

Perancangan Kontrol dan Monitoring Level Ketinggian Air di Waduk Bagian Hulu Untuk Meningkatkan Efektifitas Kinerja PLTA Koto Panjang

Maidi Rizki¹, Rahyul Amri²

¹Elektro, Teknik, Universitas Riau, Kampus Bina Widya, Pekanbaru, 28293, Indonesia

²Instrumentation and control, Universitas Riau, Kampus Bina Widya, Pekanbaru, 28293, Indonesia

Email: maidi.rizki@gmail.com

ABSTRACT

Activity monitoring water levels in reservoirs hydropower Koto Panjang are generally still done conventionally, that is reading of a sign of watershed mounted on the reservoir by way of a return of the power house to a reservoir which on average carried done three times a day, because of that is needed design control and monitoring level of water level by using ultrasonic sensor which is controlled from long distance 50 cm minimally until 10 m. The result of reading sensor are sent to microcontroller Arduino Uno for processed and sent by HT and displayed in PC. For displaying the data which received in monitor screen use software of LabView 2012. From the result sensor testing MB7366 able controlling the water level with error presentation 0.011% which is compared with a sign of watershed conventionally in reservoir and added with high time efficiency. From the result of comparison reading water elevation, reading from ultrasonic sensor can improve plant performance 0.03%.

Keywords : Ultrasonic Sensor, Arduino Uno, LabView

I. PENDAHULUAN

Pemantauan tinggi permukaan air pada waduk merupakan suatu hal yang sangat penting, terutama pada waduk bagian hulu, hal tersebut dapat memberikan info mengenai kondisi air pada waduk, serta dapat melakukan tindakan yang akan dilakukan dalam mengontrol keadaan penggunaan air untuk pembangkit listrik tenaga air. Cara yang umum dilakukan dengan mencatat tinggi permukaan air melalui suatu tanda atau batas air yang dipasang pada waduk. Jika terjadi kondisi yang tidak biasa dalam penggunaan air maka akan menjadi suatu kendala dalam mendapatkan data *real time* yang dapat mengakibatkan telatnya dalam mengambil keputusan.

Penggunaan air pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) sangat mempengaruhi kepada produksi listrik yang dihasilkan, semakin optimal penggunaan air maka semakin baiklah produksi listrik yang dihasilkannya. produksi listrik ini berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan, jadi

semakin besar air yang digunakan maka semakin besar juga daya yang dikeluarkan oleh pembangkit, bahkan daya yang dihasilkan bisa mencapai titik maksimal kerja dari pembangkit listrik tersebut.

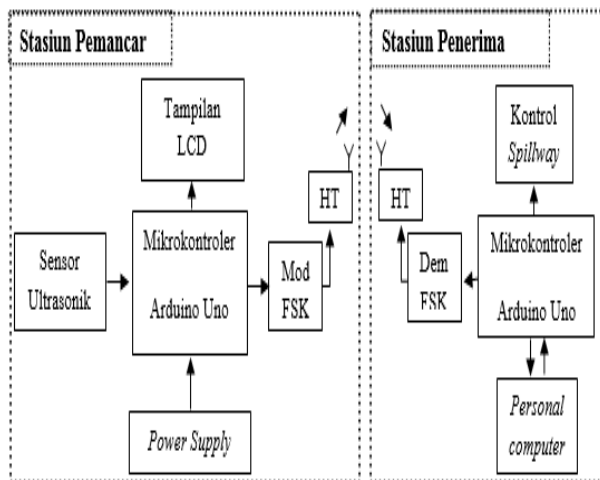
Oleh karena hal tersebut, penulis merancang peralatan kontrol dan *monitoring level* ketinggian air yang dapat memberikan efektifitas kinerja pada pembangkit listrik tenaga air. Dalam hal ini dibutuhkan suatu alat yang membuat pekerjaan tersebut menjadi lebih praktis dan efisien. Dengan memasang sensor *ultrasonic* pada waduk maka secara *real time* kita dapat mengetahui ketinggian *level* air. Ketinggian air tersebut dapat dipantau dari jarak jauh menggunakan Radio *Handy Talky* yang terhubung dengan PC menggunakan *software* LabView 2012. sensor *ultrasonic* menggunakan prinsip pemantulan suara sehingga didapat jarak dari sumber suara. Sedangkan kontrol yang dilakukan adalah mengontrol buka-tutup *spillway gate* yang ada pada waduk PLTA sesuai dengan SOP yang ada.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini berupa :

1. Studi literatur yang berkaitan dengan sensor *ultrasonic*, mikrokontroler arduino uno, labview 2012.
2. Merancang alat yang akan diterapkan langsung pada PLTA Koto Panjang.
3. Melakukan pengujian alat langsung dilapangan untuk mengetahui kinerja dari alat yang dirancang.
4. Memahami dan menganalisa data hasil pengujian yang dilakukan.

Blok diagram perancangan alat dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Alat

Dari gambar 1, terdapat 2 blok diagram, yaitu blok diagram stasiun pemancar dan blok diagram stasiun penerima. Pada stasiun pemancar terdiri dari beberapa bagian, yaitu bagian sensor ultrasonik, mikrokontroler arduino uno, tampilan LCD, *Modulator* FSK, HT, dan *Power Supply*. Sedangkan pada stasiun penerima terdiri dari bagian HT, *Demodulator* FSK, Mikrokontroler arduino uno, Kontrol *Spillway* dan PC.

Pada stasiun pemancar sensor *ultrasonic* yang digunakan adalah sensor *ultrasonic* produk MaxBotix dengan seri MB7366. Sensor ini memiliki keistimewaan dari sensor ultrasonik yang lain, yaitu mampu membaca jarak objek minimal 50 cm hingga maksimal 10 meter dengan tingkat akurasi 1 mm, *auto calibration*, memiliki 3/4" PVC

pipe cap, *supply* tegangan mulai dari 2,7 V sampai 5,5 V DC. Terdapat 7 Pin pada sensor ultrasonik jenis ini, yaitu pin 1 berfungsi sebagai *temperature sensor connection*, pin 2 berfungsi sebagai *pulse width output*, pin 3 berfungsi sebagai *analog voltage output*, pin 4 berfungsi sebagai *ranging start/stop*, pin 5 berfungsi sebagai *serial output*, pin 6 sebagai *positive power*, VCC, sedangkan pin 7 berfungsi sebagai *ground*. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak objek yang dibaca oleh sensor sebagai berikut :

$$S = \frac{(V \times t_{IN})}{2} \quad (1)$$

Dimana :

S : Jarak baca sensor terhadap objek (cm).

V : Cepat rambat gelombang ultrasonik di udara (344 m/s).

t_{IN} : Selisih waktu pemancaran dan penerimaan gelombang pantul (s).

Untuk mengetahui level ketinggian air waduk menggunakan rumus :

$$La = Lmax - S \quad (2)$$

Dimana :

La : Level Air (cm)

Lmax: Ketinggian maksimum air pada waduk (cm)

S : Jarak baca sensor terhadap objek (cm)

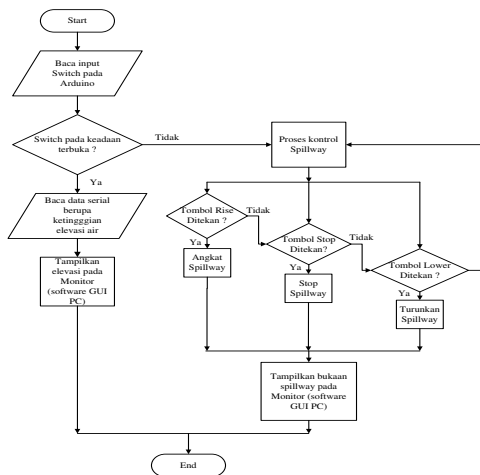
Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler Arduino Uno. Mikrokontroler ini memiliki kelebihan yaitu, untuk meng-*upload* program cukup hanya dengan USB yang disediakan oleh Arduino, sudah memiliki *library* sendiri yang dapat memudahkan programmer dalam memprogram, menggunakan IC ATmega 328p yang memiliki penyimpanan data *flash* 32 KB. LCD yang digunakan berukuran 16 x 2 dengan penggunaan 4 bit data, LCD berfungsi menampilkan data yang dikirim pada stasiun pemancar. *Modulator* FSK menggunakan IC XR2206 yang berfungsi merubah data dari mikrokontroler, sehingga data bisa kirim melalui *Handy Talky* (HT). *Handy Talky* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Handy Talky* Motorola GP2000. *Power Supply* yang digunakan untuk seluruh komponen adalah *power supply switching* jenis medical yang memiliki *output* DC 12 V 2,5 A, untuk *supply* 5 V menggunakan regulator dari mikrokontroler arduino uno.

Secara singkat prinsip kerja dari stasiun pemancar adalah sensor ultrasonik membaca jarak terhadap objek dan menghasilkan data yang akan diproses langsung oleh port ADC pada mikrokontroler untuk ditampilkan pada LCD, lalu data tersebut dikirim ke *modulator* FSK. Dari *modulator* FSK langsung dikirim ke HT untuk di pancarkan ke stasiun penerima.

Pada stasiun penerima, HT digunakan untuk menerima data hasil pancaran oleh stasiun pemancar. Jenis HT yang digunakan pada stasiun penerima ini sama dengan jenis HT yang digunakan pada stasiun pemancar yaitu Motorola GP2000. *Demodulator* FSK menggunakan IC XR2211 yang berfungsi mengembalikan data ke bentuk aslinya sehingga data bisa dibaca oleh mikrokontroler arduino uno yang berada pada stasiun penerima ini.

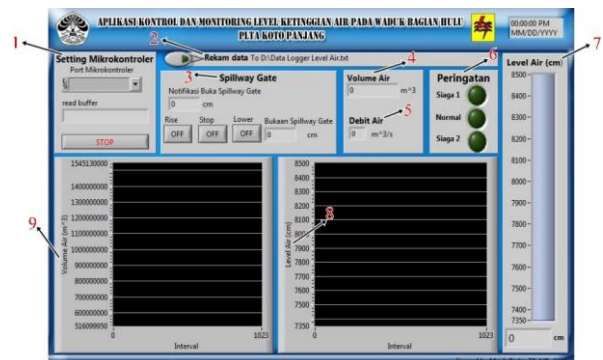
Mikrokontroler arduino uno dibagian stasiun penerima difungsikan untuk menampilkan data pada layar PC menggunakan tampilan LabView yang telah dirancang oleh penulis, LabView memiliki *function programming* yang mampu membuat tampilan PC, antara lain memonitor keadaan secara *real time*, memvisualisasikan proses atau kejadian yang terjadi, serta dapat melakukan *data logging* pengukuran. Mikrokontroler ini juga berfungsi sebagai rangkaian kontrol dalam proses pengontrolan buka-tutup *spillway gate*, rangkaian kontrol tersebut menggunakan *relay* yang di sambungkan dengan ruang kontrol dalam proses pengontrolan *spillway*.

Flowchart pemrograman dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. *Flowchart* pemrograman Arduino Uno

Rancangan *interface* yang dibuat oleh penulis menggunakan *software* LabView 2012 dapat dilihat pada gambar 3. Di dalam *interface* tersebut terdapat beberapa bagian. Bagian yang ditunjukkan pada *point* 1 merupakan pemilihan *port* mikrokontroler yang digunakan. Pada *point* 2 menunjukkan perekaman data, perekaman data akan aktif jika tombol yang ada pada perekaman data ditekan. Pada *point* 3 menunjukkan bagian kontrol *spillway gate*, yang mana kontrol ini akan berfungsi jika saklar *control* yang ada pada stasiun penerima diaktifkan, sehingga kita bisa membuka dan menutup *spillway* sesuai dengan prosedur yang ada. *Point* 4 menunjukkan volume air pada waduk berupa satuan nilai. *Point* 5 menunjukkan debit air pada tanggapan hujan waduk berupa satuan nilai. *Point* 6 menunjukkan peringatan keadaan air. *Point* 7 menunjukkan kondisi level air dalam bentuk tabung, sedangkan *point* 8 dan *point* 9 menunjukkan nilai level air dan volume dalam bentuk grafik.



Gambar 3. Tampilan *software* yang dibuat penulis

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk melihat apakah rancangan yang dibuat sudah sesuai dengan yang diinginkan atau belum. adapun pengujian yang dilakukan adalah :

1. Pengujian sensor *ultrasonic*

Objek yang diukur jaraknya oleh sensor adalah permukaan air waduk, dikarenakan kondisi air pada waduk di posisi *Low Water Level* mendekati 73,5 meter maka pemasangan sensor pada saat pengujian yaitu pada ketinggian 83,5 meter, karena pembacaan maksimum dari sensor 10 meter, adapun hasil yang di dapat, lihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor *ultrasonic*

Hari / Tanggal	Waktu (WIB)	Hasil Pembacaan Sensor MB7366 pada LCD (cm)	Ket
Kamis / 15 Oktober 2015	14:00:00	973	Kondisi SEND
Kamis / 15 Oktober 2015	14:00:10	973	Kondisi NOT SEND
Kamis / 15 Oktober 2015	14:00:20	972	Kondisi SEND
Kamis / 15 Oktober 2015	14:00:30	973	Kondisi NOT SEND
Kamis / 15 Oktober 2015	14.00.40	974	Kondisi SEND
Kamis / 15 Oktober 2015	14.00.50	972	Kondisi NOT SEND
Kamis / 15 Oktober 2015	14.01.00	973	Kondisi SEND

Dari tabel 1 menunjukkan bahwa data yang dikirim selang waktu 10 detik selama 60 detik tidak memiliki perubahan yang signifikan dari pembacaan sensor dikarenakan singkatnya waktu yang digunakan saat pengujian, dan faktor eksternal yang mempengaruhi ketinggian air yaitu angin dan riak air cukup tenang.

2. Perbandingan sensor ultrasonik dengan pengukuran batas air konvensional pada waduk. Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui tingkat akurasi ataupun kesalahan sensor *ultrasonic* dalam pembacaan ketinggian level air. Adapun hasil dari perbandingan sensor ultrasonik dengan pengukuran batas air konvensional dapat dilihat pada tabel 2.

Dari table 2 dapat dilihat bahawa dengan waktu yang singkat yaitu 60 detik proses pengujian mendapatkan selisih sebesar 0.01 m atau dalam presentasi error 0.011 % perbandingan pembacaan sensor dengan batas duga konvensional yang ada pada waduk. Jika waktu pengujian lebih lama, maka tingkat selisih maupun error pembacaan bisa lebih akurat.

Tabel.2 Perbandingan sensor dengan batas duga air

Hari / Tanggal	Waktu (WIB)	Hasil Pembacaan			Error (%)
		Sensor MB7366		Batas Duga Air Konvensional	
		Nilai <i>Rill</i> Sensor (cm)	Perubahan nilai <i>rill</i> ke ketinggian sebenarnya (Pers 2.10)		
Kamis / 15 Oktober 2015	14:00:00	973	73,77 m	73,78 m	0,013
Kamis / 15 Oktober 2015	14:00:10	973	73,77 m	73,78 m	0,013
Kamis / 15 Oktober 2015	14:00:20	972	73,78 m	73,78 m	0,00
Kamis / 15 Oktober 2015	14:00:30	973	73,77 m	73,78 m	0,013
Kamis / 15 Oktober 2015	14:00:40	974	73,76 m	73,78 m	0,027
Kamis / 15 Oktober 2015	14:00:50	972	73,78 m	73,78 m	0,00
Kamis / 15 Oktober 2015	14:01:00	973	73,77 m	73,78 m	0,013
Rata-rata					0.011

3. Pengujian alat dengan *software interface*

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah *software* yang dirancang oleh penulis dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Ada 2 proses pengujian yang dilakukan pada tahap ini, yaitu pertama proses *monitoring* air, kedua proses pengujian rangkaian kontrol *spillway gate*. Adapun hasil pengujian yang dilakukan pada proses pertama, dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian *monitoring* air

Hari / Tanggal	Waktu (WIB)	Data Yang Diterima	Level Air (cm)	Volume Air (m ³)	Debit Air (m ³ /s)	Peringatan
Kamis / 15-10-2015	15:56:05	970	7380	539920306,6	180	Siaga 2
Kamis / 15-10-2015	15.56.15	970	7380	539920306,6	180	Siaga 2
Kamis / 15-10-2015	15.56.25	970	7380	539920306,6	180	Siaga 2
Kamis / 15-10-2015	15.56.35	970	7380	539920306,6	180	Siaga 2

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa pada tanggal 15-10-2015, pukul 15:56:05 hingga 15:56:35 data yang diterima oleh *software* adalah 970 sehingga di proses untuk mendapatkan level air yang sebenarnya dengan persamaan 2 yaitu 73,80 m dengan rata-rata volume air 539920306,6 m³ dan debit air dalam tanggapan hujan 180 m³ dengan peringatan siaga 2 yang menandakan bahwa kondisi air pada keadaan *Low Water Level*.

Proses kedua, yaitu pengujian rangkaian kontrol *spillway gate*. Adapun hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4 berikut :

Tabel 4. Pengujian rangkaian kontrol *spillway*

Kondisi Tombol			Kondisi LED	
Rise	Stop	Lower	Rise	Lower
Tidak Ditekan	Tidak Ditekan	Tidak Ditekan	Mati	Mati
Ditekan	Tidak Ditekan	Tidak Ditekan	Hidup	Mati
Ditekan	Ditekan	Tidak Ditekan	Mati	Mati
Ditekan	Ditekan	Ditekan	Mati	Mati
Tidak Ditekan	Tidak Ditekan	Ditekan	Mati	Hidup
Tidak Ditekan	Ditekan	Ditekan	Mati	Mati
Ditekan	Ditekan	Ditekan	Mati	Mati
Tidak Ditekan	Ditekan	Tidak Ditekan	Mati	Mati
Ditekan	Tidak Ditekan	Ditekan	Mati	Mati

Pengujian yang dilakukan pada tabel 4 merupakan pengujian rangkaian kontrol pada mikrokontroler arduino uno dikarenakan kondisi air di lapangan pada kondisi *Low Water Level* maka tidak memungkinkan pengujian langsung dilakukan pada *spillway gate*.

Dari tabel 4 bisa di lihat bahwa *software* yang dirancang oleh penulis dapat bekerja sebagaimana mestinya.

4. Menentukan beban terbangkit

Dari hasil pengujian yang dilakukan diatas maka kita dapat menentukan beban terbangkit yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik tenaga air Koto Panjang. Pada penelitian ini menentukan beban terbangkit bertujuan untuk mengetahui efektifitas kinerja pembangkit yang dipengaruhi oleh elevasi air, jika elevasi awal dan *inflow* waduk diketahui, waktu operasi dan elevasi akhir ditentukan, maka perubahan elevasi selama waktu tertentu adalah jumlah volume air. Volume air tersebutlah yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Berikut merupakan contoh perhitungan beban terbangkit dari data PLTA Koto Panjang dibandingkan dengan data Sensor *Ultrasonic* pada tanggal 14 Oktober 2015.

- Data dari PLTA Koto Panjang :

Elevasi awal sebesar	= 73,77 m
<i>Tail race</i>	= 36,47 m
Net head	= EA - TR - HL
	= 35,80 m
Debit <i>inflow</i> waduk	= 83,58 m ³ /s
Efisiensi turbin	= 95 %
Efisiensi generator	= 98,21%

Sedangkan untuk hasil akhir yaitu:

Elevasi akhir	= 73,80 m
Waktu operasi	= 24 jam

Dari data tersebut dihitung kemampuan untuk membangkitkan energi listrik berdasarkan jumlah volume air yang tersedia.

Dari tabel *storage volume* PLTA didapat:

Volume elevasi awal	= 537.537.086 m ³
Volume elevasi akhir	= 539.920.306 m ³

Dengan menggunakan persamaan 3, kita dapat menghitung *outflow* akhir:

$$Q_a = Q_i - \left(\frac{v_a - v}{t} \right) \quad (3)$$

$$Q_a = 56,00476852 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sehingga beban terbangkit dapat dihitung dengan persamaan :

$$P = g \cdot h \cdot Q_d \cdot \eta_g \cdot \eta_t \cdot \rho_{H_2O} \quad (4)$$

$$P = 18.350.857 \text{ Watt}$$

Dari tabel energi terbangkitkan pada elevasi 73,80 m *discharge* turbin sebesar 56,00476852 m³/s, mampu membangkitkan energi listrik sebesar 18.350.857 Watt selama 24 jam.

- Data dari pembacaan sensor *ultrasonic* :

Elevasi awal sebesar	= 73,78 m
<i>Tail race</i>	= 36,47 m
Net head	= EA - TR - HL
	= 35,81 m
Debit <i>inflow</i> waduk	= 83,58 m ³ /s
Efisiensi turbin	= 95 %
Efisiensi generator	= 98,21%

Sedangkan untuk hasil akhir yaitu:

Elevasi akhir	= 73,81 m
Waktu operasi	= 24 jam

Dari data tersebut dihitung kemampuan untuk membangkitkan energi listrik berdasarkan jumlah volume air yang tersedia.

Dari data volume pada *software* yang di buat oleh penulis didapat:

Volume elevasi awal	= 538.331.493 m ³
Volume elevasi akhir	= 540.714.713 m ³

Dengan menggunakan persamaan 3, kita dapat menghitung *outflow* akhir:

$$Q_a = 56,00476424 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sehingga beban terbangkit dapat dihitung dengan persamaan 4:

$$P = 18.355.981 \text{ Watt}$$

Dari beban terbangkitkan pada elevasi 73,81 m *discharge* turbin sebesar 56,00476424 m³/s, mampu membangkitkan energi listrik sebesar 18.355.981 Watt selama 24 jam.

Dari hasil yang didapat yaitu perhitungan data PLTA dengan data pembacaan sensor *ultrasonic* memiliki selisih sebesar :

$$\text{Selisih} = \frac{(P_{\text{Data-PLTA}} - P_{\text{Ultrasonic}})}{P_{\text{Data-PLTA}}} * 100\% \quad (5)$$

$$\text{Selisih} = 0.03\%$$

5. Waktu dalam pengambilan data

Dari hasil pengambilan data, yaitu perbandingan antara pengukuran level air menggunakan batas air pada waduk yang dilakukan oleh operator, dengan penggunaan sensor *ultrasonic* yang dirancang oleh penulis, maka kita dapat membandingkan waktu yang digunakan dalam pengambilan data tersebut.

Tabel 5. Perbandingan waktu pengambilan data

Proses Pengambilan Data		
Operator		Sensor <i>Ultrasonic</i>
Berangkat Dari <i>Power House</i> ke Lokasi Pengukuran	Kembali Dari Lokasi Pengukuran ke <i>Power House</i>	Proses pengiriman hingga data diterima di stasiun penerima
30 Menit	30 Menit	1 Detik

Dari tabel 5 dapat kita lihat bahwa waktu yang dibutuhkan oleh operator selama proses *monitoring* air yaitu 60 menit, dimana waktu 30 menit digunakan untuk berangkat dari *power house* ke lokasi pengukuran ketinggian air dan 30 menit digunakan untuk kembali ke *power house*, sedangkan waktu yang digunakan oleh sensor *ultrasonic* dalam proses pengiriman hingga data diterima oleh stasiun penerima hanya membutuhkan waktu 1 detik. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan waktu pada sensor *ultrasonic* jauh lebih efisien dibandingkan waktu yang digunakan oleh operator dalam proses pengambilan data.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Telah berhasil diterapkan alat kontrol dan *monitoring* pada waduk PLTA Koto Panjang.
2. Presentasi *error* perbandingan pembacaan ketinggian air dari sensor *ultrasonic* dengan tanda batas air konvensional sebesar 0,011 %.
3. Penerapan alat memberikan efisiensi waktu yang sangat besar dalam proses pengambilan data ketinggian *level* air.
4. Alat yang diterapkan mampu memberikan peningkatan efektifitas kinerja pembangkit sebesar 0.03%.

4.2. Saran

1. Untuk kehandalan alat, data dibagian transmisi harus diperhalus dikarenakan terdapat *noise* yang sangat besar saat pengiriman data.
2. Untuk penggunaan alat pada jarak yang lebih jauh bisa menggunakan *repeater* HT yang berfungsi untuk menambah jarak transmisi alat.

DAFTAR PUSTAKA

- Addaimi, Mursal, 2013. *Rancang Bangun Pemantau Level Ketinggian Air Menggunakan Sensor Ultrasonik*, Pekanbaru: Tugas Akhir UR.
- Cooper, Willian D, *Indtrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985.
- Girsang, Irma Sika, 2014. *Perancangan Monitoring Jarak Jauh Ketinggian Air Pada Bendungan Menggunakan Sistem Android Via Jaringan Wi-Fi*, Medan: skripsi USU.
- Hermanto, 2009. *Perancangan sistem telemetri suhu*. Pekanbaru: Tugas Akhir UR
- Nugroho, Gigih Prio, 2013. *Sistem Pendeteksi Dini Banjir Menggunakan Sensor Kecepatan Air dan Sensor Ketinggian Air pada Mikrokontroler Arduino*. Jurnal Teknik POMITS Vol.2, No.1 (2013).
- Pradana, Aldrian Rahman, 2014. *Perancangan Sistem Monitoring Level Ketinggian Air dengan Sensor Ultrasonik untuk Mengukur Debit V-NOTCH Berbasis GSM*, Yogyakarta : Skripsi UGM.
- Saputra, Pico, 2014. *Prototype Sistem Pengaturan Pintu Air Otomatis pada Bendungan Sebagai Pengendali Banjir*, Bengkulu : Skripsi UB.
- Sibuea, Amin Odos, 2014. *Perancangan Monitoring Jarak Jauh Ketinggian Air Pada Waduk Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis PC*. Medan : Skripsi USU.
- Yuwana, Lila, 2012. *Pengendalian Level Ketinggian Air pada Bendungan dengan Memanfaatkan Komunikasi Data Serial*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya Vol.8, No.1 (2012).