

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Downtime atau kegagalan mesin yang mengakibatkan mesin produksi berhenti merupakan masalah yang sangat merugikan bagi sebuah perusahaan karena target harian sebuah industri mungkin tidak akan tercapai jika *downtime* terlalu sering terjadi. Dengan adanya perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)*, pemantauan *downtime* yang dulunya hanya dicatat dan di laporkan secara manual oleh tim produksi, saat ini dapat dikembangkan supaya sistem monitoring *downtime* yang dapat langsung dilaporkan tanpa melalui catatan laporan *downtime*, hal ini tentunya memudahkan bagi tim manajemen yang tidak harus mengakses berkas secara langsung ke tempat produksi.

2.1.1 *Internet of Things*

Istilah *Internet of Things (IoT)* pertama kali diperkenalkan pada saat Auto-ID Center meluncurkan visi mereka mengenai suatu sistem yang secara otomatis mengidentifikasi dan melacak alur barang pada rantai pasok, di Chicago pada September 2003. Casagras mendefinisikan *Internet of Things* sebagai sebuah infrastruktur jaringan global, yang menghubungkan benda-benda fisik dan virtual melalui eksploitasi data capture dan kemampuan komunikasi (Prabowo, 2019).

Konsep *Internet of Things (IoT)* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1999 oleh Kevin Ashton, seorang peneliti dari Massachusetts Institute of Technology (MIT). Ia menggunakan istilah tersebut untuk menggambarkan sistem di mana objek fisik dapat terhubung ke internet dan saling bertukar data tanpa campur tangan manusia secara langsung. Pada awal perkembangannya, IoT masih terbatas pada penggunaan teknologi RFID (Radio Frequency Identification) untuk pelacakan barang dalam industri logistik dan manufaktur. Infrastruktur jaringan dan perangkat keras pada masa itu masih belum mendukung implementasi IoT secara luas.

Perkembangan IoT mulai meningkat pesat seiring dengan kemajuan teknologi internet, jaringan nirkabel, serta munculnya perangkat mikrokontroler

yang lebih murah dan efisien. Pada era 2000-an, penggunaan sensor pintar dan konektivitas Wi-Fi memungkinkan perangkat untuk terhubung secara lebih fleksibel. Kemunculan protokol komunikasi seperti MQTT dan HTTP semakin mendukung pertukaran data antar perangkat. Selain itu, hadirnya platform komputasi awan (cloud computing) memberikan kemudahan dalam penyimpanan, pengolahan, serta analisis data dalam jumlah besar secara real-time.

Saat ini, IoT telah berkembang menjadi salah satu teknologi utama dalam Revolusi Industri 4.0. Implementasinya meluas ke berbagai bidang seperti smart home, smart city, kesehatan, pertanian, energi, dan industri manufaktur. Perangkat seperti Arduino, NodeMCU ESP8266, dan berbagai sensor cerdas telah membuat pengembangan sistem IoT menjadi lebih terjangkau dan mudah diimplementasikan. Dengan dukungan jaringan 5G dan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), IoT diprediksi akan terus berkembang dan memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi, produktivitas, serta kualitas hidup manusia di masa depan.

2.1.2 Downtime

Menurut (HashMicro, 2024), *Downtime* merupakan ‘waktu-henti’ yang berarti sistem, mesin, atau suatu jaringan berhenti dalam jangka waktu tertentu. Hal ini memberikan dampak besar kepada banyak bagian. Dalam industri manufaktur yang sering terintegrasi satu sama lain, kegagalan pada satu momen akan mengacaukan seluruh proses sistematis dan akan menimbulkan efek domino (*bottleneck* operasional). *Downtime* bukan hanya gangguan teknis, ini sudah menjadi hambatan dalam seluruh lini produksi.

Downtime merupakan hal yang sangat merugikan bagi industri oleh karena itu catatan *downtime* wajib dilaporkan oleh teknisi maupun tim produksi, laporan tersebut selanjutnya akan di analisa oleh tim engineering mesin mana yang sering mengalami *downtime* dan mengapa hal itu sering terjadi.

Pada era teknologi modern ini, laporan *downtime* dapat di lakukan tanpa harus mengisi laporan secara manual (tuliskan tangan), adanya teknologi untuk memonitoring *downtime* menggunakan mikrokontroler NodeMCU Esp8266 dengan memanfaatkan sinyal interlock PLC pada mesin sebagai input dan Blynk IoT sebagai output.

2.1.3 Blynk IoT

Menurut (Edutic.id., 2024).Blynk adalah platform IoT yang memungkinkan untuk menghubungkan perangkat keras (seperti Arduino, ESP8266, Raspberry Pi, dan lainnya) ke cloud dan memantau atau mengontrolnya melalui aplikasi di smartphone. Blynk menawarkan berbagai fitur, termasuk visualisasi data sensor, kontrol perangkat secara real-time, notifikasi, dan banyak lagi.Dengan Blynk, Anda dapat membuat aplikasi antarmuka pengguna tanpa harus melakukan pengkodean khusus untuk antarmuka tersebut. Anda cukup menyeret dan melepaskan (drag-and-drop) widget pada aplikasi Blynk untuk menciptakan dashboard interaktif.

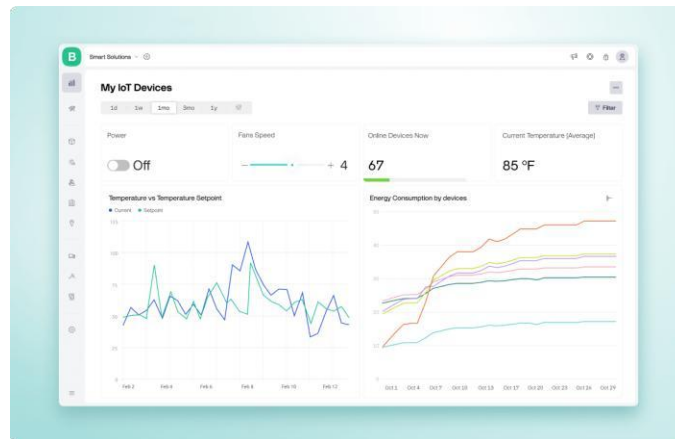
Pada proyek akhir ini *Blynk IoT* sangat berperan penting dalam pemantauan *Downtime*. Platform ini juga memiliki beberapa fungsi antarlain:

9. Mengirimkan Notifikasi

Blynk IoT digunakan untuk mengirimkan notifikasi saat mesin mengalami kondisi *downtime* , notifikasi ini akan diterima oleh *user* atau tim produksi.

10. Data logging & History

Selain itu *Blynk IoT* juga dapat menyimpan data monitoring *downtime* dan menampilkan grafik historis *downtime*, data tersebut dapat dilihat langsung pada dashboard *Blynk IoT*.



Gambar 2. 1 Dashboard Blynk IoT

Pada Gambar 2.1 ((Shynkevych, 2025) terdapat tampilan *dashboard Blynk IoT* yang digunakan sebagai *interface* untuk pemantauan kondisi mesin dan data *downtime* secara *real-time*. *Dashboard* tersebut menampilkan informasi hasil monitoring yang dapat diakses oleh pengguna melalui perangkat yang terhubung ke internet.

2.1.4 Mikrokontroler

Menurut (Elga Aris Prastyo dkk, 2025) NodeMCU adalah sebuah platform pengembangan berbasis ESP8266 yang menggabungkan firmware open-source dengan hardware development board. Nama “NodeMCU” berasal dari gabungan “Node.js” (karena menggunakan gaya pemrograman event-driven seperti JavaScript) dan “MCU” (Microcontroller Unit). Pada awalnya, NodeMCU dikembangkan sebagai proyek open-source untuk memudahkan pengembangan IoT dengan menggunakan bahasa pemrograman Lua. Namun, seiring waktu, platform ini juga mendukung pemrograman menggunakan Arduino IDE, MicroPython dan ESP-IDF. NodeMCU ini memiliki fungsi dan kelebihan yaitu:

1. Terdapat 17 pin GPIO yang bersifat multifungsi dan dapat digunakan untuk fitur seperti PWM, I2C, SPI, dan UART.
2. NodeMCU memiliki konektivitas Wi-Fi bawaan, sangat cocok untuk digunakan dalam proyek Internet of Things (IoT) sederhana.
3. NodeMCU Esp8266 memiliki fungsi sebagai pendeteksi sinyal interlock pada mesin sekaligus kontroler pada *Blynk IoT*.

Gambar NodemMCU ESP8266 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 *NodeMCU ESP8266*

Pada Gambar 2.2 (Electronics, 2026), terdapat bentuk fisik NodeMCU 8266 yang digunakan sebagai mikrokontroler utama dalam sistem. NodeMCU 8266 berfungsi sebagai pembaca sinyal input dari mesin, mengolah data, serta mengirimkan informasi hasil monitoring ke platform Blynk melalui jaringan Wi-Fi.

2.1.5 Relay

Sinyal interlock PLC pada mesin tidak dapat diproses secara langsung oleh mikrokontroler karena tegangan output pada sinyal interlock adalah 24V DC, oleh karena itu relay 24V DC ini digunakan sebagai jembatan penghubung untuk input pada mikrokontroler. Relay ini bertindak sebagai pembatas atau isolator aman antara rangkaian daya industri yang bertegangan tinggi (24V DC) dengan menggunakan sistem *dry contact*. Relay 24v dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Relay 24V

Pada Gambar 2.3 (MiSUMi, 2026), terdapat relay 24VC yang digunakan sebagai penghubung antara sinyal *interlock* mesin dengan sistem mikrokontroler. Relay ini berfungsi sebagai isolator supaya tegangan sinyal dari lingkungan industri dapat digunakan dengan aman sebagai input pada sistem monitoring.

2.1.6 Module Relay

Modul Relay 5V (Sebagai Output / Pengendali) berfungsi sebagai saklar perantara agar arus listrik kecil dari pin keluaran NodeMCU mampu mengaktifkan perangkat alarm suara (Buzzer/Lampu Alarm) lokal saat terjadi *downtime*. Relay Module 5VDC dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Module Relay 5VDC

Pada Gambar 2.4 (Projects, 2026), terdapat relay 5vdc dengan fungsi dari pin pada module relay dapat dilihat sebagai berikut:

1. VCC: Pin masukan daya positif untuk menyalakan modul relay (dihubungkan ke +24V untuk modul 24V, atau +5V untuk modul 5V).
2. GND (Ground): Pin kutub negatif sumber daya (0V).
3. IN / TRIG (Input / Trigger) Pin sinyal kontrol digital dari mikrokontroler. Pin ini menerima perintah logika (High/Low) dari NodeMCU untuk memicu kumparan (coil) di dalam relay agar saklar berpindah posisi.
4. COM (Common) Poros/terminal utama saklar tempat arus listrik masuk atau sinyal utama dialirkan.
5. NO (Normally Open): Terminal saklar yang dalam kondisi normal (relay mati) dalam posisi terbuka/terputus. Terminal ini baru akan terhubung dengan COM ketika relay mendapatkan sinyal aktif (triggered).
6. NC (Normally Closed): Terminal saklar yang dalam kondisi normal (relay mati) sudah dalam posisi tertutup/tersambung dengan COM. Terminal ini justru akan terputus ketika relay mendapatkan sinyal aktif.

2.2 Pendeteksian Sinyal dan Pengondisian Tegangan Industri

Prinsip kerja alat diawali dengan pemanfaatan sinyal interlock mesin yang berada pada empat bagian utama jalur produksi keramik PT Arwana Nuansakeramik, yaitu Mesin Press, Horizontal Dryer (HD), Mesin Printing, dan Mesin Packing. Sinyal interlock ini merupakan sinyal kelistrikan yang mengindikasikan status operasional mesin secara langsung dari panel kendali

utama. Namun, karena sinyal kelistrikan industri ini beroperasi pada tegangan 24V DC, sinyal tersebut tidak dapat dihubungkan secara langsung ke pin input mikrokontroler yang hanya mampu menerima tegangan maksimal sekitar 3,3V DC.

Untuk mengatasi perbedaan tegangan tersebut dan melindungi perangkat elektronik dari bahaya lonjakan arus, digunakan Relay Module 24VDC yang dikonfigurasi dengan sistem dry contact (saklar kering). Relay ini bekerja sebagai pembatas atau isolator aman antara rangkaian daya industri bertegangan tinggi dengan rangkaian mikrokontroler. Dengan metode ini, sistem dapat mengambil data status mesin secara real-time tanpa mengganggu, mengubah, atau merusak alur sistem kelistrikan utama yang sudah ada pada mesin produksi.

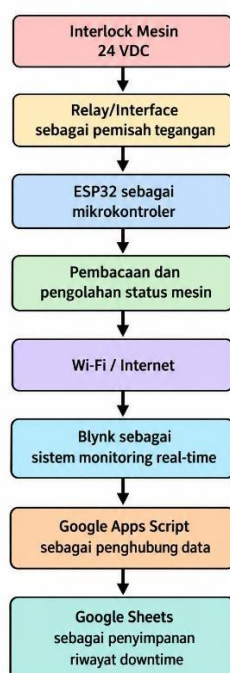
2.3 Perancangan Koneksi Sistem Monitoring *Downtime* Berbasis IoT

Sistem penghubung pada penelitian ini dimulai dari sinyal interlock yang terdapat pada masing-masing mesin produksi, yaitu mesin Press, Horizontal Dryer, Printing, dan Packing. Interlock digunakan sebagai sumber informasi mengenai kondisi operasi mesin, baik dalam keadaan running maupun berhenti (*downtime*). Karena sinyal interlock menggunakan tegangan kontrol 24 VDC, sinyal tersebut tidak dihubungkan secara langsung ke GPIO mikrokontroler ESP32 yang bekerja pada level tegangan 3,3 V, melainkan melalui relay sebagai interface dan pemisah antara rangkaian kontrol mesin dengan rangkaian mikrokontroler.

Sinyal dari relay kemudian diterima oleh GPIO ESP32 dan diproses oleh program untuk menentukan kondisi setiap mesin. Apabila terjadi perubahan kondisi yang menunjukkan mesin berhenti, ESP32 akan mendeteksi terjadinya *downtime*, menentukan mesin yang mengalami *downtime*, menghitung jumlah kejadian dan durasi *downtime*, serta mengaktifkan lampu alarm melalui relay. Data hasil pembacaan dan pengolahan tersebut kemudian dikirimkan oleh ESP32 melalui jaringan Wi-Fi dan internet menuju platform Blynk. Blynk digunakan sebagai media monitoring secara real-time untuk menampilkan kondisi setiap mesin, jumlah *downtime*, mesin yang sedang mengalami *downtime*, serta durasi *downtime* pada dashboard.

Selanjutnya, data *downtime* yang diperoleh dapat diteruskan ke Google Sheets melalui Google Apps Script sebagai penghubung antara sistem monitoring dengan media penyimpanan data. Google Sheets digunakan untuk menyimpan data

historis *downtime* berdasarkan waktu, nama mesin, status, dan durasi *downtime* sehingga data dapat digunakan untuk melakukan pengolahan lebih lanjut, seperti mengetahui frekuensi *downtime*, total durasi *downtime*, membandingkan kinerja antar mesin, serta membuat grafik dan analisis kinerja mesin. Dengan demikian, sistem yang dirancang memiliki alur kerja yang terintegrasi mulai dari pembacaan sinyal interlock mesin, pengolahan data oleh ESP32, pemantauan secara real-time melalui Blynk, hingga penyimpanan data historis pada Google Sheets. Berikut adalah keseluruhan alur system dapat dilihat pada Gambar 2. 5.



Gambar 2. 5 Alur system

2.4 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian (Simbolon dkk, 2022) dengan judul *Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Berbasis IoT Menggunakan Aplikasi Blynk*. Penelitian ini merancang sistem monitoring dan pengendalian perangkat elektronik berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna. Sistem dirancang untuk memantau parameter tertentu secara real-time melalui koneksi internet. Metode yang digunakan meliputi perancangan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler menggunakan Arduino IDE, serta integrasi dengan platform Blynk. Hasil pengujian

menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring dan kontrol jarak jauh dengan respons waktu yang stabil selama koneksi internet tersedia, sehingga sistem efektif digunakan untuk otomasi berbasis IoT skala kecil hingga menengah.

Pada penelitian (Dharmawati, 2023) dengan judul *Implementasi Sistem Kendali Otomatis pada Perangkat Elektronik Menggunakan Mikrokontroler*. Sistem dirancang menggunakan Arduino sebagai pengendali utama dengan sensor input dan aktuator sebagai output. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem kendali otomatis. Metode penelitian meliputi tahap perancangan rangkaian, pembuatan program kendali, serta pengujian performa sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja sesuai parameter yang ditentukan dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil, serta mampu meningkatkan efisiensi operasional dibandingkan sistem manual.

Pada penelitian (Zaim dkk, 2023) dengan judul *Analisis dan Perancangan Sistem Otomasi Berbasis Mikrokontroler*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem otomasi yang mampu meningkatkan efisiensi kerja pada proses tertentu. Sistem menggunakan mikrokontroler sebagai pusat kendali dengan dukungan sensor dan aktuator. Pengujian dilakukan dengan membandingkan waktu respons sistem dan tingkat keberhasilan eksekusi perintah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara stabil dan meningkatkan produktivitas operasional dibandingkan metode konvensional.

Pada penelitian (Ghazi dkk, 2023) dengan judul *Development of Smart Monitoring System Based on Embedded Technology*. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring cerdas berbasis embedded system untuk meningkatkan akurasi pengukuran dan efisiensi pengolahan data. Perangkat yang digunakan meliputi mikrokontroler, sensor digital, serta sistem komunikasi data berbasis jaringan. Metode penelitian dilakukan melalui tahapan desain sistem, integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian kinerja sistem. Hasil menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi tinggi dengan konsumsi daya rendah, sehingga cocok diaplikasikan pada sistem monitoring industri.

Pada penelitian (Hendri, 2022) merancang *Pengontrolan Suhu dan Kelembaban pada Proses Fermentasi Tempe Berbasis Internet of Things*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses inkubator fermentasi tempe berjalan selama

16 jam lebih cepat dari proses tradisional. Sistem kontrol dapat dimonitoring dari jarak jauh menggunakan aplikasi Blynk dan menampilkan data secara real time.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1	Simbolon dkk, 2022	Perancangan Sistem <i>Monitoring</i> dan Kontrol Berbasis IoT Menggunakan Aplikasi Blynk.	monitoring dan pengendalian perangkat elektronik berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan aplikasi Blynk	Sistem mampu melakukan monitoring dan kontrol jarak jauh dengan respons waktu yang stabil selama koneksi internet tersedia, sehingga sistem efektif digunakan untuk otomasi berbasis IoT skala kecil hingga menengah.
2	Dharmawati, 2023	<i>Implementasi</i> Sistem Kendali Otomatis pada Perangkat Elektronik Menggunakan Mikrokontroler.	Arduino sebagai pengendali utama dengan sensor input dan aktuator sebagai output.	Sistem mampu bekerja sesuai parameter yang ditentukan dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil, serta mampu meningkatkan efisiensi operasional dibandingkan sistem manual.
3	Zaim dkk, 2025	<i>Analisis dan Perancangan Sistem Otomasi Berbasis Mikrokontroler.</i>	Merancang sistem otomasi yang mampu meningkatkan efisiensi kerja pada proses tertentu. Sistem menggunakan mikrokontroler sebagai pusat kendali dengan dukungan sensor dan aktuator.	Sistem mampu bekerja secara stabil dan meningkatkan produktivitas operasional dibandingkan metode konvensional.
4	Ghazi dkk, 2026	<i>Development of Smart Monitoring System Based on Embedded Technology.</i>	mengembangkan sistem monitoring cerdas berbasis embedded system untuk meningkatkan akurasi	sistem memiliki tingkat akurasi tinggi dengan konsumsi daya rendah, sehingga cocok diaplikasikan pada sistem monitoring industri.

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
			pengukuran dan efisiensi pengolahan data.	
5	Hendri, 2022	Pengontrolan Suhu dan Kelembaban pada Proses Fermentasi Tempe Berbasis Internet of Things.	Sistem kontrol dapat dimonitoring dari jarak jauh menggunakan aplikasi Blynk dan menampilkan data secara real time.	menunjukkan bahwa proses inkubator fermentasi tempe berjalan selama 16 jam lebih cepat dari proses tradisional

Berdasarkan perbandingan penelitian terdahulu pada Tabel 2.1, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan mikrokontroler dan teknologi Internet of Things (IoT) telah banyak diterapkan dalam sistem monitoring, pengendalian otomatis, dan otomasi untuk meningkatkan efisiensi serta mempermudah pemantauan secara real-time. Penelitian Simbolon dkk. (2022) menunjukkan bahwa NodeMCU ESP8266 dan aplikasi Blynk dapat digunakan untuk melakukan monitoring dan kontrol jarak jauh secara stabil selama tersedia koneksi internet. Penelitian Dharmawati (2023) dan Zaim dkk. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan mikrokontroler sebagai pusat kendali mampu meningkatkan efisiensi dan kestabilan proses otomasi. Sementara itu, penelitian Ghazi dkk. (2023) menunjukkan bahwa teknologi embedded system dapat diterapkan pada sistem monitoring industri dengan pengolahan data yang efisien, sedangkan penelitian Hendri (2022) membuktikan bahwa Blynk dapat digunakan untuk melakukan monitoring kondisi sistem secara real-time dari jarak jauh.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, masih terdapat peluang untuk mengembangkan sistem yang secara khusus digunakan untuk memonitor kondisi *downtime* pada mesin produksi secara real-time serta mencatat data *downtime* secara terstruktur. Oleh karena itu, penelitian ini mengambil fokus pada perancangan dan pembangunan sistem monitoring *downtime real-time* berbasis IoT pada *line* produksi keramik PT Arwana Nuansakeramik dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, interlock mesin sebagai sumber informasi kondisi mesin, Blynk sebagai media monitoring real-time, serta Google Sheets sebagai media penyimpanan data historis *downtime*. Sistem yang dirancang diharapkan

tidak hanya mampu menampilkan kondisi mesin secara real-time, tetapi juga mencatat jumlah dan durasi *downtime* sehingga data dapat digunakan untuk membantu proses evaluasi dan meningkatkan efektivitas pengawasan terhadap kondisi mesin produksi.