

# Desain Dan Implementasi Alat Deteksi Kebocoran Pipa Air Menggunakan Sensor Pressure Transmitter Studi Kasus Pdam Kabupaten Madiun

## *Design And Implementation Of Water Pipe Leak Detection Equipment Using Pressure Transmitter Sensor Case Study Pdam Madiun District*

1<sup>st</sup> Afrizal  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
afrizall@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Umar Ali Ahmad  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
umar@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Jati Satria Wicaksana  
Basic Teknologi  
Bandung, Indonesia  
jati@basicteknologi.co.id

### Abstrak

Air bersih merupakan kebutuhan pokok masyarakat yang sangat penting, masyarakat pada umumnya. Terganggunya proses distribusi air tentunya akan mengakibatkan suatu masalah baru. Pada umumnya pengecekan kebocoran pipa dilakukan secara manual. Pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu alat yang berguna untuk monitoring tekanan air pada pipa distribusi serta mendeteksi letak kebocoran secara akurat dan tepat. Pendeteksian menggunakan sensor *pressure transmitter* dengan cara menggunakan dua buah sensor *pressure transmitter* yang diletakkan di beberapa titik. Sistem akan mendeteksi kebocoran dengan cara membandingkan tekanan pada sensor satu dan sensor lainnya. Sistem ini dilengkapi dengan sensor *voltage* dan sensor *current ACS712* yang berguna untuk mengukur kapasitas aki dan mengukur arus yang dihasilkan oleh panel surya. Kemudian hasil dikirimkan melalui ESP8266 ke *server*. Pada Tugas Akhir ini didapat hasil bahwa sistem deteksi kebocoran menggunakan sensor *pressure transmitter* ketika jarak sensor

terlalu dekat, maka sistem kurang efisien dalam mendeteksi kebocoran. Hal ini disebabkan karena jarak kedua sensor terlalu dekat. Sistem lebih efisien dalam mendeteksi kebocoran ketika kedua sensor memiliki selisih jarak yang jauh. Berdasarkan hasil pengujian dengan cara membandingkan nilai sensor dengan alat ukur konvensional rata – rata nilai error yang didapat sebesar 0.16%..

**Kata Kunci:** *Deteksi Kebocoran, ESP8266, Pressure Transmitter.*

### Abstract

*Clean water is a very important basic need of society, society in general. Disruption of the water distribution process will certainly lead to a new problem. In general, checking for pipe leaks is done manually. This study aims to produce a tool that is useful for monitoring water pressure in distribution pipes and detecting the location of leaks accurately and precisely. The detection uses a pressure transmitter sensor by using two pressure transmitter sensors placed at several points. The system will*

*detect leaks by comparing the pressure on one sensor and another. This system is equipped with a voltage sensor and ACS712 current sensor which are useful for measuring battery capacity and measuring the current generated by the solar panel. Then the results are sent via ESP8266 to the server. It was found that the leak detection system uses a pressure transmitter sensor when the sensor distance is too close, then the system is less efficient in detecting leaks. This*

*is because the distance between the two sensors is too close. The system is more efficient in detecting leaks when the two sensors have a large distance difference. Based on the test results by comparing the sensor value with conventional measuring instruments, the average error value obtained is 0.16%.*

**Keywords:** *ESP8266, Leak Detection, Pressure Transmitter.*

## I. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan pokok masyarakat yang sangat penting, masyarakat pada umumnya mendapatkan pasokan air bersih dari PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) sekitar. PDAM menyalurkan air yang ditampung ke masyarakat luas melalui pipa – pipa distribusi yang telah dipasang di rumah – rumah masyarakat sekitar. Dalam kehidupan manusia, air biasanya digunakan untuk berbagai macam keperluan, diantaranya adalah minum, mandi, mengolah makanan maupun untuk keperluan industri lainnya. Karena ketergantungan manusia terhadap air sangat besar, tentunya kekurangan pasokan air terhadap masyarakat akan menyebabkan suatu masalah.

Selain kebocoran pipa, proses distribusi air bersih juga terkendala karena terjadi ATR (Air Tak Berekening). ATR adalah proses pencurian air menggunakan beberapa pipa kecil secara ilegal sehingga volume air yang sampai ke masyarakat akan berkurang. Oleh karena itu diperlukan alat yang berguna untuk monitoring tekanan air dalam pipa sehingga ketika tekanan pipa menurun maka pihak PDAM akan dapat segera menindaklanjuti. Pada umumnya identifikasi pipa bocor dilakukan secara manual oleh petugas piket PDAM, hal ini membuat proses identifikasi membutuhkan waktu yang lama. Lamanya proses identifikasi pipa bocor tentu saja menimbulkan suatu masalah seperti volume air yang menurun maupun air yang tidak

Dalam penyusunan Tugas Akhir, ini ditawarkan sebuah solusi yang dapat memonitoring data tekanan air di dalam pipa distribusi menggunakan sensor *pressure transmitter* tanpa perlu mengecek secara manual. Data tersebut kemudian akan dikirimkan ke *cloud* yang kemudian ditampilkan pada aplikasi *smartphone* sehingga proses *monitoring* dapat dilakukan dari jarak jauh.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Kota Caruban

Kota Caruban sebuah kota yang menjadi ibu kota pemerintahan Kota Madiun yang menggantikan kota Madiun PP No. 52 tahun 2010 tentang pemindahan ibu kota Kabupaten Madiun di wilayah Kota Madiun ke wilayah Kecamatan Mejayan, Caruban, Terdapat beberapa fasilitas publik yang terdapat di Kota Caruban, salah satunya adalah Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang diberi nama Tirta Dharma Purabaya. Perusahaan Daerah Air Minum "Tirta Dharma Purabaya" Kabupaten Madiun.

### B. Kehilangan Air

Kehilangan air merupakan setiap masalah bagi PDAM yang harus diselesaikan di seluruh Indonesia, tingginya angka kehilangan air ini membuat PDAM mengalami kerugian dengan jumlah yang besar. Pada umumnya ada dua faktor yang membuat PDAM kehilangan air, yaitu: faktor teknis dan faktor non teknis. Faktor teknis merupakan hal – hal terkait teknis PDAM itu sendiri seperti kebocoran pipa yang sering terjadi maupun luapan air di tangki reservoir, sedangkan faktor non teknis bisa terdiri dari diantaranya konsumsi tak resmi, ketidakakuratan meter air, dan kesalahan penanganan data[4].

### C. Hukum Kirchoff Arus dan Tegangan

Hukum kirchoff pertama kali diperkenalkan pada tahun 1845 oleh ilmuwan Jerman bernama Gustav Robert Kirchoff. Arus merupakan suatu muatan yang bergerak, ini disebut sebagai hukum arus kirchoff atau KCI (*Kirchoff Current Law*) atau lebih dikenal dengan hukum kirchoff 1. Hukum kirchoff 1 menyatakan bahwa Jumlah arus dalam suatu titik percabangan dalam suatu rangkaian adalah sama dengan nol, arus

yang masuk dalam titik percabangan sama dengan arus yang meninggalkannya. Jadi jumlah listrik yang masuk, harus sama dengan jumlah listrik yang keluar[6].

#### D. Pengukuran perbandingan alat

Pengukuran perbandingan alat ini dilakukan guna melihat selisih nilai yang didapat oleh sensor dengan alat ukur konvensional. Pada penelitian Tugas Akhir ini pengukuran perbandingan menggunakan manometer sebagai pembanding dengan sensor *pressure* dan menggunakan multimeter sebagai pembanding dengan sensor *voltage* dan sensor *current*. Untuk pengukuran perbandingan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\delta x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% = \frac{|x_0 - x|}{x} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

$\delta x$  = Kesalahan Relatif

$\Delta x$  = Kesalahan Absolut

$x$  = Nilai yang terbaca pada alat ukur konvensional

$x_0$  = Nilai yang terbaca pada sensor

#### E. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk *chip IC (Integrated Circuit)* yang dirancang untuk melakukan sesuatu. IC mikrokontroler terdiri dari CPU, RAM, ROM, serta input dan output[7]. Dalam pengaplikasiannya mikrokontroler dipakai produk yang dikendalikan secara *remote* seperti *smart home*.

#### F. Internet of Things

IoT (*Internet of Things*) adalah suatu konsep yang membuat sebuah peralatan atau *device* dapat saling mengirim data melalui jaringan internet. Singkatnya, IoT (*Internet of Things*) membuat benda mati seolah olah menjadi hidup dengan cara dapat mengirimkan data secara otomatis.

#### G. Baterai

Baterai adalah perangkat yang dapat mengkonversi energi kimia yang terkandung pada bahan aktif komponen penyusun baterai menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia reduksi dan oksidasi. *Output* arus dari baterai adalah DC (*Direct Current*) yaitu arus searah

##### a. Lead Battery

Baterai *lead acid* merupakan salah satu jenis baterai sekunder yang dapat diisi ulang.

Baterai lead acid menggunakan PbO<sub>2</sub> (*Lead Peroxide*) sebagai katoda, Pb (*lead sponge*) sebagai anoda dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (*sulfuric acid*) sebagai elektrolit. Kelebihan dari baterai jenis ini adalah kemudahan dalam merawat sehingga baterai jenis ini paling banyak digunakan dalam industri.

##### a. Sensor Tekanan (Pressure Transmitter)

*Pressure transmitter* adalah suatu sensor yang berguna untuk mengukur suatu tekanan zat baik itu gas maupun cairan. Tekanan adalah ekspresi dari gaya yang dibutuhkan untuk menghentikan cairan dari perluasan, dan biasanya dinyatakan dalam hal gaya per satuan luas[11]. Teknologi ini mengubah tekanan fluida yang diterapkan, umumnya melintasi diafragma sensor, menjadi sinyal listrik dan kemudian menjadi tekanan aktual

$$P = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Dimana:

P = Tekanan

F = Gaya

A = Luas

### III. METODE

#### A. Desain Sistem

Alat yang dibuat dalam Tugas Akhir ini adalah sistem pendeteksi kebocoran menggunakan sensor *pressure transmitter* berbasis *Internet of Things*.

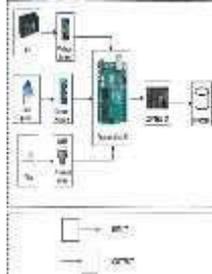


Gambar 1 Diagram Keseluruhan Sistem.

Gambar 1 di atas merupakan gambaran keseluruhan sistem yang akan dibuat dalam Tugas Akhir yang disebut dengan nama *Smart Water Management*. Sistem pengukuran tekanan air akan menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler dan ESP8266 untuk menghubungkan ke internet. Sistem ini menggunakan sensor *pressure* untuk mengukur tekanan, dan menggunakan sensor *voltage* untuk mengukur kapasitas aki, serta menggunakan *current sensor* untuk

mengukur arus yang mengalir dari panel surya.

### B. Diagram Blok



Gambar 2 Diagram blok.

Gambar 2 merupakan diagram fungsional sistem yang digunakan dalam perancangan Tugas Akhir. Pada sistem ini terdapat 3 sensor, yaitu: sensor *pressure* yang berguna untuk mengukur tekanan air, sensor *voltage* yang berguna untuk mengukur tegangan aki, dan sensor *current* yang berguna untuk mengukur arus listrik. Data yang didapatkan dari sensor akan dikirim ke *firebase*.

### C. Fungsi dan Fitur

Berdasarkan permasalahan yang dipaparkan pada latar belakang, maka dirancang sebuah alat yang nantinya menjadi solusi dari permasalahan tersebut. Adapun fungsi dan fitur alat yang dibangun adalah sebagai berikut.

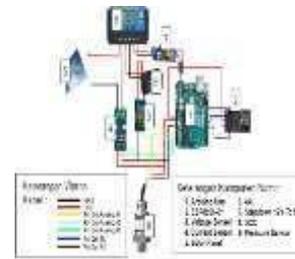
- Mengukur tekanan air di dalam pipa menggunakan sensor *pressure transmitter*.
- Mengukur kapasitas aki.
- Mengukur arus yang dihasilkan oleh panel surya.
- Mengirim data yang diperoleh oleh sensor ke *firebase*.

### D. Desain Perangkat Keras

Berdasarkan analisa kebutuhan sistem maka dilakukan pemilihan perangkat keras yang nantinya digunakan dalam pembuatan alat ini. Berikut adalah komponen perangkat keras yang digunakan dalam perancangan Tugas Akhir ini.

- Arduino Uno R3
- Sensor
- Pressure Transmitter*
- Modul Wifi ESP8266-01
- Voltage sensor*
- Current sensor*
- Panel surya
- Solar Charge Controller*
- Aki VLRA
- Stepdown 5V*

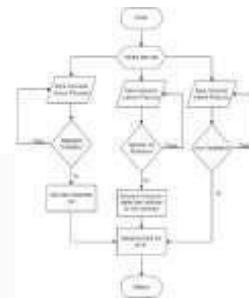
Gambar 3 merupakan desain perangkat keras yang digunakan dalam Tugas Akhir ini.



Gambar 3 Skema Rangkaian.

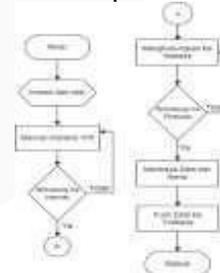
### E. Desain Perangkat Lunak

Pada desain perangkat lunak ini berisi *flowchart* atau diagram alir dari sistem pengukuran tekanan air. Di bawah merupakan *flowchart* dari sistem yang diterapkan pada Tugas Akhir ini.



Gambar 4 Flowchart Arduino.

Gambar 4 di atas merupakan *flowchart* pada keseluruhan proses sistem



Gambar 5 Flowchart ESP8266.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Implementasi

Berdasarkan kebutuhan perangkat keras maka dirangkai sebuah *printed Circuit board* yang digunakan untuk merangkai seluruh komponen yang digunakan. Gambar 7 di

bawah adalah gambaran ketika komponen sudah terpasang.



Gambar 6 Rangkaian ketika di pasang di pipa distribusi PDAM.

**B. Hasil Percobaan**

**a. Uji Metode Black Box**

Pengujian blackbox dilakukan untuk melihat kinerja fungsionalitas dari sistem yang dibangun. Pengujian ini dilakukan dengan cara mencoba semua fungsi perangkat yang digunakan.

Tabel 1 Black Box Testing pada ESP8266-01.

Butir Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Sebenarnya	Kesimpulan
Terhubung ke ESP8266 dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi	Dapat terhubung ke Wi-Fi yang sudah di siapkan	Behasil	
Monitor dan data dapat diterima dan serial ESP8266	Dapat diterima oleh Arduino ke ESP8266	Behasil	
Penyimpanan ke firebase	Dapat terhubung ke "data user" ke firebase	Behasil	
Mengirimkan data ke firebase	Dapat mengirim data ke firebase	Behasil	

**b. Uji Akurasi Sensor**

**C. Uji Akurasi Sensor Pressure**

Pengujian dilakukan guna melihat akurasi sensor di berbagai diameter pipa dan berbagai jenis tegangan.

Tabel 2 Uji Akurasi Sensor Pressure (bar).

No	Diameter Pipa	Pressure Sensor (bar)	Multimeter (bar)	Error (%)
1	4 in	2.51	2.2	0.14
2	4 in	2.27	2	0.13
3	4 in	2.07	1.8	0.15
4	4 in	1.35	1	0.35
5	4 in	3.56	3.4	0.04
6	4 in	2.27	2	0.13
7	4 in	1.78	1.5	0.18
Rata-rata				0.16

Tabel 2 menunjukkan hasil uji akurasi pada pressure sensor dalam satuan bar. Adapun rumus untuk menghitung nilai error ditunjukkan oleh persamaan (2.1).

$$error = \frac{2.51 - 2.2}{2.2} \times 100\% = 0.14\%$$

**D. Uji Akurasi Voltage Sensor**

Pengujian ini dilakukan guna melihat tingkat akurasi Voltage Sensor. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai dari voltage sensor dan nilai multimeter.

Tabel 3 Uji Akurasi Voltage Sensor.

Pengukuran ke-	Voltage Sensor (V)	Multimeter (V)	Error (%)
1	12.55	12.58	0.002
2	12.47	12.51	0.003
3	11.35	11.37	0.003
4	11.8	11.12	0.003
5	1.46	1.46	0.115
6	1.30	1.47	0.115
Rata-rata			0.047

Rata – rata error adalah sebesar 0.047%. Adapun untuk memperoleh nilai error menggunakan persamaan (2.5).

**E. Uji Akurasi Current Sensor**

Pengujian ini dilakukan guna melihat tingkat akurasi current sensor. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai dari current sensor dan nilai multimeter.

Butir yang di uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Sebenarnya	Kesimpulan
Pressure Sensor	Dapat membaca tekanan dari sensor dapat membaca	Behasil	
Voltage Sensor	Dapat membaca tegangan voltage sensor dapat membaca	Behasil	
Current Sensor	Dapat membaca arus dari panel surya	Behasil	
Shutdown	Dapat mematikan tegangan aki	Behasil	
Arduino	Dapat mengirimkan data serial ke ESP8266	Behasil	
Panel surya	Dapat mengirim ulang daya pada aki	Behasil	

Tabel 4 Uji Akurasi Current Sensor

Pengukuran ke-	Current Sensor (A)	Multimeter (A)	Error (%)
1	0.2	0.14	0.42
2	0.18	0.12	0.5
3	0.4	0.52	0.23
4	0.91	0.81	0.12
5	0.62	0.54	0.14
6	0.55	0.51	0.07
7	1.3	1.22	0.06
Rata-rata			0.22

**F. Uji Kinerja Sistem**

Pengujian ini dilakukan guna melihat kinerja sistem dalam mendeteksi kebocoran pada jaringan distribusi pipa air. Pengujian dilakukan pada maket DMA (District Meter Area) yang sudah disiapkan.



Gambar 7 Maket (District Meter Area).

G. Pengujian Tanpa Kebocoran

Letak titik kebocoran Gambar 7 di atas pengujian dilakukan dengan cara menutup seluruh titik kebocoran dan menggunakan air keran sebagai sumber tekanan.



Gambar 8 Grafik selisih percobaan pressure sensor.

Gambar 8 di atas menunjukkan perbedaan selisih nilai antara sensor satu dan sensor dua. Dari sembilan percobaan yang dilakukan dengan titik yang berbeda – beda nilai selisih antara.

H. Pengujian Dengan Kebocoran

Letak titik kebocoran Gambar 8 di atas pengujian dilakukan dengan cara membuka titik kebocoran dan kondisi air berasal dari keran serta semua valve gate dalam kondisi terbuka.

Tabel 5 Pengujian Dengan Kebocoran.

No	Titik Sensor K (kPa)	Titik Sensor 1 (kPa)	Titik Sensor 2 (kPa)	Selisih
1	1 dan 3	95,99	96,69	1,36
2	1 dan 4	96,25	95,68	1,209
3	1 dan 5	96,96	95,20	1,524
4	1 dan 6	96,92	95,80	1,609
5	1 dan 7	95,20	97,60	1,304
6	1 dan 8	96,95	95,60	1,304
7	1 dan 9	96,80	95,60	1,609

Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian dengan skenario kebocoran. Pada pengujian nomor satu dan nomor dua didapatkan selisih hasil 1,1 kPa dan 1,3 kPa, hal ini diakibatkan karena jarak antara kedua sensor sangat.

Tabel 6 Pengujian Pada Pipa Lurus.

No	Titik Sensor 1 (kPa)	Titik Sensor 2 (kPa)	Selisih
1	100Ca	100C	0,00
2	100Ca	100C	0,00
3	100Ca	100C	0,00
4	100Ca	100C	0,00
5	100Ca	100C	0,00
6	100Ca	100C	0,00
7	100Ca	100C	0,00
8	100Ca	100C	0,00
9	100Ca	100C	0,00
10	100Ca	100C	0,00

Disimpulkan bahwa sistem ini kurang efisien dalam mendeteksi bocor apabila jarak sensor terlalu dekat karena tekanan yang

dihasilkan relatif sama. Notifikasi kebocoran akan dikirimkan apabila selisih nilai sensor satu dan sensor dua melebihi 29%.

I. Uji Integrasi Sistem

Pengujian ini dilakukan guna melihat fungsi perangkat ketika diintegrasikan dengan sistem flowmeter yang dirancang oleh penulis lain.

J. Uji Integrasi Skenario Normal

Skenario ini dilakukan dengan cara menutup seluruh titik bocor dengan ujung pipa tidak tertutup sehingga air mengalir, berikut adalah hasil pengujian.

Tabel 7 Uji Integrasi Skenario Normal.

No	Pressure Sensor 1 (Pa)	Pressure Sensor 2 (Pa)	Diferensial (m³/h)
1	1460,160	1565,620	0,609375
2	1460,160	1565,620	0,613281
3	1460,160	1565,620	0,59375
4	1460,16	1565,620	0,582031
5	1460,16	1565,620	0,59375
6	1460,16	1565,620	0,613188
7	1460,16	1565,620	0,589644
8	1460,16	1565,620	0,59375
9	1460,16	1565,620	0,59375
10	1460,16	1565,620	0,582031



Gambar 9 Skenario Pengujian integrasi Alat.

Penjelasan gambar 9 adalah sebagai berikut:

- a) Posisi pressure sensor 1
  - b) Posisi Pressure sensor 2
  - c) Posisi titik bocor A
  - d) Posisi titik bocor B UFM.
- Posisi ultrasonic Flowmeter

K. Uji Integrasi Skenario Pipa Tersumbat

Skenario ini dilakukan dengan cara menutup seluruh titik kebocoran serta menutup ujung pipa sehingga membuat air tidak dapat mengalir keluar.

Tabel 4.1 Uji Integrasi Pipa Tersumbat.

No	Pressure Sensor 1 (Pa)	Pressure Sensor 2 (Pa)	Diferensial (m³/h)
1	11222,640	10764,270	0,00
2	11222,640	10764,270	0,00
3	11222,640	10764,270	0,00
4	11222,640	10764,270	0,00
5	10800,750	10800,400	0,00
6	10800,750	10800,400	0,00
7	10800,750	10800,400	0,00
8	10800,750	10800,400	0,00
9	10800,750	10800,400	0,00
10	10800,750	10800,400	0,00

Ketika nilai flowrate nol maka hal ini menjadi indikasi terjadinya sumbatan pada pipa.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada sistem ini dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem dapat mendeteksi kebocoran dengan cara membandingkan hasil yang didapat dari sensor satu dengan sensor lainnya. Pada pengujian yang menggunakan pipa lurus sepanjang 4 meter, deteksi kebocoran cenderung lebih akurat dibandingkan dengan maket DMA (District Meter Area) yang sudah dibuat. Tekanan pada pipa air yang dideteksi oleh sensor *pressure transmitter* akan dikirimkan ke *firebase* sehingga dapat dilakukan *monitoring via smartphone* dan *website*. Ketika nilai *flowrate* nol sedangkan nilai *pressure* sangat tinggi maka menjadi indikasi terjadinya sumbatan pipa. Pada pengujian akurasi sensor rata – rata *error* pada sensor *voltage* adalah 0.047%. Pada pengujian akurasi sensor rata – rata *error* pada sensor *current* adalah 0.22%. Pada pengujian akurasi sensor rata – rata *error* pada sensor *pressure* adalah 0.16%. Untuk pengembangan alat dan penelitian ke depannya disarankan sistem dapat mengidentifikasi kebocoran walau dengan jarak antar sensor sangat dekat serta pembacaan tekanan lebih akurat. Diharapkan pada penelitian selanjutnya kapasitas aki dapat diukur dalam satuan mAh.

## REFERENSI

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Cipta Karya Balai Teknologi Air Minum, "Penurunan Kehilangan Air Faktor Penting Wujudkan 100% Akses Air Minum Layak," 2020. [http://ciptakarya.pu.go.id/satupintu/detail\\_berita-85](http://ciptakarya.pu.go.id/satupintu/detail_berita-85) (accessed Oct. 23, 2021).
- [2] P. A. Luthfiyyah, M. Ramdhani, S. Yuwono, M. Sc, and D. Ph, "PENDETEKSI KEBOCORAN DENGAN PERBANDINGAN DEBIT PADA JARINGAN PIPA PDAM BERBASIS IOT IOT-BASED LEAK DETECTOR USING DEBIT COMPARISON IN PDAM PIPELINES," no. 1.
- [3] T. S. Rianinda, M. Abdurohman, D. Informatika, U. Telkom, and D. Kolot, "Perancangan Prototipe Sistem Pemantau Kebocoran Pada Pipa Distribusi Air Menggunakan Protokol Zigbee / Ieee Design Prototype Monitoring System on Distribution Water Pipe Leakage Using Zigbee / Ieee 802 . 15 . 4 Protocol and M2M," vol. 2, no. 2, pp. 1–9, 2015.
- [4] "Upaya Menurunkan Angka Kehilangan Air PDAM - ITS News." <https://www.its.ac.id/news/2018/11/22/upaya-menurunkan-angka-kehilangan-air-pdam/> (accessed Oct. 29, 2021).
- [5] Kementerian Pekerjaan umum Dan Perumahan Rakyat, "Panduan Pendampingan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasis Masyarakat," *Direktorat Jenderal Cipta Karya*, p. 32, 2016.
- [6] A. Fitriandi, E. Komalasari, H. G.-J. R. dan, and undefined 2016, "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway," *Academia.Edu*, vol. 10, no. 2, 2016, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/52674667/215-260-1-PB.pdf>.
- [7] M. I. Hafidhin, A. Saputra, Y. Ramanto, and S. Samsugi, "Alat Penjemuran Ikan Asin Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO," *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 1, no. 2, pp. 26–33, 2020, doi: 10.33365/jtikom.v1i2.210.
- [8] R. H. Hardyanto, "Konsep Internet Of Things Pada Pembelajaran Berbasis Web," *J. Din. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 87–97, 2017.
- [9] R. Dini Barkah, "Simulasi Charge Discharge Model Baterai Lead Acid," *J. Ilmu dan Inov. Fis.*, vol. 3, no. 2, pp. 128–134, 2019, doi: 10.24198/jiif.v3i2.23257.
- [10] "Discharge and battery capacity - Rebelcell." <https://www.rebel-cell.com/knowledge-base/the-discharge-and-capacity-of-batteries/> (accessed Jan. 09, 2022).
- [11] R. Rijal Syah, "Rancang Bangun Alat Deteksi Kebocoran Pipa Distribusi Air Berbasis Sensor Tekanan dan Mikrokontroler," 2018.
- [12] J. P. R. Sorensen and A. S. Butcher, "Water level monitoring pressure transducers-a need for industry-wide standards," *Gr. Water Monit. Remediat.*, vol. 31, no. 4, pp. 56–62, 2011, doi: 10.1111/j.1745-6592.2011.01346.x.

