

Sistem Pengukuran dan Pemantauan Ketinggian dan Debit Air Berbasis Mikrokontroler untuk Mendeteksi Potensi Banjir

Ika Rustika¹, Dodi Budiman Margana², Trisno Yuwono Putro³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : ika.rustika.tec15@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Pos Indonesia, Bandung 40012
E-mail : dodi.budiman@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Pos Indonesia, Bandung 40012
E-mail : trisno.yuwono@yahoo.com

ABSTRAK

Pengawasan DAS (Daerah Aliran Sungai) sangat penting dilakukan karena berkaitan dengan air atau sungai sebagai sumber kehidupan bagi makhluk hidup. Salah satu cara untuk pengawasan DAS yaitu dengan cara melakukan pengukuran debit dan ketinggian air secara berkala pada aliran sungai. Sistem Pengukuran dan Pemantauan Ketinggian dan Debit Air Berbasis Mikrokontroler untuk Mendeteksi Potensi Banjir merupakan pengembangan alat pada bidang hidrologi yang mampu mengukur dan memantau debit dan ketinggian air sungai secara aktual dan otomatis sehingga memudahkan dalam penarikan data ketinggian dan debit air yang digunakan untuk mendeteksi potensi banjir. Metode yang digunakan yaitu prinsip tekanan untuk mengukur ketinggian air dan putaran kincir untuk mengukur debit air. Hasil dari sistem ini, yaitu sistem dapat mengukur ketinggian air dengan akurasi 98,15% dan debit air sungai dengan akurasi 89,30%, data yang terdeteksi tersimpan secara otomatis pada sebuah basis data, data dikirimkan menggunakan jaringan lokal (ethernet) menggunakan protokol Modbus TCP/IP agar dapat dipantau jarak jauh dan ditampilkan pada HMI, serta sistem dapat mendeteksi potensi banjir. Sistem akan mengirimkan alarm berupa sms dan surel jika sungai mengalami perubahan kondisi (Siaga I – Siaga IV) dan ketika ketinggian dan debit air mencapai Siaga I maka *buzzer* akan aktif.

Kata Kunci

Banjir, DAS, mikrokontroler, sensor, HMI

1. PENDAHULUAN

DAS (Daerah Aliran Sungai) merupakan suatu wilayah yang dibatasi oleh punggung – punggung pegunungan dan lembah yang berfungsi untuk menerima, menyimpan dan mengalirkan air hujan dari bagian hulu hingga keluar melalui outlet. Pada musim penghujan, berbagai bencana muncul diakibatkan oleh fenomena alam, salah satunya dikarenakan menurunnya kualitas DAS. Berdasarkan ketentuan Pasal 3 Undang – Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, terjadinya penurunan daya dukung Daerah Aliran Sungai dicirikan dengan terjadinya banjir, tanah longsor, erosi, sedimentasi dan kekeringan, yang dapat mengakibatkan terganggunya perekonomian dan tata kehidupan masyarakat, maka daya dukung Daerah Aliran Sungai harus ditingkatkan. Selama tahun 2017, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat 438 kejadian bencana longsor di Indonesia bahkan beberapa daerah disertai oleh banjir [sindonews.com, 7 Oktober 2017]. Hal tersebut menunjukkan adanya

penurunan DAS pada daerah tersebut, oleh karena itu pemantauan dan pengelolaan DAS dengan cara mendeteksi potensi banjir saat ini perlu diperhatikan dan ditingkatkan.

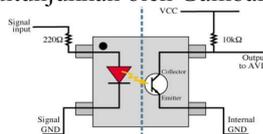
Bencana yang sering terjadi pada musim penghujan yaitu banjir dan longsor, bencana tersebut pada umumnya dikarenakan oleh intensitas curah hujan yang tinggi, Bencana banjir memiliki dampak negatif yang besar seperti korban jiwa dan kerugian material. Salah satu cara yang dapat dilakukan sebagai tindakan pencegahan untuk mengurangi dampak negatif tersebut yaitu dengan cara melakukan pengukuran debit dan ketinggian air pada aliran sungai bagian outlet untuk mendeteksi potensi banjir. Alat pendeteksi banjir saat ini sudah ada yaitu AWLR (Automatic Water Level Recorder), namun alat ini hanya dapat mengukur ketinggian air dan hanya dimiliki oleh beberapa instansi, sehingga metode manual lebih dipilih oleh kalangan umum dan mahasiswa saat melakukan penelitian. Terdapat kekurangan jika

menerapkan metode pengukuran debit dan ketinggian air secara manual, yaitu hasil yang tidak akurat, tidak efektif, dan menguras tenaga. I-2 Berdasarkan permasalahan tersebut maka solusinya yaitu merancang “Sistem Pengukuran dan Pemantauan Ketinggian dan Debit Air Berbasis Mikrokontroler untuk Mendeteksi Potensi Banjir” untuk mengukur debit dan ketinggian air pada aliran sungai secara otomatis dan aktual, data tersebut dapat dipantau dari jarak jauh pada tampilan HMI dan sistem dilengkapi pendeteksi potensi banjir otomatis.

2. METODELOGI

Metode penelitian merupakan hasil studi litelatur dari beberapa buku, jurnal dan laporan proyek akhir yang memiliki keterkaitan dengan sistem yang dibuat. Dalam jurnal Noor Yudha Priyantini (2009) metode putaran baling – baling digunakan untuk mengukur debit air, dalam laporan TA Mirza Nurmanhadi (2013) metode prinsip tekanan digunakan untuk mengukur ketinggian air dan menggunakan HMI SCADA untuk memantau ketinggian air dari jarak jauh, dan pada buku yang tulis oleh Prof. Dr. Indarto, STP, DEA menjelaskan mengenai teori DAS dan analisis hidrograf untuk mendeteksi banjir. Berdasarkan studi literatur atau referensi yang didapatkan, maka sistem yang dibuat yaitu sistem yang dapat:

1. Mengukur dan memantau debit air sungai. Pengukuran debit menggunakan sensor *encoder* dengan menerapkan alat bantu berupa kincir air. Kincir air yang digunakan yaitu tipe *Overshot Water Wheel*. Air dari atas akan mengalir ke bawah dan membentur *wheel bucket* ketika roda berada dibagian atas dan gaya yang dihasilkan bersumber dari berat air pada *bucket* sehingga kincir dapat berputar. Kincir tersebut dihubungkan dengan piringan *encoder*. Jika piringan *encoder* berputar maka sensor akan menghasilkan pulsa. Sensor *encoder* terdiri dari rangkaian *optocoupler* (LED infra merah sebagai transmitter dan *phototransistor* sebagai receiver) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian *Optocoupler*

Prinsip kerja *optocoupler*, yaitu jika antara LED infra merah dengan *photodiode* terdapat penghalang berupa piringan *encoder* maka *photodiode* akan off sehingga keluaran kolektor akan berlogika *high* (1), sedangkan jika antara LED infra merah dengan *photodiode* tidak terdapat penghalang berupa

piringan *encoder* maka *photodiode* akan on/ konduksi sehingga keluaran akan berlogika *low* (0). Pulsa yang dihasilkan akan dikonversikan ke satuan debit. Kalibrasi sensor dilakukan dengan cara melakukan pengukuran debit secara manual menggunakan gelas ukur dan *stopwatch*, menggunakan rumus persamaan (1).

$$Q = V/t \quad (1)$$

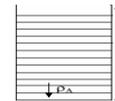
Keterangan:

Q = debit (L/detik atau m³/detik)

V = volume fluida (Liter atau m³)

t = waktu

2. Mengukur dan memantau ketinggian air sungai. Metode yang digunakan untuk mengukur ketinggian air yaitu prinsip tekanan hidrostatik. Besar gaya tekan zat cair terhadap luas penampang bejana disebut tekanan hidrostatik seperti yang ditunjukkan oleh Gambar. 2.



Gambar 2. Tekanan Hidrostatik pada Bejana

Persamaan (2) merupakan rumus secara matematis tekanan hidrostatik.

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (2)$$

Keterangan:

P = tekanan hidrostatik (Pa atau N/m²)

ρ = massa jenis zat cair (kg/m³)

g = percepatan gravitasi bumi (9,8 m/s² atau 10 m/s²)

h = tinggi atau kedalaman zat cair dari permukaan (m)

Berdasarkan persamaan (2) maka dapat disimpulkan bahwa tekanan hidrostatik dipengaruhi oleh massa jenis, gravitasi dan ketinggian/kedalaman zat cair. Semua titik jika memiliki kedalaman yang sama maka tekanan hidrostatiknya akan sama walaupun bentuk bidang datarnya berbeda. Pengukuran ketinggian air pada sistem ini menggunakan sensor tekanan. Prinsip kerja sensor tekanan MPX5100DP berdasarkan efek *piezoresistive*. Efek *piezoresistive* adalah perubahan resistansi pada suatu material diakibatkan oleh deformasi atau gaya secara mekanik sesuai dengan persamaan (3).

$$R = \rho (L / A) \quad (3)$$

Keterangan:

R = Resistansi (Ω)

ρ = Tahanan jenis kawat (Ω m)

L = Panjang kawat (m)

A = Luas penampang (m²)

3. Menyimpan data secara otomatis pada basis data dan menampilkan data pada HMI dalam bentuk grafik yang dinamakan hidrograf.

4. Mendeteksi potensi banjir, jika terjadi perubahan kondisi (Siaga I – Siaga IV) maka sistem akan mengirimkan notifikasi status siaga melalui surel dan sms secara otomatis kepada pihak bersangkutan, jika telah status sungai Siaga I maka *buzzer* akan aktif.

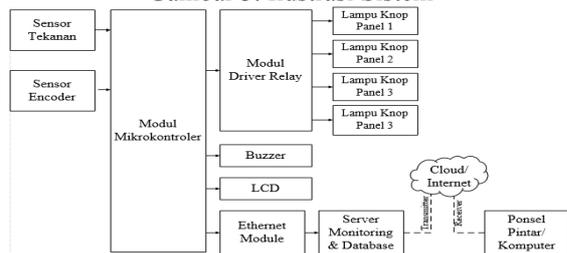
3. PERANCANGAN DAN REALISASI

3.1 Diagram Blok dan Prinsip Kerja Sistem

Ilustrasi dari sistem yang dibuat ditunjukkan oleh Gambar 3 dan diagram blok Sistem Pengukuran dan Pemantauan Hidrograf Berbasis Mikrokontroler untuk Analisis Karakteristik DAS (Daerah Aliran Sungai) ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 3. Ilustrasi Sistem



Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan diagram blok sistem yang ditunjukkan oleh Gambar 4 bahwa prinsip kerja dari sistem ini adalah mengukur dan memantau ketinggian dan debit air secara otomatis. Sensor tekanan akan mengukur ketinggian air dengan menggunakan prinsip perbedaan tekanan, yaitu membandingkan tekanan di air dengan udara sekitar dan sensor *encoder* akan III-6 mengukur debit air dengan cara menghubungkan kincir air dengan piringan *encoder* menggunakan jari-jari sepeda, ketika kincir terkena air maka kincir dan piringan *encoder* akan berputar dan sensor *encoder* akan menghasilkan pulsa. Data yang dihasilkan oleh sensor, yaitu berupa tekanan dan pulsa akan diproses dan dikonversi oleh mikrokontroler menjadi satuan tinggi (cm) dan debit (ml/detik). Data yang telah dikonversi akan disimpan pada basis data dan ditampilkan pada layar LCD dan HMI. Data dikirimkan oleh mikrokontroler ke LCD melalui pin SDA dan SCL menggunakan protokol I2C dan data dikirimkan oleh mikrokontroler ke HMI menggunakan modul Ethernet *shield*. Mikrokontroler terhubung dengan Ethernet *shield* melalui port SPI

dan transmisi data dari mikrokontroler ke Ethernet *shield* menggunakan pin 10. Transmisi data dari Ethernet *shield* ke pusat pemantauan, yaitu melalui jaringan (Ethernet) menggunakan protokol Modbus TCP/IP agar dapat berkomunikasi dengan OPC sehingga data dapat diterima dan ditampilkan pada HMI baik dalam bentuk nilai, visualisasi, dan grafik. Jika nilai ketinggian air mengalami perubahan kondisi/ status (Siaga I – Siaga IV) maka OPC akan aktif dan memerintahkan modem untuk mengirimkan pesan berupa surel atau sms kepada pihak bersangkutan menggunakan jaringan GSM dan internet dan ketika terdeteksi Siaga I maka notifikasi alarm yaitu *buzzer* akan aktif. Tegangan listrik yang mengalir pada *buzzer* akan menghasilkan gerakan mekanis (getaran) yang menghasilkan suara, suara tersebut akan memberikan informasi ke warga bahwa status telah Siaga I. Pada sistem ini modul *driver relay* akan berkerja mengoperasikan lampu knop yang berada pada panel dan catu daya, lampu knop berwarna hijau sebagai indikator sistem aktif, lampu knop warna merah sebagai indikator sistem mati, dan lampu knop berwarna orange sebagai indikator sistem sedang proses perbaikan (*maintenance*). Modul *driver relay* berfungsi sebagai penggerak untuk mengaktifkan *relay* dan sebagai pengamanan untuk menahan arus balik ketika *relay* dimatikan. Relay pada sistem ini berfungsi untuk menjalankan fungsi logika, ketika kumparan *relay* dialiri oleh arus listrik maka akan menghasilkan gaya elektromagnetik yang dapat menarik armature berpindah dari NC ke NO atau sebaliknya sehingga beban aktif.

3.2 Spesifikasi

Spesifikasi sistem ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Sistem

No	Parameter	Spesifikasi
1.	Jala – Jala (Tegangan AC)	220 Volt (PLN), 50Hz
2.	Fungsi	Mengukur dan memantau ketinggian air dan debit serta mendeteksi potensi banjir
3.	Ketinggian Air	0 – 10 cm
4.	Debit	0 – 90 ml/detik
5.	Volume Air	0 – 62,5 liter
6.	Komunikasi	Protokol modbus TCP/IP
7.	Jarak Pantau	80 m (Kabel LAN/ Ethernet)
8.	Indikator Alarm	LED/ Lampu, <i>buzzer</i> , <i>email</i> dan sms
9.	Alarm Aktif	- Siaga IV (Aman) = Ketinggian Air < 5 cm - Siaga III (Waspada) = Ketinggian Air = 5 cm - Siaga II (Kritis) = Ketinggian Air > 5 cm - Siaga I (Bencana) = Ketinggian Air > 7 cm dan debit 50 ml/detik
10.	Tampilan	1. <i>Human Machine Interface</i> (Grafik, alarm,

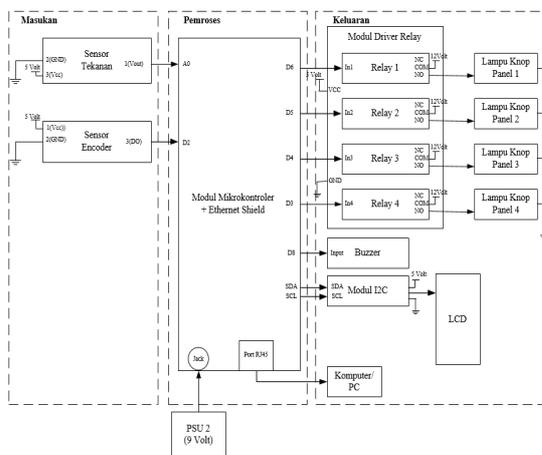
		ketinggian air, debit, basis data, dll)
		2. LCD (Ketinggian air dan debit)
11.	Penyimpanan Data	Basis Data (Ms. Access)
12.	Dimensi	1. Dimensi Panel : 30cm x 15cm x 40cm 2. Dimensi Prototipe : 100cm x 25cm x 40cm 3. Dimensi Kincir : 12,5 cm (diameter)



Gambar 7. Realisasi Pemroses (Mikrokontroler dan Ethernet Shield)

3.3 Perancangan dan Realisasi Elektronik

Perancangan elektronik berupa skematik sistem ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Skematik Sistem



(a)



(b)

Gambar 8. Realisasi Keluaran (a)LCD & Buzzer dan (b)Modul Driver Relay

Perancangan elektronika terbagi menjadi 3 bagian, yaitu masukan berupa sensor, pemroses berupa mikrokontroler dan keluaran berupa relay, LCD serta indikator sistem (lampu dan buzzer). Gambar 6 menunjukkan hasil realisasi bagian masukan, Gambar 7 menunjukkan realisasi bagian pemroses dan Gambar 8 menunjukkan bagian keluaran.

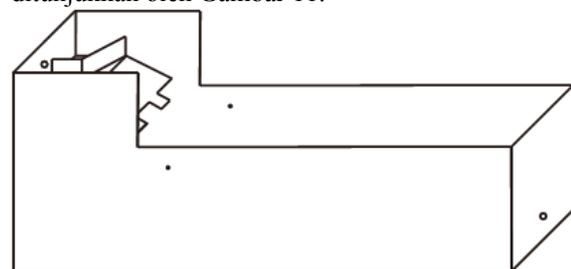


(a)



(b)

Gambar 6. Realisasi Masukan (a)Sensor Tekanan dan (b) Sensor Encoder



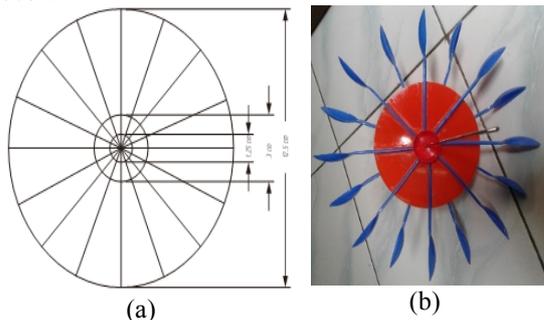
(a)



(b)

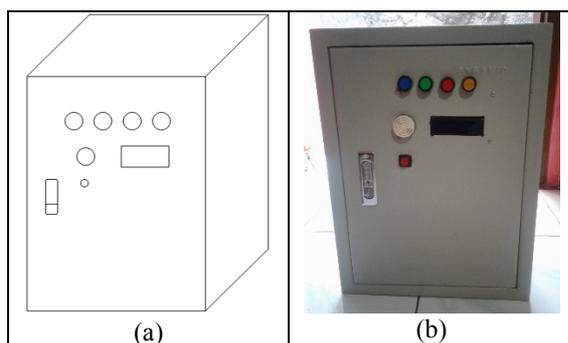
Gambar 9. (a) Perancangan Prototipe Sungai dan (b) Realisasi Prototipe Sungai

Prototipe sungai memiliki ukuran 40cm x 100cm x 25cm, berbahan dasar kaca, dan berbentuk menyerupai air terjun dan sungai. Menyerupai air terjun dikarenakan untuk menciptakan air yang mengalir (arus air sungai) sehingga memudahkan dalam pengukuran debit air sungai. Untuk pengukuran debit akan dibantu media berupa kincir air dan pengukuran ketinggian air menggunakan media selang. Bahan kaca dipilih karena harganya lebih murah dibandingkan akrilik dan tidak mudah bocor.



Gambar 10. (a) Perancangan Kincir Air dan (b) Realisasi Kincir Air

Kincir air yang dibuat terdiri dari dua bagian yaitu poros dan baling – baling. Bahan yang digunakan untuk poros adalah akrilik dan menggunakan limbah sendok plastik sebagai baling – baling. Kincir dihubungkan dengan piringan *encoder* menggunakan jari – jari sepeda sebagai penghubung as, ketika air jatuh mengenai sendok maka kincir akan berputar dan akan menggerakkan piringan *encoder* sehingga sensor akan menghasilkan pulsa, pulsa tersebut digunakan untuk mengukur debit air.



Gambar 11. (a) Perancangan Panel Sistem dan (b) Realisasi Panel Sistem

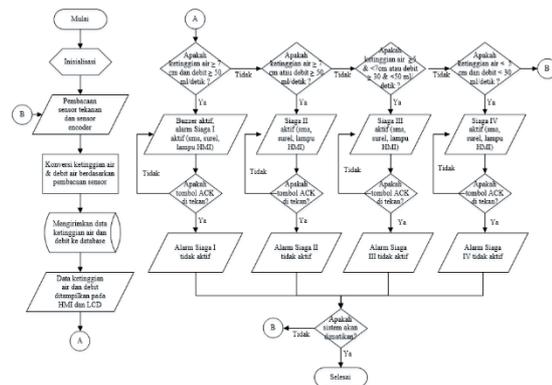
Panel diletakan berdekatan dengan prototipe sungai atau plant dan berfungsi untuk meletakkan seluruh komponen elektronika agar terlindungi dari pengaruh luar seperti panas matahari, hujan, binatang, dll. Panel yang dibuat berukuran 30cm x 40cm x 15cm dan berbahan dasar *fiberglass*. Bahan *fiberglass* dipilih karena kuat, ringan, anti air dan anti karat.

3.5 Perancangan dan Realisasi Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak sistem meliputi:

1. Diagram Alir Proses Kerja Sistem

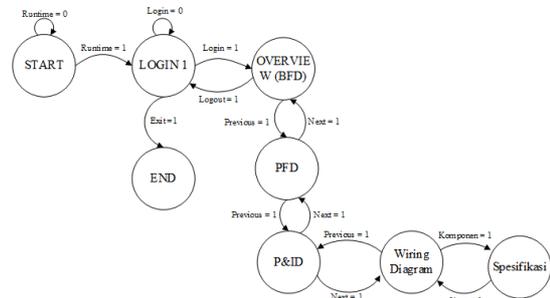
Diagram Alir proses kerja sistem ditunjukkan pada Gambar 12.



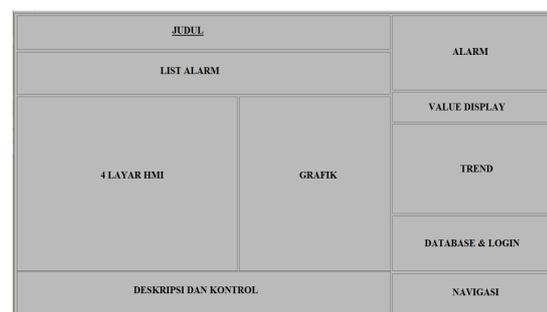
Gambar 12. Diagram Alir Proses Kerja Sistem

2. Perancangan dan Realisasi HMI

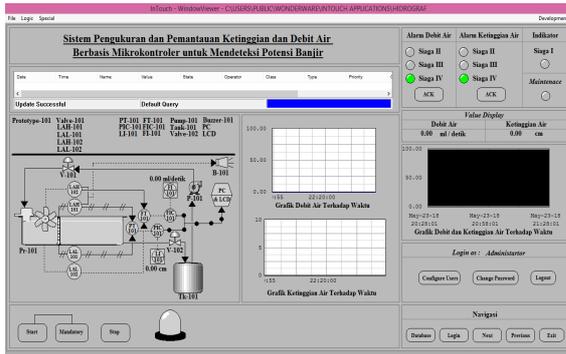
Perancangan HMI meliputi *state flow diagram* yang ditunjukkan pada Gambar 13 dan perancangan dan realisasi halaman utama HMI yang ditunjukkan oleh Gambar 14.



Gambar 13. State Flow Diagram HMI



(a)



(b)

Gambar 14. (a)Perancangan Tampilan HMI dan (b) Realisasi Tampilan HMI

4. PENGUJIAN

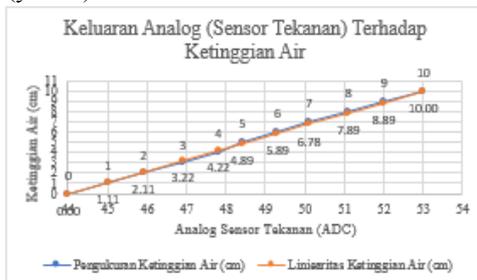
Pengujian dilakukan dengan cara mengukur dan mencatat keluaran dari setiap blok. Berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan:

4.1 Masukan

1. Sensor Tekanan

Hasil pengukuran sensor tekanan terhadap ketinggian air ditunjukkan oleh Gambar 15. Garis biru menunjukkan pengukuran ketinggian menggunakan penggaris sedangkan garis merah menunjukkan hasil linearitas berdasarkan persamaan (4).

$$x = (y - 44) / 0.9 \quad (4)$$



Gambar 15. Grafik Keluaran Analog (Sensor Tekanan) Terhadap Ketinggian Air

Gambar 15 menunjukkan bahwa tekanan berbanding lurus terhadap ketinggian air dan hasil pengukuran telah mendekati garis linearitas. Pengukuran tegangan keluaran sensor berdasarkan ketinggian air ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Tegangan Keluaran Sensor Terhadap Ketinggian Air

Gambar 16 menunjukkan bahwa nilai ketinggian air berbanding lurus terhadap keluaran tegangan pada sensor tekanan. Akurasi pengukuran ketinggian air ditunjukkan pada Gambar 17.

Tinggi Air pada Penggaris (cm)	Tampilan Ketinggian Air pada LCD dan HMI										Rata-Rata (cm)	Kesalahan Absolute (cm)	Kesalahan Relatif (%)	Akurasi (%)
	Pengukuran Ke- (cm)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	100,00
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,00	100,00
2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,9	0,1	5,26	95,00
3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,9	0,1	3,45	96,67
4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3,8	0,2	5,26	95,00
5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4,7	0,3	6,38	94,00
6	5	5	6	6	6	6	7	7	6	6	6	0	0,00	100,00
7	7	7	7	7	7	7	8	7	7	7	7,1	0,1	1,41	98,99
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	0	0,00	100,00
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0,00	100,00
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0,00	100,00
Rata-Rata											0,072	1,98	98,15	

Gambar 17. Tabel Pengukuran Akurasi Ketinggian Air

Berdasarkan data yang ditunjukkan oleh Gambar 17 didapatkan bahwa rata – rata kesalahan absolute sebesar ± 0.072 cm, kesalahan reatif 1.98% dan akurasi pengukuran ketinggian air sebesar 98.15%.

2. Sensor Encoder

Hasil pengukuran sensor *encoder* terhadap kecepatan putaran kincir ditunjukkan oleh Gambar 18 dan faktor kalibrasi yang didapatkan, yaitu 1700.

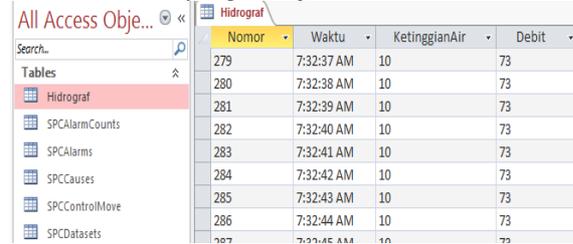
Pengukuran Debit Ke -	Tampilan Nilai Debit pada LCD dan HMI (ml/detik)				
	Referensi (ml/detik)	Aktual (ml/detik)	Kesalahan Absolute (ml/detik)	Kesalahan Relatif (%)	Akurasi (%)
1	70	64	6	7,86	91,43
2	70	73	3	3,93	95,71
3	70	73	3	3,93	95,71
4	70	90	20	26,21	71,43
5	70	73	3	3,93	95,71
6	70	73	3	3,93	95,71
7	70	64	6	7,86	91,43
8	70	90	20	26,21	71,43
9	70	90	20	26,21	71,43
10	70	73	3	3,93	95,71
11	49	49	0	0,00	100,00
12	49	49	0	0,00	100,00
13	49	49	0	0,00	100,00
14	49	50	1	1,87	97,96
15	49	55	6	11,24	87,76
16	49	64	15	28,09	69,39
17	49	71	22	41,20	55,10
18	49	49	0	0,00	100,00
19	49	49	0	0,00	100,00
20	49	49	0	0,00	100,00
Rata - Rata			6,55	9,82	89,30

Gambar 18. Tabel Pengukuran Debit Menggunakan Sensor Encoder

Berdasarkan hasil perhitungan pada Gambar 18 di atas maka didapatkan bahwa pengukuran debit memiliki error sebesar ± 6.55 ml/detik, kesalahan relatif 9.82% dan akurasi pengukuran debit sebesar 89.30%.

4.2 Keluran

Keluaran meliputi hasil penyimpanan data pada basis data yang ditunjukkan pada Gambar 19, eksekusi program yang ditunjukkan oleh Gambar 20, dan notifikasi alarm yang ditunjukkan oleh Gambar 21.



Nomor	Waktu	KetinggianAir	Debit
279	7:32:37 AM	10	73
280	7:32:38 AM	10	73
281	7:32:39 AM	10	73
282	7:32:40 AM	10	73
283	7:32:41 AM	10	73
284	7:32:42 AM	10	73
285	7:32:43 AM	10	73
286	7:32:44 AM	10	73
287	7:32:45 AM	10	73

Gambar 19. Penyimpanan Data Pada Basis Data

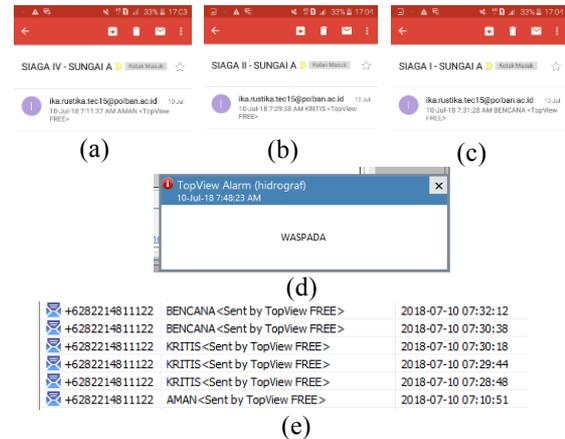
Berdasarkan Gambar 19 data pengukuran tersimpan secara otomatis pada basis data.

Masukan		Keluaran	
Komponen/ HMI	Kondisi	Komponen	Ekskusi
Button mandatory (HMI)	ON	Driver relay (in4)	ON
		Lampu knop (biru)	ON
Button start (HMI)	ON	Driver relay (in4)	ON
		Lampu knop (biru)	ON
		Driver relay (in3)	ON
		Lampu knop (hijau)	ON
		Catu daya 1 (12V)	ON
		Regulator (5V)	ON
		Sensor 1 (S. Tekanan)	ON
		Sensor 2 (S. Encoder)	ON
Button stop (HMI)	ON	Driver relay (in4)	OFF
		Lampu knop (biru)	OFF
		Driver relay (in3)	OFF
		Lampu knop (hijau)	OFF
		Catu daya 1 (12V)	OFF
		Regulator (5V)	OFF
		Driver relay (in2)	ON
		Lampu knop (merah)	ON
Push button maintenance	ON	Driver relay (in1)	ON
	OFF	Lampu knop (orange)	ON
		Driver relay (in1)	OFF
Debit >=50 ml/detik && ketinggian air >=7cm (Siaga I)	ON	Buzzer	ON
	ON	Penampil data (LCD) *data di tampilkan setelah button start (HMI) ditekan	ON

Gambar 20. Pengujian Eksekusi Program

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Gambar 20 hasil eksekusi yang dihasilkan sesuai dengan perancangan.

Data pengukuran akan ditampilkan dari jarak jauh pada HMI secara otomatis dan aktual.



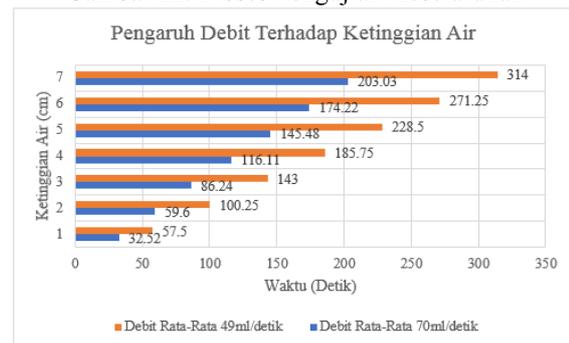
Gambar 21 (a) Surel Alarm Siaga IV, (b) Surel Alarm Siaga II, (c) Surel Alarm Siaga I, (d) Notifikasi Alarm Siaga III, (e) SMS Notifikasi Alarm

4.3 Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan bertujuan untuk mengetahui korelasi antara ketinggian dengan debit air. Maka didapatkan data pada Gambar 22 dan Gambar 23.



Gambar 22. Proses Pengujian Keseluruhan



Gambar 23. Grafik Pengaruh Debit Terhadap Ketinggian Air

Gambar 23 menunjukkan bahwa nilai debit berbanding lurus dengan ketinggian air, semakin besar nilai debit maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk mencapai ketinggian maksimum, hal tersebut yang menyebabkan terjadinya banjir. Ketika intensitas curah hujan tinggi maka debit sungai akan meningkat sehingga ketinggian air akan bertambah dan meluap dengan cepat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Sistem yang dibuat merupakan sistem pada bidang hidrologi yang mampu mengukur ketinggian dengan akurasi 98.15% dan debit air dengan akurasi 89.30% secara otomatis dan aktual untuk mendeteksi potensi banjir serta data tersebut dapat dipantau dari jarak jauh melalui HMI.

Sistem dapat mendeteksi potensi banjir. Sistem memberikan informasi kondisi/ status sungai secara aktual dan otomatis jika terjadi perubahan kondisi sungai melalui sms dan surel kepada pihak bersangkutan agar segera melakukan tindakan dan ketika Siaga I (bencana) maka buzzer akan aktif memberikan peringatan bencana banjir.

Pengukuran debit menggunakan prinsip putaran kincir air dan pengukuran ketinggian air menggunakan prinsip tekanan, tepat diterapkan pada aliran terbuka seperti sungai dengan syarat memperhatikan pemilihan tipe kincir sesuai dengan sumber air dan jumlah lubang piringan *encoder* untuk sensitifitas sensor.

5.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan proyek akhir ini, yaitu sebagai berikut:

1. Penambahan fitur cadangan daya sehingga sistem tetap beroperasi dan mengirimkan data ke server basis data ketika terjadi pemadaman listrik.
2. Penambahan fitur kendali pompa dan sehingga jika air telah meluap atau terdeteksi potensi banjir maka air dapat dipompa dan dialirkan ke saluran alternatif.
3. Penambahan fitur intensitas curah hujan sehingga grafik yang didapatkan lebih detail.
4. Pengukuran dilakukan di beberapa titik atau wilayah yang berbeda agar didapatkan hasil yang akurat serta dapat membantu memprediksi banjir sebelum air datang di wilayah tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari dalam pembuatan sistem ini banyak pihak yang telah membantu dan terlibat secara langsung maupun tidak langsung. Oleh Karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak (Bapak/Ibu pembimbing, penguji, dosen, dan teman-teman) yang telah membantu dalam penyelesaian sistem ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayat, Robi Fauji. 2015. "Perancangan dan Realisasi Sistem Kendali Level Air dengan Dua Variabel Kendali (Sistem Multi Variabel)". Bandung. Politeknik Negeri Bandung.
- [2] Indarto. 2016. "Metode Analisis dan Tool untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai", [online]. Tersedia: https://www.researchgate.net/profile/Indarto_Indarto/publication/311068585_Hidrologi_Metode_Analisis_dan_Tool_untuk_Interpretasi_Hidrograf_Aliran_Sungai/links/583d238608ae1ff459844c00/Hidrologi-Metode-Analisis-dan-Tool-untuk-Interpretasi-Hidrograf-AliranSungai.pdf, tanggal akses : 13 Desember 2017.
- [3] Indarto. 2016. "Metode Analisa dan Tool untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai" menjelaskan mengenai DAS (Daerah Aliran Sungai)", [online]. Tersedia: https://www.researchgate.net/profile/Indarto_Indarto/publication/311068585_Hidrologi_Metode_Analisis_dan_Tool_untuk_Interpretasi_Hidrograf_Aliran_Sungai/links/583d238608ae1ff459844c00/Hidrologi-Metode-Analisis-dan-Tool-untuk-Interpretasi-Hidrograf-Aliran-Sungai.pdf, tanggal akses : 13 Desember 2017.
- [4] Mirza. N. 2013 "Perancangan dan Implementasi HMI SCADA Pada Sistem Pengendalian Ketinggian Permuakaan Air". Politeknik Negeri Bandung.
- [5] Novianta, M. Andang. 2013. "Alat Deteksi Dini Bahaya Banjir dengan Penyampaian Informasi Tinggi Muka Air menggunakan Data Logger Berbasis GSM Gateway", [online]. Tersedia: <http://repository.akprind.ac.id/sites/files/makalah%20seminar.pdf>, tanggal akses : 13 Desember 2017.
- [6] N. Yuda Priyantini & Irjan. 2009. "Pengukuran Kecepatan Arus Air Sungai Berbasis Mikrokontroler AT89S8252". Malang. vol. 2.