

Perancangan Sistem Pemantauan Kelelahan Driver Berbasis IoT (Internet Of Things) Yang Adaptif Untuk Transportasi Makanan Segar: Studi Kasus Di Industri Logistik

Miftahol Arifin¹, Dimas Fanny Hebrasianto Permadi Kasanah², Pradana Ananda Raharja³, Nabila Noor Qisthani⁴, Fikra Titan Syifa⁵, Faizah Faizah⁶

¹⁻⁶Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Alamat: Jl. D.I.Pandjaitan No.128, Purwokerto, Banyumas, Indonesia

Korespondensi penulis: arifin@ittelkom-pwt.ac.id

Abstract. In the logistics industry, fresh food transportation requires effective management of driver fatigue to maintain safety and service quality. With the increasing digital connectivity, Internet of Things (IoT) technology has become a promising solution to monitor driver fatigue in real-time. This research aims to design an adaptive IoT-based driver fatigue monitoring system specifically for fresh food transportation. Through a case study in the logistics industry, we identified specific challenges and needs in driver fatigue management. Based on the identification results, we developed a system that utilizes IoT sensors integrated in vehicles and drivers' smartphones. The system automatically monitors the driver's physical condition and behavior and provides real-time alerts if signs of fatigue are detected. With an adaptive approach, the system can customize recommendations and interventions according to the measured fatigue level. The results of the case study show that the designed system is able to reduce the risk of driver fatigue, increase transportation safety, and improve service quality in fresh food transportation. This research contributes to the practical understanding of the implementation of IoT technology in driver fatigue management, particularly in the context of the logistics and fresh food transportation industries.

Keywords: Driver Fatigue Monitoring, IoT (Internet of Things), Fresh Food Transportation, Logistics Industry

Abstrak. Dalam industri logistik, transportasi makanan segar memerlukan manajemen yang efektif terhadap kelelahan driver untuk menjaga keselamatan dan kualitas layanan. Dengan meningkatnya konektivitas digital, teknologi Internet of Things (IoT) telah menjadi solusi yang menjanjikan untuk memantau kelelahan driver secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem pemantauan kelelahan driver yang adaptif berbasis IoT khusus untuk transportasi makanan segar. Melalui studi kasus di industri logistik, teridentifikasi tantangan dan kebutuhan spesifik dalam pengelolaan kelelahan driver. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, dikembangkan sistem yang memanfaatkan sensor-sensor IoT yang terintegrasi dalam kendaraan dan ponsel cerdas driver. Sistem ini secara otomatis memantau kondisi fisik dan perilaku pengemudi serta memberikan peringatan secara real-time jika tanda-tanda kelelahan terdeteksi. Dengan pendekatan adaptif, sistem dapat menyesuaikan rekomendasi dan intervensi sesuai dengan tingkat kelelahan yang terukur. Hasil dari studi kasus menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu mengurangi risiko kelelahan driver, meningkatkan keselamatan transportasi, dan memperbaiki kualitas layanan dalam transportasi makanan segar. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pemahaman praktis tentang implementasi teknologi IoT dalam manajemen kelelahan driver, khususnya dalam konteks industri logistik dan transportasi makanan segar.

Kata kunci: Pemantauan Kelelahan Driver, IoT (Internet of Things), Transportasi Makanan Segar, Industri Logistik

PENDAHULUAN

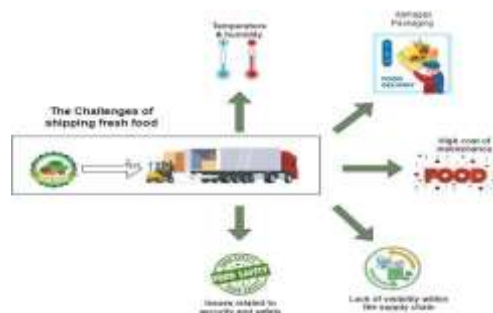
Era modern ini, makanan segar telah menjadi salah satu kebutuhan utama masyarakat. Semakin meningkatnya gaya hidup dan kesibukan dalam pekerjaan, banyak orang memilih untuk memesan makanan segar seperti buah-buahan dan produk makanan, yang minta diantar ke tempat tinggal atau kantor meskipun berjarak jauh. Salah satu permasalahan utama dalam

pengiriman makanan segar adalah risiko kerusakan dan penurunan kualitas makanan selama proses pengiriman. Tingkat kerusakan makanan segar yang bervariasi antara 10 hingga 25% (Niu et al., 2023), terdapat tantangan signifikan dalam menjaga kesegaran produk selama perjalanan. Faktor seperti suhu yang tidak terjaga, kelembaban yang tidak sesuai, dan kurangnya keamanan dalam pengiriman dapat menyebabkan kerusakan pada makanan segar, mengurangi umur simpannya (Jiang et al., 2021), dan bahkan mengancam keselamatan konsumen (Görçün et al., 2023).

Masalah lain yang sering terjadi dalam pengiriman makanan segar adalah ketepatan waktu pengiriman untuk menjaga kualitas makanan segar yang dikirim. Hal ini disebabkan oleh faktor utama yaitu kelelahan *driver* (Tong et al., 2013). Kelelahan *driver* merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kinerja dan kualitas pengiriman makanan segar. *Driver* yang kelelahan akan cenderung mengabaikan waktu pengiriman dan terkadang menyebabkan keterlambatan dalam pengiriman makanan. Selain itu, kelelahan juga dapat mempengaruhi kualitas makanan yang diantar, karena *driver* yang kelelahan tidak dapat memperhatikan kebersihan dan keamanan makanan yang diantarkan.

Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan inovasi yang dapat memantau kelelahan *driver*, memastikan kualitas makanan segar dan ketepatan waktu pengiriman yang terjaga. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) (Baron, 2020) dan GIS (Breunig et al., 2020) dalam sistem manajemen pengiriman makanan segar. IoT dan GIS akan digunakan untuk memantau kelelahan *driver* dengan menganalisis pola gerak dan tingkat aktivitas *driver*. Sensor yang ditempatkan pada kendaraan dapat memantau detak jantung, tekanan darah, dan tingkat kelelahan *driver* secara *real-time*.

Dalam pengembangan ini, telah mengidentifikasi tantangan dalam transportasi makanan segar (Wenji, 2021) untuk mengembangkan solusi yang tepat seperti dalam Gambar 1. Dengan melibatkan survei pasar yang komprehensif, analisis data industri, dan studi kasus dari berbagai sektor terkait, telah menghasilkan pemahaman mendalam tentang tantangan yang dihadapi dalam menjaga kualitas produk selama transportasi.



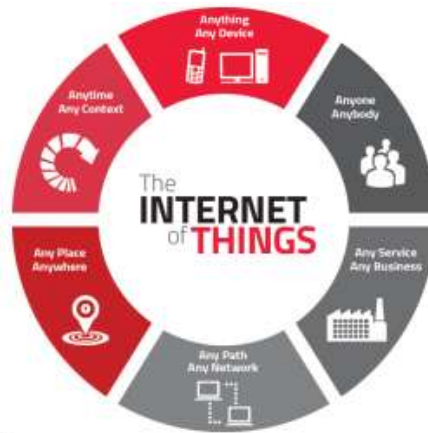
Gambar 1. Tantangan Pengiriman Makanan Segar

Rumusan masalah dari Pengembangan inovasi pada bidang transportasi makanan segar adalah bagaimana mengatasi keterbatasan dalam pemantauan dan manajemen kelelahan driver pada sektor logistik makanan segar untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi pengiriman? Tujuan kegiatan ini adalah mengembangkan alat pemantauan kualitas makanan segar selama transportasi, dengan fokus pada suhu, kelembaban, keamanan, dan kebersihan menggunakan teknologi IoT dan GIS. Selain itu, Penelitian juga bertujuan mengintegrasikan sistem pemantauan dan manajemen kelelahan driver untuk meningkatkan keamanan selama pengiriman, dengan harapan meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan dalam rantai pasok makanan segar secara holistik (Berlianty & Rachmawati, 2021). Sehingga output penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh perusahaan logistik makanan segar, driver, konsumen, serta perusahaan farmasi dalam *pengiriman vaksin atau obat-obatan*.

KAJIAN TEORITIS

1. Pemanfaatan Internet of Things

Internet of Things (IoT) merujuk pada suatu konsep dimana berbagai perangkat fisik terhubung ke internet, membentuk jaringan yang dapat berkomunikasi dan berbagi data satu sama lain. Komponen utama dalam ekosistem IoT (Chen, 2016) melibatkan penggunaan sensor dan aktuator yang mendeteksi dan mengukur kondisi fisik atau lingkungan, serta konektivitas yang memungkinkan perangkat berkomunikasi melalui teknologi seperti WiFi, Bluetooth, atau jaringan seluler. Pemrosesan data yang cerdas menjadi esensi dalam arsitektur IoT, memungkinkan perangkat untuk menganalisis dan memproses informasi dari sensor. Arsitektur ini terbagi antara perangkat di tepi (*edge*) yang melakukan pemrosesan data di tempat, jaringan yang menjadi dasar koneksi, dan pusat data (*cloud*) yang bertanggung jawab atas penyimpanan dan analisis data secara sentral. Protokol komunikasi seperti MQTT dan CoAP mendukung pertukaran informasi antar perangkat IoT (Saiqul Umam et al., 2023), sementara keamanan melibatkan enkripsi, autentikasi, dan manajemen akses untuk melindungi data. IoT memberikan manfaat dalam berbagai bidang, termasuk efisiensi operasional, kenyamanan pengguna, dan pemantauan kesehatan. Meskipun memberikan potensi besar, IoT juga menghadapi tantangan seperti privasi data, keamanan, dan kebutuhan untuk standarisasi. Perkembangan masa depan melibatkan integrasi teknologi seperti 5G dan edge computing, serta pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) dan machine learning untuk analisis data yang lebih canggih. Seiring waktu, IoT terus berkembang, membentuk era konektivitas yang lebih cerdas dan terintegrasi. (Corichi-Herrejón et al., 2021) Gambar 2. merupakan ilustrasi dari penerapan IoT (Patel et al., 2016).



Gambar 2. Internet of Things (IoT)

Berbagai penelitian telah mendiskusikan optimisasi transportasi untuk makanan segar. Sadjadi (2014) berfokus pada upaya meminimalkan biaya transportasi, dengan menerapkan algoritma genetika untuk mengoptimalkan rute dan Hongli mengusulkan model untuk manajemen kualitas. Pérez (2023) mengenalkan sebuah arsitektur Internet fisik yang bertujuan untuk meningkatkan kesegaran pengiriman dan mengurangi waktu pengemudi di luar rumah. Zhao (2020) memperluas penelitian ini dengan mempertimbangkan keandalan keamanan pangan dan kontrol suhu dalam jaringan jalan yang berubah-ubah, menggunakan algoritme koloni semut yang ditingkatkan secara adaptif untuk meminimalkan biaya distribusi dan meningkatkan keamanan pangan. Penelitian-penelitian ini secara kolektif menyoroti pentingnya mempertimbangkan faktor ekonomi dan kualitas dalam pengangkutan makanan segar.

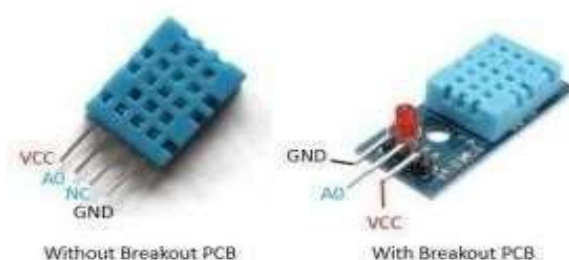
Teknologi IoT dan aplikasi seluler adalah bidang yang berkembang pesat, dengan fokus pada otomatisasi rumah (Benouda & Lachgar, 2020), aplikasi cerdas dan sadar konteks (Marinakakis & Doukas, 2018), dan keamanan dalam aplikasi IoT yang berpusat pada cloud (Attie & Meyer-Waarden, 2022). Penggunaan agen seluler dan layanan mikro dalam sistem IoT juga merupakan bidang minat utama (Saiqul Umam et al., 2023). Studi-studi ini secara kolektif menyoroti potensi aplikasi seluler IoT untuk meningkatkan pengalaman pengguna, meningkatkan keamanan, dan memungkinkan integrasi tanpa batas dengan objek pintar dan layanan eksternal.

Penggunaan IoT dalam pertanian rumah kaca, khususnya dalam budidaya selada, telah dieksplorasi dalam beberapa penelitian. Khafi (2019) dan Murtianta (2018) keduanya merancang rumah kaca dalam ruangan pintar yang dapat secara otomatis mengontrol suhu, kelembaban tanah, dan pencahayaan, dengan hasil positif dalam pertumbuhan selada. (Budisanjaya & Dkk, 2016) meningkatkan hal tersebut dengan memasukkan sistem yang dapat

dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh menggunakan smartphone Android. Rio Hartono (2022) mengambil langkah lebih jauh dengan mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis IoT, yang dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman dan efisiensi sumber daya. Studi-studi ini secara kolektif menunjukkan potensi IoT dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian rumah kaca, termasuk budidaya selada.

2. Sensor dan Antares

Sensor DHT11, berbasis teknologi sensor termistor, memberikan data akurat tentang suhu dan kelembaban sekitar. Desainnya yang ringkas memudahkan integrasinya dalam berbagai aplikasi seperti sistem otomatisasi rumah pintar, perangkat cuaca pribadi, dan proyek elektronika. Varian 3 pin atau 4 pin dari DHT11 memberikan fleksibilitas dalam desain sistem. Meskipun kecil, sensor ini memberikan informasi yang cepat dan akurat (Wasnik & Jeyakumar, 2016). Gambar sensor DHT11 dapat dilihat pada Gambar 3 (Srivastava et al., 2018).



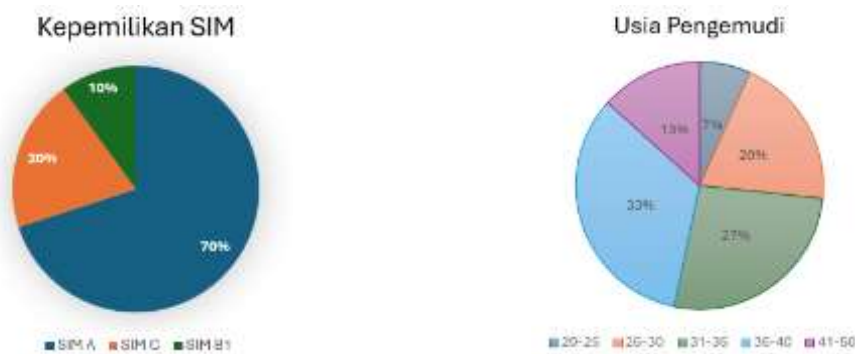
Gambar 3. Sensor DHT11

Antares, platform IoT, menyediakan layanan konektivitas dan manajemen data untuk perangkat terhubung ke internet. Dirancang untuk memfasilitasi pengembangan, pengujian, dan pengelolaan solusi IoT secara efisien dan terukur (Prabowo et al., 2020). Fitur utama Antares termasuk konektivitas handal antara perangkat IoT dan platform cloud, dengan dukungan protokol komunikasi standar seperti MQTT dan CoAP (Perdana et al., 2022). Antares juga mudah diintegrasikan dengan berbagai platform dan bahasa pemrograman seperti Python, Java, Arduino, dan Raspberry Pi. Keamanan data dijaga dengan metode otentikasi yang aman dan protokol keamanan yang dienkripsi (Dhanalakshmi et al., 2022).

METODE PENELITIAN

Data awal dalam penelitian ini dikumpulkan melalui wawancara dengan sekitar 30 pengemudi dari berbagai layanan transportasi logistik. Wawancara dilakukan menggunakan daftar pertanyaan terstruktur untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan guna mengevaluasi tingkat risiko kelelahan pengemudi. Pertanyaan-pertanyaan tersebut dirancang

untuk mencakup berbagai aspek yang relevan, termasuk pola kerja, durasi perjalanan, istirahat yang diambil, dan kondisi kesehatan pengemudi. Hasil dari wawancara ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kelelahan pengemudi dalam industri logistik. Dengan demikian, data awal ini menjadi dasar yang penting untuk analisis lebih lanjut dalam penelitian ini, yang bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan kelelahan berbasis IoT untuk transportasi makanan segar.



Gambar 4. Profil Responden

Penelitian dilakukan dalam rentang waktu dua bulan, di mana dibuat dua alat pengukuran kelelahan yang digunakan secara bergantian selama periode penelitian. Setiap alat dirancang dan dikalibrasi dengan cermat untuk memastikan keakuratannya dalam mendeteksi tanda-tanda kelelahan pada pengemudi. Penggunaan alat secara bergantian memungkinkan untuk membandingkan kinerja dan keandalan masing-masing alat dalam kondisi pengujian yang sama. Selama periode dua bulan ini, data yang dikumpulkan dari kedua alat akan dianalisis secara mendalam untuk mengevaluasi efektivitas dan keandalan mereka dalam mendeteksi kelelahan pada pengemudi. Hasil analisis ini akan menjadi landasan untuk menyusun rekomendasi dan perbaikan yang diperlukan dalam pengembangan sistem pemantauan kelelahan berbasis IoT untuk transportasi makanan segar. Dengan demikian, rentang waktu dua bulan ini menjadi periode yang krusial dalam pengembangan dan evaluasi alat pengukuran kelelahan yang telah dibuat.

1. Identifikasi Kebutuhan dan Persyaratan

Dalam langkah ini, akan dilakukan serangkaian wawancara dengan berbagai pihak yang terlibat dalam proses transportasi makanan segar, termasuk pengemudi, manajemen logistik, dan ahli teknologi. Wawancara ini bertujuan untuk memahami secara mendalam tantangan dan kebutuhan yang dihadapi dalam menjaga keselamatan dan kualitas layanan dalam industri logistik makanan segar. Pengumpulan data juga akan dilakukan melalui studi literatur untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif tentang masalah-masalah yang telah diidentifikasi oleh penelitian terdahulu dan tren terkini dalam teknologi IoT untuk

pemantauan kelelahan driver. Dari hasil wawancara dan studi literatur ini, akan dibuat daftar kebutuhan dan persyaratan yang harus dipenuhi oleh sistem pemantauan kelelahan driver yang akan dikembangkan, termasuk fitur-fitur yang diperlukan, batasan-batasan teknis, dan kriteria keselamatan yang harus dipertimbangkan. Hal ini akan menjadi landasan untuk desain dan pengembangan selanjutnya dari sistem pemantauan kelelahan driver yang adaptif dan efektif dalam konteks transportasi makanan segar.

Tabel 1. Identifikasi Kebutuhan dan Persyaratan

No.	Kategori		Deskripsi
1	Kebutuhan Fungsional	-	Sistem harus dapat mendeteksi tanda-tanda kelelahan pada pengemudi secara real-time.
		-	Sistem harus memberikan peringatan kepada pengemudi dan manajemen logistik ketika kelelahan terdeteksi.
		-	Integrasi dengan platform cloud untuk menyimpan dan menganalisis data kelelahan driver.
2	Kebutuhan Non-Fungsional	-	Sistem harus memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi kelelahan driver.
		-	Waktu respons sistem terhadap kelelahan driver harus cepat dan efisien.
		-	Keamanan data harus dijaga dengan enkripsi dan metode otentikasi yang aman.
3	Persyaratan Teknis	-	Sistem harus kompatibel dengan berbagai jenis sensor kelelahan dan perangkat IoT yang tersedia di pasar.
		-	Dukungan untuk protokol komunikasi standar
4	Kriteria Keselamatan	-	Kemampuan untuk berintegrasi dengan berbagai platform perangkat lunak dan bahasa pemrograman.
		-	Sistem harus tidak mengganggu perhatian pengemudi atau mengganggu kinerja saat mengemudi.
		-	Sistem harus dirancang untuk mencegah kecelakaan dan meminimalkan risiko kelelahan driver.
		-	Sistem harus mematuhi standar keselamatan dan peraturan lalu lintas yang berlaku.

2. Desain Sistem

Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang solusi yang dapat secara efektif memantau tingkat kelelahan driver dan sekaligus meningkatkan manajemen logistik dalam industri pengiriman makanan segar. Inovasi ini bertujuan untuk merespons permasalahan yang kerap terjadi di sektor logistik, terutama yang terkait dengan keselamatan pengemudi dan efisiensi operasional.

Untuk merancang sistem pemantauan kelelahan driver berbasis IoT untuk transportasi makanan segar, beberapa komponen penting dibutuhkan. Pertama adalah sensor kelelahan driver yang dapat mendeteksi tanda-tanda kelelahan, seperti gerakan mata, perubahan pola pengemudi, dan tanda-tanda kelelahan fisik. Sensor ini memainkan peran kunci dalam mengumpulkan data yang akurat tentang kondisi pengemudi. Selanjutnya, diperlukan sensor suhu dan kelembaban untuk makanan segar dalam pengiriman, yang membantu memastikan kondisi optimal selama transportasi. Selanjutnya, sistem pemantauan real-time diperlukan, yang terdiri dari perangkat lunak dan algoritma cerdas. Sistem ini menganalisis data dari sensor

dan memberikan pemantauan waktu nyata terkait tingkat kelelahan pengemudi, serta memberikan peringatan otomatis jika tanda-tanda kelelahan yang tinggi terdeteksi. Terakhir, antarmuka pengguna (user interface) diperlukan, seperti aplikasi mobile atau web yang dapat diakses oleh pengemudi dan manajemen logistik. Antarmuka pengguna ini menampilkan informasi pemantauan kelelahan secara jelas dan memberikan laporan analisis untuk pengambilan keputusan yang efektif. Dengan komponen-komponen ini, sistem pemantauan kelelahan driver dapat dirancang dengan baik untuk mendukung transportasi makanan segar dengan lebih efisien dan aman.



Gambar 5. Rancangan Desain sistem

3. Pengembangan Prototipe

Dalam pengembangan sistem pemantauan kelelahan driver berbasis IoT untuk transportasi makanan segar, langkah selanjutnya adalah merancang antarmuka pengguna yang intuitif dan informatif. Antarmuka pengguna ini, baik dalam bentuk aplikasi mobile maupun web, akan menjadi titik akses utama bagi pengemudi dan manajemen logistik untuk memantau kondisi kelelahan pengemudi secara real-time. Dengan antarmuka pengguna yang user-friendly, pengemudi dapat dengan mudah melihat informasi tentang tingkat kelelahan mereka dan menerima peringatan jika ditemukan tanda-tanda kelelahan yang tinggi. Selain itu, manajemen logistik dapat mengakses data pemantauan secara keseluruhan melalui antarmuka pengguna ini, memungkinkan mereka untuk mengambil keputusan yang tepat waktu terkait jadwal pengemudi, perencanaan rute, dan manajemen logistik secara umum. Dengan antarmuka pengguna yang efisien dan informatif, sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keselamatan dalam transportasi makanan segar sambil memberikan visibilitas yang lebih baik atas kondisi pengemudi dan makanan selama perjalanan.



Gambar 6. Desain Dashboard Web DigiMove

4. Implementasi sistem

Implementasi sistem ini akan dimulai dengan pemasangan sensor kelelahan driver dan sensor suhu/kelembaban pada kendaraan pengiriman makanan segar. Setelah itu, perangkat lunak pemantauan real-time akan diintegrasikan dengan sistem, dan konfigurasi antarmuka pengguna akan diselesaikan agar sesuai dengan kebutuhan. Selanjutnya, sistem diuji coba secara menyeluruh untuk memastikan fungsionalitas dan keandalannya dalam mendeteksi kelelahan driver serta memonitor kondisi makanan selama transportasi.

Selama tahap implementasi, tim juga akan memberikan pelatihan kepada pengemudi dan staf manajemen logistik tentang cara menggunakan antarmuka pengguna dan merespons peringatan kelelahan dengan benar. Setelah implementasi selesai, sistem dijalankan secara terus-menerus dengan pemantauan yang ketat terhadap kinerjanya.



Gambar 7. Implementasi alat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi prototipe yang dikembangkan: Mikrokontroler: Arduino UNO R3 ATmega328P; Sensor Suhu dan Kelembaban: DHT11 (0-50° Celsius, 20-90% kelembaban), Akselerometer 3 Axis: ADXL335; Multiplexer 16 Channel: CD74HC4067; Sensor Berat: 50kg; sensor ECG Arduino; Konverter Berat: HX711; SIM900 GPS/GPRS/GSM

shield;Pendukung Baterai 9V dengan Konektor DC;Tombol On/Off;Micro SD Card Shield. Alat ini akan menghasilkan data real-time tentang suhu, kelembaban, keamanan, dan kelelahan driver selama perjalanan. Outcome yang diharapkan adalah peningkatan kualitas makanan segar yang terjaga, pengurangan pembusukan dan kerugian, serta kepuasan konsumen yang lebih tinggi.

1. Pengujian pada pengiriman strawberry

Transportasi produk makanan segar, seperti buah strawberry, memerlukan perhatian khusus terhadap karakteristik dan kondisi penyimpanannya. Pengujian alat yang dilakukan bertujuan untuk memastikan kesegaran dan kualitas buah selama transportasi termasuk kelelahan driver. Buah strawberry dipilih karena memiliki karakteristik yang khas, seperti warna merah cerah, rasa manis dan asam yang seimbang, serta aroma manis segar. Selain itu, buah harus bebas dari kerusakan fisik seperti memar atau lecet.

Pada tahap pengujian, buah strawberry yang dipilih harus memiliki kualitas yang optimal. Warna buah harus merah cerah, menunjukkan kematangan yang baik. Rasa buah harus seimbang antara manis dan asam, dan aroma segar harus tercium dengan jelas. Selain itu, buah harus bebas dari kerusakan fisik, seperti memar atau lecet, yang dapat mempengaruhi kualitas dan kesegaran buah selama transportasi.



Gambar 8. Buah strawberry dari kebun di Serang, Purbalingga

Setelah buah dipilih, tahap penyimpanan menjadi kunci dalam mempertahankan kualitasnya. Suhu penyimpanan menjadi faktor utama, di mana suhu optimal untuk penyimpanan jangka pendek (1-3 hari) adalah antara 0°C hingga 4°C. Sedangkan untuk penyimpanan jangka menengah (3-7 hari), suhu harus lebih rendah, sekitar 0°C hingga 2°C. Selain suhu, kelembaban juga penting untuk dipertahankan agar buah tetap segar. Kelembaban optimal untuk strawberry adalah sekitar 90-95%.

Selama proses transportasi, perubahan karakteristik buah dapat terjadi karena berbagai faktor. Warna buah dapat menjadi lebih gelap, sementara warna daun mungkin berubah menjadi hitam. Kerusakan fisik, seperti penyok atau lecet, juga bisa terjadi akibat perlakuan

yang tidak hati-hati selama pengangkutan. Selain itu, buah dapat mengalami susut bobot dan penurunan kesegaran akibat perubahan suhu dan kelembaban selama perjalanan. Perubahan dalam rasa juga mungkin terjadi karena proses oksidasi atau degradasi zat-zat kimia dalam buah.

2. Pengukuran Kelelahan

Deteksi kelelahan driver merupakan aspek krusial dalam menjaga keamanan dan efisiensi dalam transportasi, terutama ketika mengangkut produk makanan segar yang memerlukan perhatian khusus terhadap kondisi penyimpanan dan penanganannya. Dalam konteks ini, penggunaan sinyal Elektrokardiogram (ECG) sebagai metode deteksi kelelahan menjanjikan kemungkinan yang menarik. Alat pengukur kelelahan yang difokuskan pada analisis ECG dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang kondisi fisik dan fisiologis pengemudi secara langsung.

Sinyal ECG merekam aktivitas listrik jantung, yang mencerminkan ritme jantung serta aktivitas dan koordinasi atrium dan ventrikel. Dalam kondisi normal, gelombang ECG menunjukkan pola yang teratur dan konsisten. Namun, ketika seseorang mengalami kelelahan atau stres, pola ECG dapat mengalami variasi yang signifikan.

Hasil pengumpulan data dari proses pengujian di rangkum dalam tabel 2. Berikut :

Tabel 2. Rata-rata Kelelahan Driver berdasarkan Hasil ECG dan Waktu Pengukuran

No.	Waktu	Hasil ECG	Nilai ECG	Titik Kelelahan
1	08:00	Normal	0.5 - 1.2	-
2	10:15	Aritmia	0.8 - 1.5	Detik 200 (1.3)
3	12:30	Fluktuasi	0.6 - 1.0	Detik 350 (0.9)
4	14:45	Normal	0.4 - 1.1	-
5	16:00	Bradikardia	0.3 - 0.8	Detik 450 (0.6)

Dari tabel tersebut menunjukkan variasi kondisi kelelahan driver selama periode transportasi yang menunjukkan bahwa :

1. Hasil ECG yang beragam menunjukkan adanya variasi dalam aktivitas jantung pengemudi. Meskipun beberapa pengemudi menunjukkan hasil normal, yang menunjukkan fungsi jantung yang stabil, ada juga beberapa kasus aritmia, fluktuasi, dan bradikardia. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian pengemudi mungkin mengalami ketidaknormalan dalam aktivitas jantung mereka, yang dapat menjadi tanda kelelahan atau kondisi kesehatan yang tidak stabil.
2. Deteksi kelelahan pada titik-titik tertentu, seperti detik 200 dan 450, menunjukkan adanya potensi tinggi kelelahan pada saat-saat tersebut. Pada detik-detik tersebut, pengemudi cenderung menunjukkan pola atau anomali dalam sinyal ECG yang mengindikasikan tingkat kelelahan yang lebih tinggi.

3. Pengukuran dilakukan pada berbagai jam selama periode transportasi. Ini mengungkapkan pola kelelahan driver selama berbagai waktu dalam sehari. Misalnya, pengukuran pada jam-jam tertentu mungkin menunjukkan tingkat kelelahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jam-jam lainnya, yang dapat memberikan wawasan tentang pola kelelahan yang berkembang selama periode waktu tertentu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam kesimpulan, analisis hasil ECG driver selama periode transportasi mengungkapkan pola yang bervariasi dalam kondisi kelelahan. Meskipun beberapa pengemudi menunjukkan hasil normal, terdapat juga kasus ketidaknormalan seperti aritmia dan bradikardia. Deteksi titik-titik potensial kelelahan pada waktu-waktu tertentu menunjukkan adanya potensi tinggi kelelahan pada saat-saat tersebut, yang menyoroti pentingnya pemantauan terhadap kelelahan selama perjalanan. Pengukuran yang dilakukan pada berbagai jam selama periode transportasi juga memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pola kelelahan driver selama berbagai waktu dalam sehari. Kesimpulan ini menegaskan perlunya perhatian terhadap kelelahan driver sebagai faktor penting dalam menjaga keselamatan dalam perjalanan transportasi. Dengan memahami pola dan indikator kelelahan yang terdeteksi, langkah-langkah pencegahan yang sesuai dapat diambil untuk mengurangi risiko kecelakaan dan memastikan keselamatan pengemudi dan penumpang.

DAFTAR PUSTAKA

- Attíe, E., & Meyer-Waarden, L. (2022). The acceptance and usage of smart connected objects according to adoption stages: an enhanced technology acceptance model integrating the diffusion of innovation, uses and gratification and privacy calculus theories. *Technological Forecasting and Social Change*, 176. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121485>
- Baron, M. (2020). Internet of things. In *The Routledge Companion to Managing Digital Outsourcing* (pp. 319–330). Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781351037785-23>
- Benouda, H., & Lachgar, M. (2020). IoT devices controlled using mobile apps. *MENACIS2020*.
- Berlianty, I., & Rachmawati, D. (2021). Noise Level Measurement to Reduce the Risk of Injury with the Internet of Things and Ergonomic Approach. *RSF Conference Series: Engineering and Technology*, 1(1), 126–135.

- Breunig, M., Bradley, P. E., Jahn, M., Kuper, P., Mazroob, N., Rösch, N., Al-Doori, M., Stefanakis, E., & Jadidi, M. (2020). Geospatial data management research: Progress and future directions. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/ijgi9020095>
- Budisanjaya, R., & Dkk, I. (2016). Pemantau Suhu dan Kadar Air Kompos Berbasis Internet Of Things (Iot) dengan Arduino Mega dan Esp8266. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 1(2).
- CHEN, M. (2016). IMPROVING EFFICIENCY, SECURITY AND PRIVACY OF THE INTERNET OF THINGS—FROM RFID TO NETWORKED TAGS. In *Revista Brasileira de Ergonomia*.
- Corichi-Herrejón, J., Santiago-Pineda, A., Montes-Gómez, B., Juárez-Cruz, A. S., Reyes-Zárate, G. G., Moreno-Moreno, J., & Pérez-Rojas, D. (2021). Ergonomics Assessment Based on IoT Wearable Device. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1378 AISC. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74009-2_65
- Dhanalakshmi, G., Jeevana Jyothi, K., & Naveena, B. (2022). Raspberry Pi-Based Heart Attack and Alcohol Alert System Over Internet of Things for Secure Transportation. In *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies (Vol. 75)*. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3728-5_32
- Görçün, Ö. F., Aytekin, A., & Korucuk, S. (2023). Fresh food supplier selection for global retail chains via bipolar neutrosophic methodology. *Journal of Cleaner Production*, 419. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138156>
- Jiang, Y., Lai, P., Chang, C. H., Yuen, K. F., Li, S., & Wang, X. (2021). Sustainable management for fresh food E-commerce logistics services. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063456>
- Khafi, A. M. (2019). Sistem Kendali Suhu Dan Kelembaban Pada Greenhouse Tanaman Sawi Berbasis IoT. *Generation Journal*, 3(2). <https://doi.org/10.29407/gj.v3i2.12973>
- Marinakakis, V., & Doukas, H. (2018). An advanced IoT-based system for intelligent energy management in buildings. *Sensors (Switzerland)*, 18(2). <https://doi.org/10.3390/s18020610>
- Murtianta, B., Susilo, D., & Salenda, R. (2018). Pemancar Modulasi Frekuensi dengan Modul GRF-3300. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 17(02). <https://doi.org/10.31358/techne.v17i02.174>
- Niu, H., Zhang, M., Shen, D., Mujumdar, A. S., & Ma, Y. (2023). Sensing materials for fresh food quality deterioration measurement: a review of research progress and application in supply chain. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2195939>
- Patel, K. K., Patel, S. M., & Scholar, P. G. (2016). Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 6(5). <https://doi.org/10.4010/2016.1482>

- Perdana, D., Ramadhani, K., & Alinursafa, I. (2022). Analysis Of The MQTT Protocol On Hydroponic System Based On Internet Of Things And Antares Platform. *Webology*, 19(2).
- Pérez, I. (2023). *Arduino IDE*. *Publicación Semestral*, 11(21).
- Prabowo, M. C. A., Hidayat, S. S., & Luthfi, F. (2020). Low Cost Wireless Sensor Network for Smart Gas Metering using Antares IoT Platform. 3rd International Conference on Applied Science and Technology, ICAST 2020. <https://doi.org/10.1109/iCAST51016.2020.9557692>
- Rio Hartono, F., Much Ibnu Subroto, I., & Mulyono, S. (2022). Sistem Kontrol Penyiraman Otomatis Pada Pembibitan Padi Berbasis IOT Menggunakan Rule Base System. *Jurnal Transistor Elektro Dan Informatika (TRANSISTOR EI)*, 4(2).
- Sadjadi, S., Soltani, R., & Eskandarpour, A. (2014). Location based treatment activities for end of life products network design under uncertainty by a robust multi-objective memetic-based heuristic approach. *Appl. Soft Comput.*, 23, 215–226. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.06.028>
- Saiqul Umam, M., Adi Wibowo, S., & Agus Pranoto, Y. (2023). IMPLEMENTASI PROTOKOL MQTT PADA APLIKASI SMART GARDEN BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(1). <https://doi.org/10.36040/jati.v7i1.6131>
- Srivastava, D., Kesarwani, A., & Dubey, S. (2018). Measurement of Temperature and Humidity by using Arduino Tool and DHT11. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5(12).
- Tong, J., Wang, Y. H., Fan, X. M., Zhang, S. J., & Chen, D. H. (2013). Monitoring system of cold chain logistics for farm fresh produce. *Jilin Daxue Xuebao (Gongxueban)/Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition)*, 43(6). <https://doi.org/10.7964/jdxbgxb201306044>
- Wang, Z., Huang, L., & He, C. X. (2019). A multi-objective and multi-period optimization model for urban healthcare waste's reverse logistics network design. <https://doi.org/10.1007/s10878-019-00499-7>
- Wasnik, P., & Jeyakumar, A. (2016). Monitoring stress level parameters of frequent computer users. *International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2016*, 1753–1757. <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2016.7754467>
- Wenji, W. (2021). Study on inventions of fresh food in commercial aspects using e-commerce over internet. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 71(4). <https://doi.org/10.1080/09064710.2021.1880625>
- Zhao, J., Li, X., Huang, W., & Zheng, J. (2020). Potential risk factors for case fatality rate of novel coronavirus (COVID-19) in China: A pooled analysis of individual patient data. *American Journal of Emergency Medicine*, 38(11). <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.08.039>