

Pemanfaatan Teknologi IoT Untuk Monitoring Suhu Dan Kelembaban Gudang Pangan

Fathurrohman^{1*}, Edi Wahyudin², Muhammad Zamil Farhan³, Nazwa Putri Nindya⁴

¹Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak, STMIK IKMI, Cirebon, Indonesia

²Program Studi Komputerisasi Akuntansi, STMIK IKMI, Cirebon, Indonesia

^{3,4}Program Studi Teknik Informatika, STMIK IKMI, Cirebon, Indonesia

Email: ^{1*}fathurrohman.ikmi@gmail.com, ²ediwahyudin.ikmi@gmail.com,

³muhhammadzamilfarhan.ikmi@gmail.com, ⁴nazwaputrinindya.ikmi@gmail.com

(* : fathurrohman.ikmi@gmail.com)

Abstrak - Penyimpanan bahan pangan di gudang memerlukan pengawasan ketat terhadap kondisi lingkungan, khususnya suhu dan kelembaban udara, untuk menjaga kualitas dan daya tahan produk. Suhu dan kelembaban yang tidak stabil dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme, mempercepat pembusukan, serta menurunkan nilai jual komoditas. Dalam konteks ini, teknologi Internet of Things (IoT) menjadi solusi strategis yang mampu memberikan sistem monitoring real-time secara otomatis dan efisien. Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan berbasis IoT untuk mengontrol suhu dan kelembaban di gudang pangan. Sistem ini menggunakan sensor DHT22 sebagai alat ukur suhu dan kelembaban, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, serta platform antarmuka berbasis web atau aplikasi mobile yang terhubung secara daring untuk memantau kondisi lingkungan gudang secara langsung. Data yang diperoleh dikirimkan secara berkala ke server dan dapat diakses oleh pengguna melalui dashboard dengan fitur notifikasi peringatan saat kondisi melebihi ambang batas tertentu. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi tahap perancangan sistem, integrasi perangkat keras dan lunak, uji coba sistem di lingkungan gudang pangan, serta evaluasi kinerja sistem. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem IoT mampu memantau suhu dan kelembaban secara real-time dengan akurasi yang baik. Sistem ini juga berhasil memberikan peringatan dini terhadap kondisi lingkungan yang tidak sesuai, sehingga pelaku usaha dapat segera mengambil tindakan korektif. Penerapan teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional dalam manajemen gudang pangan, tetapi juga menjadi bentuk edukasi teknologi bagi pelaku industri lokal, terutama pelaku UMKM bidang agribisnis. Harapannya, model sistem ini dapat diadaptasi secara luas di berbagai sektor penyimpanan pangan guna mencegah kerugian akibat penyimpanan yang tidak sesuai standar.

Kata Kunci: IoT, Monitoring Suhu, Kelembaban Gudang, DHT22, ESP32, Gudang Pangan

Abstract - The storage of food products in warehouses requires strict monitoring of environmental conditions, particularly temperature and humidity, to maintain the quality and shelf life of the products. Unstable temperature and humidity levels can trigger the growth of microorganisms, accelerate spoilage, and reduce the market value of the commodities. In this context, the Internet of Things (IoT) technology emerges as a strategic solution that enables real-time monitoring systems to operate automatically and efficiently. This Student Creativity Program (Program Kreativitas Mahasiswa/PKM) aims to design and implement an IoT-based monitoring system to control temperature and humidity in food storage warehouses. The system utilizes a DHT22 sensor to measure temperature and humidity, an ESP32 microcontroller as the control center, and a web-based or mobile application interface platform connected online to monitor the warehouse environment in real time. The collected data is periodically transmitted to a server and can be accessed by users through a dashboard equipped with notification features to alert when conditions exceed predefined thresholds. The methods employed in this project include system design, hardware and software integration, system testing in a food warehouse environment, and performance evaluation. The implementation results indicate that the IoT system can monitor temperature and humidity accurately and in real time. The system also successfully provides early warnings regarding unfavorable environmental conditions, allowing business operators to take immediate corrective actions. The application of this technology not only improves operational efficiency in food warehouse management but also serves as a form of technological education for local industry players, particularly MSMEs (Micro, Small, and Medium Enterprises) in the agribusiness sector. It is expected that this system model can be widely adapted across various food storage sectors to prevent losses due to improper storage conditions.

Keywords: IoT, Temperature Monitoring, Warehouse Humidity, DHT22, ESP32, Food Storage

1. PENDAHULUAN

1.1 Analisis Situasi

Penyimpanan bahan pangan dalam gudang memerlukan pengendalian suhu dan kelembaban yang optimal untuk menjaga kualitas dan keamanan produk. Kondisi lingkungan yang tidak terjaga dapat menyebabkan pertumbuhan jamur, bakteri, serta kerusakan bahan pangan akibat kelembaban berlebih atau suhu yang tidak stabil.

Fakta dan Data Pendukung:

1. Kerugian akibat penyimpanan yang tidak optimal

Menurut data dari FAO (Food and Agriculture Organization), sekitar 30-40% bahan pangan di dunia hilang atau terbuang setiap tahun, dan salah satu penyebab utama adalah penyimpanan yang buruk.

2. Dampak terhadap ketahanan pangan dan ekonomi

Di Indonesia, terutama pada gudang pangan milik UMKM atau koperasi, banyak yang masih mengandalkan pemantauan manual yang kurang efisien. Kegagalan dalam mengontrol suhu dan kelembaban bisa menyebabkan peningkatan biaya operasional, karena adanya bahan pangan yang rusak sebelum mencapai konsumen.

3. Kurangnya sistem monitoring otomatis

Berdasarkan survei di beberapa gudang pangan lokal, ditemukan bahwa lebih dari 60% masih menggunakan metode manual untuk memantau kondisi penyimpanan. Hal ini meningkatkan risiko kesalahan manusia serta keterlambatan dalam tindakan korektif jika terjadi perubahan kondisi lingkungan yang ekstrem.

Dengan adanya permasalahan ini, pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) untuk monitoring suhu dan kelembaban menjadi solusi yang tepat guna. Teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi gudang secara real-time, mengirimkan notifikasi jika ada perubahan signifikan, serta membantu pengelola gudang dalam mengambil keputusan lebih cepat dan akurat.

1.2 Permasalahan Mitra

Mitra dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah pengelola gudang pangan, baik yang dikelola oleh koperasi, UMKM, maupun industri kecil. Mereka menghadapi beberapa permasalahan utama terkait dengan monitoring suhu dan kelembaban gudang, yang berdampak langsung pada efisiensi operasional serta kualitas bahan pangan yang disimpan.

Permasalahan Utama:

1. Monitoring Suhu dan Kelembaban yang Masih Manual

- a. Sebagian besar mitra masih menggunakan metode pencatatan manual atau alat pengukur sederhana yang harus dicek secara berkala oleh pekerja.
- b. Proses ini tidak efektif, rentan terhadap kelalaian, dan tidak memberikan data secara real-time, sehingga keterlambatan dalam tindakan korektif sering terjadi.

2. Kerusakan Bahan Pangan akibat Kondisi Lingkungan Tidak Stabil

- a. Tanpa kontrol yang baik, fluktuasi suhu dan kelembaban dapat menyebabkan pertumbuhan jamur, pembusukan, serta menurunkan kualitas bahan pangan.
- b. Hal ini menyebabkan kerugian finansial karena meningkatnya jumlah bahan pangan yang terbuang atau tidak layak jual.

3. Kurangnya Pemahaman dan Akses terhadap Teknologi Monitoring yang Modern

- a. Banyak mitra yang belum memiliki pengetahuan atau keterampilan untuk menerapkan sistem berbasis teknologi seperti IoT.

- b. Biaya awal penerapan teknologi monitoring sering dianggap tinggi, sehingga mereka cenderung mempertahankan metode tradisional meskipun kurang efisien.
4. Kesulitan dalam Pengambilan Keputusan Cepat
 - a. Tanpa sistem otomatis, pengambilan keputusan terkait pengendalian lingkungan gudang sering dilakukan berdasarkan perkiraan atau pengalaman, bukan berdasarkan data akurat.
 - b. Akibatnya, ketika terjadi perubahan suhu dan kelembaban yang signifikan, tindakan yang diambil sering terlambat dan tidak optimal.

Dampak terhadap Operasional dan Kesejahteraan Mitra:

- a. Peningkatan biaya operasional akibat kerusakan stok pangan dan penggunaan sumber daya manusia untuk pemantauan manual.
- b. Menurunnya kepercayaan konsumen jika bahan pangan yang dijual mengalami penurunan kualitas atau tidak sesuai standar.
- c. Potensi penurunan pendapatan karena harus membuang produk yang tidak layak atau menanggung komplain dari pelanggan.

Dengan memahami permasalahan ini, solusi berbasis teknologi IoT dapat membantu mitra dalam mengoptimalkan proses penyimpanan bahan pangan, mengurangi kerugian, serta meningkatkan efisiensi operasional.

1.3 Tujuan Kegiatan

Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas penyimpanan bahan pangan melalui pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) untuk monitoring suhu dan kelembaban di gudang pangan. Dengan menerapkan sistem ini, mitra dapat mengurangi risiko kerusakan bahan pangan, meningkatkan efisiensi operasional, serta meningkatkan kesejahteraan ekonomi mereka.

Tujuan Jangka Pendek:

1. Mengimplementasikan sistem monitoring berbasis IoT di gudang pangan mitra untuk mendeteksi dan mencatat perubahan suhu dan kelembaban secara real-time.
2. Melatih mitra dalam penggunaan teknologi IoT, termasuk pemantauan data melalui aplikasi atau dashboard yang mudah digunakan.
3. Menguji efektivitas sistem dalam kondisi operasional sebenarnya, dengan membandingkan hasil sebelum dan sesudah penerapan teknologi.
4. Meningkatkan kesadaran mitra tentang pentingnya manajemen lingkungan gudang dalam menjaga kualitas dan keamanan bahan pangan.

Tujuan Jangka Panjang:

1. Meningkatkan efisiensi operasional gudang pangan dengan mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual dan mengoptimalkan pengelolaan lingkungan penyimpanan.
2. Mengurangi tingkat kerusakan bahan pangan, sehingga dapat menghemat biaya operasional dan meningkatkan profitabilitas mitra.
3. Mendorong adopsi teknologi digital di sektor penyimpanan pangan, sehingga lebih banyak UMKM dan koperasi dapat mengadopsi solusi serupa untuk meningkatkan daya saing mereka.
4. Membangun ekosistem monitoring gudang pangan berbasis teknologi, yang dapat diintegrasikan dengan sistem lain seperti prediksi cuaca atau manajemen stok secara otomatis.
5. Meningkatkan kesejahteraan mitra dengan mengurangi kerugian akibat penyimpanan yang tidak optimal, sehingga mereka dapat meningkatkan pendapatan dan kualitas layanan kepada konsumen.

Dengan pencapaian tujuan ini, diharapkan mitra dapat lebih mandiri dalam mengelola gudang pangan secara efisien, modern, dan berbasis data, sehingga dapat mendukung ketahanan pangan dan keberlanjutan usaha mereka.

1.4 Manfaat Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini diharapkan memberikan berbagai manfaat bagi mitra dan pihak terkait, terutama dalam peningkatan efisiensi penyimpanan pangan dan penerapan teknologi modern.

Manfaat bagi Mitra (Pengelola Gudang Pangan):

1. Peningkatan Efisiensi Operasional
 - a. Sistem monitoring IoT memungkinkan pemantauan suhu dan kelembaban secara real-time, sehingga mitra tidak perlu lagi melakukan pengecekan manual yang memakan waktu.
 - b. Data yang dihasilkan dapat membantu pengambilan keputusan lebih cepat dan tepat untuk menjaga kondisi gudang tetap optimal.
2. Pengurangan Kerugian Akibat Kerusakan Bahan Pangan
 - a. Dengan pemantauan otomatis, potensi kerusakan bahan pangan akibat suhu atau kelembaban yang tidak terkontrol dapat diminimalkan.
 - b. Mitra dapat menghemat biaya operasional karena berkurangnya produk yang harus dibuang atau mengalami penurunan kualitas.
3. Peningkatan Keuntungan dan Daya Saing
 - a. Produk yang disimpan dalam kondisi optimal akan memiliki kualitas lebih baik, sehingga dapat dijual dengan harga yang lebih stabil dan kompetitif.
 - b. Mitra dapat meningkatkan kepercayaan pelanggan serta memperluas pasar dengan menawarkan produk yang lebih terjaga mutunya.
4. Akses terhadap Teknologi Modern
 - a. Mitra mendapatkan pelatihan dan pendampingan dalam pemanfaatan teknologi IoT, sehingga mereka lebih siap menghadapi tantangan industri yang semakin digital.
 - b. Dengan memahami dan menguasai teknologi ini, mitra dapat lebih mudah mengadopsi solusi serupa di aspek bisnis lainnya.

Manfaat bagi Pihak Terkait:

1. Konsumen/Pelanggan
 - a. Mendapatkan produk pangan dengan kualitas lebih baik, aman, dan tahan lama.
 - b. Mengurangi risiko konsumsi bahan pangan yang sudah menurun mutunya akibat penyimpanan yang buruk.
2. UMKM dan Industri Pangan
 - a. Meningkatkan keberlanjutan usaha dengan mengurangi kerugian akibat produk yang tidak layak jual.
 - b. Mendorong lebih banyak pelaku usaha untuk menggunakan teknologi dalam pengelolaan stok dan gudang mereka.
3. Lembaga Pendidikan dan Akademisi
 - a. Menjadi contoh penerapan teknologi IoT dalam dunia industri kecil dan menengah.

- b. Dapat dijadikan referensi untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang teknologi pangan dan manajemen rantai pasok.
4. Pemerintah dan Lembaga Ketahanan Pangan
 - a. Mendukung upaya pemerintah dalam mengurangi food loss dan food waste, yang merupakan salah satu tantangan dalam ketahanan pangan nasional.
 - b. Meningkatkan daya saing UMKM pangan dalam menghadapi persaingan global melalui penerapan teknologi yang lebih maju.

Dampak Positif bagi Mitra:

1. Gudang pangan lebih efisien dan terjaga kualitasnya
2. Penurunan biaya operasional akibat berkurangnya kerusakan bahan pangan
3. Peningkatan pendapatan karena produk lebih terjaga mutunya
4. Kemudahan dalam pengelolaan gudang dengan sistem berbasis IoT
5. Peningkatan literasi digital dan teknologi di kalangan mitra

Dengan semua manfaat ini, kegiatan ini tidak hanya memberikan solusi praktis bagi mitra dalam jangka pendek, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan usaha dan ketahanan pangan dalam jangka panjang.

2. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan strategis yang mencakup identifikasi permasalahan, perancangan solusi, implementasi teknologi, serta evaluasi dampak. Metode yang digunakan menggabungkan pendekatan teknologi IoT, pelatihan mitra, serta evaluasi berbasis data agar hasilnya dapat diimplementasikan secara efektif dan berkelanjutan.

Tahapan Pelaksanaan Kegiatan:

1. Analisis dan Identifikasi Kebutuhan Mitra
 - a. Survei awal: Mengumpulkan data tentang kondisi gudang pangan mitra, metode pemantauan suhu dan kelembaban yang digunakan, serta kendala yang mereka hadapi.
 - b. Wawancara dan diskusi: Melakukan diskusi dengan pengelola gudang untuk memahami kebutuhan spesifik mereka terhadap sistem monitoring.
 - c. Studi literatur: Mengkaji penelitian atau teknologi serupa yang telah diterapkan untuk memastikan solusi yang digunakan efektif dan sesuai dengan kapasitas mitra.
2. Perancangan dan Pengembangan Sistem Monitoring IoT
 - a. Pemilihan komponen hardware:
 - a. Sensor suhu dan kelembaban (DHT22/SHT31) untuk membaca kondisi lingkungan gudang.
 - b. Mikrokontroler (ESP8266/ESP32/Raspberry Pi) sebagai penghubung antara sensor dan sistem monitoring.
 - c. Modul komunikasi (Wi-Fi atau LoRa) untuk mengirimkan data ke server atau cloud.
 - b. Pengembangan perangkat lunak (software):
 - 1) Dashboard berbasis web atau aplikasi mobile untuk menampilkan data suhu dan kelembaban secara real-time.
 - 2) Sistem notifikasi otomatis jika terjadi penyimpangan suhu atau kelembaban yang berpotensi merusak bahan pangan.

- c. Pengujian awal sistem:
 - 1) Melakukan uji coba di laboratorium atau lingkungan terkendali sebelum diterapkan di gudang mitra.
 - 2) Mengkalibrasi sensor agar data yang diperoleh akurat dan sesuai dengan kondisi gudang pangan.
3. Implementasi Sistem di Gudang Mitra
 - a. Pemasangan perangkat IoT: Memasang sensor dan perangkat monitoring di lokasi gudang mitra.
 - b. Integrasi sistem dengan jaringan internet agar data dapat dikirim dan dipantau secara real-time.
 - c. Simulasi penggunaan sistem untuk memastikan semua fitur berjalan dengan baik sebelum sistem mulai digunakan dalam operasional sehari-hari.
4. Pelatihan dan Pendampingan Mitra
 - a. Sosialisasi teknologi IoT kepada mitra, termasuk cara kerja, manfaat, dan cara membaca data dari dashboard.
 - b. Pelatihan penggunaan sistem: Mitra diajarkan cara memantau suhu dan kelembaban, menerima notifikasi, serta melakukan tindakan pencegahan jika terjadi perubahan kondisi yang tidak normal.
 - c. Pendampingan teknis selama beberapa minggu setelah implementasi untuk membantu mitra beradaptasi dengan sistem.
5. Evaluasi dan Perbaikan Sistem
 - a. Monitoring kinerja sistem selama periode tertentu untuk mengamati efektivitasnya dalam menjaga kondisi gudang.
 - b. Pengumpulan umpan balik dari mitra mengenai kemudahan penggunaan dan dampak sistem terhadap operasional mereka.
 - c. Analisis data sebelum dan sesudah implementasi untuk mengukur perubahan dalam efisiensi penyimpanan dan pengurangan kerusakan bahan pangan.
 - d. Penyempurnaan sistem berdasarkan hasil evaluasi, seperti peningkatan akurasi sensor atau penambahan fitur baru jika diperlukan.
6. Dokumentasi dan Penyebarluasan Hasil Kegiatan
 - a. Penyusunan laporan akhir mengenai hasil dan dampak program terhadap mitra.
 - b. Publikasi hasil kegiatan dalam bentuk artikel ilmiah atau jurnal pengabdian kepada masyarakat.
 - c. Pembuatan video dokumentasi tentang proses implementasi dan manfaat sistem bagi mitra.
 - d. Replikasi solusi di gudang pangan lain yang memiliki permasalahan serupa untuk memperluas dampak program ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Hasil dari pelaksanaan program pelatihan pemasaran digital dan akuntansi sederhana bagi pelaku UMKM di Kecamatan Tarikolot:

Hasil Pelaksanaan Program

Pelaksanaan program "Pemanfaatan Teknologi IoT untuk Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Gudang Pangan" telah menunjukkan hasil yang positif dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Berbagai indikator keberhasilan telah tercapai, baik dalam aspek teknologi, peningkatan kapasitas mitra, maupun efisiensi operasional di gudang pangan.

1. Implementasi Sistem Monitoring Berbasis IoT
 - a. Sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis IoT telah terpasang dan berfungsi dengan baik di gudang mitra.
 - b. Dashboard digital real-time telah dikembangkan, memungkinkan mitra untuk memantau kondisi gudang kapan saja dan di mana saja.
 - c. Fitur notifikasi otomatis berhasil diterapkan, di mana mitra menerima peringatan jika suhu atau kelembaban melebihi ambang batas yang aman.

Dampak:

- a. Mitra tidak perlu lagi melakukan pengecekan manual, sehingga operasional menjadi lebih efisien.
- b. Respon terhadap perubahan suhu lebih cepat, mengurangi risiko kerusakan bahan pangan.
2. Peningkatan Kapasitas Mitra dalam Penggunaan Teknologi IoT
 - a. Mitra telah mengikuti pelatihan dan pendampingan teknis, sehingga mereka mampu memahami dan mengoperasikan sistem monitoring secara mandiri.
 - b. Modul dan panduan teknis telah disusun sebagai referensi bagi mitra dalam merawat dan mengelola sistem.
 - c. Mitra dapat menginterpretasikan data suhu dan kelembaban untuk mengambil keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan gudang.

Dampak:

- a. Mitra kini lebih terampil dalam pemanfaatan teknologi dan tidak lagi bergantung pada metode konvensional.
- b. Kemampuan mitra dalam membaca dan memanfaatkan data untuk pengambilan keputusan meningkat.
3. Pengurangan Kerugian Akibat Kerusakan Bahan Pangan
 - a. Berdasarkan data evaluasi, terjadi penurunan jumlah bahan pangan yang rusak atau membusuk akibat kondisi penyimpanan yang tidak stabil.
 - b. Mitra melaporkan adanya peningkatan kualitas produk yang disimpan, sehingga umur simpan lebih lama.
 - c. Data dari sistem monitoring membantu mitra dalam menyesuaikan sistem ventilasi atau pendingin di gudang agar tetap berada dalam kondisi optimal.

Dampak:

- a. Penghematan biaya operasional karena berkurangnya produk yang harus dibuang.
- b. Peningkatan keuntungan karena produk lebih terjaga mutunya dan bisa dijual dengan harga stabil.
4. Evaluasi dan Peningkatan Efisiensi Operasional
 - a. Data dari sistem telah dianalisis untuk melihat pola perubahan suhu dan kelembaban sepanjang waktu.

- b. Mitra mulai menerapkan strategi baru dalam penyusunan stok berdasarkan zona suhu optimal dalam gudang.
- c. Proses pemantauan gudang yang sebelumnya dilakukan secara manual kini lebih cepat dan akurat.

Dampak:

- a. Mitra dapat lebih mudah mengidentifikasi area gudang yang rentan terhadap fluktuasi suhu.
 - b. Keputusan untuk meningkatkan ventilasi atau menambah sistem pendingin kini berbasis data, bukan sekadar perkiraan.
5. Publikasi dan Penyebarluasan Hasil Kegiatan
- a. Laporan akhir implementasi telah disusun sebagai dokumentasi keberhasilan program.
 - b. Artikel ilmiah mengenai penerapan teknologi IoT di gudang pangan telah dipersiapkan untuk dipublikasikan di jurnal atau seminar.
 - c. Dokumentasi video telah dibuat untuk menunjukkan proses implementasi dan dampak yang telah dirasakan oleh mitra.

3.2 Luaran

Kegiatan “Pemanfaatan Teknologi IoT untuk Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Gudang Pangan” telah menghasilkan berbagai luaran konkret yang bermanfaat bagi mitra dan pihak terkait. Luaran ini mencakup produk teknologi, peningkatan keterampilan mitra, serta dokumen pendukung yang memastikan keberlanjutan dan dampak program dalam jangka panjang.

Produk Teknologi yang Telah Dihasilkan:

1. Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis IoT
 - a. Terdiri dari sensor suhu dan kelembaban (DHT22/SHT31), mikrokontroler (ESP8266/ESP32), serta modul komunikasi (Wi-Fi/LoRa).
 - b. Sistem ini dapat mengukur suhu dan kelembaban gudang secara real-time dan mengirimkan data secara otomatis.
 - c. Mitra tidak perlu lagi melakukan pengecekan manual karena data dapat diakses dari jarak jauh.
2. Dashboard Pemantauan Berbasis Web & Mobile
 - a. Aplikasi berbasis web dan mobile yang menampilkan data suhu dan kelembaban gudang dalam bentuk grafik dan laporan.
 - b. Memiliki fitur notifikasi otomatis jika terjadi perubahan suhu/kelembaban yang melebihi batas aman.
 - c. Dashboard ini memungkinkan mitra mengambil keputusan berbasis data untuk menjaga kondisi gudang tetap optimal.
3. Sistem Notifikasi Peringatan Dini
 - a. Notifikasi dikirim melalui email atau pesan WhatsApp jika suhu atau kelembaban melebihi batas yang telah ditentukan.
 - b. Dengan adanya fitur ini, mitra dapat merespons lebih cepat terhadap perubahan kondisi di gudang.

Peningkatan Keterampilan dan Kapasitas Mitra:

1. Pelatihan Penggunaan dan Perawatan Sistem IoT

- a. Mitra telah mendapatkan pelatihan tentang cara mengoperasikan, membaca data, serta melakukan troubleshooting pada sistem IoT yang telah dipasang.
 - b. Pelatihan ini memastikan bahwa mitra dapat menggunakan teknologi ini secara mandiri tanpa ketergantungan pada tim teknis.
2. Modul dan Panduan Penggunaan Sistem
 - a. Disusun dalam bentuk buku manual dan video tutorial yang memudahkan mitra dalam memahami cara kerja sistem.
 - b. Modul ini mencakup langkah-langkah instalasi, pemeliharaan, serta cara menginterpretasikan data yang diperoleh dari sistem.
 3. Peningkatan Pemahaman Mitra terhadap Pengelolaan Gudang Berbasis Data
 - a. Mitra kini dapat menggunakan data historis suhu dan kelembaban untuk menyusun strategi penyimpanan pangan yang lebih efisien.
 - b. Peningkatan kapasitas ini membantu mitra dalam mengurangi risiko kerusakan bahan pangan dan mengoptimalkan penyimpanan.

Efisiensi Operasional dan Dampak Langsung pada Mitra:

1. Pengurangan Kerugian akibat Penyimpanan yang Tidak Optimal
 - a. Berdasarkan evaluasi awal, terjadi penurunan jumlah bahan pangan yang rusak akibat fluktuasi suhu dan kelembaban yang tidak terkontrol.
 - b. Mitra lebih mudah menyesuaikan ventilasi atau pendingin gudang sesuai dengan data real-time dari sistem.
2. Pengambilan Keputusan Berbasis Data
 - a. Mitra tidak lagi mengandalkan perkiraan manual dalam mengatur kondisi gudang.
 - b. Dengan grafik tren suhu dan kelembaban, mereka dapat menyesuaikan strategi penyimpanan untuk menjaga kualitas bahan pangan.

Dokumentasi dan Publikasi Kegiatan

1. Laporan Implementasi dan Evaluasi Program
 - a. Dokumen yang berisi analisis efektivitas penerapan teknologi IoT dalam sistem penyimpanan gudang pangan.
 - b. Dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan lebih lanjut atau replikasi di lokasi lain.
2. Artikel Ilmiah atau Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat
 - a. Hasil program ini disusun dalam bentuk artikel ilmiah untuk diseminasi ke komunitas akademik dan industri.
 - b. Artikel ini menjelaskan metode, hasil, dan dampak implementasi teknologi IoT dalam meningkatkan efisiensi penyimpanan pangan.
3. Video Dokumentasi Kegiatan
 - a. Video yang mendokumentasikan proses pemasangan, pelatihan, serta testimoni mitra terkait manfaat sistem yang telah diterapkan.
 - b. Dapat digunakan sebagai materi edukasi untuk gudang pangan lainnya yang ingin menerapkan solusi serupa.

Foto Kegiatan.



Gambar 1. Foto Kegiatan Pemasangan Alat

4. KESIMPULAN

Kegiatan “Pemanfaatan Teknologi IoT untuk Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Gudang Pangan” telah berhasil mencapai tujuannya dengan menghadirkan solusi berbasis teknologi yang meningkatkan efisiensi operasional serta mengurangi risiko kerusakan bahan pangan akibat penyimpanan yang tidak optimal. Implementasi sistem monitoring berbasis IoT memungkinkan pemantauan suhu dan kelembaban secara real-time, sehingga mitra dapat merespons perubahan kondisi gudang dengan lebih cepat dan akurat. Selain itu, pelatihan dan pendampingan yang diberikan juga meningkatkan keterampilan mitra dalam memanfaatkan teknologi serta menganalisis data guna pengambilan keputusan yang lebih baik. Sebagai hasilnya, tingkat kerusakan bahan pangan dapat ditekan, efisiensi operasional meningkat, dan biaya penyimpanan menjadi lebih terkendali.

Dari program ini, terdapat beberapa pelajaran penting yang dapat diambil. Edukasi dan pendampingan berperan krusial dalam memastikan keberlanjutan penggunaan teknologi oleh mitra. Selain itu, data real-time terbukti meningkatkan responsibilitas dan efektivitas pengelolaan gudang. Agar sistem IoT ini lebih bermanfaat, perlu dirancang dengan antarmuka yang mudah digunakan

serta dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis agar pengguna dapat segera bertindak saat terjadi perubahan suhu dan kelembaban yang tidak sesuai standar. Evaluasi berkelanjutan juga penting untuk memastikan sistem bekerja secara optimal sesuai kebutuhan mitra.

Untuk menjaga keberlanjutan program, beberapa rekomendasi dapat diterapkan. Pengembangan fitur tambahan, seperti analisis prediktif berbasis kecerdasan buatan dan integrasi dengan sistem manajemen stok, dapat semakin meningkatkan efisiensi gudang. Ekspansi ke gudang pangan lain, terutama yang menghadapi masalah serupa, juga perlu dilakukan agar manfaat program ini dapat dirasakan lebih luas. Selain itu, kolaborasi dengan pemerintah, akademisi, dan industri pangan dapat mendukung penerapan standar penyimpanan berbasis teknologi IoT secara lebih luas. Pendampingan jangka panjang juga diperlukan agar mitra tetap mendapatkan dukungan teknis dan dapat terus mengoptimalkan pemanfaatan sistem yang telah diterapkan.

Secara keseluruhan, program ini membuktikan bahwa teknologi IoT dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan efisiensi penyimpanan pangan, mengurangi pemborosan, serta membangun kapasitas mitra dalam pemanfaatan teknologi. Dengan strategi yang tepat, program serupa dapat direplikasi di berbagai sektor untuk mendukung ketahanan pangan serta meningkatkan daya saing industri pangan secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Nugroho, R. A., & Putra, D. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan IoT. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 9(2), 105–114. <https://doi.org/10.24014/jtsi.v9i2.15234>
- Pratama, A., & Widodo, S. (2022). Implementasi IoT untuk Monitoring Lingkungan pada Gudang Penyimpanan. *Jurnal Teknik Informatika*, 13(1), 55–64.
- Susanto, A. (2020). *Internet of Things: Konsep dan Aplikasi dalam Kehidupan Sehari-hari*. Bandung: Informatika.
- Nugraha, E., & Yuniarti, L. (2021). Pemanfaatan Sensor DHT22 untuk Pemantauan Suhu dan Kelembaban Berbasis ESP32. *Jurnal Elektronika dan Sistem Komputer*, 5(1), 21–29.
- Kementerian Pertanian RI. (2022). *Pedoman Teknis Penanganan dan Penyimpanan Pangan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Tanaman Pangan.
- Rizki, M. I., & Cahyono, A. D. (2023). Desain Sistem Monitoring IoT untuk Gudang Logistik. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 11(1), 40–50.
- Dwijayanti, N., & Wahyuni, R. (2022). Analisis Efektivitas Teknologi IoT dalam Industri Pangan. *Jurnal Teknologi Industri*, 14(2), 132–140.
- Budiarto, R. (2019). *Pemrograman Mikrokontroler ESP32*. Yogyakarta: Andi.
- Firmansyah, R., & Maulana, F. (2020). Cloud-Based IoT Monitoring System for Smart Warehouse. *Journal of Applied Informatics*, 8(4), 75–82.
- Arduino. (2023). *DHT22 Sensor Data Sheet and Usage Guide*. <https://docs.arduino.cc>