

INTEGRASI SMART SISTEM AQUAPONIK BERBASIS SOLAR PANEL UNTUK FOOD ESTATE LAUT BERKELANJUTAN MENUJU INDONESIA EMAS 2045

Rasyidah Aisy Ariyanto, Muhammad Haris Suhud,
Faris Rajendra Maulana, Mochammad Rifki Ulil Albaab

Teknik Informatika, Teknologi Informasi

Jl. Sekolahan Jalan Raya, Cangkring, Sidokare, Kec. Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61214

aryrasyidahaisy@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki potensi besar dalam sektor kelautan dan pertanian. Namun, pemanfaatannya belum optimal akibat keterbatasan infrastruktur, ketergantungan energi fosil, dan minimnya integrasi teknologi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Solusi inovatif berupa Smart Sistem Aquaponik Mobile Apps berbasis panel surya dan Internet of Things (IoT) guna meningkatkan ketahanan pangan melalui pemanfaatan laut secara berkelanjutan. Metode yang digunakan meliputi analisis SWOT dan pendekatan Business Model Canvas (BMC). System ini memadukan budidaya ikan dan tanaman dalam satu ekosistem tertutup yang hemat energi, ramah lingkungan, dan dapat dimonitor secara real – time. Hasil analisis menunjukkan bahwa integrasi ini memiliki potensi besar diterapkan di daerah pesisir dan pulau kecil dengan dukungan pelatihan, infrastruktur digital, dan kolaborasi multi – stakeholder. Inovasi ini tidak hanya mendukung visi Indonesia Emas 2045, tetapi juga menawarkan model bisnis yang dapat diperluas ke berbagai wilayah sebagai fondasi Pembangunan food estate laut yang berdaya saing dan berkelanjutan.

Kata kunci : *Business Model Canvas (BMC), Internet of Things (IoT), Aquaponic, SWOT, Mobile Apps, Panel Surya, Indonesia Emas 2045.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki potensi besar dalam sektor kelautan dan perikanan [1]. Dengan luas wilayah laut mencapai lebih dari 6,4 juta km², Indonesia memiliki peluang strategis untuk menjadi lumbung pangan dunia berbasis laut [2]. Namun, potensi ini belum termanfaatkan secara optimal karena berbagai tantangan seperti keterbatasan infrastruktur, ketergantungan energi fosil dan kurangnya teknologi yang terintegrasi. Sejalan dengan visi Indonesia Emas 2045, diperlukan inovasi yang mampu mendukung ketahanan pangan nasional secara berkelanjutan [3].

Salah satu Solusi yang relevan adalah pengembangan smart aquaponic berbasis solar panel dan *Internet of Things* (IoT) [4]. System ini menggabungkan budidaya ikan dan tanaman dalam satu ekosistem tertutup, yang dikendalikan secara digital dan menggunakan energi terbarukan sebagai sumber daya utama. Dengan menggunakan panel surya dan sensor berbasis IoT, system ini mampu memantau suhu air, kadar pH, dan kelembapan udara secara real – time, serta mengotomatiskan suplai air dan nutrisi [5]. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi tetapi juga mengurangi ketergantungan terhadap pasokan Listrik konvensional, sehingga cocok diterapkan di daerah pesisir dan pulau kecil [6].

Dalam mengembangkan model bisnis dari inovasi ini, pendekatan Business Model Canvas (BMC) menjadi penting untuk memastikan keberlanjutan dan skalabilitasnya [7]. Proyek ini, menargetkan segmen pelanggan seperti petani pesisir, komunitas nelayan, serta instansi pemerintah yang

focus pada pengembangan ketahanan pangan laut. Nilai yang ditawarkan mencakup system budidaya ramah lingkungan, hemat energi, dan terintegrasi secara digital. Kanal distribusi berupa aplikasi IoT, pelatihan daring, dan kerja sama dengan mitra local. Sumber pendapatan bisa berasal dari penjualan system aquaponic, langganan pemantauan digital, serta hasil panen ikan dan tanaman [8]. Analisis SWOT juga menunjukkan bahwa kekuatan proyek ini adalah efisiensi energi, efisiensi lahan dan kemampuan monitoring. Namun, terdapat kelemahan seperti biaya awal yang tinggi dan kebutuhan SDM yang terampil. Peluang muncul dari tren pertanian hijau dan dukungan kebijakan nasional, sedangkan ancaman datang dari ketidakpastian regulasi dan risiko kerusakan system [7].

Dengan perkembangan tren global dan data dari FAO yang menunjukkan pertumbuhan signifikan dalam sektor akuakultur sejak tahun 2010, pengembangan system seperti ini menjadi sangat strategis [9]. Integrasi antara teknologi digital dan energi terbarukan melalui smart aquaponic berbasis solar panel memberikan Solusi konkret bagi pengembangan food estate laut yang berkelanjutan. Inovasi ini tidak hanya mendukung visi Indonesia Emas 2045, tetapi juga menciptakan model bisnis modern yang dapat diperluas ke berbagai daerah di Indonesia dalam Upaya memperkuat ketahanan pangan nasional.

Melalui pendekatan integrated antara teknologi, energi terbarukan, dan pemanfaatan sumber daya kelautan, smart aquaponic berbasis solar panel hadir sebagai Solusi transformasional untuk mewujudkan ketahanan pangan laut yang tangguh dan

berkelanjutan. Inovasi ini mencerminkan Langkah nyata dalam menjawab tantangan multidimensi sektor kelautan sekaligus memperkuat komitmen menuju visi Indonesia Emas 2045 [10]. Dengan memanfaatkan potensi laut secara cerdas dan berkelanjutan, Indonesia tidak hanya mampu meningkatkan produktivitas sektor perikanan dan pertanian terpadu, tetapi juga menegaskan posisinya sebagai pelopor food estate laut di kancah global dalam rangka menciptakan masa depan yang mandiri, inklusif dan berdaya saing tinggi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Smart Aquaponic

Aquaponic merupakan system pertanian berkelanjutan yang mengkombinasikan akuakultur dengan hidroponik dalam lingkungan yang bersifat simbiotik [11]. Maksud dari sifat simbiotik ini adalah ekskresi hewan yang dipelihara akan diberikan kepada tanaman agar dipecah menjadi nitrat dan nitrit melalui proses alami dan dimanfaatkan oleh tanaman sebagai nutrisi. Dalam pengertian singkatnya, system aquaponik menggunakan air yang mengalir pada system tersebut untuk terus bersikulasi [12].

Pertanian aquaponic menggunakan resirkulasi air, limbah yang dihasilkan oleh hewan aquatic saat mempraktikkan akuakultur, sekarang dapat digunakan oleh tanaman yang menghasilkan permunian air. Proses ini mencegah kontaminasi pada badan air yang besar juga menurunkan pemanfaatan air pertanian hingga 90% [5].

Smart aquaponic memanfaatkan sensor untuk mengukur parameter seperti pH, suhu air, kadar oksigen terlarut (DO) dan kadar ammonia serta dapat di kontrol secara otomatis melalui system berbasis mikrokontroler dan jaringan nirkabel. Teknologi ini sangat cocok diterapkan pada lahan sempit terutama di daerah urban dan berkontribusi pada pertanian berkelanjutan [13][14].

2.2. Energi Terbarukan Berbasis Solar Panel

Energi surya merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang paling potensial dan ramah lingkungan. Pemanfaatan panel surya dalam system aquaponic berfungsi sebagai sumber energi alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Panel surya mengubah energi Cahaya matahari menjadi energi Listrik yang disimpan dalam baterai dan digunakan untuk menggerakkan pompa air, aerator, serta system monitoring otomatis [15][13]. Teknologi ini memberikan Solusi terhadap tantangan keberlanjutan energi, terutama pada daerah yang belum terjangkau jaringan Listrik PLN.

2.3. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep penghubungan perangkat elektronik melalui internet sehingga memungkinkan pertukaran data secara real – time [16][17]. Dalam konteks smart aquaponic, IoT berperan penting dalam monitoring dan pengendalian system secara otomatis [18]. Sensor – sensor yang

dipasang akan mengirimkan data ke server atau aplikasi dan system mengambil Keputusan berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Implementasi IoT tidak hanya meningkatkan efisiensi pengelolaan system, tetapi juga mempermudah pengguna dalam pemantauan jarak jauh [9].

2.4. Business Model Canvas

Business Model Canvas (BMC) adalah kerangka kerja strategis yang digunakan untuk merancang, menganalisis dan mengembangkan model bisnis secara sistematis [19]. BMC terdiri dari Sembilan elemen utama : customer segments, value propositions, channels, customer relationship, revenue streams, key resources, key activities, key partnerships, dan cost structure. Dalam pengembangan smart aquaponic berbasis energi terbarukan, BMC sangat berguna untuk memetakan potensi pasar, efisiensi biaya produksi, hingga model distribusi produk ke Masyarakat [1]. Penerapan BMC dapat membantu pelaku UMKM atau startup dalam membangun model bisnis yang berkelanjutan [7] [2] [3].

2.5. SWOT Analysis

SWOT Analysis adalah metode perencanaan strategis yang digunakan untuk mengidentifikasi Strengths (kekuatan), Weakness (kelemahan), Opportunity (peluang), dan Threats (ancaman) dari suatu proyek atau usaha [4]. Analisis SWOT sangat penting untuk menilai kesiapan teknologi, potensi pasar, hambatan implementasi, serta factor eksternal yang dapat mempengaruhi keberhasilan proyek. Melalui SWOT, tim pengembang dapat Menyusun strategi mitigasi resiko serta memaksimalkan peluang untuk keberlanjutan usaha.

2.6. Penelitian Terdahulu

Iqbal Febri Antoro, Pemanfaatan Panel Surya sebagai Energi pada Sistem Aquaponik Berbasis Internet of Things, Seiring berkembangnya zaman maka perkembangan infrastruktur juga ikut berkembang mengakibatkan berbagai lahan pertanian di perkotaan mengalami penyusutan. Sehingga untuk mengembangkan lahan pertanian menjadi sulit, tak hanya pertanian lahan untuk perikanan juga semakin mengecil. Maka dari itu memerlukan berbagai upaya untuk melakukan kedua hal tersebut salah satunya dengan menggunakan media aquaponik dan menggunakan energi terbarukan seperti menggunakan media panel surya untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada penelitian ini menggunakan panel surya 50 WP, sebagai pengubah energi, solar charge controller sebagai tampilan tegangan dan arus dari panel surya, baterai 12V 20Ah digunakan untuk menerima energi dan menyalurkan energi. Inverter digunakan mengubah arus DC menjadi AC. Pada penelitian ini menggunakan pompa air sebagai penyaluran air. Catu daya 12 VDC sebagai penyalur tegangan 12 VDC kepada LM2596. LM2596

tegangan 12 VDC dari catu daya diturunkan menjadi 5VDC yang akan digunakan sebagai penyalur kepada NodeMCU. NodeMCU sebagai platform internet of things yang akan mengontrol relay sebagai saklar dalam menghidupkan pompa air nantinya. Proses utama dilakukan pada pengubahan cahaya matahari menjadi energi listrik dari panel surya 12VDC, kemudian diterima oleh baterai untuk menerima energi dari panel surya 12VDC. Inverter digunakan untuk mengubah tegangan 12VDC ke 220VAC untuk menghidupkan pompa air [20].

Regita Aulia Safitri, Akbar Rizki Priadi, Luthfan Akmal Faturrahman, , Smart Aquaponic: Pemberian Pakan Ikan serta Pengontrol pH Otomatis Berbasis Energi Matahari dan IoT, Perkembangan populasi manusia semakin meningkat di perkotaan, lahan pemukiman semakin sempit, dan kurangnya tumbuhan sebagai penghasil oksigen yang menyebabkan suhu udara meningkat. Potensi energi matahari di Indonesia sangat besar sekitar 4.8 KWh/m² atau 112.000 GWp. Memanfaatkan kondisi tersebut, dapat dilakukan konsep pertanian menggunakan sistem akuaponik yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT) disertai pemanfaatan energi matahari. Sistem akuaponik merupakan perpaduan antara teknik hidroponik dan akuakultur. Maka dari itu, dibuat perancangan sistem monitoring pH, jarak ketinggian air dan pemberi pakan ikan otomatis pada Smart Aquaponic berbasis energi matahari dan Internet of Things (IoT). Sensor yang digunakan adalah sensor pH-4502C, sensor HCSR-04, dan motor servo yang diproses menggunakan ESP32. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dan dilengkapi kajian literatur. Hasil dari penelitian ini adalah alat yang dapat melakukan pengontrolan dan monitor pH air, jarak ketinggian air, dan pemberi pakan ikan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Panel surya dapat menjadi sistem hybrid dalam sumber listrik Smart Aquaponic [21].

Riana Nurmalsari, Nonny Aji Sunaryo, Viola Malta Ramadhani, Difusi Teknologi Aquaponik Tenaga Surya untuk Mengembangkan Budidaya Mandiri Pangan Organik bagi Warga Desa Pakisjajar Kabupaten Malang, Kesehatan menjadi salah satu hal yang penting dalam upaya peningkatan kualitas hidup masyarakat. Upaya dalam meningkatkan kesehatan masyarakat yaitu dimulai dari bahan makanan yang dikonsumsi. Bahan makanan organik merupakan bahan makanan yang sehat karena terhindar dari penggunaan pestisida serta pupuk kimia. Namun sayangnya, bahan makanan organik masih cenderung memiliki harga yang mahal. Hal ini menyebabkan masyarakat lebih memilih untuk membeli bahan makanan yang lebih murah. Kondisi ini juga terjadi di Kabupaten Malang tepatnya di Desa Pakisjajar. Masyarakat lebih memilih untuk membeli bahan makanan yang murah dibandingkan yang organik. Sehingga diperlukan solusi terkait hal ini salah satunya yaitu dengan difusi teknologi aquaponik tenaga surya untuk

mengembangkan budaya mandiri pangan organik. Adapun tahapannya yaitu observasi ke lokasi mitra, analisis kebutuhan mitra, merancang desain, pembuatan aquaponik tenaga surya, serta sosialisasi kepada masyarakat. Hasil media tanam aquaponik tenaga surya dapat menghasilkan 20 ikat kangkung per sekali panen. Jenis sayuran yang ditanam pun boleh beragam atau terdiri dari beberapa macam menyesuaikan kebutuhan. Jika untuk konsumsi pribadi maka 80 lubang bisa diisi 8 macam jenis sayuran agar beragam. Selanjutnya untuk bagian kolam ikannya dapat diisi oleh ikan lele, nila, emas, atau jenis ikan yang diminati. Kondisi ini jelas cukup untuk memenuhi kebutuhan pangan skala rumah tangga [22].

Bijak Akbar Sukmawan, Aripriharta, Ilham Ari Elbaith Zaeni, Implementasi Smart Akuaponik dengan IoT untuk Pertanian Perkotaan yang Efisien, Efisiensi kerja merupakan prioritas utama dalam masyarakat perkotaan, terutama di Indonesia, yang menghadapi tantangan penyusutan lahan pertanian akibat urbanisasi. Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam budidaya akuaponik, sebuah metode yang menggabungkan budidaya ikan dan tanaman dalam sebuah ekosistem yang bersirkulasi. Penelitian ini mengembangkan sistem smart akuaponik berbasis IoT yang memungkinkan pemantauan dan kontrol real-time terhadap parameter penting seperti suhu dan pH air menggunakan sensor DS18B20 dan PH-4502C, dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pengelola data. Data dari sensor disimpan di cloud melalui Google Firebase dan dapat diakses melalui perangkat pintar kapan saja dan di mana saja. Hasil pengujian menunjukkan sistem ini mampu memonitor suhu air dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ dibandingkan dengan termometer air raksa, serta pH air dengan rentang 6.5-7.0 yang ideal untuk akuaponik. Solusi ini diharapkan dapat mendorong penerapan teknologi pintar untuk meningkatkan produktivitas pertanian perkotaan yang berkelanjutan [18].

Fadhil Albar, Irving Vitra Paputungan, Kurniawan Dwi Irianto, Sistem Pemantauan Nutrisi Air pada Tanaman Hidroponik Model Rakit Apung, Hidroponik merupakan salah satu alternatif metode penanaman yang menggantikan media tanah dengan air, Model penanaman ini dapat mengoptimalkan penggunaan lahan yang sekarang ini semakin sedikit karena hidroponik tidak membutuhkan ruang tanam yang luas. Hidroponik memiliki salah satu teknik penanaman yaitu model rakit apung. Teknik rakit apung memiliki gaya penanaman dengan bidang datar sehingga air dapat menggenang di bawah tanaman. Model ini selain murah, juga mudah untuk dibuat bagi orang awam. Namun model ini memiliki suatu kekurangan, yaitu pemilik harus selalu memberikan perhatian ekstra pada tanaman karena rakit apung menggunakan air menggenang tanpa sirkulasi air maupun udara, Hal ini dapat membuat kandungan nutrisi dalam air meracuni tanaman itu sendiri. Selain

itu ketinggian air dapat menyebabkan jamur pada akar tanaman hidroponik tersebut. Sebuah sistem dibuat untuk memantau kadar larutan nutrisi, tingkat keasaman air, nilai suhu, kelembaban serta intensitas cahaya. Parameter-parameter tersebut dipantau menggunakan beberapa sensor yaitu : sensor Total Dissolved Solid(TDS), sensor pH air, sensor ketinggian air, sensor intensitas cahaya serta sensor suhu dan kelembaban yang dikendalikan oleh microcontroller dengan model ESP32. Hasil dari pencatatan sensor tersebut ditampilkan di platform blynk yang dapat memberikan status tanaman secara realtime. Dengan sistem ini pemilik dapat melakukan monitoring secara real time dan dapat meningkatkan kewaspadaan saat merawat tanaman hidroponik dengan model rakit apung [23].

Apta Prana Mas Erlangga, Ketut Saha Kesta Dinatha, Frisca Elfrisa Nainggolan, Prototipe Otomatisasi dan Pemantauan Sistem Hidroponik Berbasis IoT dengan Pemanfaatan Solar Panel Sebagai Sumber Energi, Penelitian ini menghadirkan sebuah prototipe otomatisasi dan pemantauan sistem hidroponik berbasis Internet of Things(IoT) yang dioptimalkan dengan pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi pertanian hidroponik modern dengan memantau dan mengontrol parameter lingkungan seperti tingkat kelembaban, suhu, pH, dan pencahayaan tanaman secara real-time. Panel surya digunakan untuk menyediakan sumber energi berkelanjutan, menjadikan sistem ini ramah lingkungan dan otonom. Prototipe ini terhubung ke platform IoT yang memungkinkan pengguna untuk mengakses dan mengontrol sistem melalui aplikasi ponsel pintar atau komputer. Selain itu, data lingkungan yang terkumpul dapat dianalisis untuk meningkatkan hasil pertanian dan meminimalkan konsumsi sumber daya. Penelitian ini mewakili langkah penting dalam menggabungkan teknologi IoT dan energi terbarukan untuk meningkatkan produktivitas pertanian modern dengan cara yang berkelanjutan dan efisien [24].

Safrizal Razali, Aulia Rahman, Adrian Damora Penerapan Sistem IoT Berbasis Energi Surya untuk Pemberian Pakan Otomatis dan Pemantauan Kualitas Air pada Budidaya Udang Vaname, Udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu komoditas akuakultur utama nasional di Indonesia dengan potensi ekonomi yang besar. Meskipun demikian, kendala seperti kualitas air yang buruk dan praktik pemberian pakan yang tidak memadai menghalangi akuakultur yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemberian pakan otomatis untuk Internet of Things(IoT) yang dilengkapi untuk pemantauan pH dan suhu air secara real-time, yang ditenagai oleh energi matahari. Sistem terdiri dari sensor pH (PH-4502C), sensor suhu (DS18B20), mikrokontroler ESP32 dan aplikasi Blynk, yang berfungsi sebagai antarmuka utama untuk sistem tersebut. Pengujian

dilakukan untuk membuktikan bahwa seluruh sistem ini bekerja dengan baik dengan 2 buah panel surya monokristalin 100Wp dengan baterai 12V 100Ah. Sistem ini berhasil meningkatkan efisiensi operasional tambak, meningkatkan keberlanjutan energi, dan menawarkan solusi baru untuk manajemen tambak udang vannamei [25].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dan kuantitatif melalui analisis multidimensional terhadap aspek teknis dan bisnis dari system smart aquaponic berbasis solar panel dan IoT. Metode ini bertujuan untuk mengkaji kelayakan implementasi system serta strategi pengembangannya secara komprehensif. Adapun tahapan metode penelitian yang dilakukan meliputi

3.1. Analisis Pasar

Menelaah potensi pasar dari system aquaponic berbasis teknologi melalui studi tren global dan nasional, permintaan produk perikanan dan hortikultura, serta kebutuhan petani pesisir dan nelayan. Data diperoleh dari:

- Laporan FAO, BPS, dan Kementerian Kelautan dan Perikanan
- Wawancara atau studi kasus terhadap komunitas petani dan nelayan.

3.2. Analisis SWOT

Analisis SWOT untuk mengidentifikasi kekuatan (strengths), kelemahan (weakness), peluang (opportunities), dan ancaman (threats) dari system dan model bisnis yang dikembangkan. Tujuannya untuk melihat posisi strategis inovasi ini di pasar serta tantangan yang mungkin dihadapi saat implementasi

3.3. Analisis Produksi

Meliputi desain dan simulasi system produksi aquaponic secara teknis, termasuk :

- Perancangan unit tanam dan kolam ikan
- Penempatan dan perhitungan kebutuhan energi solar panel
- Integrasi sensor IoT untuk memantau suhu, pH, dan kelembaban secara real – time.

3.4. Analisis Keuangan

Evaluasi kelayakan finansial dilakukan dengan perhitungan :

- Biaya Awal Investasi (CAPEX) untuk infrastruktur, alat dan teknologi.
- Biaya Operasional (OPEX) seperti pemeliharaan, pelatihan SDM, dan langganan platform IoT.
- Estimasi Return on Investment dan Break Even Point (BEP) untuk menilai kapan system mulai menguntungkan

3.5. Analisis Sumber Daya Manusia (SDM)

Menilai kebutuhan tenaga kerja, tingkat keterampilan yang dibutuhkan, serta kesiapan

masyarakat dalam mengadopsi teknologi. Termasuk juga pelatihan dan pendampingan yang dibutuhkan bagi petani dan nelayan local.

3.6. Penyusunan Strategi Bisnis

Pengembangan strategi bisnis menggunakan pendekatan :

- Business Model Canvas (BMC) untuk memetakan struktur nilai, saluran distribusi, mitra dan sumber pendapatan
- Penentuan segmen pasar dan strategi distribusi produk
- Potensi kerja sama dengan pemerintah, Lembaga pelatihan dan startup teknologi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Proses Produksi Smart Aquaponic



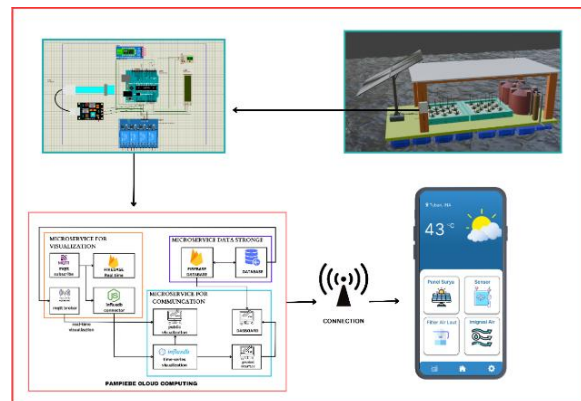
Gambar 1. 3D

Gambar 1 menunjukkan desain 3D dari sebuah system terapan multifungsi yang mengintegrasikan teknologi panel surya dan hidroponik. Pada tampak depan terlihat panel surya sebagai sumber energy utama yang ditempatkan diatas atap struktur. Tampak belakang memperlihatkan beberapa tabung berukuran besar yang kemungkinan berfungsi sebagai penampung air atau pupuk cair. Tampak kanan menampilkan sisi struktur dengan rangka atap pelindung dan instalasi hidroponik dan tabung – tabung pendukung lainnya. Desain ini mencerminkan sebuah system pertanian berkelanjutan yang mandiri energy dan dirancang untuk diaplikasikan diatas permukaan air.

4.2. Desain Sistem

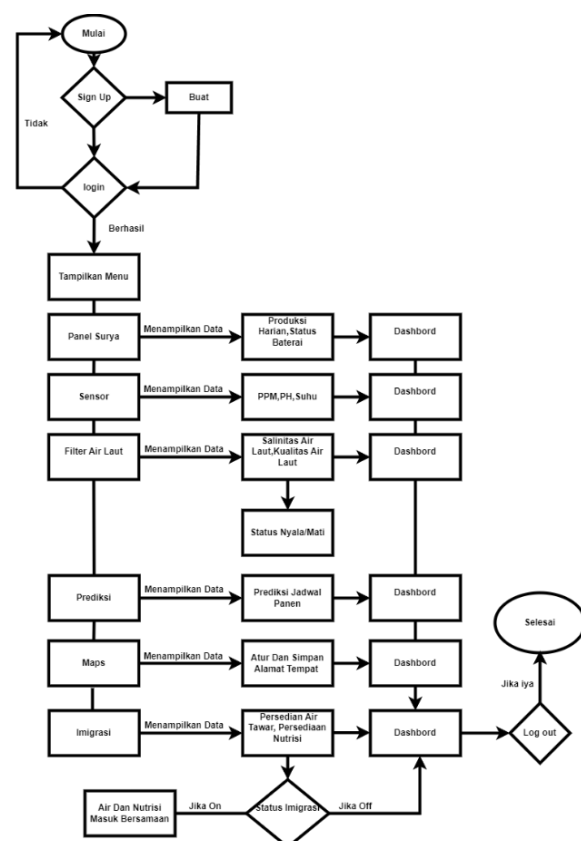
Pada gambar 2, sistem ini terdiri dari plan hidroponik yang diberikan sensor untuk memantau kondisi tanaman dan lingkungan secara real-time, serta sistem kerja sensor yang terintegrasi dengan software dan database. Sensor seperti sensor suhu, PPM, kelembaban udara, dan pH digunakan untuk memantau kondisi tanaman secara real-time dan akurat berbasis mobile. Data sensor yang dikumpulkan dan disimpan dalam database, kemudian software akan menganalisis data dan memberikan informasi tentang kondisi tanaman dengan parameter yang optimal. Pengguna dapat memantau dan mengontrol sistem

hidroponik dari jarak jauh menggunakan aplikasi SeaGrow yang langsung terkoneksi dengan Wifi.



Gambar 2. Desain Sistem

4.3. Flowchart

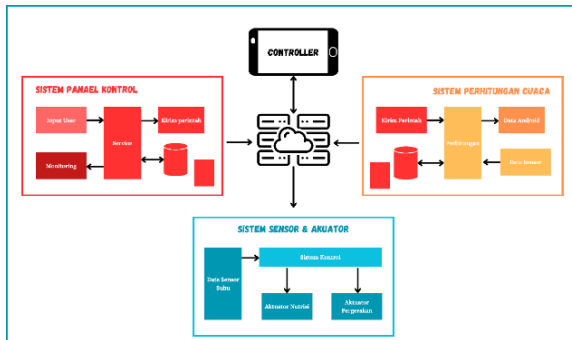


Gambar 3. Flowchart

Pada gambar 3, aplikasi SeaGrow yang memiliki 6 fitur yaitu panel surya, sensor, filter air laut, prediksi panen, maps dan imigrasi air. Pada fitur panel surya menampilkan data status baterai dan produksi harian energi. Fitur sensor menampilkan data PPM,pH, suhu. Kemudian filter air laut menampilkan data salinitas air laut, kualitas air laut dan status filter “On”. Pada imigrasi air menampilkan data persediaan air tawar, persediaan nutrisi dan status imigrasi “On”. Kemudian, prediksi panen menampilkan data prediksi

panen berdasarkan hari dan periode panen. Terakhir, maps menampilkan data titik koordinat.

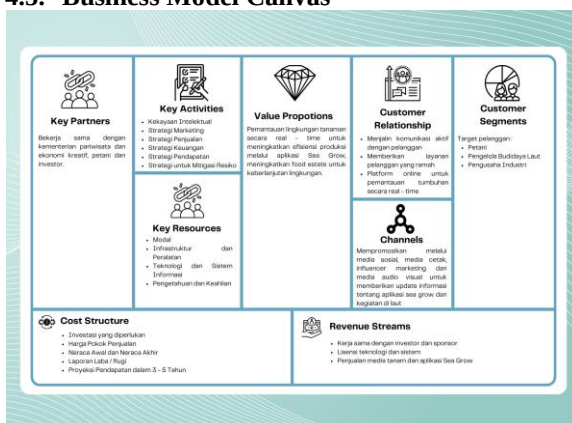
4.4. Blok Diagram Secara Keseluruhan



Gambar 4. Block Diagram Secara Keseluruhan

Pada gambar 4, System SeaGrow menggunakan prosedur terstruktur untuk mengelola, memproses, dan menggunakan data dari sensor untuk mengontrol system secara efektif. Pertama, sensor system bertanggung jawab mengumpulkan data relevan tentang kesehatan tanaman, seperti ketinggian air, nutrisi dan PPM. Data yang dikumpulkan dikirimkan ke orang yang bertanggung jawab untuk pemrosesan lebih lanjut. Pengendali kemudian bertanggung jawab untuk memproses dan menganalisis data yang diterima untuk memutuskan tindakan apa yang harus diambil berdasarkan informasi yang diterima. Pengontrol kemudian menggunakan hasil analisis untuk mengirimkan sinyal ke system irigasi dan penerangan untuk mengontrol system secara langsung agar sesuai dengan kebutuhan tanaman. Terakhir, data tentang hasil panen, system irigasi akan di simpan dalam database untuk monitoring hidroponik secara real – time dan akurat.

4.5. Business Model Canvas



Gambar 5. Business Model Canvas

Gambar di atas merupakan Business Model Canvas (BMC) yang menggambarkan model bisnis dari sebuah inovasi berbasis teknologi. Dalam komponen **Key Partners**, terdapat kolaborasi dengan mitra strategis seperti instansi pemerintah, petani, dan

distributor. **Key Activities** mencakup integrasi sistem monitoring, pengelolaan limbah, dan produksi berkelanjutan. **Key Resources** meliputi modal, tim ahli, dan teknologi. **Value Propositions** menawarkan pemanfaatan limbah biomassa sebagai energi dan pupuk ramah lingkungan serta solusi pertanian terintegrasi. **Customer Relationship** dijalin melalui penyuluhan, pelatihan, dan pembinaan berkelanjutan. Sementara itu, **Channels** menggunakan media sosial, website, dan komunitas lokal untuk distribusi informasi. **Customer Segments** meliputi petani, masyarakat pedesaan, dan pengelola kawasan. **Cost Structure** mencakup biaya instalasi, perawatan, pelatihan, dan penyuluhan, sedangkan **Revenue Streams** berasal dari penjualan alat, langganan sistem monitoring, dan kerjasama mitra. Model ini menunjukkan pendekatan holistik terhadap pertanian cerdas dan pengelolaan lingkungan.

4.6. Analisis SWOT

a. Strength

- Integrasi Smart Sistem Aquaponic dengan solar panel untuk pemanfaatan lau berkelanjutan dalam peningkatan ketahanan pangan
- Focus pada keberlanjutan lingkungan dan penggunaan energi terbarukan
- Kemitraan strategis dengan memperluas jangkauan dan pemasaran aplikasi SeaGrow

b. Weakness

- Biaya awal investasi yang tinggi untuk membangun solar panel dan implementasi smart system aquaponic yang menjadi hambatan bagi petani dan pengelola budidaya laut
- Ketergantungan pada teknologi dan infrastruktur yang kompleks
- Kesadaran pasar masih rendah dalam permintaan pertanian berkelanjutan yang meningkat

c. Opportunity

- Adanya peningkatan permintaan akan produk pangan berkelanjutan yang membuka peluang pekerjaan baru
- Ekspansi pasar yang belum terjamah oleh aplikasi lain
- Pengembangan Solusi manajemen resiko

d. Threats

- Adanya persaingan dengan aplikasi serupa dalam industry teknologi pertanian dan kelautan
- Perubahan regulasi atau kebijakan lingkungan terkait dengan penggunaan energi terbarukan dan praktek pertanian berkelanjutan
- Resiko fluktuasi pasar dan perubahan tren konsumen dalam industry pertanian dan teknologi dengan mempengaruhi permintaan dari aplikasi SeaGrow.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Integrasi Smart Sistem Aquaponik berbasis solar panel dan IoT merupakan Solusi inovatif yang mampu menjawab tantangan ketahanan pangan nasional, khususnya dalam pemanfaatan potensi laut secara berkelanjutan. System ini tidak hanya menawarkan efisiensi energi dan lahan, tetapi juga memungkinkan pemantauan dan pengelolaan budidaya yang lebih presisi dan ramah lingkungan. Untuk mendukung implementasi secara luas, diperlukan kolaborasi antara pemerintahan, sektor swasta, dan Masyarakat pesisir dalam pelatihan, pendanaan, serta penyusunan regulasi yang mendukung inovasi teknologi pertanian laut. Oleh karena itu, disarankan agar pendekatan ini diadopsi secara bertahap melalui pilot project di wilayah pesisir potensial dan didukung oleh kebijakan nasional yang mendorong pertanian berbasis energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Listiyono *et al.*, “Laut Kepulauan Indonesia Untuk Mewujudkan,” *J. Educ. Dev.*, vol. 10, no. 2, p. 321, 2022.
- [2] D. Rusdiana, Y. Ali, S. Thamrin, and R. Widodo, “Strategi Pembangunan Industri Pertahanan Pada Negara Kepulauan Guna Mendukung Pertahanan Negara,” *J. Acad. Praja*, vol. 4, no. 2, pp. 427–440, 2021, doi: 10.36859/jap.v4i2.629.
- [3] A. Rouf and W. Agustiono, “Literature Review : Pemafile:///C:/Users/LENOVO/Documents/kuliah/S 2/PKM/jamsi-269-id567-rahutomo-1961-1970.pdfnaftaan Sistem Informasi Cerdas Pertanian Berbasis Internet of Things (IoT)file:///C:/Users/LENOVO/Documents/kuliah/S 2/PKM/document.pdf,” *J. Teknol. dan Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 45–54, 2021.
- [4] O. Bryan *et al.*, “Pengembangan Sistem Akuaponik : Sinergi Hidroponik dan Kolam untuk Ketahanan Pangan dan Ekonomi Lokal pada Desa Sukolilo Kabupaten Malang Aquaponic System Development : Synergy of Hydroponics and Ponds for Food Security and Local Economy in Sukolilo Villa,” vol. 2, pp. 116–129, 2025.
- [5] M. I. Nasution, L. H. Lubis, and W. U. A. Ritonga, “Implementasi Mikrokontroler Berbasis IoT Untuk Optimalisasi Kinerja Sistem Akuaponik,” *J. Phi J. Pendidik. Fis. dan Fis. Terap.*, vol. 9, no. 1, p. 7, 2023, doi: 10.22373/p-jpft.v9i1.16292.
- [6] N. Muniroh, “Sistem Monitoring Pengelolaan Air Berbasis Mikrokontroler Dan Android Pada Budi Daya Ikan Lele Dengan Aquaponik Terintegrasi,” *J. Teknol. dan Bisnis*, vol. 4, no. 1, pp. 1–16, 2022, doi: 10.37087/jtb.v4i1.76.
- [7] D. Wijaya, R. Riki, B. Daniawan, and A. Lorenza, “Business Model Canvas for Internet of Things Application on Hydroponic in Tangerang,” *bit-Tech*, vol. 6, no. 3, pp. 389–399, 2024, doi: 10.32877/bt.v6i3.1296.
- [8] A. Lestari and D. Lampuyang, “Analisis Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dalam Budidaya Akuaponik pada Program Kemitraan Masyarakat,” vol. 13, no. 2, pp. 32–38, 2024.
- [9] W. H. W Ibrahim, R. Abdul Rasid, N. S. Hariyanto, N. A. Mohd Faizal, and N. N. Mazlan, “Smart Home Aquaponic System Monitoring and Control with Internet of Things Using Mobile Application,” *J. Chem. Eng. Ind. Biotechnol.*, vol. 9, no. 1, pp. 20–25, 2023, doi: 10.15282/jceib.v9i1.8723.
- [10] Y. Garnida, “Aquaponics As a Solution for Family Food Security in Urban Areas,” *J. Multidisiplin Sahombu*, vol. 3, no. 01, pp. 146–152, 2023, doi: 10.58471/jms.v3i01.2428.
- [11] M. A. H. bin Zamnuri *et al.*, “Integration of IoT in Small-Scale Aquaponics to Enhance Efficiency and Profitability: A Systematic Review,” *Animals*, vol. 14, no. 17, pp. 1–20, 2024, doi: 10.3390/ani14172555.
- [12] B. Setiawan, S. Styawati, and S. Alim, “Implementasi Sistem IoT Pada Akuakultur Dan Hidroponik (Akuaponik) Modern Untuk Pertumbuhan Ikan Nila,” *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 9, no. 1, pp. 47–53, 2024, doi: 10.30591/jpit.v9i1.5896.
- [13] E. Sugiyanto and T. P. Kasih, “Microclimate Control in Strawberry Production with Hydroponic System in Indoor Vertical Farming,” *J. Syntax Admiration*, vol. 5, no. 3, pp. 984–996, 2024, doi: 10.46799/jsa.v5i3.1077.
- [14] P. Rajnandini, T. Tambe, V. Vishwakarma, and R. Ansari, “International Journal of Research Publication and Reviews Water Level Monitoring System Using IOT,” vol. 3, no. 11, pp. 1159–1161, 2022.
- [15] B. Paul, S. Agnihotri, Kavya B., P. Tripathi, and Narendra Babu C., “Sustainable Smart Aquaponics Farming Using IoT and Data Analytics,” *J. Inf. Technol. Res.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–27, 2022, doi: 10.4018/jitr.299914.
- [16] Z. A. Bakar, M. Z. M. Nor, K. A. Kadir, M. F. Misnan, and M. Noorezam, “Smart Plant Monitoring System Using Aquaponics Production Technological with Arduino Development Environment (IDE) and SMS Alert: A Prototype,” *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, vol. 16, no. 22, pp. 32–47, 2022, doi: 10.3991/ijim.v16i22.34581.
- [17] Ardiansyah, I. N. Rahmaan, E. Sumarni, and A. Hardanto, “Microclimate Monitoring and Control System in a Plant Factory Using the Internet of Things,” *J. Keteknikan PErtanianrtanian*, vol. 3, no. April, pp. 49–58, 2022.
- [18] B. A. Sukmawan *et al.*, “Implementasi smart akuaponik dengan iot untuk pertanian perkotaan yang efisien,” vol. 13, no. 2, 2025.
- [19] A. Purnama, A. Aulia Rahman, and E. Fauzi,

- “LEACH Protocol to Improve Energy Efficiency of Wireless Sensor Networks in Smart Agriculture,” *J. Ilm. Inform. Glob.*, vol. 15, no. 1, pp. 38–44, 2024, doi: 10.36982/jiig.v15i1.3805.
- [20] A. D. P. Piranti, Yessy Risma, Ramadhani, Rizky, Hartono, Aldia Safira, Syazwani, Nabila Zafirna, Retnowati, Aprillia, “Pemanfaatan Limbah Budidaya Ikan Lele Dengan Sistem Akuaponik Di Kelurahan Gedog,” *J. Pengabd. Masy. Indones. Sejah.*, vol. 2, no. 1, pp. 68–72, 2023, [Online]. Available: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- [21] U. A. Pringsewu, “Volume 6 Issue 2 Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering SMART AQUAPONIC : PEMBERI PAKAN IKAN SERTA PENGONTROL PH Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering,” vol. 6, no. 2, pp. 190–197.
- [22] R. Nurmalasari *et al.*, “Difusi Teknologi Aquaponik Tenaga Surya Untuk,” pp. 94–100, 2023.
- [23] F. Albar, I. V. Paputungan, and K. D. Irianto, “Sistem Pemantauan Nutrisi Air Pada Tanaman Hidroponik Model Rakit Apung,” *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 3, no. 4, pp. 703–711, 2022, doi: 10.47065/josh.v3i4.1843.
- [24] A. P. M. Erlangga, K. S. K. Dinatha, F. E. Nainggolan, and S. Prayogi, “Prototipe Otomatisasi dan Pemantauan Sistem Hidroponik Berbasis IoT dengan Pemanfaatan Solar Panel Sebagai Sumber Energi,” *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 7, no. 4, pp. 1367–1377, 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i4.3143.
- [25] A. M. Amanullah, “Analisis Strategi Pengembangan Bisnis Forever Green Hydroponic Farm Dengan Pendekatan Business Model Canvas (Bmc) Program Studi Agribisnis 2022 M / 1444 H,” *Repository.Uinjkt.Ac.Id*, 2022, [Online]. Available: [https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/67102%0Ahttps://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/67102/1/ARYA MUSTOFA AMANULLAH-FST.pdf](https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/67102%0Ahttps://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/67102/1/ARYA%20MUSTOFA%20AMANULLAH-FST.pdf)