangguan itu menjalar. Sebagai contoh bunyi dapat didengar karena adanya gangguan yang menjalar ke telinga kita. Bunyi dijalar sebagai gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar dalam medium padat, cair maupun gas. Medium gelombang bunyi ini adalah molekul yang membentuk bahan medium mekanik ini. Karena adanya gangguan gelombang bunyi yang bersifat longitudinal, molekul melakukan getaran dalam arah yang sejajar dengan arah penjalaran (Sutrisno, 1985).

Menurut arah perambatannya gelombang dibagi menjadi dua yaitu gelombang transversal dan longitudinal. gelombang transversal sering disebut juga sebagai gelombang geser (S) sedangkan gelombang longitudinal disebut juga gelombang tekanan (P). Kecepatan dan penyerapan ultrasonik berbeda dalam medium perambatan yang berbeda. Ini karena interaksi gelombang ultrasonik dengan bahan bergantung kepada ciri-ciri fisik medium perambatan dan mekanisme interaksi

gelombang horizontal bergantung pada modulus elastik yang setara dengan modulus pukal dan *density* medium. Penyerapan gelombang ultrasonik dalam cairan pula disebabkan oleh penyebaran dan kehilangan energi ultrasonik kepada energi panas melalui beberapa mekanisme seperti kekentalan cairan konduksi termal dan fenomena rileksasi.

Gelombang ultrasonik dengan frekuensinya yang sangat tinggi memiliki panjang gelombang yang sangat pendek sehingga menjadikannya cukup signifikan untuk dimanfaatkan dalam pengujian tak merusak (*non-destructive testing*) pada suatu benda. Hubungan frekuensi dan panjang gelombang ultrasonik sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1)$$

dimana : λ = panjang gelombang bunyi (m);

v = laju gelombang bunyi (m/s);

f = frekuensi bunyi (Hz).

Laju bunyi dalam medium bergantung pada kerapatan medium dan kompresibilitas medium. Dalam medium fluida, kompresibilitas medium yang digunakan merupakan kebalikan dari modulus Bulk. Menurut Hamid (2011), modulus Bulk atau biasa juga disebut modulus borongan merupakan sebuah sifat yang biasa digunakan untuk mengarakteristikan kemampuan mampatan (*compressibility*) suatu fluida. Lebih jauh, Young dan Freedman (2004) mengungkapkan bahwa bahwa laju bunyi dalam fluida dapat dicari dengan persamaan berikut:

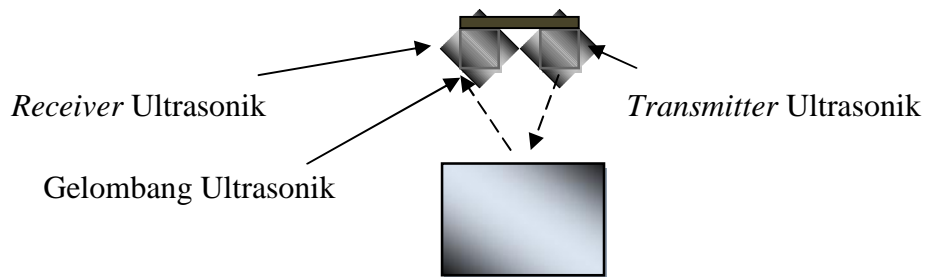
$$v = \frac{\beta}{\rho} \quad (2)$$

dengan : β = Modulus bulk (Pa);

ρ = Kerapatan medium (Kg/m³)

2.5 Pengukuran Tinggi Muka Air dengan Ultrasonik

Metode yang digunakan untuk mengukur tinggi muka air dengan ultrasonik menggunakan prinsip *echosounder*. Sesuai dengan namanya dalam bahasa Inggris, *echo* berarti gema dan *sounder* berarti pemancar bunyi, maka metode ini memanfaatkan pemancaran pulsa ultrasonik dari *transmitter* ultrasonik dengan frekuensi sebesar 40 kHz dan kemudian gemanya atau pemantulannya yang timbul akibat mengenai suatu benda yakni muka air akan diterima kembali oleh *receiver* ultrasonik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode *echosounder* untuk mengukur level tinggi muka air

Gelombang ultrasonik ini merambat melalui udara dengan 344 m/s. Menurut Kurniawan (2010), jarak minimal antara *transmitter-receiver* dengan permukaan air adalah 2 cm dengan jarak maksimal 300 cm. Setelah gelombang pantulan terdeteksi akan dibuat output tertentu sebagai tanda bahwa gelombang sudah diterima untuk mematikan timer pengukur

waktu pulsa dari *transmitter* sampai *receiver*. Dengan mengukur selang waktu antara saat pulsa dikirim dan pulsa diterima, jarak antara muka air dengan ultrasonik dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$s = \frac{v \cdot t}{2} \quad (3)$$

Dengan :

s = Jarak antara muka air dengan sensor ultrasonik (m);

v = Laju bunyi (m/s);

Jarak antara muka air dan sensor ultrasonik inilah yang dianggap tinggi muka air.

2.6 Pengukuran Debit Air

Debit air dapat didefinisikan sebagai banyaknya volume air yang mengalir pada suatu saluran setiap 1 sekon. Menurut Chow (1997), debit air yang mengalir pada suatu penampang saluran untuk berbagai aliran dinyatakan dengan:

$$Q = v \cdot A \quad (4)$$

Dengan : Q = debit air (m^3/s);

v = kecepatan aliran air (m/s);

A = luas penampang melintang saluran (m^2).

Chow juga menjelaskan bahwa sungai merupakan salah satu contoh saluran terbuka yang berarti permukaannya bebas dipengaruhi oleh tekanan udara bebas (P_{atmosfer}). Karena sungai memiliki saluran penampang melintang dan kemiringan memanjang berubah-ubah maka sungai

diklasifikasikan sebagai *Nonprismatic Channel*. Perhitungan saluran terbuka biasanya lebih rumit daripada saluran tertutup seperti saluran pipa.

Hal ini disebabkan karena :

- a) Sungai memiliki bentuk penampang yang tidak teratur;
- b) Sulit menentukan kekerasan saluran (sungai berbatu sedangkan pipa licin);
- c) Kesulitan pengumpulan data di lapangan.

2.6.1 Persamaan Manning

Bila air mengalir dalam suatu saluran terbuka seperti sungai, air tersebut akan mengalami tahanan saat mengalir ke hilir. Tahanan mengadakan perlawanan terhadap komponen gaya berat yang menyebabkan air tersebut mengalir. Aliran seragam terjadi bila kedua komponen ini seimbang. Chow (1997) juga mengungkapkan bahwa kecepatan aliran pada saluran terbuka tersebut kemudian dirumuskan oleh Antonie Chezy pada tahun 1769 sebagai berikut:

$$v = C\sqrt{RS} \quad (5)$$

dengan :

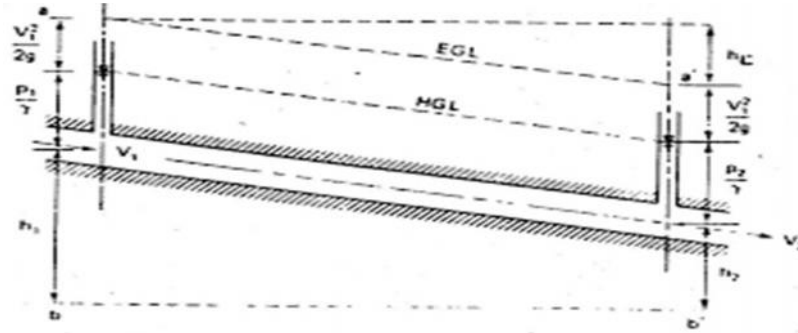
v = kecepatan aliran (kaki per sekon/fps);

R = jari jari hidrolis (kaki);

S = Kemiringan dasar saluran;

C = Koefisien Chezy (faktor tahanan aliran tanpa satuan).

Rumusan Chezy tersebut berdasarkan analisis aliran seragam seperti yang ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Penurunan Rumus Chezy untuk Aliran Seragam pada Saluran Terbuka

Menurut Chow (1997), Robert Manning pada tahun 1889 kemudian mengungkapkan bahwa nilai C masih dipengaruhi oleh R , yaitu sebesar:

$$C = \frac{1,49}{n} R^{1/6} \quad (6)$$

Dengan : n = koefisien Manning (tanpa dimensi)

Nilai tetapan n dapat dilihat pada tabel 2

Sehingga persamaan Chezy diperbaharui oleh Manning menjadi :

$$v = \frac{1,49}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (7)$$

Persamaan (7) disesuaikan dengan keadaan Inggris yang terbiasa menggunakan satuan fps (*feet per second*). Jika persamaan tersebut disesuaikan berdasarkan satuan internasional dengan 1 meter = 3,2808 kaki, maka Raju (1986) persamaan *Manning* menjadi :

$$v = \frac{1,49}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (8)$$

Sehingga n menjadi berdimensi $TL^{-1/3}$

Persamaan jika disubsitusikan ke persamaan umum debit air $Q = v.A$, maka didapat persamaan baru untuk menghitung debit air sungai adalah :

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \quad (9)$$

Atau jika diketahui keliling basah (*wetted perimeter*) menurut $R=A/P$ persamaan dapat ditulis menjadi :

$$Q = \frac{1}{n} A^{5/3} P^{-2/3} S^{1/2} \quad (10)$$

Dengan :

A = luas penampang (m);

P = keliling basah (m);

S = kemiringan saluran dasar (m/m).

Persamaan 10 merupakan persamaan yang digunakan dalam penelitian ini.

2.6.2 Koefisien Manning

Chow (1997) mengatakan bahwa koefisien *Manning* (n) merupakan fungsi dari bahan dinding saluran. Koefisien *Manning* dapat diartikan sebagai nilai kekerasan saluran. Kekerasan saluran sangat mempengaruhi besarnya kecepatan rata-rata pada saluran. Nilai kekerasan saluran tidak hanya ditentukan dari satu faktor, tetapi juga dapat merupakan kombinasi dari beberapa faktor seperti yang dikemukakan oleh Nasution (2005) berikut ini:

1. Kekerasan pada permukaan saluran.

Kekerasan permukaan saluran tergantung dari butir-butir yang membentuk keliling basah, ukuran dan bentuk butiran menimbulkan efek hambatan

terhadap aliran. Secara umum dikatakan bahwa butiran halus mengakibatkan nilai n yang relatif rendah karena butiran halus memperkecil hambatan aliran. Sedangkan butiran kasar memiliki nilai n yang tinggi karena butiran kasar memperbesar hambatan aliran.

- a) Butiran kasar n besar;
- b) Butiran halus n kecil.

2. Jenis tumbuh-tumbuhan.

Tumbuhan yang terdapat dalam saluran dapat menghambat lajunya aliran serta memperkecil kapasitas pengaliran. Keberadaan belukar atau bakau membuat hambatan aliran yang ditimbulkan oleh rerumputan dengan nilai n yang rendah.

- a) Belukar atau bakau n besar;
- b) Rerumputan n kecil.

3. Ketidakteraturan keliling basah dan variasi penampang terutama pada saluran alam. Secara umum perubahan lambat laun dan teratur pada penampang ukuran dan bentuk tidak terlalu mempengaruhi nilai n , tetapi perubahan tiba-tiba atau peralihan dari penampang kecil ke besar mengakibatkan nilai n yang besar,

- a) Tidak teratur n besar;
- b) Teratur n kecil.

4. *Trace* saluran.

Lengkung saluran dengan garis tengah yang besar akan lebih baik dari pada saluran dengan tikungan tajam. Kelengkungan yang landai dengan garis tengah yang besar akan mengakibatkan nilai n yang relatif rendah

sedangkan kelengkungan yang tajam dengan belokan-belokan yang patah akan memperbesar nilai n menjadi besar.

a) Berbelok-belok n besar;

b) Lurus n kecil.

5. Pengendapan dan penggerusan

6. Proses pengendapan permukaan dapat mengakibatkan saluran menjadi kasar karena penggerusan-penggerusan meninggalkan kerikil-kerikil di dasar saluran sehingga nilai n menjadi besar.

a) Kerikil n besar;

b) Lumpur n kecil.

7. Hambatan.

Adanya pilar jembatan, belok sekat dapat mempengaruhi aliran terutama jika jumlahnya banyak. Semakin besar ukuran penghalang atau semakin banyak jumlah penghalang atau semakin banyak jumlah penghalang maka nilai n semakin besar pula sedangkan semakin kecil ukuran penghalang atau semakin sedikit jumlah penghalang maka nilai n semakin kecil.

a) Hambatan kecil n kecil;

b) Hambatan besar n besar.

8. Ukuran dan bentuk saluran.

Saluran dengan dimensi yang relatif besar lebih sedikit dipengaruhi oleh kekerasan saluran, sedangkan jari-jari hidrolis yang ideal sangat mempengaruhi debit pengaliran pada saluran.

a) Saluran kecil n besar;

b) Saluran besar n kecil.

9. Taraf air dan debit.

Nilai n pada saluran umumnya berkurang bila taraf air dan debitnya bertambah. Bila air rendah, ketidakrataan dasar saluran menonjol dan efeknya kelihatan. Namun nilai n dapat pula besar pada taraf air tinggi bila dinding saluran kasar dan berumput.

- a) Air dangkal n besar;
- b) Air dalam n kecil;
- c) Debit kecil n besar;
- d) Debit besar n kecil.

Issacson dkk (1954) dalam jurnal ilmiahnya menyampaikan satu cara untuk memperkirakan nilai n berdasarkan beberapa faktor diatas, yaitu sebagai berikut:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5 \quad (11)$$

dengan.

n_0 = nilai dasar n untuk saluran yang halus, seragam dan halus menurut bahan-bahan alamiah yang dikandungnya

n_1 = nilai yang ditambahkan ke n_0 untuk mengoreksi efek ketidakrataan permukaan

n_2 = nilai variasi bentuk dan ukuran penampang saluran

n_3 = nilai untuk hambatan

n_4 = nilai untuk kondisi tetumbuhan dan liran

m_5 = faktor koreksi bagi belokan-belokan saluran.

Tabel 1. Tetapan Koefisien *n-Manning* untuk Persamaan (9). (Chow,1997)

Keadaan saluran		Nilai-nilai			
Bahan pembentuk	Tanah	n_0	0,020		
	Batu pecah		0,025		
	Kerikil halus		0,024		
	Kerikil kasar		0,028		
Derajat ketidakteraturan	Sangat kecil	n_1	0,000		
	Sedikit		0,005		
	Sedang		0,010		
Derajat ketidakteraturan	Besar	n_1	0,020		
	Variasi penampang melintang saluran		Bertahap	n_2	0,000
			Kadang-kadang berganti		0,005
Variasi penampang melintang saluran	Sering berganti		0,010-0,015		
	Efek relatif dari hambatan	Dapat diabaikan	n_3	0,000	
		Kecil		0,010-0,015	
Cukup		0,020-0,030			
Besar		0,040-0,060			
Tetumbuhan	Rendah	n_4	0,005-0,010		
	Sedang		0,010-0,025		
	Tinggi		0,025-0,050		
	Sangat tinggi		0,050-0,100		
Derajat keelokan	Kecil	m_5	1,000		
	Cukup		1,150		
	Besar		1,300		

2.7 Modul PING))TM Ultrasonik Distance Sensor

PING))TM Ultrasonik Distance Sensor merupakan sebuah modul parallax Inc. yang digunakan sebagai pengukur jarak nonkotak (tak sentuh) dengan

kemampuan ukur 2 cm sampai 300 cm. Modul ini hanya memerlukan 1 pin I/O dari mikrokontroler untuk mengontrolnya seperti Gambar berikut.



Gambar 3. Bentuk Fisik PING)))TM *Ultrasonic Distance Sensor*

Modul PING)))TM mendeteksi jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik sebesar 40kHz selama t_{BURST} (200 μ s) yang diistilahkan sebagai chirp, kemudian mendeteksi pantulannya. Modul PING)))TM memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan kontrol dari mikrokontroler pengendali (pulsa *trigger* dengan t_{OUT} minimal 2 μ s). Gelombang ultrasonik ini membuat dalam medium udara dengan kecepatan 344 m/s, mengenai objek dan memantul kembali ke sensor (Prawiroedjo, 2008).

2.8 Mikrokontroler ATmega 8535

Mikrokontroler adalah mikrokomputer chip tunggal yang dirancang spesifik untuk aplikasi - aplikasi kontrol dan bukan untuk aplikasi - aplikasi serbaguna. Perangkat ini seringkali digunakan untuk memenuhi suatu kebutuhan kontrol tertentu (Tooley, 2003). Dalam penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan untuk mengatur PING)))TM adalah mikrokontroler Atmega 8535. Mikrokontroler ini merupakan jenis mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc Prosecor*) bersitektur RISC

(*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit, sehingga semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus intruksi *clock*.

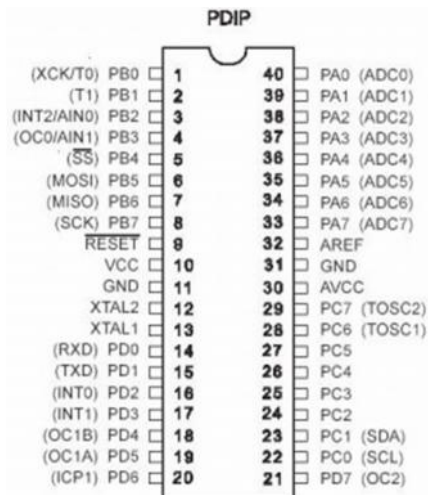
2.5.1 Spesifik Mikrokontroler ATmega 8535

Spesifikasi sebuah mikrokontroler Atmega8535 adalah sebagai berikut:

- a. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu port A, port B, port C, dan port D;
- b. Kecepatan maksimal 16 MHz;
- c. ADC (*Analog to Digital Converter*) 10 bit sebanyak 8 *channel*;
- d. Tiga buah Timer/*counter* dengan kemampuan membandingkan;
- e. CPU yang terdiri dari 32 buah register;
- f. *Wachdog Timer* dengan isolator internal;
- g. SRAM sebesar 512 *byte*;
- h. Memori Flash sebesar 8Kb dengan kemampuan *Read While Write*;
- i. Unit Interupsi internal dan eksternal;
- j. Port antarmuka SPI;
- k. EEPROM sebesar 512 *byte* yang dapat deprogram saat operasi;
- l. Antarmuka komparator analog;
- m. Port USART untuk komunikasi serial.

2.8.1 Konfigurasi Mikrokontroler ATmega 8535

Konfigurasi dan deskripsi kaki-kaki mikrokomputer ATmega 8535 adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Konfigurasi Pin Mikrokontroler Atmega8535

Adapun fungsi dari masing-masing pin pada mikrokontroler ATmega8535 adalah sebagai berikut:

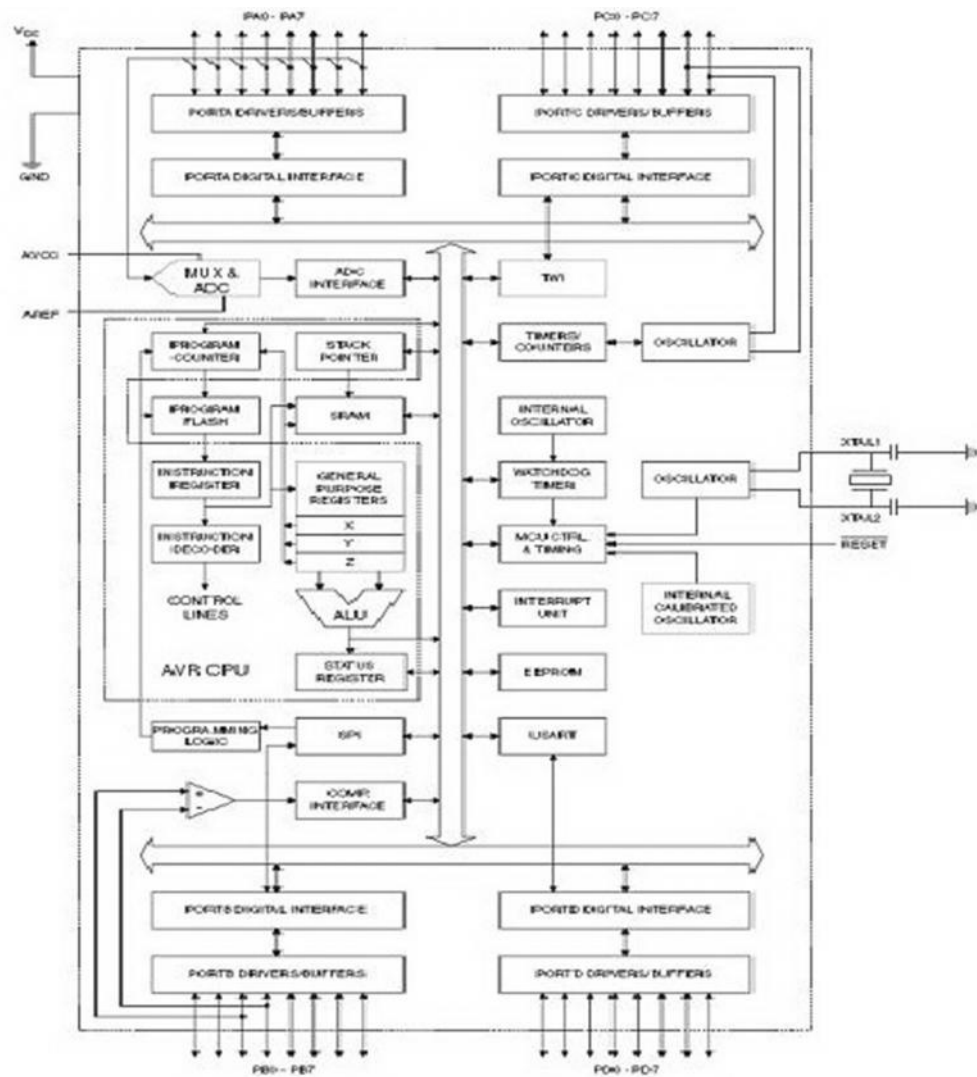
- a. VCC, berfungsi sebagai sumber tegangan +5V;
- b. GND, berfungsi sebagai pertahanan atau *grounding*;
- c. PORT A(PORT A0-7), port A merupakan I/O dua arah dan memiliki fungsi khusus sebagai pin masukan ADC;
- d. PORT B(PORT B0-7), port B merupakan I/O dua arah dan memiliki fungsi khusus sebagai pin *Timer/Counter*, komparator SPI;
- e. PORT C (PORT B0-7), port C merupakan I/O dua arah dan memiliki fungsi khusus yaitu TWI, komperator analog, Timer osilator;
- f. PORT D (PORT D0-7), port D merupakan I/O dua arah dan memiliki fungsi khusus yaitu TWI, komperator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial;
- g. RESET, merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler;
- h. XTAL1 dan XTAL 2, sebagai pin masukan *clock* eksternal. Suatu mikrokontroler membutuhkan sumber detak (*clock*) agar dapat

mengeksekusi intruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya, maka semakin cepat mikrokontroler tersebut;

- i. AVCC, sebagai pin masukan teangan untuk ADC;
- j. AREFF, sebagai pin masukan untuk tegangan referensi eksternal ADC.

2.8.2 Arsitektur ATmega 8535

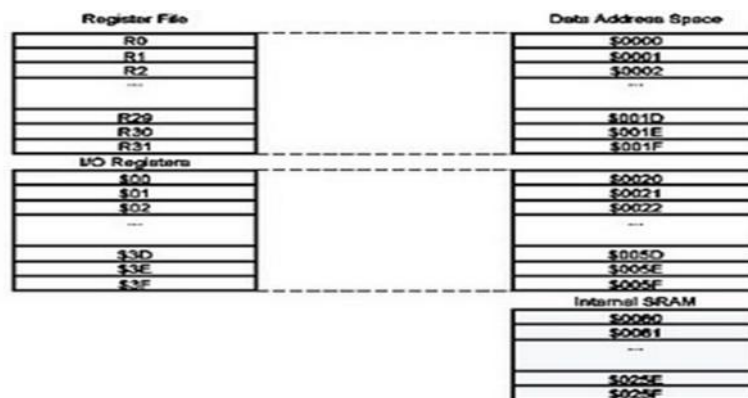
Secara umum arsitektur mikrokontroler ATmega 8535 dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Arsitektur Atmega 8535

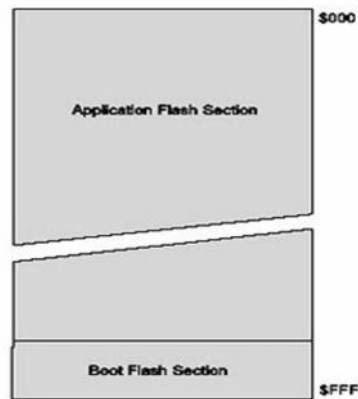
2.8.3 Peta Memori AT mega 8535

ATmega 8538 memiliki ruang pengalaman memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian yaitu : 32 register umum, 64 buah register i/o dan 512 byte SRAM internal (Adianto, 2010). Peta memori data tersebut dapat dilihat pada gambar 7 berikut ini.



Gambar 6. Peta Memori Data ATmega8535

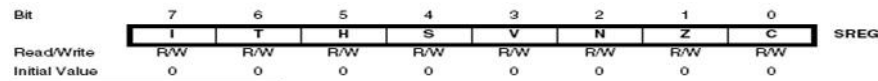
Memori program yang terletak pada Flash Perom tersusun dalam word atau byte karena setiap intruksi memiliki lebar 16 bit atau 32 bit. AVR ATmega8535 memiliki 4 kbyte x 16 bit Flash Perom dengan alamat mulai dari \$000 sampai \$FFF. AVR tersebut memiliki 12 bit Program Counter (PC) sehingga mampu mengamati isi flash. Selain AVR ATmega 8535 juga memiliki EEPROM 7-bit sebanyak 512 byte. Alamat EEPROM dimulai \$000 sampai \$1ff (Bejo, 2008).



Gambar 7. Peta Memori Program ATmega8535

2.8.4 Satus Register

Status register adalah register berisi status yang dihasilkan pada setiap operasi yang dilakukan ketika suatu intruksi dieksekusi. SREG merupakan bagian dari CPU mikrokontroler.



Gambar 8. Status Register Atmega 8535

- a) Bit 7 : I (*Global Interrupt Enable*), Bit harus di set untuk dapat digunakan semua jenis interupsi
- b) Bit 6 : T (*Bit Copy Storage*), intruksi BLD dan BST menggunakan bit T sebagai sumber atau tujuan dalam operasi bit. Suatu bit dalam sebuah register GPR dapat disalin ke bit T menggunakan intruksi BST, dan sebaliknya bit T dapat disalin kembali kesuatu bit dalam register GPR dengan menggunakan intruksi BLD.
- c) Bit 5 : H (*Half Cary Flag*)

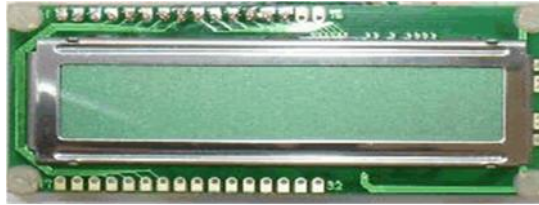
- d) Bit 4 : S (*Sign Bit*), merupakan hasil operasi EOR antara FLAG-N (negatif) dan flag V (komplemen dua *overflow*).
- e) Bit 3 : V (*Two's Component Overflow Flag*) bit ini berfungsi mendukung operasi matematis.
- f) Bit 2 : N (*Negatif Flag*) Bit ini akan menjadi set, jika suatu operasi matematis menghasilkan bilangan negatif.
- g) Bit 1 : Z (*Zero Flag*) Bit ini akan menjadi set apabila hasil operasi matematis menghasilkan bilangan 0.
- h) Bit 0 : C (*Cary Flag*) Bit ini akan menjadi set apabila suatu operasi menghasilkan *carry* (Adianto, 2010)

2.9 LCD Karakter 2x16

Irda (2009) menjelaskan bahwa modul LCD (*Liquid Cristal Display*) digunakan sebagai *prototype* dari sebuah informasi. Agar terhubung dengan mikrokontroler, LCD dilengkapi dengan 8 bit data bus (DB0-DB7) yang digunakan untuk menyalurkan data ASCII (*American Standard Code For Information Interchange*) maupun perintah pengatur kerjanya. Modul LCD sendiri terdiri dari *display* dan *chipshet*, dimana *chipshet* ini sebenarnya merupakan mikrokontroler. *Chipset* ini berfungsi untuk mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi dengan mikrokontroler yang memakai tampilan LCD itu. Sehingga pada dasarnya *interface* yang akan dibuat merupakan komunikasi dua buah mikrokontroler.

Penelitian ini menggunakan LCD karakter 2x 16 seperti pada gambar 9 dibawah ini. LCD ini mempunyai lebar *display* 2 baris 16 kolom dengan

16 pin konektor. Adapun bentuk fisik LCD karakter 2x16 dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Bentuk Fisik Modul LCD Karakte 2x16

Display karkter pada LCD diatur oleh pin EN, RS, dan R/W. Jalur EN dinamakan *enable*, jalu ini digunakan untuk memberikan LCD bahwa pengguna sedang mengirim sebuah data. Untuk mengirim data ke LCD, maka melalui program EN harus dibut logika low “0” dan set pada dua jalur kontrol yang lain yakni RS dan RW. Ketika dua jalur yang telah siap, set N dengan logika “1” dan tunggu untuk sejumlah waktu tertentu sesuai dengan datasheet dari LCD tersebut) dan berikutnya set EN ke logika low “0” lagi.

Jalur RS adalah jalur *Register Select*. Ketika RS berlogika low “0”, data akan dinggap sebagai sebuah perintah atau interuksi khusus (seperti *clear screen*, posisi kursor dan lain lain). Ketika RS berlogika high “1”, data yang dikirim adalah data teks yang akan ditampilkan pada *display* LCD. Sebagai contoh, untuk menampilkan angka “1” pada layar LCD maka RS harus di set logika *high* “1”. Jalur R/W adalah jalur *Read/Write*. Ketika RW berlogika *low* “0”, maka informasi pada bus data akan ditampilkan pada layar LCD. Ketika RW berlogika *high* “1”, maka program akan

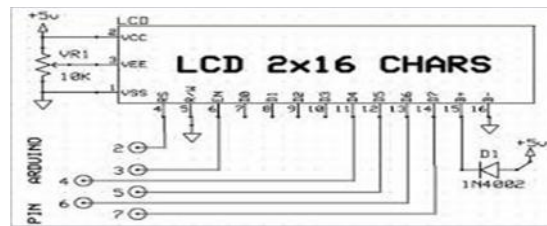
melakukan pembacaan memori dari LCD. Sedangkan pada aplikasi umum pin RW selalu diberi logika *low* “0”.

Pada akhirnya, bus data terdiri dari 4 atau 8 jalur (bergantung pada mode operasi yang dipilih oleh user). Pada khusus bus data 8 bi, jalur diacukan sebagai DB0 sampai DB7. Fungsi kaki-kaki pin LCD ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Fungsi kaki-kaki pin LCD

No	Nama	Fungsi
1	V _{SS}	Ground Voltage
2	V _{CC}	+5V
3	V _{EE}	<i>Contrast Voltage</i>
4	RS	Memilih Register 0 = Register intruksi 1 = Register data
5	R/W	Membaca/menulis, untuk memilih kode membaca atau memilih 0 = mode menulis 1 = mode membaca
6	EN	Enable 0 = memulai untuk latch data ke karakter LCD 1 = disable
7...14	DB0-DB7	Bus data
15	BPL	<i>Black Panel Light</i>
15	GND	<i>Ground Voltag</i>

Adapun susunan kaki pin LCD karakter 2x 16 dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Susunan kaki Pin LCD krakter 2x 16

2.9.1 SD Card

SD Card adalah kartu memori *non-volatile* yang dikembangkan oleh *SD Card Association* yang digunakan dalam perangkat portable. Saat ini, teknologi *micro SD* sudah digunakan oleh lebih dari 400 merek produk serta dianggap sebagai standar.



中国网通
ZOL.com.cn

Gambar 11. SD Card

Keluarga *SD Card* yang lain terbagi SDSC yang kapasitas maksimum resminya sekitar 2 GB, meskipun beberapa ada yang sampai 4GB. SDHC (*High Capacity*) memiliki kapasitas dari 4GB sampai 32GB. Dan SDXC (*Extended Capacity*) kapasitasnya seringkali membuat kebingungan karena masing-masing protokol komunikasi sedikit berbeda. Dari sudut pandang perangkat, semua kartu ini termasuk dalam keluarga SD. SD adapter

memungkinkan konversi fisik kartu SD yang lebih kecil untuk bekerja di slot fisik yang lebih besar pada dasarnya ini adalah alat pasif yang menghubungkan pin dari *SD Card* yang kecil ke pin adaptor *SD Card* yang lebih besar (Hartono, 2013)

2.9.2 Keypad

Keypad merupakan *entity input* yang digunakan sebagai media untuk memasukkan password untuk pengaturan terhadap elektronik secara manual dan untuk menonaktifkan semua peralatan yang terdapat pada *smart house*. Setiap penekanan angka pada *keypad* akan mengeluarkan data yang akan diproses oleh mikrokontroler, setiap penekanan 1 kali akan mengeluarkan data sebanyak 7 bit yang akan disesuaikan dari pembuatan password yang tersusun dalam modul program yang di rancang.



Gambar 12. Bentuk fisik *keypad* 4x4

Keypad diperlukan untuk berinteraksi dengan sistem, misal kita akan menyetting *set-point* suatu kontrol umpan balik pada saat program masih berjalan. Sebenarnya tiap pemrograman memiliki cara yang berbeda untuk berinteraksi dengan sistem. Bahkan untuk *keypad* pun secara *hardware* tiap

pemrograman bisa berbeda. *Keypad* 4x4 lebih sering digunakan oleh program, selain *hardware*-nya mudah, *software*-nya juga tidak susah, pada dasarnya *keypad* 4x4 adalah *push-button* yang dirangkai secara matriks (Hertanto, 2008).

2.9.3 Serial Logger

Serial logger modul adalah modul yang berfungsi sebagai perekam data dalam aplikasi data logger. Pada umumnya untuk membangun data logger dengan mikrokontroler dibutuhkan *Serial Peripheral Interface* (SPI) protokol untuk berkomunikasi kartu memori. Penggunaan modul serial logger lebih sederhana, dimana untuk mengaksesnya menggunakan protokol serial. Serial logger modul mudah diterapkan karena efektif dan mudah, tidak hanya dapat menulis data ke kartu memori, tetapi juga dapat membaca dari kartu memori. Kode sederhana untuk menulis dan membaca data membuat pengguna akan lebih cepat untuk membangun aplikasinya (Saputro, 2014).

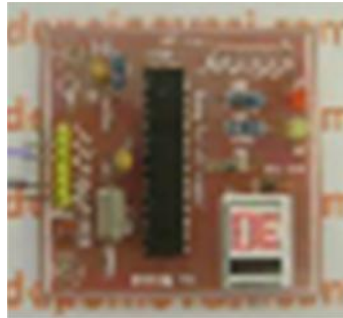
Banyak aplikasi yang dapat dibangun dengan serial logger modul, seperti:

1. Pengukuran aplikasi data logger;
2. Aplikasi jadwal doa;
3. Aplikasi bel sekolah;
4. Simpan parameter data dalam aplikasi robot atau lainnya.

Spesifikasi teknis modul serial logger:

- a) 5 VDC *Power Supply*;

- b) Jenis memori *Micro SD* yang dapat dipasang pada serlog modul;
- c) Maksimum ukuran memori 8GB;
- d) Ukuran modul 50mm x 50mm;
- e) Standar Baudrate 9600;
- f) Tiga pin untuk mengontrol modul (Tx, Rx, Rst);
- g) Pastikan untuk memformat kartu baik FAT16 atau FAT32.



Gambar 13. Bentuk fisik modul serial logger

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan Desember 2015. Perancangan dan pembuatan dilaksanakan di laboratorium Elektronika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung dan implementasinya dilaksanakan dilaksanakan di Irigasi di Metro.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam melakukan penelitian ini digunakan alat dan bahan sebagai berikut.

1. Solder, untuk melelehkan timah agar komponen menyatu dengan PCB;
2. Bor listrik, digunakan untuk melubangi PCB;
3. Sedotan timah, untuk membuang sisa timah yang tidak terpakai;
4. Multimeter, untuk mengukur nilai tambahan dan tegangan sebelum melakukan uji coba alat;
5. Komputer, sebagai media pembuatan program untuk mikrokontroler;
6. Downloader, untuk mendownload program ke dalam mikrokontroler;
7. Keypad, untuk mengatur data yang diinginkan pada mikrokontroler;
8. *SD Card*, untuk menyimpan nilai yang diperoleh dari perhitungan alat;

9. LCD, untuk menampilkan nilai yang diperoleh dari pengukuran dan perhitungan.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

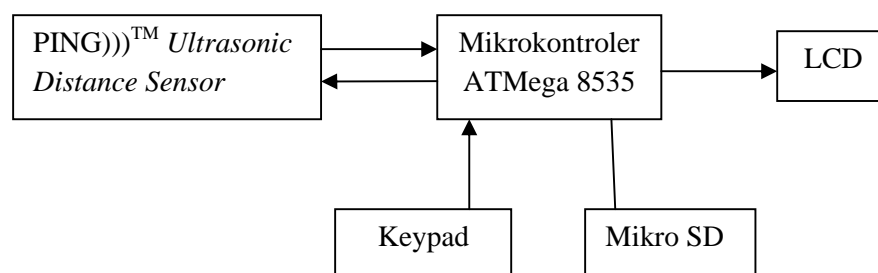
1. *Printed Circuit Board* (PCB), untuk tempat merangkai komponen-komponen yang digunakan;
2. PING)))TM Ultrasonik Distance Sensor, modal untuk mendeteksi level tinggi muka air;
3. *Interested Circuit*;
 - a) ATmega8535, sebagai pengolah data dan pengendali alat,
 - b) Kapasitor, untuk menyetabilkan tegangan dan frekuensi
 - c) LED, sebagai indikator
4. Larutan FeCl₃, untuk melarutkan PCB;
5. Timah, untuk merekatkan kmponen-komponen ke PCB;
6. Kabel Penghubung, untuk menghubungkan alat;
7. Box alat, untuk tempat komponen alat;
8. Penampung air sebagai tempat pengukuran ketinggian;
9. Komponen elektronika;
 - a) Resistor, untuk memperkecil nilai arus dalam rangkaian,
 - b) Kapsitor, untuk menyetabilkan tegangan dan frekuensi,
 - c) LED, sebagai indikator
10. Aki, untuk menyuplai tegangan.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, pengujian sistem dan analisa data pengujian.

3.3.1 Perancangan perangkat keras

Perangkat keras yang digunakan terdiri dari modul PING)))TM *Ultrasonic Distance Sensor*, mikrokontroler ATmega8535 dan LCD. Adapun perancangan tahapan kerja perangkat keras tersebut dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Desain Perancangan Sistem Pengukur Level Tinggi Permukaan Air dan Debit Air

- a) Modul PING)))TM *Ultrasonic Distance Sensor*, dipilih karena sudah diprakarsai dan dikemas dengan baik sehingga dapat mengurangi interferensi sinyal yang dipancarkan dan diterima. Modul ini dipasang menghadap permukaan air sehingga dapat mengukur jarak muka air ke *receiver*. Dengan jarak terjauh 300 cm diukur dari dasar sungai berkedalaman 250 cm. jarak antara modul dengan muka air digunakan untuk menghitung level tinggi muka air dengan cara mengurangkan jarak modul dasar sungai dengan jarak modul muka air. Sehingga semakin jauh jarak muka air ke *receiver* maka semakin rendah level tinggi muka air dan

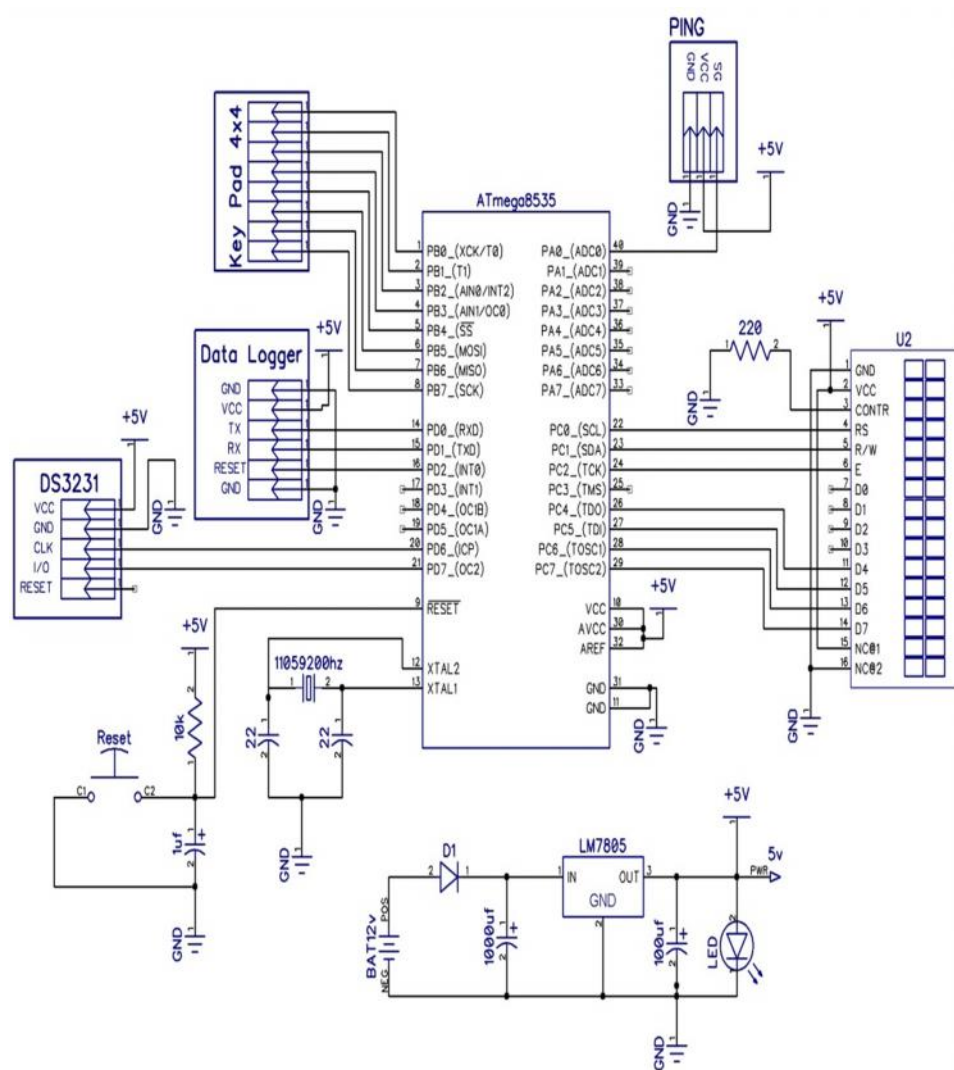
sebaliknya semakin pendek jarak muka air ke *receiver* maka semakin tinggi muka level air.

- b) Mikrokontroler ATmega8535, berfungsi sebagai pengatur PING))) dan sebagai pusat pengolahan data. Fungsi mikrokontroler sebagai pengatur PING))) yaitu mikrokontroler mengirimkan pulsa *high* ke PING))) untuk mengaktifkan PING))) sehingga PING))) dapat memancarkan gelombang ultrasonik melalui *transmitter*. Selama perjalanan gelombang ultrasonik menuju muka air dan terpantul kembali PING))), mikrokontroler menerima pulsa *low* dari PING))) yang diterima oleh *receiver* selanjutnya PING))) mengirimkan pulsa *high* kepada mikrokontroler. Fungsi mikrokontroler sebagai pusat pengolahan data yaitu menghitung lamanya waktu perjalanan gelombang ultrasonik mulai dipancarkan oleh *transmitter* lalu diterima kembali *receiver* dan kemudian mengolahnya menjadi data level tinggi muka air yang dapat ditampilkan pada LCD. Fungsi lain mikrokontroler sebagai pusat pengolahan data level tinggi muka air untuk menghitung besarnya debit air berdasarkan persamaan *manning* dan menampilkan LCD.
- c) *Liquid Display Cristal* (LCD), digunakan untuk menampilkan data hasil pengukuran level tinggi
- d) *Keypad*, digunakan untuk mengatur nilai yang kita inginkan sebagai masukan di mikrokontroler.

3.3.2 Perancangan perangkat lunak

Perancangan perangkat lunak dalam penelitian ini meliputi perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler untuk mengatur PING))), mengolah data dari PING))) dan menampilkannya pada LCD. Dalam penelitian ini penulis menggunakan *Bascom-AVR* karena program tersebut cocok diterapkan pada mikrokonroler ATmega8535 dan mudah dimengerti.

3.3.3 Rangkaian alat secara keseluruhan



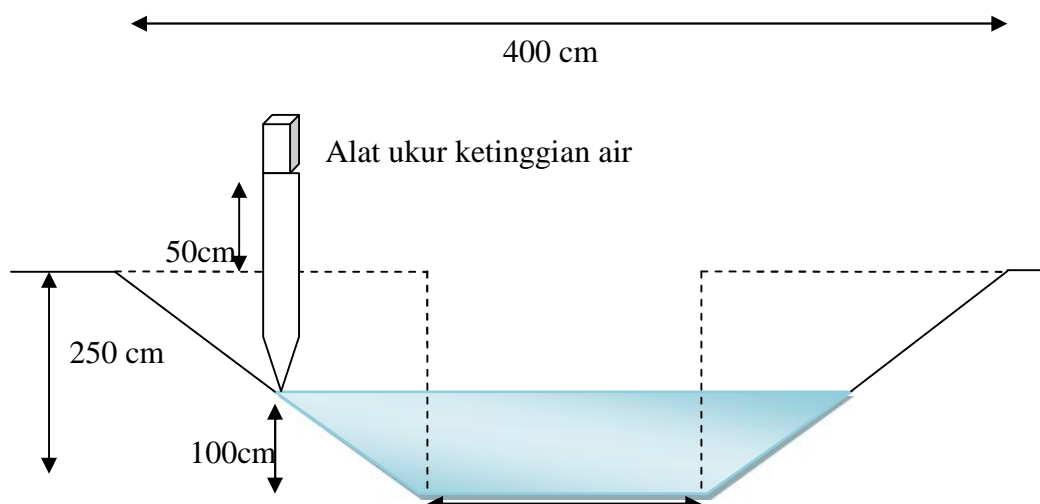
Gambar 15. Rangkaian Keseluruhan Alat

3.3.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan menguji perangkat keras dan perangkat lunak bersama-sama menggunakan program sederhana pengukur sebenarnya dan mencari standar deviasi pengukuran. Jika presentase kesalahan (*error*) sistem kecil maka sistem siap dikembangkan untuk penggunaan selanjutnya yaitu mengukur tinggi muka air dan debit air sungai.

3.3.5 Pengukuran dan pengambilan data

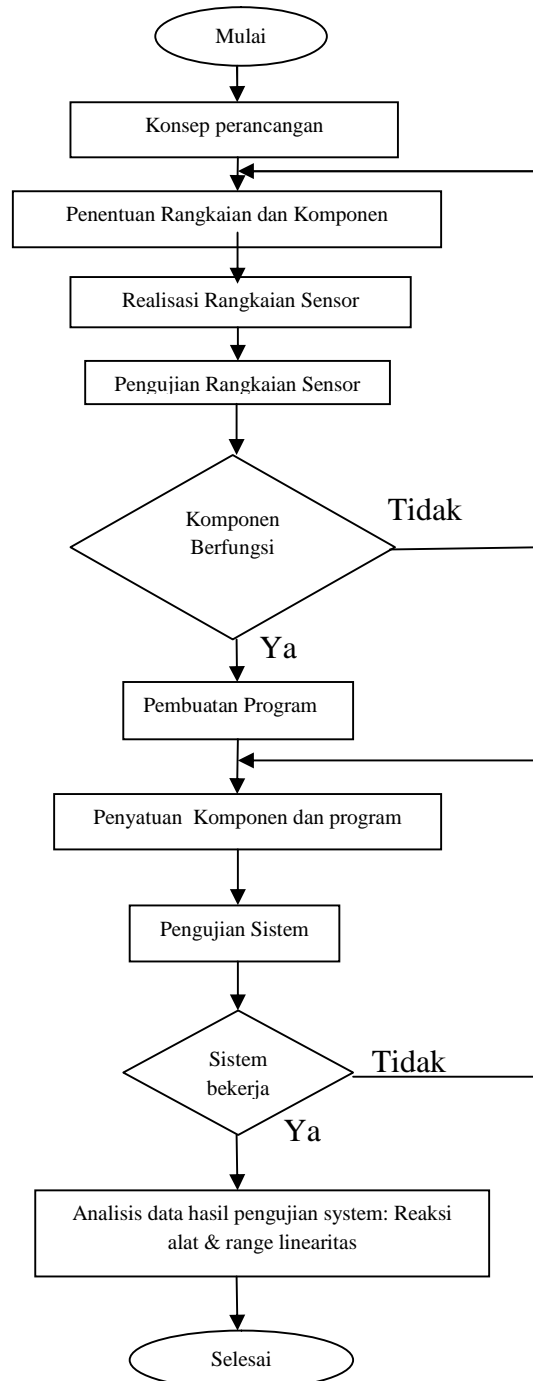
Untuk mengukur ketinggian muka air, langsung diujicobakan pada irigasi atau sungai. Dengan meletakkan sensor diatas permukaan air maka gelombang ultrasonik yang dipancarkan (PING))) dapat dipantulkan kembali. Selain itu sensor langsung membaca pergerakan air terhadap skala ketinggian. Meskipun telah dibuat suatu penampang air dengan pergerakan air yang berubah secara berkesinambungan, namun masih perlu dibuat suatu gambaran sungai untuk membantu menentukan berapa variabel yang terkait dengan pengukuran besarnya debit air. Sebagian besar sungai telah ditalud akan memiliki penampang melintang berbentuk trapesium yang dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Penampang Melintang Suatu Sungai Buatan

Gambar 16 merupakan contoh penampang melintang sungai yang dijadikan objek penelitian pengukuran debit air dengan ketinggian air rata-rata setiap tahunnya sekitar 100 cm. Keadaan dinding saluran ditetapkan terlebih dahulu mengikuti tabel 2 (halaman 21), yaitu: bahan pembentuk saluran adalah kerikil halus ($n_0 = 0,024$), derajat ketidakteraturan saluran sangat kecil ($n_1 = 0,000$), variasi penampang melintang bertahap ($n_2 = 0,000$), efek relatif dari hambatan dapat diabaikan ($n_3 = 0,000$) tetumbuhan rendah ($n_4 = 0,005$) dan derajat keelokan kecil ($m_5 = 1$), dengan demikian besarnya nilai koefisien *manning* n untuk saluran dalam penelitian ini menurut persamaan (9) adalah 0,123. Saluran tersebut memiliki kemiringan dasar saluran S yang telah ditetapkan sebesar 0,001.

Secara umum langkah-langkah penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Diagram Penelitian

3.4 Metode Pengujian

Tabel data nilai pengujian sistem pengukuran; tinggi air dan debit air sebagai berikut.

Tabel 3. Data Pengujian Alat

NO	Luas Permukaan Air (m)	Luas Penampang Basah	Koefisien Manning	Kemiringan Dasar Saluran	Debit Air (m ³ /det)	Tinggi air (m)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis sistem pengukuran dan perhitungan debit air, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Telah teralisasi alat ukur tinggi air dan debit air irigasi, yang derajat mengukur nilai debit air tertinggi adalah $140,46 \text{ m}^3/\text{det}$ dari rata-rata tinggi air $1,52 \text{ m}$ pada saluran yang memiliki lebar dasar saluran terlebar yaitu $5,7 \text{ m}$, menunjukkan bahwa semakin besar nilai tinggi air maka akan memperbesar nilai debit air.
2. Sistem alat dapat bekerja dengan baik, dapat menghasilkan tinggi air dan debit air dengan baik sesuai grafik yang mendekati garis linear dan memiliki presentasi kesalahan relatif yang kecil yaitu $0,174\%$.
3. Pengaruh debit air selain lebar saluran juga dipengaruhi oleh tinggi air, luas penampang dan keliling basah.

5.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian ini adalah

1. Pada alat pengukuran tinggi air dan debit air irigasi ini menggunakan keypad yang memiliki lebih banyak baris dan kolom untuk mempermudah memasukkan nilai atau data yang diperoleh dari pengukuran sehingga pengukuran debit akan lebih akurasi.
2. Menggunakan RTC dalam penyimpanan data sehingga memudahkan dalam pewaktuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adianto, Siddiq Cahyo. 2010. *Pembuatan Alat Pengukur Tinggi Badan Digital Berbasis Mikrokontroler Atmega8535*. Yogyakarta: Amikom
- Aprilia, Sisca. 2012. *Sistem Peringatan Pendeteksi Tinggi Muka Air Menggunakan Transduser Ultrasonik Secara Vertikal dengan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler*. Bandar Lampung: Universitas Lampung
- Arsyad, S. 2006. *Konversi Tanah dan Ait*. Bogor: APB Press
- Chay Asdak. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kansius
- Buenche, R.J., 1986. *Introduction to Physics for Scientist and Engineers*. New York: Mc Graw-Hill
- Bejo, Agus. 2008. *C dan AVR: Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam mikrokontroler Atmega8535*. Yogyakarta: Amikom
- Chow, Ven Te. 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Jakarta: Erlangga
- Darmawan, Andi. 2007. *Rancang Bangun Model Sistem Pemantauan Tinggi Muka Air Sungai Sebagai Salah Satu Parameter Peringatan Dini Banjir dengan Telemetri Radio*. Bandar Lampung: Universitas Lampung
- Giancoli, Douglas C. 1998. *Fisika Edisi Kelima*: Erlangga
- Mediastika. 2005. *Akustik Bangunan*. Jakarta: Erlangga
- Halliday, David dan Robert Resnick. 1987. *FISIKA Edisi Ketiga Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Hamid, Abdul. 2011. *Modul 3: Mekanika Fluida 1*. Jakarta: Universitas Mercu Buana

- Hartono, Rudi. 2010. *Perancangan Sistem Data Logger Temperatur Baterai Berbasis Arduino Duemilanove*. Jember: Universitas Jember
- Hertanto, Ary M. 2008. *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler Atmega8535*. Yogyakarta: ANDI
- Irdi. 2009. Menampilkan Karakter pada LCD 2x16 Karakter. <http://Irdalovers.blogspot.com/2009/04/menampilkan-karakter-pada-lcd-2x16.html>. 15 Oktober 2010
- Issacson,E.J.,Stocker,J.J., dan Troesch,B.A. 1954. *Numerical Solution of Flood Prediction and River Regulation Problems Report No1 MM-205*. NewYork University: Institute of Mathematical Sciences.
- Jamaludin, 2014. Jurnal Fisika. Volume 03 Nomor 02 Tahun 2014, hal 65-68
- Kurniawan, Yuda. 2010. *Implementasi Ultrasonic Level Detector pada Sistem Monitoring Tanki Pendam pada SPBU*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- Maryono, Agus. 2005. *Eko-Hidrolika Pembangunan Sungai*. UGM: Yogyakarta
- Nasution, Ichwan Ridwan. 2005. *Aliran Seragam pada Saluran Terbuka: Teori dan Penyelesaian Soal-Soal*
- Novrian, A. 2005. *Alat Pengukur Tinggi Muka Air Sungai Berbasis Mikrokontroler AT 89S51*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Prawiroredjo, Kiki. Jurnal Trisakti .Volume 7 Nomor 2 Februari 2008, Halaman 41-52 ISSN 1412-0372.pdf
- Putra, Berli Laksana. 2013. *Sistem Monitoring Data Tinggi Permukaan Air Sungai Secara Real Time Berbasis SMS Gateway*. Bandar Lampung: Universitas Lampung
- Rayes. L. 2007. *Pengelolaan Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: ANDI
- Saputro, Sandi. 2014. Modul Serial Logger. <http://mikrodb.com/modul-serlog.pdf> diakses 7 Januari 2016
- Sakyafitri, Kalpataru Imaniar. 2011. *Aplikasi Sensor Ultrasonik Sebagai Alat Ukur Level Tinggi Permukaan Dan Debit Air Pada Aliran Saluran Terbuka Berbasis Mikrokontroler Atmega8535*. Bandar Lampung: Universitas Lampung

- Setiawan, Iwan. 2011. Fungsi Akses Modul Accelerometer Parallax H48C dengan C(CompilerCodevision).<http://iwan.blog.Undip.ac.id/2011/02/07/Fungsi-akses-modul-accelemater-parallax-h48c-dengan-c-compiler-codevision/>
13 Februari 2015
- Sutrisno, 1985. *Elektronika Teori Dasar dan Penerapannya Jilid 1*. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Suwandi. 2000. *Tugas Makalah Mata Kuliah Hidrologi*. Yogyakarta: UGM
- Tooley, Mike. 2003. *Rangkaian Elektronika Prinsip dan Aplikasi Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga
- Young, Hugh D. Dan Freedman, Roger A. 2004. *Fisika Universitas Edisi ke-10 Jilid 2 Edisis Bahasa Indonesia*. Jakarta: Erlangga
- Yusman.2013. Jurnal Teknologi.Vol.31 No. 1.pdf