

## Perancangan Akuisisi Data Monitoring Kondisi Area Mesin *Calendering* Tekstil Dengan *IoT*

**Muhammad Zakaria<sup>1\*</sup>, Minarto<sup>2</sup>, Uus Muhamad Husni Tamyiz<sup>3</sup>**

Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana, Purwakarta, Indonesia

\*e-mail *Corresponding Author*: muhammadzakaria12@wastukencana.ac.id

### **Abstract**

*Calendering is intended to obtain fabric with a flat, smooth and shiny surface by passing and pressing the fabric between hot calendaring rollers. Good results will be obtained if the fibers in the fabric are in a plastic condition, namely in a state of moisture and heat. This research aims to inform the condition of the calendaring machine area for workers because workers very rarely occupy the conditions of the area because the environment is hot and noisy. The Internet of Things (IoT) system for monitoring the condition of the calendaring machine area with data acquisition consists of temperature, humidity, fire, vibration, and air quality sensors. The NodeMCU collects data from the calendaring machine area sensors, then sends it to the web server using the POST method over a WiFi connection. The web server receives the data and displays it in real-time in graphical form. Operators can access it from a centralized control room to efficiently monitor the condition of the machine. Through the implementation of this data acquisition system, it is expected that the use of IoT in monitoring the condition of the calendaring machine area can improve operational efficiency, optimize preventive maintenance, and reduce overall production costs. Thus, the results of this research can make a positive contribution to the textile industry in achieving better performance and improving the reliability of calendaring machines.*

**Keywords:** *Calendering textile; Internet of Things; monitoring; NodeMCU*

### **Abstrak**

Penyempurnaan kain kalender (*calendering*) dimaksudkan untuk memperoleh kain dengan permukaan rata, halus dan berkilau dengan cara kain dilewatkan dan ditekan diantara rol-rol kalender yang panas. Hasil yang baik akan diperoleh bila serat pada kain dalam kondisi plastis yaitu dalam keadaan lembab dan panas. Penelitian ini bertujuan untuk menginformasikan kondisi area mesin calendaring untuk para pekerja dikarenakan para pekerja sangat jarang menempati kondisi area tersebut dikarenakan lingkungannya panas dan bising. Sistem *Internet of Things* (IoT) untuk memonitoring kondisi area mesin *calendering* dengan akuisisi data ini terdiri dari sensor suhu, kelembaban, api, getaran, dan kualitas udara. *NodeMCU* mengumpulkan data dari sensor area mesin *calendering*, lalu mengirimkannya ke web server menggunakan metode POST melalui koneksi WiFi. Web server menerima data tersebut lalu ditampilkan secara real-time dalam bentuk grafik. Operator dapat mengaksesnya dari tempat control terpusat *control room* untuk memantau kondisi mesin secara efisien. Melalui implementasi sistem akuisisi data ini, diharapkan penggunaan IoT dalam monitoring kondisi area mesin calendaring ini dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengoptimalkan pemeliharaan preventif, dan mengurangi biaya produksi secara keseluruhan. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif terhadap industri tekstil dalam mencapai performa yang lebih baik dan meningkatkan kehandalan mesin *calendering*.

**Kata kunci:** *Calendering textile; Internet of Things; Monitoring; NodeMCU*

### **1. Pendahuluan**

Manufaktur adalah industri yang berhubungan dengan penggunaan peralatan canggih seperti mesin industri, program manajemen yang teratur dan terukur untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi dan produk yang dapat dipasarkan. Contoh industri manufaktur antara lain perusahaan tekstil, industri garmen, industri kerajinan, industri elektronik, dan industri otomotif. Manufaktur sangat penting bagi negara. Padahal industri ini merupakan pusat

perkembangan industri tanah air, dan jika industri manufaktur menurun, tidak menutup kemungkinan perekonomian nasional juga akan menurun. Menurut definisi, otomatisasi sistem produksi menggunakan sistem mekanis, elektronik, dan berbasis komputer untuk mengubah semua proses produksi di industri dari manual menjadi otomatis [1].

Salah satu perusahaan yang berperan dalam industri ini adalah Indorama Polychem. Indorama Polychem, merupakan bagian dari Indorama *Ventures Public Company Limited* (IVL), sebuah perusahaan petrokimia global dengan markas besar di Thailand. Indorama Polychem berfokus pada produksi bahan baku industri yang penting, seperti etilen oksida, etilen glikol, dan resin polietilen tereftalat (PET). Produk-produk ini memiliki peran penting dalam industri kemasan, tekstil, minuman, deterjen, dan otomotif [2].

Salah satu mesin yang sering dianggap berbahaya pada perusahaan Indorama Polychem di adalah mesin pemanas bahan baku tekstil *calendering*. *Calendering* tekstil adalah proses finishing yang digunakan untuk menghaluskan, melapisi, atau menipiskan bahan baku tekstil. Pada tekstil, kain dilewatkan di antara roll calender pada suhu dan tekanan tinggi. Pada *calendering* tekstil terdapat beberapa elemen agar mesin dapat bekerja dengan baik yaitu steam untuk memanaskan roll calender, sensor suhu RTD (*Resistance Temperature Detector*) untuk menstabilkan temperatur roll calender, control valve untuk mengatur bukaan steam, rotary joint untuk menghantarkan steam ke *roll calender*, pelumas gear roll LOP (*Lubricating Oil Purifier*) dan lain sebagainya. Element element tersebut perlu dijaga kondisinya dari kerusakan yang dapat menyebabkan kerusakan mesin dan hilangnya energi akibat kebocoran pada pipa steam. Oleh karena itu perlu adanya sistem monitoring area mesin yang dapat mencegah terjadinya kehilangan supply uap air karena kebocoran pipa dan dapat mencegah terjadinya kerusakan mesin di industri. Kondisi yang perlu di monitoring antara lain adalah suhu dan kelembaban untuk mengetahui kebocoran steam pada pipa calendar, sensor getaran untuk mengetahui performa mesin (motor listrik), pendeteksi api jika terjadi kebakaran yang disebabkan mesin overheat atau faktor luar yang menyebabkan terjadinya kebakaran. Serta beberapa kondisi yang juga dapat dipakai untuk mencegah para pekerja untuk tidak menempati area tersebut jika sensor tersebut mendeteksi adanya bahaya yang bisa membahayakan para pekerja.

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan kondisi yang lebih aman bagi mesin dan pekerja di lingkungan industri. Konsep solusi yang diusulkan dalam penelitian ini adalah penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk memantau dan mengelola kondisi mesin secara real-time. Dengan memanfaatkan IoT, sistem ini akan mampu mengumpulkan data yang akurat dan secara cepat mengidentifikasi potensi bahaya di area mesin. Dalam konteks penggunaannya, solusi ini akan memungkinkan pengumpulan data sensor dari berbagai komponen mesin, seperti suhu, kelembaban, getaran, api, dan kualitas udara. Data ini kemudian akan diintegrasikan melalui jaringan IoT untuk dianalisis secara real-time. Jika terdeteksi adanya perubahan yang mencurigakan atau indikasi bahaya, sistem akan mengirimkan notifikasi kepada operator atau pengelola melalui web server. Selain itu, data historis yang terkumpul juga dapat digunakan untuk melakukan analisis prediktif guna mengidentifikasi kemungkinan kerusakan atau gangguan pada mesin.

Penerapan konsep solusi berbasis IoT telah terbukti berhasil dalam berbagai industri dan skenario serupa. Misalnya, dalam sebuah penelitian oleh [3] yang berjudul "*Industrial Internet of Things monitoring solution for advanced predictive maintenance applications*" penerapan sistem monitoring berbasis IoT berhasil mengurangi downtime mesin dan biaya perawatan. Sistem ini mampu mendeteksi masalah pada mesin sebelum terjadi kerusakan serius, sehingga pengelola dapat melakukan tindakan perbaikan yang lebih efektif dan efisien.

Selain itu, penelitian oleh [4] dengan judul "*A Real-Time Condition Monitoring and Maintenance Management System for Low Voltage Industrial Motors Using Internet-of-Things*" juga menggambarkan keberhasilan penerapan solusi berbasis IoT dalam memantau kondisi mesin secara real-time. Dalam penelitian ini, Sistem ini dapat merekam dan memantau kondisi getaran dan suhu motor industri dan mengirimkan data melalui jaringan nirkabel ke pusat web server. Dengan system IoT yang telah dibuat maka para pekerja dapat mengambil keputusan secara cepat, mengurangi resiko kecelakaan kerja, mencegah adanya *breakdown* secara tiba-tiba.

Dalam konteks penelitian ini, penerapan konsep solusi berbasis IoT memiliki potensi yang besar untuk mengatasi masalah identifikasi dini bahaya pada mesin. Dengan memantau kondisi mesin secara *real-time*, potensi kerusakan dapat diantisipasi sebelum mengganggu operasional dan mengakibatkan kerugian yang lebih besar. Referensi dan penelitian terdahulu

yang sukses dalam menerapkan teknologi IoT dalam konteks industri juga memberikan dasar kuat untuk keyakinan akan efektivitas konsep solusi yang diusulkan.

## 2. Tinjauan Pustaka

Berikut adalah beberapa penelitian sebelumnya tentang keterkaitan penelitian yang peneliti gunakan:

Penelitian pertama [3] dengan judul "*Industrial Internet of Things monitoring solution for advanced predictive maintenance applications*" oleh Civerchia F menjelaskan bahwa sistem IoT yang telah dibuat mampu meningkatkan efisiensi operasional di industri dengan membuat aplikasi untuk memprediksi perubahan yang terjadi 30 menit sekali dan telah di uji coba selama 2 bulan.

Penelitian kedua [4] dengan judul "*A real-time condition monitoring and maintenance management system for low voltage industrial motors using internet-of-things*" oleh Mykoniatis K menjelaskan bahwa pemantauan kondisi mesin harus sudah jadi bagian industri manufaktur untuk meningkatkan dan mengoptimalkan efisiensi operasional sistem produksi, dan sistem ini juga dapat mengurangi resiko kecelakaan, terjadinya *breakdown* secara tidak terduga, dan dapat mencegah mesin berhenti beroperasi.

Penelitian Ketiga [5] dengan judul "*Real-time Manufacturing Machine and System Performance Monitoring Using Internet of Things*" oleh Saez M. Makalah ini membahas tentang kerangka kerja evaluasi kinerja sistem manufaktur melalui simulasi hibrida secara real-time. Simulasi ini memantau variabel kontinu dan diskrit dari berbagai mesin, yang dianalisis untuk kinerja menggunakan lingkungan virtual yang sesuai dengan peralatan pabrik asli. Data dari mesin diperoleh melalui solusi *Industrial Internet of Things* (IIoT). Produktivitas dan keandalan sistem fisik dibandingkan secara langsung dengan data simulasi hibrida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerangka kerja ini memiliki kapabilitas untuk melakukan pemantauan secara real-time dan mendeteksi kesalahan kinerja dalam interval kepercayaan.

Penelitian keempat [6] berjudul "*An IoT based environment monitoring system*" oleh Hassan M membahas tentang pengembangan sistem pemantauan lingkungan berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini bertujuan untuk memantau kualitas udara dan lingkungan secara efektif. Sistem ini memiliki aplikasi industri, terutama dalam situasi yang berpotensi berbahaya seperti pertambangan atau industri berat di mana terjadi pencemaran udara oleh gas berbahaya. Kerangka kerja ini menggunakan sensor, mikrokontroler, dan teknologi berbasis IoT untuk memonitor perubahan lingkungan. Pengguna dapat memantau suhu, kelembaban, dan mendeteksi keberadaan gas berbahaya baik di lingkungan dalam maupun luar ruangan dengan menggunakan modul yang diusulkan. Data disimpan di server web dan pengguna dapat mengakses data tersebut di mana saja di dunia melalui koneksi internet. Dalam pekerjaan yang diusulkan, sebuah aplikasi web dikembangkan untuk memberikan informasi penting kepada pengguna. Pengguna juga dapat mengatur notifikasi untuk perubahan kritis dalam data sensor. Sistem ini memiliki beberapa keunggulan. Pertama, sistem ini memiliki biaya rendah dan akurat. Kedua, sistem ini bersifat ramah pengguna dan mudah digunakan. Ketiga, sistem ini berbasis cloud, sehingga memungkinkan pemantauan dan visualisasi data dengan mudah. Sistem ini telah dievaluasi dalam berbagai tahap pengembangan. Sistem ini memiliki potensi untuk digunakan dalam berbagai industri dan situasi berbahaya untuk melindungi pekerja dan memantau perubahan lingkungan dengan akurat dan efisien.

Penelitian kelima [7] yang berjudul "*Internet of Things (IoT) in high-risk Environment, Health and Safety (EHS) industries: A comprehensive review*" oleh Thibaud M membahas tentang Internet of Things (IoT) dalam konteks industri berisiko tinggi terkait *Environment, Health and Safety* (EHS) atau Lingkungan, Kesehatan, dan Keselamatan. IoT memberikan peluang besar bagi industri, seperti peningkatan efisiensi produksi dan distribusi produk jadi. Selain operasi yang lebih baik, IoT juga menawarkan solusi inovatif, seperti penciptaan model bisnis baru. Contohnya, penjualan barang dapat ditingkatkan dengan layanan terkait berdasarkan data yang dihasilkan oleh IoT dan konektivitas waktu nyata. Namun, adopsi IoT dalam aplikasi industri besar menghadapi tantangan, termasuk efisiensi energi, masalah komunikasi dan data terkait (koneksi, latensi, throughput, standarisasi), skalabilitas (ukuran jaringan, interoperabilitas), serta keamanan dan keselamatan (kehandalan, perlindungan privasi). Fokus penelitian ini adalah menggambarkan karakteristik aplikasi IoT dalam industri EHS berisiko tinggi ini melalui tinjauan komprehensif terhadap penelitian yang telah diterbitkan. Teks ini juga membahas tantangan terkait IoT dan tren saat ini dalam industri ini. Secara keseluruhan, tujuan utama teks ini adalah

untuk menyajikan aplikasi berbasis IoT dalam industri EHS berisiko tinggi dan membahas tantangan serta tren terkait IoT dalam industri ini.

Penelitian keenam [8] yang berjudul “*Analyzing Critical Failures in a Production Process: Is Industrial IoT the Solution?*” oleh Ahmad S. Studi ini mengeksplorasi bagaimana IoT Industri (IIoT) dapat menjadi solusi untuk menganalisis dan mengatasi kegagalan kritis dalam proses produksi. Kegagalan mesin dapat merusak efisiensi operasional dalam manufaktur. Penelitian ini fokus pada identifikasi dan analisis kegagalan kritis, serta efek interaksi dengan parameter proses lainnya yang mempengaruhi produksi. Untuk meningkatkan deteksi kesalahan, penelitian ini mengusulkan model konseptual berdasarkan sistem fisik cyber (CPS) dan IIoT untuk analisis data pabrik pintar. Metode penelitian melibatkan pendekatan statistik berbasis fakta. Dalam penelitian ini, analisis statistik menghubungkan berbagai faktor kegagalan kritis dengan penyebabnya, termasuk masalah material, organisasi produksi, dan perencanaan. Penelitian ini juga menghadirkan kasus bisnis nyata untuk mengilustrasikan hasil yang mengakibatkan kegagalan signifikan. Selain itu, model pabrik cerdas yang diusulkan memungkinkan perusahaan manufaktur memprediksi kegagalan kritis dan memantau proses secara real-time. Model ini bertujuan untuk mengintegrasikan sistem kontrol kegagalan prediktif yang cerdas dengan perangkat produksi, menciptakan lingkungan intelijen di sekitar produksi. Tujuannya adalah memberikan solusi untuk proses manufaktur yang lebih cerdas di masa depan.

Penelitian ketujuh [9] yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Web Memanfaatkan Mq-135 Dan Arduino”. Penelitian ini berfokus pada pengembangan aplikasi pemantauan kualitas udara berbasis web untuk mengatasi isu pencemaran udara. Aplikasi ini memanfaatkan sensor MQ-135 dan Arduino untuk mengukur kadar polutan udara. Data dari sensor dikirim ke Arduino, diolah sesuai program, dan ditampilkan pada sebuah laman web melalui modul *NodeMCU ESP8622* yang terhubung dengan jaringan. Pengujian dilakukan dengan mengukur kadar CO<sub>2</sub> dalam udara berdasarkan jarak dari sumber polutan dan arah angin. Hasil pengujian dapat diakses secara real-time melalui laman web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini efektif dalam memonitor kadar CO<sub>2</sub>, dengan hasil tertinggi terjadi saat jarak antara sumber polutan dan alat sejauh satu meter dan angin bertiup dari sumber polutan ke alat.

Pada prinsipnya penelitian kami memiliki kesamaan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang telah ditinjau, yaitu monitoring kondisi lingkungan tertentu dengan IoT memanfaatkan sensor kelembaban, suhu, getaran, api, dan lain sebagainya. Perbedaan hanya terletak pada objek Kajian, serta tujuan akhir dilakukannya penelitian ini. Penelitian ini berfokus pada akuisisi data untuk memonitoring kondisi area mesin industri dengan tujuan memprediksi kerusakan, meminimalisir biaya *maintenance* serta untuk keselamatan para pekerja yang sedang bertugas di area tersebut.

### 3. Metodologi

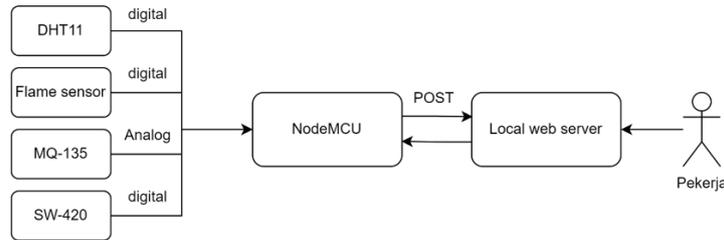
Pada metode pengembangan sistem ini akan dipilih metode pengembangan prototyping. Prototyping dipilih karena Metode ini melibatkan pembuatan prototipe sistem IoT sebelum membangun sistem yang sebenarnya. Ini membantu pengembang untuk memvalidasi desain dan fungsionalitas sistem IoT sebelum diimplementasikan secara penuh [10].

Sistem pemantauan ini didesain berdasarkan diagram blok pada Gambar 1. Untuk mengukur suhu dan kelembaban, digunakan sensor DHT11 karena harganya terjangkau, untuk temperaturnya memiliki akurasi hingga  $\pm 1^\circ\text{C}$  dan kelembaban memiliki akurasi hingga  $\pm 10\%$ , sensor ini pula untuk pengaturannya cukup sederhana [11]. Untuk mengukur kualitas udara, sensor MQ-135 digunakan. Sensor ini peka terhadap berbagai senyawa seperti NH<sub>3</sub>, Nox, alkohol, benzol, CO, CO<sub>2</sub>, dan lainnya. Cara kerjanya adalah dengan mendeteksi perubahan resistansi (sinyal analog) ketika terpapar gas tertentu [12]. Selain itu, terdapat sensor deteksi api KY-026 untuk mendeteksi kebakaran [13], serta sensor SW-420 untuk mendeteksi getaran [14].

Pada bagian mikrokontrolernya, digunakan modul wifi *NodeMCU*. *NodeMCU* dipilih karena harganya ekonomis, mudah dioperasikan, dan tahan lama jika pengkabelan dan pengaturan inputnya dilakukan dengan benar. Data dari semua sensor dikirimkan ke mikrokontroler, kemudian diolah dan dikirimkan ke server web melalui router menuju alamat IP yang telah ditetapkan sebelumnya. Proses pengiriman data dilakukan dengan metode POST dan diterima oleh server web yang menggunakan bahasa PHP.

Setelah data diterima, server web akan memprosesnya dan mengatur tampilan yang ditampilkan. Data tersebut akan ditampilkan secara *real-time* di halaman web dengan

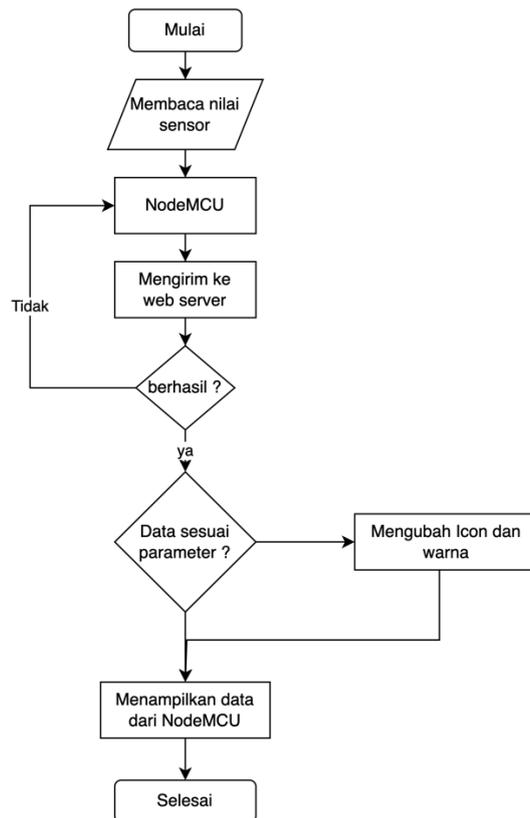
menggunakan JavaScript melalui metode *Asynchronous JavaScript and XML* (AJAX) [15], sehingga data dapat diperbarui secara langsung tanpa perlu me-refresh halaman.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Sistem ini beroperasi dengan memanfaatkan server web sebagai pusat pengolahan data. Hasil pengolahan data tersebut akan ditampilkan melalui browser, khususnya menggunakan peramban *Google Chrome*. Operator atau petugas di area *control room* [16] dan akan terus memantau setiap perubahan yang terjadi pada tampilan web tersebut. Di dalam server web, terdapat pengaturan parameter yang telah diatur sebelumnya oleh operator.

Apabila data yang diterima dari sensor berada di luar batas yang telah diatur, maka ikon latar belakang akan berubah menjadi merah, memberi tahu bahwa terdapat masalah di area mesin yang sesuai dengan sensor tersebut. Sebaliknya, jika data dari sensor masih berada dalam batas yang telah ditetapkan, ikon latar belakang akan berwarna hijau, menunjukkan bahwa kondisi area mesin dalam keadaan baik. Detail proses ini akan dijelaskan pada diagram alir *flowchart* (diagram alir) pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart

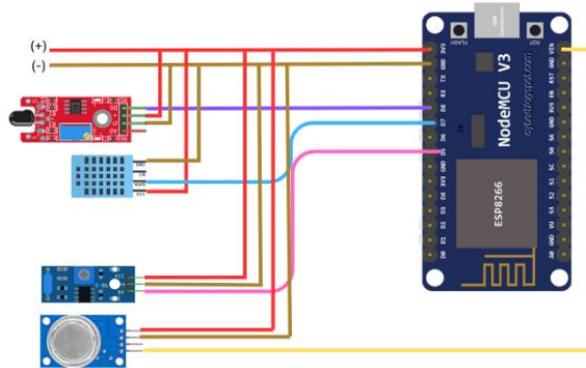
#### 4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sistem dilakukan terhadap fungsionalitas aplikasi untuk menilai apakah aplikasi yang dibangun memenuhi kebutuhan atau fungsionalitas kurang sesuai sebagaimana yang terdapat pada perancangan aplikasi. Pengujian perangkat lunak menggunakan pengujian

black box. Pengujian ini berfungsi untuk menguji kebutuhan program yang sudah direncanakan serta dilakukan dengan mengeksekusi unit sesuai dengan proses yang sudah direncanakan.

#### 4.1. Pengujian Sensor

Pengujian ini mencakup pengujian sensor suhu, kelembaban, api, getaran, dan kualitas udara. Sensor ini terintegrasi dengan *NodeMCU* sebagai *microcontroller*nya dan setiap data yang tampil akan dicatat berdasarkan kondisi tertentu.



Gambar 3. Wiring Diagram

##### 1) Sensor suhu

Sensor suhu diletakan pada area calendering textile dengan jarak tertentu. Dan hasilnya akan dicatat berdasarkan suhu dan jarak. Dari data tersebut maka dapat diperoleh data tersebut pada tabel 1

Tabel 1. Pengujian sensor suhu

Jarak (CM)	Suhu (°C)
10	38.9
20	37.5
30	37.0
40	36.1
50	36.0
60	35.8
70	35.6

##### 2) Sensor Kelembaban

Sensor kelembaban diletakan pada area calendering textile yang mengalami kebocoran pipa steam dengan jarak tertentu. Dan hasilnya akan dicatat berdasarkan kelembaban dan jarak. Dari data tersebut maka dapat diperoleh data tersebut pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian sensor kelembaban

Jarak (CM)	Suhu (°C)
0	100
10	90.6
20	84.5
30	84.2
40	81.6
50	80.2
60	79.3
70	78.2

3) Sensor Api

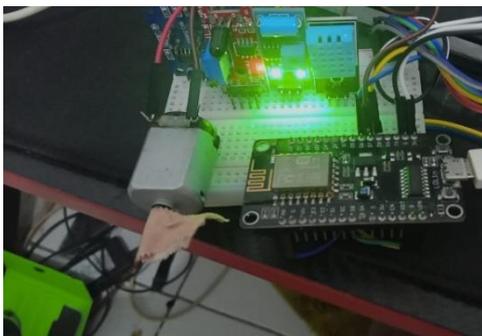
Pada pengujian sensor api ini penguji ingin melakukan percobaan mendeteksi api memakai korek api, penguji menggunakan module flame sensor. Dan hasilnya akan dicatat berdasarkan kelembaban dan jarak. Dari data tersebut maka dapat diperoleh data tersebut pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian sensor api

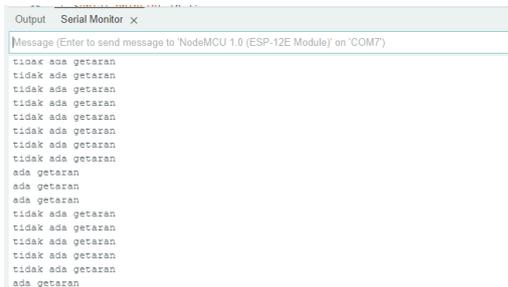
Jarak (CM)	Sudut 0°	Sudut 10°	Sudut 20°	Sudut 30°	Sudut 40°
10	1	1	1	1	1
20	1	1	1	0	0
30	1	1	0	0	0
40	1	0	0	0	0
50	1	0	0	0	0
60	1	0	0	0	0
70	1	0	0	0	0
80	1	0	0	0	0

4) Sensor Getaran

Pada pengujian sensor getaran ini penguji menggunakan module sensor getaran SW-420. Pada pengujian kali ini pengji menggunakan motor DC 3V sebagai bahan pengujiannya.



Gambar 4. Pengujian sensor getaran



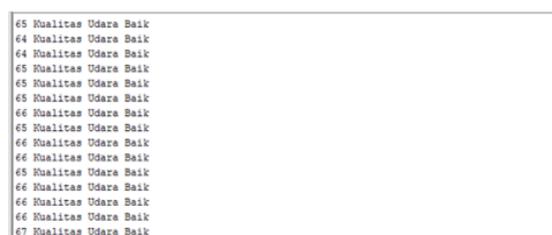
Gambar 5. Output pengujian sensor getaran

5) Sensor Kualitas Udara

Pada pengujian sensor kualitas udara ini penguji menggunakan module sensor MQ-135 sebagai sensornya. MQ-135 dianggap mampu mendeteksi Gas Amonia (NH3), Natrium Dioksida (NOx), Alkohol / Ethanol (C2H5OH), Benzena (C6H6), Gas Belerang / Sulfur Hidroksida (H2S), Karbondioksida (CO2), asap, dan gas lainnya, namun disini penguji menggunakan asap karena mudah didapat.



Gambar 6. Pengujian Sensor MQ-135



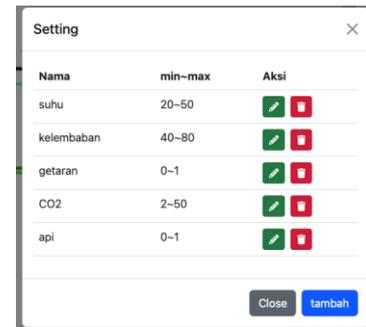
Gambar 7. Output Pengujian Sensor MQ-135

#### 4.2. Pengujian perangkat lunak

Pengujian ini berfokus pada memastikan bahwa perangkat lunak memenuhi kebutuhan yang tercantum dalam spesifikasi. Melalui pengujian ini, unit-unit perangkat lunak dieksekusi dan hasilnya diamati untuk memastikan kesesuaiannya dengan harapan. Dalam pengujian perangkat lunak, dilakukan berbagai kasus uji untuk menguji fitur-fitur aplikasi. Ini termasuk pengujian grafik, vertical progress bar, icon, setting, pengubahan settingan sensor, penghapusan nama sensor, dan penambahan sensor. Perangkat lunak ini dibangun dengan Bahasa PHP *Native*, menggunakan *software VSCode* sebagai teks editor dan XAMPP sebagai web server local. Web server ini memiliki 2 halaman yaitu *Dashboard* dan *Setting*.



Gambar 8. Halaman Dashboard



Gambar 9. Halaman Setting

Dari tampilan interface tersebut pengujian melakukan beberapa pengujian terhadap beberapa fungsi pada halaman *dashboard* dan *setting*. Halaman *dashboard* dipakai untuk menginformasikan kepada para pekerja kondisi area mesin secara *real-time*. Sedangkan halaman *setting* dipakai untuk megatur nama sensor, hapus sensor dan tambah sensor. Untuk tabel pengujiannya dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Pengujian perangkat lunak

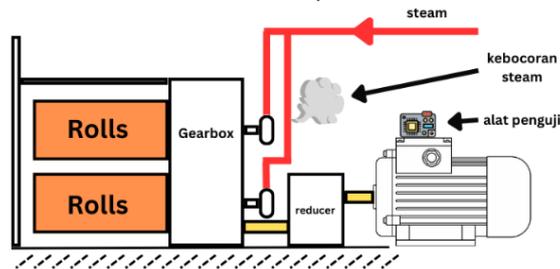
Halaman	Kasus uji	Detail penggunaan	Hasil
Dashboard	Grafik	Menampilkan grafik dari data yang diperoleh secara real-time	Berhasil
	<i>Vertical progress bar</i>	Menampilkan vertical progress bar dengan warna yang disetting	Berhasil
	Icon	Icon akan berubah warna sesuai min-max nilai sensor	Berhasil
Setting	Setting list	Menampilkan list nama sensor yang ingin di edit	Berhasil
	Setting Edit	Edit settingan sensor sesuai input user	Berhasil
	Setting Hapus	Hapus nama sensor	Berhasil
	Setting Tambah	Tambah sensor	Berhasil

Dari pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa percobaan ini telah berhasil sebagaimana mestinya.

#### 4.3. Pengujian Sistem

Pengujian yang dilakukan merupakan sebuah proses yang dilakukan secara langsung di lapangan. Pengujian akan melakukan kunjungan langsung ke lokasi pengujian. Pengujian ini

melibatkan penggunaan beberapa perangkat pendeteksi yang mencakup pengukuran suhu, kelembaban, getaran, kualitas udara, dan deteksi api.



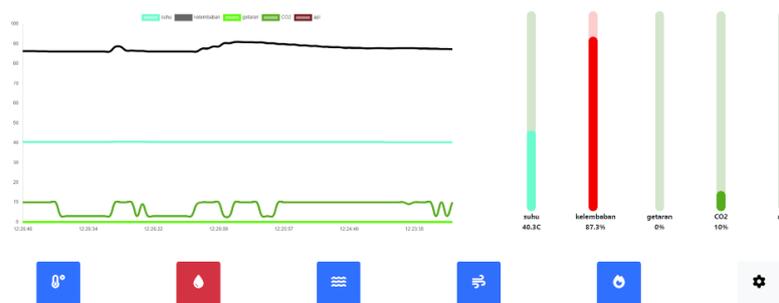
Gambar 10. Diagram Tata letak Sensor dan Mesin Calendering

Pengujian telah menetapkan nilai minimal dan maksimal yang harus dicapai oleh setiap sensor yang dipergunakan. Untuk mencapai hasil yang sesuai dengan standar yang ditetapkan, dilakukan pengaturan pada setiap sensor yang dilakukan oleh operator produksi yang bertugas. pengaturan nilai-nilai sensor tersebut dapat dilihat melalui gambar 10 diatas. Jika besaran nilai tidak sesuai dengan yang diharapkan maka dapat dipastikan alat IoT atau mesin mengalami gangguan atau kerusakan.

Pada pengujian ini, dilakukan penempatan alat IoT di belakang mesin calender dengan tujuan mengamati kemungkinan adanya ketidaksesuaian kondisi pada mesin tersebut. Gambar yang disajikan menunjukkan lokasi penempatan alat IoT dan pengukuran nilai yang dihasilkan oleh alat tersebut.



Gambar 11. Tata letak Sensor dan Mesin Calendering



Gambar 12. Nilai Pengukuran Mesin Calendering 1

Dalam pengujian yang telah dilakukan tersebut maka dapat diperoleh nilai pada tabel 5 berikut ini.

**Tabel 5. Nilai Pengujian Mesin Calender 1**

Sensor	Min ~ max	satuan	nilai	Kesimpulan
Suhu	20 ~ 50	°C	38.5 ~ 42.3	Normal
Kelembaban	40 ~80	%	83 ~ 91	Tidak Normal

Sensor	Min ~ max	satuan	nilai	Kesimpulan
Getaran	0 ~ 1	ON/OFF	0	Normal
Kualitas Udara	2 ~ 50	%	5 ~ 15	Normal
Api	0 ~ 1	ON/OFF	0	Normal

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan nilai kelembaban yang berada di luar standar pada mesin *calender*. Hal ini mengindikasikan adanya kebocoran pada mesin tersebut. Dari pengujian tersebut terbukti perangkat IoT berhasil mengambil, mencatat dan menampilkan pada dashboard sehingga para pekerja atau tim *maintenance* dapat mengidentifikasi lebih awal permasalahan di lapangan.

#### 4.4. Pembahasan Sistem

Dengan mengacu pada paparan dalam Tinjauan Pustaka, penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya telah menyajikan pandangan yang luas dan beragam mengenai penerapan Internet of Things (IoT) dalam berbagai industri. Keenam penelitian tersebut secara kolektif menggambarkan berbagai manfaat dan tantangan yang terkait dengan mengintegrasikan teknologi IoT dalam lingkup industri. Berikut adalah beberapa poin relevansi antara penelitian sebelumnya dan penelitian yang sedang diuji:

- 1) Efisiensi Operasional dan Pemeliharaan Terprediksi.  
 Penelitian pertama [3] dan penelitian kedua [4] telah menunjukkan bahwa sistem IoT dapat digunakan untuk memantau kondisi mesin secara *real-time*. Penelitian kedua [4] juga menyoroti pentingnya pemantauan kondisi mesin untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mencegah kerusakan yang tidak terduga. Penelitian yang sedang diuji, dengan fokus pada pemantauan kondisi mesin dan prediksi perubahan secara berkala, mendukung konsep ini dengan memberikan solusi yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dan meminimalkan risiko breakdown yang tidak terduga.
- 2) Pemantauan Kinerja Sistem Manufaktur.  
 Penelitian ketiga [5] telah membahas pemantauan kinerja sistem manufaktur melalui solusi IoT. Penelitian yang sedang diuji juga mengadopsi konsep pemantauan melalui teknologi IoT untuk memantau lingkungan mesin industri. Ini menunjukkan adanya kesamaan pendekatan dalam menerapkan solusi IoT untuk pemantauan di lingkungan industri.
- 3) Pemantauan Lingkungan dan Keselamatan Pekerja.  
 Penelitian keempat [6] dan penelitian ketujuh [9] membahas tentang pemantauan lingkungan dan keselamatan pekerja menggunakan teknologi IoT. Penelitian yang sedang diuji juga bertujuan untuk meningkatkan keselamatan pekerja dengan memantau kualitas udara dan lingkungan secara efektif. Ini menggambarkan bagaimana penerapan teknologi IoT dapat diterapkan untuk melindungi pekerja dan mengoptimalkan kondisi lingkungan di sekitar area mesin industri.
- 4) Tantangan dan Potensi IoT dalam Industri Berisiko Tinggi.  
 Penelitian kelima [7] membahas tantangan dan potensi penerapan IoT dalam industri berisiko tinggi, termasuk aspek *Environment, Health, and Safety* (EHS). Penelitian yang sedang diuji, dengan fokus pada keselamatan pekerja dan pemantauan mesin industri, memperkuat urgensi adopsi teknologi IoT dalam industri yang memiliki risiko tinggi seperti produksi dan manufaktur.
- 5) Analisis Kegagalan Produksi dan Prediksi Menggunakan IoT.  
 Penelitian keenam [8] telah menggambarkan bagaimana IoT Industri (IIoT) dapat digunakan untuk menganalisis kegagalan dalam proses produksi dan memberikan solusi prediksi. Konsep ini mendukung ide bahwa solusi IoT dapat membantu mengidentifikasi masalah potensial dan mengurangi kegagalan dalam operasi mesin industri, sejalan dengan tujuan penelitian yang sedang diuji.

Dalam konteks penelitian yang dijelaskan, relevansi dengan penelitian sebelumnya terletak pada penerapan teknologi IoT untuk memantau kondisi area mesin industri, memprediksi kerusakan, dan meningkatkan keselamatan pekerja. Relevansi ini menunjukkan bahwa konsep dan prinsip yang terdapat dalam penelitian sebelumnya mendukung dan menguatkan dasar untuk implementasi solusi yang sedang diuji dalam konteks pemantauan dan pengelolaan area mesin industri.

## 5. Simpulan

Setelah merancang dan membangun Sistem IoT dengan metode prototype ini. Alat ini mampu memberitahu para pekerja untuk mengetahui kondisi lingkungan kerja di industri untuk keselamatan dan keamanan para pekerja. Alat inipun mudah terintegrasi dengan web server dengan tampilan yang mudah dipahami oleh remaja ataupun lanjut usia sehingga tidak perlu adanya training untuk memahami pemakaian alat ini. Selain itu alat ini juga dapat memperkecil kemungkinan munculnya *breakdown* karena alat ini mampu mendeteksi masalah kecil yang ada di mesin industri sebelum masalah tersebut membesar sehingga maintenance pada mesin akan bisa dilakukan sejak dini dan akan berdampak pada berkurangnya biaya perawatan, mengurangi downtime pada mesin, memperpanjang umur mesin dan menanggulangi loss energy pada lingkungan kerja industri.

Pada penelitian ini masih banyak perbaikan khususnya untuk sensor pendeteksi gas yang masih kurang akurat dalam membaca data dan juga membutuhkan waktu yang sedikit lebih lama dalam mendeteksi gas. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat menggunakan sensor yang lebih akurat dan pengiriman data lebih cepat

## Daftar referensi:

- [1] I. Khoirul Anaam, T. Hidayat, R. Yuga Pranata, H. Abdillah, and A. Yhuto Wibisono Putra, "Pengaruh trend otomasi dalam dunia manufaktur dan industri," *Jl. Ciwaru Raya No*, vol. 25, pp. 46–50, 2022.
- [2] shubhkam V, "Indorama Ventures," <https://www.indoramaventures.com/>, 2023.
- [3] F. Civerchia, S. Bocchino, C. Salvadori, E. Rossi, L. Maggiani, and M. Petracca, "Industrial Internet of Things monitoring solution for advanced predictive maintenance applications," *J Ind Inf Integr*, vol. 7, pp. 4–12, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.jii.2017.02.003.
- [4] K. Mykoniatis, "A real-time condition monitoring and maintenance management system for low voltage industrial motors using internet-of-things," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2020, pp. 450–456. doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.050.
- [5] M. Saez, F. Maturana, K. Barton, and D. Tilbury, "Real-time Manufacturing Machine and System Performance Monitoring Using Internet of Things," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 15.4, pp. 1735–1784, 2018, doi: 10.1109/TASE.2018.2784826.
- [6] M. N. Hassan, M. R. Islam, F. Faisal, F. H. Semantha, A. H. Siddique, and M. Hasan, "An IoT based environment monitoring system," in *Proceedings of the 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems, ICISS 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Dec. 2020, pp. 1119–1124. doi: 10.1109/ICISS49785.2020.9316050.
- [7] M. Thibaud, H. Chi, W. Zhou, and S. Piramuthu, "Internet of Things (IoT) in high-risk Environment, Health and Safety (EHS) industries: A comprehensive review," *Decis Support Syst*, vol. 108, pp. 79–95, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.dss.2018.02.005.
- [8] S. Ahmad *et al.*, "Analyzing critical failures in a production process: Is industrial iot the solution?," *Wirel Commun Mob Comput*, vol. 2018, 2018, doi: 10.1155/2018/6951318.
- [9] A. Saputra, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Web Memanfaatkan MQ-135 DAN ARDUINO," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, vol. 8(2), pp. 91–97, 2023.
- [10] M. Buchenau and J. F. Suri, "Experience Prototyping," 2000.
- [11] R. Shrestha, "Study and Control of DHT11 Using Atmega328P Microcontroller," 2019, [Online]. Available: <http://www.ijser.org>
- [12] M. Elmnifi *et al.*, "Development of Low cost and Multi-Material Sensing Approach for MQ135 Sensor Libya Sirt Oil Company, 2, Libya Ras Lanuf Oil and Gas Production Company." [Online]. Available: <http://xisdxjsu.asia>

- [13] F. Z. Rachman *et al.*, "Design of the early fire detection based fuzzy logic using multisensor," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jan. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/732/1/012039.
- [14] I. El, A. Pakpahan, P. Sihombing, and M. K. M. Nasution, "Analysis of the Sw-420 Vibration Sensor Performance on Vibration Tools by using a Fuzzy Logic Method", doi: 10.5220/0010336000003051.
- [15] J. J. Garrett, "Ajax: A New Approach to Web Applications," 2005. [Online]. Available: <http://www.adaptivepath.com/publications/essays/archives/000385print.php>
- [16] A. Fernandes and P. Ø. Braarud, "Exploring Measures of Workload, Situation Awareness, and Task Performance in the Main Control Room," *Procedia Manuf*, vol. 3, pp. 1281–1288, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.273.