

Analisis Kinerja Jaringan Sensor Aliran Air Pada Prototipe Pendeteksi Kebocoran Pipa Air Berbasis IoT

Analysis of Water-Flow Sensor Network Performance on IoT-based Water Pipe Leakage Detection Prototype

Bernadeth Rosalia Cika Andhini^{1*}, Augustinus Bayu Primawan²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro Universitas Sanata Dharma

Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta

Telp. (0274) 883037, 883968 Fax. (0274) 886529

bernadethrcikaa@gmail.com^{1*}, bayu@usd.ac.id²

Abstrak – Air merupakan salah satu unsur utama yang menjadi bagian penting dalam kehidupan manusia terutama air bersih. Masalah kerugian air pada proses distribusi melalui pipa-pipa termasuk pipa bawah tanah masih menjadi masalah besar di Indonesia. Penyebabnya adalah adanya kebocoran pada pipa-pipa distribusi yang susah untuk diketahui. Perkembangan teknologi yaitu Internet of things dapat menjadi solusi untuk masalah tersebut yaitu membuat suatu sistem untuk mengetahui letak kebocoran pipa air dengan kemampuan yang didapat dari pembacaan sensor waterflow. Perancangan prototipe pendeteksi kebocoran ini menggunakan jaringan sensor. Sistem bekerja dengan membaca data debit aliran air dari sensor waterflow. Data yang berhasil dibaca dikirim ke Firebase Realtime Database menggunakan NodeMCU ESP8266 yang telah terhubung ke jaringan internet. Data debit pembacaan setiap node sensor akan ditampilkan di aplikasi android app inventor. Hasil pengujian keseluruhan sistem prototipesudah mampu melakukan pembacaan, pengiriman dan menampilkan data debit air serta waktu pembacaan dengan data error rate yaitu 0%. Kinerja jaringan dari sistem ini sangat berpengaruh terhadap besar delay antara pengiriman dan penerimaan data pada ketiga sensor di waktu pagitermasuk ke dalam kategori baik, di waktu siang hari termasuk kategori buruk, dan di malam hari termasuk kategori buruk. Delay dipengaruhi oleh rata-rata kecepatan internet yang terukur pada jam saat pengujian dilakukan. Aplikasi app inventor dapat bekerja dengan baik untuk mendeteksi kebocoran dengan membedakan kebocoran terjadi pada area 1 atau kebocoran terjadi pada area 2.

Kata Kunci: Nodemcu, Sensor Waterflow, Deteksi Kebocoran Pipa, Internet of Things.

Abstract – Water is one of the major elements of human life, especially clean water. The problem of water loss in the distribution process through pipes including underground pipes is still a big problem in Indonesia. The cause is that there are leaks in distribution pipes that are difficult to identify. The development of technology such as the Internet of things could be the solution to this problem, creating a system to identify the leakages of water pipes with the capabilities obtained from water flow sensor readings. The design of this leak detection prototype uses a network of sensors. The system works by reading the water flow discharge data from the water flow sensor. Successfully read data is sent to the Firebase Realtime Database using the ESP8266 MCU Node that is already connected to the internet network. The discharge data of each sensor node will be displayed in the android app inventory application. The overall test results of the prototype system are capable of reading, shipping and displaying water discharge data and reading time with an error rate of 0%. The network performance of this system has a profound effect on the delay between sending and receiving data on all three sensors in the morning falls into good categories, during the daytime including bad categories, and at night falls into bad categories. Delay is affected by the average measured internet speed at the hour when the test is performed. App inventor applications can work well to detect leaks by distinguishing leaks occurring in area 1 or leaks occurring in area 2.

Keywords: Nodemcu, Waterflow Sensor, Pipe Leakage Detection, Internet of Things.

1. Pendahuluan

Air merupakan salah satu unsur utama yang menjadi bagian penting dalam kehidupan manusia. Manusia merupakan salah satu makhluk yang bergantung terhadap air bersih. Air bersih biasanya digunakan manusia untuk menunjang kebutuhannya dalam kebutuhan mandi, cuci dan kakus serta yang tak kalah penting adalah kebutuhan konsumsi untuk minum maupun memasak. Indonesia melakukan berbagai pengolahan dan penyebaran air bersih melalui perusahaan-perusahaan besar yaitu Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) atau Perusahaan Air Minum (PAM). Perusahaan-perusahaan tersebut melakukan berbagai proses standarisasi agar air bersih dapat didistribusikan ke konsumen. Proses distribusi air bersih dilakukan melalui pipa-pipa termasuk pipa bawah tanah yang kemudian akan disalurkan dan diterima oleh setiap rumah.

Masalah kerugian atau kehilangan air pada proses distribusi air bersih masih menjadi masalah besar di Indonesia. Salah satu penyebab masalah kerugian atau kehilangan air secara fisik ini adalah karena adanya kebocoran pada pipa-pipa distribusi. Berdasarkan masalah tersebut, perusahaan pengelola air bersih telah melakukan pencatatan kehilangan air yaitu dengan mencatat adanya perbedaan debit air yang dikirim dan diterima. Namun, masih memiliki kesulitan dalam menentukan lokasi kebocoran pada pipa air.

Sesuai dengan masalah yang telah disebutkan sebelumnya dan meninjau adanya perkembangan teknologi pada revolusi industri 4.0. yaitu Internet of Things atau sering disebut IoT dapat menjadi solusi untuk masalah kerugian dan kehilangan air pada proses distribusi. Solusi tersebut adalah membuat suatu sistem yang berfungsi untuk mengetahui letak kebocoran pipa air dengan kemampuan yang didapat dari pembacaan sensor. Data pembacaan sensor tersebut kemudian dapat digunakan sebagai pendeteksi adanya kebocoran yang dapat terintegrasi dengan perangkat elektronik dan internet yang dapat diakses dari mana saja, dimana saja dan kapan saja. Sistem pemantauan kebocoran pipa air bawah tanah sudah pernah dibuat sebelumnya, penelitian yang dilakukan adalah pemantauan kebocoran dan pendeteksian lokasi kebocoran pipadibawah tanah dengan menggunakan sensor *waterflow* untuk mengetahui perbedaan debit air jika terjadi kebocoran dan memanfaatkan arduino sebagai mikrokontroler [1]. Penelitian lain dilakukan dengan prototipe yang dibuat digunakan untuk mendeteksi kebocoran menggunakan tiga sensor yang berbeda serta dapat dilakukan pemantauan jarak jauh menggunakan aplikasi mobile [2]. Rancang bangun sistem monitoring dan pendeteksi kebocoran pipa juga pernah dilakukan dengan menggunakan sensor *waterflow* untuk menganalisis debit air yang kemudian dapat dipantau dan dideteksi melalui aplikasi android yang disusun melalui aplikasi app inventor [3].

Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh mahasiswa ITS, pada penelitian rancang bangun ini menggunakan aplikasi LabView untuk menampilkan hasil deteksi kebocoran. Berdasarkan penelitian ini disarankan untuk tidak menggunakan sambungan pada pipa karena hal tersebut mempengaruhi debit air, masih diperlukan penyesuaian terhadap tekanan air yang berasal dari pompa dengan sensor *waterflow* yang dipakai, serta menambahkan sistem peringatan jika terjadi kebocoran [4]. Penelitian untuk mendeteksi letak kebocoran pipa air yang lain adalah dengan menggunakan sensor *waterflow* berbasis TCP/IP yang berhasil mengetahui keunggulan teknologi sensor *waterflow* yaitu mampu membedakan letak titik kebocoran dengan akurat. Semakin jauh letak kebocoran, semakin kecil selisih debit air masuk dan keluar [5]. Mengetahui karakteristik dan kinerja jaringan terdapat beberapa penelitian yang pernah dilakukan dalam jaringan sensor. Penelitian yang dilakukan adalah meneliti kinerja jaringan sensor menggunakan LORA SX1278 dengan hasil yaitu penggunaan topologi star yang sangat efektif. Kinerja juga dilakukan pengujian dari waktu tunda atau *delay* yang menghasilkan bahwa besar *delay* tergantung dari throughput [6].

Di India, IoT juga dimanfaatkan sebagai bahan penelitian untuk membuat sistem pendeteksi dan pemantauan pipa air. Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, pada penelitian ini, sistem juga berfungsi untuk memantau pH air dan seberapa besar air tersebut terkontaminasi. Sistem ini mampu mengakses besar waduk yang digunakan untuk menampung sehingga dapat dideteksi pula jika terjadi kebocoran pada saat proses distribusi air terjadi menggunakan sensor *waterflow* dan sensor ultrasonik [7]. Penelitian lainnya pernah menganalisis kinerja firebase

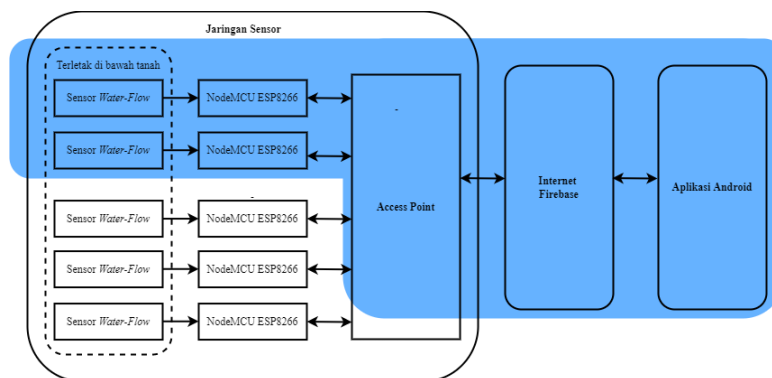
dengan guna menunjang Internet of Things, hasilnya bahwa aplikasi firebase sangat mendukung kinerja IoT karena dapat langsung memperbaharui data secara realtime[8]. Penelitian ini menggunakan jaringan 3G, 4G dan jaringan LAN dengan menganalisis melalui waktu tunda pengiriman setiap jaringan.

Pada penelitian ini sendiri dilakukan dengan menggunakan 3 titik sensor untuk memantau debit air berdasarkan waktu yang telah ditetapkan. Topologi yang digunakan adalah topologi star, yaitu data sensor yang telah berhasil dibaca akan langsung dikirimkan ke firebase untuk kemudian ditampilkan langsung pada aplikasi berbasis web yang dapat diakses dari smartphone maupun browser komputer. Data sensor yang didapatkan akan dikirimkan dan dilakukan pemantauan menggunakan *firebase realtime database*.

2. Metode Penelitian

2.1. Pemodelan Sistem

Perancangan prototipe pendeteksi kebocoran ini menggunakan jaringan sensor yang terhubung dalam topologi star. Perancangan perangkat keras sistem yaitu dimulai dengan perancangan sistem alat, pemodelan elektronik dan mekanik alat. Perancangan perangkat lunak sistem bekerja dengan membaca data debit aliran air dari sensor *waterflow*, kemudian mengirim data yang berhasil dibaca dan diolah ke firebase menggunakan *Nodemcu ESP8266*. Aplikasi android merupakan aplikasi yang digunakan untuk menampilkan data yang disimpan pada database.



Gambar 1. Diagram blok system

Berdasarkan gambar 1. diagram blok sistem merupakan diagram blok penelitian yang dibuat adalah bagian yang berwarna biru. Gambar tersebut menjabarkan lebih jelas mengenai jaringan sensor yang terdiri dari berbagai macam komponen penyusun. Bagian yang dirancang dan dibuat pada penelitian meliputi perancangan jaringan sensor dari *nodemcu* dan sensor *waterflow*, perancangan *nodemcu* yang berfungsi sebagai mikrokontroler, konfigurasi jaringan pada *access point*, konfigurasi menggunakan *firebase realtime database*, serta perancangan aplikasi android untuk menampilkan data kebocoran pipa.

Jaringan sensor yang dirancang terdiri dari tiga buah *node sensor waterflow* kemudian ketiga *node sensor* tersebut akan saling terhubung ke dalam jaringan pada *access point*. Jaringan pada *access point* juga akan terhubung dengan internet agar dapat mengatur konfigurasi *firebase realtime database* yang digunakan untuk menyimpan data sensor dan hasil pengolahan data. Pada aplikasi android akan ditampilkan pengolahan data pembacaan sensor yang telah disimpan ke dalam firebase. Aplikasi android ini akan dapat diakses secara daring melalui internet.

2.2. Rancangan Model

Desain rancangan model terdiri dari prototipe secara keseluruhan yang merepresentasikan cara kerja sistem pendeteksi kebocoran pipa air. Prototipe keseluruhan ini dimulai dari pompa

yang menyalurkan air ke seluruh pipa prototipe yang telah dipasang sensor dan simulasi kebocoran.

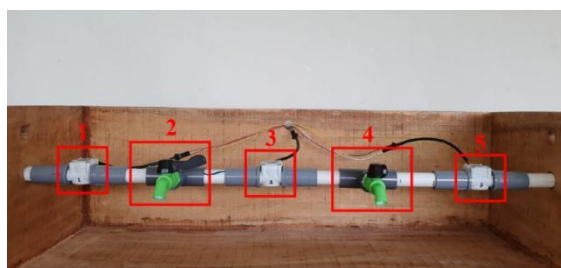


Gambar 2. Prototipe secara keseluruhan

Keterangan gambar 2 prototipe secara keseluruhan antara lain:

1. Ember untuk penampung sumber air (air masuk) sekaligus penampung air buangan (air keluar).
2. Pipa yang terhubung dengan pompa air yang berfungsi untuk memompa air masuk.
3. Boks kayu yang berfungsi untuk menampung tanah sebagai representasi pipa beradadalam bawah tanah.
4. Sambungan pipa yang berfungsi sebagai saluran air keluar yang tersambung langsung dengan ember penampungan.
5. Rangkaian besi siku sebagai meja penopang untuk boks kayu.

Boks kayu berisikan jaringan *node* sensor yang terdiri dari tiga *node* sensor *waterflow* dan simulasi kebocoran yang disimulasikan dengan dua kran air. Jika diperbesar isi boks kayu diperbesar maka akan tampak seperti di bawah ini.



Gambar 3. Bagian dalam boks kayu

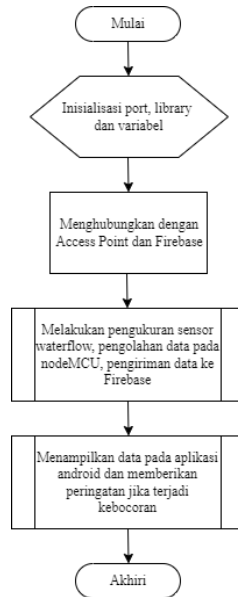
Keterangan dari gambar 3. Bagian dalam boks kayu antara lain:

1. *Node* Sensor 1
2. Simulasi Kebocoran (Kran 1)
3. *Node* Sensor 2
4. Simulasi Kebocoran (Kran 2)
5. *Node* Sensor 3

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

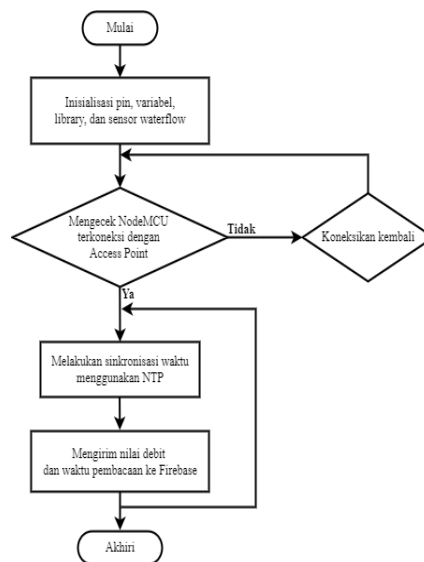
Perancangan perangkat lunak ini terdiri dari diagram alir kerja prototipe secara keseluruhan, diagram alir pada jaringan sensor *Nodemcu* ESP8266, dan diagram alir pada aplikasi android sebagai aplikasi untuk menampilkan data. Perancangan perangkat lunak ini sebagai acuan alur

kerja pada bagian utama prototipe ini. Gambar 4. diagram alir keseluruhan merupakan cara kerja secara sistem secara keseluruhan yang menjelaskan secara detail diagram blok keseluruhan.



Gambar 4. Diagram alir keseluruhan

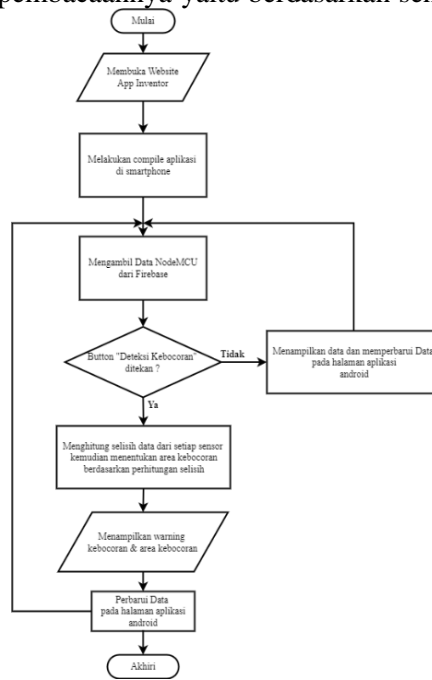
Diagram alir *Nodemcu ESP8266* pada gambar 5. Diagram alir *Nodemcu ESP8266* bekerja dengan cara sinkronisasi waktu melalui NTP kemudian melakukan pembacaan sensor *waterflow* dan langkah terakhir adalah mengirimkan waktu pembacaan beserta data debit dari pembacaan sensor *waterflow* ke *firebase realtime database*. Waktu pembacaan dikirimkan dalam tipe data string sedangkan data debit air dikirimkan dalam tipe data float.



Gambar 5. Diagram alir *nodemcu*

Aplikasi berbasis android di mulai dengan mengakses *website app inventor* dan melakukan proses *compile* yang dilakukan dengan scan QR-Code atau dapat memasukkan kode 6 digit. Data

pembacaan sensor akan ditampilkan pada aplikasi android dalam bentuk angka dan tulisan berdasarkan masing-masing pembacaannya yaitu berdasarkan sensor 1, sensor 2, atau sensor 3.



Gambar 6. Diagram alir aplikasi app inventor.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sensor *Waterflow* (Kalibrasi)

Teknik pengujian kalibrasi ini yaitu ketiga sensor akan dirangkai dalam satu aliran pipa yang sudah terhubung dengan pompa air. Setiap *nodemcu* juga terhubung dalam 3 perangkat laptop yang berbeda agar dapat sekaligus merekam hasil pembacaan sensor. Hasil pembacaan sensor *waterflow* akan dibandingkan dengan hasil pembacaan digital *flowmeter*. Pengambilan data pembacaan ketiga sensor ini berhasil direkam dengan beberapa nilai berbeda yang muncul Tabel 1. Tabel perbandingan data sensor 1 *waterflow* merupakan tabel perbandingan data debit sensor 1 *waterflow* dengan data debit digital *flowmeter* dengan pengambilan 15 data pembacaan yang berbeda dengan rata-rata akurasi pembacaan 95,46%.

Tabel 1. Tabel perbandingan data sensor 1 *waterflow*

Nilai Debit yang Diukuroleh Digital <i>Flowmeter</i> Sensor (LPM)	Nilai Debit yang Diukur Sensor <i>Waterflow</i> (L/m)	Presentase Error %	Akurasi %
10.00	10.66	6.60	93.40
10.00	10.81	8.10	91.90
10.00	10.74	7.40	92.60
10.00	10.89	8.90	91.10
10.00	10.22	2.20	97.80
10.00	9.33	6.70	93.30
10.00	9.25	7.50	92.50
10.00	9.18	8.20	91.80
10.00	10.37	3.70	96.30
10.00	9.85	1.50	98.50
10.00	9.92	0.80	99.20
10.00	10.00	0.00	100.00
10.00	10.07	0.70	99.30

10.00	10.14	1.40	98.60
10.00	10.44	4.40	95.60
Rata-Rata		4.54	95.46

Tabel 2. Tabel perbandingan data sensor 2 *waterflow* merupakan tabel presentase error dan akurasi pembacaan debit air pada sensor 2 *waterflow* dengan alat ukur digital *flowmeter* dengan pengambilan 15 data pembacaan yang berbeda sehingga rata-rata akurasi pembacaan 96,28%.

Tabel 2. Tabel perbandingan data sensor 2 *waterflow*

Nilai Debit yang Diukur oleh Digital <i>Flowmeter</i> Sensor (LPM)	Nilai Debit yang Diukur Sensor <i>Waterflow</i> (L/m)	Presentase Error %	Akurasi %
10.00	10.59	5.90	94.10
10.00	10.52	5.20	94.80
10.00	11.11	11.10	88.90
10.00	10.62	6.20	93.80
10.00	10.22	2.20	97.80
10.00	10.29	2.90	97.10
10.00	10.14	1.40	98.60
10.00	10.07	0.70	99.30
10.00	9.55	4.50	95.50
10.00	9.63	3.70	96.30
10.00	9.70	3.00	97.00
10.00	9.85	1.50	98.50
10.00	10.00	0.00	100.00
10.00	10.15	1.50	98.50
10.00	10.6	6.00	94.00
Rata-Rata		3.72	96.28

Tabel 3. Tabel perbandingan data sensor 3 *waterflow* merupakan tabel presentase error dan akurasi pembacaan debit air pada sensor 3 *waterflow* dengan alat ukur digital *flowmeter* dengan pengambilan 15 data pembacaan yang berbeda sehingga rata-rata akurasi pembacaan 93,91%.

Tabel 3. Tabel perbandingan data sensor 3 *waterflow*

Nilai Debit yang Diukur oleh Digital <i>Flowmeter</i> Sensor (LPM)	Nilai Debit yang Diukur Sensor <i>Waterflow</i> (L/m)	Presentase Error %	Akurasi %
10.00	10.52	5.20	94.80
10.00	10.59	5.90	94.10
10.00	10.81	8.10	91.90
10.00	10.79	7.90	92.10
10.00	10.89	8.90	91.10
10.00	10.74	7.40	92.60
10.00	10.82	8.20	91.80
10.00	10.14	1.40	98.60
10.00	9.33	6.70	93.30
10.00	9.26	7.40	92.60
10.00	9.63	3.70	96.30
10.00	10.29	2.90	97.10
10.00	10.22	2.20	97.80
10.00	10.66	6.60	93.40
10.00	9.11	8.90	91.10
Rata-Rata		6.09	93.91

Hasil pengujian ketiga sensor *waterflow* digunakan untuk menentukan rentang nilai pembacaan nilai debit normal (tidak terjadi kebocoran). Dari hasil pengujian tersebut, dapat diketahui bahwa nilai terendah adalah 9,11L/m dan nilai tertinggi adalah 11,11L/m. Besarnya nilai presentase error disebabkan oleh tidak ada penyesuaian kalibrasi faktor pada program *nodemcu*.

3.2. Pengujian Delay

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui waktu tunda antara pengirimandata pembacaan sensor oleh NodeMCU dengan data yang diterima oleh firebase realtime databasejuga waktu tunda antara pengiriman data oleh NodeMCU dan data yang ditampilkan pada app inventor. Waktu pengambilan data dilakukan dalam 3 waktu yang berbeda yaitu pagi, siang, dan malam hari. Kinerja *delay* dari NodeMCU dan firebase realtime database tampak seperti pada Tabel 4. Hasil pengujian *delay* yang didapat dari perhitungan sesuai rumus rata-rata *delay* dari 50 kali pengambilan data.

Tabel 4. Hasil pengujian *delay*

Waktu Pengambilan Data	Data Delay NodeMCU-Firebase (ms)			Data Delay NodeMCU-App Inventor (ms)		
	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
Pagi	60	80	160	240	320	480
Siang	640	680	920	900	920	1140
Malam	720	220	180	720	700	760

Kinerja *delay* transmisi pada ESP8266 telah diketahui yaitu dengan *delay* tercepat adalah 0,242s dan terlambat adalah 0,628s [9]. Kinerja jaringan pada penelitian ini dapat diketahui melalui pengelompokan kategori *delay* melalui standarisasi TIPHON.

Tabel 5. Tabel standarisasi *delay* TIPHON [10]

Kategori	Delay	Indeks
Sangat Baik	<150 ms	4
Baik	150 ms s.d. 300 ms	3
Cukup	300 ms s.d. 450 ms	2
Buruk	>450 ms	1

Delay antara *nodemcu-firebase* pada sensor 1, sensor 2, dan sensor 3 saat pagi hari berada dalam kategori sangat baik dan baik. Sedangkan *delay* pada sensor 1, sensor 2, dan sensor 3 saat siang hari berada dalam kategori buruk. *Delay* pada sensor 1 saat malam hari cenderung berada dalam kategori buruk, berbeda dengan sensor 2 dan sensor 3, keduanya berada dalam kategori baik. Hasil pengujian *delay* antara *nodemcu-app inventor* di waktu pagi hari menunjukkan kategori baik dan cukup, sedangkan di waktu siang dan malam hari menunjukkan kategori yang buruk.

Pengujian *delay* NodeMCU-App Inventor hampir semuanya berada dalam kategori buruk. Faktor yang mempengaruhi hal tersebut adalah data yang ditampilkan pada app inventor, sebelumnya harus sudah dikirim dan diterima melalui firebase realtime database sehingga melalui dua proses pengiriman data yaitu data dikirim dari NodeMCU ke Firebase juga data dikirim dari

Firestore ke App Inventor. *Delay* yang besar berada pada *delay* antara NodeMCU dan firebase realtime database. Waktu tunda antara pengiriman dan penerimaan data NodeMCU-Firebase ini sangat dipengaruhi oleh kinerja jaringan, maka ketika pengujian dijalankan, juga dilakukan pengujian kecepatan jaringan pada saat itu.

Tabel 6. Tabel rata-rata hasil uji kecepatan jaringan

Keterangan	Rata-Rata		
	Pagi	Siang	Malam
Unduh (Mbps)	15.988	37.563	47.506
Unggah (Mbps)	70.247	68.669	12.455

Tabel 6. Tabel rata-rata hasil uji kecepatan jaringan membuktikan bahwa kecepatan jaringan dapat sesuai dengan *delay* pada sensor 1 saat pagi, siang, dan malam hari bahwa besar *delay* sesuai dengan kecepatan jaringan yang terukur yaitu dari pagi hari paling cepat hingga malam hari paling lambat. Sedangkan saat besar *delay* pada sensor 2 dan 3 memiliki nilai *delay* paling besar di waktu siang hari dan kategori cukup dan baik pada sensor 2 dan 3 di malam hari. Pengujian QoS yang lebih detail dapat disarankan agar mengetahui kinerja jaringan sedetail mungkin.

3.3. Pengujian Data Error Rate

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui presentase data error yang terjadi saat data dikirim oleh *nodemcu* dengan data yang diterima pada *firebase realtime database* serta ditampilkan pada aplikasi app inventor pada *smartphone* sehingga dapat mengetahui *data error rate* dari firebase dan app inventor. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan data debit yang memiliki tipe data *float*, pengujian telah direkam dari pengiriman *nodemcu* dengan data yang diterima pada *firebase realtime database* serta data yang ditampilkan pada tampilan aplikasi app inventor. Berdasarkan data yang sudah diamati, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 7. Tabel hasil pengujian *data error rate*

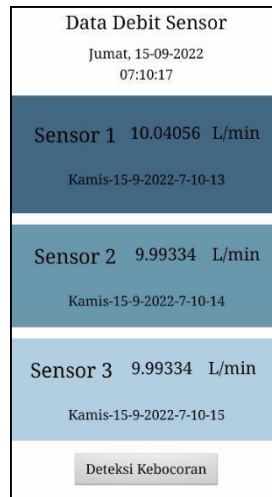
Waktu Pengambilan Data	<i>Data Error Rate Nodemcu-Firebase</i>			<i>Data error rate Firebase-App Inventor</i>		
	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
Pagi	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Siang	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Malam	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Berdasarkan hasil pada tabel 7. Tabel hasil pengujian *data error rate*, semua data pembacaan yang dikirim oleh *Nodemcu* dapat diterima dalam bentuk nilai yang sama oleh *firebase realtime database* sehingga presentase data error adalah 0%. Data pembacaan yang dikirim oleh *nodemcu* adalah data dengan tipe data *float* yang mempunyai ukuran *4bytes* dan *32bit* dengan kemampuan presisi jumlah digit 6-7 digit. Data yang berhasil diterima oleh *firebase realtime database* akan berubah menjadi tipe data JSON.



Gambar 7. Data debit yang diterima pada *firebase realtime database*

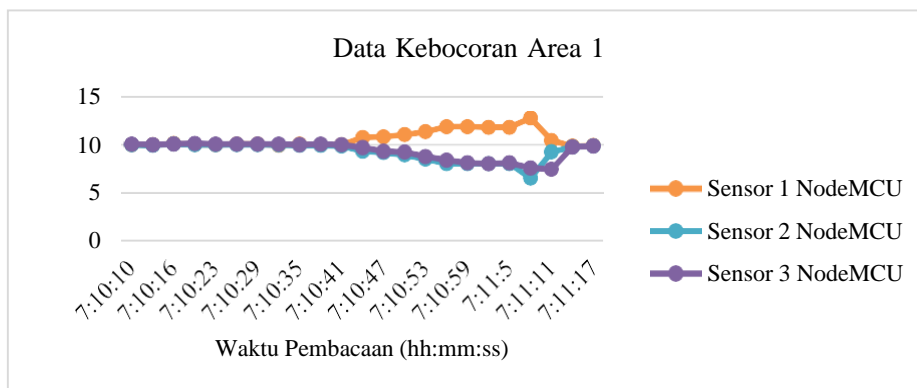
Data pembacaan yang diterima oleh *firebase realtime database* dapat dengan sesuai ditampilkan pada aplikasi app inventor dengan nilai yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi label sebagai penampil data dari *firebase* mampu menampilkan data angka desimal dengan tipe data *float* yang memiliki 5 angka di belakang koma. Gambar 7. Data debit yang diterima pada *firebase realtime database* menunjukkan nilai debit pada sisi *firebase realtime database* dan gambar 8. Data yang ditampilkan pada app inventor menunjukkan data yang ditampilkan pada aplikasi app inventor memiliki nilai yang sama sehingga hal tersebut dapat membuktikan *data error rate* bernilai 0%.



Gambar 8. Data yang ditampilkan pada app inventor

3.4. Pengujian Pendeteksian Kebocoran

Pengujian kebocoran dilakukan dengan variasi dua kebocoran yaitu kebocoran area 1 dan kebocoran area 2. Kebocoran area 1 terletak diantara *node* sensor 1 dan *node* sensor 2, sedangkan kebocoran area 2 terletak diantara *node* sensor 2 dan *node* sensor 3. Sistem mendeteksi adanya kebocoran jika selisih debit antara kedua sensor tersebut sudah lebih dari 3L/min sesuai dengan range debit normal pada saat pengujian kalibrasi sensor.

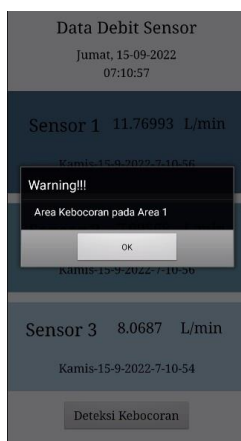


Gambar 9. Grafik kebocoran area 1

Gambar 9. Grafik kebocoran area 1 merupakan grafik yang menunjukkan adanya kebocoran pada area 1. Pada pukul 07.10.10 sampai 07.10.41 pembacaan sensor memiliki nilai debit yang normal (tidak ada indikasi kebocoran) sehingga berada dalam satu garis grafik yang sama. Namun, nilai debit mulai berubah pada jam 07.10.44 yaitu perubahan debit terjadi pada sensor 1

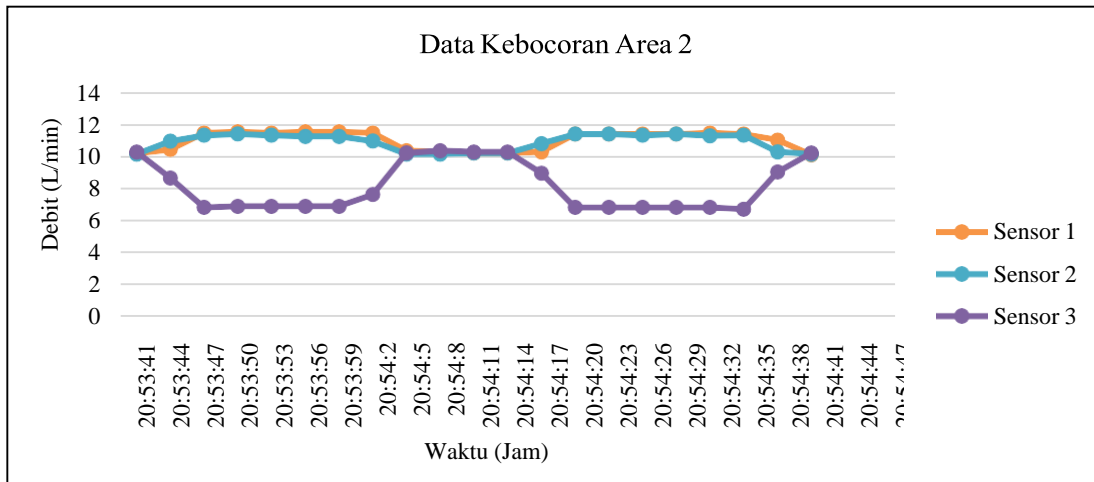
yang mengalami kenaikan sedangkan nilai debit sensor 2 dan sensor 3 menurun. Perbedaan nilai debit antara sensor 1 dan sensor 2, maka dapat mengindikasikan bahwa terjadi kebocoran pada area 1. Nilai debit pada sensor 3 mengukur nilai yang sama dengan nilai debit pada sensor 2 karena sensor 3 menerima keluaran air dari sensor 2.

Nilai perbedaan debit memuncak hingga jam 07.11.08 yaitu nilai debit pada node sensor 1 berubah menjadi lebih besar dari debit normal (grafik meninggi), sedangkan nilai debit pada node sensor 2 dan 3 berubah menjadi lebih kecil dari debit normal (grafik menurun). Program app inventor dapat mendeteksi kebocoran dengan cara menekan button “Deteksi Kebocoran” di antara waktu yang mengindikasikan adanya kebocoran (dalam kasus ini berada di antara jam 07.10.44 hingga jam 07.11.14). Ketika button ditekan maka akan muncul peringatan kebocoran seperti yang ditampilkan pada gambar 10. Peringatan terjadinya kebocoran area 1 di mana peringatan berisi pesan “Area Kebocoran pada Area 1” yang memberikan informasi bahwa telah terjadi kebocoran dengan area kebocoran berada pada area 1.

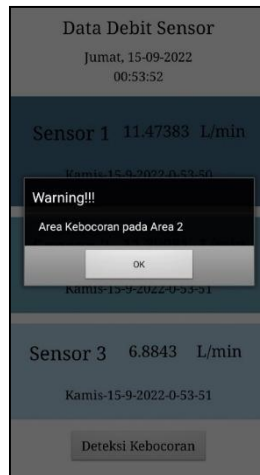


Gambar 10. Peringatan terjadinya kebocoran area 1

Gambar 11. Grafik terjadinya kebocoran area 2 menunjukkan grafik data jika terjadi kebocoran pada area 2. Grafik data kebocoran area 2 menampilkan grafik data dengan 2 kali kebocoran yaitu yang pertama berada di jam 20:53:41 hingga jam 20:54:02 dan yang kedua berada di antara jam 20:54:17 hingga jam 20:54:41. Selisih nilai debit antara sensor 2 dan sensor 3 yang melebihi dari standar selisih debit normal mengindikasikan adanya kebocoran di antara kedua sensor tersebut. Program app inventor dapat mendeteksi kebocoran dengan cara menekan button “Deteksi Kebocoran” di antara waktu yang mengindikasikan adanya kebocoran (dalam kasus ini berada di antara 20:53:41 hingga jam 20:54:02). Ketika button ditekan maka akan muncul peringatan kebocoran seperti yang ditampilkan pada gambar 12. Peringatan terjadinya kebocoran area 2 di mana peringatan berisi pesan “Area Kebocoran pada Area 2” yang memberikan informasi bahwa telah terjadi kebocoran dengan area kebocoran berada pada area 2.



Gambar 11. Grafik terjadinya kebocoran area 2



Gambar 10. Peringatan terjadinya kebocoran area 2

Berdasarkan kedua grafik yaitu grafik kebocoran area 1 dan grafik kebocoran area 2, ketika terjadi kebocoran nilai debit pada sensor 1 dan sensor 2 mengalami kenaikan debit dari debit normal yang seharusnya. Hal ini dapat disebabkan karena faktor eksternal yaitu saluran pipa yang digunakan untuk menyalurkan air tidak rapat (pipa pada setiap sambungan tidak direkatkan dengan baik) sehingga kemungkinan tekanan udara di sekitar aliran pipa mempengaruhi tekanan air di dalam pipa. Faktor lainnya adalah kran air yang memiliki perbedaan luas penampang dengan pipa air utama juga mempengaruhi tekanan air pada daerah sekitar kran sehingga mempengaruhi laju air pada saluran utama.

4. Kesimpulan

Prototipe sistem pendeteksi kebocoran pipa air menggunakan jaringan sensor *waterflow* ini dapat berjalan dengan mendeteksi adanya kebocoran melalui perbedaan nilai debit sensor. Peringatan adanya pendeteksi kebocoran pada pipa air ini menggunakan peringatan dari aplikasi android app inventor. Pemanfaatan teknologi IoT menggunakan jaringan wifi dan *nodemcu* dapat mengurangi kekurangan dari penelitian sebelumnya serta penggunaan *firebase realtime database* sebagai penyimpanan data pembacaan sensor yang dapat digunakan secara realtime. Sistem prototipe ini dapat bekerja dengan baik dan optimal apabila terhubung pada jaringan dengan kualitas yang bagus.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan hikmat yang lebih sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dan juga terima kasih diucapkan kepada orang-orang yang terlibat dalam penelitian ini, serta bapak ibu dosen dan teman-teman yang telah membantu penelitian ini.

Referensi

- [1] W. A. Badawi, 2019, *Underground Pipeline Water Leakage Monitoring Based On Iot*, International Journal Of MC Square Scientific Research Vol.11, No.3, Saudi Arabia,.
- [2] N. N. C. Omar, K. N. F. Ku Azir Dan M. F. Kamarudzaman, 2021, *Water Pipeline Leakage Monitoring System Based On Internet*, IOP Publishing, Malaysia.
- [3] A. D. Prasetya, H. Dan K. A. Wibisono, 2020, *Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Pendeteksi Lokasi Kebocoran Pipa Berdasarkan, ElektriKa*, Vol. 12, Pp. 39-47.
- [4] R. G. Manik, 2018, *Rancang Bangun Pendeteksi Kebocoran Dengan Menggunakan Waterflow Sensor Berbasis Wi-Fi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [5] D. Hariyanto, G. A. Pauzi Dan A. Supriyanto, 20 17, *Deteksi Letak Kebocoran Pipa Berdasarkan Analisis Debit Air Menggunakan Teknologi Sensor Flowmeter Berbasis TCP/IP*, Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika, Vol. Vol. 5, Pp. 25-30.
- [6] F. N. Aroeboesman, 2018, *Analisis Kinerja Lora Sx1278 Menggunakan Topologi Star Berdasarkan Jarak dan Besar Data Pada WSN*,” Repository Universitas Brawijaya, Malang.
- [7] S. A. A. H. M. Y. Thilagaraj.M, 2020, *Water Leakage Detection And Management System Using IOT*, International Journal Of Advanced Science And Technology, Vol. 29, Pp. 683-689, 2020.
- [8] I. W. S. Nyoman Buda Hartawan, 2019, *Analisis Kinerja Internet of things Berbasis Firebase Real-Time*, Jurnal Resistor, Vol. 1, No. 1, Pp. 6-14.
- [9] A.B. Primawan, “Performance Analysis of Data Transmission Device In Wireless Sensor Network,” *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, vol. 68, issue 3, March 2020. [Abstract]. Available: <https://repository.usd.ac.id/36940/> [Accessed Oktober 12, 2022].
- [10] A. R. Hackim, N. Tjahjamoonsih, D. Suryadi And F. Imansyah, “Analisis Kualitas Jaringan Internet dengan Sinyal 4G LTE,” 2021.