

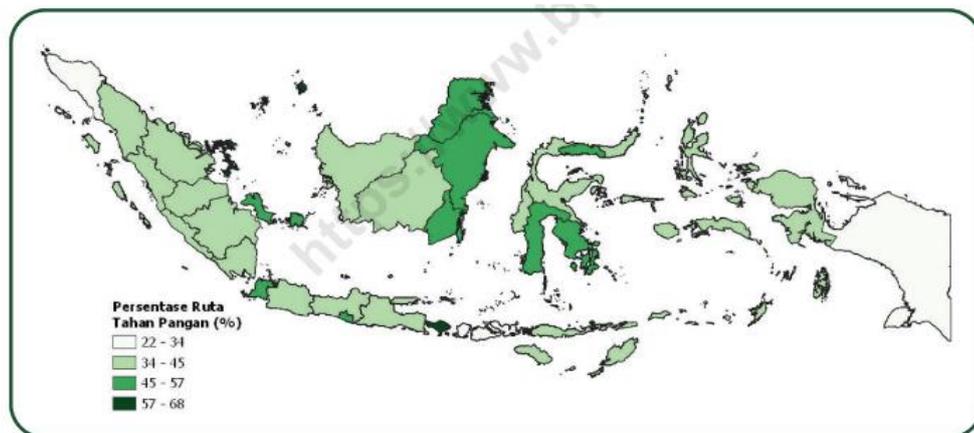
BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

1.1.1 Latar Belakang Masalah

Pada tahun 2023, isu krisis pangan global menjadi perhatian serius bagi komunitas internasional. *World Food Programme* (WFP) memperkirakan bahwa lebih dari 333 juta orang mengalami tingkat kerawanan pangan yang akut pada tahun 2023 [1]. Salah satu negara yang masih memiliki persoalan pada Ketahanan Pangan Nasional adalah Indonesia. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) mengenai Peluang dan Tantangan Menuju Ketahanan Pangan Nasional 2023, hingga akhir tahun 2022 kondisi ketahanan pangan antar provinsi di Indonesia masih belum merata. Persentase rumah tangga tahan pangan pada setiap daerah digambarkan dalam bentuk peta persebaran dalam lingkup provinsi pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Peta Persebaran Kondisi Ketahanan Pangan Rumah Tangga Menurut Provinsi, 2022

Terlihat pada Gambar 1.1, perbedaan warna pada peta menunjukkan perbedaan persentase rumah tangga tahan pangan. Bali merupakan provinsi dengan persentase rumah tangga tahan pangan tertinggi (67,98%), sedangkan provinsi Aceh dan Papua memiliki ketahanan pangan terendah dibandingkan provinsi lainnya. Aceh memiliki rumah tangga tahan pangan hanya sebesar 31 persen, sementara di Papua hanya sebesar 22,3% [2].

Rendahnya ketahanan pangan di Indonesia disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, sehingga kebutuhan akan pangan juga semakin tinggi. Namun, ketersediaan bahan pangan di Indonesia mengalami keterbatasan dan penurunan. Sektor

pertanian bayam menjadi salah satu contoh yang menarik perhatian. Produksi tanaman bayam di Indonesia mengalami penurunan, sementara permintaan bayam untuk konsumsi semakin bertambah. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), produksi bayam di tahun 2022 mencapai 170.821 ton, mengalami penurunan sekitar 0,5% dari tahun sebelumnya, yaitu 171.706 ton pada 2021 [3].

Bayam merah adalah salah satu varietas bayam yang populer di Indonesia. Kaya akan gizi, bayam merah merupakan sumber protein, vitamin A, B, dan C, serta mengandung garam mineral seperti kalsium, fosfor, dan zat besi [4]. Tanaman bayam merah dapat tumbuh di daerah tropis dan subtropis, dengan ketinggian 5-2000 meter di atas permukaan laut (mdpl). Tanah yang cocok untuk bayam merah adalah yang gembur dan memiliki derajat keasaman (pH) antara 6 hingga 7 [5]. Waktu ideal untuk memanen bayam merah adalah ketika tanaman berumur 20-25 hari setelah tanam [6]. Dengan manfaat gizinya yang melimpah, bayam merah dapat menjadi pilihan yang baik untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tubuh manusia.

Bayam merah adalah tumbuhan yang sangat tahan terhadap perubahan iklim, termasuk fluktuasi suhu dan kelembaban. Kondisi iklim yang ideal untuk pertumbuhan bayam merah adalah pada suhu sekitar 17-28 derajat *Celcius* dengan kelembaban udara sekitar 50-60% [7]. Namun, perubahan iklim global dan perubahan pola cuaca saat ini menyebabkan penurunan ketersediaan air di bumi karena penguapan yang lebih cepat. Hal ini dapat mempengaruhi keseimbangan nilai pH dan kelembaban tanah, yang pada gilirannya berdampak pada pertumbuhan bayam merah. Jika nilai pH tanah terlalu rendah atau tinggi, bayam merah dapat mengalami gangguan pertumbuhan atau klorosis. Oleh karena itu, sistem pertanian yang efektif dan adaptif terhadap perubahan iklim sangat penting untuk memastikan kecukupan pasokan pangan dan mengurangi risiko kerawanan pangan.

Sistem pertanian yang efektif dalam pertanian memegang peranan penting dalam mencapai *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya poin kedua yang bertujuan untuk mengakhiri kelaparan dan memastikan akses terhadap pangan yang cukup dan bergizi bagi semua orang. Sistem pertanian yang efektif juga memainkan peran kunci dalam mengelola penggunaan air di lahan pertanian, yang merupakan salah satu aspek terpenting dalam produksi pangan yang berkelanjutan. Dengan sistem irigasi yang dirancang dengan baik, penggunaan air dapat dioptimalkan untuk memenuhi kebutuhan spesifik setiap jenis tanaman, menghindari pemborosan dan memastikan bahwa setiap tetes air digunakan secara efisien. Hal ini tidak hanya menghemat sumber daya air yang berharga, tetapi juga meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen, memperkuat ketahanan pangan, dan mendukung ekosistem pertanian

yang sehat. Penerapan teknologi irigasi canggih dan metode pengelolaan air yang inovatif adalah langkah penting menuju pertanian yang lebih lestari dan produktif.

Dalam Tugas Akhir ini, penulis berfokus pada pengembangan alat *Smart Drip Irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan *Artificial Intelligence* (AI) yang nantinya menjadi *Artificial Intelligence of Things* (AIoT) sebagai solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air bagi pertanian bayam merah. AI berperan dalam memprediksi suhu untuk hari berikutnya, sehingga sistem dapat memprediksi debit air yang dibutuhkan untuk mempertahankan kelembaban tertentu. *Internet of Things* (IoT) berperan dalam membangun dan mengontrol sistem irigasi otomatis pertanian bayam merah yang efisien. Secara praktis, kombinasi AI dan IoT memungkinkan perangkat yang terhubung untuk menganalisis data yang mereka kumpulkan dan kemudian menindaklanjuti data tersebut tanpa campur tangan manusia [8]. Kedua teknologi tersebut akan diintegrasikan dengan *mobile application* dalam proses monitoring sistem.

Sistem *Smart Drip Irrigation* dirancang untuk mengatur distribusi air secara otomatis berdasarkan kebutuhan spesifik tanaman bayam merah, memastikan bahwa setiap tetes air dimanfaatkan dengan maksimal. Keuntungan dari *Drip Irrigation* adalah tidak terjadi kehilangan hara dari pupuk, efisiensi distribusi air tinggi, tidak memerlukan perataan lahan, penyiraman yang terfokus pada akar, meminimalisir terjadinya erosi, biaya tenaga kerja yang rendah, suplai air dapat diatur dengan baik dan pemupukan dapat dilakukan bersamaan dengan irigasi. Sistem *Smart Drip Irrigation* yang dirancang dan dikelola dengan baik mempunyai efisiensi (90 - 95) %, hanya (5 - 10) % air yang hilang atau tidak diserap oleh tanaman serta air yang disiram hanya di daerah perakaran dari tanaman [9]. Inisiatif ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mencapai ketahanan pangan yang berkelanjutan di Indonesia.

1.1.2 Analisa Masalah

Ketahanan pangan yang rendah di Indonesia disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, sehingga kebutuhan akan pangan juga semakin tinggi. Namun, ketersediaan bahan pangan di Indonesia mengalami keterbatasan dan penurunan. Sektor pertanian bayam menjadi salah satu contoh yang menarik perhatian. Bayam merah adalah salah satu tanaman yang memiliki kandungan gizi yang baik untuk tubuh manusia, termasuk sebagai sumber protein, Vitamin A, B, C, dan lainnya. Akan tetapi, jika tanaman bayam merah tidak

dibudidayakan dengan baik, maka kandungan gizi yang ada pada bayam merah akan berkurang.

Untuk memastikan tanaman bayam merah memiliki gizi yang optimal, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan. Pertama, tinggi ideal tanaman bayam merah sekitar 20 cm pada usia 25-30 hari setelah masa tanam. Selanjutnya, tanaman ini tumbuh optimal pada suhu sekitar 17-28 derajat *Celcius* dengan kelembaban antara 50-60% dan nilai pH tanah sekitar 6-7. Selain itu, hasil penelitian tentang kemiringan talang yang digunakan juga berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman bayam merah. Ideal kemiringan talang untuk mencapai berat kering dan basah yang optimal yaitu 3% dari 90 derajat [10]. Namun, untuk mencapai hasil yang optimal, pendekatan konvensional saja tidak cukup. Oleh karena itu, teknologi seperti *Smart Drip Irrigation* berbasis IoT yang terintegrasi dengan AI dapat menjadi solusi yang efektif.

Sistem *Smart Drip Irrigation* merupakan sistem yang dapat mengukur suhu dan kelembaban tanah pada pertanian bayam merah. Sistem ini dilengkapi dengan AI yang membantu untuk mengintegrasikan data suhu di *Greenhouse Telkom University*. Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kelembaban tanah pada pertanian bayam merah. Semakin tinggi suhu di *Greenhouse*, maka akan semakin cepat terjadinya penguapan dan mengurangi kelembaban tanah. Selain itu, sistem ini memungkinkan penggunaan air yang lebih efisien, tidak hanya menghemat sumber daya, tetapi juga mendukung pertanian yang berkelanjutan.

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah ada, untuk mencapai efektivitas maksimal, peningkatan akurasi dalam pengukuran suhu dan kelembaban tanah sangat penting [11]. Sistem yang digunakan melibatkan pengukuran terhadap nilai kelembaban tanah dan suhu di *Greenhouse*. Namun, terdapat beberapa kekurangan dari sistem sebelumnya yang dapat dilihat pada Tabel 1.1. Berdasarkan tabel di atas, dibutuhkan pengembangan sistem yang lebih akurat dan presisi dalam pengukuran kelembaban tanah dan suhu sekitar untuk mendapatkan pertumbuhan bayam merah yang maksimal.

Tabel 1.1 Perbandingan dengan penelitian terdahulu

Penelitian Sebelumnya	Pengembangan yang akan dilakukan
Pengukuran menggunakan tiga parameter dalam pengaturan distribusi air yaitu kering, lembab, dan basah.	Peningkatan pengukuran dengan memperbanyak parameter pengukuran guna mendapatkan akurasi yang lebih tinggi.
Tingkat error pada pengukuran kelembaban tanah menggunakan sensor <i>Soil Moisture</i> masih sangat tinggi.	Peningkatan konfigurasi terhadap sensor guna menurunkan tingkat <i>error</i> sistem.
Terdapat data yang <i>error</i> pada saat pengujian sub-sistem <i>Fuzzy Logic</i> dan AI.	Peningkatan akurasi data pengujian dengan menggunakan algoritma AI yang lain.
Sistem kontrol masih menggunakan <i>website</i> dengan <i>localhost</i> , sehingga terbatas digunakan di satu tempat saja.	Menggunakan <i>mobile application</i> guna memudahkan dalam tampilan kontrol dan dapat digunakan dimana saja.

Sumber: Perancangan dan Realisasi *Prototype Smart Drip Irrigation* Berbasis AIoT pada *Greenhouse Telkom University, 2023*

Teknologi *Smart Drip Irrigation* akan memastikan bahwa tanaman menerima jumlah air yang optimal sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka. Hal ini dapat meningkatkan produktivitas pertanian dan membantu mengatasi kerawanan pangan yang disebabkan oleh perubahan iklim. Pengembangan lebih lanjut dalam teknologi ini dapat membawa kita lebih dekat ke pencapaian ketahanan pangan yang berkelanjutan dan efisien. Selain itu, terdapat aspek lain yang perlu diperhatikan, seperti aspek ekonomi, manufaktur, dan kesehatan.

1.1.2.1 Aspek Ekonomi

Dari perspektif ekonomi, modernisasi pertanian melalui integrasi teknologi terkini seperti *smart drip irrigation* memberikan efisiensi yang signifikan dalam proses bertani. Teknologi ini memastikan bahwa tanaman menerima nutrisi yang tepat, dengan mengatur suhu dan kelembaban tanah sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka. Hasilnya, panen yang dihasilkan

tidak hanya lebih berkualitas tetapi juga bernilai gizi lebih tinggi, yang berpotensi meningkatkan nilai jual di pasar. Ini membuka peluang ekonomi yang lebih besar bagi petani, memperkuat ketahanan pangan, dan mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

1.1.2.2 Aspek Manufakturabilitas

Dalam konteks manufaktur, teknologi yang diterapkan pada sistem irigasi otomatis ini melibatkan penggunaan berbagai komponen yang tersedia secara luas di pasaran, termasuk sensor yang mudah didapat. Komponen tambahan seperti mikrokontroler dan Arduino juga memiliki kualitas yang memadai, yang memungkinkan pengembangan lebih lanjut dan penggunaan jangka panjang. Ketersediaan dan kualitas komponen ini mendukung inovasi berkelanjutan dan memastikan bahwa sistem irigasi otomatis dapat diadaptasi dan ditingkatkan seiring waktu untuk memenuhi kebutuhan pertanian yang terus berkembang.

1.1.2.3 Aspek Kesehatan

Dalam aspek kesehatan, penerapan teknologi pertanian yang maju sangat penting untuk menghasilkan produk pertanian berkualitas tinggi dengan nilai gizi yang lebih baik. Hal ini sangat berdampak pada upaya mengatasi masalah *stunting* di Indonesia, yang merupakan kondisi di mana anak-anak mengalami gangguan pertumbuhan karena kekurangan gizi kronis. Melalui penggunaan teknologi seperti sistem irigasi pintar, pemantauan nutrisi tanah yang akurat, dan penggunaan varietas tanaman yang telah diperbaiki secara genetik, petani dapat meningkatkan kualitas hasil panen mereka. Hasil panen yang lebih berkualitas ini tidak hanya memperkaya asupan gizi masyarakat tetapi juga membantu dalam memerangi *stunting*, yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas hidup dan kesehatan generasi mendatang di Indonesia.

1.2 Analisis Solusi yang Ada

Sistem pertanian otomatis yang efisien merupakan suatu hal yang sangat diperlukan oleh para petani di Indonesia. Dengan adanya sistem pertanian yang akurat diharapkan para petani dapat mengurangi angka gagal panen yang menyebabkan terjadinya rawan pangan. Faktor-faktor seperti perubahan iklim dan kondisi tanah yang tidak optimal merupakan tantangan yang harus diatasi. Terdapat beberapa metode pertanian yang dilakukan oleh para petani saat ini diantaranya:

1. Menggunakan Metode Konvensional.

Petani memperkirakan suhu dan kelembaban tanah secara manual, yang kemudian diikuti dengan penyesuaian irigasi yang juga dilakukan secara manual. Metode ini memerlukan banyak tenaga kerja dan memiliki potensi kesalahan yang tinggi.

2. Menggunakan Metode Konvensional Modern.

Pengukuran suhu dan kelembaban tanah dilakukan dengan alat, namun pemberian irigasi masih bergantung pada interpretasi manual dari hasil pengukuran tersebut. Ini memberikan akurasi yang sedikit lebih baik, tetapi masih jauh dari optimal.

3. Menggunakan Metode Otomatis.

Petani menggunakan sistem terintegrasi dengan IoT untuk membaca suhu dan kelembaban tanah, dengan irigasi yang disesuaikan secara otomatis berdasarkan data tersebut. Meskipun ini adalah langkah maju, teknologi yang ada saat ini masih memiliki keterbatasan dalam akurasi.

Solusi yang diusulkan adalah pengembangan sistem pertanian otomatis yang lebih canggih, yang akan diintegrasikan ke dalam aplikasi *mobile*. Aplikasi ini akan memungkinkan petani untuk memantau kondisi tanah dan mengatur sistem irigasi otomatis secara manual jika diperlukan, sebagai langkah pengamanan. Dengan peningkatan akurasi dan kontrol yang lebih baik, petani dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meningkatkan hasil panen, yang pada akhirnya akan berkontribusi pada penurunan angka kerawanan pangan di Indonesia. Peningkatan ini juga akan mendorong adopsi teknologi pertanian yang lebih luas, membawa Indonesia menuju masa depan pertanian yang lebih cerdas dan berkelanjutan.