

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

2.1 Literatur

Pratama dkk (2023) menjelaskan transformasi digital dalam Industri 4.0 melalui penerapan *e-Monitoring* dan *e-Logsheets*. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan fasilitas produksi dengan menyediakan informasi digital secara real-time. Proyek ini menggunakan sistem e-Monitoring untuk membantu operator dalam pemantauan, perawatan, dan troubleshooting mesin pabrik secara cepat dan efektif dengan *delay* transmisi data hanya 2 ms. Solusi ini diharapkan dapat mendukung perkembangan industri menuju digitalisasi penuh (Pratama dkk., 2023)

Unit Kerja: Gresik Gas Cogeneration Plant (GGCP) (2023) dalam studi “GKM DUMS: Meningkatkan Produktivitas dan Efektivitas Proses Bisnis Operasi Melalui Implementasi DUMS (*Digitized Utility Monitoring System*)” menyebutkan tantangan dalam proses bisnis operasi berupa monitoring performa yang hanya bisa diakses dari *Central Control Room* (CCR) melalui delapan PC HMI yang terpisah. Dengan menerapkan DUMS, data operasional dan performa pabrik dapat diakses melalui perangkat berbasis web dan mobile, sehingga proses monitoring lebih fleksibel, efektif, dan ramah lingkungan. Dampak dari solusi ini meliputi efisiensi waktu, pengurangan penggunaan kertas, serta penguatan kemampuan troubleshooting dalam menganalisis masalah pabrik (Unit Kerja : Gresik Gas Cogeneration Plant (GGCP), 2023).

Penelitian oleh Seyselis dan Pradana (2021) menunjukkan bahwa sistem e-monitoring efektif dalam meningkatkan persentase keberhasilan program, kualitas produk hukum, dan rata-rata penyerapan anggaran. Penelitian ini merekomendasikan peningkatan antarmuka aplikasi, pelatihan intensif, serta pemeliharaan sistem secara rutin untuk memastikan keberlanjutan manfaatnya (Seyselis dan Pradana, 2021).

Elking (2022) meneliti implementasi *Electronic Data Logging Devices* (ELDs) yang diwajibkan secara federal untuk pengemudi truk komersial di Amerika Serikat sejak akhir 2017. Meskipun diharapkan dapat meningkatkan keselamatan, hasil penelitian justru menunjukkan bahwa tingkat kecelakaan fatal meningkat pasca-implementasi. Temuan ini mengindikasikan bahwa manfaat e-monitoring bergantung pada desain dan implementasi yang tepat, serta pentingnya mempertimbangkan efek yang lebih luas sebelum menerapkan teknologi serupa dalam sistem lain (Elking, 2022).

Marsigit dan Wansen (2020) dalam penelitian “Sistem Informasi Monitoring dan Perbaikan Mesin Produksi Berbasis Android Pada PT Katsushiro Indonesia” menyoroti kebutuhan sistem digital untuk mendokumentasikan kinerja mesin produksi secara otomatis. Dengan menggunakan aplikasi berbasis Android, operator dapat lebih mudah memonitor dan memperbaiki mesin yang bermasalah. Sistem ini menghasilkan laporan real-time yang mempermudah pengambilan keputusan dan meningkatkan efisiensi perawatan mesin (Marsigit dan Wansen, 2020).

Sitorus (2020) melakukan penelitian yang menciptakan sistem e-monitoring dashboard yang mampu menampilkan indikator kinerja mesin secara jelas dengan data real-time. Sistem ini digunakan untuk memantau performa mesin sesuai dengan metrik OEE serta membandingkannya dengan standar *World Class* OEE. *Dashboard* juga menyajikan laporan produksi yang mempermudah analisis kinerja mesin (Sitorus, 2020).

Siegel dkk (2022) melakukan meta-analisis terhadap 70 sampel penelitian untuk mengkaji dampak electronic monitoring terhadap kepuasan kerja, stres, kinerja, dan perilaku kontraproduktif (CWB) karyawan. Hasil menunjukkan bahwa *electronic monitoring* sedikit menurunkan kepuasan kerja ($r = -0,10$) dan meningkatkan stres ($r = 0,11$). Selain itu, tidak ditemukan hubungan signifikan antara electronic monitoring dan kinerja karyawan ($r = -0,01$), sementara hubungan positif kecil ditemukan dengan CWB ($r = 0,09$). Penelitian ini merekomendasikan perhatian khusus pada tujuan penerapan monitoring agar tidak berdampak negatif terhadap kesejahteraan karyawan, serta perlunya studi lebih lanjut mengenai kaitan antara desain pekerjaan dan sistem *electronic monitoring* (Siege dkk., 2022)

Dari berbagai penelitian tersebut, terlihat bahwa implementasi sistem monitoring digital memiliki peran signifikan dalam meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan produktivitas dalam lingkungan industri. Dengan demikian, penerapan sistem *e-Monitoring* di Gresik Gas Co-Generation Plant PT Pupuk Indonesia Utilitas menjadi langkah penting dalam mendukung proses transformasi menuju era Industri 4.0.

2.2 Sistem Monitoring

Sistem monitoring merupakan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk mengamati, mencatat, dan mengevaluasi kondisi atau performa suatu proses atau peralatan secara *real-time*. Dalam konteks industri, sistem monitoring sangat penting untuk menjamin kelangsungan operasional dan mencegah terjadinya gangguan proses produksi. Sistem ini memungkinkan deteksi dini terhadap masalah yang dapat menghambat kelancaran produksi atau bahkan menyebabkan kerusakan yang lebih besar jika tidak ditangani dengan cepat.

Menurut Sutabri (2014), monitoring adalah aktivitas pengumpulan dan analisis data secara berkala untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai rencana dan standar yang telah ditetapkan. Dalam penerapan praktis, sistem monitoring sering kali diintegrasikan dengan teknologi sensor dan sistem komunikasi untuk memberikan informasi yang akurat dan *up-to-date* kepada operator atau pengelola sistem.

Selain itu, pengembangan teknologi dalam sistem monitoring telah mendorong penerapan konsep *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan pengambilan data secara otomatis dan real-time melalui perangkat yang terhubung internet. Hal ini mempermudah analisis dan pengambilan keputusan berdasarkan data yang lebih valid dan cepat. Menurut Rahman (2019), penerapan IoT dalam sistem monitoring dapat meningkatkan efisiensi operasional dan memberikan kemampuan untuk melakukan pemeliharaan prediktif, di mana peralatan atau mesin dapat diperbaiki atau diservis sebelum terjadi kerusakan.

Implementasi sistem monitoring yang efektif juga melibatkan penggunaan perangkat lunak analisis untuk memproses data yang terkumpul, serta sistem peringatan dini yang dapat memberi notifikasi kepada pengelola jika ada anomali atau kondisi yang perlu mendapat perhatian segera. Dengan demikian, sistem monitoring bukan hanya berfungsi untuk memantau, tetapi juga untuk mencegah dan mengoptimalkan proses operasional.

Pada sektor industri, sistem monitoring berperan penting dalam memastikan kualitas produk tetap terjaga dan proses produksi berlangsung dengan efisien. Menurut Suryanto (2017), sistem monitoring yang terintegrasi dengan kontrol otomatis memungkinkan pengurangan kesalahan manusia dan meminimalkan downtime, yang pada gilirannya berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan kualitas output.

2.3 E-Monitoring

E-Monitoring (*electronic monitoring*) adalah pengembangan dari sistem monitoring konvensional dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi. Sistem ini memungkinkan pengumpulan data secara otomatis, pengolahan data secara digital, serta pelaporan dalam format yang lebih sistematis dan cepat. E-monitoring memanfaatkan berbagai alat dan platform digital seperti sensor, perangkat IoT (*Internet of Things*), sistem cloud, dan perangkat lunak analitik untuk mengumpulkan, mengolah, dan menyajikan informasi secara *real-time*.

Menurut Pratama et al. (2023), e-monitoring adalah bagian dari digitalisasi proses industri yang bertujuan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi

operasional dengan menggantikan metode manual dengan sistem berbasis teknologi digital. Salah satu keunggulan utama dari e-monitoring adalah kemampuannya untuk melakukan pemantauan secara terus-menerus tanpa keterlibatan manusia secara langsung, mengurangi potensi kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia.

Dalam implementasinya, e-monitoring sering kali menggunakan sensor dan perangkat yang terhubung dengan jaringan untuk mengumpulkan data dari mesin atau sistem yang diawasi. Data tersebut kemudian dikirimkan ke pusat pengolahan data atau cloud, di mana analisis lebih lanjut dilakukan untuk menghasilkan laporan yang membantu pengelola dalam pengambilan keputusan. Hal ini memungkinkan identifikasi masalah lebih cepat dan memfasilitasi pemeliharaan prediktif, di mana perbaikan atau pemeliharaan dilakukan sebelum kerusakan besar terjadi.

Sebagai contoh, dalam industri manufaktur, e-monitoring dapat digunakan untuk memantau kondisi mesin secara real-time, mulai dari suhu, tekanan, hingga tingkat getaran. Berdasarkan data yang dikumpulkan, sistem dapat memberi peringatan dini jika ada komponen yang menunjukkan tanda-tanda kerusakan atau kegagalan, memungkinkan tindakan preventif untuk diambil (Widya et al., 2023).

Penerapan e-monitoring juga dapat memberikan manfaat lebih dalam hal analisis data besar (*big data*). Dengan data yang dikumpulkan secara terus-menerus dalam jumlah besar, analisis lanjutan dapat dilakukan untuk menemukan pola atau tren yang tidak terlihat pada pengamatan biasa. Hal ini memungkinkan optimasi yang lebih baik terhadap proses operasional dan meningkatkan produktivitas serta efisiensi biaya.

Menurut Seyselis & Pradana (2021), e-monitoring memiliki potensi besar untuk meningkatkan transparansi dalam proses industri dan pemerintahan, karena seluruh data dapat diakses secara real-time dan diaudit dengan mudah. Selain itu, laporan yang dihasilkan dari sistem e-monitoring dapat digunakan untuk mendukung pengambilan kebijakan yang lebih tepat dan berbasis data.

2.4 Efektivitas Sistem

Efektivitas merupakan ukuran keberhasilan suatu sistem dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Menurut Robbins (2003), efektivitas berkaitan dengan sejauh mana hasil yang dicapai sesuai dengan target atau standar yang ditentukan. Dalam konteks e-monitoring, efektivitas mencakup kemampuannya dalam mendukung pengambilan keputusan, mempercepat akses data, serta meminimalkan kesalahan pencatatan. Sistem yang efektif dapat menghasilkan output yang sesuai dengan kebutuhan pengguna, meminimalkan kesalahan operasional, serta memberikan informasi yang tepat waktu dan relevan.

Dalam penerapan sistem e-monitoring di berbagai industri, efektivitas sistem sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kualitas data yang dikumpulkan, keandalan teknologi yang digunakan, dan kemudahan akses oleh pengguna. Misalnya, dalam industri manufaktur, e-monitoring yang efektif dapat meningkatkan kecepatan pengambilan keputusan terkait pemeliharaan mesin, karena data yang akurat dan *real-time* tersedia untuk operator. Hal ini memungkinkan tindakan korektif dilakukan dengan cepat, sehingga mengurangi waktu henti mesin dan meningkatkan produktivitas secara keseluruhan (Indriani Azzahra & Rayyan Firdaus, 2024).

Selain itu, efektivitas sistem juga diukur berdasarkan kemampuannya dalam meminimalkan kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia. Seperti yang dijelaskan oleh Rachmawati (2016), dengan mengotomatiskan proses pemantauan dan pelaporan, e-monitoring dapat mengurangi kemungkinan kesalahan dalam pencatatan data yang sering terjadi pada metode manual. Sistem e-monitoring yang efektif tidak hanya meningkatkan akurasi data, tetapi juga memberikan pelaporan yang lebih cepat dan dapat dipertanggungjawabkan, yang sangat penting dalam pengambilan keputusan yang berbasis data.

Penerapan sistem monitoring yang efektif dapat membantu mengidentifikasi potensi perbaikan atau optimalisasi dalam operasional secara keseluruhan. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk tetap bersaing di pasar yang semakin dinamis dan kompleks (Yanti et al., 2023).

2.5 Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi secara mendalam fenomena implementasi sistem e-monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) di PT Pupuk Indonesia Utilitas, khususnya di unit Gresik Gas *Co-Generation Plant* (GGCP). Studi kasus memberikan ruang bagi peneliti untuk memahami fenomena dalam konteks aslinya, terutama ketika batas antara fenomena yang dikaji dan konteksnya tidak jelas secara tegas.

Menurut Yin (2018), studi kasus adalah pendekatan kualitatif yang digunakan untuk menyelidiki suatu fenomena kontemporer dalam konteks dunia nyata, terutama ketika batas antara fenomena dan konteksnya tidak jelas. Dalam konteks

penelitian ini, sistem *e-monitoring* bukan hanya dipandang sebagai teknologi, tetapi juga sebagai bagian dari sistem operasional, budaya kerja, dan proses pengambilan keputusan.

Studi kasus kualitatif digunakan untuk menyelidiki dan memahami secara rinci suatu fenomena kompleks yang terjadi dalam lingkungan nyata. Menurut Stake (1995), studi kasus bersifat holistik, intensif, dan berorientasi pada konteks, sehingga sangat tepat digunakan untuk mengeksplorasi proses, dinamika, dan interaksi sosial yang terjadi selama implementasi sistem teknologi seperti EMS (*Energy Monitoring System*) berbasis IoT. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga pada dimensi sosial, kultural, dan organisasi yang memengaruhi keberhasilan implementasi sistem.

Creswell (2013) menyatakan bahwa pendekatan studi kasus kualitatif cocok digunakan ketika peneliti ingin memahami secara mendalam "bagaimana" dan "mengapa" suatu sistem atau kebijakan diterapkan, dan bagaimana pengalaman para pemangku kepentingan dalam menghadapinya. Dalam penelitian ini, sistem e-monitoring dipandang sebagai fenomena kompleks yang berkaitan dengan dinamika kerja operator, perubahan pola operasional, dan manajemen energi di pabrik.

Studi kasus ini bersifat instrumental (*instrumental case study*), yaitu digunakan untuk memberikan pemahaman yang lebih luas tentang suatu isu atau fenomena dengan menjadikan kasus sebagai sarana untuk memperdalam analisis terhadap implementasi sistem digital dalam konteks industri energi (Stake, 1995). Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya menggambarkan kejadian secara

deskriptif, tetapi juga memberikan pemaknaan yang lebih dalam terhadap tantangan dan peluang dari penerapan sistem *e-monitoring*.

2.6 Kerangka Pikiran

Perkembangan teknologi digital dalam era Industri 4.0 telah mendorong perusahaan manufaktur dan energi untuk mengintegrasikan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam operasional mereka. Salah satu penerapannya adalah *Energy Monitoring System* (EMS) berbasis IoT yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi, mengurangi downtime, dan mendukung proses pengambilan keputusan berbasis data secara *real-time* (Bauer et al., 2019).

Namun, dalam praktiknya, penerapan sistem ini sering kali menghadapi berbagai tantangan seperti integrasi sistem yang belum optimal, keterbatasan literasi digital di kalangan operator, serta resistensi terhadap perubahan budaya kerja. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis mendalam mengenai bagaimana sistem ini diimplementasikan, apa saja tantangan yang muncul, dan bagaimana dampaknya terhadap efisiensi operasional dan pengelolaan energi.

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini didasarkan pada keterkaitan antara beberapa konsep utama, yaitu:

1. Penerapan Sistem *e-Monitoring*

Sistem ini merupakan komponen dari transformasi digital, yang berfungsi mengumpulkan data real-time terkait kinerja fasilitas produksi, konsumsi energi, dan kondisi peralatan.

2. Efisiensi Energi dan Operasional

Merujuk pada hasil yang diharapkan dari implementasi sistem, seperti penghematan energi, pengurangan downtime, dan optimalisasi kerja mesin.

Secara garis besar, kerangka pemikiran penelitian ini disusun dengan alur sebagai berikut:

1. Transformasi Digital dan e-Monitoring:

Proses transformasi digital pada fasilitas produksi mendorong adopsi teknologi canggih seperti IoT untuk memantau kinerja sistem secara real-time. Data yang terkumpul memungkinkan analisis yang mendalam dan pemantauan terus-menerus tanpa keterlibatan manusia langsung.

2. Efisiensi Energi sebagai Tujuan:

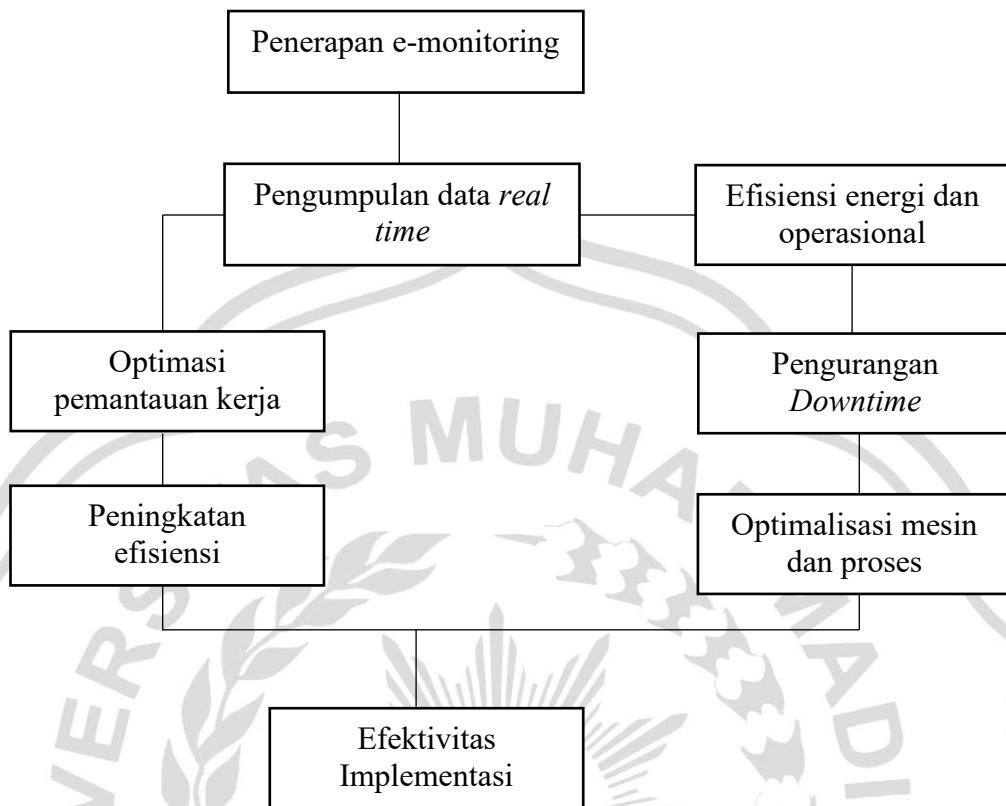
Sistem e-monitoring membantu mengidentifikasi pola konsumsi energi, dan dengan analisis data, memungkinkan tindakan efisiensi energi yang lebih tepat dan cepat. Efisiensi energi ini berkontribusi pada penghematan biaya operasional dan menjaga keberlanjutan proses produksi.

3. Pengurangan *Downtime* dan Optimalisasi Mesin:

Data *real-time* dari sistem memungkinkan deteksi dini masalah pada mesin atau peralatan produksi. Dengan memanfaatkan prediksi dan peringatan dini, *downtime* dapat diminimalkan dan waktu operasional maksimal.

4. Efektivitas Implementasi:

Keberhasilan sistem e-monitoring diukur dari dampaknya terhadap efisiensi energi dan operasional. Implementasi sistem yang efektif mempercepat pengambilan keputusan, memperbaiki akurasi data, serta meningkatkan efisiensi dan produktivitas secara keseluruhan.



Gambar 2.1 Bagan Kerangka Pikiran