

# Perancangan Sistem Pemantaun Daerah Aliran Sungai (DAS) Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel

Khozainuz Zuhri<sup>1</sup>, I Wayan Mustika<sup>2</sup>, Addin Suwastono<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No.2 Yogyakarta 55981

e-mail : <sup>1</sup>khozainuz.zuhri@gmail.com, <sup>2</sup>wayan@te.ugm.ac.id, <sup>3</sup>adyn@ugm.ac.id

**Abstract**—Almost in every rainy season, regions existing closed to watershed had floods. Watershed had an important role in providing contribution and had a very high urgency level towards flood incidence. The flood that often came suddenly caused big losses so that people could not be ready to face it. The information system established had been much applied, however was not optimal to reduce the losses so far. For the problems solution needed a new information system of watershed monitoring and easily to be accessed online through a web application. Besides, a communication system between nodes and server along the watershed was made wireless using a ZigBee protocol. The research result was in form of a wireless sensor network based watershed monitor system design.

**Keywords**—Watershed; Monitoring System; Internet; Wireless; ZigBee;

## I. PENDAHULUAN

Banjir bukanlah hal yang asing terjadi di Indonesia. Hampir di setiap musim penghujan, wilayah-wilayah yang berada di kawasan daerah aliran sungai (DAS) mengalami banjir. DAS menggambarkan luas lahan yang mengalir menuruni lereng ke titik paling rendah. Air bergerak melalui jalur saluran air yang ada dibawah tanah atau dipermukaan. Umumnya, jalur tersebut menyatu ke dalam aliran sungai dan sistem tersebut semakin membesar karena air bergerak ke hilir [2]. DAS mempunyai peran penting dalam memberikan kontribusi dan memiliki tingkat urgensi yang sangat tinggi terhadap terjadinya banjir. Banjir yang datang secara tiba-tiba menimbulkan kerugian, Kerugian tersebut dikarenakan masih kurang dan terbatasnya sistem pemantauan ataupun pengawasan di sepanjang DAS, kurangnya data informasi terkait dengan kondisi air di daerah aliran sungai, masih minimnya sistem pemantauan daerah aliran sungai yang dibuat secara online, sistem informasi pemantauan hanya dapat diakses oleh pihak atau lembaga terkait dan sistem pemantauan online yang telah dibangun masih kurang dipahami oleh pengguna (*user*).

Sejauh ini sistem informasi pemantaun yang telah dibangun sudah banyak diterapkan, namun belum secara maksimal mengurangi kerugian yang ada. Untuk pemecahan masalah tersebut perlu adanya sistem informasi pemantauan daerah aliran sungai yang murah sekaligus ramah dan mudah diakses secara online. Selain itu, sistem komunikasi antara titik perangkat (*node*) ke

pusat (*server*) di sepanjang aliran sungai dibuat secara nirkabel menggunakan protokol ZigBee.

Fokus utama dalam penelitian ini adalah merancang sistem pemantuan daerah aliran sungai (DAS) berbasis pada jaringan sensor nirkabel. Sistem ini nantinya dapat di pantau secara langsung, dapat diakses dimana saja, dan kapan saja oleh masyarakat terutama masyarakat disepanjang aliran sungai. Perancangan sistem melibatkan komponen *single board computer* (SBC) jenis Raspberry Pi sebagai server utama sekaligus teknologi perangkat sistem terbaru yang digunakan dalam penelitian ini. Pada jalur komunikasi data menggunakan protokol TCP/IP untuk dapat terhubung ke jaringan internet dan menggunakan protokol ZigBee untuk pengiriman data antar titik-titik (*node*) ke pusat (*server*) secara nirkabel. Sedangkan untuk posisi titik lokasi *node* ditanamkan perangkat *global position system* (GPS).

## II. KOMPONEN SISTEM

Sistem informasi pemantauan DAS dibangun dengan menyatukan komponen-komponen antara lain, perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), basis data (*database*), dan komunikasi data [2].

### A. Perangkat Keras (Hardware)

Rancangan sistem perangkat keras dalam penelitian ini terbagi dalam dua sub rangkain sistem yaitu rangkain sistem server didefinisikan sebagai perangkat server yang bertugas sebagai koordinator untuk menerima paket data (*receiving*) sedangkan rangkaian sistem node didefinisikan sebagai perangkat node yang berperan sebagai router untuk mengirimkan paket data (*transmitting*). Dekomposisi perangkat server terdiri dari *single board computer* (SBC) jenis Raspberry Pi, modem 3G, kartu SIM operator XL dengan paket tanpa batas, dan modul XBee Pro S2B sedangkan dekomposisi perangkat node terdiri dari *single board mikro* (SBM) jenis Arduino Uno, *sensor ultrasonic SRF04*, *sensor DHT11*, modul GPS Ublox NEO-6M, dan XBee Pro S2B.

### B. Perangkat Lunak (Software)

Proses pembuatan program dalam penelitian membagi tiga bagian utama yaitu program di perangkat node menggunakan aplikasi *open source* Arduino *integrated development environment* (IDE) dengan pemrograman C, program perangkat server menggunakan pemrograman Python dan program untuk aplikasi web menggunakan pemrograman *asynchronous javascript and XML* (AJAX), *hypertext preprocessor* (PHP), *JavaScript*, *javascript object notation* (JSON), dan MySQL dengan

PHPMyAdmin. Selain itu, di dalam program ditambahkan beberapa *library* untuk mendukung proses program.

C. Web Server, dan Basis Data (Database Server)

Web Server dalam penelitian ini menggunakan *virtual private server* dari idhostinger dengan *operation system* (OS) berbasis *open source* Linux Debian 6 dengan prosesor 32bit, Virtualmin sebagai kontrol panel hosting web, dan aplikasi *Linux, Apache, MySQL, PHP (LAMP)* untuk *web server*. VPS juga digunakan sebagai penyimpanan data-data (*database server hosting*).

D. Komunikasi Data

Proses komunikasi data dibagi dalam dua mode operasi, yaitu komunikasi data antara perangkat node ke perangkat server melalui jalur nirkabel berbasis protokol ZigBee, dan perangkat server ke *database server* melalui protokol TCP/IP. Metode pertukaran data antara perangkat node (*transmitting*), dan perangkat server (*receiving*) menggunakan metode API (*application programming interface*). API digunakan sebagai pengatur lalu lintas pengiriman data.

III. METODE PENELITIAN

Jalan penelitian mengikuti alur pada Gambar 3.1. Agar dapat mencapai hasil penelitian yang sesuai dengan yang diharapkan maka perlu dilakukan langkah-langkah yang tepat dan sistematis.



Gambar 3.1 Diagram metode penelitian

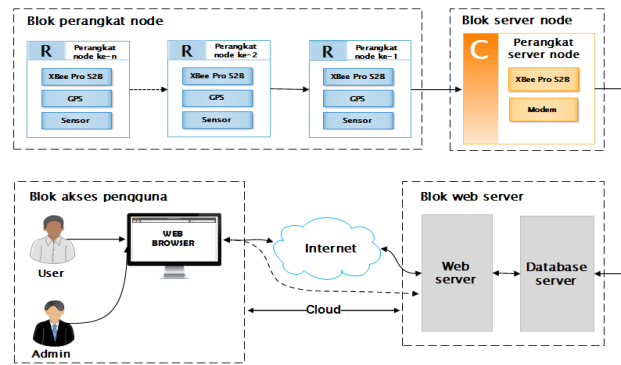
A. Pemahaman awal

Langkah pertama dalam penelitian memfokuskan pada teori, literatur dan penelitian terdahulu. Hal ini dimaksudkan agar penelitian dapat memiliki dasar dan referensi yang jelas.

B. Perancangan sistem

Dari hasil analisis, kebutuhan sistem yang diperlukan sebagai berikut:

1. Adanya perangkat yang dapat memantau secara kontinu atau periodik.
2. Informasi pemantauan dapat diakses dimana saja, kapan saja.
3. Hak akses diberikan ke semua user atau pengguna.
4. Informasi yang diberikan dapat memberikan gambaran kondisi saat itu.

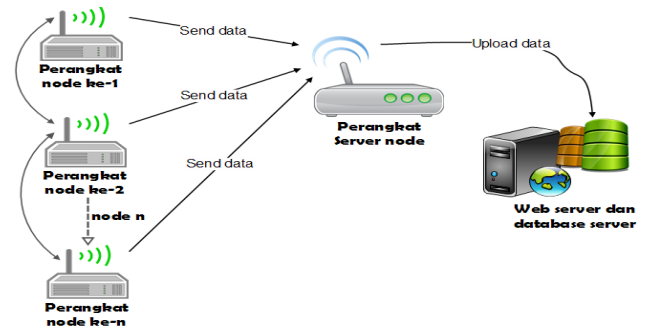


Gambar 3.2 Diagram blok sistem

Diagram blok sistem pemantauan terbagi dalam empat blok yang masing-masing blok memiliki tugas dan fungsional sebagai berikut:

1. Blok perangkat node terdiri dari empat komponen yaitu, komponen Arduino Uno, Xbee Pro S2B, GPS dan dua buah sensor.
2. Blok perangkat server node memiliki dua komponen yaitu, Xbee Pro S2B dan modem stick.
3. Blok web server merupakan blok perangkat lunak yang bekerja 24 jam secara online.
4. Blok hak akses terbagi dalam dua aktor, yaitu *user* biasa dan *administrator*.

Alur penggunaan sistem ditunjukkan seperti Gambar 3.3.



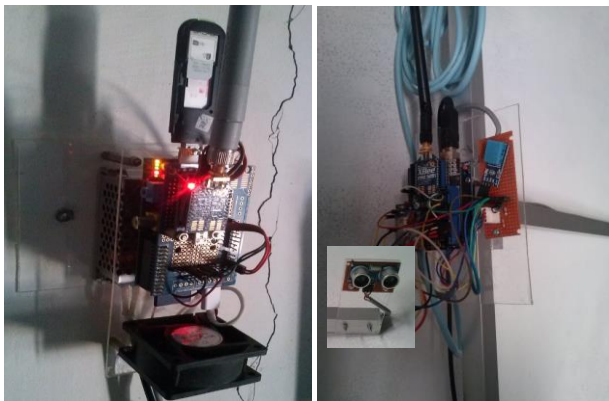
Gambar 3.3 Alur penggunaan sistem

Alur sistem dimulai pada perangkat node yang mengirimkan paket data tinggi air ke perangkat server. Perangkat server kemudian mem-*parsing* data yang telah diterima menggunakan pemrograman Python kemudian mengirimkan data hasil *parsing* ke *database server*. Hak akses diklasifikasikan dalam dua kategori yaitu, kategori akses *user* yang hanya melihat sistem tanpa dapat memiliki hak akses apapun sedangkan kategori *administrator* berperan dalam mengelola titik lokasi, manajemen map, dan meng-*update* standar ambang batas level air.

C. Pembuatan sistem

Implementasi perangkat server dalam penelitian ini menggunakan satu buah Xbee Pro S2B sebagai koordinator yang memiliki 64-bit pengalamatan awal 0013A200, dan alamat akhir 40B48AF8. Pada perangkat node menggunakan dua buah Xbee Pro S2B yang difungsikan sebagai router. Perangkat node satu memiliki alamat 40B48AC6 sedangkan perangkat node dua 40B48A5B.

Hasil pembuatan ditunjukkan Gambar 3.4.



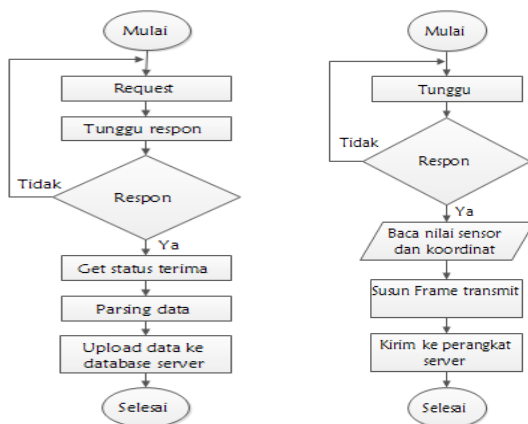
Gambar 3.3 Implementasi perangkat server dan node

Konfigurasi perangkat server sebagai koordinator maupun perangkat node sebagai router dilakukan dengan mengatur pengalamatan, pemilihan jaringan, dan channel. Konfigurasi PAN ID 0x00 sedangkan channel di-set 12. Hasil konfigurasi ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil konfigurasi modul XBee Pro S2B

	Perangkat server	Perangkat node
PAN ID	0x00	0x00
SH	13A200	13A200
SL	40B48AF8	40B48AC6
DH	0	0
DL	FFFF	0
Fungsi	KOORDINATOR API	ROUTER API

Alur pengiriman dan penerimaan data menggunakan protokol ZigBee yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Flowchart pengiriman dan penerimaan data

D. Pengujian dan Evaluasi

Pengujian sistem akan menguji seberapa baik sistem dalam memenuhi kebutuhan, kegunaan, dan kinerja [3]. Skenario pengujian dilakukan di area rumah dengan memanfaatkan bak air sebagai objek ketinggian air. Hasil pengamatan dan pengujian akan dibandingkan dengan data hasil pengukuran langsung dengan tujuan untuk mendapatkan nilai sebenarnya (ketelitian) dan untuk mendapatkan kesamaan di dalam setiap kali pengukuran (ketepatan) data sensor. Ketepatan (presisi) dinyatakan dengan standar deviasi sedangkan ketelitian (akurasi)

dinyatakan dalam *standar error of mean* (SEM). Deviasi standar merupakan penyimpangan dari rata-rata (*mean*) dinyatakan dalam unit pengukuran yang sama sebagai sebuah data [4]. Standar deviasi dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$Sx = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \tag{1}$$

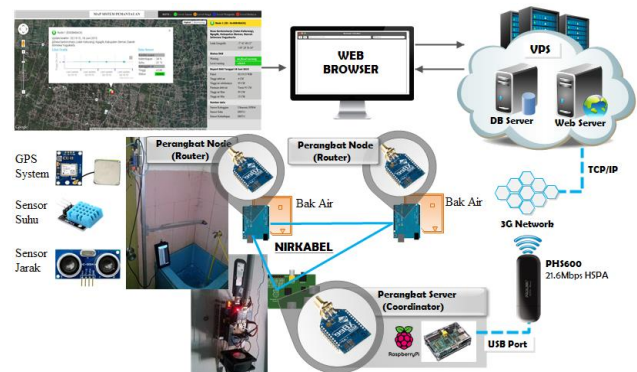
Dimana  $Sx$  merupakan nilai deviasi,  $X$  nilai data yang ada,  $\bar{x}$  adalah rata-rata sampel, dan  $n$  sebagai jumlah sampel yang digunakan. Acuan dari standar deviasi adalah semakin kecil nilai standar deviasi maka semakin baik. Standar error merupakan jumlah kesalahan yang dapat diharapkan dari penduga [4]. Nilai SEM digunakan persamaan (2).

$$SD \bar{x} = \frac{Sx}{\sqrt{n}} \tag{2}$$

Nilai standar error berkisar 0-1, yang berarti nilai standar error mendekati 0 mempunyai tingkat kesalahan kecil.

IV. HASIL DAN ANALISA

Penelitian ini menitikberatkan pada hasil rancangan sistem yang dapat bekerja dengan baik dan nantinya dapat diaplikasikan dalam sistem pemantauan daerah aliran sungai. Skema pengujian dipresentasikan Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Skema pengujian

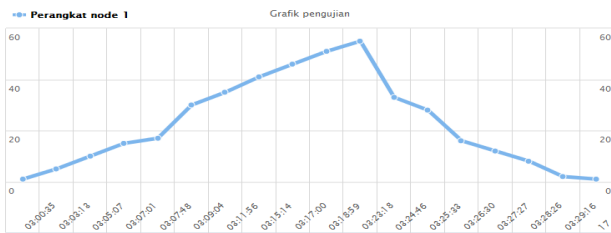
A. Uji Komunikasi Data Nirkabel

Data hasil pengujian perangkat node satu ditampilkan pada Tabel 4.1. Data sampel pengujian yang ditampilkan hanya sebagai data yang ada.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian perangkat node satu

No.	Waktu	Tinggi	No.	Waktu	Tinggi
1	3:00:35	1	11	3:09:55	30
2	3:01:23	4	12	3:11:01	32
3	3:02:07	3	13	3:11:56	35
4	3:03:13	5	14	3:13:12	37
5	3:04:03	7	15	3:14:05	38
6	3:05:07	10	16	3:15:14	41
7	3:05:52	10	17	3:15:55	41
8	3:07:01	15	18	3:17:00	46
9	3:07:48	17	19	3:17:51	48
10	3:09:04	30	20	3:18:59	51

Grafik perbandingan antara data ketinggian air dengan data waktu pada perangkat node satu dihadirkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Perbandingan data tinggi dengan waktu

Berdasarkan dari hasil pengamatan, dan pengujian nilai data tinggi air mengalami kenaikan rata-rata sebesar 2 sampai 3 cm sedangkan waktu pengiriman data dari perangkat server ke *database server* rata-rata 30 sampai 50 detik.

Komunikasi data antara perangkat node ke perangkat server dilakukan melalui mode API (*Packet data*). Paket data dikemas dalam bentuk paket *frame data*. Pengiriman data mode operasi API dimulai dengan meminta *frame request* pengiriman (*Frame Transmit Request*) di perangkat node.

Tabel 4.2 *Frame Transmit Request*

Start	Length		API ID	Frame ID	RF Data
	MSB	LSB			
0x7E	0x00	0x2C	0x10	0x01	Data suhu, Data tinggi, Data koordinat

Dari Tabel 4.2 *frame transmit request*, panjang byte yang dikirim oleh perangkat node sebanyak 10 byte sesuai prosedur susun *frame transmit*. API ID 0x10, alamat tujuan 0x00 ke koordinator (perangkat server), dan RF data berisi data payload yang akan dikirimkan. Data payload yang dikirimkan ke perangkat server berisi data suhu kelembapan, data tinggi, dan data koordinat GPS.

*Frame data* yang telah dikirim kemudian diterima oleh perangkat server (*frame receive status*). *Frame receive status* memberikan informasi bahwa data telah berhasil diterima. Informasi *frame receive status* ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 1.3 *Frame receive status*

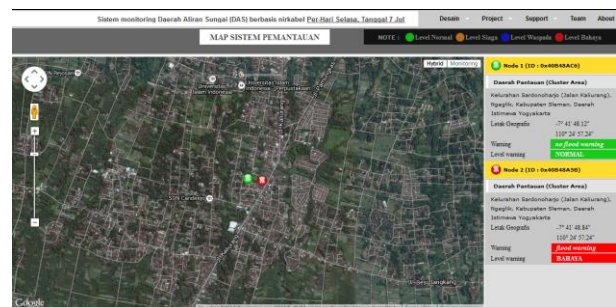
Start	API ID	Frame ID	Alamat sumber		RF Data
			MSB	LSB	
0x7E	0x00	0x90	0x00	0xC6	Data suhu, Data tinggi, Data koordinat

**B. Akses Informasi Waktu Nyata**

Langkah awal yang dilakukan untuk menguji akses waktu nyata sebagai berikut:

1. Membuka *browser* kemudian ketikkan alamat <http://pantausungai.ml/>
2. Pada navigasi menu, pilih project kemudian pilih halaman *link* sistem pemantauan yang akan diuji

Halaman map ditunjukkan pada Gambar 4.3. Panel kiri konten menampilkan informasi daerah pantauan dan status ketinggian air. Di sisi tengah konten menampilkan dua *icon marker* sesuai dengan daerah pantauan. Berdasarkan metode dari *google map API*, posisi dua *icon marker* terpantau di daerah Sardonoharjo Yogyakarta. Kedua *icon marker* terdeteksi memiliki ID 40B48AC6 untuk perangkat node satu dan ID 40B48A5B sebagai perangkat node dua. Kedua perangkat node yang telah di *marker* berwarna merah dan hijau. Warna merah menunjukkan kondisi ketinggian air dalam level bahaya sedangkan warna hijau dalam level normal. Detail jendela informasi dari perangkat node satu adalah status *update* terakhir pada pukul 02:19:15 tanggal 18 juni 2015, lokasi titik pantauan berada didaerah Sardonoharjo, grafik level ketinggian air berkisar 4 cm, data suhu sebesar 21 °C, data kelembapan 34% dan indikator level berwarna hijau.



Gambar 4.3 Tampilan konten halaman *map*

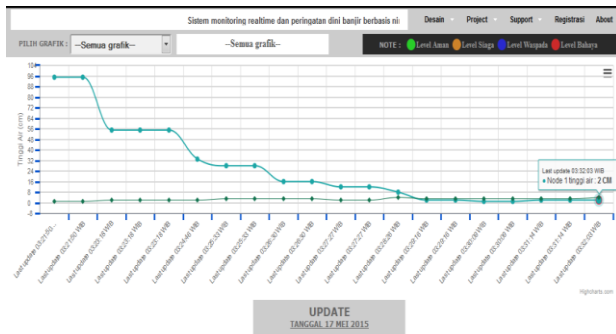
Pengujian halaman *map* fokus pada pemutusan (*remove node*), penambahan (*add node*) dan perubahan konten dalam waktu nyata. Pengujian pemutusan dilakukan dengan memutus koneksi atau mematikan perangkat node dua ID 40B48A5B. Setelah dilakukan pemutusan maka secara otomatis jumlah perangkat node berkurang dari dua buah node menjadi satu buah. Sehingga perangkat node yang teridentifikasi adalah perangkat node satu dengan ID 40B48AC6. Hasil pengujian ditunjukkan Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil pengujian *auto remove node*

Pengujian penambahan (*add node*) yang dimaksud adalah jumlah perangkat node yang secara otomatis akan bertambah jika terdapat perangkat node baru terdeteksi. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan atau menghidupkan satu perangkat node. Pengujian perubahan konten dalam waktu nyata yang dimaksud adalah perubahan *update* dalam rentang waktu setiap 30 sampai 60 detik dan secara kontinu.

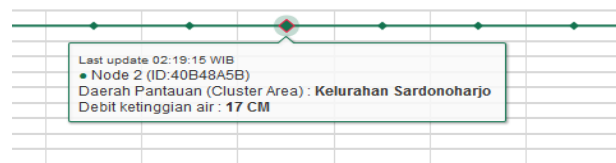
Akses halaman grafik secara *default* menampilkan semua grafik perangkat node yang ada di lapangan. Gambar 4.5 menampilkan dua grafik garis. Dua grafik garis mempresentasikan ketinggian masing-masing perangkat node.



Gambar 4.5 Tampilan halaman grafik dengan dua grafik garis

Pengujian menu pemilihan grafik diawali dengan memilih area node satu. Setelah area node satu dipilih maka grafik garis akan berubah dengan merujuk ke satu grafik garis area node satu yang dipilih. Hasil perubahan ditandai dengan jumlah grafik garis yang terdiri dari satu buah sesuai dengan ID perangkat node yakni ID 0x40B48A5B. Grafik garis yang dipilih menunjukkan item perangkat node satu atau item yang telah dipilih.

Secara visual pola grafik garis area node melakukan proses pergeseran secara periodik selama 30 detik. Grafik garis area node akan berubah-ubah sesuai dengan data yang diterima. Gambar 4.6 menunjukkan informasi titik grafik garis pada perangkat node dua yang memiliki ID 40B48A5B. Informasi lain dari grafik garis hasil pengujian adalah informasi waktu *update* terakhir pukul 02:19:15, informasi perangkat node dua yang berada di daerah Sardonoharjo dan informasi debit ketinggian air berkisar antara 17 cm.

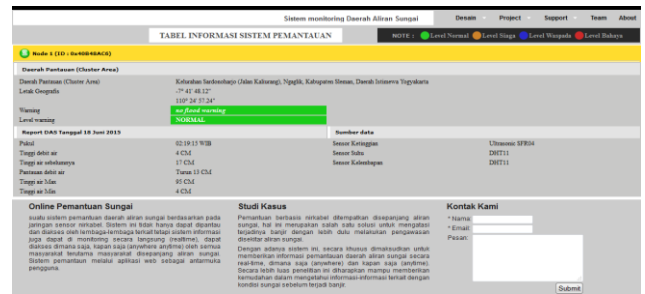


Gambar 4.6. Nilai titik garis grafik ketinggian dan waktu

Pengujian lainnya yaitu konversi dari grafik ke dokumen dengan memilih salah satu menu yang berada di pojok kanan halamn grafik. Jika file PDF dipilih maka secara langsung file dokumen telah di unduh ke dalam direktori komputer.

Tabel informasi berisi data-data dari perangkat node yang dikemas dalam bentuk tabel. Baris tabel informasi secara otomatis akan berkurang atau bertambah sesuai jumlah perangkat node yang terpasang. Detail informasi yang ditampilkan antara lain, informasi area atau wilayah pantauan di area Sardonoharjo Kaliurang , status tidak ada peringatan banjir (*no flood warning*), level peringatan dengan indikator level berwarna hijau, status *update* terakhir perangkat node satu pada pukul 02:19:15 tanggal 18 juni 2015, data tinggi debit air sebesar 4 cm, tinggi

debit air sebelumnya 17 cm, tinggi air maksimum per-hari sebesar 95 cm dan tinggi minimum per-hari 4 cm.

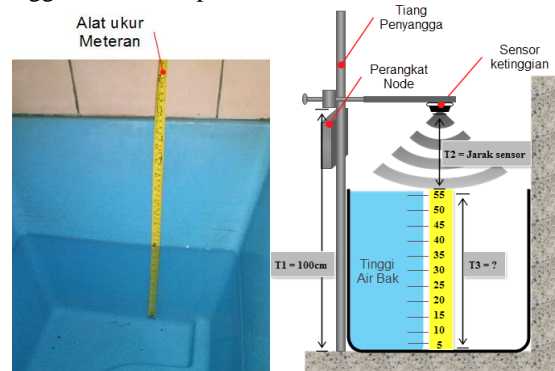


Gambar 4.7 Tabel sistem informasi

C. Akurasi dan presisi data Informasi

Rancangan sistem penelitian ini memiliki akurasi dan presisi informasi yang mengacu pada objek ketinggian air. Untuk menguji akurasi dan presisi, hal pertama adalah menentukan jarak ketinggian yang akan diukur. Jarak ketinggian dapat didefinisikan sebagai sebuah variabel ketinggian dalam setiap pengukuran. Untuk menentukan sampel pengukuran merujuk pada penelitian oleh Field yang dikutip dari Thomas et al, merekomendasikan ukuran sampel minimum pada rasio 10:1 atau 15:1 sedangkan pada penelitian oleh hair et al. merekomendasikan paling sedikit 20:1 sampel pengukuran dalam setiap variabel [5]. Penelitian oleh Roscoe yang dikutip dari Yusoff menjelaskan bahwa pada penelitian eksperimen jumlah sampel minimum 10 sampai dengan 20 dari masing-masing kelompok [6]. Merujuk pada penelitian terdahulu, jika variabel tinggi pengukuran dirancang sebanyak 10 variabel, maka ukuran sampel minimal adalah  $10 \times 10 = 100$ . Besar nilai variabel ketinggian setiap pengukuran ditentukan menggunakan metode sekuensial dimulai dari variabel ketinggian 5 cm, variabel ketinggian 10 cm, 15 cm, 2 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm, dan 50 cm. Dari 10 Variabel ketinggian ditentukan sebanyak 10 kali pengujian. Penentuan variabel dan sampel mengacu pada jumlah variabel yang telah ditentukan. Jika terdapat satu variabel dalam penelitian, maka rasio perbandingan adalah 10 sampel.

Pengujian pengukuran langsung dilakukan dengan menggunakan objek ketinggian dari bak dengan panjang atau tinggi total bak sebesar 55 cm. Akusisi pengukuran menggunakan alat ukur meteran dimulai dari variabel ketinggian 5 cm sampai 50 cm.



Gambar 4.8 Teknik pengujian sensor ketinggian air

Keterangan dari gambar sebagai berikut:

- T1 = Tinggi objek penyangga sebesar 100 cm
- T2 = Jarak terukur
- T3 = Tinggi permukaan air.

Percobaan pengukuran ketinggian air dimulai setiap jarak 5 cm, 10 cm, dan seterusnya ditunjukkan Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data hasil pengukuran langsung

Ref (Var)	Perangkat node satu Sampel pengukuran (10x)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	7	6	8	6	6	7	5	5	4	6
10	9	10	11	10	12	11	11	10	10	10
15	15	14	15	16	16	14	14	14	16	16
20	21	21	20	19	21	20	20	21	20	21
25	24	26	26	25	25	27	27	25	25	25
30	29	30	29	32	32	29	29	30	30	30
35	34	35	36	35	36	34	34	37	35	35
40	40	40	40	40	41	40	40	40	41	40
45	44	45	45	46	46	45	44	44	45	45
50	50	48	52	51	51	50	49	51	50	51

Dari 10 variabel ketinggian dan 10 kali sampel percobaan pengukuran, dimulai dari variabel tinggi 5 cm, 10 cm dan seterusnya, maka didapatkan data-data hasil pengukuran terjadi perbedaan setiap sampel pengukuran. Hal ini karena untuk mendapatkan nilai dugaan dengan ketepatan 100%, maka diperlukan suatu ukuran seberapa besar ketidakuratan pendugaan terjadi. Data-data tersebut kemudian akan dicari nilai rata-rata (*mean*), standar deviasi dan standar error yang terjadi. Nilai *mean* disimbolkan dengan  $\bar{X}$ , deviasi setiap pengukuran dipresentasikan dengan *d*, deviasi rata-rata dilambangkan dengan *D* sedangkan standar deviasi dilambangkan dengan *Sx*. Dengan jumlah pengukuran (*N*) atau sampel 10 kali pengukuran. Hasil perhitungan nilai deviasi dari sensor ketinggian air berdasarkan rumusan ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Tabel nilai presisi dan akurasi sensor

Nilai deviasi rata-rata, Standar Deviasi (Sx) dan Standar Error (SE) perangkat node satu				
Var	$\bar{X}$	D	Sx	SE
5	6	0.8	1.33	0.42
10	10.4	0.68	0.71	0.22
15	15	0.8	0.89	0.28
20	20.4	0.6	0.49	0.15
25	25.5	0.8	0.94	0.3
30	30	0.8	1.33	0.42
35	35.1	0.74	0.99	0.31
40	40.2	0.32	0.18	0.06
45	44.9	0.54	0.54	0.17
50	50.3	0.9	1.34	0.42

Berdasarkan hasil perhitungan, sampel sebanyak 10 kali pengukuran (*N*) dengan variabel ketinggian diuji sebanyak 10 kali. Hasil pengujian variabel ketinggian pertama dengan tinggi 5 cm memiliki *mean* atau rata-rata ketinggian air sebesar 6 cm, tingkat presisi atau deviasi rata-rata sebesar 0,8 cm. Perhitungan nilai variabel ketinggian 15, 20, 25 dan seterusnya dapat diamati pada Tabel 4.5. Perhitungan nilai presisi terkecil sebesar 0,18 dengan tingkat kesalahan 0,06, sedangkan nilai presisi

terbesar 1,34 dengan tingkat kesalahan sebesar 0,42. Perbedaan antara jarak referensi dengan hasil pengukuran sensor secara langsung karena ketidaktepatan pemasangan sensor yang tidak tegak lurus terhadap objek yang diukur atau bidang pantul, posisi tata letak perangkat sistem, pemasangan alat ukur meteran yang kurang tepat dan permasalahan teknis lain. Selain itu, dalam penelitian ini, pengujian sensor ketinggian belum diimplementasikan langsung di area sepanjang sungai, pengujian hanya sebatas di area rumah dengan objek pengujian berupa ketinggian air dalam bak. Oleh karena itu, rancangan sistem ini dapat dikembangkan ke tahap implementasi langsung dalam sebuah penelitian berikutnya.

## V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan serangkaian pengamatan, pengujian dan analisis dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari rangkaian hasil pengujian, alat pemantau daerah aliran sungai dapat mengirimkan data secara nirkabel dan periodik. Adapun alat ini terdiri dari perangkat server dan perangkat node, perangkat server berperan dalam menerima paket data (*receiving*) dari perangkat node, mengolah paket dan mengirimkan paket ke *database server* sedangkan perangkat node berperan dalam mengambil data-data sensor kemudian mengirimkan paket (*transmitting*) ke perangkat server.
2. Pengiriman data dari server ke *database server* dilakukan secara periodik dengan rentang waktu rata-rata 30 sampai 60 detik, sehingga sistem mampu memberikan informasi dalam waktu nyata.
3. Sistem pemantau daerah aliran sungai dibuat berbasis aplikasi web, sehingga sistem dapat diakses dimana saja (*anywhere*) dan dapat diakses kapan saja (*anytime*).
4. Akurasi dan presisi sistem informasi ketinggian air dihitung berdasarkan parameter standar deviasi (presisi) dan standar error (akurasi) dengan estimasi jika variabel ketinggian ditentukan sebanyak 10 variabel setiap ketinggian 5 cm pengujian dan jumlah sampel pengukuran 10 kali maka nilai presisi terkecil sebesar 0,18 dengan tingkat akurasi sebesar 0,06, sedangkan nilai presisi terbesar 1,34 dengan tingkat akurasi sebesar 0,42.

## VI. REFERENCES

- [1] Black, J., Karmakar, S., & Simonovic, S.P. (2007). *A Web Server-based Flood Information System*. Western.
- [2] Stair, R.M., & Reynolds, G.W. (2012). *Fundamentals of Information Systems*. Boston: Cengage Learning.
- [3] Dennis, A., Wixom, b.H., & Roth, R.M. (2012). *System Analysis And Design*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Harding, B., Tremblay, C., & Cousineau, D. (2014). Standard errors: A review and evaluation of standard error estimators using Monte Carlo simulations. *School of Psychology, Université d'Ottawa*, 10.
- [5] Thomas, A. D., Nan, B. A., Cynthia, B. E., & Cynthia. (2008). *Assessment of Online Learning Environments. Interactive Online Learning*, 3.
- [6] Yusoff, M. (2011). *Statistics & Research Methodology*. In *Sample size* (p. 16). Kelantan, Malaysia: Universiti Sains Malaysia.