

# Implementasi Non-Revenue Water Menggunakan Internet of Things

1<sup>st</sup> Rafli Aulia Hafiz  
Prodi SI Teknik Telekomunikasi  
Telkom University  
Bandung, Indonesia  
[rafliaulia@telkomuniversity.ac.id](mailto:rafliaulia@telkomuniversity.ac.id)

2<sup>nd</sup> Rendy Munadi  
Prodi SI Teknik Telekomunikasi  
Telkom University  
Bandung, Indonesia  
[rendymunadi@telkomuniversity.ac.id](mailto:rendymunadi@telkomuniversity.ac.id)

3<sup>rd</sup> Nurwulan Fitriyanti  
Prodi SI Teknik Fisika  
Telkom University  
Bandung, Indonesia  
[nurwulan@telkomuniversity.ac.id](mailto:nurwulan@telkomuniversity.ac.id)

**Abstrak** — Pemantauan kebocoran air pada pipa Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan hal yang penting untuk memastikan pengelolaan air yang efisien dan mencegah pemborosan. Dalam konteks ini, pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi yang menjanjikan untuk memantau *Non-Revenue Water* secara *real-time*. Makalah ini mempresentasikan sistem monitoring kebocoran air pada pipa PDAM berbasis IoT dengan menggunakan *sensor water flow* sebagai *sensor* yang mendeteksi aliran air yang melewati rotor, *water pressure* sebagai *sensor* yang membaca tekanan pada pipa serta *Node MCU ESP8266* yang berfungsi sebagai mikrokontroler berbasis *Wi-Fi* yang dapat mengirimkan data kepada *firebase*. Berdasarkan hasil yang didapatkan, masing-masing lubang sengaja dilubangi untuk mengetahui dan melakukan uji coba pada pipa yang telah dilubangi untuk menentukan berdasarkan empat kondisi yang telah dilakukan seperti Tidak Bocor, Bocor Kecil, Bocor Sedang dan Bocor Besar. Sistem dengan berbasis IoT disediakan untuk memantau *Non-Revenue Water* jarak jauh dengan menggunakan koneksi internet yang memberikan penawaran dengan beberapa keuntungan, termasuk dapat meningkatkan efisiensi dalam deteksi kebocoran, termasuk peningkatan efisiensi dalam mendeteksi kebocoran yang dilakukan oleh pegawai PDAM yang memantau secara *real-time* dan akses jarak jauh yang diberikan oleh teknologi *Internet of Things*.

**Kata kunci**— *Internet of Things* (IoT), Pemantauan Kebocoran, Pipa PDAM, *Water Flow*, *Water Pressure*, *ESP8266*

## I. PENDAHULUAN

Seluruh dunia mengalami kebocoran pipa akibat beberapa faktor seperti kesalahan operasional, rendahnya kesadaran dalam pemeliharaan, kondisi lingkungan yang menyebabkan kerusakan pipa, bencana alam, dan banyak lainnya. Dalam hal integritas, jaringan pipa sangat penting dan secara ketat dimonitor oleh pemerintah, terutama yang terlibat dalam mendistribusikan air bagi masyarakat. Mereka bertanggung jawab untuk memastikan pengiriman air yang aman dan sehat kepada masyarakat.[1]. Tantangan ini merupakan hambatan yang signifikan bagi pemerintah yang terlibat dalam distribusi air. Masalah ini dikenal dengan NRW atau *Non-Revenue Water*. NRW mengacu pada volume air yang diproduksi namun tidak dapat dihitung dalam pendapatan atau kualitas. NRW mencakup dua kasus

utama: kehilangan secara fisik dan kehilangan komersial. Jurnal ini membahas tentang analisis air tanpa pendapatan, khususnya focus pada kehilangan fisik yang disebabkan oleh kebocoran pipa dan kondisi pipa yang sudah mulai tua dan rusak. Pemerintah yang bertanggung jawab atas distribusi air memang mengalami kerugian yang signifikan akibat NRW. Hal ini dibuktikan oleh laporan yang disediakan oleh PERPAMSI yang menunjukkan bahwa tingkat NRW Indonesia mencapai 33%, melebihi standar NRW nasional sebesar 20%. Persentase NRW yang tinggi ini menyebabkan kerugian substantial bagi pemerintah yang terlibat dalam mendistribusikan air kepada masyarakat.

Dengan besarnya angka NRW tentu mengakibatkan banyak kerugian bagi PDAM. Air yang telah diolah melalui berbagai proses dan memakan biaya hanya terbuang dengan percuma dan gagal untuk dijual kepada pengguna. Maka dari itu dengan perkembangan zaman yang telah dialami beberapa industri penggunaan Smart Metering berbasis *Internet of Things* dapat membantu manusia dalam melakukan pekerjaan dengan mudah yang dibantu oleh alat pintar untuk digunakan tanpa harus melakukan pengecekan ulang. Dengan menggunakan IoT, sistem tersebut dapat membantu banyak oleh karyawan PDAM yang dapat mendeteksi kebocoran air melalui Smart Metering ini.[2]

Penelitian ini menggunakan *Internet of Things* (IoT). *Internet of Things* sendiri didefinisikan sebagai sistem yang merupakan teknologi sebagai teknologi perkembangan zaman Revolusi Industri 4.0 yang menggunakan layanan aktif untuk berinteraksi dengan objek-objek melalui internet. IoT memungkinkan perangkat yang dapat berkomunikasi satu sama lain dengan pertukaran informasi melalui internet dengan atau tanpa manusia[3]. Dengan menggunakan sistem Smart Metering yang mempunyai kemampuan perangkat terhubung ke internet dapat mengukur jumlah konsumsi air yang digunakan[4].

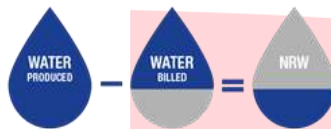
## II. KAJIAN TEORI

### 2.1 *Non-Revenue Water*

*Non-Revenue Water* atau disebut dengan selisih antara jumlah air yang disalurkan dengan jumlah air yang diterima. *Non-Revenue Water* merupakan sebuah kerugian yang dialami baik dari pihak industri maupun pihak pengguna yang menggunakan jasa air minum tersebut. *Non-Revenue*

Water disebabkan oleh dua kategori, kategori pertama berdasarkan *physical losses* yang diakibatkan terjadinya kebocoran pada pipa yang mengalirkan air tersebut, tekanan pipa yang sudah mengalami keretakan, serta bencana alam yang menimpa pipa tersebut. Kategori kedua berdasarkan *commercial losses* yang disebabkan penunggakan pembayaran pengguna yang merugikan pihak industri karena tidak mendapatkan uang dikarenakan pengguna yang melewati masa pembayaran yang telah ditentukan[5]. Pada **Gambar 1** menjelaskan apa itu NRW.

## WHAT IS NRW?



**Gambar 1** Apa itu NRW[6]

## 2.2 Internet of Things

*Internet of Things* (IoT) merupakan teknologi yang berkembang dengan menggunakan mikrokontroler transceiver untuk komunikasi digital yang akan membuat mereka berkomunikasi satu sama lain dengan menggunakan internet[7]. Dengan kemajuan teknologi membuat banyak pihak industri ingin menerapkan Teknologi 4.0 seperti peralatan rumah tangga, pemantauan sensor, kamera pengintai dan lain lain yang menggunakan teknologi *Internet of Things* sebagai perantaranya. Dengan adanya teknologi *Internet of Things* dapat menggunakan parameter nilai dari alat ukur yang digunakan, data tersebut berupa data analog atau digital yang menggunakan koneksi internet sebagai perantara data tersebut[8]. Dengan adanya sensor tersebut dapat membantu pengguna untuk mengirimkan data menggunakan sensor yang akan dibutuhkan. Berikut adalah **Gambar 2** tentang IoT



**Gambar 2** Internet of Things

## 2.3 Water Flow Sensor

*Water flow sensor* yaitu sensor yang dapat memberi tahu kepada pengguna seberapa banyak pemakaian debit air yang mengalir pada pipa[9]. *Water flow* yang digunakan yaitu *YF-S201* yang menggunakan tiga kabel untuk diintegrasikan dalam *Internet of Things* dengan harga yang masih dapat dijangkau, seperti kabel berwarna merah/VCC sebagai input, Hitam/GND dan Kuning/OUT yang digunakan untuk dihubungkan dengan mikrokontroler. *YF-S201* mempunyai sensor *Hall-Effect* yang dapat diintegrasikan untuk

mengeluarkan *pulse* setiap putarannya[10]. Berikut *Water Flow Sensor* yang digunakan pada **Gambar 3**.



**Gambar 3** Water Flow Sensor

## 2.4 Water Pressure Sensor

*Water pressure sensor* yang secara khusus digunakan untuk mengukur tekanan tangka, pipa atau air dibawah tanah. Dengan memberikan nilai disaat sensor tersebut dijalankan, dapat membantu pengguna melihat kondisi pipa tersebut berdasarkan tekanan yang diberikan[11]. Sensor tekanan ini menggunakan sinyal *analog* dengan outputnya sinyal *digital* yang memudahkan pengguna untuk memantau tekanan air yang sedang mengalir. Berikut *Water Pressure Sensor* yang digunakan pada **Gambar 4**.



**Gambar 4** Water Pressure Sensor

## 2.5 OLED

*Organic Light Emitting Diode* atau disingkat *OLED*. Merupakan layar yang memiliki panel sebagai kandungan elemen elemen yang dapat memancarkan cahaya disaat disambungkan dengan listrik. Pada *OLED* ini beragam ragam ukurannya seperti 128x64, kemudian 128x32 dan mempunyai warna seperti *OLED* biru, putih, dan dua warna. Pada *OLED* ini sudah memiliki I2C yang dapat membantu pengguna untuk menyambungkan kable *jumper* ke dalam mikrokontroler yang digunakan nantinya[12]. Pada **Gambar 5** tentang *OLED* yang kami gunakan.



**Gambar 5** OLED Display 128 x 64

## 2.6 Node MCU ESP8266

*Node MCU ESP8266* adalah salah satu mikrokontroler yang bersifat *opensource* atau gratis. Pada *ESP8266* terdiri dari beberapa chip yang dibuat oleh *ESP* atau *Espressif System*. Pada *ESP8266* memiliki modul *Wi-Fi* yang berfungsi sebagai perantara koneksi *internet*, pada *ESP8266* membutuhkan daya sekitar 3.3v hingga 5v dengan total GPIO 17 pin yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan pada

implementasi masing masing[13]. **Gambar 6** adalah mikrokontroler yang kami gunakan.



**Gambar 6** Node MCU ESP8266

### 2.7 Firebase Real-Time Database

Firestore adalah database yang disediakan oleh Google yang dapat memudahkan pengembang untuk mengembangkan source code yang digunakan agar dapat berkolaborasi dengan website serta aplikasi seluler. Firebase Real-Time Database sejenis cloud hosting yang memungkinkan pengguna untuk menyimpan dan mengambil data yang disimpan dalam database[14]. **Gambar 7** adalah Firebase yang digunakan sebagai database.



**Gambar 7** Firebase Real-Time Database

## III. METODE

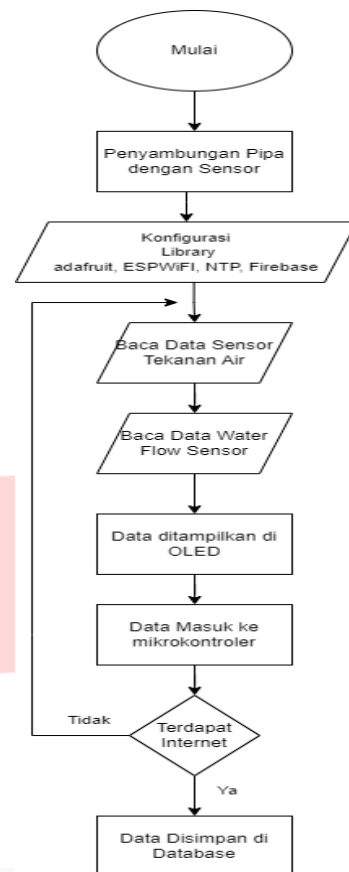
### 3.1 Gambaran Umum Sistem



**Gambar 8** Desain Sistem

Pada **Gambar 8** menjelaskan desain sistem sederhana dalam perancangan dan implementasi Non-Revenue Water menggunakan Node MCU ESP8266, Water Pressure Sensor, Water Flow Sensor dan OLED Display. ESP8266 adalah microcontroller yang sudah dilengkapi dengan berbagai library untuk memudahkan dalam penggunaan sensor yang akan dibutuhkan, serta ESP8266 adalah microcontroller yang memiliki jaringan Wi-Fi untuk mengirimkan data tersebut ke database yang digunakan yaitu Firebase. Kemudian Water Pressure berfungsi untuk mendeteksi tekanan air yang berada di dalam pipa sehingga dapat mengetahui tingkat kebocoran berdasarkan tekanan pipa yang mengalir di dalam pipa tersebut. Water Flow sensor berfungsi untuk mendeteksi debit air yang mengalir, jika terindikasi kebocoran dapat terlihat dari debit air yang keluar dari pipa tersebut, sehingga dapat membantu memudahkan untuk menganalisis jika terjadi sebuah kebocoran.

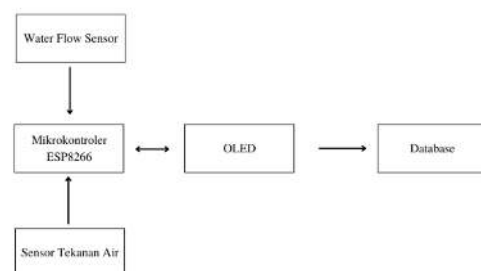
### 3.2 Diagram Alir Non-Revenue Water



**Gambar 9** Diagram Alir Sistem

Pada **Gambar 9** diatas menjelaskan tentang sistem yang berjalan serta data yang dikirimkan oleh sensor akan masuk ke microcontroller yang akan diteruskan ke tahap selanjutnya jika terdapat internet yaitu akan tersimpan di database, namun jika microcontroller yang digunakan tidak terdapat internet, sistem ini akan berjalan namun akan ditampilkan saja di OLED yang sudah disediakan sebagai opsi jika koneksi internet yang mengalami gangguan.

### 3.3 Diagram Blok



**Gambar 10** Diagram Blok

Pada **Gambar 10** menjelaskan diagram blok sederhana bagaimana sistem berjalan dengan menggunakan microcontroller ESP8266. Dimulai dengan pengambilan data oleh sensor, dimana debit air akan dibaca oleh water flow sensor dan tekanan air akan dibaca oleh sensor tekanan air. Kemudian data tersebut akan masuk ke microcontroller

kemudian akan terkirim ke database yang disediakan yaitu firebase.

### 3.4 Database



Gambar 11 Firebase Real-Time Database

Pada Gambar 11 database ini berfungsi untuk menampilkan data secara *real time* dan juga berfungsi untuk menyimpan data tersebut agar dapat dikelola serta dipastikan nilai pengujian yang didapatkan. Data tersebut adalah data yang terbaca oleh *sensor* yang digunakan yang ditampilkan dalam platform *firebase*. Hasil data tersebut akan tersimpan sebagai format *JSON* yang dapat di unduh oleh pengguna untuk melihat data tersebut dan dapat disinkronkan secara *real time* kepada pengguna yang terhubung

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kalibrasi Water Flow Sensor

Tahap pengujian ini bertujuan untuk mendeteksi seberapa akurat sensor water flow yang digunakan agar tidak terjadi beberapa kesalahan yang diinginkan, maka dari itu dilakukan kalibrasi pada sensor tersebut agar dapat mendapatkan angka sesuai yang diinginkan. Untuk mendapatkan angka yang akurat digunakan rumus sebagai berikut:

$$flowRate = \frac{\frac{1000}{mills - previousMills} \times pulse1Sec}{calibrationFactor} \quad (1)$$

Persamaan (1) adalah rumus yang digunakan untuk menentukan nilai water flow sensor untuk mendapatkan angka yang akurat. Setelah menggunakan rumus tersebut, berikut hasil yang ditampilkan pada Tabel 1:

Tabel 1 Pengujian Water Flow Sensor

Percobaan air 1 Liter/menit	Hasil	Kondisi
Percobaan ke-1	1 Liter/menit	Normal
Percobaan ke-2	1,01 Liter/menit	Melebihi 0,1
Percobaan ke-3	1 Liter/menit	Normal
Percobaan ke-4	1,05 Liter/menit	Melebihi 0,5
Percobaan ke-5	0,83 Liter/menit	Kurang 0,17
Percobaan ke-6	1,23 Liter/menit	Melebihi 23
Percobaan ke-7	1,05 Liter/menit	Melebihi 0,5
Percobaan ke-8	0,99 Liter/menit	Kurang 0,1
Percobaan ke-9	1,12 Liter/menit	Melebihi 12
Percobaan ke-10	1,11 Liter/menit	Melebihi 11
Percobaan ke-11	1,17 Liter/menit	Melebihi 17
Percobaan ke-12	1,09 Liter/menit	Melebihi 0,9
Percobaan ke-13	1,18 Liter/menit	Melebihi 18

Percobaan ke-14	1 Liter/menit	Normal
Percobaan ke-15	1 Liter/menit	Normal

### 4.2 Kalibrasi Water Pressure Sensor

Pengujian Sensor Water Pressure ini bertujuan untuk mendeskripsikan kondisi bocor seperti Tidak Bocor, Bocor Kecil, Bocor Sedang, Bocor Besar. Penelitian ini dapat mendeteksi berdasarkan empat kondisi yang sudah ditentukan dengan mata bor yang berbeda-beda seperti Bocor Kecil menggunakan mata bor 6, Bocor Sedang menggunakan mata bor 8-10 dan yang terakhir Bocor Besar mata bor diatas 10. Setelah di lubangi pipa tersebut, masing-masing pipa dapat mendeteksi tekanan yang berbeda-beda dan debit air yang mengalir pun mengalami perbedaan. Untuk menentukan nilai tekanan yang didapatkan, digunakan rumus sebagai berikut:

$$V = \frac{analogRead(0) \times 5.00}{1024}$$

$$P = (V - Offset) \times 250 \quad (2)$$

Persamaan (2) adalah rumus yang digunakan untuk mendeteksi nilai tekanan yang didapatkan pada Water Pressure Sensor. Kalibrasi ini digunakan untuk mendapatkan nilai yang mendekati angka nol agar dapat berjalan tanpa merasa dirugikan akan nilai yang didapatkan. Hasil dari persamaan diatas, didapatkan pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2 Pengujian Water Pressure Sensor

Kondisi	Kehilangan Air Liter/menit	Nilai Tekanan
Tidak Bocor	0 Liter/menit	$P \geq 13.00$
Bocor Kecil	$> 0$ Liter/menit - $< 7,5$ Liter/menit	$10.00 - P - 13.00$
Bocor Sedang	$\geq 7.5$ Liter/menit - $< 13$ Liter/menit	$7.50 - P - 10.00$
Bocor Besar	$\geq 13$ Liter/menit	$4.00 - P - 7.50$

#### 4.2.1 Status Pipa Kondisi Tidak Bocor

Berdasarkan nilai tekanan yang didapatkan pada Tabel 2, berikut adalah Gambar 12 yang menunjukkan jenis pipa dalam kondisi tidak bocor yang digunakan untuk mengetahui nilai tekanan yang didapatkan. Pada kondisi tidak bocor, nilai tekanan yang didapatkan adalah  $\geq 13.00$  KPa.



Gambar 12 Pipa Kondisi Tidak Bocor

#### 4.2.2 Status Pipa Kondisi Bocor Kecil

Begitu pula kondisi Bocor Kecil, pipa yang digunakan secara sengaja dilubangi sesuai mata bor yang digunakan pada pipa kondisi Bocor Kecil seperti **Gambar 13** dibawah ini. Pada kondisi bocor kecil, nilai tekanan yang didapatkan adalah 10.00 – P – 13.00 KPa.



**Gambar 13** Pipa Kondisi Bocor Kecil

#### 4.2.3 Status Pipa Kondisi Bocor Sedang

Kondisi Bocor Sedang pun secara sengaja untuk dilubangi agar dapat disesuaikan dengan nilai tekanan yang didapatkan. Semua kondisi pipa disini dilubangi dengan menggunakan bor yang ukuran bor yang berbeda-beda. **Gambar 14** dibawah ini adalah kondisi pipa yang digunakan sebagai kondisi pipa Bocor Sedang dengan nilai yang didapatkan adalah 7.50 – P – 10.00 KPa.



**Gambar 14** Pipa Kondisi Bocor Sedang

#### 4.2.4 Status Pipa Kondisi Bocor Besar

Kondisi Bocor Besar dilubangi secara sengaja pula untuk mendapatkan nilai tekanan agar mudah dalam mendeklarasikan kondisi Bocor Besar yang sedang dialami. **Gambar 15** adalah kondisi dimana pipa yang digunakan sebagai Bocor Besar dengan nilai yang didapatkan adalah 4.00– P – 7.50 KPa.



**Gambar 15** Pipa Kondisi Bocor Besar

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada tugas akhir ini, berikut merupakan kesimpulan yang dapat ditarik oleh penulis :

1. Implementasi ini berhasil mendefinisikan jenis-jenis kebocoran yang telah ditentukan seperti Tidak Bocor, Bocor Kecil, Bocor Sedang, hingga Bocor Besar. Sehingga berhasil mendeteksi adanya NRW berdasarkan tekanan air yang dialami di dalam pipa tersebut.
2. Memberikan efektifitas dan efisiensi pegawai PDAM.
3. Sensor berhasil mengirimkan data ke database yang digunakan, sehingga data tersebut dapat diolah dan ditinjau lebih dalam untuk dilihat oleh pengguna.
4. Dapat mengetahui debit air yang mengalir menggunakan sensor Water Flow Sensor untuk dianalisis dan dilakukan pencocokan jika mengalami penurunan pada debit tersebut, terindikasi kebocoran.

### 5.2 Saran

1. Diharapkan menambahkan parameter seperti machine learning untuk meningkatkan nilai akurasi yang didapatkan
2. Menambahkan sensor tambahan seperti sensor suara, sensor kelembapan, sensor suhu, dan sensor kekeruhan yang dapat mendukung machine learning untuk meningkatkan nilai akurasi pada alat yang digunakan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Utama, "PERMASALAHAN NON-REVENUE WATER (NRW) DALAM PELAYANAN AIR BERSIH."
- [2] A. Dwi Prasetya *et al.*, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pendeteksi Lokasi Kebocoran Pipa Berdasarkan Analisis Debit Air Berbasis IoT," 2020.
- [3] P. Studi, "RANCANG BANGUN KONTROL DAN MONITORING METERAN AIR PDAM BERBASIS INTERNET OF THINGS TUGAS AKHIR," 2019.
- [4] D. Anandhavalli, K. S. Sangeetha, and ..., "Smart meter for water utilization using IoT," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2018, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/56800973/IRJET-V5I4221.pdf>
- [5] G. Utama, "PERMASALAHAN NON-REVENUE WATER (NRW) DALAM PELAYANAN AIR BERSIH."
- [6] "Target Penurunan Angka ATR (Air Tidak Berekening)/NRW (Non Revenue Water) | NAWASIS – National Water and Sanitation Information Services." <https://www.nawasis.org/portal/galeri/read/target-penurunan-angka-atr-air-tidak-berekening-nrw-non-revenue-water-/51862> (accessed Jul. 05, 2023).
- [7] M. Ashifuddinmondal and Z. Rehena, "IoT Based Intelligent Agriculture Field Monitoring System," in *Proceedings of the 8th International Conference Confluence 2018 on Cloud Computing, Data Science*

- and Engineering, Confluence 2018*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Aug. 2018, pp. 625–629. doi: 10.1109/CONFLUENCE.2018.8442535.
- [8] “JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika),” 2022.
- [9] D. Putra Arief Rachman Hakim *et al.*, “JURNAL IPTEK MEDIA KOMUNIKASI TEKNOLOGI Sistem Monitoring Penggunaan Air PDAM pada Rumah Tangga Menggunakan Mikrokontroler NODEMCU Berbasis Smartphone ANDROID,” *Jurnal IPTEK*, vol. 22, 2018, doi: 10.31284/j.ipitek.2018.v22i2.
- [10] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *ICCCN 2019 : the 28th International Conference on Computer Communication and Networks : July 29 - August 1, 2019, Meliá Valencia Hotel, Avenida de las Cortes Valencianas, 52, Valencia, Spain*.
- [11] A. Agung Ridowi, R. Fatkhur Rizal, F. Yumono, and I. Kadiri, “PROTOTYPE KONTROL TEKANAN AIR MENGGUNAKAN SENSOR PRESSURE TRANSDUSER UNTUK KERJA POMPA AIR BERBASIS ARDUINO,” 2023.
- [12] D. Ismail *et al.*, “Perancangan Sarung Tangan Menggunakan Sistem Discovery ID Berbasis Wireless Network untuk Mencegah Kehilangan Anggota dalam Pendakian,” *IJCCS*, vol. x, No.x, pp. 1–5.
- [13] F. Agus Setyanigsih, J. Rekayasa Sistem Komputer, and F. H. MIPA Universitas Tanjungpura Jalan Hadari Nawawi Pontianak Telp, “SISTEM PENGONTROLAN DAN MONITORING PADA KANDANG AYAM BROILER BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT),” *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak (JATIKA)*, vol. 3, no. 1, pp. 117–128, 2022, [Online]. Available: <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/informatika>
- [14] G. J. R. Kumar and K. Zaki, “IoT based system for monitoring and control of industrial process using real-time firebase database,” in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., Feb. 2023. doi: 10.1063/5.0100856.