

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sarang burung walet atau EBN (*Edible Bird's Nest*) merupakan produk alami yang terbentuk dari air liur burung walet dan telah lama dihargai karena kandungan nutrisinya yang kaya serta manfaat kesehatannya. Penelitian oleh Marcone (2005) menunjukkan bahwa EBN mengandung protein dalam jumlah tinggi, berkisar antara 61,0–66,9%, serta asam amino esensial seperti glutamat, aspartat, lisin, dan leusin yang penting untuk perbaikan jaringan dan kesehatan kulit. Selain itu, EBN juga mengandung mineral seperti kalsium, natrium, magnesium, dan zat besi, yang mendukung fungsi tubuh secara keseluruhan.



Gambar 1.1 Sarang Burung Walet

Sumber: *kontainerindonesia.co (2024)*

EBN juga kaya akan senyawa bioaktif seperti glukosamin, asam sialat, asam lemak, vitamin, antioksidan, dan glikoprotein. Menurut penelitian oleh Kathan dan Weeks (1969), karbohidrat dalam EBN terdiri dari asam sialat (9,0%), galaktosamin (7,2%), glukosamin (5,3%), galaktosa (16,9%), dan fukosa (0,7%) . Senyawa-senyawa ini berperan dalam meningkatkan sistem kekebalan tubuh dan

kesehatan kulit. Secara keseluruhan, EBN merupakan sumber nutrisi yang kaya dan memiliki potensi manfaat kesehatan yang luas, baik dari perspektif ilmiah maupun tradisional.

Budidaya sarang burung walet merupakan salah satu sektor unggulan dalam industri agribisnis Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Produk ini tidak hanya diminati oleh pasar domestik, tetapi juga menjadi salah satu komoditas ekspor utama Indonesia, terutama ke negara-negara Asia Timur seperti Tiongkok, Hong Kong, dan Singapura. Data Badan Pusat Statistik (BPS, 2023) menunjukkan bahwa pada tahun 2022, nilai ekspor sarang burung walet mencapai 590,57 juta USD dengan volume mencapai 1.418 ton, meningkat sebesar 14,1% dibandingkan tahun sebelumnya.

Tabel 1.1 Data Ekspor Sarang Burung Walet Negara Indonesia

Tahun	Volume Ekspor (Ton)	Nilai Ekspor (USD Juta)	Pertumbuhan (%)
2018	1.291,95	290.559,01	-
2019	1.258,78	363.847,63	25,28%
2020	1.312,51	540.361,65	48,43%
2021	1.505,53	517.025,56	-4,32%
2022	1.415,94	590.603,56	14,22%

***Sumber:** Badan Pusat Statistik (2019–2023)*

Permintaan global terhadap sarang walet terus meningkat karena kandungannya yang kaya nutrisi dan dipercaya memiliki manfaat kesehatan yang

tinggi. Laporan dari *Cognitive Market Research (2024)* menyebutkan bahwa nilai pasar *edible bird's nest* secara global diproyeksikan mencapai lebih dari USD 8,2 miliar pada 2027, dengan pertumbuhan tahunan rata-rata (CAGR) sebesar 6,5%. Negara seperti Tiongkok menyumbang lebih dari 70% total permintaan global

Tabel 1.2 Nilai Pasar dan Pertumbuhan Tahunan EBN Secara Global

Tahun	Nilai Pasar (USD Miliar)	Pertumbuhan Tahunan (%)
2022	5,3	—
2023	5,7	7,5%
2024 (estimasi)	6,2	8,8%
2025 (estimasi)	6,8	9,7%
2026 (estimasi)	7,5	10,3%
2027 (estimasi)	8,3	10,7%
2028 (estimasi)	9,1	9,6%
2029 (estimasi)	9,8	7,7%
2030 (estimasi)	10,8	10,2%

Sumber: *Cognitive Market Research (2024)*

Budidaya burung walet telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir, seiring dengan meningkatnya permintaan global terhadap produk sarang burung walet. Sarang ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena kandungan nutrisinya dan manfaat kesehatan yang diyakini, sehingga menjadikannya komoditas unggulan di pasar domestik maupun ekspor. Dalam

praktik budidayanya, pengelolaan rumah burung walet menjadi aspek krusial yang sangat mempengaruhi keberhasilan produksi.



Gambar 1.2 Rumah Burung Walet

Sumber: Badan Karantina Indonesia (2021)

Rumah burung walet sendiri adalah bangunan yang secara khusus dirancang untuk meniru habitat alami burung walet, seperti gua-gua di tebing yang lembab dan gelap. Struktur bangunan ini dirancang untuk menciptakan kondisi lingkungan yang optimal agar burung walet merasa nyaman, mau bersarang, dan berkembang biak secara alami. Ukuran rumah walet umumnya bervariasi tergantung kapasitas dan tujuan pemiliknya, namun kebanyakan berkisar antara 100 hingga 200 meter persegi.

Beberapa elemen teknis penting yang harus diperhatikan dalam membangun dan mengelola rumah walet antara lain adalah kelembapan, suhu, pencahayaan, dan ketersediaan sumber daya pendukung. Elemen-elemen ini disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 1.3 Parameter dalam Membangun Rumah Walet

Parameter	Nilai Ideal	Keterangan
kelembapan	80–90%	Menjaga sarang tetap lembap dan mendukung kesehatan burung walet
Suhu	27-29°C	Suhu optimal untuk kenyamanan dan reproduksi burung walet
Pencahayaan	Rendah (mirip gua)	Pencahayaan minim untuk menciptakan suasana alami seperti habitat aslinya
Sumber Air	Bersih dan terus tersedia	Untuk menjaga kelembapan dan mendukung ekosistem mikro dalam rumah walet

Sumber: Widyanti, N. (2022); Asmaranti, N. (2021); Prasetyo, H. (2019)

Selain aspek teknis, metode budidaya walet juga menjadi kunci utama dalam meningkatkan efektivitas produksi. Umumnya, terdapat tiga metode utama yang digunakan dalam praktik budidaya burung walet, yaitu metode alami, semi-alami, dan intensif. Berikut adalah penjelasan terkait metode-metode pada tabel berikut:

Tabel 1.4 Metode Budidaya Burung Walet

Metode	Ciri Khas / Karakteristik	Tingkat Intervensi	Sumber
Alami	Rumah walet dibangun menyerupai gua alami; tanpa teknologi tambahan; walet datang sendiri.	Rendah	Prasetyo (2019); ITPC Tokyo (2021)
Semi-Alami	Ditambah suara pemikat, tempat sarang buatan; tetap menyerupai habitat asli.	Sedang	Asmaranti (2021); Widyanti (2022)
Intensif	Menggunakan kontrol suhu, kelembapan, suara otomatis, serta pemantauan berbasis IoT.	Tinggi	Widyanti (2022); Undip (2022)

Namun, budidaya walet di Indonesia menghadapi sejumlah permasalahan yang dapat menghambat produktivitas. Salah satu faktor utama yang menjadi penyebab rendahnya hasil panen adalah pengelolaan lingkungan kandang walet yang belum optimal. Variabel lingkungan seperti suhu ($27\text{--}29^{\circ}\text{C}$), kelembapan (80-90%) pencahayaan yang rendah, intensitas serta frekuensi suara pemikat, dan kadar amonia di dalam rumah walet sangat mempengaruhi keberhasilan pertumbuhan dan reproduksi burung walet (Rohmah et al., 2021). Ketidaksesuaian dalam pengaturan variabel-variabel tersebut dapat menyebabkan stres pada burung, penurunan kualitas sarang, bahkan menyebabkan burung berpindah ke lokasi lain.

Permasalahan ini diperparah oleh fakta bahwa sebagian besar peternak walet di Indonesia masih mengandalkan metode konvensional dalam mengelola rumah walet. Mereka umumnya hanya mengandalkan intuisi dan pengalaman pribadi tanpa dukungan sistem *monitoring* berbasis data. Pendekatan yang tidak sistematis ini membuat para peternak kurang tanggap terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga berisiko menurunkan hasil panen. Studi oleh Wahyuni et al. (2021) menekankan bahwa pengelolaan lingkungan rumah walet yang terukur dan berbasis data sangat penting untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas sarang.

Kondisi ini juga tercermin dari data nasional. Menurut laporan Badan Karantina Pertanian, hingga tahun 2020 tercatat sebanyak 2.808 rumah burung walet (RBW) yang teregistrasi di Indonesia, dengan konsentrasi tertinggi berada di Kalimantan Tengah (412 RBW), Kalimantan Barat (406 RBW), dan Riau (226

RBW) (Wahyuni et al., 2021). Meskipun angka ini menunjukkan potensi besar dalam sektor budidaya walet, kenyataannya banyak dari RBW tersebut masih menghadapi berbagai kendala operasional, khususnya terkait pengelolaan lingkungan mikro dalam rumah walet.

Sebagai contoh, di wilayah Gorontalo terdapat sekitar 675 rumah walet yang tersebar di beberapa kabupaten. Rata-rata produksi per rumah walet di wilayah ini hanya sekitar 2 kg per bulan, angka yang sebenarnya bisa ditingkatkan jika pengelolaan suhu, kelembapan, dan kebersihan kandang dilakukan secara optimal. Namun, peternak di sana kerap mengalami gangguan seperti fluktuasi suhu dan kelembapan, serta serangan hama seperti kecoa yang merusak sarang dan mengganggu kenyamanan burung walet (Dalle et al., 2021).

Selain masalah teknis di lingkungan kandang, peternak walet juga menghadapi tantangan eksternal seperti fluktuasi harga jual sarang walet dan keterbatasan akses terhadap pasar dan teknologi. Di Kalimantan Barat misalnya, peternak mengeluhkan penurunan harga sarang walet yang tidak menentu, serta gangguan hama yang merusak kualitas produk. Kondisi ini menunjukkan bahwa tidak hanya aspek teknis, tetapi juga aspek manajerial dan akses terhadap informasi pasar yang perlu ditingkatkan untuk mendukung keberhasilan budidaya walet secara berkelanjutan (Anwar et al., 2020).

Tabel 1.5 Permasalahan Umum dalam Budidaya Burung Walet di Indonesia

No	Permasalahan	Dampak	Lokasi/ Contoh Kasus	Sumber
1.	Pengelolaan suhu dan kelembapan tidak optimal	Burung stres, enggan bersarang, kualitas sarang menurun	Umum di berbagai daerah budidaya walet	(Wahyuni et al., 2021)
2.	Intensitas cahaya terlalu terang	Burung enggan masuk ke dalam rumah walet	Umum	(Wahyuni et al., 2021)
3.	Penggunaan suara pemikat tidak terkontrol	Menurunkan daya tarik, burung enggan menetap	Umum	(Rohmah et al., 2021 dalam Wahyuni et al., 2021)
4.	Tingkat amonia tinggi di dalam rumah walet	Menyebabkan burung sakit dan migrasi ke tempat lain	Umum	(Wahyuni et al., 2021)
5.	Serangan hama (kecoak, semut)	Mengganggu kenyamanan dan merusak sarang walet	Gorontalo	(Dalle et al., 2021)
6.	Harga jual sarang walet fluktuatif	Pendapatan peternak tidak stabil	Kalimantan Barat	(Anwar et al., 2020)
7.	Penggunaan metode konvensional	Pengambilan keputusan tidak berbasis data, respons lambat	Umum	(Wahyuni et al., 2021)
8.	Kurangnya adopsi teknologi modern (IoT, sensor)	Sulit memantau lingkungan secara <i>real-time</i> , efisiensi rendah	Umum	(Widyanti, 2022)

Tabel 1.6 Variabel Keberhasilan Pertumbuhan Reproduksi Burung Walet

Variabel Lingkungan	Rentang Ideal	Dampak Jika Tidak Ideal
Suhu	27–29°C	Burung stres, enggan bersarang
kelembapan	80–90%	Sarang cepat kering/rapuh
Intensitas cahaya	Gelap	Walet enggan masuk rumah
Kadar amonia	<10 ppm	Burung sakit dan pindah lokasi
Suara	5–7 jam/hari	Daya tarik rendah jika sering/kurang

Sumber: Rohmah et al., 2021; Haris, 2020

Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan pendekatan yang lebih modern dan berbasis data dalam pengelolaan lingkungan kandang walet. Penggunaan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT) dapat membantu peternak dalam memantau dan mengatur variabel lingkungan secara *real-time*, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas sarang walet. Inovasi ini telah mulai diterapkan di beberapa daerah, namun masih perlu didorong lebih luas agar dapat memberikan dampak signifikan bagi industri budidaya walet di Indonesia (Widyanti, 2022).

Melihat potensi dan tantangan yang ada, muncul gagasan untuk menciptakan sebuah sistem peternakan walet pintar berbasis teknologi yang dapat mengatasi masalah kontrol lingkungan dan manajemen kandang. “SMARTLET” merupakan sistem peternakan walet yang mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan aplikasi pintar untuk mempermudah manajemen kandang walet. Dengan bantuan sensor-sensor seperti *temperature & humidity sensors*, *gas/ammonia sensors*, *audio controllers*, dan *water mist sprayers*, sistem ini dapat mengatur dan mengoptimalkan kondisi lingkungan sesuai dengan standar ideal yang telah ditetapkan berdasarkan riset terdahulu.

Adanya sistem SMARTLET, peternak dapat memantau kondisi lingkungan kandang dan kesehatan walet secara otomatis dan lebih efisien. Sistem ini tidak hanya membantu dalam pengelolaan kondisi lingkungan yang optimal, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada pengawasan manual dan tenaga kerja yang intensif. Selain itu, dengan adanya akses data secara *real-time*, peternak dapat dengan cepat mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk

memastikan kondisi terbaik bagi kandang peternakan walet mereka, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen sarang walet.

Penerapan teknologi IoT dalam budidaya ternak walet melalui sistem SMARTLET juga dapat mendukung hilirisasi industri walet, membuka peluang pasar yang lebih luas, dan meningkatkan daya saing produk sarang walet Indonesia di pasar global. Dalam hal ini, perusahaan berpotensi untuk membuka peluang ekspor yang lebih besar, baik ke negara-negara Asia Timur yang merupakan konsumen utama sarang walet, maupun ke pasar internasional lainnya.

Sistem SMARTLET diharapkan dapat berkontribusi dalam pencapaian *Sustainable Development Goals (SDGs)*, khususnya pada tujuan ke-3 yang berkaitan dengan kesehatan dan kesejahteraan, serta tujuan ke-8 yang berkaitan dengan pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi. Dengan menciptakan lapangan pekerjaan baru, mengoptimalkan rantai nilai dunia (*Global Value Chain*) industri walet, serta meningkatkan kualitas produk pangan fungsional yang bergizi dan bermanfaat bagi kesehatan, sistem SMARTLET memberikan manfaat besar tidak hanya untuk peternak walet, tetapi juga untuk masyarakat dan perekonomian Indonesia secara keseluruhan.

Secara keseluruhan, pengembangan SMARTLET sebagai sistem peternakan walet pintar yang berbasis IoT dan aplikasi pintar menjadi langkah inovatif yang dapat meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan daya saing industri walet Indonesia. Dengan memanfaatkan teknologi untuk mengatasi tantangan yang dihadapi oleh industri ini, sistem SMARTLET tidak hanya membuka

peluang baru bagi peternak walet, tetapi juga berperan dalam mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan di Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi peternakan walet yang ideal berdasarkan variabel (suhu, kelembapan, dll.)
2. Apa yang menyebabkan produktivitas panen belum mencapai hasil yang ideal dan bagaimana cara agar meningkatkan produksi panen sarang walet menjadi ideal?
3. Bagaimana meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam pengelolaan peternakan walet di Indonesia?
4. Bagaimana mengoptimalkan teknologi pintar dalam peternakan walet untuk mengatasi keterbatasan pengelolaan konvensional?
5. Bagaimana mekanisme integrasi sensor, aktuator, dan sistem pengendali dalam mendukung proses budidaya sarang walet secara *real-time*?
6. Seberapa besar pengaruh penggunaan teknologi peternakan pintar berbasis IoT terhadap efisiensi operasional dan peningkatan hasil produksi sarang walet dibandingkan metode konvensional?

1.3 Tujuan Karya Bidang

1. Mengidentifikasi dan meneliti variabel kondisi peternakan walet yang ideal (suhu, kelembapan, kualitas udara.)
2. Mengidentifikasi faktor penyebab produktivitas rendah dan mengimplementasikan teknik budidaya yang lebih efektif.
3. Mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam dan manusia, mengembangkan sistem manajemen yang lebih efisien, dan meningkatkan keterampilan manajerial peternak.
4. Menggunakan teknologi sensor untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time*, mengadopsi sistem otomatisasi, dan mengembangkan aplikasi *mobile* untuk pengelolaan dan *monitoring*.
5. Membuka akses informasi dan pasar internasional, mengembangkan platform digital untuk pemasaran produk, dan menjalin kerja sama dengan eksportir dan distributor internasional.

1.4. Kegunaan Karya Bidang

Kegunaan dari sistem SMARTLET sangat luas dan memiliki dampak yang signifikan bagi industri budidaya sarang walet, khususnya dalam meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kualitas produk. Dengan mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan aplikasi pintar, sistem SMARTLET memberikan solusi inovatif yang memungkinkan peternak walet untuk melakukan manajemen peternakan secara lebih efektif. Teknologi IoT yang terpasang pada perangkat, seperti sensor suhu, kelembapan, kualitas udara, sistem pemutaran suara dan air

otomatis, memungkinkan pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan kandang secara *real-time*. Semua data tersebut dapat diakses dengan mudah melalui aplikasi *smart phone*, memungkinkan peternak untuk mengelola kandang dengan lebih efisien dan responsif, tanpa perlu melakukan pengawasan manual yang memakan waktu dan tenaga.

Dengan sistem otomatis yang terintegrasi, peternak dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan produktivitas secara signifikan. Selain itu, dengan pemantauan kondisi kandang yang lebih terperinci dan konsisten, sistem SMARTLET membantu memastikan bahwa kondisi lingkungan yang optimal selalu tercapai, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas sarang walet yang dihasilkan. Peningkatan kualitas ini bukan hanya untuk memenuhi standar pasar lokal, tetapi juga untuk memenuhi standar internasional, sehingga membuka peluang bagi peternak untuk menembus pasar ekspor yang lebih luas. Hal ini sangat berpotensi meningkatkan daya saing produk sarang walet Indonesia di pasar global.

Lebih jauh lagi, sistem SMARTLET juga berperan dalam meningkatkan jumlah dan kualitas hasil panen sarang walet yang dihasilkan, sehingga peternak memiliki peluang untuk menjual hasil mereka dalam jumlah yang lebih besar dan dengan harga yang lebih kompetitif. Dengan memaksimalkan produktivitas dan kualitas produk, Sistem SMARTLET membantu peternak untuk meraih keuntungan yang lebih tinggi dan memperluas jangkauan pasar mereka. Hal ini juga menciptakan lapangan pekerjaan baru di sektor ini, mulai dari peternak,

operator teknologi, hingga tenaga ahli yang dapat mendukung implementasi dan pemeliharaan sistem.

Di sisi lain, penerapan sistem SMARTLET juga memberikan kontribusi penting terhadap pencapaian tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya tujuan ke-3 (Kesehatan dan Kesejahteraan) dan ke-8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi). Produk sarang walet yang dihasilkan memiliki nilai gizi yang tinggi dan manfaat kesehatan yang besar, yang dapat membantu meningkatkan kualitas hidup konsumen. Dengan semakin meningkatnya produksi dan akses terhadap produk pangan fungsional ini, sistem SMARTLET berperan dalam memenuhi kebutuhan pangan yang lebih sehat bagi masyarakat, terutama dalam produk yang berguna untuk kesehatan tubuh.

Selain itu, dengan menciptakan peluang usaha dan membuka akses pasar yang lebih luas bagi peternak walet, SMARTLET turut mendukung pertumbuhan ekonomi daerah dan nasional. Peningkatan produktivitas serta penjualan sarang walet yang lebih efisien dapat mempercepat hilirisasi industri walet, yang selanjutnya akan berkontribusi pada penciptaan nilai tambah yang lebih tinggi dalam rantai pasokan industri ini. SMARTLET juga membantu mempercepat modernisasi sektor pertanian dan peternakan, dengan membuka jalan bagi peternakan pintar yang lebih ramah teknologi dan berbasis data.

Secara keseluruhan, kegunaan sistem SMARTLET tidak hanya memberikan manfaat langsung bagi peternak walet, tetapi juga berkontribusi pada pembangunan ekonomi yang lebih inklusif dan berkelanjutan di Indonesia. Dengan mendukung pengelolaan peternakan yang lebih efisien dan produktif,

serta menyediakan akses ke pasar yang lebih luas, sistem SMARTLET membawa industri walet ke era yang lebih maju dan dapat berperan sebagai contoh bagi sektor pertanian lainnya untuk mengadopsi teknologi dalam meningkatkan produktivitas dan daya saing global.

1.4 Manfaat

1.4.1 Manfaat Teoritis

Secara teoritis, ide usaha ini akan memberikan manfaat pada pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang agribisnis dan teknologi peternakan walet melalui penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan aplikasi pintar. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan mengenai teknologi modern yang dapat diterapkan dalam budidaya walet, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya. Selain itu, penelitian ini juga mendorong inovasi dalam pengelolaan peternakan walet, sehingga dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang ini.

1.4.2 Manfaat Manajerial

Penelitian ini memiliki manfaat manajerial yang signifikan bagi peternak walet. Pertama, penelitian ini membantu peternak meningkatkan produktivitas dan efisiensi melalui pengelolaan yang lebih baik, dengan memanfaatkan teknologi sensor dan aplikasi pintar untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time*. Kedua, penelitian ini mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam dan

manusia dalam pengelolaan peternakan walet, sehingga dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan kualitas hasil panen. Ketiga, penelitian ini memungkinkan peternak membuat keputusan yang lebih tepat berdasarkan data *real-time* dari teknologi sensor dan aplikasi, sehingga dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan peternakan walet. Keempat, peternakan pintar ini, menerapkan efisiensi biaya mulai dari pembuatan rumah walet, dibandingkan yang konvensional. Terakhir, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan keuntungan peternak walet dengan mengurangi biaya operasional dan meningkatkan kualitas hasil panen, sehingga dapat memberikan manfaat ekonomi yang signifikan bagi peternak walet dan masyarakat Indonesia secara keseluruhan.

1.5 Landasan Teori

1.5.1 Sarang Burung Walet

Sarang burung walet merupakan produk hewani yang dihasilkan dari air liur burung walet (*Aerodramus fuciphagus*), yang mengeras setelah dikeluarkan dan digunakan untuk membentuk sarang. Sarang ini umumnya menempel pada langit-langit atau dinding gua, dan kini banyak dibudidayakan dalam rumah walet buatan. Produk ini bernilai ekonomi tinggi, terutama di pasar Asia, karena dipercaya memiliki manfaat kesehatan, seperti meningkatkan sistem imun, memperbaiki kulit, hingga meningkatkan vitalitas tubuh (Marcone, 2005).

Habitat buatan untuk burung walet, seperti rumah walet, memerlukan kondisi lingkungan yang serupa dengan gua alami, yaitu suhu sekitar 27–29°C

dan kelembapan 80–90%. Suhu dan kelembapan ini mempengaruhi kenyamanan burung walet dalam membuat sarang. Oleh karena itu, keberhasilan budidaya sarang walet sangat bergantung pada pengelolaan lingkungan yang optimal dan konsisten (Mulyani et al., 2021).

Kendala utama dalam budidaya walet konvensional meliputi fluktuasi suhu dan kelembapan, gangguan hama, hingga kurangnya sistem pengawasan yang efisien (Yuliyanto & Nurhasanah, 2021). Solusi yang ditawarkan melalui pendekatan teknologi adalah penerapan sistem *monitoring* otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT), yang dapat memantau dan mengendalikan lingkungan rumah walet secara *real-time* (Rahman et al., 2020; Prasetyo & Hadi, 2019).

1.5.2 Budidaya Sarang Walet

Budidaya sarang walet telah menjadi bagian penting dari industri peternakan di Indonesia. Sejarah dan perkembangan budidaya ini menunjukkan bagaimana masyarakat lokal telah mengembangkan teknik-teknik tradisional untuk memanen sarang walet yang bernilai tinggi. Jenis-jenis burung walet, seperti *Aerodramus fuciphagus*, memiliki karakteristik unik yang membuat mereka cocok untuk dibudidayakan. Teknik tradisional dalam budidaya sarang walet melibatkan pemanfaatan bangunan khusus yang dirancang untuk meniru habitat alami burung walet (Pratama et al., 2024).

Penelitian oleh Fauzi Hidayat (2022) menunjukkan bahwa strategi pengembangan usaha sarang burung walet di Desa Atap, Kecamatan Sembakung, Kabupaten Nunukan, melibatkan analisis kekuatan, peluang, aspirasi, dan hasil

yang dapat dicapai. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa usaha budidaya sarang burung walet memiliki produksi yang tinggi, kualitas sarang yang baik, serta sumber daya manusia yang berpengalaman. Peluang yang teridentifikasi termasuk lingkungan yang strategis, dukungan pemerintah, dan permintaan pasar global yang terus meningkat.

1.5.3 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi di mana berbagai perangkat fisik terhubung ke internet dan mampu saling bertukar data tanpa intervensi manusia secara langsung. Dalam konteks peternakan, IoT memungkinkan pengumpulan data lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya secara otomatis, serta mengatur perangkat kontrol seperti kipas, lampu, atau *humidifier* (Miorandi et al., 2012).

Penerapan IoT dalam sektor pertanian dan peternakan dikenal dengan istilah *smart farming*. Teknologi ini memungkinkan terciptanya sistem manajemen berbasis data (*data-driven management*), sehingga peternak dapat membuat keputusan yang lebih akurat dan efisien. Sistem ini umumnya terdiri dari sensor, mikrokontroler (seperti Arduino atau ESP32), serta *dashboard* pemantauan berbasis web atau aplikasi *mobile* (Brewster et al., 2017).

Dalam konteks SMARTLET, penerapan IoT dimaksudkan untuk memberikan solusi terhadap permasalahan yang sering terjadi dalam budidaya walet, yaitu ketidaksesuaian lingkungan dan keterbatasan pengawasan manual.

1.5.4 Manajemen Peternakan Pintar

Manajemen peternakan pintar adalah konsep yang mengintegrasikan teknologi modern dengan praktik peternakan tradisional untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam manajemen ini adalah *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian berbagai aspek lingkungan secara *real-time*. Dengan IoT, peternak dapat memantau kondisi secara akurat dan melakukan penyesuaian yang diperlukan secara otomatis tanpa harus melakukan pengawasan secara terus-menerus.

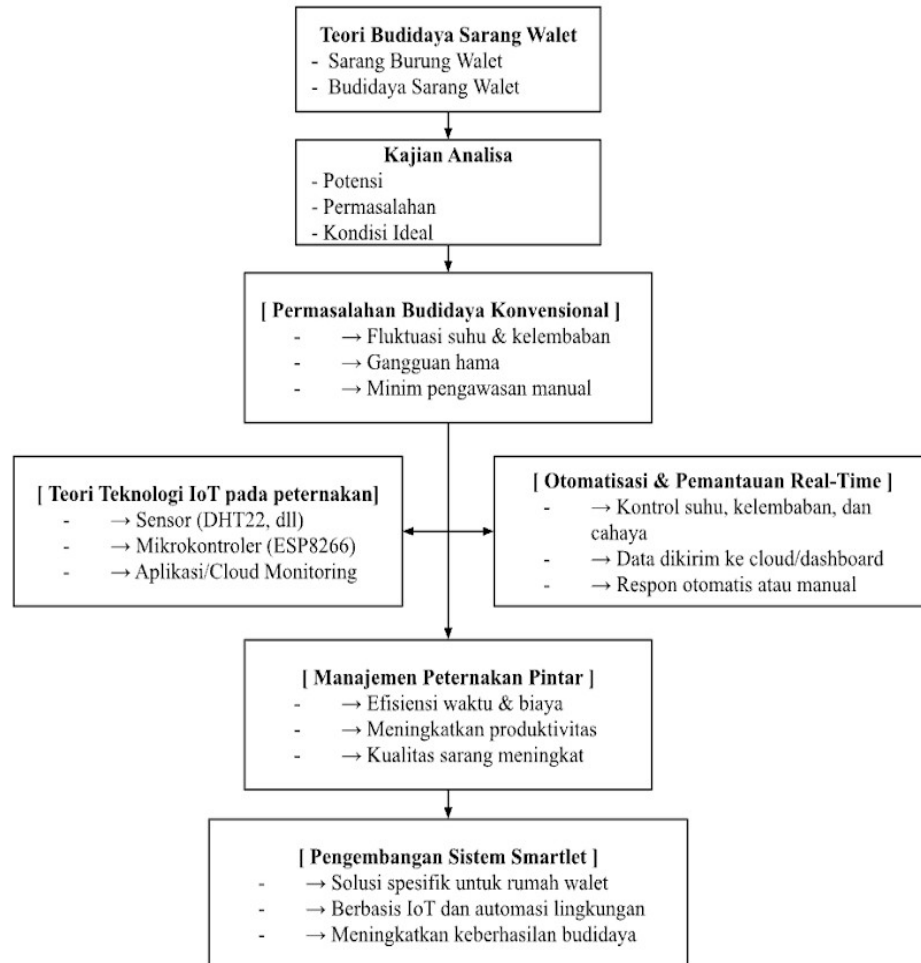
Dalam budidaya sarang burung walet, teknologi IoT memegang peranan penting dalam menjaga kondisi lingkungan yang optimal. Sensor seperti DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan, sedangkan mikrokontroler seperti ESP8266 berfungsi sebagai unit kontrol yang mengatur perangkat seperti kipas, pompa, dan lampu untuk menjaga kestabilan lingkungan di dalam bangunan budidaya. Data yang dikumpulkan oleh sensor kemudian dikirim ke server atau cloud, yang memungkinkan analisis dan tampilan data secara *real-time* melalui antarmuka pengguna, sehingga peternak dapat melakukan pengendalian dengan lebih efisien.

Penelitian oleh Syarifuddin Baco et al. (2016) membuktikan efektivitas penggunaan aplikasi Blynk bersama sensor DHT22 dalam mengontrol suhu dan kelembapan pada sarang walet, yang secara signifikan meningkatkan kualitas produksi. Selain itu, studi oleh Mochamad Lail Viandoko (2023) menunjukkan bahwa sistem kontrol berbasis IoT menggunakan sensor DHT22 dan

mikrokontroler ESP8266 dapat menjaga kualitas sarang walet dengan lebih baik, yang berdampak positif pada nilai ekonomi hasil panen. Kondisi suhu dan kelembapan yang terjaga secara optimal merupakan faktor kunci dalam meningkatkan kualitas sarang burung walet.

Konsep *monitoring* otomatis ini bukan hanya terbatas pada budidaya sarang walet, tetapi juga telah banyak diterapkan pada berbagai jenis peternakan seperti ayam, sapi perah, dan hidroponik (Al-Turjman, 2019). Penerapan sistem IoT dalam peternakan pintar bertujuan untuk meningkatkan efisiensi waktu dan biaya serta meningkatkan produktivitas melalui pengelolaan lingkungan yang tepat dan berkelanjutan. Dengan demikian, manajemen peternakan berbasis IoT memberikan solusi modern yang mampu mengoptimalkan hasil sekaligus memudahkan pengelolaan bagi peternak.

1.6 Kerangka Berpikir



Gambar 1.3 Diagram Alur Berpikir

Budidaya sarang burung walet merupakan salah satu sektor peternakan bernilai ekonomi tinggi, khususnya di kawasan Asia, karena produk ini dipercaya memiliki berbagai manfaat kesehatan. Sarang burung walet, yang terbentuk dari air liur burung *Aerodramus fuciphagus*, membutuhkan lingkungan yang menyerupai habitat alami terutama dalam hal suhu dan kelembapan agar burung

walet merasa nyaman untuk bersarang. Oleh karena itu, keberhasilan budidaya sangat bergantung pada pengelolaan lingkungan yang optimal dan stabil.

Namun, praktik budidaya konvensional masih menghadapi berbagai kendala, seperti fluktuasi suhu dan kelembapan, gangguan hama, serta keterbatasan pengawasan manual. Hal ini menyebabkan kualitas dan kuantitas sarang walet yang dihasilkan seringkali tidak konsisten. Dalam upaya mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan suatu pendekatan baru yang mampu memberikan kontrol lingkungan secara *real-time* dan berkelanjutan.

Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi inovatif untuk menjawab tantangan tersebut. IoT memungkinkan perangkat seperti sensor dan mikrokontroler untuk bekerja secara otomatis dalam memantau dan mengendalikan suhu, kelembapan, serta cahaya dalam rumah walet. Sistem ini mampu mengirim data ke cloud dan menampilkan informasi melalui *dashboard* digital, sehingga peternak dapat melakukan intervensi cepat atau bahkan membiarkan sistem bekerja secara otomatis. Berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas sistem ini dalam meningkatkan kualitas produksi sarang walet dan efisiensi operasional peternakan.

Konsep manajemen peternakan pintar (*smart farming*) yang mengintegrasikan IoT memberikan fondasi kuat bagi pengembangan sistem SMARTLET, yaitu sistem *monitoring* otomatis berbasis IoT untuk peternakan walet. Dengan pendekatan ini, SMARTLET diharapkan mampu memberikan solusi atas masalah ketidaksesuaian lingkungan dan keterbatasan pengawasan

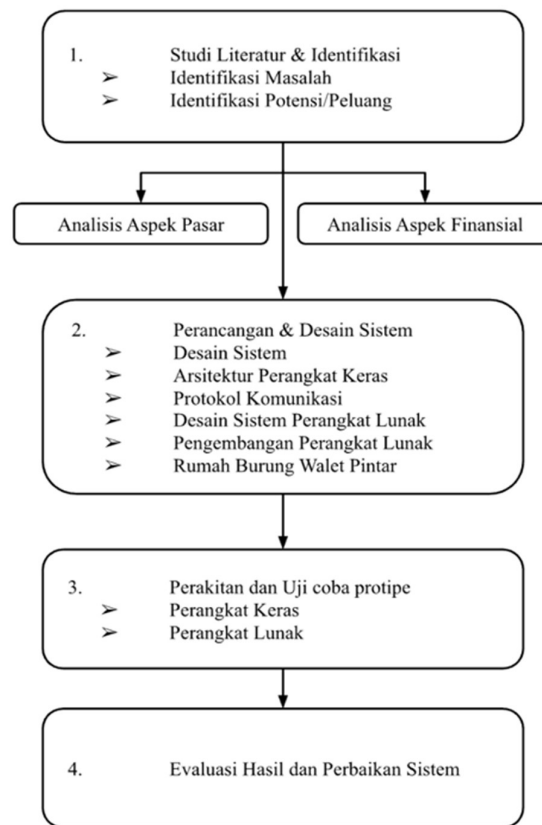
manual, serta meningkatkan produktivitas dan nilai ekonomi budidaya sarang burung walet secara menyeluruh.

1.7 Metode Manajemen Proyek

Dalam pelaksanaan karya bidang ini, penulis menggunakan metode pelaksanaan dengan pendekatan manajemen proyek *Waterfall*. Pendekatan manajemen proyek *Waterfall* merupakan model pengembangan sistem yang bersifat sekuensial dan terstruktur, dimana setiap tahapan dilakukan secara berurutan, dimulai dari analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, hingga pemeliharaan. Model ini cocok diterapkan pada proyek dengan kebutuhan yang telah didefinisikan secara jelas di awal dan perubahan yang relatif minim selama proses pengembangan (Pressman, 2014). Setiap fase dalam pendekatan *Waterfall* harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum beralih ke tahap berikutnya. Pendekatan ini memudahkan pengelolaan proyek karena memiliki alur kerja yang sistematis dan dokumentasi yang lengkap.

1.8 Tahapan Pelaksanaan

Pelaksanaan pengembangan karya bidang SMARTLET dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis yang bertujuan untuk membangun, menguji, dan mengevaluasi sistem *monitoring* otomatis berbasis IoT untuk menciptakan peternakan walet pintar. Berikut adalah diagram alur tahapan pelaksanaan dari sistem SMARTLET:



Gambar 1.4 Diagram Alur Pelaksanaan

1.8.1 Tahap Studi Literatur dan Identifikasi

Pada tahap awal, penulis melakukan studi literatur dan identifikasi permasalahan serta potensi atau peluang dari industri dan budidaya sarang burung walet untuk memperoleh sebuah gambaran menyeluruh terkait kondisi aktual, tantangan yang dihadapi peternak, serta peluang integrasi teknologi modern dalam proses budidaya. Studi ini mencakup penelaahan terhadap jurnal ilmiah, artikel, laporan penelitian, dan sumber-sumber terpercaya lainnya yang membahas aspek

biologis burung walet, teknik budidaya, serta penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sektor peternakan dan pertanian. Melalui proses ini, penulis mengidentifikasi beberapa permasalahan utama dalam budidaya walet, seperti ketidakstabilan suhu dan kelembapan dalam rumah walet, kurangnya sistem pengawasan yang efisien, serta keterbatasan pengetahuan teknologi di kalangan peternak. Di sisi lain, perkembangan teknologi IoT memberikan peluang besar untuk mengatasi masalah-masalah tersebut melalui sistem *monitoring* otomatis yang dapat dikendalikan secara jarak jauh.

Pada tahap ini, diperlukan sebuah analisis pada aspek pasar dan finansial untuk memastikan kelayakan penerapan teknologi dalam industri budidaya sarang burung walet. Analisis pasar dilakukan untuk memahami kebutuhan dan minat pasar terhadap komoditas sarang burung walet (Hidayat, 2022). Sementara itu, analisis finansial bertujuan untuk menghitung estimasi biaya pengembangan sistem, potensi penghematan operasional, serta proyeksi peningkatan produktivitas dan nilai ekonomi hasil panen sarang walet apabila sistem diterapkan secara optimal (Viandoko, 2023; Prasetyo & Hadi, 2019).

1.8.2 Metode Analisis Aspek Pasar

1.8.2.1 Analisis SWOT

Analisis SWOT digunakan untuk mengidentifikasi kekuatan (*Strengths*), kelemahan (*Weaknesses*), peluang (*Opportunities*), dan ancaman (*Threats*) dari penerapan sistem *monitoring* otomatis berbasis IoT dalam peternakan walet. Metode ini membantu dalam merumuskan strategi yang efektif untuk

memanfaatkan keunggulan teknologi dan mengantisipasi hambatan yang mungkin terjadi di lapangan (Kotler & Keller, 2016).

1.8.2.2 Analisis Tren Pasar

Analisis ini dilakukan untuk melihat arah perkembangan industri sarang burung walet, baik dari segi permintaan global, pola konsumsi, hingga adopsi teknologi di sektor pertanian dan peternakan. Pemahaman terhadap tren pasar membantu dalam menyesuaikan inovasi SMARTLET dengan kebutuhan dan dinamika industri saat ini dan mendatang (Fauzi, 2022).

1.8.2.3 Analisis Segmentasi Pasar

Segmentasi pasar dilakukan untuk mengelompokkan calon pengguna berdasarkan karakteristik tertentu seperti skala usaha (peternak kecil, menengah, besar), tingkat pemahaman teknologi, serta lokasi geografis. Tujuan dari segmentasi ini adalah untuk menentukan target pasar yang paling potensial dan strategi pemasaran yang tepat sasaran (Armstrong et al., 2020).

Dalam upaya meningkatkan efektivitas strategi pemasaran dan penetrasi pasar, karya bidang "SMARTLET: Budidaya Sarang Burung Walet dengan Manajemen Peternakan Pintar Berbasis IoT" menggunakan pendekatan STP (Segmenting, Targeting, dan Positioning). Pendekatan ini merupakan kerangka strategis yang digunakan dalam pemasaran modern untuk mengidentifikasi pasar potensial, memilih target yang paling sesuai, serta membentuk citra produk yang kuat di benak konsumen (Kotler & Keller, 2016).

Analisis STP (Segmenting, Targeting, Positioning) merupakan salah satu kerangka kerja strategis dalam pemasaran modern yang digunakan untuk merancang strategi komunikasi dan pengembangan produk yang efektif (Kotler & Keller, 2016). Analisis ini terdiri dari tiga tahap utama: segmentasi pasar (segmentation), penentuan target pasar (targeting), dan penetapan posisi produk (positioning).

Segmentasi pasar adalah proses membagi pasar menjadi kelompok-kelompok konsumen yang memiliki karakteristik, kebutuhan, atau perilaku yang serupa. Segmentasi dapat dilakukan berdasarkan berbagai variabel seperti geografis, demografis, psikografis, perilaku, dan teknografis (Armstrong et al., 2020). Tujuan segmentasi adalah untuk memahami variasi dalam kebutuhan konsumen sehingga perusahaan dapat menyesuaikan penawarannya secara lebih spesifik.

Setelah pasar disegmentasi, tahap berikutnya adalah targeting, yaitu memilih satu atau lebih segmen pasar yang paling potensial untuk dilayani. Strategi targeting dapat berupa *undifferentiated marketing* (menyasar semua segmen dengan pendekatan yang sama), *differentiated marketing* (menyesuaikan produk untuk setiap segmen), atau *concentrated marketing* (fokus pada satu segmen tertentu) (Kotler & Armstrong, 2017).

Tahap terakhir adalah positioning, yaitu proses membentuk persepsi yang diinginkan di benak konsumen mengenai produk atau layanan yang ditawarkan. Positioning bertujuan menekankan keunggulan kompetitif produk dibandingkan pesaing serta menyesuaikan dengan kebutuhan dan ekspektasi segmen target.

Proses ini biasanya melibatkan pernyataan nilai (*value proposition*), diferensiasi produk, dan penyesuaian pesan komunikasi pemasaran (Ries & Trout, 2001).

Dengan menerapkan metode STP secara tepat, sebuah bisnis dapat mengalokasikan sumber daya secara efisien, menciptakan proposisi nilai yang kuat, dan meningkatkan keunggulan kompetitif di pasar yang dinamis dan tersegmentasi.

1.8.2.4 Analisis Ukuran Pasar

Analisis ukuran pasar dilakukan dengan pendekatan TAM (*Total Addressable Market*), SAM (*Serviceable Available Market*), dan SOM (*Serviceable Obtainable Market*). TAM menunjukkan potensi pasar maksimum secara nasional atau global untuk sarang burung walet dan sistem pendukungnya. SAM menunjukkan bagian pasar yang dapat dilayani berdasarkan ketersediaan sumber daya dan teknologi. SOM menunjukkan pangsa pasar realistis yang dapat dicapai oleh SMARTLET dalam jangka pendek hingga menengah. Pendekatan ini penting untuk menilai skala peluang pasar dan membuat proyeksi bisnis yang realistis (Maurya, 2012; Ries, 2011).

1.8.2.5 Analisis Kompetitor

Analisis kompetitor bertujuan untuk memetakan kehadiran solusi serupa di pasar dan mengidentifikasi keunggulan kompetitif produk hasil sistem SMARTLET dibandingkan dengan produk lain, terutama dari segi fitur, harga, dan kemudahan penggunaan (Porter, 1985; Osterwalder & Pigneur, 2010).

1.8.3 Metode Analisis Aspek Finansial

1.8.3.1 Analisis Proyeksi Arus Kas

Proyeksi arus kas digunakan untuk menggambarkan estimasi aliran dana masuk dan keluar selama periode implementasi sistem. Hal ini penting untuk mengukur likuiditas proyek serta mendukung perhitungan nilai finansial lainnya seperti NPV (*Net Present Value*) dan ROI (*Return on Investment*) (Damodaran, 2012).

1.8.3.2 Analisis BEP (Break Even Point)

$$\text{- BEP (unit)} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{Harga Jual/unit} - \text{Biaya Variabel/unit}}$$

$$\text{- BEP (rupiah)} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{1 - \text{Biaya Variabel/Harga Jual/unit}}$$

Break Even Point dihitung untuk mengetahui kapan hasil sistem SMARTLET mulai memberikan keuntungan, yaitu pada titik di mana total pendapatan sama dengan total biaya. Analisis ini penting bagi peternak untuk mengetahui waktu pengembalian modal awal (Gittinger, 1982).

1.8.3.3 Analisis ROI (Return on Investment)'

$$ROI = \frac{(\text{Total Pendapatan Investasi} - \text{Biaya})}{\text{Biaya Investasi}} \times 100\%$$

ROI digunakan untuk mengukur tingkat pengembalian atas investasi yang telah dikeluarkan dalam pengembangan dan implementasi sistem. ROI dihitung dengan membandingkan keuntungan bersih yang diperoleh dengan total investasi awal. Semakin tinggi nilai ROI, semakin layak proyek untuk dijalankan (Gitman & Zutter, 2015).

1.8.3.4 Analisis NPV (Net Present Value)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{Rt}{(1+i)^t}$$

NPV digunakan untuk menghitung nilai sekarang dari seluruh arus kas masa depan proyek. Analisis ini mempertimbangkan faktor waktu dan tingkat diskonto, sehingga dapat memberikan gambaran apakah proyek akan menghasilkan nilai tambah dalam jangka panjang (Brealey, Myers, & Allen, 2019).

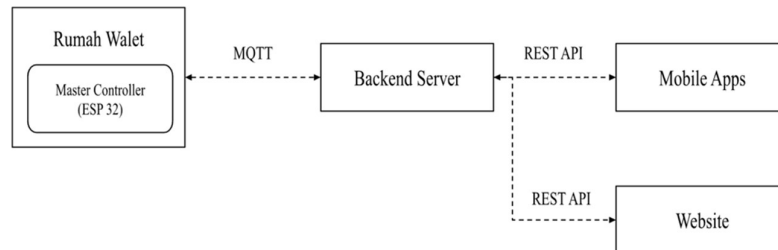
1.8.3.5 Analisis PP (Payback Period)

$$\text{payback period} = \frac{\text{initial investment}}{\text{annual cash flow}}$$

Metode ini menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menutup biaya awal investasi dengan arus kas bersih tahunan. Analisis ini memberikan informasi tentang risiko likuiditas proyek, terutama bagi peternak kecil yang mempertimbangkan jangka waktu pengembalian modal (Ross, Westerfield, & Jordan, 2018).

1.8.4 Tahap Perancangan dan Desain Sistem

1.8.4.1 Desain Sistem

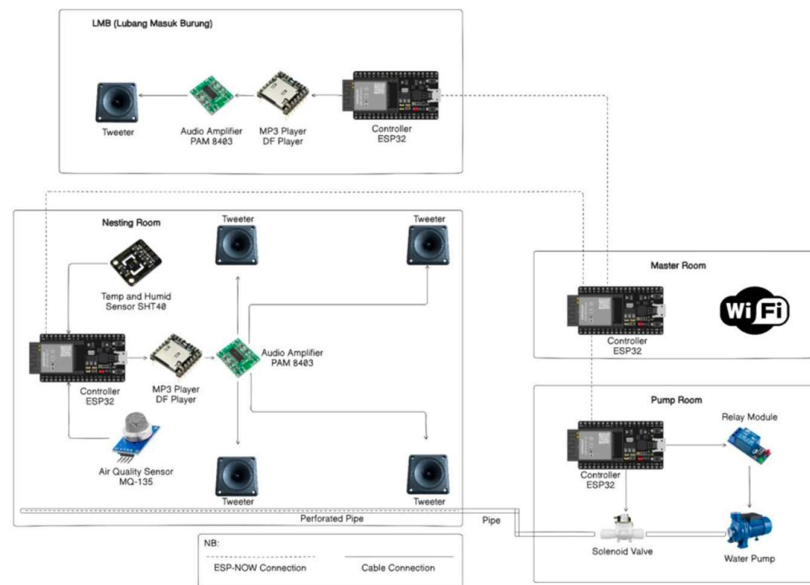


Gambar 1.5 Desain Sistem IoT Rumah Burung Walet

Sistem ini dirancang untuk mengintegrasikan komponen utama dalam rumah walet, termasuk sensor, aktuator, dan master *controller* berbasis ESP32, guna menciptakan lingkungan optimal bagi burung walet. Master *controller* memproses data dari sensor seperti suhu, kelembapan, dan kualitas udara, lalu mengirimkannya ke backend server melalui protokol MQTT. Backend berfungsi sebagai penghubung antara rumah walet dan pengguna, menyediakan REST API untuk memantau kondisi secara *real-time*, menerima notifikasi, dan mengirim perintah untuk otomasi.

Arsitektur sistem menggunakan ESP-NOW untuk komunikasi antar *controller* ESP32 yang memerlukan latensi rendah, sementara MQTT menjamin transfer data yang ringan dan aman ke backend. REST API memungkinkan pengguna mengakses sistem dari berbagai platform melalui internet. Dengan integrasi *monitoring* dan otomasi ini, pengguna dapat mengontrol dan menganalisis data dengan mudah, menciptakan solusi tangguh dan responsif untuk kebutuhan operasional rumah walet.

1.8.4.2 Arsitektur Perangkat Keras



Gambar 1.6 Skema Arsitektur Perangkat Keras

Sistem rumah walet ini menggunakan ESP32 di berbagai ruangan untuk mendukung otomatisasi dan pengendalian lingkungan. Di *Nesting Room*, ESP32 terhubung dengan sensor suhu dan kelembapan SHT40 serta sensor kualitas udara MQ-135 untuk memantau kondisi. Jika SHT40 mendeteksi kelembapan yang kurang atau suhu berlebih, data akan dikirim ke master *controller* di *Master Room*, yang kemudian memerintahkan *controller* di *Pump Room* untuk menyalakan pompa air dan membuka katup solenoid guna meningkatkan kelembapan. Suara pemanggil burung dimainkan menggunakan DFPlayer Mini, amplifier PAM8403, dan tweeter, yang dirancang untuk meningkatkan jumlah burung bersarang.

Selain itu, jika MQ-135 mendeteksi kadar amonia yang berlebih, informasi akan dikirim ke Master *Controller*, yang selanjutnya mengirimkan data ke backend server untuk notifikasi kepada petani. Komunikasi antar ESP32 menggunakan protokol ESP-NOW yang hemat daya dan latensi rendah. Master *Controller* juga mengelola pengiriman data ke backend server melalui WiFi. Backend server menyediakan antarmuka mobile atau website untuk pemantauan dan pengendalian *real-time*, menjadikan sistem ini efisien dan mendukung produktivitas rumah walet secara berkelanjutan.

1.8.4.3 Protokol Komunikasi

Sistem ini menggunakan protokol komunikasi seperti ESP-NOW, kabel fisik, MQTT Pub/Sub, dan REST API untuk memastikan efisiensi dan fleksibilitas. ESP-NOW digunakan untuk komunikasi antar *controller* ESP32 dengan keunggulan konsumsi daya rendah dan latensi rendah, meskipun jarak jangkauannya terbatas. Kabel fisik menghubungkan sensor dan aktuator ke pengendali, serta menyuplai daya, memastikan stabilitas koneksi dan akurasi data yang penting bagi operasi sensor dan perangkat seperti pompa air.

Data dari master *controller* dikirimkan ke backend server menggunakan MQTT, yang ringan, andal, dan skalabel, memungkinkan sistem berkembang tanpa mengorbankan performa. Pengguna berinteraksi melalui REST API, yang memungkinkan *monitoring* dan pengendalian sistem secara *real-time* dari aplikasi *mobile* atau website. Kombinasi protokol ini mendukung operasi rumah walet

yang andal dan responsif, memastikan lingkungan tetap optimal dan mudah dikelola.

1.8.4.4 Desain Sistem Perangkat Lunak

Sistem ini mencakup perancangan arsitektur perangkat lunak yang terintegrasi, mencakup alur kerja sistem secara keseluruhan dan desain antarmuka pengguna yang intuitif. Arsitektur perangkat lunak dirancang untuk mendukung komunikasi antara perangkat IoT, server, dan aplikasi pengguna dengan pendekatan berbasis cloud. Sistem ini dirancang agar mampu mengelola data lingkungan secara *real-time*, menyimpan data historis, dan memungkinkan pengguna mengakses informasi melalui website. Sistem ini melibatkan pembuatan arsitektur perangkat lunak, termasuk alur kerja dan antarmuka pengguna. Komponen utama desain adalah:

1. Arsitektur Sistem

Menggunakan arsitektur berbasis cloud untuk menyimpan dan menganalisis data. Kemudian Komponen backend mengelola komunikasi dengan perangkat IoT dan Frontend berupa website untuk pengguna.

2. Desain Antarmuka Pengguna (UI/UX)

Menyediakan *dashboard* yang menampilkan data *real-time* (suhu, kelembapan, dll.). Selain itu, terdapat fitur kontrol manual untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat dan notifikasi berbasis peringatan jika kondisi lingkungan tidak ideal.

3. Database

Sistem basis data berbasis cloud (misalnya Firebase atau AWS IoT Core) untuk menyimpan data historis dan konfigurasi perangkat.

1.8.4.5 Pengembangan Perangkat Lunak

Proses pengembangan perangkat lunak mencakup serangkaian langkah teknis yang bertujuan untuk merealisasikan desain menjadi sistem yang berfungsi penuh. Tahap ini melibatkan pemrograman komponen utama perangkat lunak, integrasi antar bagian, dan pengujian fungsionalitas secara berkelanjutan. Pengembangan backend bertanggung jawab untuk membangun logika sistem yang mengelola komunikasi antara perangkat IoT, *server*, dan aplikasi. Proses ini mencakup pembuatan API yang memungkinkan transfer data secara efisien dan aman. Sementara itu, pengembangan *frontend* difokuskan pada pembuatan antarmuka pengguna yang responsif dan mudah digunakan, memungkinkan pengguna untuk memantau data secara *real-time*, mengontrol perangkat, dan menerima notifikasi secara langsung.

Proses pengembangan perangkat lunak melibatkan pemrograman dan pengintegrasian semua komponen sistem. Langkah ini mencakup:

1. Pengembangan *Backend*

Dibangun menggunakan framework seperti Node.js atau *real-time* Database untuk mengelola komunikasi antara sensor IoT dan aplikasi dan

RESTful API yang digunakan untuk memfasilitasi transfer data antara perangkat IoT, *server*, dan aplikasi.

2. Pengembangan Frontend

Aplikasi berbasis web dibangun menggunakan framework seperti *React* untuk mendukung platform Android dan iOS. Selain itu, menampilkan data *real-time* dari sensor dan memberikan kontrol interaktif kepada pengguna.

3. Integrasi IoT

Penggunaan protokol komunikasi seperti MQTT untuk memastikan koneksi stabil antara perangkat IoT dan *server*.

1.8.4.6 Metode Desain Rumah Burung Walet

Desain fisik rumah walet dirancang untuk mendukung implementasi sistem *monitoring* otomatis tanpa mengganggu kenyamanan burung walet. Tata letak rumah mencakup ruang gelap utama, ruang buffer untuk suhu stabil, serta ventilasi udara terkontrol. Penempatan sensor dilakukan secara strategis di berbagai titik untuk memperoleh representasi lingkungan yang menyeluruh (Harahap & Surbakti, 2022).

Struktur rumah memanfaatkan bahan bangunan tahan lembab dan memiliki insulasi termal agar suhu dalam ruangan lebih stabil. Penerapan sistem SMARTLET memungkinkan kontrol otomatis terhadap ventilasi, kelembapan, serta suara panggil burung walet yang dikendalikan melalui sistem pemutar audio otomatis berbasis timer dan sensor gerak (Anshari et al., 2023). Dengan desain

ini, produktivitas dan kenyamanan burung walet dapat ditingkatkan secara signifikan.

1.8.5 Tahap Perakitan dan Uji Coba Prototipe

Pada tahap ini, perakitan prototipe SMARTLET dimulai dengan menggabungkan seluruh komponen perangkat keras yang telah dirancang sebelumnya. Perakitan dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan koneksi antar komponen berjalan baik dan sistem dapat menyuplai daya secara stabil. Seluruh komponen diuji secara individual untuk memastikan bahwa tidak terdapat malfungsi sebelum digabungkan menjadi satu sistem utuh (Rizki et al., 2022).

Setelah sistem terpasang, dilakukan uji coba secara menyeluruh dalam lingkungan simulasi rumah burung walet guna mengevaluasi kinerja sensor, respons aktuator, dan konektivitas data ke Firebase *real-time Database*. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat membaca kondisi lingkungan secara akurat dan mengaktifkan respons otomatis sesuai skenario. Uji coba juga mencakup verifikasi terhadap kestabilan koneksi dan keterandalan data yang dikirimkan ke antarmuka pengguna berbasis web atau mobile (Wijaya, 2020; Anshari et al., 2023).

1.8.6 Tahap Evaluasi Hasil dan Perbaikan Sistem

Evaluasi sistem dilakukan dengan membandingkan hasil uji coba terhadap standar parameter lingkungan ideal untuk burung walet, seperti suhu 27–29°C dan kelembapan 80–90%. Selain evaluasi teknis terhadap akurasi sensor dan efisiensi

kontrol otomatis, dilakukan juga penilaian terhadap antarmuka pengguna oleh calon pengguna untuk melihat apakah sistem mudah dipahami dan digunakan dalam operasional sehari-hari (Harahap & Surbakti, 2022; Santoso & Putri, 2021).

Masukan dari proses evaluasi digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan sistem, baik pada sisi perangkat keras (misalnya penyesuaian penempatan sensor atau perlindungan tambahan terhadap kelembapan) maupun perangkat lunak (seperti peningkatan UI/UX dan pengaturan logika kontrol). Tahap ini penting untuk memastikan sistem SMARTLET siap diterapkan di lapangan dengan kinerja optimal, efisiensi tinggi, dan kemudahan penggunaan yang sesuai dengan kebutuhan peternak (Kurniawan, 2021; Maurya, 2012).

1.9 Jadwal Pelaksanaan

Pelaksanaan proyek ini direncanakan selama [jumlah minggu/bulan], dengan pembagian

Tabel 1.7 Jadwal Pelaksanaan

Tahapan Kegiatan	Bulan Ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
Studi Literatur & Identifikasi							
Perancangan dan Desain Sistem							
Perakitan dan Uji Coba Prototipe							
Evaluasi Hasil dan Perbaikan Sistem							