



ISSN : 2339 - 1871

BETRIK BESEMAH TEKNOLOGI INFORMASI & KOMPUTER

Editor Office : Pusat Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat
(PPPM) ITPA

Phone : 0857-9716-9578

email : betriktpa@itpa.ac.id

Integrasi Sistem Akuaponik IoT Dengan Aplikasi *Mobile* Untuk Pemantauan Jarak Jauh

Aulia Sabila¹, Dwi Jaka Pratama², Febry Yansha³, Indra Dwisaputra⁴, Sidhiq Andriyanto⁵
Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Indonesia^{1,5}
Teknik Elektro, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Indonesia^{2,3,4}
Sur-el : auliasabila0625@gmail.com¹, dwijakapratama1052236@gmail.com²,
febryyanshaa055@gmail.com³, dwisaputra.indra@ymail.com⁴, andriyanto.sidhiq@gmail.com⁵

Penulis Korespondensi: Aulia Sabila, auliasabila0625@gmail.com

Abstrak: Pertumbuhan populasi perkotaan dan penurunan lahan pertanian sebesar 79,93% di Indonesia menuntut solusi pertanian berkelanjutan yang efisien. Sistem akuaponik memerlukan pemantauan manual intensif terhadap parameter lingkungan seperti pH, suhu, dan nutrisi, yang tidak praktis bagi pertanian urban dengan keterbatasan waktu. Pendekatan konvensional menghadapi kendala berupa keterlambatan deteksi perubahan parameter kritis, risiko human error dalam pembacaan sensor manual, ketidakkonsistenan jadwal pemeliharaan, dan keterbatasan mobilitas pengguna yang harus selalu berada di lokasi. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem integrasi akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan aplikasi *mobile* Android sebagai solusi untuk mengatasi keterbatasan tersebut melalui pemantauan dan pengendalian jarak jauh secara *real-time*. Metode *Extreme Programming* (XP) digunakan untuk mendukung iterasi cepat dan keterlibatan pengguna aktif dalam pengembangan sistem. Sistem dibangun menggunakan sensor pH, suhu, nutrisi, ketinggian air, dan pakan ikan otomatis yang terhubung ke Arduino Mega dan ESP32, dengan data dikirim ke Firebase dan ditampilkan melalui aplikasi Android berbasis Kotlin. Pengujian *black-box testing* menunjukkan validitas sistem 100% untuk seluruh fungsi (*login*, *monitoring real-time*, kontrol aktuator, dan *history*). Pengujian akurasi sensor menunjukkan tingkat keberhasilan 94,40%-99,54%, membuktikan sistem beroperasi stabil dan akurat untuk pemantauan jarak jauh, menjadikannya solusi inovatif pengelolaan akuaponik berbasis teknologi digital yang mengatasi seluruh keterbatasan sistem konvensional.

Kata kunci : *Akuaponik, Android Studio, Extreme Programming, Kotlin, Monitoring*

Abstract The 79.93% growth of the urban population and the decline of agricultural land in Indonesia demand efficient, sustainable agricultural solutions. Aquaponics systems traditionally require intensive manual monitoring of environmental parameters such as pH, temperature, and nutrient levels, which is impractical for time-constrained urban farming. Conventional approaches face several constraints, including delayed detection of critical parameter changes, the risk of human error in manual sensor readings, inconsistent maintenance schedules, and the mobility limitations of users who must always be physically present on-site. This research aims to design and implement an integrated *Internet of Things* (IoT)-based aquaponics system with an Android mobile application as a solution to overcome these limitations through real-time remote monitoring and control. The *Extreme Programming* (XP) method was used to support rapid iteration and active user involvement in system development. The system was built using pH, temperature, nutrient, and water level sensors, along with an automatic fish feeder, connected to an Arduino Mega and ESP32. Data is transmitted to Firebase and displayed via a Kotlin-based Android application. *Black-box testing* confirmed the system's

Received: 27-11-2025 | Accepted: 03-12-2025 | Published Online: 30-12-2025

All author: Aulia Sabila, Dwi Jaka Pratama, Febry Yansha, Indra Dwisaputra, Sidhiq Andriyanto

100% validity for all functions (login, real-time monitoring, actuator control, and history). Sensor accuracy testing showed success rates between 94.40% and 99.54%, proving the system operates stably and accurately for remote monitoring, making it an innovative, digitally-managed aquaponics solution that successfully addresses all limitations of conventional systems.

Keywords: *Aquaponics, Android Studio, Extreme Programming, Kotlin, Monitoring*

1. PENDAHULUAN

Sistem akuaponik merupakan metode pertanian berkelanjutan yang menggabungkan budidaya ikan (akuakultur) dan tanaman (hidroponik) dalam satu ekosistem terintegrasi, di mana limbah yang dihasilkan oleh ikan seperti kotoran dan sisa pakan menjadi sumber nutrisi bagi tanaman, sementara tanaman membersihkan dan memurnikan air sebelum dikembalikan ke sistem untuk digunakan kembali oleh ikan [1] [2]. Seiring dengan meningkatnya permintaan pangan, keterbatasan lahan di daerah perkotaan menjadi tantangan besar bagi masyarakat kota yang kesulitan dalam melakukan aktivitas berkebun maupun beternak ikan [1]. Di Indonesia, kondisi ini semakin memprihatinkan dengan terjadinya penurunan drastis luas lahan pertanian sebesar 79,93% pada tahun 2023 menjadi hanya 7,38 juta hektar akibat urbanisasi yang masif [3]. Oleh karena itu, sistem akuaponik menjadi solusi efektif untuk mengatasi masalah lahan terbatas dengan memanfaatkan sistem yang efisien dan ramah lingkungan, terutama dalam mendukung ketahanan pangan di wilayah perkotaan [4].

Meskipun sistem akuaponik menawarkan berbagai keunggulan dalam produksi pangan berkelanjutan, keberhasilannya sangat bergantung pada pemantauan parameter lingkungan yang ketat seperti pH air, suhu, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan tingkat oksigen terlarut untuk memastikan kondisi ekosistem tetap optimal bagi pertumbuhan ikan dan tanaman [5]. Pengamatan terhadap kualitas air kolam dan nutrisi tanaman yang masih dilakukan secara manual menyebabkan kerja pengguna atau operator cukup berat dan kurang responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan [4]. Ketidakstabilan parameter seperti suhu air tawar, pH air, dan kepadatan air dapat menghambat pertumbuhan ikan dan tanaman, bahkan dapat menyebabkan kegagalan sistem jika tidak segera ditangani [6]. Sistem konvensional yang memerlukan pemantauan fisik secara terus-menerus tidak praktis bagi masyarakat perkotaan yang memiliki keterbatasan waktu, sehingga diperlukan solusi teknologi yang dapat memfasilitasi pemantauan dan kontrol jarak jauh [3].

Teknologi *Internet of Things* (IoT) menyediakan solusi efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem akuaponik secara real-time dari jarak jauh melalui perangkat *mobile* yang terhubung ke internet [1]. Implementasi IoT dalam sistem akuaponik telah terbukti dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan lingkungan dengan mengintegrasikan berbagai sensor seperti sensor pH (SEN0161), sensor TDS (SEN0244), sensor suhu air (DS18B20), dan sensor ultrasonik (HC-SR04) yang dikendalikan oleh mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino Mega [7]. Data yang dikumpulkan dari sensor-sensor tersebut dapat disimpan di *cloud* melalui *platform* seperti Firebase atau *ThingSpeak*, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi kondisi akuaponik kapan pun

dan di mana pun melalui aplikasi *mobile* berbasis Android [8]. Dengan demikian, sistem IoT tidak hanya mengurangi kebutuhan pemantauan manual tetapi juga meningkatkan akurasi dan kecepatan respons terhadap perubahan kondisi lingkungan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan produktivitas dan kesehatan sistem akuaponik secara keseluruhan [5].

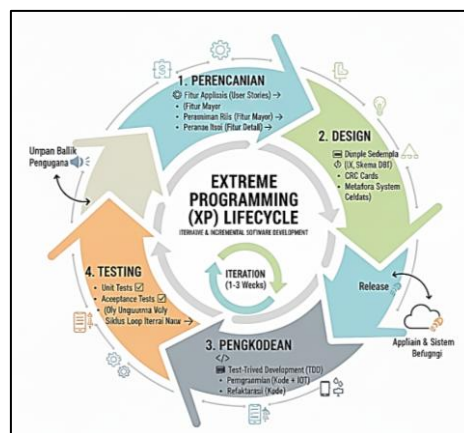
Beberapa penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi implementasi IoT dalam sistem akuaponik. Penelitian oleh Mahmoud et al. (2024) mengembangkan sistem akuaponik berbasis IoT menggunakan ESP32 dengan fokus pada efisiensi ekonomi, namun belum mengintegrasikan kontrol otomatis multi-parameter secara komprehensif melalui aplikasi *mobile* [5]. Syaputra dan Prawira (2024) mengimplementasikan teknologi IoT untuk optimasi pertumbuhan ikan lele, tetapi sistem masih terbatas pada monitoring tanpa fitur kontrol jarak jauh yang lengkap [1]. Sementara itu, Aliadin et al. mengintegrasikan energi terbarukan PLTS dalam sistem akuaponik IoT, namun belum menerapkan metodologi pengembangan perangkat lunak yang terstruktur untuk memastikan kualitas sistem [2]. Gap penelitian yang teridentifikasi adalah: (1) minimnya integrasi sistem kontrol otomatis multi-parameter (pH *up/down*, nutrisi, pakan) dalam satu *platform mobile* yang *user-friendly*, (2) belum adanya penerapan metodologi *Extreme Programming* (XP) yang menjamin kualitas melalui *Test-Driven Development* (TDD) pada sistem akuaponik IoT, dan (3) kurangnya validasi komprehensif terhadap akurasi sensor dan fungsionalitas sistem secara menyeluruh.

Urgensi penelitian ini sangat tinggi mengingat: (1) penurunan drastis luas lahan pertanian Indonesia mencapai 79,93% pada tahun 2023 [3], (2) keterbatasan waktu masyarakat perkotaan untuk melakukan monitoring manual sistem akuaponik secara intensif, (3) risiko kegagalan sistem akuaponik akibat ketidakstabilan parameter lingkungan yang tidak terdeteksi cepat [6], dan (4) kebutuhan mendesak akan teknologi pertanian pintar (*smart farming*) untuk mendukung ketahanan pangan nasional di era urbanisasi masif.

Penelitian ini berfokus pada perancangan arsitektur sistem akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mengintegrasikan berbagai sensor dan aktuator dengan aplikasi *mobile* Android. Sistem ini dirancang untuk melakukan pemantauan *real-time* terhadap parameter penting seperti pH, suhu, *Total Dissolved Solids* (TDS), ketinggian air, serta mendukung pengendalian jarak jauh untuk proses pemberian pakan dan penambahan nutrisi. Dalam proses pengembangan perangkat lunak, metode *Extreme Programming* (XP) diterapkan, termasuk pendekatan *Test-Driven Development* (TDD), guna memastikan kualitas kode, ketepatan fungsi, serta kemampuan sistem beradaptasi dengan kebutuhan pengguna. Validitas dan keandalan sistem diuji melalui pengujian fungsional menggunakan metode *black-box testing*, serta evaluasi akurasi sensor untuk memastikan sistem dapat beroperasi dengan stabil dan memberikan data yang tepat dalam berbagai kondisi lingkungan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Extreme Programming* (XP) yang sangat relevan untuk penelitian yang bersifat integrasi dan membutuhkan adaptasi cepat terhadap perubahan kebutuhan fungsional sistem akuaponik berbasis IoT. XP diimplementasikan melalui siklus iteratif pendek yang menekankan pada kolaborasi konstan dengan pengguna dan pengiriman *working software* secara berkelanjutan. Proses XP ini dimulai dari Perencanaan kebutuhan (dianalisis menggunakan *Use Case* dan *Activity Diagram*), dilanjutkan dengan Perancangan arsitektur sistem dan Pengkodean yang didukung *Test-Driven Development* (TDD) untuk menjamin kualitas. Hasil dari setiap iterasi kemudian melalui tahap Pengujian untuk mendapatkan umpan balik, yang memungkinkan struktur, arsitektur, dan komponen perangkat lunak (*Class Diagram*) dapat dikembangkan secara *incremental* dan fleksibel hingga memenuhi seluruh kebutuhan pemantauan jarak jauh.



Gambar 1. Metode *Extreme Programming*

2.1 Tahap Penelitian

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menyusun alur pengerjaan berdasarkan metode *Extreme Programming* karena metode ini inovatif dan membutuhkan fleksibilitas tinggi terhadap perubahan kebutuhan fungsional (seperti penambahan sensor atau perubahan tampilan aplikasi) serta menuntut kualitas tinggi pada integrasi *hardware* dan *software*. XP, melalui siklus iteratif pendeknya, praktik *Test-Driven Development* (TDD) untuk memastikan ketepatan data sensor, dan umpan balik konstan dari pengguna, untuk mengurangi risiko kegagalan dan menghasilkan sistem yang berfungsi sesuai ekspektasi secara bertahap dan cepat.

Tujuan utama dari langkah awal penyusunan alur pengerjaan berdasarkan metode *Extreme Programming* (XP) adalah untuk membentuk kerangka kerja pengembangan yang adaptif yang mampu mengelola kompleksitas dan perubahan pada proyek integrasi Akuaponik IoT. Dengan mengadopsi siklus iteratif pendek, praktik *Test-Driven Development* (TDD), dan mekanisme umpan balik konstan, tahap ini bertujuan untuk meminimalkan risiko kegagalan integrasi *hardware* dan *software*, memastikan ketepatan dan kualitas data sensor, serta secara bertahap dan cepat menghasilkan sistem yang berfungsi sesuai dengan ekspektasi fungsionalitas dan fleksibilitas tinggi yang dibutuhkan pengguna.

Tahap selanjutnya adalah perancangan atau pengembangan struktur, arsitektur, dan komponen pada perangkat lunak untuk memenuhi kebutuhan pengguna yang fungsional. Serta untuk mempermudah dalam penelitian yang digambarkan dalam *use case*, *diagram activity*, dan *class diagram* sebagai perancangan perangkat lunak.

2.2 Analisa Kebutuhan Sistem

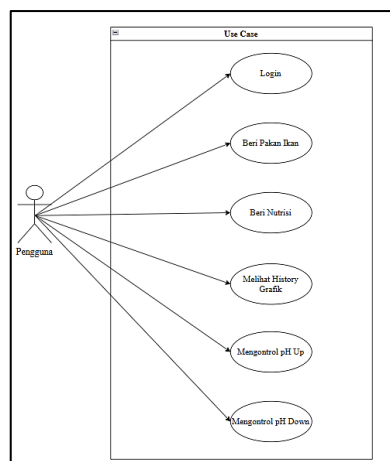
Perancangan kebutuhan pada sistem akuaponik bertujuan untuk membangun sebuah aplikasi yang mampu mengelola dan memantau kondisi lingkungan akuaponik secara *real-time* serta memungkinkan pengguna untuk melakukan pengendalian terhadap sistem. Sistem ini juga harus didukung oleh koneksi yang stabil antara perangkat keras dan perangkat lunak, melalui protokol komunikasi berbasis internet menggunakan Firebase sebagai perantara antara ESP32 dan aplikasi. Untuk memastikan keamanannya, dibutuhkan sistem *login* serta pengelolaan akun pengguna agar hanya pengguna yang sah yang dapat mengakses data dan mengontrol sistem. Dalam arsitektur, Arduino Mega digunakan sebagai pengendali utama aktuator dan pembaca data sensor, sedangkan ESP32 berperan sebagai penghubung data dari Arduino ke Firebase menggunakan komunikasi serial dan koneksi WiFi. Semua data dari Firebase akan ditampilkan secara *real-time* di aplikasi *mobile*, yang memungkinkan pengguna untuk mengambil keputusan secara cepat.

2.3 Desain Sistem

Desain sistem ini adalah suatu proses perancangan atau pengembangan struktur, arsitektur, dan komponen pada perangkat lunak untuk memenuhi kebutuhan pengguna yang fungsional. Serta untuk mempermudah dalam penelitian yang digambarkan dalam *use case*, *diagram activity*, dan *class diagram* sebagai perancangan perangkat lunak seperti di bawah ini.

a. Use Case Diagram

Use case berfungsi untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada pada sistem atau fitur-fitur pada sebuah sistem menjelaskan alur aktivitas dari sudut pandang pengguna, serta membantu dalam mengidentifikasi kebutuhan sistem secara lebih jelas [9]. Dengan adanya visualisasi ini, pengembang dan pemangku kepentingan dapat memahami kebutuhan sistem secara menyeluruh dan bagaimana setiap komponen saling berinteraksi untuk mencapai tujuan yang diharapkan.



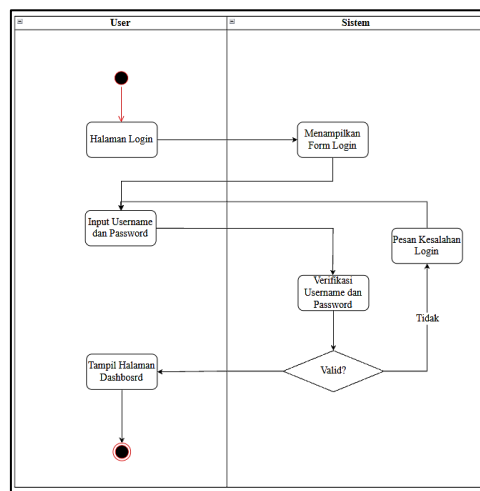
Gambar 2. Use Case Pengguna

Sistem pada gambar 2 ini dirancang untuk membantu pengguna dalam memantau kondisi akuaponik secara *real-time*, serta mengendalikan berbagai perangkat otomatis seperti pompa air guna memastikan lingkungan budidaya tetap optimal.

b. *Activity Diagram*

Activity diagram digunakan untuk memahami secara visual bagaimana proses bisnis atau aktivitas dilakukan oleh sistem dari awal hingga selesai [9]. Dalam sistem akuaponik, diagram ini sistem dimulai saat sensor membaca kondisi air, seperti suhu, pH, dan volume air. Data ini dikirim ke mikrokontroler, lalu dianalisis. Jika nilainya tidak normal, sistem akan memberi peringatan atau mengirim notifikasi ke pengguna. Semua data disimpan dan ditampilkan di *dashboard* aplikasi. Berikut ini adalah skenario dari setiap aktivitas:

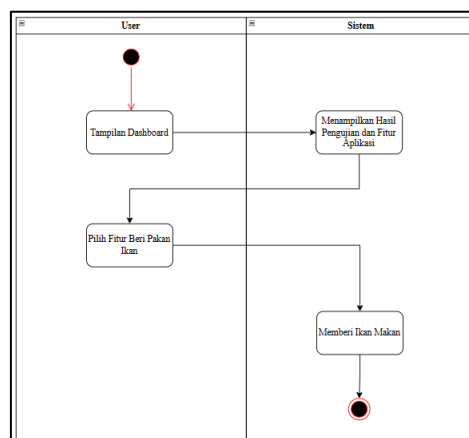
1. Perancangan *Activity Diagram* Login



Gambar 3. *Activity Diagram* Login Pengguna

Diagram pada gambar 3 ini menyajikan alur *login* secara jelas dan terstruktur, yang sangat penting dalam sistem digital apa pun, termasuk dalam sistem akuaponik. Proses *login* berfungsi sebagai gerbang awal untuk memastikan hanya pengguna yang sah yang dapat mengakses dan mengelola sistem lebih lanjut.

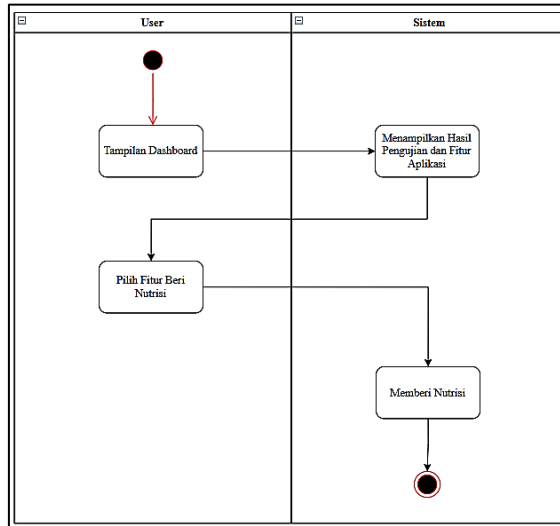
2. Perancangan *Activity Diagram* Beri Pakan Ikan



Gambar 4. *Activity Diagram* Beri Pakan Ikan

Diagram pada gambar 4 mengilustrasikan alur pemberian pakan ikan dari tampilan *dashboard*, pengguna memilih fitur "Beri Ikan Makan". Sistem kemudian mengeksekusi perintah untuk memberi makan ikan secara otomatis, menyelesaikan proses penting dalam menjaga rutinitas pakan akuaponik yang efisien.

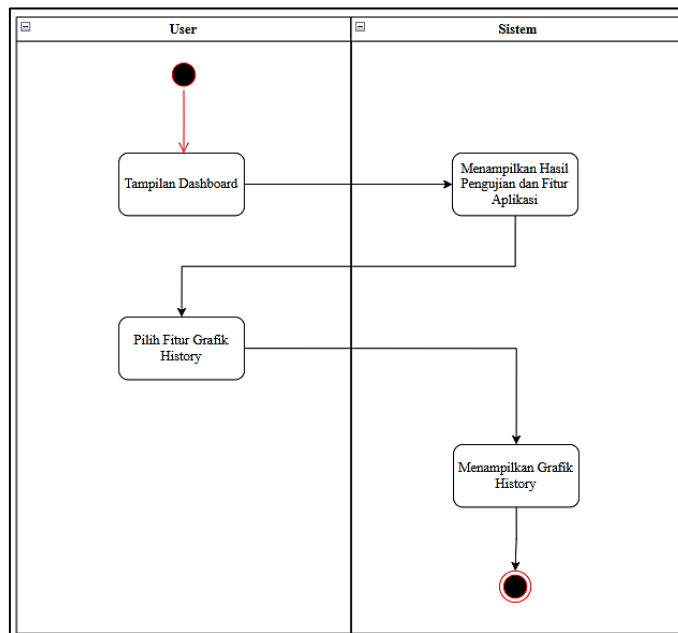
3. Perancangan *Activity Diagram* Beri Nutrisi



Gambar 5. *Activity Diagram* Beri Nutrisi

Diagram pada gambar 5 menjelaskan alur pemberian nutrisi dari tampilan *dashboard*, pengguna memilih fitur "Beri Nutrisi". Sistem segera mengeksekusi perintah untuk secara otomatis menambahkan nutrisi ke dalam sistem akuaponik.

4. Perancangan *Activity Diagram* Grafik History

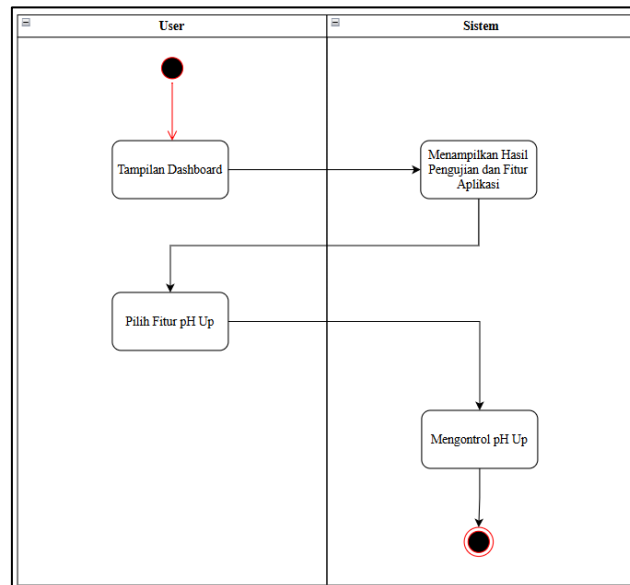


Gambar 6. *Activity Diagram* Menampilkan Grafik History

Diagram pada gambar 6 menjelaskan alur akses pengguna ke fitur grafik riwayat (*History*) dari tampilan *dashboard*. Setelah pengguna memilih fitur tersebut, sistem merespons

dengan menampilkan seluruh riwayat data pemantauan sebelumnya, termasuk hasil sensor, jadwal pakan, atau aktivitas nutrisi.

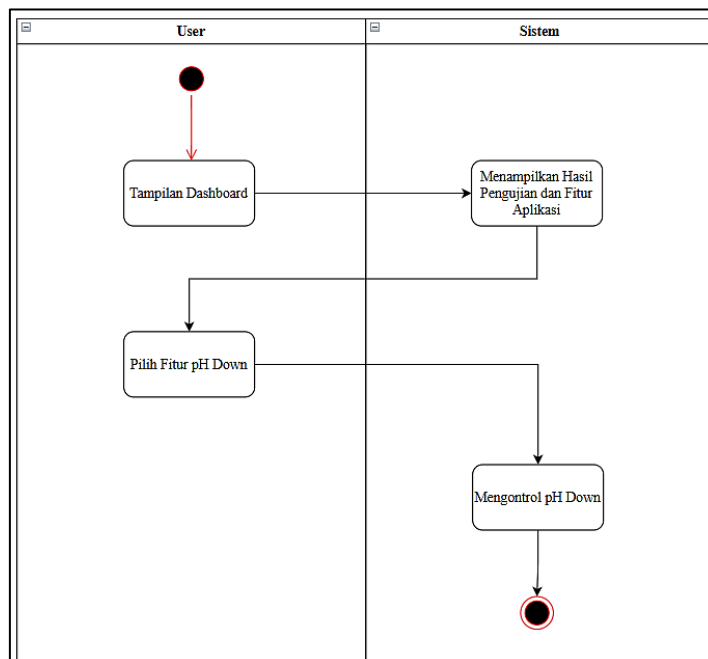
5. Perancangan *Activity Diagram* Beri Cairan Kapur Atau Kontrol pH Up



Gambar 7. *Activity Diagram* pH Up

Diagram pada gambar 7 menyajikan alur interaksi pengguna-sistem pada fitur kontrol pH Up. Proses dimulai dari tampilan *dashboard*, tempat sistem secara otomatis menampilkan hasil pengujian sensor pH dan fitur aplikasi. Setelah mengamati data, pengguna memilih fitur pH Up. Sebagai respon, sistem segera menjalankan perintah kontrol untuk mengaktifkan aktuator atau pompa penambah larutan pH.

6. Perancangan *Activity Diagram* Beri Cairan Kapur Atau Kontrol pH Down

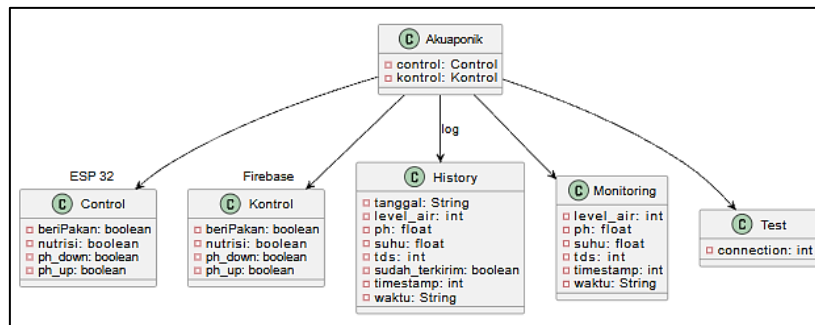


Gambar 8. *Activity Diagram* pH Down

Diagram pada gambar 8 ini mengilustrasikan alur kontrol pH down dari tampilan *dashboard*, pengguna memilih fitur pH *down*, lalu sistem secara otomatis menjalankan perintah untuk mengontrol perangkat pH *down* (aktuator/pompa) guna menurunkan nilai pH.

a. *Class Diagram*

Class diagram digunakan untuk menggambarkan struktur logis dari sistem, mengidentifikasi objek, properti, serta interaksi yang mungkin terjadi di dalamnya [10]. Berikut ini adalah gambar dari *class diagram*.



Gambar 9. *Class Diagram*

Class Diagram pada gambar 9 ini menyajikan struktur inti sistem pemantauan akuaponik yang terdiri dari enam kelas utama. Kelas *Akuaponik* berfungsi sebagai pusat, berelasi dengan kelas *Control* (kontrol) untuk mengatur fungsi sistem secara otomatis, seperti pemberian pakan, nutrisi, pH *up*, dan pH *down*. Selain kontrol, kelas *Akuaponik* juga terhubung dengan dua jenis pencatatan data, kelas *History* (riwayat data lengkap dengan timestamp) dan kelas *Monitoring* (kondisi data terkini seperti pH, suhu, tds, dan level_ air). Terakhir, kelas *Test* memastikan status konektivitas sistem. Secara keseluruhan, diagram ini memvisualisasikan arsitektur sistem akuaponik yang terstruktur, terotomatisasi, dan berfokus pada pemantauan dan pengendalian data.

2.4 Pengembangan Sistem

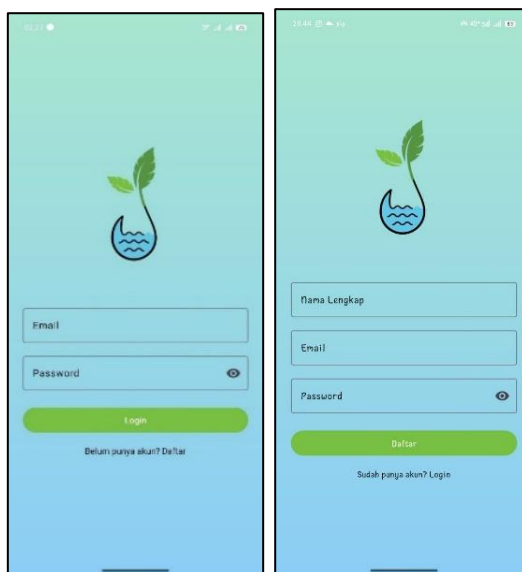
Tahap pengembangan sistem ini menggunakan *Extreme Programming*, yang diimplementasikan melalui siklus yang pendek, setiap iterasi dimulai dari perencanaan user yang detail, lalu perancangan sederhana, pengkodean dengan *test-driven development* untuk menjamin kualitas data pada sensor, dan diakhiri dengan pengujian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Aplikasi Sistem *Monitoring* Akuaponik

Implementasi sistem akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT) menghasilkan sebuah aplikasi *mobile* sebagai pemantauan jarak jauh yang terintegrasi antara perangkat sensor, dan mikrokontroler. Sistem ini terdiri atas Arduino Mega sebagai pengendali aktuator, ESP32 sebagai modul komunikasi nirkabel, serta beberapa sensor lingkungan meliputi sensor pH, TDS, DS18B20 (suhu air), dan sensor ultrasonik (ketinggian air). Seluruh parameter lingkungan dikirimkan ke Firebase *real-time database* dan divisualisasikan secara *real-time* melalui aplikasi Android.

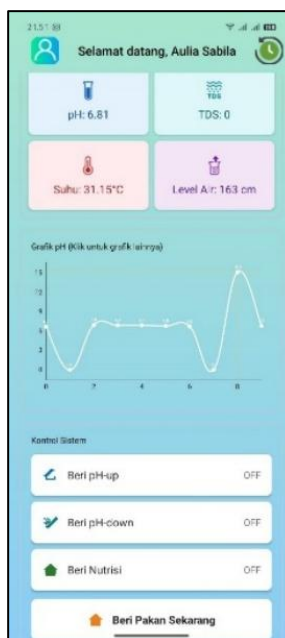
a. Tampilan *Login*



Gambar 10. Tampilan *Login* dan *Register*

Halaman *login* adalah pintu masuk utama ke sistem akuaponik, memerlukan validasi email dan *password* pengguna. Jika belum memiliki akun, pengguna diarahkan ke halaman registrasi untuk mengisi nama, email, dan *password*. Setelah registrasi berhasil, pengguna akan langsung dialihkan ke *dashboard* aplikasi untuk memulai pemantauan dan kontrol sistem akuaponik.

b. Tampilan *Dashboard*

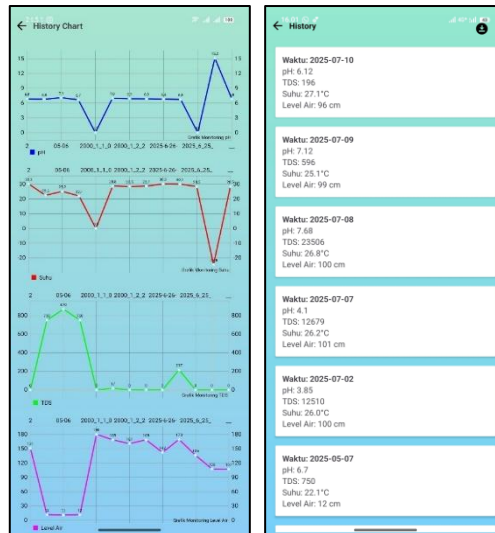


Gambar 11. Tampilan *Dashboard*

Tampilan *dashboard* pada gambar 11 menyajikan data *real-time* (pH, TDS, suhu, dan level air) beserta grafik tren pH. Selain *monitoring*, *dashboard* dilengkapi panel kontrol yang memudahkan pengguna menjalankan fungsi manual sistem, seperti mengaktifkan *pH-up*, *pH-down*, nutrisi, dan pakan.

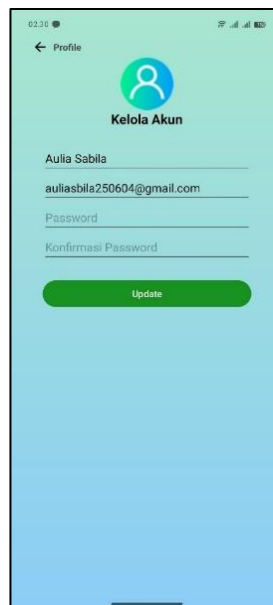
c. Tampilan Grafik dan *History*

Grafik *history* ini adalah halaman yang menampilkan grafik dan *history*. Tampilan digunakan untuk melihat perubahan dari waktu ke waktu. Berikut ini adalah tampilan dari grafik *history*.



Gambar 12. Tampilan Grafik dan *History*

d. Tampilan profil



Gambar 13. Tampilan Profil

Pada halaman profil pengguna dapat mengganti *password* sesuai dengan yang diinginkan.

Berikut ini adalah tampilan dari halaman profil atau kelola akun.

3.2 Hasil Pengujian Fitur

Pengujian fitur dilakukan setelah pengujian tiap komponen pada sistem aplikasi *mobile* akuaponik. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan sistem dapat berfungsi dengan baik sesuai harapan. Berikut ini adalah hasil pengujian ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Black-Box Testing*

No.	Fitur	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Status
1.	Login	Masukkan Email dan <i>Password</i> yang terdaftar dengan benar.	Pengguna berhasil masuk dan dialihkan ke Halaman <i>Dashboard</i> .	Valid
2.	Tampilan <i>Real-time</i>	Buka <i>Dashboard</i> saat sensor aktif (misalnya pH = 7.0).	<i>Dashboard</i> menampilkan nilai pH 7.0 dan data sensor lainnya secara <i>real-time</i> .	Valid
3.	Tampilan Grafik <i>History</i>	Pilih fitur Grafik <i>History</i> .	Sistem menampilkan grafik <i>history</i> data sensor (pH, Suhu) sesuai periode yang diminta.	Valid
4.	Kontrol Pakan	Tekan tombol "Beri Ikan Makan".	Aktuator pakan (<i>feeder</i>) aktif dan pakan dikeluarkan, lalu sistem memberikan notifikasi <i>feedback</i> "Pemberian pakan berhasil".	Valid
5.	Kontrol Nutrisi	Tekan tombol "Beri Nutrisi".	Pompa/aktuator nutrisi aktif, larutan nutrisi ditambahkan, dan sistem memberikan notifikasi <i>feedback</i> berhasil.	Valid
6.	Kontrol pH <i>Up</i>	Nilai pH aktual berada di bawah batas normal (misalnya pH 5.5). Tekan tombol "pH <i>Up</i> ".	Pompa pH <i>Up</i> aktif dan sistem mulai menaikkan pH air.	Valid
7.	Kontrol pH <i>Down</i>	Nilai pH aktual berada di atas batas normal (misalnya pH 8.5). Tekan tombol "pH <i>Down</i> ".	Pompa pH <i>Down</i> aktif dan sistem mulai menurunkan pH air.	Valid

Berdasarkan tabel 1 hasil pengujian *Black-Box Testing* yang telah dilaksanakan, sistem *monitoring* dan *control* akuaponik berbasis aplikasi *mobile* ini berfungsi dengan baik dan memenuhi semua kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan. Pengujian terhadap fungsionalitas akses (*login* dan keamanan data), pemantauan (*real-time* dan *history* data sensor), serta pengendalian sistem (kontrol pH *Up*, pH *Down*, nutrisi, dan pakan) menunjukkan hasil yang valid 100%. Hal ini menegaskan bahwa integrasi antara perangkat keras IoT (Arduino Mega dan ESP32) dengan perangkat lunak (*Firestore* dan aplikasi *mobile*) telah berjalan secara stabil dan akurat sesuai dengan perancangan arsitektur sistem.

3.3 Hasil Pengujian Sensor

Pengujian sensor dalam sistem akuaponik berbasis IoT dilakukan untuk memastikan ketepatan dan keakuratan data, sehingga pembacaan sensor sesuai dengan kondisi lingkungan air yang sebenarnya. Berikut ini adalah hasil pengujian ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Akurasi Sensor

Sensor	Tujuan Kalibrasi	Metode Kalibrasi	Persamaan Linieritas(R ²)	Akurasi Rata-rata Pengujian
Ultrasonik	Mengubah nilai pembacaan sensor ke satuan jarak (cm).	Membandingkan dengan meteran.	100%	99,54%
Ultrasonik	Mengubah jarak menjadi volume air (L).	Membandingkan jarak dengan volume air yang ditambahkan bertahap.	94,98%	99,45%
Suhu	Mengubah nilai pembacaan awal menjadi nilai suhu yang mendekati termometer.	Membandingkan dengan termometer.	99,99%	98,45%

Sensor	Tujuan Kalibrasi	Metode Kalibrasi	Persamaan Linieritas(R ²)	Akurasi Rata-rata Pengujian
TDS	Mengubah nilai ADC sensor menjadi nilai PPM.	Membandingkan nilai ADC dengan TDS meter (PPM).	99,94%	94,40%
pH	Mengubah nilai ADC sensor menjadi nilai pH.	Membandingkan nilai ADC dengan pH meter menggunakan larutan <i>buffer</i> .	98,05%	96,28%

Secara keseluruhan, hasil pengujian sensor menunjukkan bahwa sistem akuaponik berbasis IoT ini telah berhasil dikalibrasi dan terbukti akurat serta stabil untuk pemantauan jarak jauh. Metode kalibrasi yang tepat seperti perbandingan dengan meteran fisik untuk Ultrasonik, termometer untuk Suhu, dan larutan *buffer* untuk pH menghasilkan tingkat Linieritas (R²) yang sangat tinggi, mayoritas mendekati 100% (misalnya Suhu 99,99%), menunjukkan hubungan yang kuat antara pembacaan sensor mentah dan nilai aktualnya. Lebih penting lagi, Akurasi Rata-rata Pengujian untuk semua sensor berada dalam rentang yang sangat baik, yaitu antara 94,40% hingga 99,54%, yang secara meyakinkan memvalidasi bahwa sistem ini mampu menyajikan data yang andal kepada pengguna, menjadikannya solusi *real-time* yang efektif dan akurat untuk menggantikan pemantauan manual.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan serangkaian pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Aplikasi Sistem akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan aplikasi *mobile* Android telah berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk memantau serta mengendalikan parameter lingkungan secara *real-time* dari jarak jauh. Keberhasilan ini didukung oleh arsitektur *dual-microcontroller*, di mana Arduino Mega berfungsi sebagai pengontrol aktuator dan ESP32 sebagai modul komunikasi nirkabel ke *database* Firebase. Aplikasi *mobile* yang dikembangkan menggunakan Kotlin berhasil menampilkan data sensor (pH, TDS, suhu, ketinggian air) secara *real-time*, menyajikan riwayat data dalam bentuk grafik, dan menyediakan kontrol manual yang responsif untuk berbagai aktuator, memastikan *interface* yang *user-friendly* bagi pengguna urban.
2. Validitas dan keandalan sistem telah terbukti melalui dua tahap pengujian krusial. Pengujian *Black-Box Testing* menunjukkan tingkat keberhasilan 100% untuk seluruh fungsi sistem, mencakup autentikasi, pemantauan *real-time*, visualisasi data, dan pengendalian aktuator, yang mengonfirmasi bahwa seluruh kebutuhan fungsional telah terpenuhi sesuai spesifikasi. Selain itu, Pengujian Akurasi Sensor menegaskan kinerja yang sangat baik dengan tingkat keberhasilan berkisar antara 94,40% hingga 99,54% untuk seluruh sensor yang terintegrasi (Ultrasonik 99,54%, Suhu 98,45%, pH 96,28%, dan TDS 94,40%), membuktikan bahwa sistem ini mampu menyajikan pembacaan yang stabil, akurat, dan responsif dalam kondisi operasional.
3. Dengan keberhasilan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak serta validitas pengujian yang tinggi, sistem akuaponik berbasis IoT ini berhasil mengatasi keterbatasan pemantauan manual

konvensional yang intensif dan rawan kesalahan. Kemampuan *monitoring* dan kontrol jarak jauh melalui aplikasi *mobile* memberikan fleksibilitas tinggi dan efisiensi pengelolaan bagi pengguna, menjadikannya solusi inovatif yang efektif untuk mendukung pertanian berkelanjutan berbasis teknologi digital, khususnya dalam mengoptimalkan produktivitas dan memastikan respons cepat terhadap perubahan parameter lingkungan akuaponik yang kritis.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah memberikan dukungan fasilitas dan pendanaan dalam penelitian ini. Terima kasih juga kepada Tim Redaksi *Jurnal Betrik (Besemah Teknologi Informasi dan Komputer)*, Institut Teknologi Pagar Alam, atas dukungan, fasilitasi, serta kesempatan yang telah diberikan dalam proses penerbitan artikel ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. Syaputra and N. S. Prawira, "Implementasi Teknologi IoT dalam Sistem Akuaponik dan Akuakultur Modern untuk Optimasi Pertumbuhan Ikan Lele," vol. 6, no. 3, pp. 383–392, 2024.
- [2] M. I. Aliadin *et al.*, "Pemantauan dan Kontrol Sistem Aquaponik Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dengan Energi Terbarukan dari PLTS".
- [3] B. A. Sukmawan *et al.*, "Implementasi smart akuaponik dengan iot untuk pertanian perkotaan yang efisien," vol. 13, no. 2, 2025.
- [4] A. Rahayuningtyas, D. Sagita, N. D. Susanti, and J. Barat, "Sistem deteksi dan pemantauan kualitas air pada akuaponik berbasis android the detection and monitoring system of water quality in the aquaponic based on android," vol. 15, no. 1, pp. 75–89, 2021.
- [5] M. M. M. Mahmoud, R. Darwish, and A. M. Bassiuny, "Development of an economic smart aquaponic system based on IoT," *J. Eng. Res.*, vol. 12, no. 4, pp. 886–894, 2024, doi: 10.1016/j.jer.2023.08.024.
- [6] B. Setiawan *et al.*, "Implementasi Sistem IoT Pada Akuakultur dan Hydroponik (Akuaponik) Modern Untuk Pertumbuhan Ikan Nila," vol. 9, no. 1, pp. 47–53, 2024.
- [7] E. Kuswara and M. M. Syahfiqri, "Implementasi kebun cerdas pada perkebunan hidroponik sistem deep flow technique (DFT) terintegrasi IoT," pp. 1–145, 2023.
- [8] F. Ardiansyah, T. Handayani, B. G. Pratama, J. Prasajo, and T. Elektro, "Sistem kontrol otomatis akuaponik berbasis iot untuk pertanian cerdas," vol. 9, no. 5, pp. 8065–8072, 2025.
- [9] M. D. S. Lubis, T. S. Waruwu, and D. Lase, "Perancangan Dan Pembuatan Aplikasi Pemesanan Makanan Online Berbasis Android," *J. Mahajana Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 29–35, 2020, doi: 10.51544/jurnalmi.v5i1.1194.
- [10] T. Arianti, A. Fa'izi, S. Adam, and M. Wulandari, "Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan Menggunakan Diagram Uml (Unified Modelling Language)," *J. Ilm. Komput. Tera[an dan Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–25, 2022, [Online]. Available: <https://journal.polita.ac.id/index.php/politati/article/view/110/88>