

SKRIPSI

**SISTEM PEMANTAUAN DEBIT, KETINGGIAN DAN KEKERUHAN AIR
SALURAN TERBUKA IPA II PDAM KOTA MAKASSAR BERBASIS
*INTERNET OF THINGS***

Disusun dan diajukan oleh

TRISNA ELMA DANTI

H021171507



DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

**SISTEM PEMANTAUAN DEBIT, KETINGGIAN DAN KEKERUHAN AIR
SALURAN TERBUKA IPA II PDAM KOTA MAKASSAR BERBASIS
*INTERNET OF THINGS***

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

**TRISNA ELMA DANTI
H021171507**

DEPARTEMEN FISIKA

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM PEMANTAUAN DEBIT, KETINGGIAN DAN KEKERUHAN AIR
SALURAN TERBUKA IPA II PDAM KOTA MAKASSAR BERBASIS
*INTERNET OF THINGS***

Disusun dan diajukan oleh:

TRISNA ELMA DANTI

H021 17 1507

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 2 Juni 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Arifin, MT
NIP. 19670520 199403 1 002

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Buatkar Abdullah, M.Eng.Sc
NIP. 19550105 197802 1 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, MT
NIP. 19670520 199403 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Trisna Elma Danti
NIM : H021171507
Program Studi : Fisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Sistem Pemantauan Debit, Ketinggian dan Kekeruhan Air Saluran Terbuka IPA II PDAM Kota Makassar Berbasis *Internet of Things*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 2 Juni 2022

Yar

Trisna Elma Danti

METERAI
TEMPEL
C2F5BA-X834556823

ABSTRAK

Pemantauan kondisi air pada saluran terbuka di IPA II PDAM Kota Makassar perlu dilakukan untuk memastikan ketersediaan air baku yang akan diolah. Penelitian ini akan berfokus pada pembuatan prototipe sistem pemantauan debit, ketinggian dan kekeruhan air pada saluran terbuka menggunakan konsep *internet of things* (IoT). Pemantauan kondisi air pada saluran terbuka dilakukan dengan pengukuran debit menggunakan sensor YF-S201, ketinggian air dengan sensor GP2Y0A02KF0Y, dan kekeruhan air menggunakan sensor TS-300B. Hasil real-time pengukuran kemudian dikirimkan menggunakan komunikasi nirkabel XBee, selanjutnya akan diolah oleh Raspberry Pi untuk disimpan ke database dan ditampilkan di website. Data hasil pengukuran yang disajikan pada website berupa grafik dan tabel. Sensor YF-S201 memiliki kesalahan pengukuran sebesar 0,83%; sensor GP2Y0A02YK0F sebesar 1,02%; dan sensor TS-300B sebesar 3,03%. Rata-rata waktu tunda pengiriman data ke *website* adalah 1 detik. Keunggulan penelitian ini yaitu komponen yang digunakan memiliki tingkat akurasi tinggi dengan harga terjangkau, menggunakan daya rendah, mudah dioperasikan, serta dapat menampilkan data *real-time*.

Kata Kunci: IoT, Sensor, Raspberry Pi, Kondisi Air.

ABSTRACT

Monitoring of water conditions in open channels at IPA II PDAM Makassar City needs to be carried out to ensure the availability of raw water to be treated. This research will focus on making a prototype monitoring system for water discharge, water level and turbidity in open channels using the internet of things (IoT) concept. Monitoring of water conditions in open channels is carried out by measuring discharge using the YF-S201 sensor, water level using the GP2Y0A02KF0Y sensor, and water turbidity using the TS-300B sensor. The real-time measurement results are then sent using XBee wireless communication, which then processed by the Raspberry Pi to be saved to a database and displayed on the website. The measurement data presented on the website are in the form of graphs and tables. The YF-S201 sensor has a measurement error of 0.83%; sensor GP2Y0A02YK0F by 1.02%; and the TS-300B sensor by 3.03%. The average delay in sending data to the website is 1 second. The advantages of this research are the components used have a high level of accuracy at affordable prices, use low power, are easy to operate, and can display real-time data.

Keywords: IoT, Sensor, Raspberry Pi, Water Condition.

KATA PENGANTAR

Bismillāhir-rahmānir-rahīm

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan berkah, rahmat, karunia dan petunjuk-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan Salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW yang telah membawa manusia dari alam jahiliyah kepada alam yang penuh ilmu pengetahuan seperti saat sekarang ini. Berkat ridho Allah SWT disertai usaha penulis dapat menyusun skripsi dengan judul “**Sistem Pemantauan Debit, Ketinggian dan Kekерuhan Air Saluran Terbuka IPA II PDAM Kota Makassar Berbasis *Internet of Things***” sebagai syarat dalam menyelesaikan studi di Departemen Fisika Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Selama proses penyelesaian skripsi ini, penulis telah melalui berbagai halangan dan keterbatasan pengetahuan, sehingga skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Namun, atas kehendak Allah SWT hambatan tersebut dapat dilalui dan skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis juga ingin menyampaikan ucapan rasa terimakasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam mendukung dan membantu menyelesaikan tugas akhir ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis menuturkan banyak terimakasih kepada:

1. **Allah SWT** yang telah memberikan kekuatan, kesabaran dan petunjuk kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. **Nabi Muhammad SAW** sebagai suri tauladan dan motivator penulis.
3. Orangtua penulis yang tersayang, Ibu **Hernawati** dan Bapak **Saryono** yang senantiasa berkorban dan berusaha untuk mendukung setiap langkah yang penulis ambil, memberikan fasilitas, perhatian dan kasih sayang, serta selalu mendoakan keberhasilan penulis. Kepada kedua kakakku **Eriyant Pranata** dan **Ridha Tiara Motik** yang selalu memberikan semangat dan bantuan kepada penulis. Semoga penulis bisa membalas kebaikan kalian, meskipun mungkin tidak akan cukup.

4. **Prof. Dr. Arifin, M.T** selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Penasehat Akademik, serta **Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc** selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah bersedia untuk meluangkan waktu, tenaga, dan pemikirannya dalam membimbing penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Ibu **Dr. Ir. Bidayatul Armynah, M.T** dan **Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc** selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan ilmu, saran dan diskusi dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. **Prof. Dr. Arifin, M. T** selaku Ketua Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin terima kasih atas ilmu dan bimbingannya selama ini.
7. Seluruh **Dosen FMIPA Unhas**, terkhusus kepada **Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin**, semoga hasil ajarannya selalu memberikan manfaat bagi setiap orang.
8. Bapak/Ibu **Staf Pegawai FMIPA UNHAS**, terutama **Staf Departemen Fisika; Pak Syukur, Pak Ahmad, Ibu Rana dan Ibu Evi** yang selalu membantu penulis selama berada di kampus.
9. Seluruh **Staf PT. Traya Tirta Makassar** dan **PDAM Kota Makassar** yang telah memberikan ilmu dan fasilitas penelitian sehingga penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
10. **Staf Klinik Praktek Dokter Gigi Bersama** yang telah membantu memfasilitasi penulis selama pengambilan data lapangan.
11. Rekan-rekan **PT. Wempy Insan Sinergi** yang telah memberikan ilmu, kesempatan dan pengalaman kerja yang membantu mencukupi kebutuhan materi penelitian penulis.
12. Sahabat-sahabatku **Evita** dan **Fadillah** yang selalu bersedia menemani, membantu, dan mendengarkan cerita maupun keluh kesah penulis. Semoga harapan dan impian kalian bisa tercapai.

13. Partner penulis yang baik hati **Evita, Rahmah, Ola, Gita** dan **Zahra** selalu bersedia menghabiskan waktu dan tenaga selama penelitian penulis. Semoga Allah bisa membalas kebaikan kalian, lebih dari apa yang kalian berikan kepada penulis.
14. Penghuni **Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi** terutama saudara **Muqoil Darussalam, S.Si** selaku Koordinator Lab. ELINS periode 2020/2021 dan Kak **Ida Laila, S.Si** yang telah banyak membantu dan memberikan ide dan saran-saran dalam penelitian penulis. Semoga diberikan kesuksesan ke depannya.
15. Teman-teman **Fisika 2017** yang namanya belum bisa penulis sebutkan satu-persatu. Semoga perjalanan dan cerita yang telah kita lalui bersama bisa terus dikenang, juga semoga hubungan kita tetap selalu terjaga dan semua bisa sukses di masa mendatang.
16. Teman main penulis, **Rara, Nita, Mul, Aan** dan **Imam** yang selalu memberikan dukungan dan energi positif kepada penulis untuk segera menyelesaikan skripsi.
17. Rekan-rekan pengurus, senior dan adik-adik di **UKM KPI Unhas** yang tak pernah luput memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.
18. Kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini dan tidak dapat penulis sebutkan namanya satu-persatu.

Semoga semua dukungan, motivasi, semangat, ilmu serta do'a yang diberikan dapat menjadi amal jariyah dan mendapat imbalan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka dan menghargai apabila terdapat kritik dan saran demi perbaikan kedepannya. Penulis berharap semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat dan memberikan kebaikan bagi semua orang. Aamiin.

Makassar, 2 Juni 2022

Trisna Elma Danti

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------------------------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | Error! Bookmark not defined. |
| PERNYATAAN KEASLIAN | Error! Bookmark not defined. |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| I.1 Latar Belakang..... | 1 |
| I.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| I.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| II.1 Sensor | 4 |
| II.1.1 Sensor <i>Flow Meter</i> YF-S201 | 4 |
| II.1.2 Sensor Inframerah GP2Y0A02YK0F..... | 5 |
| II.1.3 Sensor Kekeruhan..... | 7 |
| II.2 <i>Internet of Things</i> | 8 |
| II.3 Wireless Sensor Network | 9 |
| II.3.1 Mikrokontroler | 9 |
| II.3.2 XBee | 10 |
| II.3.3 Raspberry Pi | 11 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 12 |
| III.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 12 |
| III.2 Alat dan Bahan Penelitian..... | 12 |
| III.3 Prosedur Penelitian..... | 12 |

| | | |
|-----------------------|---|-----------|
| III.3.1 | Prosedur Pembuatan Instrumen Pengukuran | 12 |
| III.3.2 | Prosedur Pembuatan <i>Website</i> | 14 |
| III.3.3 | Pengujian dan Analisis Sistem | 15 |
| III.4 | Bagan Alir Penelitian | 17 |
| BAB IV | HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 18 |
| IV.1 | Perancangan Instrumen..... | 18 |
| IV.2 | Kalibrasi Sensor | 20 |
| IV.2.1 | Kalibrasi Sensor YF-S201 | 20 |
| IV.2.2 | Kalibrasi Sensor IR SHARP GP2Y0A02YK0F | 21 |
| IV.2.3 | Kalibrasi Sensor TS-300B | 22 |
| IV.3 | Pembuatan <i>Website</i> | 24 |
| IV.4 | Pengujian Sistem Pemantauan di Lapangan | 27 |
| BAB V | PENUTUP | 34 |
| V.1 | Kesimpulan..... | 34 |
| V.2 | Saran..... | 34 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 35 |
| LAMPIRAN | | 41 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Sensor YF-S201 | 4 |
| Gambar 2.2 Skema tampilan dalam sensor YF-S201 | 5 |
| Gambar 2.3 (a) Sensor GP2Y0A02YK0F, (b) Pantulan sinar sensor | 6 |
| Gambar 2.4 Grafik jarak dengan tahanan sensor GP2Y0A02YK0F | 6 |
| Gambar 2.5 Jarak valid pengukuran sensor | 7 |
| Gambar 2.6 Sensor TS-300B | 7 |
| Gambar 2.7 Metode pengukuran hamburan sinar IR | 8 |
| Gambar 2.8 Model umum WSN | 9 |
| Gambar 2.9 Arduino Uno | 10 |
| Gambar 2.10 XBee Pro S2C | 10 |
| Gambar 3.1 Pengukuran tinggi air | 13 |
| Gambar 3.2 Diagram blok instrumen pengukuran | 14 |
| Gambar 3.3 Diagram arsitektur <i>website</i> | 14 |
| Gambar 3.4 Bagan alir penelitian | 17 |
| Gambar 4.1 Konfigurasi jaringan XBee melalui aplikasi XCTU | 18 |
| Gambar 4.2 Konfigurasi pengalamatan XBee melalui aplikasi XCTU | 19 |
| Gambar 4.3 Rangkaian instrumen pengukuran | 20 |
| Gambar 4.4 Grafik linearitas sensor YF-S201 terhadap water meter | 21 |
| Gambar 4.5 Grafik perbandingan sensor GP2Y0A02YK0F dengan meteran | 22 |
| Gambar 4.6 Hubungan sinyal ADC sensor dengan kekeruhan air | 23 |
| Gambar 4.7 Tampilan <i>website</i> pada halaman beranda | 25 |
| Gambar 4.8 Tampilan <i>website</i> pada halaman grafik | 25 |
| Gambar 4.9 Tampilan <i>website</i> untuk halaman sensor | 26 |
| Gambar 4.10 Tampilan <i>website</i> untuk halaman tabel data | 26 |
| Gambar 4.11 Skema penempatan instrumen pengukuran pada saluran terbuka .. | 28 |
| Gambar 4.12 Grafik data ketinggian air per-10 menit | 29 |
| Gambar 4.13 Grafik debit air per-10 menit | 30 |
| Gambar 4.14 Grafik debit air pada saluran terbuka per-10 menit | 31 |

Gambar 4. 15 Grafik kekeruhan air per-10 menit 32

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Karakteristik modul XBee PRO S2C | 11 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi Raspberry Pi 4B | 11 |
| Tabel 3.1 Tabel interval tingkat korelasi | 16 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1. <i>Script</i> program sensor untuk Arduino..... | 41 |
| Lampiran 2. Tabel data hasil pengujian sensor YF-S201 | 43 |
| Lampiran 3. Tabel data hasil pengujian sensor GP2Y0A02YK0F | 43 |
| Lampiran 4. Tabel data hasil pengujian sensor TS-300B | 45 |
| Lampiran 5. Pengujian sistem pemantauan di lapangan | 46 |
| Lampiran 6. Tabel data pengukuran debit air oleh sensor per-10 menit..... | 47 |
| Lampiran 7. Tabel data pengukuran debit air saluran terbuka per-10 menit | 48 |
| Lampiran 8. Tabel data ketinggian air saluran terbuka | 50 |
| Lampiran 9. Tabel data pengukuran kekeruhan air oleh sensor per-10 menit | 52 |
| Lampiran 10. <i>Script</i> program pengiriman data pada Raspberry Pi | 53 |
| Lampiran 11. <i>Script</i> program halaman beranda.html pada <i>website</i> | 55 |
| Lampiran 12. <i>Script</i> program halaman grafik pada <i>website</i> | 60 |
| Lampiran 13. <i>Script</i> program halaman sensor pada <i>website</i> | 67 |
| Lampiran 14. <i>Script</i> program halaman tabel data pada <i>website</i> | 73 |
| Lampiran 15. <i>Script</i> program CSS untuk <i>website</i> | 79 |
| Lampiran 16. <i>Script</i> program settings.py Django | 85 |
| Lampiran 17. <i>Script</i> program urls.py Django..... | 88 |
| Lampiran 18. <i>Script</i> program apps.py Django | 88 |
| Lampiran 19. <i>Script</i> program models.py Django | 88 |
| Lampiran 20. <i>Script</i> program urls.py halaman <i>website</i> pada Django | 89 |
| Lampiran 21. <i>Script</i> program views.py Django | 89 |

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di suatu daerah dapat menyebabkan peningkatan kebutuhan air bersih [1]. Air digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti minum, mandi, mencuci dan aktivitas lainnya [2]. Air bersih yang umumnya digunakan masyarakat Kota Makassar berasal dari air baku yang telah diolah oleh PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) [1]. Air yang diolah oleh PDAM Kota Makassar salah satunya berasal dari bendungan Leko Pancing Kabupaten Maros. Air bendungan ditransmisikan melalui saluran terbuka sepanjang 22,66 km; *siphon* sepanjang 4,52 km dan terowongan sepanjang 0,73 km [3].

Saluran terbuka memiliki permukaan yang dipengaruhi tekanan udara. Tinggi dan debit air pada saluran dapat mempengaruhi ketersediaan air pada *intake* pengolahan air PDAM [4]. Perubahan debit air bisa disebabkan oleh perubahan iklim, kehilangan air akibat rembesan dan evaporasi [5]. Pengukuran debit pada saluran terbuka biasa dilakukan dengan mengukur tinggi muka air, tampang lintang sungai, elevasi muka air dan kecepatan aliran air. Debit dan tinggi muka air yang bervariasi setiap waktu memerlukan pengukuran dalam waktu lama [6].

Air bendungan Leko Pancing diperoleh dari sumber air permukaan yang berasal dari sungai, danau dan waduk, sehingga memiliki kualitas air rendah [7]. Air baku dengan kualitas rendah tidak dapat langsung dikonsumsi karena dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti kolera, diare, *typhoid* dan infeksi [8]. Salah satu parameter kualitas air dapat dilihat dari tingkat kekeruhan air. Tingginya tingkat kekeruhan air menandakan adanya kontaminasi air dan berpotensi mengandung mikroorganisme berbahaya [9]. Kekeruhan air biasa diukur dengan pengujian sampel di laboratorium. Hal ini menyebabkan hasil pengukuran tidak dapat diperoleh dengan cepat, membutuhkan banyak biaya karena harga alat ukur yang mahal dan tenaga ahli [10].

Kondisi air yang berubah-ubah memerlukan pemantauan yang lebih fleksibel, mudah dikonfigurasi dan digunakan, serta dapat melakukan pemantauan jarak jauh

secara *real time*. Saat ini telah banyak dikembangkan sensor yang mendukung pengukuran cepat dan hasil akurat. Sistem pemantauan jarak jauh dapat dibangun melalui integrasi *Internet of Things* (IoT) dengan sensor. IoT menghubungkan berbagai hal melalui internet dan mendukung pekerjaan manusia. Selain itu penyimpanan dan pertukaran data menjadi lebih efisien dengan adanya IoT [11].

Terdapat beberapa penelitian terkait pengukuran air baku yang telah dilakukan sebelumnya. Diantaranya penelitian oleh Dswilan dan Marzuki (2020) dengan membuat sistem pemantauan banjir menggunakan sensor ultrasonik yang mengirimkan data ketinggian air sungai secara *wi-fi* [12]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Abdullahi dkk. (2017) dan Nasution dkk. (2018) dengan membuat prototipe pemantauan aliran dan tinggi air menggunakan sensor aliran air dan ultrasonik [13,14]. Ada pula penelitian yang dilaksanakan oleh Pasika dan Gandla (2020) dengan pemantauan kualitas air menggunakan *website* dalam menampilkan data [10]. Pada penelitian ini akan dibuat sistem pemantauan debit, ketinggian dan kekeruhan air menggunakan sensor inframerah GP2Y0A02KF0Y, sensor *turbidity* TS-300B dan sensor *flow meter* YF-S201 dengan menerapkan konsep IoT untuk memantau kondisi air pada saluran terbuka PDAM. Keunggulan penelitian ini yaitu biaya pengukuran yang relatif terjangkau, serta tersedianya *website* yang dapat menampilkan data hasil pengukuran secara *real time* dan mudah diakses.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana perancangan dan pembuatan instrumen pengukuran debit, ketinggian dan kekeruhan air?
2. Bagaimana pembuatan *website* dalam menampilkan data pengukuran sensor secara *real time*?
3. Bagaimana hasil pengujian dan analisis sistem pengukuran debit, ketinggian dan kekeruhan air pada saluran IPA II PDAM Kota Makassar berbasis IoT?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Merancang dan membuat instrumen pengukuran debit, ketinggian dan kekeruhan air.
2. Membuat sistem *website* dalam menampilkan data pengukuran sensor secara *real time*.
3. Menguji dan menganalisis sistem pengukuran debit, ketinggian dan kekeruhan air pada saluran terbuka IPA II Panaikang Kota Makassar berbasis IoT.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Sensor

Sensor merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur perubahan kondisi fisika suatu objek dan bereaksi terhadap perubahan yang terjadi. Sensor mendeteksi keadaan lingkungan sekitarnya, mengumpulkan data dan mengubahnya menjadi data fisika seperti tegangan dan arus listrik. Terdapat banyak jenis sensor dengan ukuran dan konsumsi energi yang berbeda [15].

II.1.1 Sensor *Flow Meter* YF-S201

Sensor aliran air YF-S201 dapat mengukur debit air 1-30 liter/menit dengan tekanan kurang dari 1,75 MPa, dan memiliki diameter saluran air sebesar 0,5 inci [16,17]. Sensor ini menggunakan tegangan kerja sebesar 5 Volt [17]. Selain itu, sensor YF-S201 tersusun dari kerangka yang terbuat dari plastik, rotor dengan baling-baling, dan sensor efek Hall. Kecepatan putaran rotor berubah seiring semakin cepatnya aliran air yang melewati sensor [18]. Tampilan luar dan dalam sensor dapat dilihat pada Gambar 2.1 (a).



Gambar 2.1 Sensor YF-S201

Laju aliran atau debit air ialah banyaknya volume air yang mengalir dalam suatu penampang dalam waktu tertentu. Laju aliran air biasa dinyatakan dalam satuan L/menit atau m³/jam. Secara matematis debit air dapat dinyatakan dalam persamaan (2.1) [19].

$$Q = \frac{V}{t} = A \cdot v \quad (2.1)$$

Dimana:

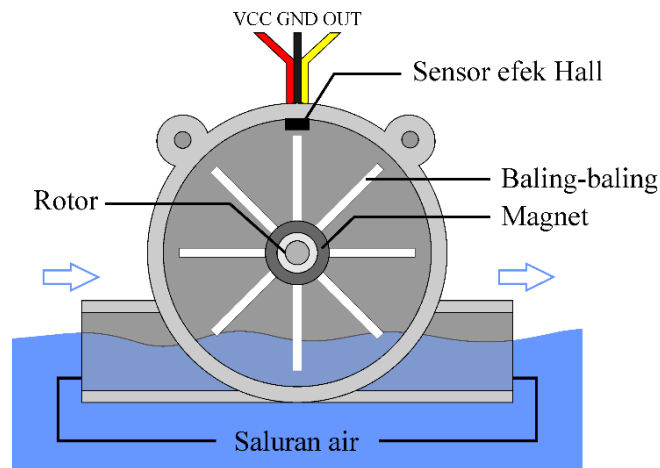
Q = Debit air (m³/s)

V = Volume air (m^3)

A = Luas penampang (m^2)

t = Selang waktu (s)

v = Kecepatan aliran air (m/s)

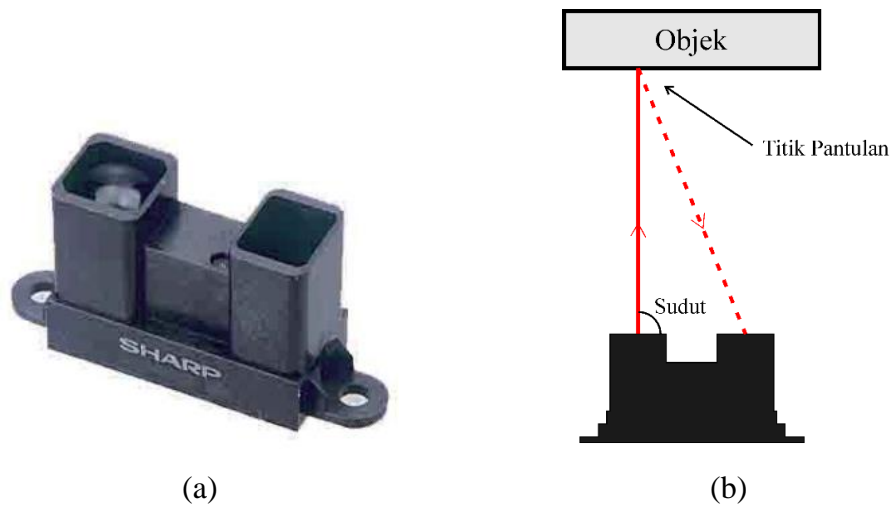


Gambar 2.2 Skema tampilan dalam sensor YF-S201

Sensor aliran air bekerja menggunakan fenomena efek Hall [20]. Gambar 2.2 menampilkan skema tampilan dalam sensor YF-S201. Lubang saluran sensor diletakkan searah dengan arah aliran air, sehingga baling-baling pada sensor dapat menghitung seberapa banyak air melewati sensor [21]. Ketika baling-baling berputar akibat mendapatkan tekanan dari arus air, perputaran ini menimbulkan medan magnet [22]. Arus listrik yang mengalir dalam medan magnet akan mengalami pembelokan arah gerak pembawa muatan menuju ke salah satu sisi dan menghasilkan medan listrik akibat pengaruh gaya Lorentz [20]. Magnet pada rotor juga dapat memengaruhi besar medan magnet setiap berputar [16]. Oleh karena itu sensor YF-S201 memiliki keluaran berupa sinyal pulsa [23].

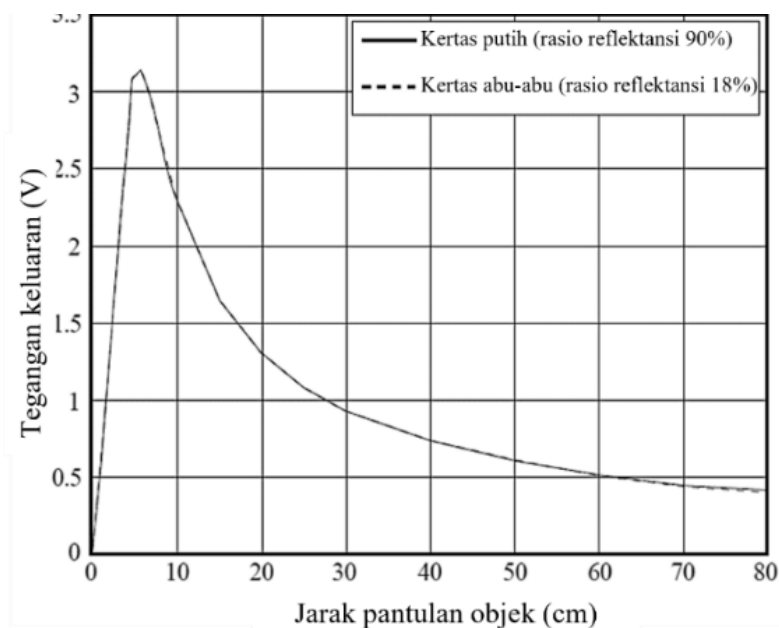
II.1.2 Sensor Inframerah GP2Y0A02YK0F

Sensor GP2Y0A02YK0F produksi SHARP merupakan salah satu jenis sensor yang menggunakan sinar inframerah untuk mengukur jarak. Sensor ini tersusun atas PSD (*position sensitive device*) atau perangkat sensitif posisi, IRED (*infrared emitting diode*) atau dioda pemancar inframerah dan rangkaian pemrosesan sinyal [24]. Sensor dapat melakukan pengukuran jarak dengan rentang 20 hingga 150 cm, dan mengonsumsi tegangan sebesar 4,5 hingga 5,5 Volt [25].

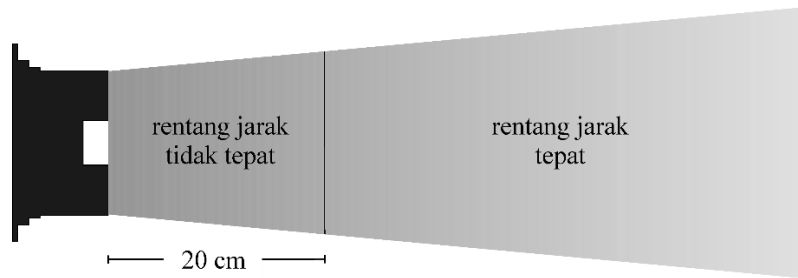


Gambar 2.3 (a) Sensor GP2Y0A02YK0F, (b) Pantulan sinar sensor [25]

IRED memancarkan sinar inframerah dengan panjang gelombang sekitar $850 \pm 70 \text{ nm}$ [25]. PSD merupakan perangkat yang dapat mengukur posisi, jarak, perpindahan, sudut dan variabel fisik lain yang relevan melalui sinar optik yang diterima [26]. PSD dalam sensor GP2Y0A02YK0F berfungsi untuk menerima sinar yang dipantulkan [27]. Pengukuran jarak antara sensor dan objek didasari oleh metode triangulasi berdasarkan sudut pancaran sinar inframerah [28]. Penggunaan metode triangulasi dapat meminimalkan pengaruh gangguan cahaya di sekitar, suhu lingkungan dan warna objek yang dideteksi [28,29].



Gambar 2.4 Grafik jarak dengan tegangan sensor GP2Y0A02YK0F [30]



Gambar 2.5 Jarak valid pengukuran sensor [30]

Keluaran sensor ini berupa tegangan sinyal analog yang merupakan kebalikan jarak yang diukur. Berdasarkan grafik pada Gambar 2.5 pada jarak dekat, tegangan yang terdeteksi meningkat seiring bertambahnya jarak yang terukur. Hal ini menyebabkan sensor tidak dapat melakukan pengukuran jarak pendek, sehingga sensor harus diletakkan di luar jarak pengukuran yang tidak tepat [30].

II.1.3 Sensor Kekeruhan

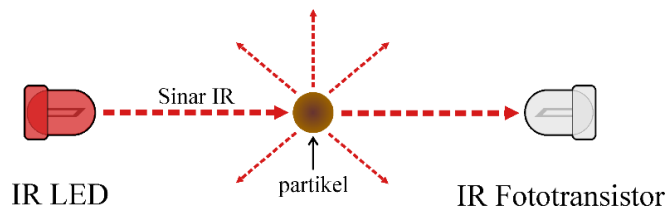
Kekeruhan merupakan derajat suatu larutan menghambat jalannya cahaya akibat adanya hamburan cahaya oleh zat tersuspensi dan penyerapan cahaya oleh molekul zat terlarut [31]. Semakin besar tingkat kekeruhan, maka semakin sedikit visibilitas atau penetrasi cahaya yang melalui kolom air. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi tingkat kekeruhan air. Penyebabnya dapat berupa erosi sungai, endapan sedimen, ganggang, fitoplankton, dan limbah dari aktivitas manusia. Besar pengukuran kekeruhan umumnya menggunakan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Semakin besar nilai NTU, maka semakin keruh air yang diukur [9].



Gambar 2.6 Sensor TS-300B

Pada Gambar 2.6 menampilkan sensor *turbidity* TS-300B dapat digunakan untuk mengukur kekeruhan air dengan rentang 0-1000 NTU. Sensor menggunakan tegangan 5 V untuk bekerja. Prinsip kerja sensor memancarkan sinar inframerah melalui fotodiode IR kemudian ditangkap oleh fototransistor IR seperti yang

ditampilkan pada gambar 2.7. Tingkat kekeruhan ditandai dengan berkurangnya sinar inframerah yang diterima oleh IR fototransistor akibat adanya hamburan atau penyerapan sinar IR oleh partikel [9]. Nilai toleransi hasil pengukuran sensor sebesar ± 2 NTU untuk kekeruhan di bawah 25 NTU dan ± 5 NTU untuk kekeruhan di atas 25 NTU [10].



Gambar 2.7 Metode pengukuran hamburan sinar IR [9]

II.2 Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi inovatif yang menghubungkan berbagai objek satu sama lain ke internet [32]. IoT memainkan peran penting dalam sistem pemantauan jarak jauh dan memberikan solusi penting untuk transmisi data, akuisisi, penyimpanan dan analisa data. Teknologi ini akan menyediakan penyimpanan data secara *real-time* [33]. Bentuk penerapan IoT seperti jaringan sensor nirkabel, komunikasi, *mobile platform*, kontrol cerdas, maupun sistem keamanan [34].

Arsitektur umum dari sistem IoT dibangun atas beberapa lapisan, diantaranya lapisan fisik, *cloud*, komunikasi, dan layanan. Keempat lapisan ini meliputi perangkat keras, perangkat lunak, jaringan dan integrasi aspek yang membutuhkan pendekatan IoT. Penjelasan singkat untuk setiap lapisan tersebut, yaitu [35]:

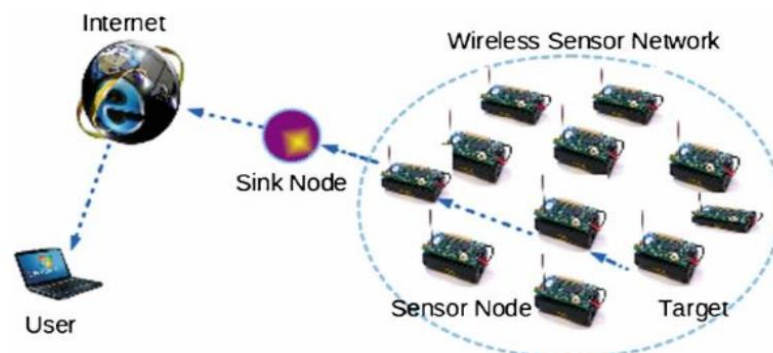
- Lapisan fisik terdiri dari berbagai sensor, aktuator, prosesor, dan perangkat fisik lainnya yang secara cerdas terhubung satu sama lain untuk berkomunikasi dengan lingkungan bangunan.
- Lapisan *cloud* berfungsi untuk menyimpan data sensor, menganalisis data tersebut menggunakan algoritma, dan mengirimkannya ke lapisan layanan untuk ditampilkan. Lapisan *cloud* terdiri dari teknologi seperti komputasi, *database*, dan pemrosesan *big data*.
- Lapisan komunikasi atau jaringan merupakan lapisan yang menghubungkan sistem IoT dan menyediakan layanan komunikasi antar sistem melalui *Internet*

Protocol (IP). Teknologi komunikasi yang dapat digunakan diantaranya Ethernet, Wi-Fi, WiMAX, Zigbee, LoRaWAN, RFID, *mobile*, dan Bluetooth.

- Lapisan layanan menyediakan antarmuka antara *user* dan sistem IoT. Lapisan ini terdiri atas *web* dan/atau *mobile* yang menyediakan tampilan pemrosesan data dalam form atau grafik, diagram, atau *spreadsheets*, dan mengontrol beberapa perangkat yang terhubung dengan sistem IoT.

II.3 Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network (WSN) atau jaringan sensor nirkabel merupakan jaringan yang terdiri atas beberapa *node sensor* dengan *base station* yang saling terhubung secara nirkabel untuk tujuan pemantauan dalam lingkungan tertentu. Gambar 2.8 menunjukkan model umum struktur WSN. *Node* sensor biasanya terhubung dengan mikrokontroler yang mengukur sinyal analog, kemudian diubah menjadi sinyal digital menggunakan *Analog to Digital Converter* (ADC), lalu mengirimkan data digital yang telah diproses melalui protokol frekuensi radio. Sedangkan *node sink* akan menerima paket data, dan meneruskannya ke *web server* atau *website* melalui jaringan internet agar dapat diakses oleh pengguna [36].



Gambar 2.8 Model umum WSN [37]

II.3.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu *chip* cerdas yang dapat digunakan sebagai pengontrol utama sistem elektronika. Sebagian besar elemen mikrokontroler berbentuk *chip* IC (*Integrated Circuit*) atau sering disebut *single chip microcomputer* dan termasuk dalam kategori *embedded computer*. Mikrokontroler sering digunakan dalam sistem kontrol suatu proses atau aspek-aspek dari lingkungan [38].



Gambar 2. 9 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan mikrokontroler dengan ATmega328P. Pada Gambar 2.9 memperlihatkan Arduino Uno yang terdiri dari 14 pin *input/output* (6 diantaranya bisa digunakan sebagai keluaran *Pulse Width Modulation* atau PWM), 6 pin *input* analog, dan satu pin konektor USB [39]. Mikrokontroler ini memerlukan konfigurasi program menggunakan aplikasi Arduino IDE [40].

II.3.2 XBee

Salah satu bentuk penerapan teknologi WSN yaitu dengan adanya protokol ZigBee. Protokol ini merupakan jaringan sensor dengan komunikasi tingkat tinggi dan daya rendah berdasarkan standar IEEE 802.15.4 [41]. RF XBee merupakan salah satu jenis protokol ZigBee yang mampu melakukan komunikasi dan pengiriman data yang aman di seluruh *node*, serta memiliki berbagai macam konfigurasi [40]. Gambar 2.10 memperlihatkan modul XBee Pro S2C.



Gambar 2.10 XBee Pro S2C

Sepasang XBee Pro S2C dengan modul *transreceiver* RF yang dijalankan secara nirkabel biasa digunakan untuk mengirimkan kode terprogram maupun menjalankan perintah [40]. Salah satu modul XBee dikonfigurasi untuk mengirimkan data *real-time* dari sensor ke modul XBee *receiver*. XBee *receiver* dihubungkan dengan komputer pusat yang digunakan sebagai pusat data dan analisis [42]. Konfigurasi modul XBee dilakukan melalui XCTU yang merupakan

perangkat lunak bawaan dari perusahaan pembuat modul ZigBee [43]. Rentang jangkauan modul XBee dipengaruhi oleh daya pengiriman, kemiringan *transmitter* dan *receiver*, tinggi antena, cuaca, medan lokasi penempatan modul, struktur lokasi penempatan seperti dinding, pohon, bangunan, bukit dan gunung [44].

Tabel 2.1 Karakteristik modul XBee PRO S2C [44]

| | |
|------------------------------|-------------|
| Jangkauan dalam ruangan | < 90 m |
| Jangkauan luar ruangan | < 3200 m |
| Tegangan kerja | 2,7 – 3,6V |
| Kecepatan data RF | 250.000 b/s |
| Sensitivitas <i>receiver</i> | -101 dBm |

II.3.3 Raspberry Pi

Raspberry Pi ialah *microcomputer* yang menggunakan sistem operasi Raspbian berasal dari Linux, dan mendukung bahasa pemrograman Python, C, C++, BASIC, Perl dan Ruby [45]. Raspberry Pi dapat dikatakan sebagai *workstation*, karena dapat menghubungkan sistem kontrol mesin dan berinteraksi dengan berbagai perangkat yang biasanya dihubungkan dengan komputer pada umumnya seperti monitor, *mouse*, kamera, *keyboard*, bahkan sensor melalui kabel. Raspberry Pi 4B merupakan model terbaru dengan spesifikasi pada tabel II.4 [39].

Tabel 2.2 Spesifikasi Raspberry Pi 4B [45]

| | |
|------------------|--|
| Prosesor | Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @1.5GHz |
| RAM | 8GB LPDDR4-3200 SDRAM |
| <i>Bluetooth</i> | Bluetooth 5.0, BLE |
| Wi-Fi | 2,4 GHz dan 5,0 GHz IEEE 802.11ac <i>wireless</i> |
| USB | 2 USB 3.0 <i>ports</i> ; 2 USB 2.0 <i>ports</i> |
| Ethernet | Gigabit Ethernet |
| HDMI | 2 × micro-HDMI |
| Penyimpanan | <i>MicroSD Card</i> |
| Tegangan kerja | 5,1 V, 3 A |
| Ukuran | 85,6 mm × 56,5 mm |