

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Di dalam kehidupan sehari-hari, manusia sangat bergantung pada lingkungan untuk mendukung semua aktivitas, termasuk pertanian dan peternakan. Namun, seringkali terdapat yang memungkinkan pengelolaan manajemen pemantauan kurang optimal, terutama ketika perubahan lingkungan yang tidak bisa terukur secara akurat oleh manusia. Masalah ini dapat memiliki efek buruk jangka panjang pada hasil dan kesejahteraan makhluk hidup yang terlibat. sehingga, penting untuk menemukan strategi yang meningkatkan efisiensi pemantauan otomatis yang lebih cepat, akurat, dan *real-time*.

1.1.1 Kawasan Greenhouse



Gambar 1.1 Kawasan *greenhouse*.

Gambar 1.1 merupakan Kawasan GH di Telkom *University*. GH sendiri merupakan sebuah fasilitas khusus yang digunakan untuk mengendalikan cahaya yang ada didalamnya, menjaga suhu dan kelembapan agar tanaman yang dibudidayakan dapat tumbuh dan berkembang dengan baik [1]. Sehingga besarnya suhu, tingkat kelembapan, dan kadar asam dalam tanah di dalam GH tersebut berbeda dengan kondisi suhu, kelembapan, dan tanah diluarnya.

Suhu, kelembapan dan intensitas cahaya merupakan faktor-faktor yang sangat penting bagi kehidupan seluruh makhluk hidup, baik itu manusia, hewan, dan tumbuhan. Manusia kerap kali memanfaatkan faktor-faktor tersebut dalam berbagai aspek kehidupan, misalnya pengembangan tanaman dan peternakan. Pada kegiatan pengembangan tanaman, suhu udara, kelembapan tanah dan intensitas cahaya mendukung proses biologis, seperti fotosintesis, serta kebutuhan nutrisi tanaman agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

Saat ini masih banyak pengelola tanaman melakukan penanaman di lahan terbuka yang sangat bergantung pada kondisi alam. Sistem ini menghadapi beberapa tantangan eksternal seperti perubahan iklim, cuaca ekstrem, dan ketidakstabilan pasokan air. Dengan adanya kemajuan teknologi, terdapat berbagai opsi dalam pengelolaan tanaman secara modern, salah satunya GH.

GH di Telkom *University* sendiri terbagi atas dua teknik dalam bercocok tanam, yaitu secara organik dan hidroponik. Untuk proses pemeliharaan harian secara organik, prosesnya masih secara manual dengan bantuan beberapa orang yang memang secara khusus bertugas menyiram, memberi pupuk, maupun memastikan kecukupan nutrisi dari tumbuhan. Sedangkan pemeliharaan tanaman hidroponik sudah melalui proses yang lebih modern, dimulai dari sistem pengairan hingga pencampuran pupuk kimia secara otomatis oleh perangkat IoT.

1.1.2 Kawasan Kandang Unggas



Gambar 1.2 Kawasan kandang unggas.

Gambar 1.2 merupakan kawasan peternakan unggas di Telkom *University*. Peternakan adalah sumber pangan protein hewani yang menghasilkan banyak manfaat bagi masyarakat. Oleh karena pentingnya hal ini, maka kondisi unggas dalam keadaan yang baik menjadi sangat penting juga. Menjaga kualitas udara dan suhu dalam kandang sangat penting guna menjaga kualitas unggas serta telur yang di produksi. Suhu yang dibutuhkan ayam tipe broiler pada kandang adalah 30°C-34°C dan kelembapannya adalah 50%-60% [2]. Kelembapan udara yang tinggi dapat mempengaruhi kesehatan ternak yang berkaitan dengan fungsi pernafasan, pertumbuhan parasit dan penyakit ternak yang dapat merugikan peternak. Hal tersebut berdampak pada produktivitas dan bahkan dapat berujung pada kematian.

Di Telkom *University* juga terdapat kandang unggas yang dipakai untuk beternak ayam dan bebek. Melihat pentingnya kualitas dari faktor eksternal seperti

suhu dan kelembapan udara berperan penting dalam menjaga kondisi fisik ternak, produktivitas hasil ternak seperti susu, telur, atau daging. Serta tingkat stres pada hewan ternak, maka sangat dibutuhkan perhatian khusus dalam menjaga dan memantau pertumbuhan unggas tersebut.

1.1.3 Kawasan Kandang Kambing



Gambar 1.3 Kawasan kandang kambing.

Gambar 1.3 merupakan kawasan kandang kambing yang berada di Telkom *University*. Peternakan merupakan suatu kegiatan usaha untuk meningkatkan faktor biotik berupa hewan ternak dengan cara meningkatkan produksi ternak yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Untuk meningkatkan produktivitas ternak tersebut, peternak hendaknya menerapkan program ternak yang meliputi bibit, pakan, perkandangan, reproduksi, pengendalian penyakit, pengolahan pascapanen, dan pemasaran. Hendaknya bibit yang dipilih adalah bibit yang unggul yang didapat melalui proses seleksi genetik [3]. Bahan pakan diharuskan memenuhi kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan oleh ternak, antara lain karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, dan air. Pengendalian penyakit berhubungan dengan perkandangan, karena kandang yang sehat sangat berpengaruh bagi kesehatan ternak. Ternak kambing memiliki potensi produktivitas yang cukup tinggi. Kambing di Indonesia telah dimanfaatkan sebagai ternak penghasil daging, susu, maupun keduanya dan kulit.

Masih dalam area/kawasan GH Telkom *University*, terdapat kandang kambing yang menampung 50 ekor kambing jantan dan 3 ekor kambing pejantan, 17 ekor kambing betina sehingga total terdapat 70 kambing di dalamnya. Namun peternakan kambing yang berada di lingkungan kampus dirasakan cukup mengganggu oleh warga, terutama karena lokasi kandang yang terletak di dalam kampus. Sehingga bau dari kotoran yang menyengat mengganggu bagi orang-orang di lingkungan kampus, tepatnya di sekitar kandang kambing tersebut. Hal ini dikarenakan kurangnya manajemen dalam pengelolaan limbah berupa kotoran kambing. Kotoran kambing

yang berupa gas NH_3 (Amonia) dapat menimbulkan bau yang cukup menyengat bagi masyarakat sekitar dan dapat menyebabkan hal buruk untuk kesehatan manusia seperti gangguan pada saluran pernafasan [4]. Rasio karbon terhadap nitrogen (rasio C/N) yang dihasilkan setiap ternak memiliki nilai yang berbeda, serta berpotensi menghasilkan gas metana. Gas metana sendiri sangat berbahaya bagi manusia jika memiliki konsentrasi tinggi melebihi ambang batas ($>8\%$) dapat menyebabkan penurunan kadar konsentrasi oksigen di atmosfer, ledakan hingga kebakaran [5].

Masalah teknologi dalam pengelolaan peternakan merupakan aspek yang harus mendapat perhatian serius dari para pengurus peternakan. Di era modern ini, pengelolaan limbah peternakan seharusnya tidak lagi dilakukan secara manual atau tradisional, melainkan menggunakan alat dan teknologi canggih yang dirancang khusus untuk mengatasi limbah secara efisien dan ramah lingkungan. Dengan penerapan teknologi yang tepat, limbah peternakan, seperti kotoran hewan atau sisa pakan, tidak hanya dapat diminimalkan dampaknya terhadap lingkungan tetapi juga diolah menjadi produk yang bermanfaat, seperti pupuk organik, biogas, atau sumber energi alternatif. Upaya ini tidak hanya membantu menjaga kelestarian lingkungan tetapi juga meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan usaha peternakan itu sendiri.

1.1.4 Kawasan Tempat Pengolahan Sampah Insenerator



Gambar 1.4 Kawasan TPST insinerator.

Gambar 1.4 merupakan gambar kawasan insinerator di Telkom *University*. Insinerator di Telkom *University*, memiliki 3 alat insinerasi untuk memproses sampah dari Telkom *University* itu sendiri. insinerator merupakan alat pembakar limbah/sampah dengan metode pembakaran yang menggunakan suhu tinggi. Sampah sendiri merupakan material sisa dari aktivitas manusia yang tidak memiliki keterpakaian, karenanya harus dikelola dengan baik. Jika tidak dikelola dengan benar,

sampah dapat mengakibatkan kerugian, karena dapat menyebabkan banjir, meningkatnya pemanasan iklim, menimbulkan bau busuk, memperburuk sanitasi lingkungan hingga ancaman meningkatnya penyakit [6]. Jenis-jenis sampah dibagi berdasarkan sifat kimia dan fisika. Jenis sampah berdasarkan sifat kimia, dibagi menjadi 2 jenis, yaitu;

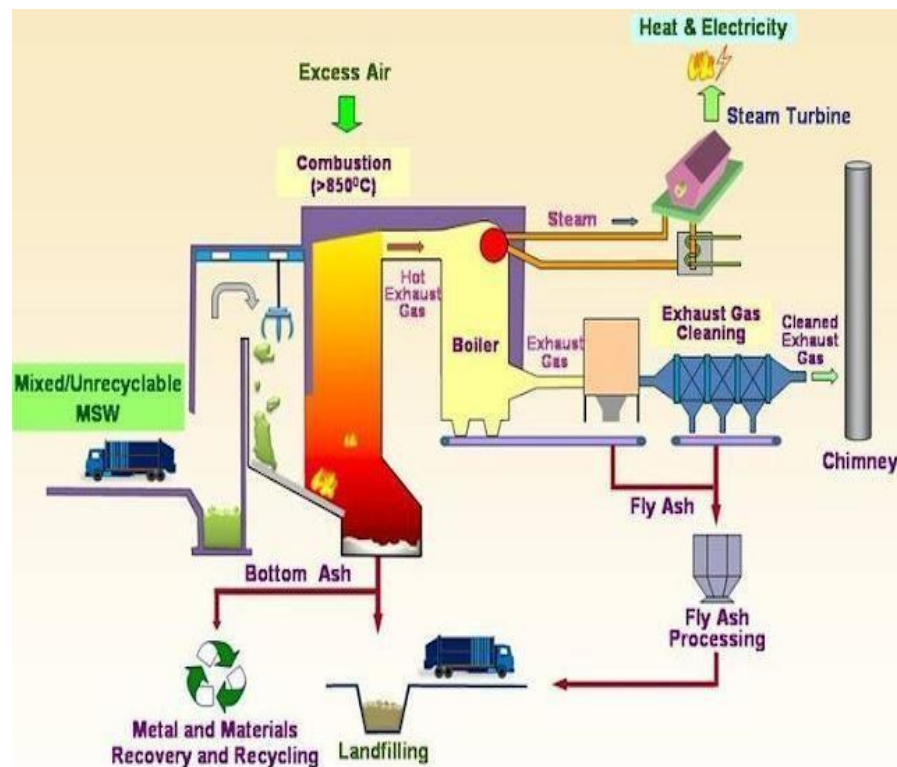
- a. Sampah organik, terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang berasal dari alam.
 - b. Sampah anorganik, berasal dari sumber daya alam tidak terbarui seperti mineral dan minyak bumi, atau dari proses industri.
- Jenis sampah berdasarkan sifat kimia, dibagi menjadi 2 jenis, yaitu;
- a. Sampah basah, yaitu sampah yang terdiri dari bahan organik dan mempunyai sifat mudah membusuk.
 - b. Sampah kering, yaitu sampah yang tersusun dari bahan organik maupun bahan anorganik, sifatnya lambat atau tidak membusuk dan dapat dibakar.

Dalam mengelola sampah, teknologinya pun terbagi atas karakteristik sampah. Teknologi pengolahan sampah secara fisik dilakukan dengan penghancuran limbah secara mekanis, pemanasan atau pembakaran, termasuk insinerasi. Secara kimia pengolahan limbah padat dapat terbagi menjadi limbah padat organik dan anorganik.

Limbah padat organik seperti sekam padi dapat diolah menjadi briket dan arang aktif, pati singkong dapat diolah dengan cara hidrolis asam, menjadi gula cair. Selain itu pengolahan limbah padat secara kimia dapat dilakukan dengan cara pengomposan. Sedangkan, pengolahan limbah secara biologi adalah proses penguraian bahan-bahan organik yang terdapat dalam limbah dengan bantuan mikroorganisme. Lalu ada pengolahan sampah secara termal, yaitu pemusnahan atau penghancuran limbah B3 dengan menggunakan suhu tinggi. Salah satu upaya pemusnahan ini dilakukan dengan cara insinerasi.

Metode insinerasi diterapkan untuk mengurangi volume limbah. Keluaran dari proses insinerasi berupa gas beracun. Karena hal ini maka saat pembakaran, perlu dilakukan pengendalian agar udara tidak dicemari oleh gas beracun. Tujuan dari pengolahan sampah dengan metode insinerasi untuk menghancurkan senyawa B3 yang terkandung didalamnya menjadi senyawa yang tidak mengandung B3. Insinator dilengkapi dengan alat yang berfungsi untuk mencegah terjadinya pencemaran udara guna memenuhi standar emisi. Hal ini juga didasari oleh Peraturan

Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor P.70/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Emisi Usaha/Kegiatan Pengolahan Sampah secara Termal. Incinerator dirancang secara umum untuk pembakaran oksidatif penuh dengan kisaran suhu 900°C - 1.000°C [7]. Insinerasi mengurangi volume dan massa limbah hingga 90% volume dan 75% berat. Teknologi ini mengubah limbah dari bentuk padat ke bentuk gas dengan proses dalam bentuk panas.



Gambar 1.5 Flow proses insenerasi.

Sumber gambar : <https://www.ukessays.ae/essays/environmental-studies/conversion-waste-energy-3941>

Gambar 1.5 diambil dari artikel berjudul '*Conversion of Waste to Energy*' Proses pembakaran sampah dengan proses insinerasi menghasilkan gas buang, abu pembakaran, limbah cair/*effluent* pada sistem *scrubber*, residu APC, dan *energy recovery*. Komposisi komponen polutan hasil pembakaran didominasi oleh *fly ash*, kemudian diikuti oleh HCl, SO₂, NO_x, HF, Hg, Cd dan Dioxin. Keluaran ini mengandung komponen yang tidak diinginkan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

1.1.5 Kawasan Tempat Pengolahan Sampah Kandang *Maggot*



Gambar 1.6 Kawasan TPST *maggot*.

Gambar 1.6 adalah kawasan TPST *maggot* di Telkom University. Dengan pengklasifikasian yang berbeda-beda terhadap limbah, maka penanganannya pun sesuai dengan klasifikasi tersebut. Pengolahan sampah dengan metode biokonversi bahan organik bisa menjadi salah satu solusi dari permasalahan sampah. Biokonversi adalah proses pengolahan bahan organik, seperti limbah tanaman atau hewan, menjadi produk atau sumber energi [8]. Budidaya *maggot* menjadi salah satu penerapan metode biokonversi menggunakan serangga. *Maggot*, yaitu larva dari lalat tentara hitam atau BSF. Lalat BSF, secara ilmiah dikenal dengan sebutan *Hermetia illucens*, merupakan serangga berwarna hitam yang larvanya memiliki kemampuan luar biasa dalam mendegradasi sampah organik [9]. *Maggot* mampu mendegradasi sampah organik, baik sampah yang berasal dari hewan maupun tumbuhan. Kemampuan *maggot* dalam mendegradasi sampah organik dianggap lebih baik dibanding serangga lainnya. Disamping itu juga *maggot* dinilai cukup aman bagi kesehatan manusia, karena serangga ini bukan termasuk binatang vektor penyakit.

Siklus hidup BSF digolongkan menjadi siklus metamorfosis sempurna yang terdiri dari empat fase yaitu telur, larva, pupa, dan BSF dewasa. Siklus ini berlangsung selama 40 hari, tergantung pada kondisi lingkungan dan sumber makanannya.

1. Fase Telur

Telur yang dihasilkan oleh lalat betina BSF mencapai 300-500 telur dalam sekali bertelur. Suhu ideal yang digunakan untuk memelihara telur BSF berkisar antara 28-35° [10]. Suhu kurang dari 25°C menyebabkan telur menetas lebih lama, bahkan hingga berminggu-minggu. Namun untuk suhu yang lebih rendah dari 20°C dan lebih dari 40°C menyebabkan telur mati. Selain suhu, faktor utama yang

mempengaruhi kematangan telur ialah kelembapan tempat penyimpanan. Kelembapan yang ideal adalah sekitar 30%–40%, apabila kelembapan di bawah 30% menyebabkan telur menjadi kering dan embrio di dalamnya mati. Telur juga tidak boleh disimpan di lingkungan yang memiliki kadar oksigen rendah atau berada di lingkungan dengan gas karbondioksida yang berkonsentrasi tinggi.

2. Fase Larva

Ukuran larva BSF yang baru menetas sekitar 0,07 inci. Larva BSF bersifat *photophobia*, dimana larva lebih menyukai tempat dengan pencahayaan yang minim. Larva muda sangat rentan terhadap faktor eksternal seperti suhu, tekanan oksigen rendah, jamur, dan bahan beracun, namun ketahanannya meningkat setelah satu minggu. Suhu ideal yang baru menetas untuk hidup adalah sekitar 28°C-35°C dengan kelembapan 60%-70%.

3. Fase Pupa

Larva BSF mengganti kulitnya menjadi lebih keras pada fase prepupa dan fase ini dikenal sebagai puparium. Pre-pupa mencari tempat yang kering dan gelap untuk merubah dirinya menjadi kepompong.

4. BSF Dewasa

Lalat BSF dewasa tidak memerlukan makanan tambahan karena memiliki cadangan makanan yang disimpan selama fase pupa. BSF dewasa mulai bereproduksi setelah 2 berumur hari, dengan menghasilkan 200-500 telur yang akan diletakkan pada tempat lembab dengan suhu sekitar 27,5°C-37,5°C di alam, dan lebih dari 24,4°C di penangkaran.

Setelah melewati fase-fase ini, *maggot* yang mati menjadi residu dari biokonversi sampah organik oleh larva BSF dapat digunakan untuk media tanam budidaya sayuran. Kemudian lindi atau cairan yang didapat dari media pembesaran *maggot*, dapat digunakan sebagai pupuk cair. Biokonversi merupakan program yang dapat bersinergi dengan masalah lingkungan hidup yaitu pengolahan limbah-limbah organik dan dapat meningkatkan kesejahteraan pembudidaya *maggot*, perikanan, dan organik [11].

1.1.6 Jaringan Wi-Fi untuk *Internet of Things*

IoT adalah perkembangan teknologi terbaru yang menggambarkan masa depan di mana objek-objek dalam kehidupan sehari-hari dilengkapi dengan mikrokontroler, sensor, pemancar, penerima untuk komunikasi digital, dan protokol yang sesuai agar

dapat saling berkomunikasi satu sama lain serta dengan pengguna, sehingga menjadikannya bagian integral dari internet. Dengan kemajuan teknologi saat ini, penggunaan metode manual dalam memantau parameter tertentu terasa merugikan karena membutuhkan lebih banyak waktu, tenaga, bahkan biaya.

Penerapan IoT menjadi salah satu solusi dalam sistem pemantauan dan sistem kontrol dalam sektor pertanian. Penerapan sistem ini guna memantau keadaan dari unsur- unsur penting pada pertanian, seperti suhu, kelembapan, keasaman, dan intensitas cahaya. Sistem ini membutuhkan sensor berbeda sesuai kebutuhan, misalnya sensor kelembapan tanah, sensor suhu tanah, sensor pH, sensor cahaya, dan sebagainya. Dengan bantuan mikrokontroler sebagai otak/pusat kerja sistem, data yang diperoleh dari sensor-sensor tersebut dikumpulkan dan diproses oleh mikrokontroler untuk mengetahui nilai-nilai dari data yang diperoleh. Data ini kemudian dikirim ke pusat kontrol yang terletak jauh melalui perangkat. Sistem ini digunakan untuk pemantauan secara *real-time* terhadap keadaan di lokasi yang dipantau dan menganalisisnya untuk meningkatkan produksi tanaman yang stabil dan efisien [12].

Dalam pemanfaatannya, sistem *monitoring* dan *controlling* perangkat IoT dihubungkan dengan perangkat Wi-Fi terdekat. Wi-Fi sendiri menyediakan koneksi nirkabel yang stabil dan berkecepatan tinggi untuk menghubungkan berbagai perangkat ke internet atau jaringan lokal. Begitu banyak perangkat IoT menggunakan Wi-Fi untuk mengirim data secara *real-time*. Misalnya pada sistem *monitoring* dan *controlling* di kawasan GH Telkom *University*, sensor pada sistem dapat mengirimkan informasi suhu, tekanan, atau status operasional ke *control unit* tanpa menggunakan kabel. Penggunaan Wi-Fi dianggap lebih baik daripada *bluetooth* terutama untuk pengiriman data yang lebih besar. Pada sistem *monitoring*, Wi-Fi digunakan untuk menghubungkan sensor ke *control unit*, dimana sensor berbasis IoT dapat diakses secara *real-time* melalui aplikasi. Setelah itu dilakukan pengukuran terhadap jaringan Wi-Fi di sekitar area GH, TPST, kandang kambing, dan kandang unggas Telkom *University* menggunakan *throughput*. *Throughput* merupakan tingkat kecepatan transfer data yang berhasil, biasanya diukur dalam satuan Mbps. *Throughput* menggambarkan jumlah paket data yang berhasil diterima di tujuan dalam suatu periode waktu tertentu, dibagi dengan durasi waktu yang digunakan untuk pengamatan tersebut [13].

1.2 Analisa Masalah

Setelah mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di GH dan mengevaluasi beberapa solusi yang diimplementasikan, terdapat sejumlah aspek yang perlu diperhatikan, meliputi aspek teknis, kesehatan, ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Tabel analisis masalah menggambarkan bahwa setiap kawasan mencakup berbagai aspek penting, yaitu aspek teknis, kesehatan, ekonomi, sosial, dan lingkungan, yang saling berinteraksi dan memengaruhi satu sama lain. Namun, hasil analisis menunjukkan bahwa setiap kawasan belum mampu mengoptimalkan potensi di semua aspek tersebut secara menyeluruh, sehingga diperlukan langkah-langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan pada masing-masing aspek. Berikut tabel 1.1 yang menjabarkan mengenai aspek-aspek analisa masalah.

Tabel 1.1 *Analisa masalah.*

Kawasan	Aspek				
	Teknis	Kesehatan	Ekonomi	Sosial	Lingkungan
Greenhouse	Pemantauan dan pengontrolan masih dilakukan dengan cara manual dimana, manusia terbatas dalam menentukan parameter menggunakan angka.	Potensi penurunan kualitas hasil panen yang dikonsumsi akibat kondisi lingkungan yang tidak optimal.	Biaya operasional yang tinggi dan tidak efisien karena keterbatasan manusia.	Kurang efisien kerja petugas.	Potensi peningkatan kualitas lingkungan akibat penggunaan sistem otomatis.
Kandang Unggas	Suhu sering kali tidak stabil yang menyebabkan unggas berada di suhu yang rendah.	Risiko penyebaran penyakit akibat unggas terlalu lama berada di suhu yang rendah sehingga menyebabkan kualitas unggas menurun.	Biaya operasional tinggi untuk tenaga kerja.	Kondisi kerja yang tidak nyaman bagi penjaga kawasan.	Pencemaran lingkungan akibat unggas yang menyebarkan penyakit.
Kandang Kambing	Kotoran kambing yang berfungsi menjadi kompos untuk kawasan GH, namun saat fermentasi gas metana yang muncul membahayakan penjaga kawasan GH. Dibutuhkan sensor gas untuk mengetahui parameter berupa angka yang bisa menghindari meledaknya gas metana dari kotoran kambing.	Ledakan gas metana yang berbahaya untuk penjaga kawasan GH.	Biaya operasional yang cukup tinggi untuk tenaga kerja.	Bau yang tidak sedap mengganggu lingkungan sekitar kawasan GH.	Pencemaran udara akibat emisi gas metana.

Tabel 1.1 *Analisa masalah.*

Kawasan	Aspek				
	Teknis	Kesehatan	Ekonomi	Sosial	Lingkungan
TPST Insinerator	Kurangnya alat yang bisa mendeteksi racun saat pembakaran sampah dari insinerator, dibutuhkan alat sensor gas yang mendeteksi racun agar tidak terjadinya pencemaran udara.	Risiko kesehatan penjaga kawasan GH apabila udara yang mengandung racun bisa terhirup akibat pencemaran udara saat pembakaran sampah.	Biaya operasional yang tinggi untuk perawatan dan pembersihan yang lebih sering karena udara yang tercemar dari pembakaran sampah.	Gangguan terhadap lingkungan sekitar akibat asap sehingga udara yang mengandung racun bisa menyebabkan pencemaran udara dan bau.	Pencemaran udara dan tanah akibat bocornya racun saat pembakaran sampah.
TPST <i>Maggot</i>	Kurangnya alat untuk memantau suhu secara langsung, sehingga sering kali <i>maggot</i> mati dan sampah tidak terkelola dengan baik. Dibutuhkan alat yang bisa mendeteksi suhu tinggi dan tekanan air bisa keluar secara otomatis.	Sampah yang tidak terkelola dengan baik menyebabkan bau yang tidak sedap dan bisa pencemaran udara.	Biaya operasional tinggi untuk perawatan media budidaya.	Kondisi yang tidak nyaman bagi pekerja karena udara yang tidak sedap dan sampah tidak terkelola buat pandangan tidak nyaman.	Potensi pencemaran lingkungan jika tidak dikelola dengan baik.

1.3 Analisa Solusi yang Ada

1.3.1 Kawasan *Greenhouse*

Pada GH, pemantauan suhu dan kelembapan tanah masih dilakukan dengan cara konvensional, yang melibatkan penggunaan alat ukur sederhana seperti termometer analog untuk suhu dan alat pengukur kelembapan manual. Proses ini biasanya dilakukan secara berkala oleh pengelola atau petani dengan mendatangi setiap area tertentu di GH untuk melakukan pengukuran. Hasil pengukuran kemudian dicatat secara manual pada *logbook* atau lembar kerja. Metode ini memiliki sejumlah keterbatasan, seperti membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup besar, serta rentan terhadap kesalahan manusia dalam pengukuran dan pencatatan. Selain itu, pendekatan ini tidak memungkinkan pemantauan secara *real-time*, sehingga perubahan suhu dan kelembapan yang terjadi secara tiba-tiba sering kali tidak terdeteksi dengan cepat. Akibatnya, kondisi lingkungan yang tidak optimal dapat berdampak pada pertumbuhan tanaman sebelum tindakan perbaikan dilakukan. Hal ini menjadikan metode konvensional kurang efisien dalam mendukung kebutuhan pengelolaan GH yang lebih modern dan produktif.

1.3.2 Kawasan Kandang Unggas

Area kandang unggas di Telkom *University* memiliki beberapa jenis unggas, seperti bebek dan ayam. Saat ini, pemeliharaan unggas dilakukan secara konvensional, termasuk memantau kondisi unggas dan memberikan pakan secara langsung. Selain pemberian pakan, menjaga suhu ruangan juga merupakan aspek penting dalam pemeliharaan unggas, terutama ayam. Suhu optimal yang diperlukan ayam untuk tumbuh dengan baik adalah antara 31°C hingga 34°C [14]. Sebagai upaya menjaga suhu kandang, telah diterapkan solusi berupa pemasangan lampu bohlam pada kandang ayam yang berguna untuk menghangatkan kandang ayam, yang dinyalakan secara manual sesuai kebutuhan [15]. Namun, metode ini memiliki beberapa kelemahan, seperti ketergantungan pada tenaga manusia untuk menyalakan dan mematikan lampu secara berkala, yang membutuhkan waktu dan tenaga ekstra. Selain itu, metode ini memerlukan pemantauan langsung oleh pengurus kandang, sehingga kurang efisien dari segi waktu dan sumber daya.

1.3.3 Kawasan Kandang Kambing

Pada kandang kambing, cara beternak yang digunakan masih secara konvensional, seperti memantau kondisi hewan dengan melihat langsung ke dalam kandang secara berkala. Pengelola umumnya melakukan pemeriksaan manual untuk memastikan kesehatan hewan, ketersediaan pakan, kebersihan kandang, serta kondisi lingkungan di dalamnya. Metode ini memerlukan waktu, tenaga, dan sumber daya yang cukup signifikan, dan sepenuhnya bergantung pada keberadaan peternak. Keterbatasan dari pendekatan ini adalah kurangnya sistem pemantauan yang tepat dan langsung, sehingga perubahan kondisi seperti penurunan kesehatan ternak atau lingkungan kandang yang tidak ideal sering kali tidak terdeteksi dengan cepat. Selain itu, akumulasi kotoran kambing di dalam kandang menghasilkan gas metana (CH_4) akibat proses dekomposisi anaerobik [16]. Gas metana adalah salah satu gas rumah kaca yang berbahaya dan berkontribusi pada pemanasan global jika tidak dikelola dengan baik bisa meledak [17]. Penumpukan gas metana dalam kandang dapat mengurangi kualitas udara, yang berdampak pada kesehatan ternak dan peternak. Selain itu jika gas metana terkena oleh percikan api, mengakibatkan kebakaran ataupun ledakan [18]. Dengan demikian, metode konvensional ini tidak hanya kurang efisien tetapi juga dapat menimbulkan dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan jika tidak dikelola dengan sistem yang lebih modern dan terintegrasi.

1.3.4 Kawasan TPST Insenerator

Salah satu solusi yang sudah ada untuk mengatasi risiko kesehatan bagi penjaga kawasan GH akibat pencemaran udara dari pembakaran sampah adalah penerapan prosedur pengelolaan limbah yang lebih baik. Pengelolaan limbah yang efektif mencakup pemisahan sampah organik dan anorganik sebelum dibakar, sehingga mengurangi jumlah bahan berbahaya yang dilepaskan ke udara. Selain itu, penggunaan APD seperti masker *respirator* dapat melindungi penjaga dari inhalasi partikel berbahaya dan gas beracun selama proses pembakaran [19].

1.3.5 Kawasan TPST Kandang *Maggot*

Solusi untuk mengatasi masalah kurangnya alat pemantauan suhu yang sering kali menyebabkan kematian *maggot* dan kegagalan pengelolaan sampah, solusi dapat dilakukan dengan pendekatan manual namun tetap efektif seperti pemantauan suhu dengan termometer analog, menempatkan *maggot* ditempat yang teduh, dan jadwal pemeriksaan berkala. Termometer analog dapat digunakan untuk memantau suhu lingkungan secara berkala. Termometer ini ditempatkan di area pemeliharaan *maggot*, khususnya di titik-titik strategis yang cenderung mengalami peningkatan suhu. Sementara itu upaya pendinginan dapat dilakukan dengan cara menempatkan *maggot* ditempat yang teduh. Tujuannya adalah untuk mempertahankan suhu sekaligus mempertahankan kelembapan di lingkungan agar *maggot* tetap berada dalam kondisi yang nyaman untuk bertahan hidup dan berfungsi dalam mengurai sampah [11]. Rencana pemeriksaan berkala dibuat oleh pengelola untuk menjamin bahwa suhu, kelembapan, serta kondisi lingkungan dari *maggot* tetap dalam keadaan yang nyaman untuk bertahan hidup.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Dalam proses selama perancangan Tugas Akhir, hal ini bertujuan untuk mendukung desain dan implementasi sistem IoT yang efektif melalui sejumlah tujuan yang dirinci sebagai berikut:

1. Merancang sistem *monitoring* berbasis sensor MQ-4 untuk mendeteksi gas metana yang berbahaya bagi kesehatan ternak dan tenaga kerja di lingkungan kandang kambing.

2. Merancang sistem *monitoring* dan *controlling* berbasis sensor DHT11, *soil moisture*, dan *ouput* berupa *water misting* guna menjaga suhu ruangan kandang *maggot* dan kelembapan *maggot*.
3. Merancang sistem *monitoring* berbasis sensor MQ-7 dan *thermocouple type-k* untuk mengawasi kadar gas beracun karbon monoksida dan suhu sekitar kawasan insenerator untuk mendukung keselamatan tenaga kerja.
4. Memanfaatkan infrastruktur jaringan Wi-Fi kampus Telkom *University* sebagai media komunikasi antar sensor dan sistem pemantauannya.
5. Memanfaatkan aplikasi yang sudah ada dengan mengintegrasikan sistem *monitoring* dan *controlling* sebagai antarmuka pengguna untuk mempermudah dalam menampilkan data secara *real-time* dan mengontrol *output* secara manual maupun otomatis.

1.5 Batasan Tugas Akhir

Dalam batasan Tugas Akhir ini, agar pembahasan lebih terarah dan fokus maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Penelitian ini menggunakan dua ESP-32 dikarenakan dari ketiga kawasan, jarak kawasan TPST insenerator cukup jauh jika dibandingkan jarak kawasan kandang kambing dan TPST kandang *maggot*. Apabila melakukan instalasi kabel, tidak terlalu efektif karena kawasan tidak cukup strategis sehingga penataan kabel tidak teratur untuk melakukan instalasi.
2. Jaringan pada kawasan penelitian memiliki kecepatan sinyal yang tidak stabil dikarenakan kurangnya AP di sekitar kawasan TPST insenerator, TPST kadang *maggot*, dan kandang kambing.
3. Menggunakan aplikasi yang sudah tersedia yaitu *Blynk IoT Apps* karena keterbatasan sumber tenaga kerja dalam proses pengembangan penelitian ini. Aplikasi *Blynk* menyediakan solusi yang sangat praktis dan efisien untuk *monitoring*. Selain itu, *Blynk* juga memiliki *interface* yang cukup variatif serta dukungan konektivitas yang cukup baik dengan mikrokontroler ESP-32. Aplikasi *Blynk*, digunakannya hanya satu *dashboard* guna mempermudah dan mengandalkan efisiensi sehingga tenaga kerja GH dalam pemantauan tanpa harus pindah ke halaman *dashboard* yang lain.

4. Saat proses pengukuran menggunakan MQ-7 di kawasan inserator, data yang diambil kurang stabil karena 2 inserator sebelumnya sudah diganti dengan alat baru yaitu Telurator. Dimana alat ini sangat minim sekali asap dan cerobong pembuangan asap cukup tinggi sehingga asap sama sekali tidak mengganggu tenaga kerja sekitar kawasan penelitian.
5. Untuk batasan setiap alat sensor kami yaitu DHT11 dan *thermocouple type-k* menggunakan '°C', *soil moisture* menggunakan '%', MQ-7 dan MQ-4 menggunakan 'ppm'.
6. Saat pengujian sensor *soil mositure* mengalami fluktuatif, dikarenakan hasil saat pengujian tidak stabil di kondisi kering dan lembab. Pada kondisi basah alat sensor bisa bekerja dengan baik.