

MACHINE LEARNING SMART PACKAGING PENGIRIMAN TELUR AYAM BERBASIS INTERNET oF THINGS (IoT) MENGGUNAKAN ALGORITMA C.45 DENGAN PLATFORM THINGSPEAK

Jupriyanto^{1*}, Cerafine Delna Putri^{2#}

Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik Universitas Mandiri¹
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Mandir²

Jl. Marsinu No. 5 - Subang, Tlp. 0206-417853 Fax. 0206-411873
E-mail: jupriyanto79@gmail.com^{1*}, cerafinedelnaputri@gmail.com^{2#}

ABSTRAKSI

Pada era industri 4.0, penerapan Machine Learning dan Internet of Things (IoT) memiliki peran krusial dalam meningkatkan efisiensi dan keamanan proses logistik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem Smart Packaging untuk pengiriman telur ayam dengan memanfaatkan Machine Learning menggunakan algoritma C.45 dan berbasis IoT dengan platform ThingSpeak. Sistem ini mengintegrasikan Node-MCU (ESP8266) sebagai otak dari perangkat, sensor DHT11 untuk memonitor suhu dan kelembaban dalam kemasan, sensor Getar SW-420 untuk mendeteksi kemungkinan kerusakan pada telur selama pengiriman, dan Modul GPS Unblock Neo6m-V2 untuk pelacakan lokasi secara real-time. Algoritma C.45 digunakan untuk memproses data dan membuat keputusan cerdas terkait kondisi telur dan lingkungan pengiriman. Data sensor dikumpulkan dan dikirim ke platform ThingSpeak melalui koneksi Wi-Fi yang disediakan oleh Node-MCU. Algoritma C.45 diterapkan untuk menganalisis data, memberikan prediksi kondisi telur, dan menghasilkan keputusan untuk tindakan selanjutnya selama proses pengiriman. Eksperimen dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sistem menggunakan perangkat lunak RapidMiner. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan prediksi kondisi telur dengan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga memungkinkan tindakan responsif terhadap situasi yang mungkin mempengaruhi kualitas telur selama pengiriman. Implementasi teknologi Machine Learning dan IoT dalam sistem pengiriman telur ayam ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas produk yang dikirimkan, mengoptimalkan proses logistik, dan memberikan solusi yang cerdas untuk memastikan keberlanjutan rantai pasok produk pangan.

Kata Kunci: *Algoritma C.45, Internet of Things, Machine Learning.*

ABSTRACT

In the era of Industry 4.0, the integration of Machine Learning and the Internet of Things (IoT) plays a crucial role in enhancing the efficiency and safety of logistics processes. This research aims to develop a Smart Packaging system for the shipment of chicken eggs utilizing Machine Learning with the C.45 algorithm and IoT-based on the ThingSpeak platform. The system integrates Node-MCU (ESP8266) as the central processing unit, the DHT11 sensor to monitor temperature and humidity within the packaging, the Vibration Sensor SW-420 to detect potential damage to eggs during shipment, and the Unblock Neo6m-V2 GPS Module for real-time location tracking. The C.45 algorithm is employed to process data and make intelligent decisions regarding the condition of the eggs and the shipping environment. Sensor data is collected and transmitted to the ThingSpeak platform through the Wi-Fi connection provided by Node-MCU. The C.45 algorithm is applied to analyze the data, provide predictions regarding egg conditions, and make decisions for further actions during the shipping process. Experiments were conducted to evaluate the system's accuracy using RapidMiner software. The results indicate that the system is capable of predicting egg conditions with a high level of accuracy, enabling responsive actions to situations that may affect egg quality during shipment. The implementation of Machine Learning and IoT technologies in this chicken egg shipping system is expected to enhance the quality of delivered products, optimize logistical processes, and provide an intelligent solution to ensure the sustainability of the food product supply chain.

Keyword: Algoritma C.45, Internet of Things, Machine Learning.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Transportasi produk yang mudah rusak, seperti telur ayam, memberikan tantangan dalam menjaga kualitas produk selama rantai pasok. Telur sensitif terhadap faktor-faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan gangguan fisik, dan memastikan integritasnya selama transportasi sangat penting baik untuk alasan ekonomi maupun keamanan pangan. Metode kemasan tradisional mungkin kurang memadai dalam menyediakan pemantauan real-time dan kemampuan pengambilan keputusan yang cerdas.

Dalam konteks Industri 4.0 dan munculnya teknologi cerdas, ada kebutuhan yang meningkat untuk solusi inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi dan kehandalan proses logistik. Machine Learning (ML) dan Internet of Things (IoT) menawarkan solusi yang menjanjikan untuk mengatasi tantangan ini dengan menyediakan pemantauan real-time, analisis prediktif, dan pengambilan keputusan berbasis data.

Penelitian ini dipicu oleh keinginan untuk memanfaatkan teknologi ML dan IoT untuk mengembangkan sistem Smart Packaging untuk pengiriman telur ayam. Dengan mengintegrasikan sensor untuk memantau kondisi lingkungan dan menggunakan algoritma machine learning untuk pengambilan keputusan cerdas, sistem ini bertujuan untuk menjamin kualitas dan keamanan telur selama transportasi. Sistem yang diusulkan tidak hanya mengatasi tantangan teknis tetapi juga sejalan dengan tren lebih luas dalam logistik cerdas, berkontribusi pada kemajuan praktik manajemen rantai pasok yang berkelanjutan dan efisien.

Penerapan algoritma ML, khususnya algoritma C.45, bersama dengan IoT untuk pelacakan dan pemantauan, diharapkan dapat merevolusi cara produk mudah rusak ditangani selama transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk berkontribusi dalam bidang logistik cerdas dengan menyediakan solusi komprehensif untuk pemantauan real-time dan dukungan keputusan dalam konteks pengiriman telur ayam.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari latar belakang, dapat diidentifikasi permasalahan:

1. Kerentanan Telur terhadap Lingkungan:
Telur ayam memiliki sensitivitas terhadap perubahan suhu, kelembaban, dan guncangan fisik selama proses pengiriman. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada telur dan menurunkan kualitasnya.
2. Ketidakmampuan Pemantauan Real-Time:
Metode pengawasan tradisional sering kali tidak mampu memberikan pemantauan kondisi telur secara real-time selama perjalanan. Ketidakmampuan ini dapat menyulitkan deteksi dini masalah yang mungkin timbul.
3. Ketidakpastian terhadap Kondisi Lingkungan:
Tidak adanya sistem yang dapat memberikan informasi terkait kondisi suhu dan kelembaban di dalam kemasan pada setiap saat dapat meningkatkan ketidakpastian terhadap keamanan dan kualitas telur.
4. Kurangnya Keputusan Cerdas:
Dalam konteks pengiriman telur, kurangnya sistem yang dapat membuat keputusan cerdas terkait perlakuan yang diperlukan untuk menjaga kualitas telur dapat mengakibatkan kerugian yang signifikan.
5. Tantangan Pemantauan Lokasi:
Sistem pengiriman sering menghadapi kendala dalam memantau lokasi secara akurat. Untuk menghindari risiko kerusakan atau kehilangan, diperlukan pemantauan lokasi yang andal.
6. Kerusakan Akibat Guncangan:
Guncangan fisik selama pengiriman dapat menyebabkan kerusakan pada telur. Identifikasi dini dan mitigasi risiko guncangan perlu menjadi fokus untuk memastikan integritas telur.
7. Tantangan Logistik Tradisional:
Metode logistik tradisional mungkin tidak cukup adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan dan memiliki keterbatasan dalam menyediakan pemantauan yang akurat.

Pengidentifikasi masalah-masalah ini mengindikasikan bahwa diperlukan pendekatan inovatif yang dapat menyediakan pemantauan real-time, keputusan cerdas, dan solusi adaptif untuk

mengatasi tantangan dalam pengiriman telur ayam. Solusi yang mengintegrasikan Machine Learning dan Internet of Things dapat menjadi jawaban untuk mengoptimalkan rantai pasok dan memastikan kualitas produk selama transportasi.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian:

1. Pengembangan Sistem Smart Packaging:
Mengembangkan sistem kemasan pintar yang dapat memonitor dan mengelola kondisi lingkungan sekitar telur ayam selama proses pengiriman menggunakan teknologi Internet of Things (IoT).
2. Pemantauan Real-Time:
Menyediakan kemampuan pemantauan kondisi suhu, kelembaban, dan guncangan secara real-time agar dapat mengidentifikasi perubahan lingkungan yang dapat mempengaruhi kualitas telur.
3. Penggunaan Machine Learning:
Menerapkan algoritma Machine Learning, khususnya algoritma C.45, untuk melakukan analisis data dan membuat keputusan cerdas terkait kondisi telur, sehingga dapat diambil tindakan pencegahan atau perbaikan yang diperlukan.
4. Peningkatan Keamanan dan Kualitas Produk:
Meningkatkan keamanan dan kualitas produk selama proses pengiriman dengan memastikan bahwa telur tetap berada dalam kondisi optimal sepanjang perjalanan.
5. Pelacakan Lokasi yang Akurat:
Mengintegrasikan modul GPS untuk pelacakan lokasi yang akurat, memastikan bahwa perjalanan telur dapat dipantau secara menyeluruh dan risiko hilang atau rusak dapat diminimalkan.
6. Pengoptimalan Rantai Pasok:
Mengoptimalkan rantai pasok secara keseluruhan dengan memberikan informasi yang tepat waktu dan akurat kepada para pemangku kepentingan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik.
7. Pengurangan Kerugian:
Mengurangi risiko kerugian dalam proses pengiriman dengan mengidentifikasi dini kondisi yang berpotensi merugikan dan memberikan tindakan responsif.
8. Keberlanjutan Rantai Pasok:
Menyumbang pada keberlanjutan rantai pasok dengan meminimalkan pemborosan dan merawat produk dengan lebih efisien selama perjalanan.
9. Validasi dan Evaluasi Akurasi:
Melakukan validasi dan evaluasi akurasi sistem dengan menggunakan perangkat lunak seperti RapidMiner untuk memastikan bahwa algoritma Machine Learning memberikan hasil yang dapat diandalkan.
10. Penyampaian Informasi yang Jelas:
Memberikan pemahaman yang jelas kepada para pemangku kepentingan mengenai kondisi dan lokasi telur, sehingga mereka dapat mengambil langkah-langkah yang sesuai saat diperlukan.
Dengan mencapai tujuan-tujuan ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi dan keberlanjutan rantai pasok produk pangan, khususnya dalam konteks pengiriman telur ayam.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Peningkatan Kualitas Produk:

- Sistem Smart Packaging ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas telur ayam selama proses pengiriman dengan memberikan pemantauan real-time terhadap kondisi lingkungan dan keadaan telur.
2. Pengurangan Kerugian dan Pemborosan:
Dengan mendeteksi dini kondisi yang dapat merugikan telur, sistem ini dapat mengurangi risiko kerugian dan pemborosan produk yang mungkin terjadi selama transportasi.
 3. Keamanan Pangan yang Lebih Tinggi:
Keamanan pangan dapat ditingkatkan dengan memastikan bahwa telur ayam dikirimkan dalam kondisi optimal, mengurangi risiko kontaminasi atau perubahan kualitas yang dapat mempengaruhi konsumen.
 4. Optimisasi Rantai Pasok:
Informasi yang diberikan oleh sistem dapat digunakan untuk mengoptimalkan rantai pasok secara keseluruhan, membantu pengambilan keputusan yang lebih cerdas dan efisien oleh para pemangku kepentingan.
 5. Penghematan Biaya:
Dengan meminimalkan kerugian dan pemborosan, perusahaan dapat menghemat biaya yang sebelumnya mungkin digunakan untuk menggantikan atau mengompensasi produk yang rusak.
 6. Pemantauan Lokasi yang Akurat:
Sistem ini memberikan manfaat dalam hal pelacakan lokasi yang akurat, mengurangi risiko hilangnya produk selama transportasi.
 7. Keberlanjutan Lingkungan:
Dengan meminimalkan pemborosan dan kerugian, penelitian ini dapat memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan, mengurangi jejak karbon dan limbah.
 8. Pemahaman yang Lebih Baik:
Para pemangku kepentingan, termasuk produsen, distributor, dan konsumen, dapat memahami kondisi produk secara lebih baik, memungkinkan partisipasi yang lebih aktif dalam menjaga kualitas produk.
 9. Penelitian Lebih Lanjut dan Pengembangan Teknologi:
Hasil dari penelitian ini dapat membuka pintu untuk penelitian lebih lanjut dan pengembangan teknologi serupa dalam konteks smart packaging dan pengiriman produk lainnya.
 10. Inovasi dalam Industri Pangan:
Penelitian ini dapat menjadi landasan untuk inovasi dalam industri pangan, mendorong pengembangan solusi cerdas untuk masalah logistik dan keamanan produk.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi pengembangan perangkat lunak (SDLC - Software Development Life Cycle) adalah suatu pendekatan sistematis untuk merancang, mengembangkan, menguji, dan memelihara perangkat lunak. Berikut adalah tahapan-tahapan umum dalam SDLC:

1. Perencanaan (Planning):
 - Identifikasi kebutuhan dan tujuan proyek.
 - Penyusunan rencana proyek, termasuk alokasi sumber daya dan jadwal waktu.
2. Analisis (Analysis):
 - Pemahaman mendalam terhadap kebutuhan pengguna dan sistem.
 - Identifikasi persyaratan fungsional dan non-fungsional.
3. Desain (Design):
 - Merancang struktur keseluruhan sistem.
 - Mendefinisikan arsitektur perangkat lunak.
 - Membuat desain rinci berdasarkan spesifikasi.
4. Implementasi (Implementation):
 - Proses penerjemahan desain menjadi kode.

- Pengujian unit untuk memastikan setiap bagian bekerja dengan baik.
5. Pengujian (Testing):
 - Melakukan pengujian perangkat lunak secara menyeluruh untuk memastikan keandalan dan kinerja yang baik.
 - Identifikasi dan perbaikan bug.
6. Penggabungan (Integration):
 - Menggabungkan komponen-komponen yang telah diuji menjadi satu kesatuan sistem.
 - Melakukan pengujian integrasi untuk memastikan kompatibilitas antarbagian sistem.
7. Peluncuran (Deployment):
 - Menyampaikan perangkat lunak ke pengguna atau lingkungan produksi.
 - Melakukan pelatihan pengguna dan tim operasional jika diperlukan.
8. Pemeliharaan (Maintenance):
 - Melakukan pemeliharaan rutin untuk memastikan kinerja yang optimal.
 - Menanggapi perubahan kebutuhan atau perbaikan yang diperlukan.
9. Evaluasi (Evaluation):
 - Melakukan evaluasi performa dan efektivitas sistem setelah peluncuran.
 - Menerima umpan balik dari pengguna dan mempertimbangkan perbaikan atau peningkatan.

Penting untuk dicatat bahwa berbagai model SDLC dapat digunakan, seperti model waterfall, model iteratif, atau model agile, tergantung pada kebutuhan dan karakteristik proyek. Model SDLC yang dipilih akan mempengaruhi cara proyek dikembangkan dan dikelola.

2. Landasan Teori

2.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu sistem komputer yang menyatukan atau mengemas seluruh atau sebagian besar komponennya dalam sebuah chip IC, sehingga sering disebut sebagai single chip microcomputer. Sistem mikrokontroler dirancang untuk melaksanakan satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Komponen-komponen utama dari mikrokontroler meliputi pemroses (processor), memori, dan input-output. Terkadang, beberapa chip pada mikrokontroler dapat digabungkan dalam satu papan rangkaian. Kelebihan utama mikrokontroler terletak pada kecocokannya untuk menjalankan tugas-tugas yang bersifat khusus atau aplikasi yang bersifat dedicated. Selain itu, mikrokontroler memiliki keunggulan dari segi harga yang umumnya lebih terjangkau dibandingkan dengan komputer lainnya karena perangkatnya yang relatif sederhana [1].

2.2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT), atau dikenal juga dengan singkatan IoT, adalah suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari koneksi internet yang terus-menerus tersambung. Konsep ini mencakup kemampuan seperti berbagi data, remote control, dan sebagainya, tidak hanya pada perangkat elektronik, tetapi juga pada berbagai objek dalam dunia nyata seperti bahan pangan, koleksi, dan peralatan. Semua objek ini terhubung ke jaringan lokal dan global melalui sensor yang tertanam dan selalu aktif. IoT mewakili perkembangan yang dapat mengoptimalkan kehidupan manusia dengan bantuan sensor dan kecerdasan buatan yang menggunakan jaringan internet untuk menjalankan perintah-perintah, serta menghubungkan manusia dengan perangkat dan perangkat dengan perangkat.

Perkembangan IoT dimulai sejak tahun 1989, dan sejak itu, terdapat berbagai penemuan baru yang menerapkan sistem jaringan internet. Fungsi utama IoT adalah mengumpulkan data atau informasi dari berbagai objek, lalu mengolah data tersebut sehingga menghasilkan makna yang dapat dipahami. IoT memiliki potensi untuk mengubah manajemen informasi, memberikan solusi cerdas yang dapat diterapkan di berbagai lingkungan seperti rumah, kantor, rumah sakit, transportasi, perusahaan, sekolah, dan pabrik [2].

2.3 Algoritma C4.5

Secara umum, langkah-langkah proses algoritma C4.5 untuk membangun pohon keputusan dalam data mining melibatkan:

- a. Pemilihan atribut sebagai akar.
- b. Pembuatan cabang untuk setiap nilai atribut.
- c. Pembagian kasus dalam setiap cabang.
- d. Pengulangan proses untuk setiap cabang hingga semua kasus pada cabang memiliki kelas yang sama.

Entropy (S) adalah jumlah bit yang diperkirakan dibutuhkan untuk mengekstrak informasi tentang suatu kelas (+ atau -) dari sejumlah data acak dalam ruang sampel S . Entropy dapat dianggap sebagai ukuran kebutuhan bit untuk merepresentasikan suatu kelas. Semakin kecil nilai entropy, semakin baik entropy tersebut dalam menggambarkan proses ekstraksi kelas. Entropy digunakan sebagai metrik untuk mengukur ketidakpastian dalam ruang sampel S . Perhitungan entropy dapat dilakukan seperti yang dijelaskan dalam persamaan [3].

$$\text{Entropy}(S) \equiv -p_{\oplus} \log_2 p_{\oplus} - p_{\ominus} \log_2 p_{\ominus}$$

- S : ruang (data) sampel yang digunakan untuk pelatihan
- p_{\oplus} : jumlah yang bersolusi positif atau mendukung pada data sampel untuk kriteria tertentu
- p_{\ominus} : jumlah yang bersolusi negatif atau tidak mendukung pada data sampel untuk kriteria tertentu.
- $\text{Entropi}(S) = 0$, jika semua contoh pada S berada dalam kelas yang sama.
- $\text{Entropi}(S) = 1$, jika jumlah contoh positif dan negative dalam S adalah sama.
 $0 > \text{Entropi}(S) > 1$, jika jumlah contoh positif dan negative dalam S tidak sama.

Gain (S, A) merupakan Perolehan informasi dari atribut A relative terhadap output data S . Perolehan informasi didapat dari output data atau variabel dependent S yang dikelompokkan berdasarkan atribut A , dinotasikan dengan gain (S, A). Adapun rumus untuk mencari nilai Gain yaitu:

$$\text{Gain}(S, A) \equiv \text{Entropy}(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} * \text{Entropy}(S_i)$$

Dimana:

- A : Atribut
- S : Sampel
- n : Jumlah partisi himpunan atribut A
- $|S_i|$: Jumlah sampel pada pertisi ke $-i$
- $|S|$: Jumlah sampel dalam S

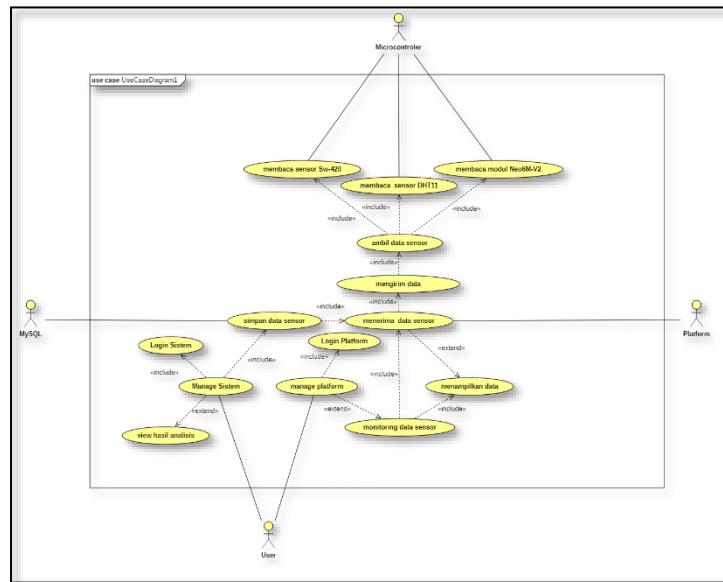
3. Analisa

3.1 Gambar Sistem

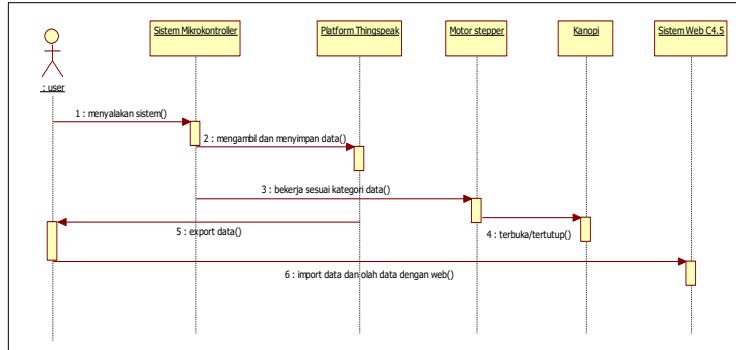
Dalam penelitian membuat *machine learning* smart packaging pengiriman telur ayam berbasis internet of things (iot) menggunakan c.45 menggunakan *platform thingspeak* sistem ini merupakan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terhubung dengan baik berdasarkan perintah dan fungsi yang telah dituliskan dalam baris program. perangkat keras terdiri dari nodemcu-v3(lolin), sw-420 untuk mengukur frekuensi getaran, dht11 untuk mengukur suhu dan kelembaban dan gps neo6m-v2 untuk mengetahui koordinat suatu wilayah. sedangkan perangkat lunak terdapat di dua sisi, yaitu pertama dibagian mikrokontroler, merupakan sebuah program untuk melakukan aksi dan pengontrolan terhadap sensor sw-420, dht11 dan gps neo6m-v. kemudian program kedua terdapat dibagian platform *thingspeak* yang merupakan tempat penyimpanan data dan monitoring data secara realtime. sistem ini akan mengoleksi data – data frekuensi getaran, suhu dan kelembapan serta data latitude dan longitude. data tersebut akan di rekap dan kemudian diinputkan ke database dan dilakukan proses perhitungan prediksi menggunakan algoritma c.45 pada sistem informasi untuk mengetahui kondisi keamanan barang yang dikirim.

3.2 Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem menggunakan UML, diawali dengan diagram *use case* digunakan untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada dalam sebuah sistem dan siapa saja yang berhak menggunakan fungsi-fungsi tersebut seperti pada gambar 3.3 *Use case Diagram*.

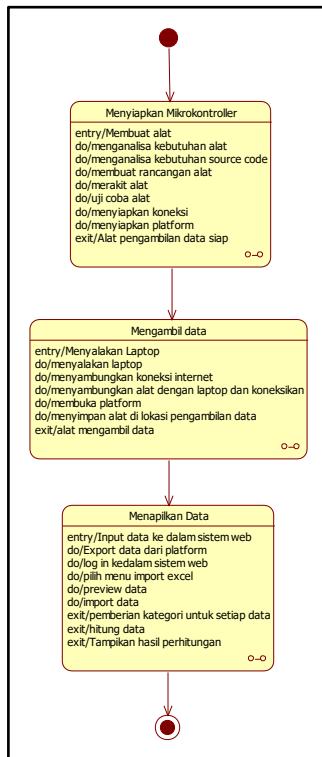


Gambar 3.1 Use case Diagram



Gambar 3.2 Sequence Diagram Hubungan user dan sistem

Sequence diagram menggambarkan interaksi user dengan system, dimana dengan sequence diagram urutan-urutan kejadian yang mungkin atau akan terjadi pada system dapat digambarkan dengan secara berurutan.



Gambar 3.3 Statechart diagram perancangan

Statechart diagram digunakan untuk menggambarkan aktivitas *system* dari awal hingga akhir, memodelkan kerja *system* secara reaktif yang merespon kerja *system* secara internal dan eksternal.

Analisa kebutuhan data system membahas kebutuhan yang di perlukan terkait dengan input dan proses yang akan di lakukan system. Pemenuhan kebutuhan data ini dilakukan dengan cara pengambilan data secara *ter-schedule*, dimana data diambil dengan rentang waktu 15 menit perhari. Data yang di peroleh selama 5 hari yaitu sebanyak 242 data, dimana data tersebut di ambil dari berbagai kondisi Suhu, Kelembaban, dan Getaran yang terjadi di dalam mobil.

3.3 Analisa Data

Tabel 3.1 Data mentah

No	Suhu	Kelembaban	Getaran
1	75.00	30.20	0
2	74.00	30.20	0
3	75.00	29.80	0
4	75.00	29.80	0
5	75.00	29.80	0
6	75.00	29.80	0
7	76.00	29.80	0
8	76.00	29.80	0
9	76.00	29.80	0
10	76.00	29.80	0
11	76.00	29.80	0
12	75.00	30.20	0

No	Suhu	Kelembaban	Getaran
13	75.00	30.20	0
14	74.00	30.20	0
15	72.00	31.80	0
16	72.00	31.80	0
.....
242	27.60	81.00	296

Data yang diperoleh dari hasil Algoritma C4.5 adalah klasifikasi dari setiap data yang selanjutnya menghasilkan pohon keputusan untuk *system* yang di buat.

Untuk menghitung data dengan algoritma c4.5 maka setiap data harus memiliki atribut terlebih dahulu. Untuk mendapatkan atribut setiap data maka harus dilakukan penghitungan terlebih dahulu dengan menggunakan skala likert seperti berikut:

Tabel 3.2 Skala likert

Parameter	Perhitungan skala likert		kategori
kelembaban	Skor tertinggi =	0,314049587	rendah 0-60
	Skor terendah =	0,111570248	
	Range =	0,202479339	
	Kategori =	3	
	interval =	0,067493113	normal 61 - 76
	KP =	0,246556474	
	Patokan =	59,66666667	
Suhu	Skor tertinggi =	0,334710744	rendah 0-64
	Skor terendah =	0,119834711	
	Range =	0,214876033	
	Kategori =	3	
	interval =	0,071625344	normal 65-81
	KP =	0,263085399	
	Patokan =	63,66666667	
getaran	Skor tertinggi =	46,35950413	rendah < 561
	Skor terendah =	0	
	Range =	46,35950413	
	Kategori =	2	
	interval =	23,17975207	tinggi > 562
	KP =	23,17975207	
	Patokan =	5609,5	

Selanjutnya pemberian atribut pada setiap data sesuai dengan nilai yang sudah ditentukan melalui proses penghitungan dengan skala likert diatas, seperti berikut:

Tabel 3.3 Pemberian nama atribut

No	Kategori Kelembaban	Kategori Suhu	Kategori Getaran	Class
1	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
2	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
3	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
4	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
5	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
6	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
7	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
8	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
9	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
10	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
11	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
12	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
13	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
14	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
15	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
16	Tinggi	Rendah	Tidak Ada	Aman
....
242	Rendah	Tinggi	Ada	Bahaya

3.4 Implementasi C4.5

a) Penentuan data *testing* dan *training*

Jumlah data yang akan di gunakan untuk proses pengujian / *Training* yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Training} &= \frac{194}{100} \times \text{Jumlah Data} \\ &= \frac{194}{100} \times 242 = 160 \text{ data} \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung data *testing* dengan rumus seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Testing} &= \frac{48}{100} \times \text{Jumlah Data} \\ &= \frac{48}{100} \times 200 = 40 \text{ data} \end{aligned}$$

b) Penghitungan data *Training* dengan Algoritma C4.5

Untuk memilih atribut sebagai akar, didasarkan pada nilai Gain tertinggi dari atribut-atribut yang ada. Untuk menghitung Gain digunakan rumus seperti tertera dalam persamaan berikut:

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \left| \frac{|S_i|}{S} \right| * Entropy(S_i) \dots (1)$$

Namun sebelum dapat menghitung Gain, kita harus memiliki nilai entropy terlebih dahulu, nilai entropy tersebut dapat kita dapatkan dengan menggunakan rumus berikut:

$$Entropy(S) = \sum_{i=1}^n p_i * \log_2 p_i \dots \dots \dots (2)$$

Dalam hal ini penulis menggunakan Microsoft Excel sebagai media pengolahan dan penghitungan data yang di dapat dari hasil penelitian, berikut ini hasil nilai dari masing-masing data:

- Penerapan Algoritma C.45 pada sistem monitoring pengiriman barang

- Penghitungan node 1

- Menghitung Entropy Total

$$\text{Entropy Total } (S) = \sum_{i=1}^n -P_i \times \log_2 P_i$$

$$(S) = -P1 \times \frac{\log P1}{\log 2} + -P2 \times \frac{\log P2}{\log 2}$$

$$(S) = \frac{-76}{194} \times \frac{\log 76/194}{\log 2} + \frac{-118}{194} \times \frac{\log 118/194}{\log 2}$$

$$(S) = 0,96592124$$

- Menghitung Entropy Landasan Parameter kelembaban rendah

Entropy Landasan (Si) = $\sum_{i=1}^n -Pi \times \log_2 Pi$

$$(Si) = -P1 \times \frac{\log P1}{\log 2} + -P2 \times \frac{\log P2}{\log 2}$$

$$(Si) = \frac{-0}{115} \times \frac{\log 0/115}{\log 2} + \frac{-115}{0} \times \frac{\log 3/115}{\log 2}$$

$$(Si) = 0$$

- Menghitung Entropy Landasan Parameter kelembaban Normal

Entropy Landasan (Si) = $\sum_{i=1}^n -Pi \times \log_2 Pi$

$$(Si) = -P1 \times \frac{\log P1}{\log 2} + -P2 \times \frac{\log P2}{\log 2}$$

$$(Si) = \frac{-0}{0} \times \frac{\log 0/0}{\log 2} + \frac{-0}{0} \times \frac{\log 7/0}{\log 2}$$

$$(Si) = 0$$

- Menghitung Entropy Landasan Parameter kelembaban tinggi

Entropy Landasan (Si) = $\sum_{i=1}^n -Pi \times \log_2 Pi$

$$(Si) = -P1 \times \frac{\log P1}{\log 2} + -P2 \times \frac{\log P2}{\log 2}$$

$$(Si) = \frac{-76}{79} \times \frac{\log 76/79}{\log 2} + \frac{-3}{79} \times \frac{\log 3/79}{\log 2}$$

$$(Si) = 0,232928$$

- Menghitung Entropy Landasan Parameter Suhu Rendah

Entropy Landasan (Si) = $\sum_{i=1}^n -Pi \times \log_2 Pi$

$$(Si) = -P1 \times \frac{\log P1}{\log 2} + -P2 \times \frac{\log P2}{\log 2}$$

$$(Si) = \frac{-76}{79} \times \frac{\log 76/79}{\log 2} + \frac{-3}{79} \times \frac{\log 3/79}{\log 2}$$

$$(Si) = 0,232928$$

- Menghitung Entropy Landasan Parameter Suhu Normal

Entropy Landasan (Si) = $\sum_{i=1}^n -Pi \times \log_2 Pi$

$$(Si) = -P1 \times \frac{\log P1}{\log 2} + -P2 \times \frac{\log P2}{\log 2}$$

$$(Si) = \frac{-0}{0} \times \frac{\log 0/0}{\log 2} + \frac{-0}{0} \times \frac{\log 7/0}{\log 2}$$

$$(Si) = 0$$

- Menghitung Entropy Landasan Parameter suhu tinggi.

Entropy Landasan (Si) = $\sum_{i=1}^n -Pi \times \log_2 Pi$

$$(Si) = -P1 \times \frac{\log P1}{\log 2} + -P2 \times \frac{\log P2}{\log 2}$$

$$(Si) = \frac{-0}{115} \times \frac{\log 0/115}{\log 2} + \frac{-115}{0} \times \frac{\log 3/115}{\log 2}$$

$$(Si) = 0$$

- Menghitung Entropy Landasan Parameter Getaran Tidak Ada.

Entropy Landasan (Si) = $\sum_{i=1}^n -Pi \times \log_2 Pi$

$$(Si) = -P1 \times \frac{\log P1}{\log 2} + -P2 \times \frac{\log P2}{\log 2}$$

$$(Si) = \frac{-76}{163} \times \frac{\log 76/163}{\log 2} + \frac{-87}{163} \times \frac{\log 87/163}{\log 2}$$

$$(Si) = 0,996712$$

- Menghitung Entropy Landasan Parameter Getaran Ada.

Entropy Landasan (Si) = $\sum_{i=1}^n -Pi \times \log_2 Pi$

$$(Si) = -P1 \times \frac{\log P1}{\log 2} + -P2 \times \frac{\log P2}{\log 2}$$

$$(Si) = \frac{-0}{31} \times \frac{\log 0/31}{\log 2} + \frac{-31}{31} \times \frac{\log 31/31}{\log 2}$$

$$(Si) = 0$$

- Menghitung Gain Parameter Suhu

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|Si|}{|Stotal|} \times Entropy(Si)$$

$$(S, A) = S - \left[\frac{|Si|}{|Stotal|} \right] \times Si(Panas) - \left[\frac{|Si|}{|Stotal|} \right] \times Si(Normal) - \left[\frac{|Si|}{|Stotal|} \right] \times Si(Dingin)$$

$$(S, A) = 0.999127116 - \left[\frac{111}{230} \right] \times 0 - \left[\frac{177}{230} \right] \times 0.439496987 - \left[\frac{42}{230} \right] \times 0.161498432$$

$$(S, A) = 0.82250015$$

- Menghitung Gain Parameter Kelembaban

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S_{total}|} \times Entropy(S_i)$$

$$(S, A) = S - \left[\frac{|S_i|}{|S_{total}|} \right] \times Si(Rendah) - \left[\frac{|S_i|}{|S_{total}|} \right] \times Si(Sedang) - \left[\frac{|S_i|}{|S_{total}|} \right] \times Si(Tinggi)$$

$$(S, A) = 0.999127116 - \left[\frac{165}{230} \right] \times 0 - \left[\frac{26}{230} \right] \times 0.51594693 - \left[\frac{139}{230} \right] \times 0.76564657$$

$$(S, A) = 0.47808584$$

- Menghitung Gain Parameter Getaran

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S_{total}|} \times Entropy(S_i)$$

$$(S, A) = S - \left[\frac{|S_i|}{|S_{total}|} \right] \times Si(Besar) - \left[\frac{|S_i|}{|S_{total}|} \right] \times Si(Normal) - \left[\frac{|S_i|}{|S_{total}|} \right] \times Si(Kecil)$$

$$(S, A) = 0.999127116 - \left[\frac{191}{230} \right] \times 0 - \left[\frac{201}{230} \right] \times 0.934068055 - \left[\frac{201}{230} \right] \times 0.999124943$$

$$(S, A) = 0.044755487$$

Tabel 3.4 Node data 1

Node			Jumlah Kasus	Aman	Bahaya	Entropy	Gain
1.1	Total		194	76	118	0,965921	
	Kelembaban						0,871069
		Rendah	115	0	115	0	
		Normal	0	0	0	0	
		Tinggi	79	76	3	0,232928	
	Suhu						0,871069
		Rendah	79	76	3	0,232928	
		Normal	0	0	0	0	
		Tinggi	115	0	115	0	
	Getar						0,128477
		Tidak Ada	163	76	87	0,996712	
		Ada	31	0	31	0	

Dari perhitungan Node pertama tersebut nilai gain terbesar adalah gain Kelembaban, maka kelembaban menjadi akar untuk perhitungan selanjutnya, dan nilai yang diambil adalah nilai dari atribut tinggi, karena atribut tersebut belum memiliki kelas, maka proses penghitungan terus berlanjut dengan akar diawali oleh nilai kelembaban tinggi.

Tabel 3.5 Perhitungan node 1

Node			Jumlah Kasus	Aman	Bahaya	Entropy	Gain
1.2	Kelembaban	Tinggi	79	76	3	0,232928	
		Suhu					0
			79	76	3	0,232928	
			0	0	0	0	
			0	0	0	0	
	Getar						0,232928
		Tidak Ada	76	76	0	0	
			3	0	3	0	

Dari proses penghitungan dengan Algoritma C4.5 di dapatkan sebuah pohon keputusan seperti berikut ini:

```
Kelembaban = Rendah: Bahaya {Aman=0, Bahaya=115}
Kelembaban = Tinggi
|   Getar = Ada: Bahaya {Aman=0, Bahaya=3}
|   Getar = Tidak Ada: Aman {Aman=76, Bahaya=0}
```

Gambar 3.4 Pohon Keputusan

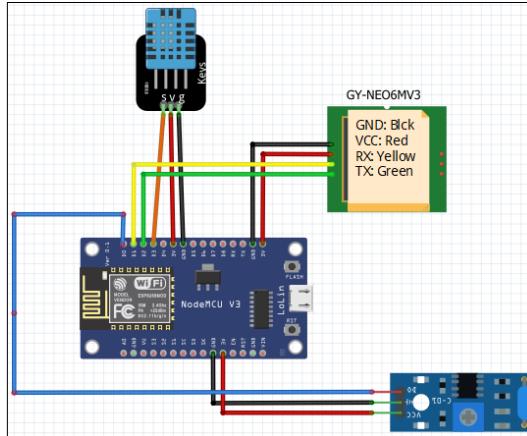
accuracy: 100.00%			
	true Aman	true Bahaya	class precision
pred. Aman	19	0	100.00%
pred. Bahaya	0	29	100.00%
class recall	100.00%	100.00%	

Gambar 3.5 Confusion Matrix

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Perancangan Alat

Pada gambar 4.1 merupakan alat yang sudah dirakit berdasarkan rancangan yang sudah buat



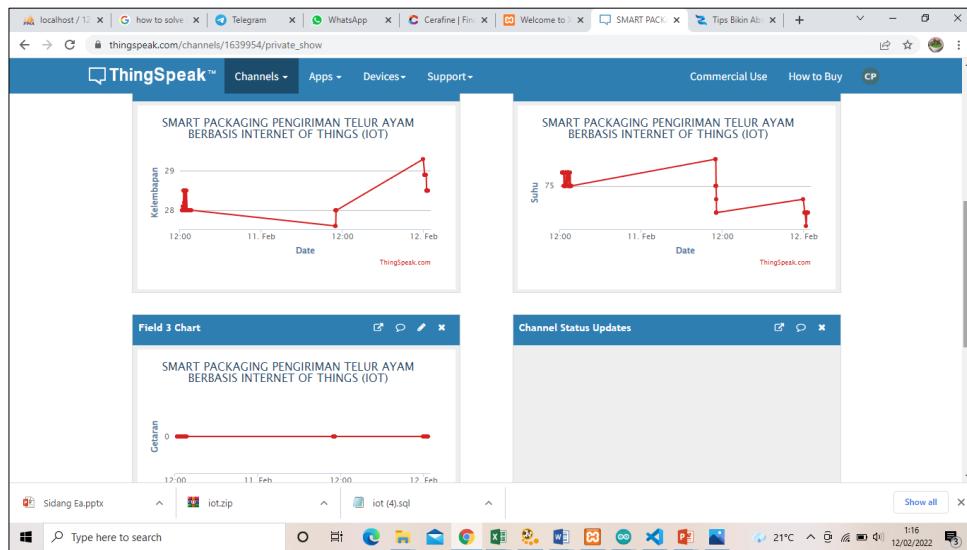
Gambar 4.1 Perangkat yang digunakan

Tabel 3.1 Skema wiring

DHT 11	NodeMCU	SW-420	NodeMCU	Neo6m-v2	NodeMCU
Pin +	3.3v	VCC	3.3v	VCC	3.3v
Pin -	GND	GND	GND	GND	GND
Pin out	D3	D0	D0	RX	D1
				TX	D2

4.2 Implementasi Platform *Thingspeak*

Untuk tampilan utama pada sistem yaitu grafik yang terjadi selama beberapa hari dilakukan monitoring sebagai salah satu langkah mengambil data dari beberapa took sekitaran Subang dengan membawa alat tersebut. Cara menampilkan *Channel* monitoring kanopi yaitu dengan cara masuk ke *web browser* dan akun *thingspeak* yang sudah di buat, maka akan muncul grafik perubahan cuaca selama monitoring di lakukan, seperti berikut:



Gambar 4.2 Grafik data channel

Pada penelitian ini, penulis melakukan monitoring untuk mendapatkan data *actual* selama 5 hari dengan waktu pengambilan data yang berbeda-beda agar data yang di dapat bervariasi, data yang dapat diambil secara utuh yaitu 242 data untuk setiap field.

4.3 Pengujian Sistem

Tabel hasil pengujian alat merupakan *record* sistem untuk menguji apakah alat yang penulis buat berjalan dengan baik tanpa *error* atau tidak.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Alat
Nama Proses

No.	Nama Proses	Hasil Pengujian
1	Koneksi <i>nodemcu</i> ke <i>access point</i>	Ya
2	Koneksi <i>pc (personal computer)</i> ke access point	Ya
3	Koneksi <i>nodemcu</i> ke <i>pc (personal computer)</i>	Ya
2	Pengambilan data suhu	Ya
3	Pengambilan data kelembaban	Ya
4	Pengambilan data getaran	Ya
5	Pengambilan data Koordinat	Ya

Tabel ini merupakan record sistem untuk menguji apakah sistem yang penulis buat berjalan dengan baik tanpa error atau tidak.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sistem

No	Proses	Hasil Pengujian
1	Halaman utama / Log in page	Berhasil
2	Halaman data sensor	Berhasil
3	Halaman data per-parameter	Berhasil

No	Proses	Hasil Pengujian
4	Halaman dapat menampilkan grafik dari Thingspeak	Berhasil
5	System dapat import data excel	Berhasil
6	System dapat menghitung otomatis dengan algoritma c4.5	Berhasil
7	System dapat menampilkan keputusan sesuai dengan atribut nilai	Berhasil
8	System dapat melakukan prediksi pohon keputusan	Berhasil

5 Kesimpulan

Dalam konteks pengembangan perangkat lunak, mikrokontroler merupakan suatu sistem komputer yang mengintegrasikan seluruh atau sebagian besar elemennya dalam satu chip IC. Komponen utamanya meliputi pemroses, memori, dan input-output, seringkali disebut sebagai single chip microcomputer. Mikrokontroler dirancang untuk melaksanakan tugas-tugas spesifik, terutama pada aplikasi yang bersifat dedicated. Kelebihannya terletak pada kemampuannya untuk menjalankan tugas-tugas khusus dengan harga yang relatif lebih terjangkau dibandingkan dengan komputer konvensional.

Sementara itu, Internet of Things (IoT) mewakili konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat koneksi internet yang terus-menerus tersambung. IoT tidak hanya melibatkan perangkat elektronik, tetapi juga objek-objek di dunia nyata seperti bahan pangan, koleksi, dan peralatan yang terhubung melalui sensor. Dengan bantuan sensor dan kecerdasan buatan yang menggunakan jaringan internet, IoT dapat mengoptimalkan kehidupan manusia, mengubah manajemen informasi, dan memberikan solusi cerdas di berbagai lingkungan.

Pada sisi lain, algoritma C4.5, sebagai salah satu algoritma induksi pohon keputusan, digunakan untuk memprediksi atau mengklasifikasi kejadian. Proses pembangunan pohon keputusan melibatkan pemilihan atribut sebagai akar, pembuatan cabang untuk setiap nilai atribut, dan pembagian kasus dalam setiap cabang. Information gain digunakan sebagai metode seleksi atribut dalam algoritma ini.

Selanjutnya, dalam pengukuran ketidakpastian suatu ruang sampel, entropy digunakan sebagai indikator seberapa baik informasi dapat diekstrak dari suatu kelas. Semakin kecil nilai entropy, semakin baik kemampuannya dalam merepresentasikan kelas. Entropy menjadi metrik yang penting dalam mengevaluasi keaslian suatu ruang sampel.

Dengan demikian, pemahaman tentang mikrokontroler, Internet of Things, algoritma C4.5, dan entropy memberikan dasar yang kokoh dalam pengembangan teknologi, pengelolaan informasi, dan pengambilan keputusan di berbagai bidang, menciptakan solusi cerdas dan efisien.

Pustaka

- [1] A. Bahga and V. Madisetti, "Internet of Things (A Hands-on-Approach)," Publisher, Year. 2014.
- [2] Megawati, S., & Lawi, A. (2021). Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia. 05, 19–26.
- [3] Asroni, A., Masajeng Respati, B., & Riyadi, S. (2018). Penerapan Algoritma C4.5 untuk Klasifikasi Jenis Pekerjaan Alumni di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Semesta Teknika, 21(2), 158–165. <https://doi.org/10.18196/st.212222>
- [4] A. E. Wijaya And A. Irfan, "Sistem Cerdas Monitoring Kandang Kenari Berbasis IoT Dengan Algoritma C.45 Thingspeak", *Jtik*, Vol. 15, No. 1, Pp. 10-24, Dec. 2022.
- [5] Suendri. (2018). Implementasi Diagram UML (Unified Modelling Language) Pada Perancangan Sistem Informasi Remunerasi Dosen Dengan Database Oracle (Studi Kasus: UIN Sumatera Utara Medan). *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 3(1), 1–9. <http://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/algoritma/article/download/3148/1871>.
- [6] Yan, M., Adiptya, E., & Wibawanto, H. (2013). Sistem Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pada Rumah Berbasis Mikrokontroller ATmega8. 5(1), 15–17.