

RANCANGAN PROTOTYPE ALAT PENGUKUR TINGGI MUKA AIR PADA BENDUNGAN

Suleman^{1*}, Sahebatie^{2*}

Program Studi Teknik Komputer, AMIK BSI Jakarta

^{1*} suleman.sln@bsi.ac.id

^{2*} sahebatie@gmail.com

Abstrak

Bendungan dirancang dan dibangun sedemikian rupa dengan tujuan untuk menahan laju air dengan intensitas tinggi baik di waduk, danau, atau tempat lainnya. Ketinggian permukaan air merupakan suatu parameter yang sering kita pantau dan analisa perubahannya. Berdasar hasil pengamatan penulis pada bendungan biasanya pengecekan ketinggian air masih dilakukan secara manual, yaitu petugas melihat langsung pada mistar ukur di dekat pintu air untuk mengetahui berapa ketinggian air di pintu bendung. Dari permasalahan diatas maka penulis tertarik untuk membuat sebuah alat yang dapat mengetahui tinggi muka air pada bendungan secara otomatis, sehingga dapat membantu dan menanggulangi terjadinya kesalahan (human error) petugas bendungan dalam melakukan pekerjaannya. Pengukuran ini menggunakan sensor ketinggian air sebagai media pembaca ketinggian air pada bendungan dan mikrokontroler ATmega8535 sebagai pusat pengolahan data. Tinggi Muka Air akan ditampilkan dalam satuan centimeter pada sebuah LCD dan berupa sound record. Apabila ada kenaikan tinggi muka air pada bendungan, maka sensor akan memberikan sinyal kepada mikrokontroler untuk mengaktifkan sound record serta menampilkan hasil pengukuran pada LCD.

Kata kunci : *Sensor Ketinggian Air, Sound Record, Mikrokontroler, ATmega8535.*

1. PENDAHULUAN

Wilayah Negara kita Indonesia mengenal dengan dua musim cuaca, yaitu: musim Hujan dan Kemarau, seperti kita ketahui bersama bahwa tingkat curah hujan di Indonesia memiliki tingkat curah hujan yang cukup tinggi dan hampir terjadi di sebagian besar wilayah. Sehingga bila tidak kita atur dan kelola dengan baik dan benar maka dapat mengakibatkan terjadinya bencana banjir yang berkepanjangan seperti yang sering dialami oleh beberapa daerah seperti Jakarta, Bandung, dan bahkan daerah luar jawa ketika musim hujan tiba. Oleh karena itu diperlukan adanya solusi, salah satunya adalah dengan pembangunan beberapa Bendungan di tempat tertentu yang nantinya dapat menampung air secara optimal. Bendungan berfungsi sebagai pengendali banjir serta menampung air dalam jumlah besar. Bendungan biasanya memiliki bagian yang disebut pintu air yang berfungsi untuk membuang air yang tidak diinginkan secara berkala dan berkesinambungan. Manfaat lain adalah bendungan dapat

difungsikan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

Ketinggian permukaan air merupakan suatu parameter yang sering kita pantau dan analisa perubahannya. Pada bendungan, biasanya pengecekan ketinggian air masih dilakukan secara manual, yaitu petugas melihat langsung pada mistar ukur di dekat pintu air untuk mengetahui berapa ketinggian air di pintu bendung. Pengecekan tersebut dilakukan pada kondisi cuaca apapun, namun tidak semua kondisi cuaca memungkinkan adanya pengamatan secara langsung. Hal ini berbanding terbalik dengan kemajuan teknologi saat ini yang menuntut adanya otomatisasi dalam berbagai bidang. Perancangan sebuah alat yang dapat mengetahui tinggi muka air pada bendungan secara otomatis, akan membantu petugas bendungan dalam melakukan pekerjaannya.

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Alat yang dibuat menggunakan mikrokontroler ATmega8535.
2. Sensor yang digunakan adalah sensor ketinggian air.
3. Data yang diterima akan ditampilkan pada LCD 2x16 baris, dan juga di *output* kan dalam bentuk *sound record*.
4. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah BASCOM-AVR.
5. IC yang digunakan adalah IC Regulator 7805

Tujuan pembuatan prototype alat ini adalah merancang sebuah alat yang mampu mengukur tinggi muka air pada bendungan menggunakan mikrokontroler ATMEGA8535 dengan output LCD dan sebagai solusi alternatif yang memudahkan petugas dalam memantau tinggi muka air pada bendungan sehingga dapat mengurangi tingkat kesalahan (*Human Error*) yang masih terjadi dilapangan. Output alat ini berupa informasi tentang tingkat ketinggian air yang ditunjukkan oleh LCD secara otomatis tanpa harus melihat langsung pada mistar ukur di dekat pintu bendungan serta dilengkapi dengan *Output sound record*.

Tulisan atau makalah terdahulu yang hampir sama dengan tulisan yang penulis ambil adalah: Sistem Pengendali Kanal Air Dengan Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535 yang dikerjakan oleh Rudy Hermawan dan Dzulfikar Akmaludin dari STMIK AMIKOM Yogyakarta. Namun dalam karya tersebut masih ditemui kekurangan seperti:

- a. Belum adanya LCD dan atau *Sound record* yang menampilkan dengan jelas ketinggian air pada bendungan air tersebut.
- b. Masih menggunakan saklar atau switch sebagai sensor ketinggian air.

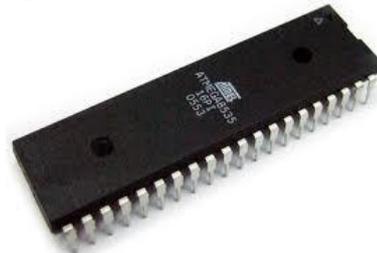
2. METODE PENELITIAN

Metode yang penulis gunakan dalam penulisan ini adalah gabungan dari metode pengamatan (*obsevasi*), dimana penulis melakukan pengamatan langsung pada objek yang akan diteliti (bendungan air) dan Metode Pustaka, yaitu penulis melakukan kegiatan pengumpulan data tentang penelitian yang terkait dari berbagai sumber, baik dari buku-buku, jurnal-jurnal, literature-literatur, dan internet.

3. TINJAUAN PUSTAKA

a. Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler ATmega8535 menggunakan arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang mempunyai lebar bus 8 bit, dengan perfoma tinggi dan konsumsi daya rendah. Dengan kecepatan maksimal 16 MHz dan memori 8 KB *flash*, 512 *byte* SRAM, 512 *byte* EEPROM. Fungsi Mikrokontroler ATmega 8535 dalam pembuatan alat pengukur tinggi muka air pada bendungan adalah sebagai pusat pengolahan data. Berikut adalah bentuk fisik mikronontroler ATmega8535:



Gambar 3.1 Mikrokontroler ATmega8535

b. Sensor Ketinggian Air

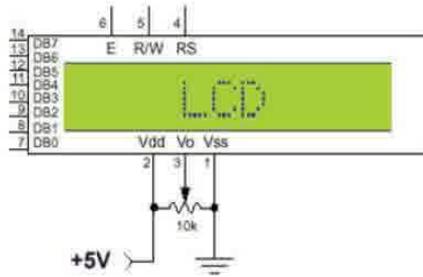
Sensor merupakan *transduser* yang berfungsi untuk mengolah variasi gerak, panas, cahaya atau sinar, magnetis, dan kimia menjadi tegangan serta arus listrik. Fungsi sensor ketinggian air dalam pembuatan alat pengukur tinggi muka air pada bendungan adalah sebagai media pembaca ketinggian air pada bendungan. Sensor ini sangat mudah untuk dibuat karena bahan-bahannya sederhana. Berikut adalah bentuk fisik sensor ketinggian air.



Gambar 3.2 Sensor Ketinggian Air

c. LCD

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah suatu *display* dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem *dot matrix*. Fungsi LCD dalam pembuatan alat pengukur tinggi muka air pada bendungan adalah sebagai media penampil selama proses pengukuran berlangsung. Jenis LCD yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah LCD *matrix* 2x16 yakni jenis LCD yang hanya dapat menampilkan karakter.



Gambar 3.3 Konfigurasi Pin LCD
Tabel 3.1 Penjelasan Pin LCD

Pin No.	Symbol	Level	Description
1	V _{SS}	0V	Ground
2	V _{DD}	5.0V	Supply Voltage for logic
3	V _O	(Variable)	Operating voltage for LCD
4	RS	H/L	H: DATA, L: Instruction code
5	R/W	H/L	H: Read(MPU←Module) L: Write(MPU→Module)
6	E	H,H→L	Chip enable signal
7	DB0	H/L	Data bit 0
8	DB1	H/L	Data bit 1
9	DB2	H/L	Data bit 2
10	DB3	H/L	Data bit 3
11	DB4	H/L	Data bit 4
12	DB5	H/L	Data bit 5
13	DB6	H/L	Data bit 6
14	DB7	H/L	Data bit 7
15	A	4.2V-4.6V	LED+
16	K	0V	LED-

d. Speaker

Speaker atau loudspeaker adalah alat elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Speaker membawa sinyal elektrik dan mengubahnya kembali menjadi vibrasi-vibrasi fisik untuk menghasilkan gelombang-gelombang suara. Fungsi speaker dalam pembuatan alat pengukur tinggi muka air pada bendungan adalah sebagai alat keluaran yang menghasilkan output berupa sound record.

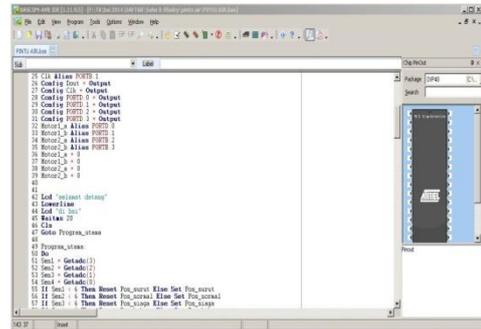


Gambar 3.4. Bentuk Fisik Speaker

e. BASCOM-AVR

BASCOM-AVR adalah satu dari sekian banyak bahasa BASIC untuk pemrograman mikrokontroler. Alasan penggunaan bahasa ini adalah kemudahan dalam pemahaman pemrograman. BASIC merupakan bahasa

tingkat tinggi, lebih mudah dipelajari dan dipahami dibandingkan dengan bahasa assembly atau C. Berikut adalah tampilan software BASCOM-AVR:



Gambar 3.5. Tampilan Software BASCOM-AVR

f. IC Regulator LM 7805

Salah satu tipe regulator tegangan tetap adalah LM 7805. Regulator tegangan tipe LM 7805 adalah salah satu regulator tegangan tetap dengan tiga terminal, yaitu terminal Vin, GND dan Vout. Tegangan keluaran dari regulator LM 7805 memungkinkan regulator untuk dipakai dalam sistem logika. Tegangan keluaran dari IC ini adalah sebesar 5 volt dengan arus maksimal sebesar 1 A. Fungsi IC LM 7805 dalam pembuatan alat pengukur tinggi muka air pada bendungan adalah untuk menurunkan tegangan yang masuk pada rangkaian.



Gambar 3.6. IC LM 7805

Secara umum konfigurasi dan fungsi pin IC LM 7805 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a) **Input** : Input sumber tegangan (+)
- b) **GND** : Ground (-)
- c) **Output** : Output sumber tegangan (-)

4. ANALISA DAN PERANCANGAN

Berikut penulis jabarkan langkah-langkah untuk perancangan dan pembuatan alat yang dimaksud:

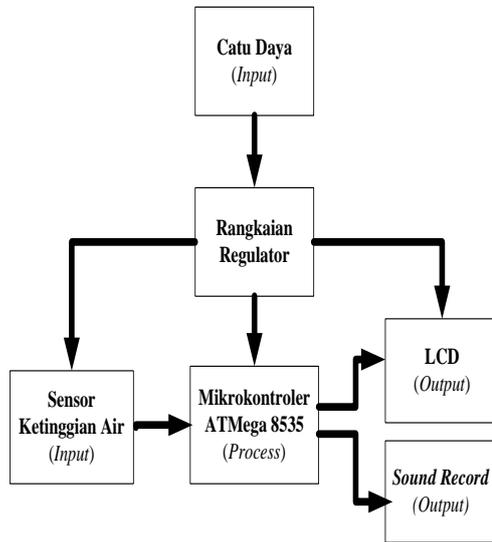
A. Langkah-Langkah Perancangan

Langkah perancangan alat ini yaitu perancangan elektronika yang meliputi semua tahap dari pengerjaan yang berhubungan langsung dengan rangkaian, diantaranya adalah:

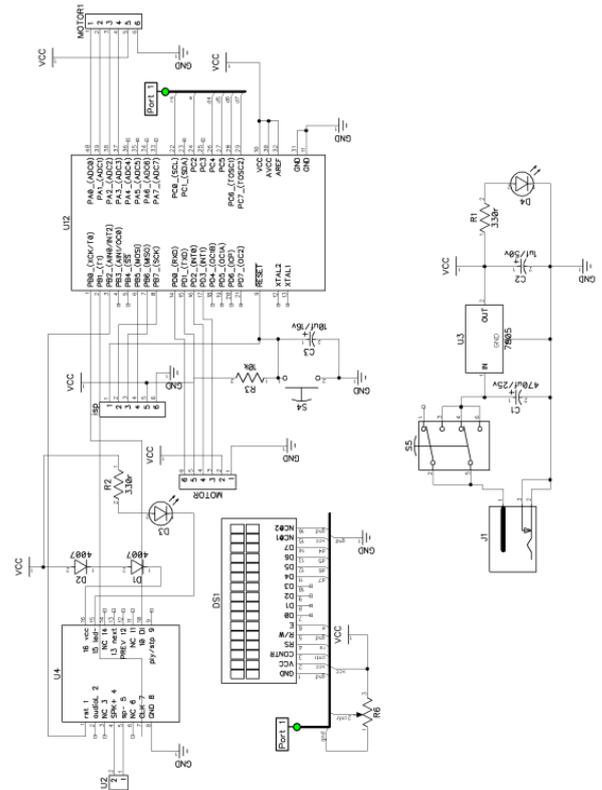
- 1) Desain rangkaian atau dengan kata lain menganalisa rangkaian yang dibutuhkan untuk menunjang kerja sistem.
- 2) Pembuatan *layout* pada PCB merupakan langkah pembuatan dari skematik menjadi rangkaian *board* PCB.
- 3) Kemudian langkah selanjutnya adalah pemasangan komponen pada *board* PCB yang telah dibuat.
- 4) Untuk langkah selanjutnya adalah pengujian setiap rangkaian yang telah dibuat.

B. Perancangan Blok Diagram

Berikut adalah blok diagram alat pengukur tinggi muka air pada bendungan menggunakan mikrokontroler ATmega8535:



Gambar 4.1. Blok Diagram



Gambar 4.2 Skema Rangkaian

C. Cara Kerja Sistem

Berikut adalah cara kerja sistem:

- 1) Tegangan AC masuk dari PLN sebesar $\pm 220-240$ volt, lalu dirubah menjadi DC 9 volt oleh adaptor. Kemudian distabilkan oleh rangkaian IC Regulator 7805 menjadi 5 volt.
- 2) Ketika sensor ketinggian air mendeteksi adanya kenaikan tinggi muka air, maka sensor akan mengirim data ke mikrokontroler untuk diproses. *Range* (batas) ketinggian air dalam pembuatan alat pengukur tinggi muka air pada bendungan dibagi menjadi 4 level, yaitu **normal** (1,0 cm - 2,9 cm), **siaga** (3,0 cm - 4,9 cm), **waspada** (5,0 cm - 6,9 cm) dan **awas** (7,0 cm - 8,9 cm).
- 3) *Input* dari sensor akan diproses oleh mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman BASCOM AVR, dan *output* yang dihasilkan berupa LCD dan *sound record*.

Alat pengukur tinggi muka air pada bendungan ini memiliki 4 tingkatan level, yaitu:

1) **Normal**

Pada kondisi normal, setelah *input* dari sensor masuk ke mikrokontroler, maka mikrokontroler akan memproses data tersebut, dimana hasil pengukuran tersebut akan ditampilkan pada LCD dengan tampilan “TMA = 1,0 CM - 2,9 CM” “STATUS = NORMAL”. TMA merupakan kependekan dari Tinggi Muka Air.

Output dari pembuatan prototype alat pengukur tinggi muka air pada bendungan juga berupa *sound record*, suara yang dihasilkan menggunakan proses *looping* (perulangan), dimana pada kondisi normal *sound record* akan berulang setiap 20 detik sekali. Adapun suara yang dihasilkan dalam pembuatan alat pengukur tinggi muka air pada bendungan adalah “Ketinggian air berkisar antara 1,0 cm - 2,9 cm. Status ketinggian air: NORMAL”.

2) **Siaga**

Pada kondisi siaga, setelah *input* dari sensor masuk ke mikrokontroler, maka mikrokontroler akan memproses data tersebut, dimana hasil pengukuran tersebut akan ditampilkan pada LCD dengan tampilan “TMA = 3,0 CM - 4,9 CM” “STATUS = SIAGA”. **TMA merupakan kependekan dari Tinggi Muka Air.**

Output dari pembuatan prototype alat pengukur tinggi muka air pada bendungan juga berupa *sound record*, suara yang dihasilkan menggunakan proses *looping* (perulangan), dimana pada kondisi siaga *sound record* akan berulang setiap 15 detik sekali. Adapun suara yang dihasilkan dalam pembuatan alat pengukur tinggi muka air pada bendungan adalah “Ketinggian air berkisar antara 3,0 cm - 4,9 cm. Status ketinggian air: SIAGA”.

3) **Waspada**

Pada kondisi waspada, setelah *input* dari sensor masuk ke mikrokontroler, maka mikrokontroler akan memproses data tersebut, dimana hasil pengukuran tersebut akan ditampilkan pada LCD dengan tampilan “TMA = 5,0 CM - 6,9 CM” “STATUS = WASPADA”. TMA merupakan kependekan dari Tinggi Muka Air.

Output dari pembuatan prototype alat pengukur tinggi muka air pada bendungan juga berupa *sound record*, suara yang

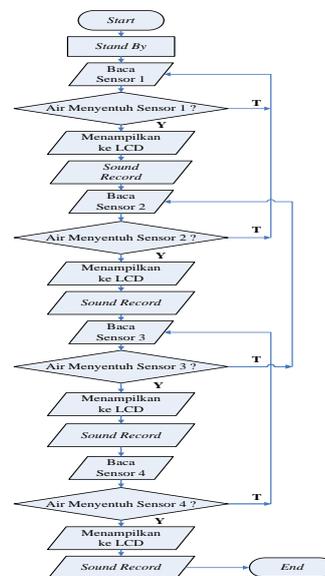
dihasilkan menggunakan proses *looping* (perulangan), dimana pada kondisi waspada *sound record* akan berulang setiap 10 detik sekali. Adapun suara yang dihasilkan dalam pembuatan alat pengukur tinggi muka air pada bendungan adalah “Ketinggian air berkisar antara 5,0 cm - 6,9 cm. Status ketinggian air: WASPADA”.

4) **Bahaya**

Pada kondisi bahaya, setelah *input* dari sensor masuk ke mikrokontroler, maka mikrokontroler akan memproses data tersebut, dimana hasil pengukuran tersebut akan ditampilkan pada LCD dengan tampilan “TMA = 7,0 CM - 8,9 CM” “STATUS = BAHAYA”. TMA merupakan kependekan dari Tinggi Muka Air.

Output dari pembuatan prototype alat pengukur tinggi muka air pada bendungan juga berupa *sound record*, suara yang dihasilkan menggunakan proses *looping* (perulangan), dimana pada kondisi bahaya *sound record* akan berulang secara terus –menerus tanpa ada jeda. Adapun suara yang dihasilkan dalam pembuatan alat pengukur tinggi muka air pada bendungan adalah “Ketinggian air berkisar antara 7,0 cm - 8,9 cm. Status ketinggian air: BAHAYA”.

D. Flowchart Program



Gambar 4.3. Flowchart Program

5. UJI DAN ANALISA

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja secara keseluruhan.

a) Pengujian Pertama

Penulis melakukan percobaan serta mengamati mikrokontroler, LCD, dan *speaker* ketika diberi tegangan yang berbeda tanpa menggunakan IC Regulator.

Tabel 5.1 Hasil Percobaan Tanpa Menggunakan IC Regulator

Percobaan ke	Catu Daya	Mikrokontroler	Output LCD	Output Speaker	Keterangan
1	3 volt	Tidak Bekerja	Blank	Tidak Bunyi	Buruk
2	5 volt	Bekerja	Normal	Bunyi	Sangat Baik
3	6 volt	Panas	Normal	Bunyi	Kurang Baik
4	7,5 volt	Panas	Blank	Tidak Bunyi	Buruk
5	9 volt	Mati	Blank	Tidak Bunyi	Sangat Buruk

Pada percobaan di atas dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler akan bekerja dengan sangat baik pada tegangan 5 volt, dilihat dari *output* yang bekerja dengan baik.

b) Pengujian Kedua

Percobaan dengan menggunakan IC Regulator, hasil percobaan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.2. Hasil Percobaan Menggunakan IC Regulator

Percobaan ke	Catu Daya	Mikrokontroler	Output LCD	Output Speaker	Keterangan
1	3 volt	Tidak Bekerja	Blank	Tidak Bunyi	Buruk
2	5 volt	Tidak Bekerja	Blank	Tidak Bunyi	Buruk
3	6 volt	Bekerja	Normal	Bunyi	Sangat Baik
4	7,5 volt	Bekerja	Normal	Bunyi	Sangat Baik
5	9 volt	Bekerja	Normal	Bunyi	Sangat Baik

Pada percobaan tersebut dapat kita simpulkan bahwa mikrokontroler dapat bekerja dengan normal ketika diberi tegangan sebesar 6-9 volt. Namun pada saat diberi daya kurang dari 6 volt, maka mikrokontroler tidak bekerja karena IC regulator bekerja pada tegangan 6-24 volt. Apabila tegangan yang

diberikan melebihi 24 volt maka IC regulator dan komponen lain akan mengalami kerusakan.

c) Pengujian Ketiga

Selain itu, penulis juga melakukan percobaan dengan format atau ekstensi *file sound record* yang berbeda.

Tabel 5.3 Hasil Percobaan *Sound Record* dengan Format yang Berbeda

Percobaan ke	Format/Ekstensi	Bitrate	Output Speaker	Keterangan
1	.mp3	44100	Mati	Buruk
2	.mp3	32000	Mati	Buruk
3	.wav	44100	Mati	Buruk
4	.wav	32000	Mati	Buruk
5	.ad4	44100	Bunyi tidak beraturan	Kurang baik
6	.ad4	32000	Bunyi beraturan	Sangat baik

Pada tabel di atas dapat diketahui bahwa format suara yang bisa digunakan dalam pembuatan alat pengukur tinggi muka air pada bendungan adalah (.ad4) dengan *bitrate* 32000 karena modul WTV-020 hanya dapat membaca data dengan format dan *bitrate* tersebut.

d) Pengujian Keempat

Penulis juga melakukan percobaan pada alat pengukur tinggi muka air pada bendungan secara keseluruhan dengan tujuan untuk mengetahui cara kerja alat tersebut.

Tabel 5.4. Hasil Percobaan Alat Pengukur Tinggi Muka Air Pada Bendungan

	INPUT Sensor				OUTPUT		Keterangan
	S1	S2	S3	S4	LCD	Sound Record	
1	0	0	0	0	Tampil	Bunyi (Berulang setiap 20 detik sekali)	LCD : TMA= 1,0 CM - 2,9 CM STATUS NORMAL Sound Record : Ketinggian air berkisar antara 1,0 cm - 2,9 cm status ketinggian air NORMAL
1	1	0	0	0	Tampil	Bunyi (Berulang setiap 15 detik sekali)	LCD : TMA= 3,0 CM - 4,9 CM STATUS NORMAL Sound Record : Ketinggian air berkisar antara 3,0 cm - 4,9 cm status ketinggian air SIAGA
1	1	1	0	0	Tampil	Bunyi (Berulang setiap 10 detik sekali)	LCD : TMA= 5,0 CM - 6,9 CM STATUS WASPADA Sound Record : Ketinggian air berkisar antara 5,0 cm - 6,9 cm status ketinggian air WASPADA
1	1	1	1	1	Tampil	Bunyi (Berulang secara terus menerus)	LCD : TMA= 7,0 CM - 8,9 CM STATUS BAHAYA Sound Record : Ketinggian air berkisar antara 7,0 cm - 8,9 cm status ketinggian air BAHAYA

Keterangan :

1 = Terkena Air

0 = Tidak Terkena Air

Penjelasan Tabel:

1) Normal

Pada percobaan pertama, ketika air menyentuh sensor 1 maka LCD akan menampilkan "TMA= 1,0 CM – 2,9 CM. STATUS NORMAL" sedangkan *sound record* akan berulang setiap 20 detik sekali.

2) Siaga

Pada percobaan kedua, ketika air menyentuh sensor 1 dan 2 maka LCD akan menampilkan "TMA= 3,0 CM – 4,9 CM. STATUS SIAGA" sedangkan *sound record* akan berulang setiap 15 detik sekali.

3) Waspada

Pada percobaan ketiga, ketika air menyentuh sensor 1, 2, dan 3 maka LCD akan menampilkan "TMA= 5,0 CM – 6,9 CM. STATUS WASPADA" sedangkan *sound record* akan berulang setiap 10 detik sekali.

4) Bahaya

Pada percobaan keempat, ketika air menyentuh sensor 1, 2, 3, dan 4 maka LCD akan menampilkan "TMA= 7,0 CM – 8,9 CM. STATUS BAHAYA" sedangkan *sound record* akan berulang terus-menerus tanpa ada jeda.

6. KESIMPULAN

Setelah mengamati dan melakukan percobaan pada alat secara menyeluruh, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu:

- Output LCD* dapat membantu petugas bendungan dalam mengecek tinggi muka air pada bendungan tanpa harus melihat langsung pada mistar ukur di dekat pintu bendungan.
- Output sound record* dapat memudahkan warga disekitar bendungan dalam mengetahui status ketinggian air.
- Alat ini hanya dapat mengukur tinggi muka air dalam *range* yang sudah ditentukan dan tidak terperinci.

7. DAFTAR PUSTAKA

Aqbarion, Aditya. 2012. *Perbedaan Bendung Dan Bendungan*. Diambil dari: <http://www.scribd.com/doc/106846785/Perb>

edaan-Bendung-Dan-Bendungan (10 Mei 2014).

A.M, Athea. 2009. *Membuat Karya Elektronik Listrik Arus Lemah (Baterai)*. Bandung: PT. Puri Pustaka.

Andrianto, Heri. 2013. *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C (Code Vision AVR)*. Bandung: Informatika.

Arsy. 2013. *Definisi dan Pengertian Resistor*. Diambil dari: <http://www.arsyenergi.com/2013/06/definisi-dan-pengertian-resistor.html> (18 Mei 2014).

Bishop, Owen. 2006. *Dasar-Dasar Elektronika*. Jakarta: Erlangga.

Daryanto. 2011. *Pengetahuan Teknik Elektronika*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.

Hermawan Rudy, Akmaludin Dzulfikar. 2010. *Prototipe Sistem Pengendali Kanal Air Dengan Menggunakan Mikrokontroler ATmega8535*. Yogyakarta : Fakultas Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta. (15 Mei 2014).

Kuswanto. 2011. *Observasi Pengamatan Langsung di Lapangan*. Diambil dari: <http://klikbelajar.com/umum/observasi-pengamatan-langsung-di-lapangan/> (03 Mei 2014).

Putra, Agfianto Eko. 2010. *Tip dan Trik Mikrokontroler AT89 dan AVR*. Yogyakarta: Gava Media.

Prasetyono, Dwi Sunar. 2011. *Belajar Sistem Cepat Elektronika Dilengkapi 150 Rangkaian Elektronika*. Yogyakarta: Absolut.

Rahman, Irfandy. 2013. *Fungsi, Jenis-Jenis dan Pengertian Dioda*. Diambil dari: <http://www.tugasku4u.com/2013/04/dioda.html> (15 Mei 2014).

Rusmadi, Dedy. 2007. *Mengenal Teknik Elektronika*. Bandung: Pionir jaya.

Winoto, Ardi. 2010. *Mikrokontroler AVR ATmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*. Bandung: Informatika

