

Rancangan Teknologi IoT Berbasis ESP32 dalam Mengoptimalkan Sistem Irigasi Cerdas di Perkebunan Salak Pondoh

Jeki kuswanto^{*1}, Rifqi Dimas Pratama², Melwin Syafrizal³

^{1,2,3}Teknik Komputer, Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

Email: ^{*1}jeki@amikom.ac.id, ²rifqi.pratama@students.amikom.ac.id, ³melwin@amikom.ac.id

(Naskah masuk: 10 Oktober 2023, diterima untuk diterbitkan: 15 November 2023) (diisi oleh editor)

Abstrak: Kecamatan Turi, Sleman, DIY, adalah sentra salak pondoh berkualitas, namun produktivitasnya terganggu oleh kendala irigasi, terutama saat musim kemarau. Penelitian ini mengembangkan sistem irigasi berbasis Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi distribusi air di perkebunan salak pondoh. Sistem dirancang menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama, sensor kelembapan tanah, sensor aliran air, dan solenoid valve untuk kontrol otomatis. Data dipantau secara real-time melalui aplikasi Android, disimpan di Firebase, serta kartu MicroSD untuk mode offline. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menjaga kelembapan tanah dalam kisaran optimal (234–265% VWC) selama empat hari pengujian, dengan rata-rata debit air di atas 1,0 liter/menit. Sistem ini juga mendeteksi hambatan, seperti penyumbatan saluran air, dan merespons secara otomatis. Efisiensi penggunaan air meningkat hingga 30% dibandingkan metode manual, sementara aplikasi Android mempermudah pengelolaan irigasi secara terpusat. Data yang tersimpan menunjukkan keandalan sistem, baik dalam mode online maupun offline. Penelitian ini membuktikan bahwa penerapan IoT dapat menjadi solusi efektif bagi tantangan irigasi di perkebunan salak pondoh. Potensi pengembangan lebih lanjut meliputi integrasi energi terbarukan dan analitik data berbasis kecerdasan buatan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan.

Kata Kunci - Internet of Things; irigasi, Sensor; salak pondoh; ESP32

IoT Technology Design Using ESP32 to Optimize Smart Irrigation Systems in Salak Pondoh Plantations

Abstract: Turi District, Sleman, DIY, is a center for high-quality salak pondoh production, but its productivity is hindered by irrigation challenges, especially during the dry season. This study developed an Internet of Things (IoT)-based irrigation system to enhance water distribution efficiency in salak pondoh plantations. The system was designed using the ESP32 as the main microcontroller, soil moisture sensors, water flow sensors, and solenoid valves for automatic control. Data was monitored in real-time through an Android application and stored in Firebase as well as a MicroSD card for offline mode. The results showed that the system could maintain soil moisture within the optimal range (234–265% VWC) over four days of testing, with an average water flow rate above 1.0 liter/min. The system also detected issues such as clogged water channels and responded automatically. Water usage efficiency increased by up to 30% compared to manual methods, while the Android-based application simplified centralized irrigation management. Stored data demonstrated system reliability in both online and offline modes. This study proves that IoT implementation can effectively address irrigation challenges in salak pondoh plantations. Future development potential includes integrating renewable energy and artificial intelligence-based data analytics to improve efficiency and sustainability.

Keywords - Internet of Things; irrigation; sensors; salak pondoh; ESP32

1. PENDAHULUAN

Kecamatan Turi terletak dibagian utara Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Salah satu icon kecamatan tersebut yaitu buah salak pondoh yang terkenal akan rasa manisnya. Pertumbuhan pohon salak pondoh didaerah tersebut didukung dengan tekstur tanah berpasir bercampur dengan abu erupsi gunung Merapi menghasilkan tanah yang kaya akan sumber hara. Kecamatan Turi cocok untuk pertumbuhan pohon salak dengan didukung dengan ketinggian >

1000 m dari permukaan laut [1]. Dengan ketinggian tersebut menghasilkan tanah yang mempunyai kelembaban tinggi. Salak pondoh membutuhkan tanah dengan tingkat kelembaban tinggi untuk dapat tumbuh dengan baik dengan curah hujan rata-rata per tahun 200 – 400 mm/bulan. Curah hujan rata-rata bulanan lebih dari 100 mm/bulan sudah tergolong dalam bulan basah[2]. Air merupakan kebutuhan pokok bagi seluruh makhluk hidup, mulai dari manusia, hewan hingga tumbuhan. Khususnya tumbuhan, air sangat berperan penting untuk melarutkan unsur hara yang berada pada tanah serta mencegah tanaman menjadi layu karena air akan diserap oleh akar dan distribusikan ke seluruh bagian tanaman. Air yang digunakan para petani biasanya diambil dari saluran irigasi. Kebutuhan air akan meningkat saat musim kemarau tiba, karena tanah tidak mendapat suplai air yang cukup, seperti saat musim penghujan. Saat musim penghujan produksi buah salak pondoh akan meningkat drastis, kebalikannya saat musim kemarau tiba buah akan terhambat produksinya, dapat diambil kesimpulan bahwa kelembaban tanah menjadi hal yang perlu diperhatikan untuk mencapai tingkat produksi maksimal.

Saat melakukan irigasi para petani salak pondoh sering mendapat fenomena yang sampai saat ini masih menjadi masalah. Masalah – masalah tersebut disebabkan oleh alam dan manusia. Masalah yang disebabkan oleh alam yaitu tersumbatnya saluran irigasi (gorong – gorong) oleh sampah dedaunan, batu, bangkai unggas, dan lain – lain. Masalah selanjutnya yaitu disebabkan oleh ulah manusia yang tidak bertanggung jawab, menyelewengkan air ke perkebunan pribadi mengakibatkan penurunan debit air yang sering tidak disadari oleh petani, mengakibatkan air yang masuk ke perkebunan kurang maksimal. Karena saat melakukan irigasi petani salak mempunyai organisasi yang mengatur penjadwalan masuknya air ke perkebunan. Perkembangan internet pada saat ini telah berkembang pesat, saat ini internet menjadi kebutuhan primer yang harus terpenuhi untuk kehidupan sehari – hari. Adapun manfaat internet yaitu dalam hal media online, transportasi, transaksi, dan sebagainya[3]. Konsep Internet of Things (IoT) merupakan evolusi dari teknologi internet yang telah ada. Mengontrol peralatan elektronik dari jarak jauh melalui internet menjadi mungkin berkat Internet of Things (IoT), yang memungkinkan pengguna untuk mengelola dan meningkatkan kinerja perangkat elektronik serta peralatan listrik yang terhubung dengan internet[4].

Penelitian dilakukan secara prototype, dengan mengambil data dari perkebunan salak milik Bapak Rudi berstatus sebagai Ketua RT yang beralamat di Dusun Jambusari, Kalurahan Wonokerto, Kecamatan Turi, Kabupaten Sleman. Membuat rancangan perangkat IoT yang mampu monitoring kelembaban tanah dan mampu monitoring debit air, dilengkapi kontrol pintu air yang dapat dikontrol melalui aplikasi android yang berfungsi untuk mengontrol pintu utama, karena pengairan perkebunan salak telah ada organisasi maka bukaan pintu utama yang masuk ke perkebunan di masing – masing Dusun harus dikontrol oleh salah satu perwakilan, penelitian ini dilakukan untuk menjadi acuan dalam merancang sistem Implementasi Internet of Things (IoT) pada Irigasi Perkebunan Salak Pondoh.

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya diantaranya yaitu Penelitian dengan judul “Pengembangan Sistem Irigasi Pertanian Berbasis Internet of Things (IoT)” yang dilakukan oleh Miftahul Walid, dkk, yang bertujuan mengatasi suplai air yang tidak optimal akibat sistem irigasi manual dan perbedaan jenis tanaman. Metode yang digunakan adalah waterfall dengan memanfaatkan *ESP32*, *soil moisture sensor*, *solenoid valve*, dan *sensor ultrasonik*. Monitoring dilakukan melalui aplikasi *Blynk* atau web dengan *Thingspeak* [4]. Perbedaan dengan Penelitian ini adalah terletak pada spesifikasi objek tanaman pada irigasi serta menggunakan *Firestore* sebagai basis data, serta menggunakan aplikasi android untuk tampilan data yang lebih fleksibel.

Adapun perbedaan dari penelitian lain yang dilakukan oleh Armada Suryadiningrat, Danny Kurnianto, dan Raditya Artha Rochmanto, terletak pada ada *mode offline* untuk menyimpan data ketika tidak terhubung dengan internet, yang dapat disimpan pada *microSD*, dan Penelitian ini memperbaharui beberapa komponen seperti penggunaan capacitive soil moisture sensor menggantikan YL 69 untuk meningkatkan daya tahan, sedangkan ESP32 mendukung lebih banyak pin analog dibandingkan ESP8266, sedangkan pada penelitian Armada dkk, merancang sistem IoT untuk tanaman cabai rawit menggunakan metode irigasi tetes gravitasi yang dapat dimonitor

secara online dan realtime. Alat yang digunakan meliputi sensor *ultrasonik HC-SR04*, sensor *Dallas DS18B20*, *soil moisture sensor YL 69*, dan *motor servo SG90*. Menggunakan *ESP8266*, *Firestore*, dan *Google Spreadsheet* [5].

Penelitian “Sistem Irigasi Pertanian Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO di Desa Wanajaya Cikarang Kabupaten Bekasi” oleh Sigit Purwanto dan Asep Sumantri mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis IoT untuk mengurangi pemborosan air. Perangkat yang digunakan meliputi Arduino UNO, Soil Moisture Sensor FC-28, Relay, Water Pump Mini, Breadboard, Kabel Dupont, dan NodeMCU. Data sensor ditampilkan melalui Web Server Thingier.io. Penggunaan dua mikrokontroler dianggap kurang efisien, sehingga pada penelitian ini menyempurnakan penelitian tersebut dengan menggunakan ESP32 dengan spesifikasi lebih tinggi dan fitur yang lebih lengkap [6].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan prototype sistem irigasi pada perkebunan salak pondoh. Menggunakan ESP32 sebagai *microcontroller*, ESP32 menurut Dodi Yudo Setyawan, dkk (2022) adalah serangkaian sistem hemat daya dan hemat daya pada *microcontroller chip* dengan WiFi terintegrasi dan *Bluetooth dual – mode* [7]. ESP32 pilihan yang fleksibel dan bertenaga untuk berbagai aplikasi *Internet of Things (IoT)*. dan data dapat di monitoring melalui aplikasi android secara realtime menggunakan *firebase*, merupakan database secara realtime *Firestore Realtime Database* adalah suatu basis data yang di-hosting di *cloud*. Informasi disimpan dalam format *JSON* dan secara langsung disinkronkan dengan setiap pengguna yang terkoneksi secara *realtime*. Apabila anda mengembangkan aplikasi yang bersifat lintas platform menggunakan *SDK platform Apple, Android*, dan *JavaScript* kami, semua pengguna akan mengakses satu *instance Realtime Database* yang sama dan mendapatkan pembaruan data terkini secara otomatis [8].

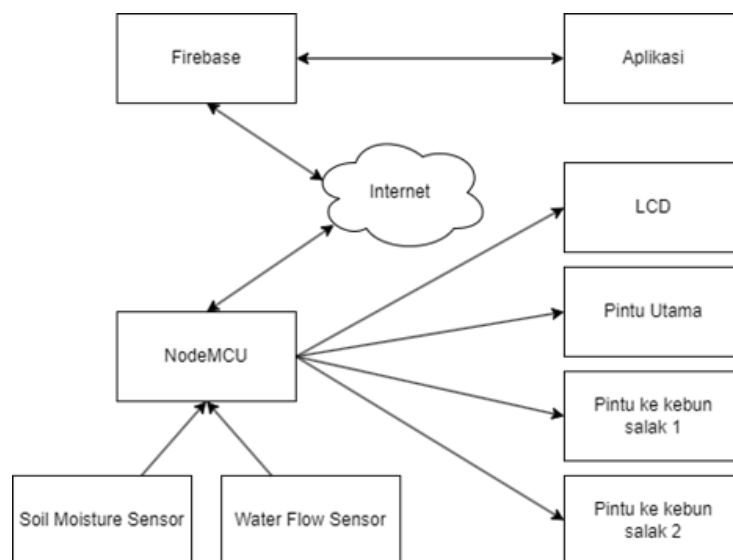
Penelitian ini dilakukan pada tanah perkebunan salak pondoh yang berada di Dusun Jambusari. Pintu air disimulasikan dengan *Solenoid Valve 12V DC*, *Solenoid valve* adalah perangkat mekanikal-elektrikal yang memanfaatkan gulungan kawat dengan inti besi yang dapat digerakkan oleh medan magnet, untuk mengendalikan aliran *fluida*. Cara kerja *solenoid valve* melibatkan penggunaan katup listrik dengan gulungan *coil* sebagai mekanisme penggeraknya[9]. Serta menggunakan *relay* sebagai saklar yang dikontrol dari ESP32 dengan nilai parameter kelembaban tanah yang dikirim dari *Capasitive soil moisture sensor*, merupakan sensor yang mampu mengukur tingkat kelembaban atau kadar air dalam tanah. Spesifikasi *soil moisture sensor* meliputi; *Operating Voltage: 3.3 ~ 5.5 VDC*, *Output Voltage: 0 ~ 3.0VDC*, *Operating Current 5mA*, *Interface PH2.0-3P*, *Dimensions 3.86 x 0.905 inches (L x W)*, *Weight 15g*. Kisaran dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu kering, basah, sangat basah. Nilai-nilai yang didapatkan adalah kering (520 – 430), basah (430 – 350), sangat basah (350 – 260) [10]. *Relay* dikontrol melalui aplikasi, Penggunaan berfungsi untuk mengirim nilai debit air yang melintas melewati sensor tersebut. *Database Firestore realtime* dan *MicroSD card* digunakan sebagai penyimpanan data. Data ditampilkan pada *Oled*, *LCD*, dan *Aplikasi*. Catu daya yang digunakan pada penelitian ini menggunakan accu 12 V 5 A untuk menggerakkan medan magnet pada *Solenoid Valve*, serta dilengkapi modul *step down 5V* untuk menghidupkan ESP32.

Penggunaan *Water flow sensor* adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi pergerakan air yang melintasi sensor [11]. *Waterflow sensor* model ini adalah dapat bekerja dengan catu daya 5 – 18VDC, dengan maksimal arus 15mA. Dapat mengukur aliran air 1 sampai 30 L/m, dengan tingkat akurasi $\pm 10\%$. *Body* terbuat dari plastik dengan kedua sisi katub dengan diameter $\frac{1}{2}$ inch [12].

Dalam Penelitian ini dilakukan Beberapa Tahapan diantaranya:

1. Identifikasi Masalah
Merupakan tahapan awal yang bertujuan untuk menentukan masalah atau fenomena yang akan menjadi fokus penelitian. Lalu membuat gagasan berupa perangkat yang mampu untuk memecahkan masalah tersebut. Tahap ini juga menjadi tahapan untuk menentukan judul Skripsi yang sesuai dengan kemampuan peneliti.
2. Studi literatur
Pemecahan masalah dimulai dengan melihat jurnal – jurnal, buku, dan skripsi terdahulu yang mengangkat tema yang sama, ini bertujuan agar mempersingkat waktu riset komponen yang dibutuhkan dan untuk menambah wawasan atau pengetahuan baru tentang pemecahan masalah.
3. Analisis kebutuhan alat dan bahan
Setelah memahami masalah dan mengetahui bagaimana penyelesaiannya, tahapan selanjutnya menganalisa kebutuhan alat dan bahan. Memilih komponen IoT yang paling tepat untuk menghasilkan data yang akurat serta melakukan pembelian alat dan bahan untuk mendukung kelancaran penelitian.
4. Perancangan *hardware* dan *software*
Pada perancangan *hardware* dimulai dengan menghubungkan seluruh komponen pada skema rangkaian yang telah dibuat. Pada perancangan *software* dimulai dengan melakukan instalasi *software*, melakukan *update driver*, dan menyiapkan beberapa *library* atau *plugin*.
5. Pengujian alat
Pada tahap pengujian ini dilakukan dengan menganalisa apakah perangkat sudah bekerja dengan benar. Jika sudah maka bisa lanjut ke tahap selanjutnya. Jika hasil temuan tidak sesuai atau terjadi error, maka tahapan kembali ke tahapan sebelumnya untuk direncanakan ulang atau diperbaiki atau diganti.
6. Identifikasi hasil pengujian alat
Tahapan ini melakukan pencatatan hasil dari pengujian alat. lalu membuat rangkuman dari beberapa pengujian untuk dijadikan data yang detail dan akurat.

Pada Gambar 1 merupakan Tahapan Proses Kerja Sistem ketika rancangan perangkat ini sedang digunakan

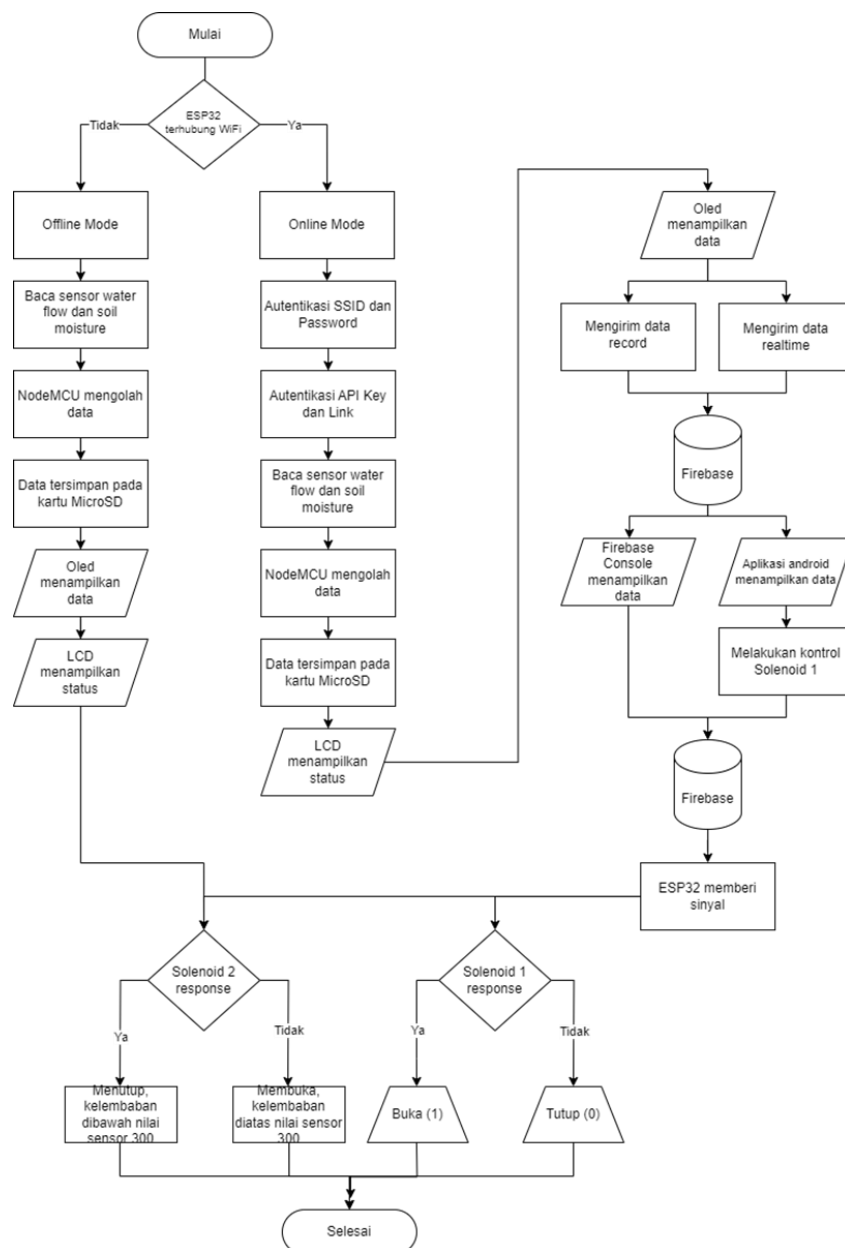


Gambar 1. Tahapan Proses Kerja Sistem

Pada Gambar 1 menjelaskan alur kerja perangkat, dimulai dengan *capacitive soil moisture sensor* dan *water flow sensor* mengirimkan data nilai sensor ke *microcontroller ESP32*, *ESP32* akan mengolah data dan mengambil tindakan untuk mengirim sinyal ON/OFF ke *solenoid valve 2* dan menampilkan

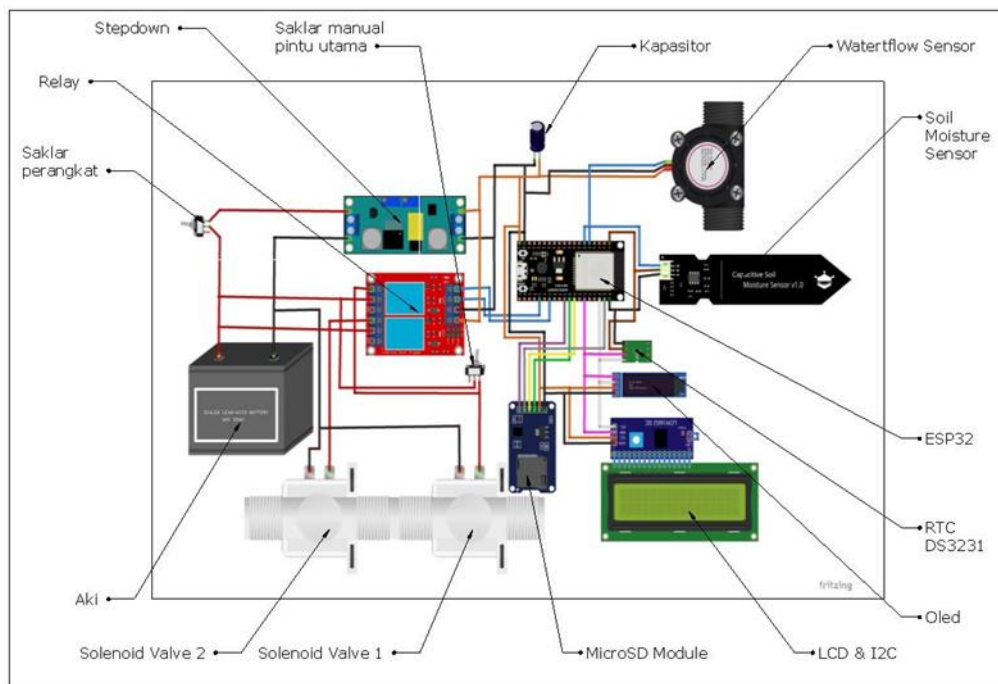
data melalui *LCD*. Data yang diterima *ESP32* akan disimpan pada kartu *MicroSD*, *ESP32* yang telah terkoneksi dengan jaringan internet dengan mengkonfigurasi *SSID* dan *Password* sebelumnya, akan mengirimkan data ke *database Firebase*, data akan disimpan akan ditampilkan secara *realtime* pada *website*. Aplikasi akan mengambil data dari *database* untuk ditampilkan pada halaman awal aplikasi. Kontrol *solenoid valve 1* dengan fitur *button* Buka atau Tutup pada aplikasi, data *controlling* akan disimpan sementara pada *database* untuk dibaca *ESP32*. *ESP32* akan mengambil tindakan pada *solenoid valve 1* sesuai data yang dibaca pada *database*.

Adapun cara kerja perangkat yang telah dirancang. dengan tahap pertama yaitu *ESP32* terhubung dengan *WiFi* atau tidak, jika tidak maka *sensor capacitive soil moisture sensor* akan membaca nilai kelembaban tanah sedangkan *water flow sensor* akan membaca nilai debit air dan data akan diproses oleh *ESP32*, data disimpan pada *MicroSD card* dan ditampilkan pada *LCD* dan *Oled* adapun diagram alir (*flowchart*) dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Sistem Kerja Alat

Langkah berikutnya ialah *Solenoid 2* akan merespon sinyal dari *ESP32*, dengan parameter nilai *Soil Moisture Sensor*. *Solenoid 1* dikontrol manual dengan saklar yang berada pada perangkat. Jika perangkat terhubung WiFi maka akan mengkonfigurasi SSID dan Password. Dilanjutkan dengan pembacaan nilai sensor, *capacitive soil moisture sensor* akan membaca nilai kelembaban tanah sedangkan *water flow sensor* akan membaca nilai debit air. Data kedua sensor akan diproses oleh *ESP32*. Data yang diterima oleh *ESP32* akan disimpan pada *Kartu MicroSD*. *LCD* dan *Oled* akan menampilkan data dari *ESP32*. *ESP32* mengirimkan data ke *database Firebase* setelah mengidentifikasi *API Key* dan *Link Database*. *Firebase console* dan aplikasi akan menampilkan data yang terkirim. Di dalam aplikasi akan menampilkan seluruh data yang terdapat pada *database Firebase*, terdapat kontrol *button* untuk memberi sinyal ke *solenoid valve 1* berupa bilangan biner. Lalu data kontrol dikembalikan ke *database Firebase*. *ESP32* menerima *response* dan memberi sinyal sesuai *response* yang didapat yaitu 1 = buka, 0 = tutup. *ESP32* akan mengambil tindakan pada *solenoid valve 2* menggunakan parameter nilai *capacitive soil moisture sensor*. Langkah berikutnya adalah memulai proses pembuatan *prototype*, penyusunan rencana atau desain perangkat keras, termasuk spesifikasi teknis, arsitektur sistem, dan skema sirkuit. Pada tahap ini, *prototype* awal disiapkan, yaitu pembuatan desain atau konsep untuk menguji ide-ide dan memvalidasi desain awal Adapun gambar 3 merupakan Skema Rangkaian Elektronika.



Gambar 3. Skema Rangkaian Elektronika

Gambar 3 merupakan rancangan skema elektronika yang dibuat untuk tujuan memberi pemahaman dan meminimalisir kesalahan dalam perakitan komponen, skema dibuat menggunakan *software Fritzing*.

Setelah menyelesaikan tahap perencanaan, langkah berikutnya adalah fase pengembangan, *prototype* awal diubah menjadi produk perangkat keras yang lebih matang. Proses ini melibatkan pembuatan versi yang lebih lanjut dari *prototype* awal, seringkali dengan penambahan komponen dan fitur yang lebih lengkap. Uji coba dan validasi ekstra dilakukan untuk memastikan bahwa perangkat keras sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Percobaan atau uji coba dilakukan selama 4 hari. Percobaan tidak bisa dilakukan terus-menerus karena aki harus diisi ulang arus listriknya. Saat pengisian aki, sensor terkena *noise* yang menyebabkan pembacaan sensor menjadi tidak akurat. Selain itu, karena penelitian ini dilakukan

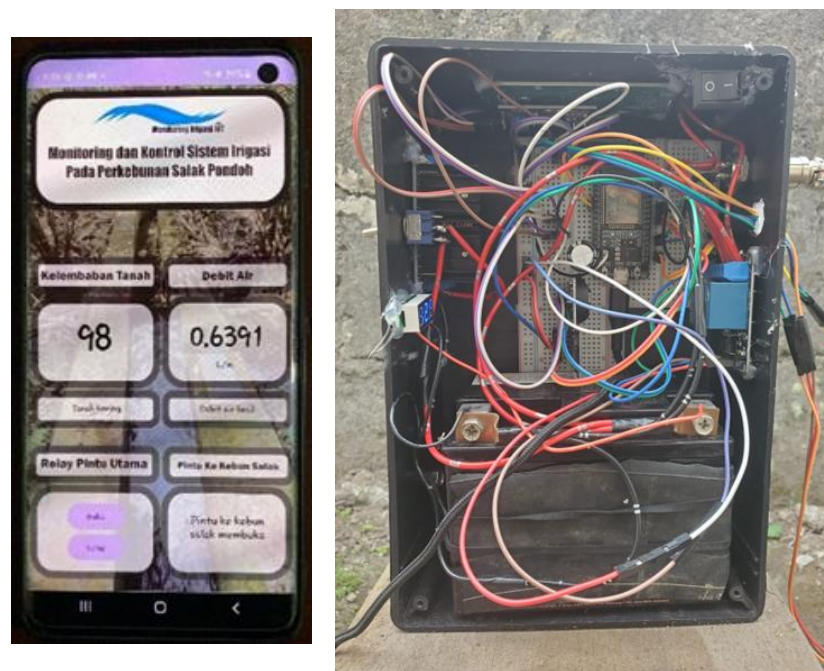
di luar ruangan, cuaca juga harus diperhatikan. Saat gerimis, penelitian terpaksa ditunda untuk menghindari kemungkinan terjadinya korsleting akibat percikan air hujan. Karena semua stop kran, *Water Flow Sensor*, dan *Solenoid Valve* dirangkai dalam satu jalur atau seri, maka saat *Solenoid Valve* menutup, *Water Flow Sensor* secara otomatis menunjukkan angka 0 karena tidak ada aliran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data monitoring kelembaban tanah dan *Water Flow Sensor* selama 4 hari ujicoba.

3.1. Pembahasan

Perancangan dilakukan dengan menyiapkan semua *hardware* yang diperlukan. Menggunakan kabel jumper untuk menghubungkan *ESP32* ke seluruh *hardware* yang digunakan, mulai dari *capacitive soil moisture sensor*, *water flow sensor*, *LCD 1602 I2C*, *RTC DS3231*, *Oled 128x32* dan *relay*. Serta menghubungkan *accu* dengan *Step Down* yang telah diatur menjadi *output 5 V*. Untuk menghubungkan dan memutus aliran listrik ke seluruh perangkat, terdapat *toggle switch*. Perancangan ini bertujuan agar mempermudah pendeteksian saat terjadi *error*, sebelum masuk ke tahap implementasi adapun hasil perancangan *hardware* dan *software* aplikasi mobile dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Aplikasi Mobile dan Hardware

Untuk aplikasi mobile dapat mengontrol relay untuk buka dan tutup serta terdapat informasi status pintu irigasi, kemudian di aplikasi mobile juga dapat menampilkan data berupa kelembaban tanah dan debit air.

Monitoring dilaksanakan selama 4 hari, dengan kondisi yang berbeda – beda. Hari pertama monitoring menggunakan laptop, perangkat terhubung *WiFi*, untuk melihat *log* pada *Serial Monitor*, monitoring dapat dilihat di aplikasi, *LCD*, *Oled*, dan *Serial Monitor*. Hari kedua sama seperti hari pertama, tetapi tanpa laptop. Hari ketiga seperti hari kedua hanya saja mencoba simulasi hambatan aliran air dengan stop kran. Hari keempat monitoring tanpa terhubung *WiFi*, monitoring dapat dilihat pada *LCD* dan *Oled*.

3.1.1. Hasil Monitoring Hari Pertama

Hasil pengujian hari pertama dapat dilihat dalam Tabel 1 menunjukan semua sistem berjalan seperti yang diharapkan, Pintu Utama membuka pada jam 7.31 WIB dan menutup 15.51 WIB, Pintu Kebun Salak menutup pada nilai sensor 234 pukul 15.11 WIB. Debit air rata – rata normal karena lebih dari 1.00 L/m. Aki harus dicas setelah pukul 9.32 WIB.

Tabel 1 Hasil Pegujian Hari Pertama

No	Tanggal	Waktu	Capasitive Soil Moisture Sensor	Keterangan	Pintu Kebun Salak	Water Flow Sensor	Keterangan	Pintu Utama
1	7/19/2024	7:20:59	471	Kering	Membuka	0	Tersumbat	Menutup
2	7/19/2024	7:31:05	481	Kering	Membuka	1.51	Normal	Membuka
3	7/19/2024	7:41:11	477	Kering	Membuka	1.5	Normal	Membuka
4	7/19/2024	7:51:17	571	Kering	Membuka	1.49	Normal	Membuka
5	7/19/2024	8:01:23	485	Kering	Membuka	1.48	Normal	Membuka
6	7/19/2024	8:11:29	465	Kering	Membuka	1.5	Normal	Membuka
7	7/19/2024	8:21:35	470	Kering	Membuka	1.44	Normal	Membuka
8	7/19/2024	8:31:41	472	Kering	Membuka	1.42	Normal	Membuka
9	7/19/2024	8:41:47	467	Kering	Membuka	1.9	Normal	Membuka
10	7/19/2024	8:51:53	472	Kering	Membuka	1.4	Normal	Membuka
11	7/19/2024	9:01:59	480	Kering	Membuka	1.38	Normal	Membuka
12	7/19/2024	9:12:05	479	Kering	Membuka	1.35	Normal	Membuka
13	7/19/2024	9:22:11	499	Kering	Membuka	1.07	Normal	Membuka
14	7/19/2024	9:32:17	476	Kering	Membuka	1.28	Normal	Membuka
15	7/19/2024	9:42:23	466	Kering	Membuka	1.28	Normal	Membuka
16	7/19/2024	13:20:17	471	Kering	Membuka	1.28	Normal	Membuka
17	7/19/2024	13:30:23	467	Kering	Membuka	1.29	Normal	Membuka
18	7/19/2024	13:40:29	452	Kering	Membuka	1.28	Normal	Membuka
19	7/19/2024	13:50:35	442	Kering	Membuka	1.28	Normal	Membuka
20	7/19/2024	14:00:41	434	Kering	Membuka	1.83	Normal	Membuka
21	7/19/2024	14:10:47	402	Lembab	Membuka	1.24	Normal	Membuka
22	7/19/2024	14:20:53	393	Lembab	Membuka	1.89	Normal	Membuka
23	7/19/2024	14:30:59	376	Lembab	Membuka	1.86	Normal	Membuka
24	7/19/2024	14:41:05	371	Lembab	Membuka	1.24	Normal	Membuka
25	7/19/2024	14:51:11	369	Lembab	Membuka	1.35	Normal	Membuka
26	7/19/2024	15:01:17	352	Lembab	Membuka	1.22	Normal	Membuka
27	7/19/2024	15:11:23	234	Basah	Menutup	1.13	Normal	Membuka
28	7/19/2024	15:21:29	246	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Membuka
29	7/19/2024	15:31:35	240	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Membuka
30	7/19/2024	15:41:41	254	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Membuka
31	7/19/2024	15:51:47	263	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Menutup

Data Pada hari pertama, dapat dilihat pada tabel 1 dimana kondisi tanah sebagian besar berada dalam kategori "kering" dengan nilai kapasitif kelembapan berkisar antara 465 hingga 499, kecuali setelah pukul 14:10 ketika kelembapan mulai meningkat ke kategori "lembab" (376-402) dan akhirnya menjadi "basah" (234-254) setelah pukul 15:11. Aliran air tercatat normal sepanjang hari dengan nilai berkisar antara 1.07 hingga 1.9, kecuali pada awal pengujian (pukul 7:20) dan akhir pengujian (15:21 hingga 15:51) ketika sensor menunjukkan kondisi "tersumbat" (nilai 0). Pintu kebun otomatis tetap membuka saat tanah berada dalam kondisi kering hingga lembab, namun mulai menutup ketika tanah mencapai kategori basah setelah pukul 15:11.

3.1.2. Hasil Monitoring Hari Kedua

Hasil pengujian hari kedua dapat dilihat dalam Tabel 2, menunjukkan semua sistem berjalan seperti yang diharapkan, Pintu Utama membuka pada jam 7.41 WIB dan menutup 15.52 WIB, Pintu Kebun Salak menutup pada nilai sensor 254 pukul 15.01 WIB. Debit air rata – rata normal karena lebih dari 1.00 L/m. Aki harus dicas setelah pukul 9.52 WIB.

Tabel 2 Hasil Pegujian Hari Kedua

No	Tanggal	Waktu	Capasitive Soil Moisture Sensor	Keterangan	Pintu Kebun Salak	Water Flow Sensor	Keterangan	Pintu Utama
1	7/22/2024	7:31:21	472	Kering	Membuka	0	Tersumbat	Menutup
2	7/22/2024	7:41:27	480	Kering	Membuka	1.45	Normal	Membuka
3	7/22/2024	7:51:33	471	Kering	Membuka	1.28	Normal	Membuka
4	7/22/2024	8:01:39	467	Kering	Membuka	1.28	Normal	Membuka
5	7/22/2024	8:11:45	452	Kering	Membuka	1.29	Normal	Membuka
6	7/22/2024	8:21:51	442	Kering	Membuka	1.28	Normal	Membuka
7	7/22/2024	8:31:57	434	Kering	Membuka	1.28	Normal	Membuka
8	7/22/2024	8:42:03	452	Kering	Membuka	1.24	Normal	Membuka
9	7/22/2024	8:52:09	467	Kering	Membuka	1.35	Normal	Membuka
10	7/22/2024	9:02:15	472	Kering	Membuka	1.22	Normal	Membuka
11	7/22/2024	9:12:21	450	Kering	Membuka	1.13	Normal	Membuka
12	7/22/2024	9:22:27	479	Kering	Membuka	1.35	Normal	Membuka
13	7/22/2024	9:32:33	499	Kering	Membuka	1.28	Normal	Membuka
14	7/22/2024	9:42:39	476	Kering	Membuka	1.83	Normal	Membuka
15	7/22/2024	9:52:45	466	Kering	Membuka	1.24	Normal	Membuka
16	7/22/2024	13:20:57	471	Kering	Membuka	1.89	Normal	Membuka
17	7/22/2024	13:31:03	467	Kering	Membuka	1.86	Normal	Membuka
18	7/22/2024	13:41:09	440	Kering	Membuka	1.28	Normal	Membuka
19	7/22/2024	13:51:15	423	Kering	Membuka	1.28	Normal	Membuka
20	7/22/2024	14:01:21	410	Lembab	Membuka	1.83	Normal	Membuka
21	7/22/2024	14:11:27	388	Lembab	Membuka	1.24	Normal	Membuka
22	7/22/2024	14:21:33	373	Lembab	Membuka	1.89	Normal	Membuka
23	7/22/2024	14:31:39	371	Lembab	Membuka	1.86	Normal	Membuka
24	7/22/2024	14:41:45	362	Lembab	Membuka	1.24	Normal	Membuka
25	7/22/2024	14:51:51	355	Lembab	Membuka	1.35	Normal	Membuka
26	7/22/2024	15:01:57	254	Basah	Menutup	1.32	Normal	Membuka
27	7/22/2024	15:12:03	234	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Membuka
28	7/22/2024	15:22:09	233	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Membuka
29	7/22/2024	15:32:15	230	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Membuka
30	7/22/2024	15:42:21	223	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Membuka
31	7/22/2024	15:52:27	229	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Menutup

Tabel 2 menunjukan data pengujian hari kedua kondisi tanah juga sebagian besar berada dalam kategori "kering" dengan nilai kapasitif kelembapan antara 440 hingga 499, sebelum turun menjadi "lembab" (362-410) sekitar pukul 14:01, dan akhirnya mencapai kategori "basah" (223-254) setelah pukul 15:01. Aliran air menunjukkan pola yang serupa dengan hari pertama, yakni normal dengan nilai 1.13 hingga 1.89, kecuali pada awal dan akhir pengujian saat aliran air tersumbat (nilai 0). Pintu kebun otomatis bekerja konsisten dengan membuka saat tanah kering hingga lembab, dan menutup ketika tanah berubah menjadi basah setelah pukul 15:01.

3.1.3. Hasil Monitoring Hari Ketiga

Hasil pengujian hari pertama dapat dilihat dalam Tabel 3, menunjukkan semua sistem berjalan seperti yang diharapkan, Pintu Utama membuka pada jam 7.42 WIB dan menutup 19.42 WIB, Pintu Kebun Salak menutup pada nilai sensor 231 pukul 19.32 WIB. Debit air di skenario seolah – olah ada penyumbatan aliran air pada jam 8.12 WIB. Aki harus dicas setelah pukul 9.53 WIB, pengecasan kedua dilakukan setelah pukul 15.52 WIB.

Tabel 3 Hasil Pegujian Hari Ketiga

No	Tanggal	Waktu	Capasitive Soil Moisture Sensor	Keterangan	Pintu Kebun Salak	Water Flow Sensor	Keterangan	Pintu Utama
1	7/25/2024	7:32:00	474	Kering	Menutup	0	Tersumbat	Menutup
2	7/25/2024	7:42:06	485	Kering	Membuka	1.38	Normal	Membuka
3	7/25/2024	7:52:12	465	Kering	Membuka	1.35	Normal	Membuka
4	7/25/2024	8:02:18	470	Kering	Membuka	1.07	Normal	Membuka
5	7/25/2024	8:12:24	472	Kering	Membuka	0.9	Tersumbat	Membuka
6	7/25/2024	8:22:30	467	Kering	Membuka	0.6	Tersumbat	Membuka
7	7/25/2024	8:32:36	472	Kering	Membuka	0.9	Tersumbat	Membuka
8	7/25/2024	8:42:42	444	Kering	Membuka	0.7	Tersumbat	Membuka
9	7/25/2024	8:52:48	479	Kering	Membuka	0.7	Tersumbat	Membuka
10	7/25/2024	9:02:54	499	Kering	Membuka	0.7	Tersumbat	Membuka
11	7/25/2024	9:13:00	476	Kering	Membuka	0.7	Tersumbat	Membuka
12	7/25/2024	9:23:06	466	Kering	Membuka	0.6	Tersumbat	Membuka
13	7/25/2024	9:33:12	461	Kering	Membuka	0.6	Tersumbat	Membuka
14	7/25/2024	9:43:18	467	Kering	Membuka	0.8	Tersumbat	Membuka
15	7/25/2024	9:53:24	452	Kering	Membuka	0.8	Tersumbat	Membuka
16	7/25/2024	13:30:37	471	Kering	Membuka	0.7	Tersumbat	Membuka
17	7/25/2024	13:40:43	467	Kering	Membuka	0.8	Tersumbat	Membuka
18	7/25/2024	13:50:49	452	Kering	Membuka	0.8	Tersumbat	Membuka
19	7/25/2024	14:00:55	472	Kering	Membuka	0.8	Tersumbat	Membuka
20	7/25/2024	14:11:01	454	Kering	Membuka	0.8	Tersumbat	Membuka
21	7/25/2024	14:21:07	432	Kering	Membuka	0.6	Tersumbat	Membuka
22	7/25/2024	14:31:13	453	Kering	Membuka	0.6	Tersumbat	Membuka
23	7/25/2024	14:41:19	448	Kering	Membuka	0.6	Tersumbat	Membuka
24	7/25/2024	14:51:25	437	Kering	Membuka	0.7	Tersumbat	Membuka
25	7/25/2024	15:01:31	429	Lembab	Membuka	0.7	Tersumbat	Membuka
26	7/25/2024	15:11:37	412	Lembab	Membuka	0.7	Tersumbat	Membuka
27	7/25/2024	15:21:43	405	Lembab	Membuka	0.8	Tersumbat	Membuka
28	7/25/2024	15:31:49	391	Lembab	Membuka	0.7	Tersumbat	Membuka
29	7/25/2024	15:41:55	372	Lembab	Membuka	0.8	Tersumbat	Membuka
30	7/25/2024	15:52:01	374	Lembab	Membuka	0.8	Tersumbat	Membuka
31	7/25/2024	19:12:07	358	Lembab	Membuka	0.8	Tersumbat	Membuka
32	7/25/2024	19:22:13	351	Basah	Membuka	0.7	Tersumbat	Membuka
33	7/25/2024	19:32:19	231	Basah	Membuka	0.6	Tersumbat	Membuka
34	7/25/2024	19:42:25	220	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Menutup

Pengujian hari ketiga data dapat dilihat pada tabel 3, dengan pengujian terhadap sensor kelembaban tanah, aliran air, serta status pintu kebun dan pintu utama. Dari hasil pengujian ini, tingkat kelembaban tanah memiliki rata-rata 431.71 dengan nilai minimum 220 dan maksimum 499. Sebagian besar tanah berada dalam kondisi kering sebanyak 24 kali, sementara kondisi lembab

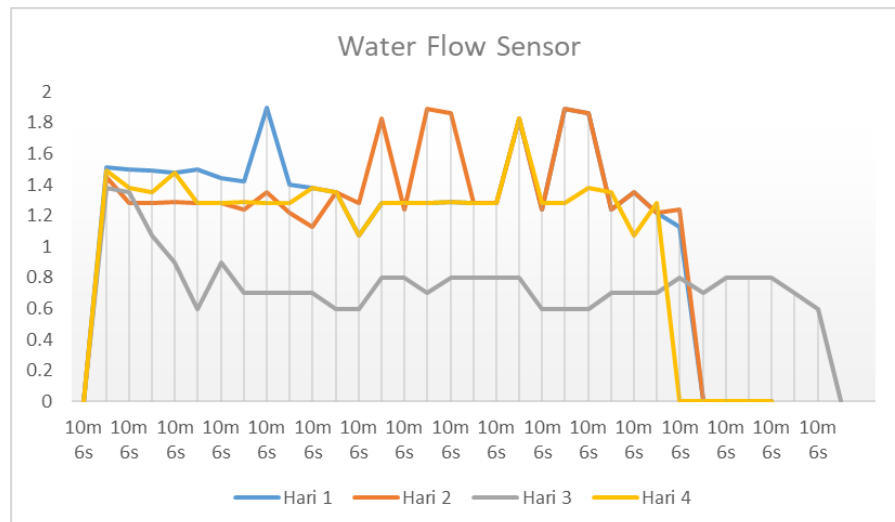
tercatat 7 kali, dan basah sebanyak 3 kali. Pengujian sensor aliran air menunjukkan rata-rata aliran sebesar 0.73, dengan nilai tertinggi mencapai 1.38. Kondisi aliran air paling sering berada dalam keadaan tersumbat sebanyak 30 kali, sedangkan kondisi normal hanya tercatat 3 kali, dan 1 data tidak tercatat. Untuk status pintu kebun salak, pintu lebih sering dalam keadaan membuka sebanyak 31 kali, sementara kondisi menutup hanya tercatat 2 kali, dan 1 data tidak tercatat. Hal yang sama juga terjadi pada pintu utama, dengan kondisi membuka sebanyak 31 kali, menutup 2 kali, dan 1 data tidak tercatat.

3.1.4. Hasil Monitoring Hari Keempat

Hasil pengujian hari keempat dapat dilihat dalam Tabel 4, menunjukan semua sistem berjalan seperti yang diharapkan, Pintu Utama dibuka secara manual menggunakan saklar yang terdapat pada perangkat, dibuka pada jam 7.38 WIB dan menutup 15.52 WIB, Pintu Kebun Salak menutup pada nilai sensor 265 pukul 15.02 WIB.

Tabel 4 Hasil Pegujian Hari Keempat

No	Tanggal	Waktu	Capasitive Soil Moisture Sensor	Keterangan	Pintu Kebun Salak	Water Flow Sensor	Keterangan	Pintu Utama
1	7/28/2024	7:38:28	476	Kering	Membuka	0	Tersumbat	Ditutup
2	7/28/2024	7:48:34	466	Kering	Membuka	1.49	Normal	Dibuka
3	7/28/2024	7:58:40	471	Kering	Membuka	1.38	Normal	Dibuka
4	7/28/2024	8:08:46	467	Kering	Membuka	1.35	Normal	Dibuka
5	7/28/2024	8:18:52	452	Kering	Membuka	1.48	Normal	Dibuka
6	7/28/2024	8:28:58	442	Kering	Membuka	1.28	Normal	Dibuka
7	7/28/2024	8:39:04	494	Kering	Membuka	1.28	Normal	Dibuka
8	7/28/2024	8:49:10	467	Kering	Membuka	1.29	Normal	Dibuka
9	7/28/2024	8:59:16	452	Kering	Membuka	1.28	Normal	Dibuka
10	7/28/2024	9:09:22	443	Kering	Membuka	1.28	Normal	Dibuka
11	7/28/2024	9:19:28	434	Kering	Membuka	1.38	Normal	Dibuka
12	7/28/2024	9:29:34	467	Kering	Membuka	1.35	Normal	Dibuka
13	7/28/2024	9:39:40	472	Kering	Membuka	1.07	Normal	Dibuka
14	7/28/2024	9:49:46	480	Kering	Membuka	1.28	Normal	Dibuka
15	7/28/2024	13:21:17	479	Kering	Membuka	1.28	Normal	Dibuka
16	7/28/2024	13:31:23	467	Kering	Membuka	1.28	Normal	Dibuka
17	7/28/2024	13:41:29	452	Kering	Membuka	1.29	Normal	Dibuka
18	7/28/2024	13:51:35	442	Kering	Membuka	1.28	Normal	Dibuka
19	7/28/2024	14:01:41	434	Kering	Membuka	1.28	Normal	Dibuka
20	7/28/2024	14:11:47	411	Lembab	Membuka	1.83	Normal	Dibuka
21	7/28/2024	14:21:53	395	Lembab	Membuka	1.28	Normal	Dibuka
22	7/28/2024	14:31:59	386	Lembab	Membuka	1.28	Normal	Dibuka
23	7/28/2024	14:42:05	331	Lembab	Membuka	1.38	Normal	Dibuka
24	7/28/2024	14:52:11	301	Lembab	Membuka	1.35	Normal	Dibuka
25	7/28/2024	15:02:17	265	Basah	Menutup	1.07	Normal	Dibuka
26	7/28/2024	15:12:23	234	Basah	Menutup	1.28	Normal	Dibuka
27	7/28/2024	15:22:29	300	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Dibuka
28	7/28/2024	15:32:35	248	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Dibuka
29	7/28/2024	15:42:41	240	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Dibuka
30	7/28/2024	15:52:47	239	Basah	Menutup	0	Tersumbat	Dibuka
31	7/25/2024	19:12:07	358	Lembab	Membuka	0	Tersumbat	Ditutup



Gambar 6. Grafik Kinerja Water Flow Sensor

Pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa *Water Flow Sensor* bekerja seperti yang diharapkan. Pada percobaan hari pertama, kedua, dan keempat sensor bekerja kurang stabil, tetapi masih batas normal, tidak ada *drop* yang disebabkan oleh kesalahan pembacaan nilai sensor. Pada percobaan hari ketiga saat tuas stop kran mulai ditutup, pembacaan sensor juga mengalami penurunan, ini menandakan sensor bekerja dengan benar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian proyek akhir *Penerapan Internet of Things (IoT) Pada Irigasi Perkebunan Salak Pondoh*, dapat disimpulkan bahwa sistem ini berhasil dibangun menggunakan beberapa komponen utama, yaitu *ESP32*, *water flow sensor*, *capacitive soil moisture sensor*, *LCD I2C 16x2*, *OLED 128x32*, *RTC DS3231*, *MicroSD Card Module*, *solenoid valve NC*, *solenoid valve NO*, *step down XL4016*, *toggle switch*, *accu 12V*, dan *Firebase* sebagai basis data *online*. Aplikasi monitoring dirancang menggunakan *Android Studio* yang terintegrasi dengan *Firebase*. Sistem memerlukan koneksi internet saat perangkat dinyalakan. Jika koneksi tidak stabil, perangkat akan secara otomatis beralih ke *mode offline*. Pada *mode online*, data tersimpan pada *MicroSD Card* dan *Database Firebase*, sedangkan pada *mode offline*, data hanya tersimpan pada *MicroSD Card*. Hasil pengujian selama empat hari menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik sesuai skenario yang direncanakan. Secara keseluruhan, perangkat ini dapat bekerja dengan baik menggunakan sumber daya dari aki 12V, sehingga memungkinkan untuk digunakan di luar ruangan (*outdoor*). Proses pengisian daya aki menggunakan *charger* aki 12V 2A. Sistem monitoring berhasil memenuhi kebutuhan baik dalam *mode online* maupun *offline*, dengan performa sensor dan perangkat yang stabil selama pengujian. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menjaga kelembapan tanah dalam kisaran optimal (234–265% VWC) selama empat hari pengujian, dengan rata-rata debit air di atas 1,0 liter/menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Kabupaten Sleman, "Topografi Kabupaten Sleman." Accessed: Nov. 22, 2023. [Online]. Available: <https://slemankab.go.id/profil-kabupaten-sleman/geografi/topografi/>
- [2] S. Zalacca Gaertner Voss Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Perizinan Terpadu Satu Pintu Daerah Kabupaten Tapanuli Selatan, "Budidaya Tanaman Salak."
- [3] A. G. Gani, "Sejarah dan Perkembangan Internet di Indonesia."
- [4] A. Junaidi, "Internet Of Things, Sejarah, Teknologi dan Penerapannya: Review," 2015.

- [5] A. K. Nalendra and M. Mujiono, "Perancangan Perancangan IoT (Internet Of Things) Pada Sistem Irigasi Tanaman Cabai," *Generation Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 61–68, 2020, doi: 10.29407/gj.v4i2.14187.
- [6] Miftahul Walid, H. Hoiriyah, and A. Fikri, "Pengebangan Sistem Irigasi Pertanian Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Jurnal Mnemonic*, vol. 5, no. 1, pp. 31–38, 2022, doi: 10.36040/mnemonic.v5i1.4452.
- [7] M. S. Anwar, "Perancangan Aplikasi Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Nila Berbasis Iot Menggunakan Android Studio," *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, vol. 11, no. 2, p. 175, 2022, doi: 10.30591/polektro.v12i1.3748.
- [8] Google, "Firebase Realtime Database," Firebase. Accessed: Nov. 24, 2023. [Online]. Available: <https://firebase.google.com/docs/database?hl=id>
- [9] A. Risal, M. Ulum, and A. Ubaidillah, "Alat Pencuci Tangan Otomatis Dengan Air, Sabun Cair Dan Handdryer Menggunakan Metode Skin Detection," *Seminar Nasional Fortei Regional 7*.
- [10] DFRobot, "Capacitive Soil Moisture Sensor," DFRobot Drive The Future. Accessed: Nov. 23, 2023. [Online]. Available: https://wiki.dfrobot.com/Capacitive_Soil_Moisture_Sensor_SKU_SEN0193
- [11] Verheij and Coronel R. E, *Buah-Buahan yang dapat dimakan*. PROSEA: Sumber Daya Nabati Asia Tenggara, 2nd ed. PT Gramedia, 1997.
- [12] Sosrodarsono and Takeda, *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramitha, 1987.