

Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pendeteksi Lokasi Kebocoran Pipa Berdasarkan Analisis Debit Air Berbasis IoT

Ardi Dwi Prasetya¹⁾, Haryanto²⁾, dan Kunto Aji Wibisono³⁾

^{1, 2), 3)} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura

Jl. Raya Telang, Perumahan Telang Indah, kamal, Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur

e-mail: ardiprasetya05@gmail.com¹⁾, haryanto@trunojoyo@gmail.com²⁾, kunto.ajiw@trunojoyo.ac.id³⁾

ABSTRACT

The purpose of this research is to design and realize a pipe leak detection system that can be monitored with an Android application. Water flow sensor is used to determine the flow of water, with water flow rate analysis it is possible to know the leakage area, pipe leakage rate, and the number of leaks in pipe area if there is a water flow rate decrease. The data is processed with an NodeMCU microcontroller based on Internet of Things (IoT). The accuracy of all water flow sensors after calibration is 97,53%. When testing with the determination of each leaked area the results are appropriate. The reading of each water flow rate decrease that occurs has an accuracy of determining the leakage rate of 90,2% while the suitability of reading the number of leakage areas depends on the detection of the leakage area and the classification of the leakage rate. The greater the water flow reads on the sensors, the precision level to determine the level of water pipe leakage is getting better, and vice versa, this is due to sensors having variable variations in flow rate readings.

Keywords: Internet of Things (IoT), Leakage, Monitoring, Water flow Rate Analysis, Water Flow Sensor.

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang dan merealisasikan sebuah sistem pendeteksi kebocoran pipa yang dapat dimonitor dengan Android application. Water Flow Sensor digunakan untuk mengetahui debit air yang mengalir berdasarkan area pipa yang berada diantara 2 buah sensor, dengan analisis debit air memungkinkan untuk mengetahui area kebocoran, tingkat kebocoran, serta jumlah area kebocoran jika terjadi penurunan debit air yang diolah dengan mikrokontroler NodeMCU berbasis Internet of things (IoT). Akurasi dari 7 buah Water Flow Sensor setelah dilakukan kalibrasi sebesar 97,53%. Ketika dilakukan pengujian dengan penentuan pada setiap area bocor hasilnya sesuai, pembacaan setiap penurunan debit yang terjadi memiliki akurasi penentuan tingkat kebocoran sebesar 90,2% sedangkan kesesuaian pembacaan jumlah area bocor tergantung pada deteksi area bocor dan klasifikasi tingkat kebocoran. Semakin besar debit air yang terbaca pada sensor maka tingkat kepresisian untuk menentukan tingkat kebocoran pipa air semakin bagus, begitu pula sebaliknya, hal ini dikarenakan sensor memiliki variasi pembacaan debit yang tidak tetap.

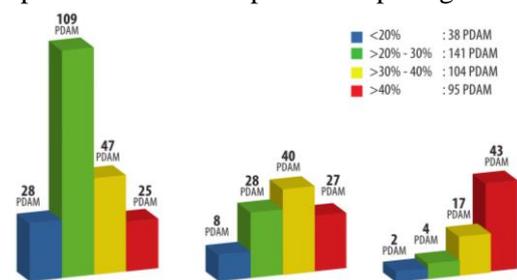
Kata Kunci: Analisis Debit Air, Internet Of Things (IoT), Kebocoran, Monitoring, Water Flow Sensor.

I. PENDAHULUAN

Seiring meningkatnya populasi dan aktivitas manusia, kebutuhan terhadap konsumsi air minum juga meningkat. Hal ini juga yang mempengaruhi ketersediaan dan kualitas air yang terdapat di alam [1]. Peraturan Pemerintah Nomor 122 tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum menerangkan bahwa Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) adalah satu kesatuan sarana dan prasarana air minum. Penyelenggaraan SPAM merupakan serangkaian kegiatan dalam melaksanakan pengembangan dan pengelolaan sarana dan prasarana yang mengikuti proses dasar manajemen untuk menyediakan air minum kepada masyarakat [2].

Air Tak Berekoning (ATR) merupakan salah satu penyebab buruknya kinerja perusahaan air minum. Penyebab kehilangan air di Indonesia, antara lain sebagian besar PDAM tidak memiliki meter induk yang akurat, meter air tidak pernah diganti sehingga akurasi menurun, dan pencurian air serta kebocoran pada instalasi saluran pipa air [3]. Besarnya Non Revenue Water (NRW) tidak hanya menyebabkan kerugian finansial

untuk instansi penyedia air mium, tetapi juga menimbulkan masalah lain seperti berkurangnya volume dan tekanan air yang mengalir ke sambungan rumah pelanggan [4]. Kondisi kehilangan air yang ada di Indonesia pada tahun 2017 dapat dilihat pada gambar 1.



Sumber: Buku Kinerja PDAM (BPPSPAM, 2017)

Gambar 1. Kondisi Kehilangan Air di Indonesia

Selain masalah kehilangan air, masalah lain yang sedang dihadapi yaitu tingginya kapasitas air yang tidak dimanfaatkan (idle Capacity) yaitu sebesar 37.900 Liter/detik. Salah satu penyebab tingginya idle capacity adalah belum adanya jaringan distribusi yang memadai

akibat kurangnya alokasi anggaran dari pemerintah daerah untuk melakukan pengadaan dan pemasangan pipa distribusi dan sambungan rumah [5][6].

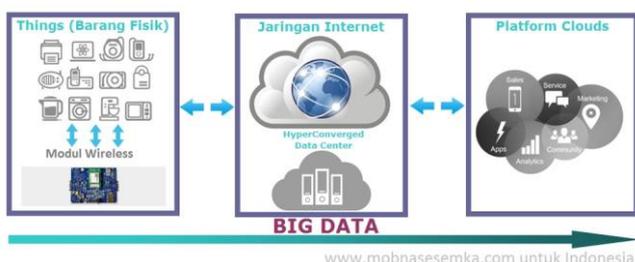
Kebocoran terdiri atas 2 faktor, yaitu faktor kebocoran secara teknis pada kegiatan perawatan, dan kebocoran yang tidak diinginkan. Kebocoran teknis pada suatu sistem yang diperlukan dalam kegiatan perawatan umumnya berkisar 5%. Kebocoran yang tidak diinginkan yang terjadi pada pipa juga sangat beragam mulai dengan adanya rekahan pipa, pencurian air, sambungan yang tidak rapat, pipa patah, dan lain-lain. Semakin besar kapasitas sistem jaringan, maka akan semakin besar pula persentase kebocorannya. Kebocoran air biasa terjadi pada pipa transmisi, kebocoran pada bak penampung/tangki, instalasi pengolahan air, dan jaringan distribusi. Pencegahan kebocoran harus dilakukan mulai dari desain, dan konstruksi, karena proses penanganan kebocoran sangat sulit dan mahal [7][8][9].

Untuk itu diperlukan adanya suatu sistem *monitoring* dan pendeteksi kebocoran pada media penyaluran air secara *real time* untuk menekan tingkat kehilangan air yang cukup tinggi tersebut. Dengan analisis debit air yang terintegrasi dengan notifikasi yang responsif diharapkan ketika terjadi suatu kebocoran dapat dengan cepat diketahui dan memberikan informasi berupa lokasi area kebocoran, tingkat kebocoran sistem serta jumlah kebocoran serta dapat segera diambil tindakan perbaikan yang dapat mengurangi tingkat kehilangan air yang cukup tinggi tersebut.

II. TEORI

A. Internet of Things

Konsep IoT ini cukup sederhana dengan cara kerja mengacu pada 3 elemen utama arsitektur IoT, yakni: barang fisik yang dilengkapi modul IoT, perangkat koneksi ke internet seperti Modem, dan Router Wireless Speedy seperti di rumah, dan Cloud Data Center tempat untuk menyimpan aplikasi beserta database seperti pada yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Konsep Internet of Things

Teknologi *Internet Of things (IoT)* mulai dikenal sebagai sistem yang dapat manusia, Karena saling terkoneksi antara satu dengan yang lainnya secara terus-menerus. *Internet of things* adalah sebuah konsep Di-

mana sebuah *device* atau objek dapat memiliki kemampuan untuk bertukar atau transfer informasi tanpa memerlukan interaksi langsung dari manusia ke manusia ataupun manusia ke Komputer [10].

B. Firebase

Firebase adalah suatu layanan dari google yang digunakan untuk mempermudah para pengembang aplikasi dalam mengembangkan aplikasinya. Dengan adanya firebase, pengembang aplikasi bisa fokus mengembangkan aplikasi tanpa harus adanya usaha yang besar. Firebase memiliki beberapa fitur yang menarik, yaitu Firebase Remote Config, dan Firebase Realtime Database, serta mendukung untuk aplikasi yang membutuhkan notifikasi yaitu Firebase Notification.

Firebase Realtime Database merupakan could database yang di-host di cloud. Data disimpan sebagai JSON dan disinkronkan secara realtime ke setiap client yang terhubung. Ketika merancang Hybrid Application seperti Android, iOS, dan JavaScript, maka semua klien berbagi satu instance realtime databasedan secara otomatis menerima pembaruan dengan data tertentu. Firebase realtime database adalah basis data NoSQL sehingga memiliki optimalisasi dan fungsionalitas yang berbeda dibandingkan dengan basis data relasional. Firebase databes dapat dibuat dengan cara manual secara langsung melalui halaman konsol firebase, bisa juga dengan cara import file JSON ke konsol firebase [11].

Firebase Realtime Database dapat digunakan untuk membuat aplikasi kolaboratif yang kaya akan fitur dengan menyediakan akses yang aman ke database, langsung dari sisi client, lalu data akan disimpan ke drive lokal. Ketika offline peristiwa realtime akan terus berlangsung hingga koneksi perangkat normal kembali, sehingga setiap perbedaan akan otomatis digabungkan. Realtime Database juga menyediakan bahasa aturan yang fleksibel, atau disebut juga aturan keamanan Firebase realtime database, untuk menentukan metode strukturasi data dan kapan data dapat dibaca atau ditulis. Ketika diintegrasikan dengan firebase authentication, developer dapat menentukan siapa yang memiliki akses ke data tertentu dan bagaimana mereka dapat mengaksesnya.

C. NodeMCU V3 LOLIN

NodeMCU adalah Open-Source Firmware dan pengembangan kit yang membantu untuk membuat prototype produk Internet of things (IoT) dengan berbasis skrip Lua sebagai bahasa pemrogramannya. Hal ini didasarkan pada proyek Elua, dan dibuat diatas ESP8266SDK [12]. Istilah NodeMCU secara default mengacu pada firmware yang digunakan pada perangkat keras development kit. NodeMCU bisa dianalogikan sebagai board arduinonya ESP8266. NodeMCU telah me-package ESP8266 kedalam sebuah board yang kompak

dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroler dan kemampuan akses WiFi juga chip komunikasi USB to serial sehingga untuk memprogramnya hanya diperlukan ekstensi kabel data USB. NodeMCU menggunakan standar tegangan 3,3V, namun masih bisa terhubung dengan 5 V melalui port mikro USB atau pin Vin yang disediakan oleh boardnya

Tabel 1. Spesifikasi NodeMCU V3 LOLIN

SPEKIFIKASI	NODEMCU V3
Mikrokontroler	ESP 8266
Ukuran Board	57 mm x 30 mm
Tegangan Input	3.3 ~ 5 V
GPIO	13 Pin
Kanal PWM	10 Kanal
10 bit ADC Pin	1 Pin
Flash Memory	4 MB
Clock Speed	40/26/24 MHz
WiFi	IEEE 802.11 b/g/n
Frekuensi	2.4 GHz - 22.5 GHz
USB Port	Micro USB
Card Reader	Tidak Ada
USB to Serial Converter	CH340G

D. Water Flow Sensor YF-S201

Water flow sensor atau sensor aliran air adalah sensor yang berfungsi untuk menghitung volume dan debit air atau fluida pada suatu pipa atau saluran yang melewati sensor tersebut. Water flow sensor terdiri dari katub plastik, rotor air, dan sensor hall effect. Ketika air mengalir melalui wadah atau penampang rotor, maka kecepatan putaran rotor akan berubah sesuai dengan kecepatan air. Sensor ini memanfaatkan fenomena hall effect. Efek hall terjadi ketika konduktor pembawa arus tertahan pada medan magnet, medan memberi gaya menyamping pada muatan-muatan yang mengalir pada konduktor [13]. Gambar fisik water flow sensor YF-S201 dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Water Flow Sensor YF-S201

Hall effect sensor merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet. Hall effect sensor akan menghasilkan sebuah tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterima oleh sensor. Proses pengkonversian berlangsung dalam sensor. Adanya aliran fluida yang mengalir pada sensor mengakibatkan kincir pada sensor akan berputar, putaran pada kincir akan menimbulkan medan magnet

pada kumparan yang terdapat pada water flow sensor. Medan magnet tersebut yang dikonversi oleh hall effect menjadi pulsa.

Frekuensi pulsa Hall Effect memiliki hubungan linier dengan jumlah (Volume) fluida yang melintasi penampang sensor. Yang memungkinkan Water Flow Sensor YF-S201 digunakan dengan tujuan pengukuran akurasi debit dan tingkat presisi yang cukup tinggi. Salah satu parameter penting yang memiliki peran sangat penting untuk akurasi pembacaan debit air adalah faktor kalibrasi yang merupakan frekuensi sensor untuk 1 Liter fluida yang melewatinya. Berdasarkan datasheet Water Flow Sensor menentukan nilai faktor kalibrasi sebesar 7,5 dengan tingkat akurasi ketidakpastian antara sensor satu dengan sensor lainnya sebesar 3 – 10% [14][15].

Untuk mengukur debit air yang mengalir didalam pipa dapat menggunakan persamaan (1):

$$Q = \frac{\text{Pulse Frequency}}{CF} \quad (1)$$

Dimana Q adalah debit air mengalir yang dinyatakan dengan liter/menit, Pulse Frequency adalah jumlah putaran per periode yang dinyatakan dengan Hz, sedangkan CF adalah calibration factor yang dinyatakan dengan nilai 7,5 [16].

E. Aliran Fluida (Debit dan Volume)

Tidak semua aliran fluida yang berpindah dinamakan fluida bergerak. Yang dimaksud fluida bergerak adalah jika fluida tersebut bergerak lurus terhadap sekitar. Aliran fluida dikatakan aliran garis lurus, apabila garis lurus apabila aliran fluida yang mengalir mengikuti suatu garis lurus (lurus melengkung) yang jelas pada pangkalnya. Aliran garis lurus juga disebut dengan aliran berlapis atau aliran laminar (laminar flow). Kecepatan-kecepatan partikel di tiap titik pada garis lurus searah dengan garis singgung pada titik itu juga. Dengan demikian garis arus tidak pernah berpotongan. Pada fluida yang tidak termampatkan, hasil kali antara kelajuan aliran fluida dan luas penampang selalu tetap. Debit adalah volume fluida (Liter) yang mengalir melewati suatu penampang dalam selang waktu tertentu. Volume adalah perhitungan seberapa banyak ruang yang bisa ditempati dalam suatu objek. Objek itu bisa berupa benda yang beraturan maupun benda yang tidak beraturan. Sehingga besarnya volume dapat ditentukan dengan persamaan:

$$V = Q \times t \quad (2)$$

Dimana V adalah volume air yang dinyatakan dengan liter, Q adalah debit yang dinyatakan dengan liter/menit, sedangkan t adalah waktu dengan satuan menit. Dengan kata lain jika output hasil pengukuran terbaca 1 liter/menit maka output sinyal frekuensi 7,5 Hz, konstanta 7,5 didapatkan dari datasheet dengan ditetapkan 450 putaran menghasilkan 1 liter air. Konstanta

ini nilainya bisa naik atau turun dengan selisih yang cukup signifikan dikarenakan adanya nilai toleransi atau akurasi pembacaan sensor yang berada di angka 10%. Untuk sistem yang membutuhkan adanya keakuratan dalam pembacaan debit air sebaiknya melakukan kalibrasi terlebih dahulu terhadap setiap sensor yang akan dipakai. Dari persamaan 1 dapat ditarik persamaan turunan untuk mencari volume air dari pembacaan sensor, dapat dilihat pada persamaan 3 dan 4.

$$V = Q \times \frac{t}{60} \quad (3)$$

atau

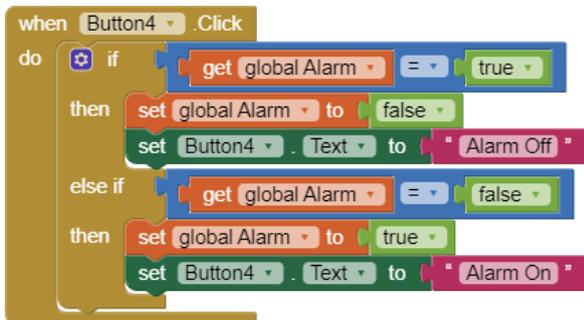
$$V = \frac{n}{7,5 \times 60} \quad (4)$$

Dimana n adalah jumlah pulse yang dihasilkan dari putaran rotor sensor, sedangkan angka 60 adalah nilai faktor pembagi persamaan dengan penggunaan satuan debit Liter/menit

F. App Inventor

App Inventor merupakan sebuah tool yang biasa digunakan untuk merancang dan membuat aplikasi android yang berbasis visual block Programming tanpa menggunakan code satupun. Didalam penggunaan app inventor untuk membuat aplikasi android akan dimudahkan hanya dengan melihat, menyusun, dan menyeret (Drag and Drop) blok yang merupakan simbol event handler dan perintah tertentu [17].

App Inventor 2 (AI2) adalah IDE generasi kedua dari App Inventor yang dikelola oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT). AI2 dapat diakses dengan menggunakan internet Browser karena sistem ini berbasis Cloud. AI2 dapat diakses di <http://ai2.appinventor.mit.edu/>. AI2 menggunakan block puzzle yang disusun agar menjadi rangkaian kode seperti yang terlihat pada gambar 4. Block Editor adalah sekumpulan blok yang berisi perintah untuk fungsi percabangan, perulangan, variabel, array, serta beberapa fungsi khusus seperti Public Static Class yang bisa langsung dipakai tanpa harus membuat objek terlebih dahulu. Contoh block puzzle AI2 pada App Inventor dapat dilihat pada gambar 4.

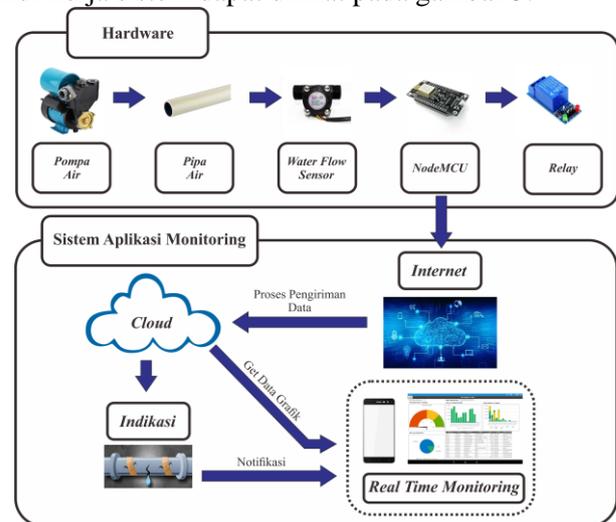


Gambar 4. Block Puzzle dalam AI2

III. METODE

A. Alur Kerja Sistem

Rancang bangun sistem monitoring dan pendeteksi lokasi kebocoran pipa air berdasarkan analisis debit air berbasis Internet of Things ini terdiri dari 3 tahap, yaitu perancangan perangkat keras (Hardware), perancangan perangkat lunak (software), dan pengujian kinerja alat. Alur kerja sistem dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem terbagi menjadi 2 bagian utama yaitu bagian hardware dan proses dari sistem aplikasi monitoring pada android. Deskripsi dari alur kerja sistem dijelaskan secara rinci, yaitu:

1) Hardware

Pada bagian ini memperlihatkan proses pengambilan data oleh sensor *flow meter* yang kemudian dikirimkan ke mikrokontroler *NodeMCU* serta modul wifi *ESP8266* yang telah *terpackage* dilamnya yang berfungsi untuk proses pengiriman data ke *cloud storage*.

Proses ini dimulai dari pompa air yang mengalirkan air melalui pipa yang akan direkam oleh sensor *flow meter*. Sensor akan mengumpulkan data debit air yang mengalir melewatinya, dan kemudian akan dikirimkan ke *NodeMCU*. *Flow meter* akan mengirimkan data ke *NodeMCU* melalui port digital yang tersedia.

Pada *NodeMCU* juga dibuatkan sebuah program untuk mendeteksi jika terjadi kebocoran pada area pipa air. Kebocoran akan terdeteksi ketika debit air yang awalnya terbaca normal oleh sensor kemudian terjadi penurunan debit air. *NodeMCU* akan mengolah data ini dengan melakukan analisis debit air sehingga diperoleh area lokasi kebocoran, tingkat kebocoran dan jumlah kebocoran yang terjadi, kemudian akan mengirimkannya sebagai notifikasi pada sistem aplikasi *monitoring* pada perangkat *android*.

2) Sistem Aplikasi *Monitoring*

Sistem aplikasi yang akan dibangun merupakan aplikasi yang berbasis *Internet of things* yang bisa dipantau secara *real-time*. Aplikasi dibuat dengan menggunakan *MIT Inventor* untuk menampilkan debit air yang mengalir pada pipa. Data hasil pembacaan dari *warter flow sensor* yang telah diolah pada modul *NodeMCU*. Kemudian *NodeMCU* akan menghitung berapa debit air per menit yang melalui sensor. Setelah konfigurasi jaringan (*internet*) antara *NodeMCU* dengan *software arduino IDE* selesai. Setelah terhubung, *NodeMCU* akan mengirimkan data debit air yang diperoleh akan di *monitoring* dengan *publish* data ke *cloud* dengan menggunakan metode komunikasi data *MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)*. *Firestore realtime database* digunakan sebagai *broker* pada penelitian ini yang kemudian akan *mempublish* data ke perangkat (*android*) yang telah terkonfigurasi *subscribe* pada protocol.

B. *Plotting Area Kebocoran*

Plotting area kebocoran dilakukan untuk mempermudah pembacaan dan penentuan area lokasi kebocoran. Jika sistem mendeteksi adanya kebocoran maka notifikasi atau informasi yang akan kita dapatkan berupa jumlah kebocoran, area lokasi kebocoran, serta tingkat kebocoran yang terjadi. Proses pendeteksian tingkat kebocoran pada sistem dilakukan dengan cara membandingkan antara sensor sebelum titik kebocoran pada suatu area, kemudian data akan diolah untuk menentukan tingkat kebocoran yang terjadi. *Plotting* area kebocoran pipa dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Desain *Plotting* Area Kebocoran Pipa

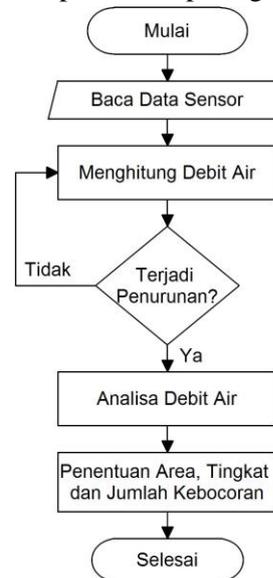
Pemetaan area lokasi kebocoran dibedakan dengan indikasi warna pada pipa. Alat memiliki 7 buah *water flow sensor* dengan memiliki 2 titik percabangan dan 10 titik kebocoran yang tersebar disepanjang jaringan pipa dan dibagi menjadi 4 area kebocoran. Dan setiap area pipa kebocoran terdapat 1 – 4 titik kebocoran. *Plotting* titik kebocoran digunakan untuk mengetahui tingkat kehandalan sistem. Pada alat ini variasi titik kebocoran yang terdapat pada suatu area lokasi dan jarak antar titik kebocoran yang berbeda-beda pula.

instalasi pipa memiliki komponen-komponen antara lain: pompa, pipa, sambungan dan katup. Tekanan air atau fluida yang mengalir dihasilkan oleh kerja pompa. Setiap komponen memiliki dampak yang berakibat pada kerugian tekanan. Kerugian tekanan berarti ada energi yang hilang. Untuk itu referensi atau teori yang berkaitan dengan desain instalasi pipa sangat diperlukan[18][19].

Untuk mensuplai tegangan yang dibutuhkan oleh 7 buah sensor maka dibutuhkan adaptor dan 1 buah *voltage regulator* IC *LM7805*. Kemudian kabel *VCC* dan *GROUND* pada semua sensor disambungkan secara paralel dan di hubungkan ke tegangan *output* dari *voltage regulator*. Tegangan *ground* antara adaptor dengan *board NodeMCU* juga harus tersambung untuk kepentingan komunikasi data

C. *Flowchart Sistem*

Flowchart diawali dengan pembacaan data sensor yang mengukur debit air di seriap titik yang sudah tersebar sensor. Jika terjadi penurunan debit air yang terbaca oleh sensor kemudian modul *NodeMCU* akan melakukan analisa debit air yang mengalami penurunan pada suatu area, dan kemudian sistem akan memberikan informasi berupa area lokasi kebocoran pipa air, tingkat kebocoran pipa, serta jumlah area bocor yang terjadi. Flowchart sistem dapat dilihat pada gambar 7.

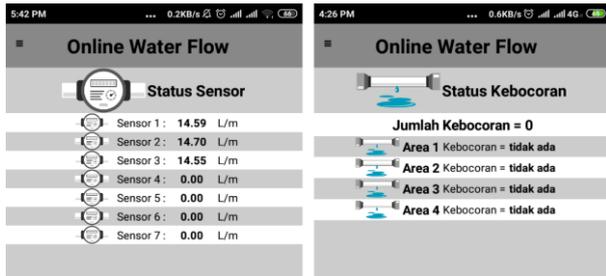


Gambar 7. Flowchart Penentuan Area, Tingkat, dan Jumlah Kebocoran

Pada teori fisika mengenai persamaan kontinuitas untuk aliran tak mampu mampat, jika terjadi akumulasi penambahan atau pengurangan fluida dalam suatu volume, laju aliran fluida yang masuk kedalam volume tersebut harus sama dengan laju aliran yang keluar dari volume tersebut, oleh karena itu jika terjadi suatu kebocoran dalam sistem distribusi fluida, maka akan terjadi perbedaan antara debit fluida masuk dan debit fluida yang keluar [20].

IV. HASIL

Pada penelitian ini diharapkan sistem dapat beroperasi untuk memonitor debit air yang mengalir didalam pipa. Sistem aplikasi monitoring dapat dapat menampilkan data debit air dari 7 buah sensor yang tersebar di seluruh jaringan pipa, dan akan memberikan notifikasi pada device android apabila terjadi kebocoran. Dengan menggunakan analisa debit air, sistem notifikasi diharapkan mampu memberikan informasi berupa area lokasi kebocoran, tingkat kebocoran yang terjadi, serta jumlah area lokasi yang mengalami kebocoran.



Gambar 8. Interface aplikasi monitoring

Web server yang digunakan adalah *firebase*, pemilihan *web server* ini karena *firebase* memiliki fitur *Firestore Realtime Database* yang akan menampilkan hasil dari pengolahan data pada *board NodeMCU* dan hasil pembacaan sensor sebelum bisa ditampilkan pada aplikasi *android*. Pengiriman data dari *NodeMCU* terkait hasil pembacaan debit sensor berupa tipe data *string* dan proses *parsing* data terjadi di pembuatan aplikasi *android* agar hasil pembacaan pada sensor dapat dipecah sebanyak jumlah sensor dan informasi terkait area kebocoran, jumlah kebocoran serta tingkat kebocoran sistem yang terjadi

Realisasi alat yang sudah dirakit sedemikian rupa dengan menggunakan pipa dengan ukuran 1/2 inchi dan titik kebocoran dibuat dengan cara memutar tuas pada stopkran dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Realisasi Alat

A. Kalibrasi Sensor

Langkah pertama untuk mengerjakan alat adalah dengan cara mengkalibrasi sensor water flow sensor YF-S201. Pengujian ini bertujuan untuk mencari nilai faktor kalibrasi baru agar didapat pembacaan debit air

dengan akurasi yang tinggi. Berdasarkan datasheet, sensor memiliki ketetapan faktor kalibrasi 7,5 untuk 450 putaran rotor setara dengan 1 liter air dengan massa jenis air 1 Kg/liter. Datasheet ini menghasilkan akurasi pembacaan debit air sebesar 90% dari debit nyata. Hasil pembacaan sensor sebelum dilakukan proses kalibrasi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pembacaan debit air sebelum kalibrasi

	Pembacaan Debit (liter/menit)	Perhitungan Debit (liter/menit)	Akurasi Sensor (%)
Sensor 1	12,70	13,57	93,58
Sensor 2	12,32	13,57	90,78
Sensor 3	12,98	13,57	95,65
Sensor 4	3,58	4,25	84,23
Sensor 5	3,64	4,25	85,67
Sensor 6	3,18	3,94	80,71
Sensor 7	3,24	3,94	82,23
		Rata-Rata	87,55

Dengan menggunakan persamaan 4 faktor kalibrasi dicari dengan acuan volume hasil pengukuran dan rata-rata pulse setiap sensor dalam 1 menit.

Faktor kalibrasi sensor 1 Faktor kalibrasi sensor 2

$$K1 = \frac{n1}{V1 \times 60} \qquad K2 = \frac{n2}{V2 \times 60}$$

$$K1 = \frac{5811,8}{13,57 \times 60} \qquad K2 = \frac{5604}{13,57 \times 60}$$

$$K1 = \frac{5811,8}{814,2} \qquad K2 = \frac{5604}{814,2}$$

$$K1 = 7,13 \qquad K2 = 6,88$$

Nilai faktor kalibrasi baru pada setiap sensor secara berurutan yaitu 7,13; 6,88; 7,14; 6,54; 6,68; 6,27; 6,40. Nilai faktor kalibrasi baru ini yang akan dipakai untuk pengujian-pengujian selanjutnya. Akurasi pembacaan sensor setelah dilakukan kalibrasi dengan menggunakan faktor kalibrasi baru mendapatkan akurasi pembacaan sensor sebesar 97,53% yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pembacaan debit air setelah kalibrasi

	Pembacaan Debit (liter/menit)	Perhitungan Debit (liter/menit)	Akurasi Sensor (%)
Sensor 1	13,23	13,57	97,49
Sensor 2	13,44	13,57	99,04
Sensor 3	13,7	13,57	99,04
Sensor 4	4,09	4,25	96,23
Sensor 5	4,06	4,25	95,52
Sensor 6	3,84	3,94	97,46
Sensor 7	3,86	3,94	97,96
		Rata-Rata	97,53

B. Analisis Debit Air

Analisis debit air didalam semua pengujian digunakan untuk mengetahui karakteristik air dari berbagai macam kondisi yang bisa terjadi dengan mekanik yang sudah siap diuji. Berdasarkan gambar 6

dibuat berbagai macam kondisi yang akan menjadi pertimbangan dalam proses penentuan lokasi kebocoran.

Kondisi tidak ada kebocoran jika:

1. Semua titik bocor tertutup dan kran pada 2 percabangan tertutup
2. Semua titik bocor tertutup sedangkan salah satu kran atau dua semua kran terbuka secara bersamaan

Kran memiliki fungsi sebagai simulasi dengan asumsi pemakaian pada rumah pelanggan, sehingga jika kran dibuka tidak terindikasi adanya suatu kebocoran. Sedangkan kondisi sistem yang mengindikasikan adanya suatu kebocoran jika terdapat salah satu atau lebih titik bocor yang terbuka pada semua jaringan pipa air yang sudah dirakit. Berdasarkan ketentuan diatas, didapatkan karakteristik debit air untuk menentukan area lokasi yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Analisis debit air untuk penentuan area bocor.

Debit Sensor (Liter/Menit)							Kondisi Khusus	Penentuan Area Bocor
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7		
<0	<0	<0	0	0	0	0	Q2 < Q1	Area 1
<0	<0	<0	<0	<0	0	0	Q2 < (Q1-Q4)	Area 1
<0	<0	<0	0	0	0	0	Q3 < Q2	Area 2
<0	<0	<0	0	0	<0	<0	Q3 < (Q2-Q6)	Area 2
<0	<0	<0	<0	<0	0	0	Q4 < Q5	Area 3
<0	<0	<0	<0	0	0	0	-	Area 3
<0	0	<0	0	0	<0	<0	Q6 < Q7	Area 4
0	0	<0	0	0	<0	0	-	Area 4

Berdasarkan tabel diatas hasil pengujian dalam menentukan area lokasi yang mengalami kebocoran mendapatkan hasil pembacaan dengan persentase keakuratan sebesar 100% dan tidak mengalami kesalahan penentuan area kebocoran ketika pengujian dilakukan pada setiap area secara bergantian

Pengujian tingkat kebocoran dilakukan dengan cara membuka tuas pada stopkran secara perlahan, dengan demikian debit air akan turun secara perlahan. Sistem akan membedakan tingkat kebocoran berdasarkan perbandingan antara sensor sebelum dan sesudah titik kebocoran. Dengan nilai selisih yang didapatkan akan dijadikan persentase penurunan debit air, dan nilai presentase ini yang nantinya akan diklasifikasi menjadi tingkat kebocoran sistem. Proses penentuan tingkat kebocoran terbagi menjadi 3 level yaitu kebocoran kecil, sedang, dan tinggi. Tingkat kebocoran dibagi menjadi 3 yaitu kebocoran kecil dengan persentase selisih penurunan debit 1 – 33%, kebocoran sedang dengan persentase selisih penurunan debit 33 – 66 %, dan kebocoran besar dengan persentase selisih penurunan debit 66 – 100 % yang dilakukan pada suatu area secara bergantian jika dibandingkan dengan debit alira normal pada setiap area.

$$\begin{aligned} \text{Debit Kebocoran} &= \left(\frac{5}{100} \times S1 \text{ s/d } \frac{33}{100} \times S1 \right) \\ \text{Kecil Area 1} &= \left(\frac{5}{100} \times 13,22 \text{ s/d } \frac{33}{100} \times 13,22 \right) \\ &= 0,66 \text{ s/d } 4,36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit Kebocoran} &= \left(\frac{33}{100} \times S1 \text{ s/d } \frac{66}{100} \times S1 \right) \\ \text{Sedang Area 1} &= \left(\frac{33}{100} \times 13,22 \text{ s/d } \frac{66}{100} \times 13,22 \right) \\ &= 4,36 \text{ s/d } 8,72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit Kebocoran} &= \left(\frac{66}{100} \times S1 \text{ s/d } \frac{100}{100} \times S1 \right) \\ \text{Besar Area 1} &= \left(\frac{66}{100} \times 13,22 \text{ s/d } \frac{100}{100} \times 13,22 \right) \\ &= 8,72 \text{ s/d } 13,22 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat ditarik suatu ketentuan dalam menentukan tingkat kebocoran yang terjadi pada sistem. Perhitungan diatas juga berlaku untuk mencari range nilai penurunan debit air pada area 2, 3, dan 4 untuk setiap tingkat kebocoran. Mulai dari kebocoran kecil, sedang, dan besar. Klasifikasi tingkat kebocoran pipa air berdasarkan penurunan debit air dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi tingkat kebocoran pipa air berdasarkan penurunan debit air

No	Area	Tingkat kebocoran	Penurunan debit (L/min)	
			Min	Max
1	Area 1	Kecil	0,66	4,36
		Sedang	4,36	8,72
		besar	8,72	13,22
2	Area 2	Kecil	0,2	4,42
		Sedang	4,42	8,85
		Besar	8,85	13,42
3	Area 3	Kecil	0,04	1,43
		Sedang	1,43	2,69
		besar	2,69	4,08
4	Area 4	Kecil	0,04	1,26
		Sedang	1,26	2,53
		besar	2,53	3,84

Akurasi pembacaan tingkat kebocoran pipa air diketahui dengan cara mencari nilai maksimum dan minimum dari hasil pengujian dan dibandingkan dengan hasil perhitungan seperti yang ditampilkan pada tabel 5. Kemudian tahap selanjutnya yaitu mencari nilai mutlak untuk menentukan tingkat akurasi pembacaan kebocoran dengan cara membandingkan range nilai maksimum dan minimum pada setiap tingkat kebocoran yang selanjutnya ditampilkan pada tabel 6.

Tabel 6. Pengujian tingkat kebocoran berdasarkan penurunan range debit air

Tingkat Kebocoran	Debit (L/Min)		Tingkat Akurasi (%)	Akurasi Area (%)	
	Hitung	uji			
Area 1	Kecil	Max	12,56	12,95	95,5
		Min	8,86	9,46	
	Sedang	Max	8,86	8,88	
		Min	4,5	5,09	

Area 2	Besar	Max	4,5	4,66	96,4	97,2
		Min	0	0	100,0	
	Kecil	Max	12,75	12,61	98,9	
		Min	9	9,24	97,3	
Sedang	Max	9	8,12	90,2		
	Min	4,57	4,62	98,9		
Area 3	Besar	Max	4,57	4,48	98,0	82,8
		Min	0	0	100,0	
	Kecil	Max	3,88	3,9	99,5	
		Min	2,65	3,6	64,2	
Sedang	Max	2,65	3,15	81,1		
	Min	1,39	1,7	77,7		
Area 4	Besar	Max	1,39	1,75	74,1	85,1
		Min	0	0	100,0	
	Kecil	Max	3,8	3,44	90,5	
		Min	2,58	2,53	98,1	
Sedang	Max	2,58	2,66	96,9		
	Min	1,31	1,88	56,5		
Besar	Max	1,31	1,72	68,7		
	Min	0	0	100,0		
Persentase Akurasi (%)						90,2

Keberhasilan pengujian ini juga ditentukan dari kelancaran mekanik tuas stopkran untuk membuat kebocoran sistem. Stopkran dengan kelancaran mekanik yang berbeda-beda ini yang menyebabkan penurunan debit air jadi tidak jadi tidak linier.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sistem apakah bisa mendeteksi jumlah area yang bocor pada semua jaringan pipa air. Berdasarkan tabel 4.10 yang pengujiannya dilakukan pada setiap area secara bergantian dapat dilihat bahwa jumlah bocor bernilai 1. Pada pengujian area kebocoran memiliki kondisi ketika suatu area mendeteksi adanya kebocoran, maka sistem akan menginformasikan jumlah bocor yang sedang terjadi berjumlah 1, begitu juga seterusnya dimana jumlah bocor sistem akan terkalkulasi dari pendeteksian setiap area yang mengindikasikan suatu kebocoran.

Oleh sebab itu informasi pendeteksian jumlah area bocor yang terjadi itu berdasarkan proses monitoring dan penentuan dari adanya kebocoran area atau tidak dan klasifikasi tingkat kebocoran yang diterapkan pada sistem. Akurasi pendeteksian tingkat dan area lokasi kebocoran sistem akan menentukan proses pembacaan jumlah area kebocoran sistem yang nantinya informasi ini yang nantinya akan disampaikan ketika monitoring pada aplikasi android.

V. KESIMPULAN

Penerapan faktor kalibrasi pada semua sensor dengan nilai 7,5 mendapatkan akurasi pembacaan debit 87,55%. Nilai faktor kalibrasi baru pada sensor 1 -7 secara berurutan dengan nilai 7,13; 6,87; 7,14; 6,53; 6,67; 6,26; 6,39 memiliki tingkat akurasi pembacaan sebesar 97,53%. Pada pengujian area kebocoran berdasarkan lokasi titik kebocoran memiliki persentase tingkat keberhasilan sebesar 100%, dengan penentuan jumlah kebocoran yang berdasarkan pada akurasi dan klasifikasi tingkat kebocoran. Tingkat akurasi sensor pada proses monitoring setiap penurunan debit yang

akan menentukan tingkat kebocoran sistem memiliki akurasi sebesar 90,2% pada setiap area dengan pengujian setiap area secara bergantian. Semakin besar debit air yang terbaca pada sensor, maka tingkat kepresisian untuk menentukan tingkat kebocoran akan semakin tinggi, namun begitu juga sebaliknya. Hal ini disebabkan karena proses monitoring debit air yang memiliki variasi pembacaan debit konstan dengan nilai sensor yang beragam.

Untuk pengembangan selanjutnya dari penelitian ini, disarankan untuk fokus pada akurasi pembacaan debit air yang lebih stabil dan riset pada proses pendeteksian kebocoran dengan metode pengambilan keputusan yang cocok, serta dapat diterapkan pada jaringan pipa yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kemenpu, *Buku informasi statistik*. Jakarta: Pusat Data dan Teknologi Informasi, 2017.
- [2] *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum*. Indonesia, 2015, pp. 1–41.
- [3] Supriyanto, “Penentuan Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Kehilangan Air di DMA Wendit 2 - J.2 PDAM Kota Malang,” *Skripsi, Inst. Teknol. Nas.*, 2018.
- [4] BPPSPAM, “Rencana Strategis Badan Peningkatan Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (BPPSPAM) Tahun 2018-2022,” *Kementeri. Pekerj. Umum dan Perumah. Rakyat*, pp. 1–72, 2017.
- [5] Hidra Amnur, Fatma Adilla, and Defni, “In the Pipes Leakage Monitoring Using SMS Gateway,” *Poli Rekayasa*, vol. 10, no. April, pp. 57–65, 2015.
- [6] M. Ferrante, C. Capponi, R. Collins, J. Edwards, B. Brunone, and S. Meniconi, “Numerical transient analysis of random leakage in time and frequency domains,” *Civ. Eng. Environ. Syst.*, vol. 33, no. 1, pp. 70–84, 2016, doi: 10.1080/10286608.2016.1138941.
- [7] Arya Rezagama, *Jaringan Pemipaan Air Minum*. Yogyakarta: Teknosain, 2016.
- [8] C. Cahyati, T. Y. Nurochmah, H. Santoso, and E. Anggadajaja, “Sistem Pengecekan Water Meter Berbasis Internet Menggunakan Wemos D1,” *Konf. Nas. Sist. Inform.*, pp. 536–540, 2017.
- [9] G. A. P. dan A. S. Duwi Hariyanto, “Deteksi Letak Kebocoran Pipa Berdasarkan Analisis Debit Air Menggunakan Teknologi Sensor Flowmeter Berbasis TCP / IP,” *Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 5, no. 1, pp. 25–30, 2017.
- [10] F. A. Yolanda, “Rumah Cerdas Berbasis Internet Of Things,” *Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 9, no. 2, pp. 1–6, 2016.
- [11] M. Ilhami, “Pengenalan Google Firebase Untuk Hybrid Mobile Apps Berbasis Cordova,” *J. IT CIDA*, vol. 3, no. 124, pp. 16–29, 2017.
- [12] B. Setyono and D. A. Patriawan, “Sistem Monitoring Penggunaan Air PDAM pada Rumah Tangga Menggunakan Mikrokontroler NODEMCU Berbasis Smartphone ANDROID,” *J. ITS*, pp. 45–52, 2018, doi: 10.31284/j.iptek.2018.v22i2.

- [13] A. Andrizal and D. Yendri, "Pengendali Pompa Pengisi Galon Air Berbasis Sensor Waterflow Dan Mini PC," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 1, no. 2, p. 106, 2017, doi: 10.29207/resti.v1i2.34.
- [14] J. Lalnunthari and H. H. Thanga, "Dependence of hall effect flow sensor frequency on the attached inlet and outlet pipe size," *2017 IEEE Int. Conf. Consum. Electron. ICCE-Asia 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 56–60, 2018, doi: 10.1109/ICCE-ASIA.2017.8307842.
- [15] I. M. N. Suardiana, I. R. Agung, and P. Rahardjo, "Rancang Bangun Sistem Pembacaan Jumlah Konsumsi Air Pelanggan Pdam Berbasis Mikrokontroler Atmega328 Dilengkapi Sms," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 1, pp. 31–40, 2017, doi: 10.24843/mite.1601.05.
- [16] C. Rajurkar, S. R. S. Prabaharan, and S. Muthulakshmi, "IoT based water management," *2017 Int. Conf. Nextgen Electron. Technol. Silicon to Software, ICNETS2 2017*, pp. 255–259, 2017, doi: 10.1109/ICNETS2.2017.8067943.
- [17] Y. Efendi, "Rancangan Aplikasi Game Edukasi Berbasis Mobile Menggunakan App Inventor," *Intra Tech*, vol. 2, no. 1, p. 41, 2018.
- [18] Hariyono, G. Rubiono, and H. Mujiyanto, "Study Eksperimental Perilaku Aliran Fluida Pada Sambungan Belokan Pipa," *V-Max*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [19] S. Widodo, "Analisis Aliran Air dalam Pipa Bercabang," *Wahana Ilmuan*, vol. 1, pp. 77–84, 2016.
- [20] J. Kang, S. Member, Y. Park, J. Lee, S. Wang, and D. Eom, "Novel Leakage Detection by Ensemble CNN-SVM and Graph-based Localization in Water Distribution Systems," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 0046, no. c, 2017, doi: 10.1109/TIE.2017.2764861.