

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perusahaan PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* (IKPP) Tbk perawang adalah perusahaan swasta nasional yang bergerak dalam bidang industri *pulp and paper* dengan status penanaman modal asing (PDM).



Gambar 1.1 Logo PT. Indah Kiat *Pulp and Paper*
(Sumber: PT. Indah Kiat *Pulp and Paper*)

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan salah satu aspek penting dalam dunia industri, khususnya pada perusahaan yang menggunakan mesin dan peralatan listrik bertegangan tinggi dalam proses produksinya. Di lingkungan industri, aktivitas perawatan, perbaikan, maupun inspeksi mesin memiliki tingkat risiko yang tinggi terhadap kecelakaan kerja apabila sumber energi tidak diisolasi dengan benar. Salah satu metode pengamanan yang digunakan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja akibat energi berbahaya adalah sistem *Lockout – Tagout – Tryout* LOTOTO. Sistem ini berfungsi untuk memastikan bahwa mesin atau peralatan benar-benar dalam kondisi aman sebelum dilakukan pekerjaan pemeliharaan ataupun perbaikan.

PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* Perawang merupakan salah satu perusahaan industri besar yang memiliki banyak peralatan dan mesin produksi dengan sistem kelistrikan dan mekanik yang kompleks. Dalam proses operasionalnya, penerapan prosedur keselamatan kerja menjadi hal yang sangat penting untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja pada operator maupun teknisi. Namun, penerapan sistem LOTOTO secara konvensional masih memiliki beberapa kelemahan, seperti pengawasan yang terbatas, pencatatan manual, serta kesulitan dalam memantau status penguncian perangkat secara *real-time*. Selain itu, penggunaan kunci dan *tag*

manual berpotensi menimbulkan *human error* apabila prosedur tidak dilakukan dengan benar dan kunci bisa hilang karena kondisi *human error* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Gembok LOTO Konvensional
(Sumber: Dokumentasi, 2026)

Berdasarkan hasil observasi lapangan selama pelaksanaan program Vokasi *Dual Sistem* di PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* Perawang, ditemukan salah satu gembok LOTO konvensional yang telah dipotong karena kunci gembok hilang. Selain itu, berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa operator, diperoleh informasi bahwa kunci fisik gembok LOTO terkadang terbawa pulang oleh operator pada saat pergantian *shift* atau bahkan hilang sehingga proses pembukaan gembok harus dilakukan dengan cara memotong badan gembok. Kondisi tersebut menyebabkan kerusakan pada gembok LOTO dan memerlukan penggantian perangkat baru. Temuan lapangan ini menjadi salah satu dasar pengembangan sistem *smart padlock* yang dikendalikan melalui autentikasi *face recognition* pada *station box*, sehingga penggunaan kunci fisik dapat diminimalkan dan risiko kehilangan kunci selama pergantian *shift* dapat dikurangi.

Perkembangan teknologi *internet of things* (IoT) memberikan peluang untuk meningkatkan efektivitas sistem keselamatan kerja di lingkungan industri. Teknologi IoT memungkinkan perangkat dapat saling terhubung melalui jaringan Wi-Fi yang memiliki akses internet, sehingga proses komunikasi antarperangkat, *monitoring*, dan pengendalian dapat dilakukan secara *real-time*. Pada sistem yang dirancang, jaringan Wi-Fi digunakan sebagai media komunikasi antara ESP32 DevKit dan ESP8266 Wemos D1 *Mini* menggunakan metode *HTTP Client-Server*, sedangkan akses internet digunakan untuk mendukung fungsi *monitoring* dan *controlling* secara *online* dan jarak jauh. Dengan memanfaatkan teknologi ini, sistem LOTOTO dapat dikembangkan menjadi sistem yang lebih modern,

terintegrasi, dan mampu memberikan informasi kondisi penguncian secara langsung kepada pengguna maupun pengawas keselamatan kerja.

Dalam penelitian ini dirancang sebuah *prototype* sistem LOTOTO berbasis IoT yang mampu melakukan proses penguncian, *monitoring*, dan *controlling* secara *digital*. ESP32-CAM digunakan untuk melakukan proses *face recognition* sebagai autentikasi operator, sedangkan ESP32 DevKit digunakan sebagai main *controller* yang mengatur proses sistem dan komunikasi dengan ESP8266 Wemos D1 Mini pada *smart padlock*. Komunikasi antara ESP32 DevKit dan ESP8266 dilakukan menggunakan metode HTTP *client-server* melalui jaringan Wi-Fi. Jaringan Wi-Fi tersebut dapat berasal dari *hotspot* telepon seluler, modem, atau router yang memiliki akses internet, sehingga sistem dapat terhubung dengan *web server monitoring* dan *whatsapp bot* untuk mendukung *monitoring* serta *controlling* secara *online* dan jarak jauh. Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler yang terhubung dengan sensor dan *aktuator* untuk mengontrol proses *lockout* pada panel atau mesin. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan fitur *monitoring* berbasis internet sehingga status perangkat, identitas pengguna, dan kondisi penguncian dapat dipantau secara *real-time* melalui perangkat komputer maupun *smartphone*. Dengan adanya sistem ini, proses pengawasan keselamatan kerja diharapkan menjadi lebih efektif, efisien, dan terintegrasi.

Selain fungsi *monitoring*, sistem juga dapat dikembangkan dengan integrasi teknologi tambahan seperti notifikasi otomatis dan autentikasi pengguna untuk meningkatkan keamanan akses terhadap sistem LOTOTO. Penggunaan teknologi digital dalam sistem keselamatan kerja diharapkan dapat meminimalkan kesalahan manusia (*human error*), meningkatkan disiplin prosedur keselamatan, serta mempercepat proses identifikasi apabila terjadi pelanggaran prosedur pengamanan mesin.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *prototype* sistem *Lockout-Tagout-Tryout* (LOTOTO) berbasis *internet of things* (IoT) di PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* Perawang sebagai inovasi sistem keselamatan kerja yang lebih modern, efektif, dan terintegrasi. Diharapkan sistem ini dapat membantu meningkatkan keamanan kerja pada proses

pemeliharaan mesin dan menjadi salah satu solusi pengembangan teknologi K3 berbasis IoT di lingkungan industri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang *prototype* sistem *Lockout-Tagout-Tryout* (LOTOTO) berbasis *internet of things* (IoT) yang dapat diterapkan pada lingkungan industri?
2. Bagaimana cara mengintegrasikan mikrokontroler, sensor, dan *aktuator* pada sistem LOTOTO agar proses penguncian dan *monitoring* dapat berjalan secara otomatis?
3. Bagaimana merancang sistem *monitoring* berbasis IoT yang mampu menampilkan status penguncian perangkat secara *real-time*?
4. Bagaimana performa sistem LOTOTO berbasis IoT dalam meningkatkan keamanan dan efektivitas prosedur keselamatan kerja di PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* Perawang?

1.3 Batasan Masalah

Data penelitian diambil dari hasil pengujian *prototype* sistem LOTOTO berbasis IoT yang dirancang untuk simulasi pengamanan mesin atau panel listrik. Penelitian ini difokuskan pada proses penguncian, *monitoring*, dan pengendalian sistem keselamatan kerja dengan batasan sebagai berikut:

1. Sistem LOTOTO yang dirancang masih dalam bentuk *prototype*.
2. *Monitoring* sistem dilakukan menggunakan jaringan *internet of things* (IoT).
3. Sistem menggunakan mikrokontroler sebagai pusat pengendalian.
4. Pengujian dilakukan pada simulasi panel atau perangkat listrik skala *prototype*.
5. Sistem difokuskan pada fungsi *lockout*, *tagout*, dan *monitoring* status penguncian secara *real-time*.

1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan pembuatan alat ini ialah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun *prototype* sistem *Lockout –Tagout –Tryout* LOTOTO berbasis *internet of things* (IoT).
2. Mengintegrasikan mikrokontroler, sensor, dan *aktuator* untuk mendukung proses penguncian dan pengamanan mesin secara otomatis.
3. Mengembangkan sistem *monitoring* berbasis IoT untuk memantau status LOTOTO secara *real-time* melalui jaringan internet.
4. Menganalisis performa sistem LOTOTO berbasis IoT dalam meningkatkan efektivitas dan keamanan prosedur keselamatan kerja di lingkungan industri.

Adapun manfaat pembuatan alat ini ialah sebagai berikut:

1. Meningkatkan keamanan dan keselamatan kerja pada proses pemeliharaan dan perbaikan mesin industri serta agar kunci fisik tidak hilang dan dijadikan kunci darurat saja dan mencegah terjadinya pemotongan pada gembok LOTO konvensional.
2. Mengurangi risiko kecelakaan kerja akibat kesalahan prosedur pengamanan sumber energi.
3. Memanfaatkan teknologi *internet of things* (IoT) sebagai sistem *monitoring* dan pengendalian LOTOTO secara *real-time*.
4. Mempermudah pengawasan terhadap status penguncian perangkat dan aktivitas pengguna.
5. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi keselamatan kerja berbasis digital di lingkungan industri.

1.5 Metode Penyelesaian Masalah

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan rancang bangun (*design and development*). Metode ini digunakan untuk merancang, membangun, mengintegrasikan, dan menguji *prototype* sistem LOTOTO berbasis IoT. Metode penyelesaian masalah pada penelitian ini adalah:

1. Melakukan studi literatur mengenai sistem LOTOTO,

IoT, dan sistem keselamatan kerja industri.

2. Melakukan perancangan *prototype* sistem LOTOTO berbasis IoT sesuai kebutuhan pengamanan mesin atau panel listrik.
3. Merancang rangkaian perangkat keras yang terdiri dari mikrokontroler, modul *driver* 8833, *micro* motor N20 dan mekanisme tuas senteng yang didapatkan dari gembok yang dijual *online*.
4. Membuat program pengendalian sistem untuk proses *lockout* dan *monitoring* berbasis IoT.
5. Mengintegrasikan sistem *monitoring* agar status perangkat dapat dipantau secara *real-time* melalui jaringan internet.
6. Melakukan pengujian fungsi sistem LOTOTO meliputi proses penguncian, *monitoring*, dan pengendalian perangkat.
7. Melakukan analisis hasil pengujian untuk mengetahui performa dan efektivitas sistem.
8. Menyusun laporan akhir berdasarkan hasil penelitian dan pengujian *prototype* yang telah dilakukan.