

# SISTEM PEMANTAUAN KETINGGIAN PERMUKAAN AIR BERBASIS WIRELESS PADA MODEL MINIATUR BENDUNGAN

Anugrah Adiwilaga<sup>1</sup>, Imam Taufiqurrahman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Pendidikan Indonesia (Teknik Komputer, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia)

<sup>2</sup>Universitas Siliwangi (Teknik Elektro, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia)

email: (anugrah.adiwilaga@upi.edu)

## Abstract

*The Center for Research and Development of Water Resources (PUSAIR) is one of the PUPR ministry institutions that has various functions including research and development, laboratory and field test services, inspection, calibration, and technical consultation in the field of water resources. Along with various research activities and the need for practical data recording, PUSAIR began to improve the capabilities of several laboratory equipments, one of which is the data recording mechanism. It is very important for researchers to record practical, fast, and precise measurement results so that researchers can improve the quality and capacity of research. However, the condition is that not all existing tools have been digitized, one of the tools is to read the water level on the dam model which still uses manual measuring tools and involves several people to do it and also the data result needs to be converted from paper notes to spreadsheet software. The purpose of this research is to design and create a water level monitoring system on the dam model in "real-time" based on wireless to make it easier for users to collect experimental data. The design system consists of 2 devices, namely Sensor Node and Receiver Node which are implemented using eTape as a water level sensor, Arduino Nano microcontroller board as a data processor, Xbee-Pro S2C 2.4 GHz as a communication module, Buck-Converter, Battery as a power supply, as well as a buzzer as an indicator. The system test results show that the components and modules which controlled by the microcontroller are working as expected according to the functions. The water level reading by the eTape water level sensor is able to read with an average deviation of less than 1%. Data transmission succeeded in sending data as much as 100% to the Receiver Node as expected and without any connection interruptions. System users can measure and measure air altitude data in real-time from the monitoring room without the need to visit the dam model.*

**Keywords:** Arduino Nano, DAM Model, Monitoring, Water Level, Real-time, Xbee-Pro.

## Abstrak

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (PUSAIR) merupakan salah satu lembaga litbang milik kementerian PUPR yang memiliki berbagai fungsi beberapa diantaranya adalah penelitian dan pengembangan, pelayanan uji laboratorium dan lapangan, sertifikasi, inspeksi, kalibrasi, dan advis teknis di bidang sumber daya air. Seiring meningkatnya berbagai kegiatan penelitian serta kebutuhan pencatatan data yang praktis, maka PUSAIR mulai meningkatkan kemampuan beberapa alat laboratoriumnya dimana salah satunya adalah mekanisme pencatatan data. Sangat penting untuk melakukan pencatatan hasil pengukuran yang praktis, cepat dan tepat agar para peneliti dapat meningkatkan kualitas dan kapasitas penelitian. Namun kondisinya belum semua alat yang ada mendapatkan digitalisasi, salah satunya alat pembacaan ketinggian permukaan air pada model bendungan yang mana masih menggunakan alat ukur manual dan melibatkan beberapa orang untuk melakukannya serta data yang didapat perlu konversi dari catatan dikertas kepada perangkat lunak spreadsheet. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat sistem pemantauan ketinggian permukaan air pada model bendungan secara "realtime" berbasis wireless untuk memudahkan pengguna dalam kegiatan pengambilan data percobaan. Rancangan desain sistem terdiri dari 2 buah perangkat yaitu Sensor Node dan Receiver Node yang diimplementasi menggunakan Sensor Waterlevel Sensor sebagai sensor ketinggian permukaan air, mikrokontroler Arduino Nano sebagai pengolah data, Xbee-Pro S2C 2.4 Ghz sebagai modul komunikasi, Buck-Converter, Baterai sebagai supply daya, buzzer sebagai indikator. Hasil pengujian system menunjukkan bahwa komponen dan modul yang digunakan sudah bekerja sesuai fungsi yang dikendalikan mikrokontroler. Pembacaan ketinggian permukaan air oleh Etape waterlevel sensor mampu membaca dengan rata-rata penyimpangan kurang dari 1%. Pengiriman data berhasil mengirim data sebanyak 100% data ke Receiver Node sesuai dengan harapan dan tanpa adanya gangguan koneksi. Pengguna sistem dapat melakukan pengukuran dan perekaman data ketinggian air secara real time dari ruang pantau tanpa perlu mendatangi model bendungan.

**Kata Kunci:** Arduino Nano, Model Bendungan, Pemantauan, Level Air, Real-time Xbee-PRO S2C,

## I. PENDAHULUAN

Bendung merupakan salah satu infrastruktur utama dalam pemberdayaan sumber daya air. bendung dapat digunakan pula untuk kepentingan lain selain irigasi, seperti untuk keperluan air minum, pembangkit listrik atau untuk pengendalian banjir [1]. sebelum dibangun sebuah bendung, dilakukan perencanaan dan kajian melalui model fisik. Model fisik hidraulik merupakan peniruan bangunan prototipe ke dalam suatu model miniatur skala tertentu, dengan memperhatikan prinsip kesebangunan dan hubungan antar skala parameter yang harus dipenuhi [2].

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (PUSAIR) merupakan salah satu lembaga litbang milik kementerian PUPR yang memiliki berbagai fungsi beberapa diantaranya adalah penelitian dan pengembangan, pelayanan uji laboratorium dan lapangan, sertifikasi, inspeksi, kalibrasi, dan advis teknis di bidang sumber daya air seperti yang di tercantum pada [3]. Salah satu fokus kajian di PUSAIR yaitu Model fisik hidraulik.

Dalam pelaksanaannya pengambilan data ketinggian level air pada model fisik hidraulik yang berada di PUSAIR dilakukan secara manual oleh operator. hal ini mengakibatkan pengambilan data pada model fisik hidraulik relatif lebih memakan waktu.

Keakuratan pengamatan menjadi permasalahan utama pada pengukuran terhadap tinggi muka air, dimana diakibatkan berbagai faktor diantaranya kesalahan pembacaan, lingkungan pembacaan, gangguan alam serta hal lainnya. Metode konvensional yang masih dipergunakan seringkali berdampak kepada jumlah debit aliran yang seharusnya teranalisa secara baik, seperti yang dijelaskan pada buku [4].

Berdasarkan beberapa permasalahan di atas sehingga dibutuhkan suatu perangkat yang dapat memantau ketinggian muka air di titik tertentu pada model DAM secara real time dari suatu tempat pemantauan khusus. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun perangkat pemantauan tersebut dimana alat tersebut dapat membaca level atau ketinggian muka air yang nantinya akan ditampilkan secara langsung pada display di lokasi pengukuran maupun di luar lokasi.

Pada penelitian sejenis lainnya telah dibuat Alat Ukur Taraf Muka Air Digital [5], dimana pada penelitian tersebut menghasilkan alat ukur ketinggian muka air digital namun dikhususkan digunakan sebagai bagian dari alat ukur Debit Thomson.

Penelitian yang dilakukan penulis mengembangkan fitur pengiriman data serial menggunakan perangkat radio komunikasi Xbee Pro S2C. Sehingga nantinya petugas pemantau atau pengamat dapat mengetahui level air pada model DAM dengan aplikasi perangkat lunak pada PC maupun pada alat monitoring.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### A. Model Fisik Hidraulik

Model Fisik atau Model Fisik Hidraulik adalah sebuah tiruan dari prototipe bangunan yang dibuat pada skala miniatur [2]. Model Fisik yang dibahas pada penelitian ini merupakan berbagai Model Fisik dari Bendung atau Bangunan Air yang terdapat pada salah satu fasilitas laboratorium di PUSAIR. Menurut [6] penggunaan Model Fisik ini biasanya ditujukan untuk melakukan simulasi perilaku hidraulik pada sebuah prototipe bangunan khususnya bangunan air.

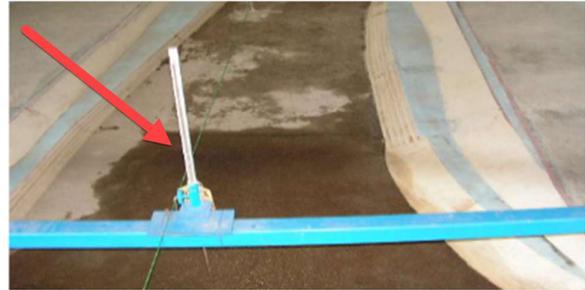
### B. PUSAIR (Pusatlitbang Sumber Daya Air)

Mengacu pada [3], Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air yang lebih dikenal dengan PUSAIR merupakan sebuah institusi penelitian dibawah kementerian PUPR dan menjadi salah satu dari 4 pusat litbang yang ada di kementerian tersebut. Fungsi dari institusi ini salah satunya adalah melaksanakan penelitian dan pengembangan terhadap bidang sumber daya air, termasuk penelitian yang terkait Bendung atau Bendungan terutama dalam tahap perancangan dan pengembangan.

### C. Meteran Taraf

Alat ukur untuk mengukur tinggi muka air yang lumrah dipakai dalam laboratorium berupa Meteran Taraf, yang bentuknya dapat dilihat pada Gbr. 1. Alat ukur ini termasuk alat ukur konvensional yang masih banyak dipakai pada beberapa laboratorium bidang sumber daya air di Indonesia. Dari penjelasan pada [7] Meteran Taraf atau *Point Gauge* merupakan alat pengukur ketinggian muka air presisi yang digunakan oleh para insinyur. Meteran taraf terdiri dari

batang baja yang dapat digerakkan secara vertikal dan dipasang pada skala pembacaan. *Roller* dipasang di bagian bawah pengukur untuk memungkinkan pengukur bergerak pada relnya, batang ukur dapat digunakan hingga resolusi 0,1 mm.



Gbr 1. Alat Ukur Meteran Taraf

### D. Wireless 802.15.4

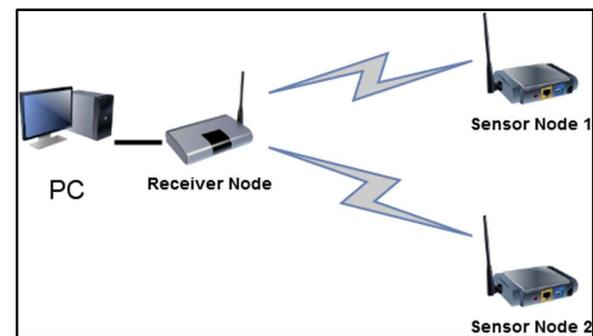
Standar Protokol 802.15.4 atau IEEE STD 802.15.4 merupakan protokol komunikasi wireless mengatur standarisasi teknis protokol pada layer RF, Physical dan MAC saja [8]. Standar ini digunakan pada banyak perangkat komunikasi baik pada perangkat untuk aplikasi *Machine to Machine* (M2M), *Wireless Sensor Network* (WSN) dan IoT, salah satunya Xbee Pro S2C yang digunakan pada penelitian ini.

## III. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa tiga tahapan yakni tahap pertama Perancangan Arsitektur Sistem, tahap kedua Perancangan Perangkat dan tahap ketiga adalah Pengujian Perangkat. Tahap Perancangan perangkat terdiri dari 2 bagian utama yakni perancangan Hardware dan perancangan Software.

Arsitektur sistem dirancang dengan tujuan agar perangkat sensor dapat mengirimkan data secara *real-time* kepada komputer pada ruang pemantauan. Sehingga dengan mengacu kepada tujuan tersebut maka diperlukan minimal dua perangkat yakni Perangkat Sensor serta Pengirim Data dan Perangkat Penerima dan Penampil Data

Arsitektur sistem yang telah dirancang diilustrasikan dengan asumsi terdapat dua buah titik lokasi yang perlu diukur tinggi muka airnya dapat dilihat pada Gbr. 2. Namun kebutuhan minimal dari sistem ini dapat berjalan dapat dipenuhi hanya dengan dua perangkat yakni perangkat *Sensor Node* dan Perangkat *Receiver Node*.

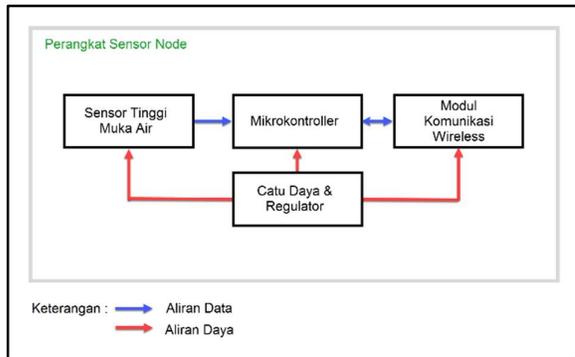


Gbr 2. Arsitektur Sistem Pemantauan Tinggi Muka Air Berbasis Wireless

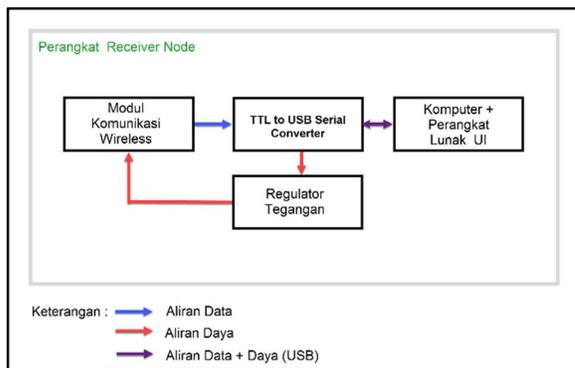
Selanjutnya dengan mengacu pada Arsitektur sistem yang telah dirancang, maka diperlukan perancangan perangkat-perangkat yang menjadi kebutuhan minimal dari sistem ini baik berupa perangkat keras (Hardware) maupun perangkat lunaknya (Software).

#### A. Perancangan Hardware

Pada tahap perancangan hardware dilakukan dengan membuat blok diagram masing-masing perangkat dalam sistem pemantauan ini seperti terlihat pada Gbr 3. Dan Gbr 4., lalu kemudian dilakukan pemilihan komponen untuk setiap blok dengan spesifikasi tertentu.



Gbr 3. Blok Diagram Perangkat Sensor Node



Gbr 4. Blok Diagram Perangkat Receiver Node

Pertimbangan pemilihan spesifikasi komponen untuk setiap blok tersebut didasarkan pada kebutuhan fungsionalitas, lingkup kerja dan kemudahan implementasi yang telah di pertimbangkan.

##### 1) Sensor Ketinggian Air

Sensor Ketinggian Air atau disebut juga sensor level air (*water level sensor*) pada penelitian ini digunakan untuk menggantikan alat ukur konvensional berupa Meteran Taraf yang selama ini digunakan untuk mengukur tinggi muka air pada Model Fisik. Saat ini terdapat berbagai jenis Sensor Ketinggian muka Air dengan berbagai tipe data sebagai keluaran. Untuk itu pemilihannya perlu mempertimbangkan berbagai faktor terkait.

Pertimbangan dalam pemilihan sensor ini mengacu kepada beberapa faktor yakni resolusi pengukuran tinggi muka air, rentang pengukuran, serta keluaran data. Resolusi pengukuran yang diperlukan dalam

pengujian Model Fisik yakni 1 mm. Kemudian rentang pengukuran 0 hingga 200 mm. Serta keluaran data yang dibutuhkan adalah keluaran dengan kompatibilitas tinggi terhadap berbagai perangkat pengolah data, salah satunya adalah memiliki keluaran berupa sinyal analog, khususnya tegangan 0-5 volt.

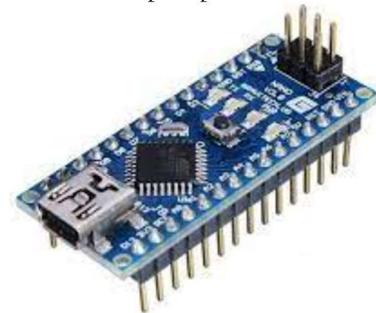
Dengan kriteria pertimbangan yang telah disebutkan sensor yang memenuhi kriteria tersebut adalah eTape®. eTape® yang digunakan memiliki spesifikasi rentang ukur hingga 21 cm dan sinyal keluaran berupa tegangan 0-5 volt. Adapun bentuk sensor ini dapat dilihat pada Gbr 5.



Gbr 5. Gambar eTape Liquid Level Sensor pada [9]

##### 2) Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini yaitu Arduino Nano seperti pada Gbr 6.



Gbr 6. Tampilan mikrokontroler board Arduino Nano

Beberapa pertimbangan dalam pemilihan mikrokontroler yakni terkait faktor dimensi yang relatif kecil, kebutuhan Pin I/O yg beragam dan dapat memenuhi spesifikasi dan harga yang ekonomis. pada Tbl 1 terdapat spesifikasi Lengkap Arduino Nano.

Tbl 1 Spesifikasi Arduino Nano

No	Spesifikasi	Nilai
1	Tegangan Operasi	5 volt
2	Daya Max	1 Watt
3	Arus Max	200 mA
4	Ukuran (cm)	5 x 2 x 0,85

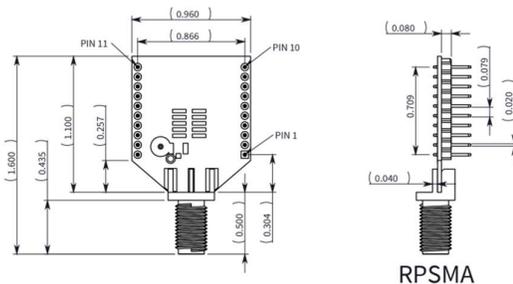
##### 3) Modul Komunikasi

Modul komunikasi pada sistem ini digunakan untuk mengirimkan data dari Sensor ketinggian muka air yang berada pada Model Fisik kepada komputer pengamat yang berada pada ruang pengamatan. Terdapat beberapa alternatif Komunikasi yang dapat

dipergunakan dimana pemilihan jenis komunikasi dan modul komunikasi didasarkan kepada kebutuhan awal.

Faktor yang menjadi pertimbangan pemilihan Komunikasi adalah Fungsionalitas, Mobilitas, Jangkauan, serta konsumsi Daya. Aspek Fungsionalitas yang diperlukan yakni mampu mengirimkan data berupa Teks baik berbentuk huruf, angka dan simbol lainnya. Data berupa teks tidak memerlukan *Bandwidth* yang besar serta didukung hampir semua perangkat komunikasi. Kemudian aspek Mobilitas, pada sistem ini diperlukan pemasangan dengan titik lokasi beragam yang berada pada Model Fisik sehingga menuntut adanya kemudahan dalam pemasangan dan perpindahan, untuk itu diperlukan jenis komunikasi *Wireless*. Aspek jangkauan sangat berpengaruh berdasarkan jenis komunikasi *Wireless* yang telah kita tentukan sebelumnya, namun pada kebutuhan ini secara jarak biasanya tidak melebihi 100 m dihitung dari model fisik hingga lokasi pengamatan. Kemudian dari segi konsumsi daya diperlukan modul dengan konsumsi daya rendah.

Dari berbagai pertimbangan terhadap aspek yang telah dipaparkan digunakan Xbee Pro S2C dengan protokol 802.15.4, dimana memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada Tbl 2 serta layout hardware Xbee Pro S2C dapat dilihat pada Gbr 7 seperti yang dijelaskan pada [10].



Gbr 7. Xbee Pro S2C dengan tipe konektor antenna RPSMA pada[10]

Tbl 2 Spesifikasi Xbee Pro S2C 802.15.4

No	Spesifikasi	Nilai
1	Tegangan Operasi	2.1 - 3.6 Volt
2	Daya Pancar Max	60 mW
3	Jangkauan Indoor	90 m
4	Jangkauan Outdoor	3200 m
5	Konektor Antenna	RPSMA
6	Frekuensi Operasi	2.4 Ghz
7	Jenis Komunikasi	UART / SPI

#### 4) Baterai

Pada penelitian ini digunakan Baterai Lithium Ion atau disingkat Li-Ion seperti pada Gbr 8. Baterai litium umumnya dijumpai pada barang-barang elektronik konsumen. Jenis Baterai ini termasuk baterai isi ulang yang populer digunakan untuk perangkat elektronik portabel, hal ini dikarenakan memiliki keunggulan dari segi kepadatan energi, tanpa *memory effect*, dan dikenal rugi-rugi kehilangan muatan yg rendah saat disimpan. Adapun spesifikasi Baterai Li-ion yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tbl 3. dengan menggunakan 2 buah baterai yang disusun seri sehingga didapatkan tegangan sekitar 7.4 volt, dimana memenuhi kebutuhan tegangan minimum sistem yakni 7.0 v.

#### 5) PCB

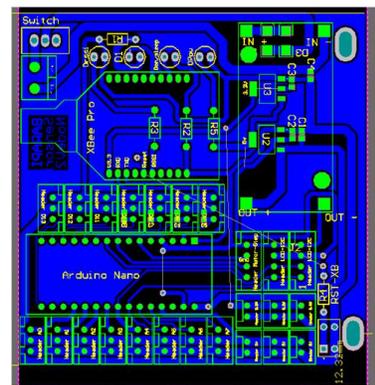
PCB merupakan papan rangkaian utama yang menghubungkan modul mikrokontroler, sensor, catu daya dan modul komunikasi pada blok sensor node. Desain PCB dilakukan dengan pertimbangan dimensi dan kebutuhan daya pada setiap jalur. Desain PCB pada node sensor terdapat pada Gbr 9 dan hasilnya Gbr 10.



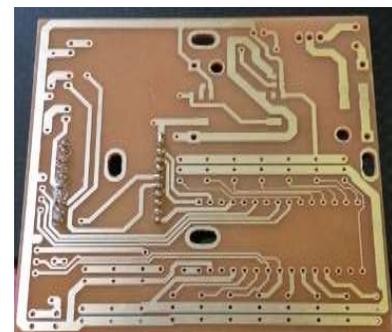
Gbr 8. Baterai Lithium-Ion 18650 3.7 V

Tbl 3. Spesifikasi Baterai Lithium

No	Spesifikasi	Baterai Lithium
1	Cell model	HM-18650 2200mAh;
2	Brand:	Hame
3	Rated capacity	2200mAh;
4	Rated voltage	3.7V;
5	Size	18.4*65.2mm;
6	Impedance	≤65mΩ;
7	Weight	44g;
8	Charge cut-off voltage	4.2V;
9	Discharge cut-off voltage	3.0V;
10	Charge temperature	0 ~ 45
11	Discharge temperature	-20 ~ +60
12	Charge current	standard 430mA, fast 1500mA;
13	Charge time	standard 3 hrs, fast 2.5 hrs;
14	Discharge current	standard 320mA, max 2500mA;



Gbr 9. Desain PCB perangkat Sensor Node



Gbr 10. Realisasi desain PCB node sensor

6) *Casing*

Casing berfungsi melindungi perangkat elektronik dari berbagai gangguan baik udara, benturan maupun percikan air. Pada penelitian ini dikarenakan banyak bersentuhan dengan media air yang dapat menyebabkan konsleting pada peralatan elektronik. Sehingga di buat casing dengan spesifikasi yang tahan dari percikan air. Casing yang pilih dalam penelitian ini seperti pada Gbr 11. dilakukan pengujian ketahanan terhadap percikan air untuk melindungi komponen elektronika yang ada di dalamnya.



Gbr 11. Casing yang digunakan pada perangkat Sensor Node

B. *Perakitan Hardware*

Setelah dilakukan pengumpulan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam perancangan maka dilakukan perakitan komponen sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat. Pada bagian sensor node seperti pada Gbr 12 sensor node di tempatkan pada casing dengan power internal sehingga mempunyai mobilitas yg baik saat pengukuran. pada bagian receiver node seperti pada Gbr 13 modul komunikasi ditempatkan pada sebuah casing dan dihubungkan dengan PC.



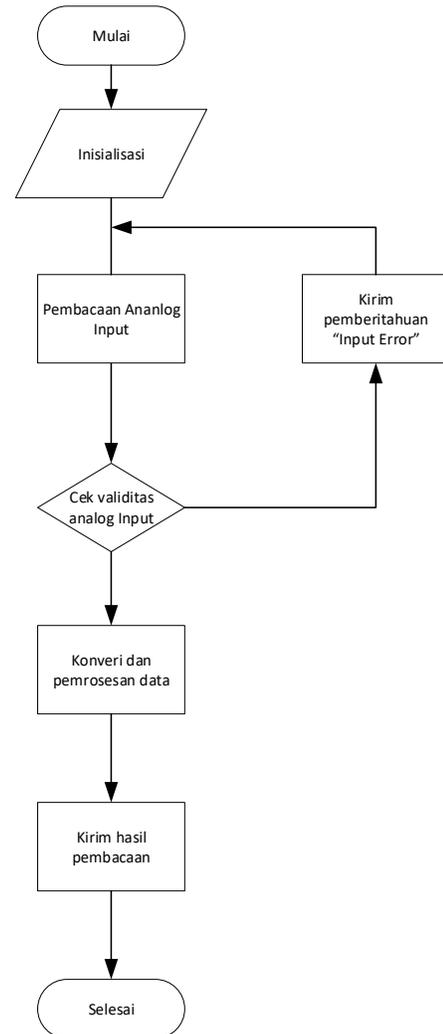
Gbr 12 Sensor Node



Gbr 13 Receiver Node

A. *Perancangan Software*

Diagram alir dari perancangan software pada penelitian ini seperti pada Gbr 14 dirancang sistem pembacaan sensor, pemrosesan data dan komunikasi antara receiver node dan sensor node.



Gbr 14 Diagram Flow Chart software Sensor Node

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Pengujian Sensor Level Air*

Pengujian sensor level air dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan Sensor eTape dalam mengukur level ketinggian air. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan ukuran hasil pembacaan sensor level air dan Meteran Taraf. Semua satuan pengukuran menggunakan milimeter yang mengacu kepada resolusi pembacaan yang diinginkan.

Proses pengujian terlihat pada Gbr 15 dan hasil pengujian disajikan pada Tbl 4. Dari hasil pengujian dengan dua alat ukur tersebut terdapat selisih pembacaan yang disajikan pada kolom selisih. Berikut ini adalah perhitungan menentukan rata-rata selisih:

$$\text{Rata-rata Selisih} = \frac{\text{total selisih}}{\text{jumlah pengujian}} = \frac{4 \text{ mm}}{10} = 0,4 \text{ mm}$$

Perhitungan rata-rata dari *Output Sensor (mm)* untuk rentang pembacaan meteran taraf 150 mm hingga 186 mm didapatkan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{output sensor (mm)}}{\text{jumlah percobaan}} = \frac{1680}{10} = 168 \text{ mm,}$$



Gbr 15. Tampilan pengujian Sensor eTape

Tbl 4. Hasil pengujian pembacaan sensor level air

No. Uji	Meteran Taraf (mm)	Output Sensor (mm)	Selisih (mm)	Error (%)
1	150	151	1	0,67
2	154	154	0	0,00
3	158	158	0	0,00
4	162	163	1	0,62
5	166	166	0	0,00
6	170	170	0	0,00
7	174	173	1	0,57
8	178	178	0	0,00
9	182	182	0	0,00
10	186	185	1	0,54
Rata-Rata	168	168	0,4	0,24

Dalam perhitungan persentase kesalahan atau *Error* untuk setiap pengujian diatas dengan adalah sebagai berikut:

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Nilai Selisih}}{\text{Nilai Meteran Taraf}} \times 100\%$$

Begitupun dengan rata-rata *Error* dihitung sebagai berikut

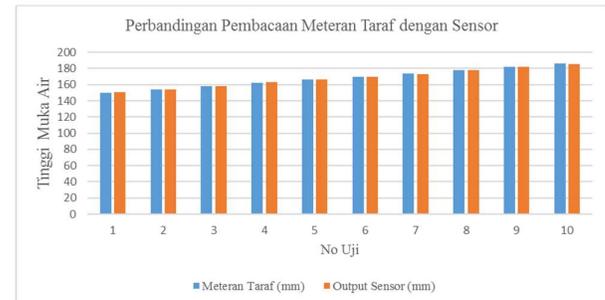
$$\text{Rata-rata Error (\%)} = \frac{0,4}{168} \times 100\% = 0,24\%$$

Berdasarkan perbandingan hasil pengujian pada Tbl 4, *Error* rata-rata dari sensor level air yaitu 0.24%. Kesalahan pembacaan tersebut masih dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan yakni dibawah 1%. Perbandingan hasil pembacaan serta *Error* untuk setiap pengukuran tinggi muka air dapat dilihat pada Gbr 16. dan Gbr 17.

#### B. Pengujian Modul Xbee Pro S2C

Pengujian sepasang modul komunikasi Xbee Pro S2C dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kehandalan Xbee Pro S2C dalam mengirimkan data dari perangkat Sensor Node pada lokasi tertentu di Model Fisik kepada Receiver Node pada lokasi pengamatan.

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengirimkan data *dummy* bertipe teks dengan protokol Serial UART yang mensimulasikan data aslinya namun dilakukan secara terpisah atau sebelum digabungkan dengan sensor node Lokasi pengukuran berada pada dalam ruangan besar yang tanpa sekat bertempat di laboratorium model fisik untuk mensimulasikan keadaan sebenarnya. Jarak antara perangkat pengirim dan penerima adalah tetap serta ditentukan sejauh 80 m dan ketinggian diatur setinggi 1 m dari lantai.



Gbr 16 Grafik Perbandingan Pembacaan Meteran Taraf dengan Sensor



Gbr 17 Grafik Perbandingan Error pada setiap pengujian tinggi muka air

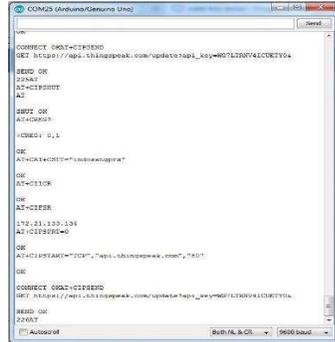
Parameter pengukuran ialah jumlah data yang dikirim, jumlah data yang diterima, kesesuaian isi data antara yang dikirim dan diterima, serta persentase *Error* Pengiriman. Hasil pengujian modul komunikasi Xbee Pro S2C dapat dilihat pada Tbl. 5. Contoh tampilan data yang dikirim dapat dilihat pada Gbr 18.

Tbl 5 Pengujian pengiriman data Xbee Pro S2C

No. Uji	Jumlah Kirim (karakter)	Jumlah Terima (karakter)	Selisih (karakter)	Kesesuaian Data	Error (%)
1	30	30	0	Ya	0.0
2	30	30	0	Ya	0.0
3	30	30	0	Ya	0.0
4	30	30	0	Ya	0.0
5	30	30	0	Ya	0.0
6	30	30	0	Ya	0.0
7	30	30	0	Ya	0.0
8	30	30	0	Ya	0.0
9	30	30	0	Ya	0.0
10	30	30	0	Ya	0.0
Total	300	300	0	10	0.0

#### C. Pengujian Buzzer Notifikasi

Buzzer ditambahkan pada perangkat sensor node agar dapat memberikan informasi kepada pengguna sensor node mengenai status operasional sensor node terutama indikasi pengoperasian diluar rentang operasional, kesalahan pemasangan atau kerusakan modul sensor. Hasil pengujian disajikan pada Tbl 6.



Gbr 18. Tampilan Uji Penerimaan Data Modul Xbee Pro S2C

Tbl 6. Hasil Pengujian Buzzer

No	Waktu	Indikasi	Bunyi
1	10:10:01	Sensor Error	On
2	10:11:01	Normal	Off
3	10:12:01	Sensor Error	On
4	10:13:01	Normal	Off
5	10:14:01	Sensor Error	On

**D. Pengujian Battery & Modul Regulator**

Pada pengujian ini ditujukan untuk melihat pola tegangan baterai dan menghitung konsumsi daya yang digunakan oleh perangkat Sensor Node dengan merekam pengukuran tegangan baterai setiap 5 menit sekali selama 60 menit, seperti yg terlihat pada Tbl 7.

Tbl 7. Pengujian Daya Tahan Baterai

Waktu (menit)	Arus (mA)	Tegangan (v)
0	184	8,05
5	182	8,05
10	183	8,05
15	182	8,04
20	183	8,04
25	182	8,03
30	183	8,01
35	183	7,90
40	184	7,95
45	186	7,81
50	182	7,81
55	182	7,79
60	182	7,77
<b>Rata-rata</b>	<b>182,9</b>	<b>7,95</b>

Hasil pengukuran konsumsi daya saat semua komponen perangkat bekerja termasuk arduino nano, dan modul komunikasi, didapatkan arus rata-rata dengan pembulatan sekitar 183 mA dengan tegangan operasi baterai 7.4 Volt, maka daya yang dikonsumsi sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

Dimana :

P = Daya (W)

V = Tegangan Listrik (V)

I = Arus Listrik (A)

$$P_{alat} = V \times I$$

$$= 7,4 \text{ V} \times 0,183 \text{ A} = 1,354 \text{ W}$$

Kemudian daya yang dihasilkan baterai dengan kapasitas 2200 mAh dan 7,4 Volt ini, maka daya yang dapat dipergunakan dihitung sebagai berikut :

$$P_{batt} = V \times I$$

$$= 7,4 \text{ V} \times 2,2 \text{ Ah}$$

$$= 16,28 \text{ W}$$

Maka daya tahan baterainya sebagai berikut :

$$T = \frac{P_{Baterai}}{P_{Beban}}$$

Dimana

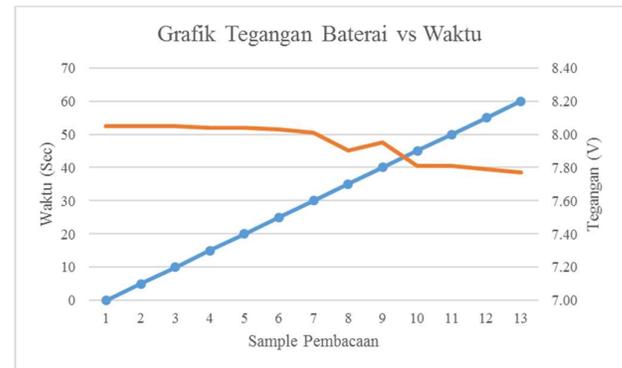
T = Waktu Pembebanan (h)

Pbaterai = Daya Baterai (Wh)

Pbeban = Daya Beban (W)

$$T = \frac{16,28 \text{ Wh}}{1,354} = 12,02 \text{ h}$$

Jadi daya tahan baterainya hingga sekitar 12 jam 1 menit. Plot grafik pengujian baterai terlihat pada Gbr 19.



Gbr 19. Grafik Pengujian Baterai

Selain itu modul regulator juga diujikan untuk mengetahui kestabilan tegangan yang diberikan selama pengoperasian perangkat. Tegangan operasi minimal yang dibutuhkan adalah 7.0 Volt sehingga dibutuhkan regulator 7.0 Volt. Regulator yang dipilih menggunakan Tipe *Switching Regulator* atau dikenal dengan *Buck Converter* dimana spesifikasi efisiensinya lebih baik daripada regulator umumnya yakni hingga 92%. Pengujian dilakukan selama 60 menit dengan selang pengukuran setiap 5 menit. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tbl 8.

**E. Pengujian Perangkat Lunak User Interface**

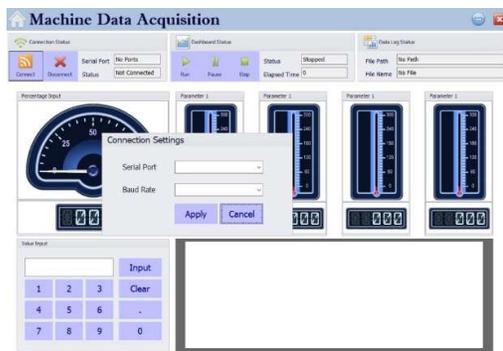
Pengujian Perangkat Lunak User Interface ini dimaksudkan untuk melihat tingkat keberhasilan menampilkan data yang berhasil diterima oleh *Receiver Node*. Pengujiannya dilakukan dengan cara melakukan pengiriman data *dummy* melalui USB serial dari komputer

lain kemudian melihat hasil tampilan data-data yang diterima.

Data yang dikirim akan dibandingkan dengan data yang ditampilkan, baik jumlah data maupun nilai datanya. Hasil uji tampilan data yang dilakukan dapat dilihat pada Gbr. 20.

Tbl 8. Pengujian pembacaan output regulator

Waktu (menit)	Tegangan (v)
0	7,05
5	7,05
10	7,05
15	7,04
20	7,04
25	7,04
40	7,05
52	7,05
60	7,04



Gbr 20. Grafik tampilan perangkat lunak User Interface

#### F. Pengujian Sistem Keseluruhan

Tahap akhir dari seluruh pengujian adalah menguji performansi keseluruhan sistem. Pada pengujian ini diambil 25 data dimana diberikan jeda sebanyak 5 menit dimulai dari pukul 11:05 sehingga selesai pukul 13:05 selama selang waktu pengujian tersebut simulasi Model Fisik dijalankan dengan skenario pengaliran maksimal sampai waktu tertentu lalu pengaliran dihentikan sehingga terjadi perubahan tinggi muka air pada Model Fisik yang mana akan dibaca oleh sistem.

Hasil pengujian seperti yang terlihat pada Tbl 9 terlihat bahwa perubahan tinggi muka air terbaca dan tampil pada komputer pengamat sesuai dengan kondisi aliran pada Model Fisik. Perubahan tinggi muka air naik dari pukul 11.05 hingga pukul 12.20 lalu menurun setelah aliran perlahan dihentikan.

#### G. Analisa Data

Dari beberapa kali percobaan yang dilakukan diatas dapat diambil analisa bawah setelah melakukan pengujian dengan pengukuran tinggi muka air. Tinggi muka air yang dibaca pada Model Fisik pada rentang 150 mm hingga 186 mm serta diperoleh nilai rata rata tinggi muka air sebesar 168 mm. Diperoleh selisih pembacaan rata - rata sebesar 0.4 mm dan hasil rata-rata error pembacaan sebesar 0,24 % dari nilai sebenarnya.

Dari sekian pengujian pembacaan dan perolehan kesalahan pembacaan maka dapat ditentukan perolehan akurasi pengukuran yakni :

$$\text{Persentasi Akurasi} = 100\% - \text{Error} (\%)$$

$$= 100 - 0.24 = 99.76 \%$$

Tbl 9. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Tinggi Muka Air (cm)	Tanggal	Jam	Status	Baterai (V)	Data Tampil
1	0,0	5-Okt-19	11:05:01	Terkirim	8,11	Ya
2	2,2	5-Okt-20	11:10:01	Terkirim	8,1	Ya
3	4,2	5-Okt-21	11:15:01	Terkirim	8,1	Ya
4	6,2	5-Okt-22	11:20:01	Terkirim	8,1	Ya
5	8,3	5-Okt-23	11:25:01	Terkirim	8,09	Ya
6	10,4	5-Okt-24	11:30:01	Terkirim	8,09	Ya
7	12,9	5-Okt-25	11:35:01	Terkirim	8,09	Ya
8	14,8	5-Okt-26	11:40:01	Terkirim	8,09	Ya
9	16,9	5-Okt-27	11:45:01	Terkirim	8,09	Ya
10	19,0	5-Okt-28	11:50:01	Terkirim	8,08	Ya
11	19,0	5-Okt-29	11:55:01	Terkirim	8,08	Ya
12	18,8	5-Okt-30	12:00:01	Terkirim	8,08	Ya
13	18,9	5-Okt-31	12:05:01	Terkirim	8,07	Ya
14	18,9	5-Okt-32	12:10:01	Terkirim	8,07	Ya
15	18,9	5-Okt-33	12:15:01	Terkirim	8,07	Ya
16	18,8	5-Okt-34	12:20:01	Terkirim	8,06	Ya
17	13,9	5-Okt-35	12:25:01	Terkirim	8,06	Ya
18	10,8	5-Okt-36	12:30:01	Terkirim	8,06	Ya
19	6,5	5-Okt-37	12:35:01	Terkirim	8,05	Ya
20	2,5	5-Okt-38	12:40:01	Terkirim	8,05	Ya
21	1,1	5-Okt-39	12:45:01	Terkirim	8,05	Ya
22	1,1	5-Okt-40	12:50:01	Terkirim	8,04	Ya
23	1,0	5-Okt-41	12:55:01	Terkirim	8,04	Ya
24	0,9	5-Okt-42	13:00:01	Terkirim	8,04	Ya
25	0,9	5-Okt-43	13:05:01	Terkirim	8,03	Ya

Kemunculan error seperti pasti terjadi pada setiap kali pengukuran tinggi muka air namun dengan nilai yang tidak signifikan serta apabila dilihat dari persentasi akurasi diatas 99%. Semakin besar nilai tinggi muka air maka semakin kecil presentase error yang akan didapatkan, hal ini disebabkan nilai aktual error yang diperkirakan berada di bawah resolusi pembacaan sensor sebesar 1 mm.

Kemunculan error seperti pasti terjadi pada setiap kali pengukuran tinggi muka air namun dengan nilai yang tidak signifikan serta apabila dilihat dari persentasi akurasi diatas 99%. Semakin besar nilai tinggi muka air maka semakin kecil presentase error yang akan didapatkan, hal ini disebabkan nilai aktual error yang diperkirakan berada di bawah resolusi pembacaan sensor sebesar 1 mm.

Dari percobaan pengiriman data menggunakan sepasang modul Xbee Pro S2C yang dilakukan secara terpisah dari sistem dapat diambil analisa bahwa setelah melakukan pengujian sebanyak 10 kali pengiriman data, data yang diterima dalam kondisi baik tanpa adanya kekurangan data ataupun kesalahan data. Performansi yang baik dalam pengiriman data tersebut diakibatkan oleh jumlah data yang sangat sedikit, kecepatan pengiriman yang rendah, serta masih dalam kapasitas jangkauan dan tidak adanya halangan (LOS) antara Modul jika dibandingkan dengan nilai maksimal pada spesifikasinya.

Dari pengujian penggunaan baterai menunjukkan hubungan yang sebanding lurus penggunaan dengan penurunan tegangan dimana penurunan tersebut merupakan indikasi pengurangan muatan baterai atau terjadi konsumsi daya. Perubahan tegangan baterai hanya berkurang 0,28 V dengan lama rentang penggunaan 1 jam, namun saat pengujian tegangan awal baterai adalah 8.05 volt. Konsumsi daya yang diperlihatkan cukup efisien karena rata-rata arus terukur dengan sekitar 183 mA. Jika kapasitas baterai 2200

mAh maka setelah dihitung estimasi penggunaan dengan kondisi baterai penuh adalah sekitar 12 jam.

Dari pengujian buzzer notifikasi status Sensor node berbunyi sesuai kondisi yang telah ditentukan sebelumnya yaitu menyala hanya ketika ada kesalahan rentang operasi ataupun kesalahan pemasangan sensor atau kabelnya. Jika Normal maka tidak ada buzzer yang berbunyi, dengan mekanisme ini maka konsumsi daya akan sangat efisien jika dibandingkan dengan penggunaan LCD untuk status kesalahan yang akan menyala baik ada kesalahan maupun tidak.

#### VI. KESIMPULAN

Merujuk pada perancangan dan implementasi, analisa hasil pengujian perangkat, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan dalam tulisan ini. Adapun kesimpulannya yakni hasil performansi alat menunjukkan selisih (kesalahan) maksimal tinggi muka air pada saat percobaan adalah sekitar 1 mm atau rata-rata persentase kesalahan 0.24 % atau kurang dari 1%. Akurasi pembacaan diatas 99%. Modul komunikasi Xbee Pro S2C pada Sensor Node berhasil mengirim sejumlah data hasil pembacaan sensor kepada Node Penerima tanpa adanya kendala koneksi ataupun kehilangan data.

Dengan rata-rata konsumsi arus adalah sekitar 183 mA sehingga didapatkan daya perangkat Sensor Node sebesar 1.354 Watt sehingga estimasi penggunaan yakni 12 jam dihitung dari kondisi baterai penuh. Sehingga dalam sekali pengisian dapat digunakan selama jam kerja bahkan lebih.

Keseluruhan sistem dapat terintegrasi dan bekerja dengan baik selama uji pengoprasian sehingga solusi rancangan sistem ini dapat dipergunakan pada kondisi nyata pengoprasian model fisik.

Dengan dilakukannya perancangan perangkat ini diharapkan lembaga penelitian dibidang sumber daya air lainnya yang masih menggunakan perangkat alat ukur konvensional dapat mengadopi sistem yang dihasilkan pada penelitian ini sehingga akhirnya dapat meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga dalam kegiatan pengujian Model Fisik.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (PUSAIR) yang mana telah memfasilitasi penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

#### REFERENSI

- [1] V. R. Mangore, E. M. Wuisan, E. M. Wuisan och H. Tangkudung, "Perencanaan Bendung Untuk Daerah Irigasi Sulu," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 1, nr 7, pp. 533-541, 2013.
- [2] M. De Vries, *Scaling Model Hydraulic*, IHE Published, 1987.
- [3] Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, "Profil PUSAIR," 2018. [Online]. Available: eppid.pu.go.id. [Använd 2021].
- [4] M. G. Bos, *Discharge measurement structures (Third Revision)*, Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI, 1989.
- [5] R. Y. Tallar, J. A. Loekito, J. Chandra, P. P. Yapisus, H. Lesmana, L. Karsten och Tonny, "Validasi Alat Ukur Taraf Muka Air Digital Sederhana Untuk Saluran Irigasi," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 17, nr 1, pp. 01-87, 2021.
- [6] S. Lestari, "Peluang Revitalisasi Pengelolaan Bendung Dalam Menjawab Tantangan Kebutuhan Energi Listrik," *JURNAL TEKNIK HIDRAULIK*, vol. 5, nr 2, pp. 112-127, 2014.
- [7] R. Jyoti, S. Hailkar, N. Sathe och S. S. Kulkarni, "Study Of Effect Of Variation Of Sharp Crested Weir Height And Base Width Using Locally Available Material I.E. Wood," *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, vol. III, nr 3, pp. 79-81, 2014.
- [8] J. T. Adams, "An introduction to IEEE STD 802.15.4," i *2006 IEEE Aerospace Conference*, Big Sky, 2006.
- [9] Milone Technologies, Inc., "Standard eTape® assembly," Milone Technologies, 2021. [Online]. [Använd 2021].

#### BIOGRAFI PENULIS



**Anugrah Adiwilaga**, lahir di Bandung pada tanggal 13 Agustus 1988, saat ini bertugas sebagai staf pengajar di Prodi Teknik Komputer, Universitas Pendidikan Indonesia, bidang penelitian yang ditekuni saat ini adalah Robotika, Sistem Cerdas dan IoT.



**Imam Taufiqurrahman**, lahir di Bandung pada tanggal 12 juni 1990, saai ini bertugas sebagai staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro, Universitas Siliwangi, bidang penelitian yang ditekuni saat ini adalah Otomasi, Robotika dan Sistem Cerdas.