

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

Performance Analysis Of Soil Moisture Sensor Network On IoT-Based Water Pipe Leak Detection Prototype

Theresia De Avilla Luna Oryza^{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

theresiavilla178@gmail.com^{1*}, bayu@usd.ac.id²

Abstrak – *Internet of Things* merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet. Kebocoran saluran pipa air bersih merupakan masalah utama yang sering terjadi pada perusahaan air, oleh karena itu dibutuhkan solusi yang tepat untuk mengetahui titik letak kebocoran pada saluran pipa air bersih. Kebocoran pipa akan lebih mudah dideteksi dan ditangani jika pipa tersebut berada di permukaan tanah. Saluran pipa air yang terletak di bawah tanah akan lebih sulit untuk dideteksi letak titik kebocorannya. Salah satu contoh solusi untuk mengetahui titik letak kebocoran pipa yang berada di bawah tanah adalah dengan melakukan monitoring pada kelembaban tanah. Perancangan dan penelitian ini difokuskan untuk menganalisis kinerja jaringan sensor kelembaban tanah pada prototipe pendeteksi kebocoran pipa. Pembuatan sistem pendeteksi kebocoran pipa di bawah tanah dengan sensor kelembaban tanah supaya dapat mengetahui letak area yang terjadi kebocoran pipa menggunakan platform MIT App Inventor dan firebase sebagai database. Dalam membangun sistem pendeteksi kebocoran pipa di bawah tanah dengan sensor kelembaban tanah YL-69 berbasis IoT, maka dibutuhkan pengujian delay dan data error rate untuk mengetahui kualitas jaringan sensor tersebut. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa sistem pendeteksi kebocoran pipa di bawah tanah dengan sensor kelembaban tanah YL-69 berbasis IoT dapat mengirim data hasil pembacaan sensor menuju firebase sebagai database dan platform MIT App Inventor. Dari hasil perbandingan waktu pengiriman data bahwa penerimaan data ke database maupun App Inventor tergantung oleh jaringan wifi yang terhubung oleh nodeMCU.

Kata Kunci: *Sensor kelembaban tanah YL-69, NodeMCU, Firebase, MIT App Inventor*

Abstract – *The Internet of Things* is a concept that aims to expand the benefits of internet connectivity. Leakage of clean water pipelines is the main problem that often occurs in water companies, therefore the right solution is needed to find out the location of leaks in clean water pipelines. Pipe leaks will be easier to detect and handle if the pipes are at ground level. Water pipelines located underground will be more difficult to detect the location of the leakage point. One example of a solution to find out the location point of pipe leaks underground is to monitor soil moisture. This design and research is focused on analyzing the performance of the soil moisture sensor network on the pipe leak detection prototype. Creation of an underground pipe leak detection system with soil moisture sensors to find out the location of the area where the pipe leak occurred using the MIT App Inventor platform and firebase as a database. In building an underground pipe leak detection system with IoT-based YL-69 soil moisture sensors, delay testing and error rate data are needed to determine the quality of the sensor network. Based on the results of the study, it was concluded that an underground pipe leak detection system with an IoT-based YL-69 soil moisture sensor can send sensor reading data to firebase as a database and MIT App Inventor platform. From the results of the comparison of data transmission time that the receipt of data to the database or App Inventor depends on the wifi network connected by the nodeMCU.

Keywords: *Soil Moisture Sensor YL-69, NodeMCU, Firebase, MIT App Inventor*



1. Pendahuluan

Kebocoran saluran pipa air bersih merupakan masalah utama yang sering terjadi pada perusahaan air, oleh karena itu dibutuhkan solusi yang tepat untuk mengetahui titik letak kebocoran pada saluran pipa air bersih. Kebocoran pipa akan lebih mudah dideteksi dan ditangani jika pipa tersebut berada di permukaan tanah. Saluran pipa air yang terletak di bawah tanah akan lebih sulit untuk dideteksi letak titik kebocorannya (Taryana, 2018). Salah satu contoh solusi untuk mengetahui titik letak kebocoran pipa yang berada dibawah tanah adalah dengan melakukan monitoring pada kelembaban tanah. Masalah yang melatar belakangi penelitian ini yaitu bagaimana cara mendeteksi kebocoran pada saluran pipa bawah tanah. Dalam membangun sistem pendeteksi kebocoran pipa di bawah tanah dengan sensor kelembaban tanah YL-69 berbasis *IoT*, maka dibutuhkan pengujian *delay* dan *data error rate* untuk mengetahui kualitas jaringan sensor tersebut.

Berbagai penelitian telah dilakukan sebelum penelitian ini, namun penelitian utama yang menjadikan referensi penelitian ini adalah jurnal penelitian tahun 2019 yang berjudul “*Water Pipeline Monitoring and Leak Detection using soil moisture Sensors: IoT based solution*” ; oleh Elleuchi, Manel; Khelif, Raouia; Kharrat, Mohamed; Aseeri, Mohammed; Obeid, Abdulfattah; Abid, Mohamed ditahun 2019. Pada penelitian tersebut dirancang suatu sitem yang yang mendeteksi kebocoran pipa melalui sensor kelembaban tanah berdasarkan perubahan nilai kelembaban tanah yang terjadi pada tanah disekitar pipa (Elleuchi, et al., 2019).

Kelembaban tanah didefinisikan sebagai kandungan air yang terkandung pada pori – pori tanah. Kelembaban tanah sangat dinamis, hal ini disebabkan oleh penguapan melalui permukaan tanah. Kelembaban tanah berbanding terbalik dengan suhu/temperatur (Nugroho, 2011).

Internet of Things merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet. Konsep ini memiliki kemampuan untuk berbagi data, kendali jarak jauh, dan masih banyak lagi (Swarna, 2016). Keterkaitan objek dengan internet sebagai dasar pengembangan layanan. Tahapan *Internet of Things* dengan pemrograman untuk sebuah intruksi pada setiap perintah kepada mesin tanpa bantuan manusia (Susanto, Prasiani, & Darmawan, 2022).

Penggunaan berbagai sensor dan teknologi telah lama dibuat untuk menyaring keadaan ekologis dan bencana, seperti penggunaan perangkat pendeteksi banjir yang menggunakan Radar Doppler, namun memerlukan rencana peralatan yang rumit dan membutuhkan biaya yang besar [6]. Penelitian ini lebih mengarah ke *Internet of Things (IoT)*. *IoT* adalah ide di mana item disematkan dengan inovasi seperti sensor dan pemrograman yang ditentukan untuk menyampaikan, mengontrol, menghubungkan, dan memperdagangkan informasi melalui berbagai gadget selama mereka terhubung dengan organisasi web [7].

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja jaringan sistem kelembaban tanah pada prototipe kebocoran pipa air yang berada di dalam tanah dan juga mendeteksi letak kebocoran pipa air berdasarkan area tertentu. Monitoring ini diterapkan pada *platform MIT App Inventor* sebagai tampilan berupa status kebocoran pipa dan juga status tanah. Satus kebocoran akan berubah jika terjadi perubahan status tanah dari tanah kering ke tanah lembab/tanah basah. Status tanah yang terdapat dalam penelitian ini adalah tanah kering,tanah lembab, dan tanah basah. Prinsip untuk mengetahui ada atau tidaknya kebocoran adalah dengan cara melihat nilai kelembaban tanah disekitar pipa antar *node sensor*. Perancangan dan penelitian ini difokuskan untuk menganalisis jaringan sensor kelembaban tanah pada prototipe pendeteksi kebocoran pipa.

Kualitas pengiriman data diukur berdasarkan waktu tunda atau *delay* [8] dan juga *data error rate* dalam setiap perangkat sensor yang terhubung pada jaringan. Dalam perancangan untuk membangun sistem pendeteksi kebocoran pipa air menggunakan sensor kelembaban tanah berbasis *IoT*, maka dibutuhkan pengujian sistem yaitu dengan cara mengetahui *delay* pengiriman ke *firebase* dan *app inventor*. Data yang dikumpulkan dari jaringan sensor dapat dikumpulkan dan disimpan dalam database[8].

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode penelitian dengan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif biasanya dipakai untuk menguji suatu teori, untuk menyajikan suatu fakta atau mendeskripsikan statistik, untuk menunjukkan hubungan antar variabel, dan ada pula yang bersifat mengembangkan konsep [9]. Strategi eksplorasi ini akan mengumpulkan informasi dengan mengestimasi perangkat dan memecah sudut-sudut tertentu yang terkait dengan isu-isu yang ada sehingga dapat memberikan informasi pendukung. Tahapan yang menyertai dalam strategi eksplorasi ini harus terlihat sebagai berikut:

2.1. Studi Pustaka

Studi pustaka adalah metode pengumpulan data yang bertujuan untuk mempelajari berbagai macam sumber referensi berupa literatur-literatur serta hasil penelitian sebelumnya. Hal ini berguna untuk mendapatkan landasan teori dari hal apa yang akan diteliti.

2.2. Perancangan *Software* dan *Hardware*

Perancangan *software* menggunakan Arduino IDE bertujuan untuk memprogram NodeMCU yang digunakan sebagai mikrokontroler. Dalam perancangan *hardware* diperlukan 3 alat utama alat yaitu, *Smartphone*, NodeMCU(esp8266) dan Sensor Kelembaban tanah YL-69. *Input* berupa pembacaan sensor dari sensor YL-69 yang diolah oleh NodeMCU(esp8266) lewat jaringan internet. Data yang telah diolah oleh nodeMCU akan dikirimkan ke firebase sebagai database ,lalu ditampilkan pada platform MIT App Inventor.

2.3. Pengujian Alat

Pengujian prototipe sistem ini menggunakan dua skema pengujian yaitu dengan melakukan pengujian *Quality Of Services* (QoS) dan pengujian keberhasilan sistem.

2.3.1. Pengujian Quality of Service (QoS)

Pada bagian ini akan dilakukan pengujian *Quality Of Services* (QoS) jaringan, yang diukur nantinya adalah *Delay* pada pengiriman ke *firebase* dan pengiriman data ke *MIT App Inventor* untuk mengetahui kualitas jaringan. Parameter *Delay* adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jaringan yang digunakan oleh nodeMCU

2.3.2. Pengujian Keberhasilan Sistem

Pada pengujian ini dilakukan beberapa uji coba untuk mengetahui keberhasilan sistem dalam pendeteksi kebocoran pipa menggunakan sensor nodeMCU. Pengujian dilakukan dengan meletakkan sensor di permukaan tanah dan berada didalam tanah. Kemudian pengujian pada masing-masing letak sensor dilakukan pengambilan data sebanyak 50 data percobaan. Data yang diterima oleh *firebase* dan *app inventor* apakah sesuai dengan yang dikirim oleh nodeMCU.

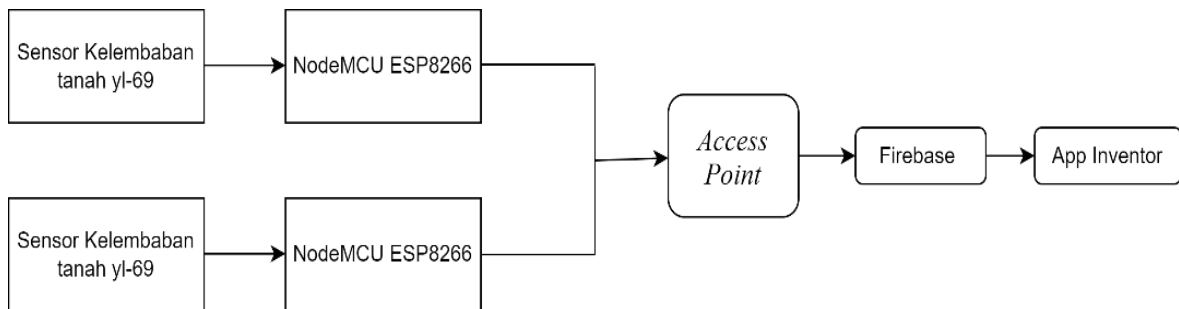
2.4. Analisa dan Kesimpulan Hasil Penelitian

Analisa diperoleh dari data hasil penelitian yang dilakukan menggunakan dua skema pengujian yang kemudian akan dianalisis apakah hasil yang didapat sudah sesuai. Kesimpulan hasil penelitian dilakukan untuk mengetahui *delay* dari prototipe pendeteksi kebocoran pipa air menggunakan sensor kelembaban tanah.

2.5. Pemodelan Sistem

Perancangan prototipe pendeteksi kebocoran pipa air menggunakan sensor kelembaban tanah. Perancangan perangkat keras sistem terdiri dari pemodelan mekanik dan pemodelan elektronis. Kemudian perancangan perangkat lunak sistem dimulai dengan proses mengirim data

berupa waktu pengiriman dan juga nilai pembacaan sensor menggunakan NodeMCU ESP8266, data data tersebut akan dikirim ke database *firebase*, dan *app inventor*.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 1. menunjukkan diagram blok sistem yang mana data akan diolah NodeMCU ESP8266 lewat jaringan internet. Data yang telah diolah oleh nodeMCU ESP8266 akan dikirim ke *firebase* lalu dikirim ke *app inventor* untuk ditampilkan nilai sensor dan juga waktu pengambilan data.

2.6. Rancangan Model



Gambar 2. Tampilan prototipe kebocoran pipa di dalam tanah.

Keterangan prototipe kebocoran pipa dengan desain di atas:

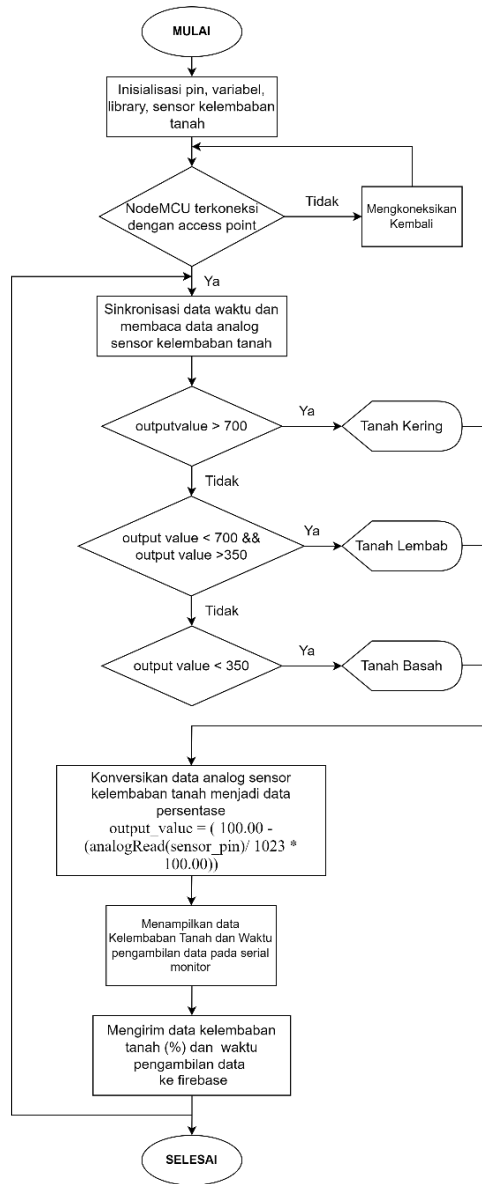
1. Bak sumber air.
2. Boks simulasi kebocoran.
3. Pipa Air.
4. Kran kebocoran pipa air.

Pada gambar 2. merupakan tampilan dari pada prototipe kebocoran pipa air di dalam tanah pada sistem ini. Ukuran boks 80 cm x 30 cm x 32 cm , di dalam boks tersebut terdapat pipa air yang digunakan untuk mengaliri air dan kran pipa yang digunakan untuk simulasi kebocoran pipa. Bokssimulasi diletakkan pada kerangka dengan tinggi 1 meter.

2.7. Perancangan Perangkat Lunak

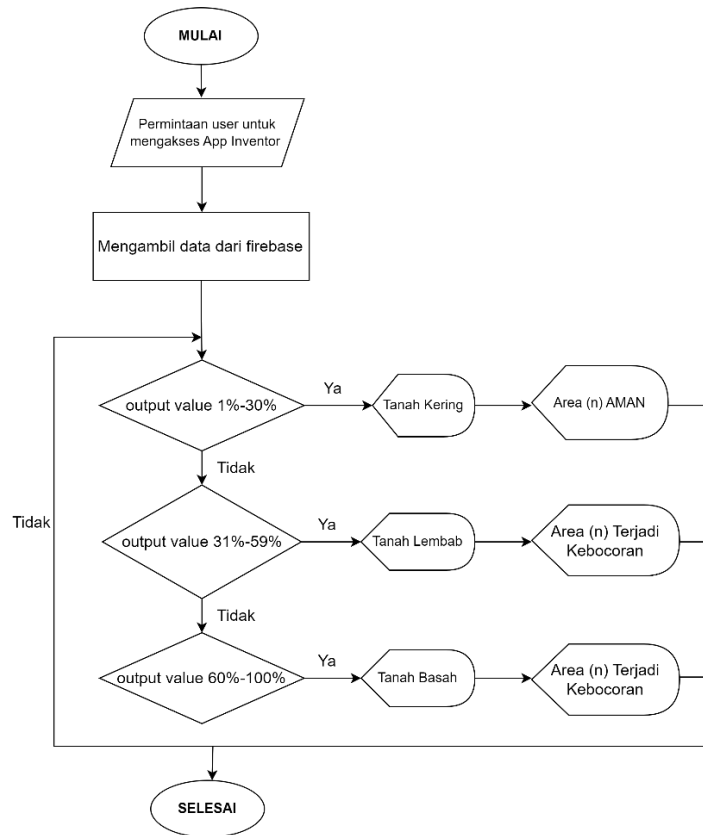
Pada perancangan lunak sistem prototipe ini, *firebase* digunakan untuk database, dimana program utama akan dikirim oleh nodeMCU, sedangkan aplikasi yang didesain pada *app inventor*

akan mengambil data dari *firebase*. Untuk alur program keseluruhan yang lebih jelas akan ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir NodeMCU

Sedangkan untuk diagram alir pada tampilan *app inventor* dapat dilihat pada gambar 4. Data yang sudah diproses oleh NodeMCU dikirimkan ke *firebase*. Data kelembaban tanah dari *firebase* berupa data presentase, nilai 1% - 30% menampilkan status tanah kering dengan status kebocoran “AMAN”, 31% - 59% menampilkan status tanah lembab, dan 60% - 100% menampilkan status tanah basah dengan status “Terjadi kebocoran pada area (n)”



Gambar 4. Diagram alir App Inventor

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Cara Kerja Alat

Cara kerja sistem prototipe ini adalah mendeteksi kebocoran pipa air yang terletak di dalam tanah. Pemantauan dapat dilihat melalui aplikasi app inventor. Pada aplikasi app inventor dapat mengetahui data nilai kelembaban tanah, status tanah, status kebocoran, dan juga waktu pengambilan data dalam penelitian ini terdapat dua area sensor yang dapat dideteksi

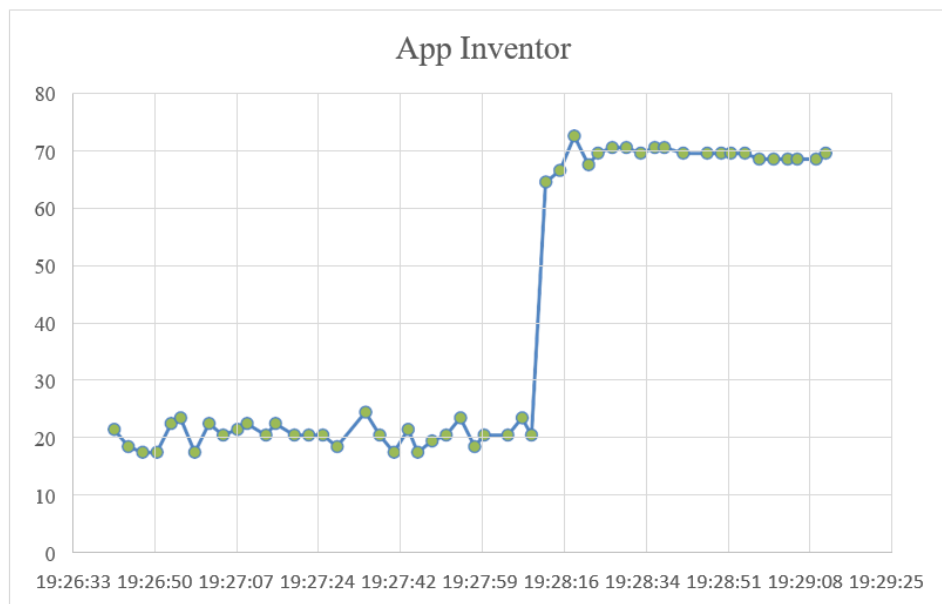


Gambar 5. Desain tampilan pendeteksi kebocoran

3.2. Pengujian Kebocoran

Tabel 1. Hasil pengujian Kebocoran pipa pada sensor 1 di permukaan tanah

Pengiriman		Firebase		App Inventor		Status tanah	Status Kebocoran
Waktu	Data (%)	Waktu	Data (%)	Waktu	Data (%)		
19:27:56	19	19:27:57	19	19:27:57	19	Kering	Aman
19:27:58	21	19:27:59	21	19:27:59	21	Kering	Aman
19:28:03	21	19:28:04	21	19:28:04	21	Kering	Aman
19:28:05	24	19:28:07	24	19:28:07	24	Kering	Aman
19:28:08	21	19:28:09	21	19:28:09	21	Kering	Aman
19:28:11	65	19:28:12	65	19:28:12	65	Basah	Bocor Area 1
19:28:14	67	19:28:15	67	19:28:15	67	Basah	Bocor Area 1
19:28:17	73	19:28:18	73	19:28:18	73	Basah	Bocor Area 1
19:28:20	68	19:28:21	68	19:28:21	68	Basah	Bocor Area 1
19:28:22	70	19:28:23	70	19:28:23	70	Basah	Bocor Area 1

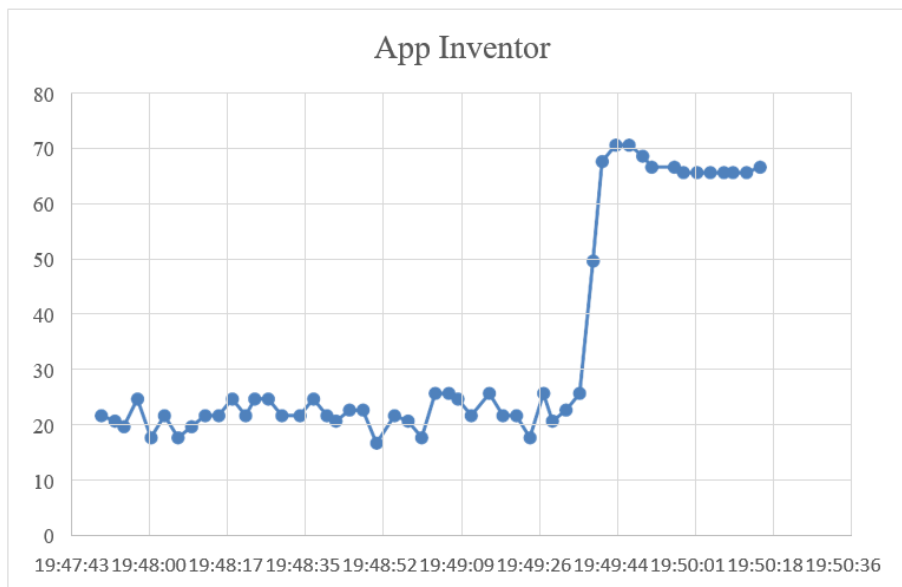


Gambar 6. Grafik Kebocoran Sensor 1 di permukaan

Pada tabel 1 data monitoring pendeteksi kebocoran pipa pada sensor 1 yang berada dipermukaan tanah. Pada awalnya status tanah masih kering dengan nilai sensor 21% lalu berubah menjadi bocor dan terdapat peringatan pada area 1 dengan nilai sensor menjadi 65%. Perubahan status tanah kering / status aman menjadi tanah basah / status terjadi kebocoran pada area 1 dapat dibaca dengan waktu 3 detik. Grafik kebocoran pada area 1 dapat dilihat pada gambar 6 pada grafik tersebut terlihat bahwa keadaan tanah yang mulanya berstatus kering pada jam ke 19:28:12 berubah menjadi tanah basah dengan nilai kelembaban 65%. Pengujian kebocoran dilakukan dengan debit air yang besar, hal ini yang menyebabkan sensor kelembaban tanah langsung mendeteksi kebocoran dengan nilai kelembaban yang tinggi.

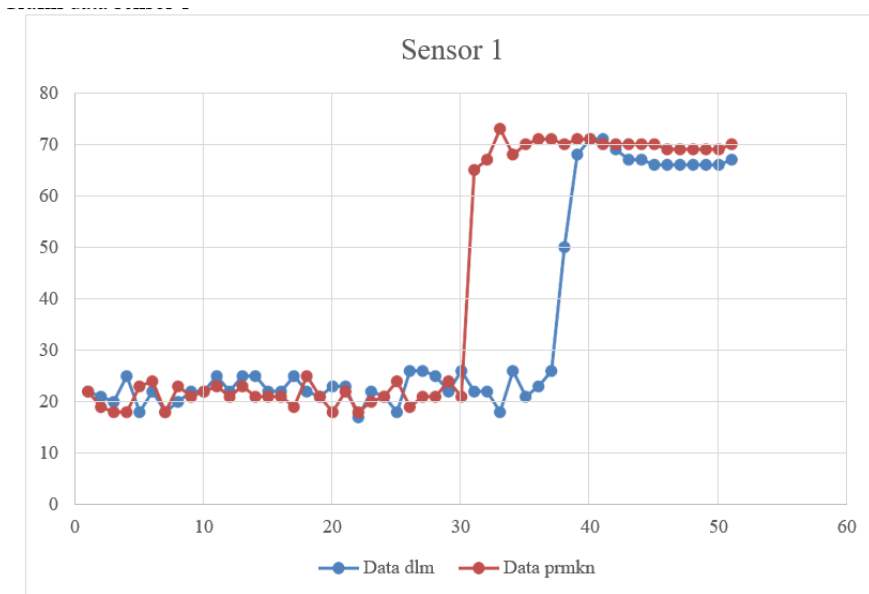
Tabel 2. Hasil pengujian Kebocoran pipa pada sensor 1 didalam tanah

Pengiriman		Firebase		App Inventor		Status tanah	Status Kebocoran
Waktu	Data (%)	Waktu	Data (%)	Waktu	Data (%)		
19:49:23	18	19:49:24	18	19:49:24	18	Kering	Aman
19:49:26	26	19:49:27	26	19:49:27	26	Kering	Aman
19:49:29	21	19:49:29	21	19:49:29	21	Kering	Aman
19:49:32	23	19:49:32	23	19:49:32	23	Kering	Aman
19:49:34	26	19:49:35	26	19:49:35	26	Kering	Aman
19:49:37	50	19:49:38	50	19:49:38	50	Lembab	Bocor Area 1
19:49:40	68	19:49:40	68	19:49:40	68	Basah	Bocor Area 1
19:49:43	71	19:49:43	71	19:49:43	71	Basah	Bocor Area 1
19:49:45	71	19:49:46	71	19:49:46	71	Basah	Bocor Area 1
19:49:48	69	19:49:49	69	19:49:49	69	Basah	Bocor Area 1



Gambar 7. Grafik Kebocoran Sensor 1 di dalam tanah

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa pembacaan data sensor 1 yang berada di dalam tanah. Data yang dikirim oleh nodeMCU diterima oleh firebase dan App Inventor dengan *delay* hanya 1 detik. Perubahan dari tanah kering/status aman dengan nilai sensor 26% , lalu berubah menjadi tanah lembab/status terjadi kebocoran pada area 1 dengan nilai sensor 50%, berubah lagi menjadi 68% dengan status tanah basah/status terjadi kebocoran pada area 1. Grafik kebocoran pada area 2 dapat dilihat pada gambar 7 pada grafik tersebut terlihat bahwa keadaan tanah yang mulanya berstatus kering pada jam ke 19:49:38 berubah menjadi tanah lembab dengan nilai kelembaban 50%, lalu berubah kembali pada jam 19:49:40 dengan status tanah basah 68% dan terjadi kebocoran. Pada data tabel 2 perubahan status tanah kering ke tanah lembab mempunyai rentang waktu 3 detik sedangkan dari tanah lembab ke basah mempunyai rentang waktu 2 detik.



Gambar 8. Grafik data sensor 1

Data gabungan sensor 1 dengan letak sensor didalam dan dipermukaan dapat dilihat pada gambar 8. Dapat dilihat bahwa pada saat letak sensor berada di permukaan tanah saat terjadi kebocoran sensor akan langsung membaca data pada saat tanah basah, sedangkan saat sensor diletakkan di dalam tanah maka sensor dapat mendeteksi tanah lembab terlebih dahulu pada saat terjadi kebocoran, lalu baru ke tanah basah.

3.3. Pengujian delay Pada Prototipe Kebocoran Pipa

Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap *delay* (tunda waktu data diterima oleh nodeMCU menuju database dan ditampilkan pada *App Inventor*). *Delay* diukur dengan mengamati waktu yang diterima pada firebase dan waktu yang diterima pada *App Inventor*. *Data error rate* dihitung dari data yang diterima dengan data yang dikirim, penguji melihat data yang dikirim oleh nodemcu sama dengan data yang diterima di database dan app inventor.

Tabel 3. Rata-rata *delay* sensor 1 di permukaan tanah

Rerata <i>Delay</i> (NodeMCU - Firebase)			Rerata <i>Delay</i> (NodeMCU - App Inventor)		
	Waktu	<i>Delay</i> (s)		Waktu	<i>Delay</i> (s)
Pagi	8:43:56 - 8:47:42	0.45	Pagi	8:43:56 - 8:47:42	0.745
Siang	13:45:37 - 13:49:07	1.039	Siang	13:45:37 - 13:49:07	1.176
Malam	19:18:35 - 19:21:49	1.196	Malam	19:18:35 - 19:21:49	1.235

Tabel 3 merupakan data rata-rata perhitungan *delay* pada sensor 1 dengan posisi sensor di permukaan tanah. Dapat dilihat bahwa pengiriman data pada pagi hari memperoleh nilai rata-rata *delay* yang sangat rendah yaitu 0.45 detik. Pengiriman data dari nodeMCU ke App Inventor juga data pada pagi hari memperoleh nilai *delay* yang rendah yaitu 0.745 detik dibanding dengan pengiriman siang 1.176 detik dan malam 1.235 detik. Pengiriman data ini juga dipengaruhi oleh kecepatan internet yang terhubung pada nodemcu.

Tabel 4. Rata-rata *delay* sensor 1 di dalam tanah

Rerata <i>Delay</i> (NodeMCU - Firebase)			Rerata <i>Delay</i> (NodeMCU - App Inventor)		
Waktu		<i>Delay</i> (s)	Waktu		<i>Delay</i> (s)
Pagi	9:13:28 - 9:17:15	1.274	Pagi	9:13:28 - 9:17:15	1.352
Siang	13:16:45 - 13:20:37	0.509	Siang	13:16:45 - 13:20:37	0.666
Malam	19:39:13 - 19:41:53	1	Malam	19:39:13 - 19:41:53	1.019

Tabel 4. merupakan data rata-rata perhitungan *delay* pada sensor 1 dengan posisi sensor di dalam tanah. Dapat dilihat bahwa pengiriman data pada siang hari memperoleh nilai rata-rata *delay* yang sangat rendah yaitu 0.509 detik. Pengiriman data dari nodeMCU ke App Inventor juga data pada siang hari memperoleh nilai *delay* yang rendah yaitu 0.666 detik dibanding dengan pengiriman pagi 1.352 detik dan malam 1.019 detik. Pengiriman data ini juga dipengaruhi oleh kecepatan internet yang terhubung pada nodemcu.

Tabel 5. Rata-rata *delay* sensor 2 di permukaan tanah

Rerata <i>Delay</i> (NodeMCU - Firebase)			Rerata <i>Delay</i> (NodeMCU - App Inventor)		
Waktu		<i>Delay</i> (s)	Waktu		<i>Delay</i> (s)
Pagi	8:43:56 - 8:47:42	0.463	Pagi	8:43:56 - 8:47:42	0.609
Siang	13:46:09 - 13:49:23	0.215	Siang	13:46:09 - 13:49:23	0.313
Malam	19:18:30 - 19:21:32	0.745	Malam	19:18:30 - 19:21:32	0.764

Tabel 5 merupakan data rata-rata perhitungan *delay* pada sensor 2 dengan posisi sensor di permukaan tanah. Dapat dilihat bahwa pengiriman data pada siang hari memperoleh nilai rata-rata *delay* yang sangat rendah yaitu 0.215 detik. Pengiriman data dari nodeMCU ke App Inventor juga data pada siang hari memperoleh nilai *delay* yang rendah yaitu 0.313 detik.

Tabel 6. Rata-rata *delay* sensor 2 di dalam tanah

Rerata <i>Delay</i> (NodeMCU - Firebase)			Rerata <i>Delay</i> (NodeMCU - App Inventor)		
Waktu		<i>Delay</i> (s)	Waktu		<i>Delay</i> (s)
Pagi	9:13:33 - 9:17:12	1.392	Pagi	9:13:33 - 9:17:12	1.434
Siang	13:16:41 - 13:20:28	0.745	Siang	13:16:41 - 13:20:28	0.921
Malam	19:39:12 - 19:41:51	0.98	Malam	19:39:12 - 19:41:51	0.98

Tabel 6 merupakan data rata-rata perhitungan *delay* pada sensor 2 dengan posisi sensor di dalam tanah. Dapat dilihat bahwa pengiriman data pada siang hari memperoleh nilai rata-rata *delay* yang rendah yaitu 0.745 detik. Pengiriman data dari nodeMCU ke App Inventor juga data pada siang hari memperoleh nilai *delay* yang rendah yaitu 0.921 detik. Pengiriman data ke firebase pada pagi hari memperoleh nilai *delay* 1.392 detik dan pada malam hari 0.98 detik. Pengiriman data ke App inventor pada pagi hari memperoleh nilai *delay* 1.434 detik dan pada malam hari memperoleh nilai *delay* 0.98 detik.

Data yang dikirim diperbaharui secara *realtime*, banyak data yang langsung dapat diterima oleh firebase setelah dikirim namun jika terjadi keterlambatan penerimaan itu disebabkan oleh jaringan yang digunakan kurang stabil.

Tabel 7. *Data error rate* sensor 1 di permukaan tanah

<i>Data error rate</i> (NodeMCU - Firebase)		<i>Data error rate</i> (NodeMCU - App Inventor)	
Waktu	Data Error Rate (%)	Waktu	Data Error Rate (%)
Pagi	0	Pagi	0
Siang	0	Siang	0
Malam	0	Malam	0

Tabel 8. *Data error rate* sensor 1 di dalam tanah

<i>Data error rate</i> (NodeMCU - Firebase)		<i>Data error rate</i> (NodeMCU - App Inventor)	
Waktu	Data Error Rate (%)	Waktu	Data Error Rate (%)
Pagi	0	Pagi	0
Siang	0	Siang	0
Malam	0	Malam	0

Tabel 9. *Data error rate* sensor di permukaan tanah

<i>Data error rate</i> (NodeMCU - Firebase)		<i>Data error rate</i> (NodeMCU - App Inventor)	
Waktu	Data Error Rate (%)	Waktu	Data Error Rate (%)
Pagi	0	Pagi	0
Siang	0	Siang	0
Malam	0	Malam	0

Tabel 10. *Data error rate* sensor 2 di dalam tanah

<i>Data error rate</i> (NodeMCU - Firebase)		<i>Data error rate</i> (NodeMCU - App Inventor)	
Waktu	Data Error Rate (%)	Waktu	Data Error Rate (%)
Pagi	0	Pagi	0
Siang	0	Siang	0
Malam	0	Malam	0

Dari tabel 7 sampai tabel 10 adalah rata – rata *data error rate* dari kedua sensor yang berada di permukaan tanah dan berada didalam tanah, dapat dilihat bahwa setiap data yang dikirimkan oleh NodeMCU sama dengan data yang diterima oleh *firebase* sebagai database dan *App Inventor* sebagai *platform IoT*.

4. Kesimpulan

Sistem yang dibuat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan, sehingga dapat mengetahui kinerja jaringan sensor kelembaban tanah. Letak dan posisi sensor kelembaban tanah juga mempengaruhi pembacaan nilai kelembaban tanah. Rata – rata *delay* terendah pengiriman yang diterima oleh *firebase* adalah 0.207 detik dan tertinggi 1.392 detik, rata – rata *delay* terendah pengiriman yang diterima oleh *App Inventor* adalah 0.313 detik dan tertinggi 1.434 detik. Kualitas jaringan yang digunakan sangat berpengaruh dalam proses pengiriman data.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan hikmat yang lebih sehingga penelitian ini dapat terselesaikan, kedua orang tua dan adik saya yang selalu mendukungan juga terima kasih diucapkan kepada orang-orang yang terlibat dalam penelitian ini.

Referensi

- [1]. D. Taryana, “Perancangan Jaringan Pendeteksi Kebocoran Pipa Air Bawah Tanah Menggunakan Teknologi WSN (Wireless Sensor Network),” Universitas Telkom , Bandung, 2018.
- [2]. M. Elleuchi, R. Khelif, M. Kharrat, M. Aseeri, A. Obeid dan M. Abid, “Water Pipeline Monitoring and Leak Detection using soil moisture Sensors: IoT based solution,” *International Multi - Conference on Systems, Signals and Devices*, Vol. %1 dari %2-, no. -, pp.772-775, 2019.
- [3]. S. A. Nugroho, “Analisis Kelembaban Tanah Permukaan melalui Citra Landsat 7 ETM+ di Wilayah Dataran Kabupaten Purworejo,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2011.
- [4]. R. F. Swarna, “Sistem Monitor Dan Kontrol Kelembaban Tanah Menggunakan Arduino Berbasis Internet of Things,” Universitas Islam Indonesia , Yogyakarta, 2016.
- [5]. F. Susanto, N. K. Prasiani dan P. Darmawan, “IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI,” *JURNAL IMAGINE*, vol. 2 No1 , pp. 35-40, 2022.
- [6]. G. Wang, C. Gu, J. Rice, T. Inoue, and C. Li, “Highly accurate noncontact water level monitoring using continuous-wave Doppler radar,” *WiSNet 2013 - Proc. 2013 IEEE Top. Conf.el. Sensors Sens. Networks - 2013 IEEE Radio Wirel. Week, RWW 2013*, no. January, pp. 19– 2013, doi: 10.1109/WiSNet.2013.6488620.
- [7]. M. Khan, B. N. Silva, and K. Han, “Internet of Things Based Energy Aware Smart Home Control System,” *IEEE Access*, vol. 4, pp. 7556–7566, 2016, doi: 10.1109/ACCESS.2016.2621752.
- [8]. A.B. Primawan, *Performance Analysis of Data Transmission Device in Wireless Sensor Network*, *International Journal of Engineering Trends and Technology* 68.3(2020):1-5.
- [9]. P. Sindu Prawito and H. P. Perdana, “Aplikasi Sistem Manajemen Belajar Berbasis Web Dengan Framework Laravel di Growth2tech,” *Syntax Lit. ; J. Ilm. Indones.*, vol. 5, no. 3, p. 100,2020, doi: 10.36418/syntax-literate.v5i3.981.