

Studi Kelayakan Penerapan IoT pada Sistem Pemantauan *Boiler* untuk Integrasi ke DCS

Anugerah Ramadhan Ablifami Pratama*, Diyaah Putri Indah Rahmawati Supriyono

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Kab. Bantul

INFORMASI NASKAH

Diterima : 23 November 2025

Direvisi : 12 Desember 2025

Disetujui : 10 Februari 2026

Terbit : 31 Maret 2026

Email korespondensi:

anugerahrap@gmail.com

Laman daring:

[https://doi.org/10.37525/](https://doi.org/10.37525/sp/2026-1/1649)

[sp/2026-1/1649](https://doi.org/10.37525/sp/2026-1/1649)

ABSTRAK

Pemantauan kondisi *boiler* di banyak fasilitas industri migas hingga saat ini masih dilakukan secara manual oleh operator, sehingga frekuensi pengecekan tidak selalu konsisten dan potensi keterlambatan dalam mendeteksi perubahan kondisi cukup besar. Dengan semakin berkembangnya kebutuhan digitalisasi proses, teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan pendekatan yang lebih terhubung dan real-time serta berpeluang untuk diintegrasikan dengan *Distributed Control System* (DCS). Penelitian ini bertujuan menilai kelayakan penerapan IoT sebagai langkah awal modernisasi sistem pemantauan *boiler* dengan mengacu pada data dan temuan selama kegiatan Kerja Praktik, dokumen teknis *boiler*, ketentuan pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020, serta berbagai literatur terkait IoT industri dan integrasi sistem kontrol. Analisis dilakukan melalui perbandingan antara kondisi pemantauan eksisting dan kebutuhan ideal apabila sistem ditargetkan dapat terhubung ke DCS, mencakup aspek teknis, operasional, keamanan data, dan potensi manfaat yang dapat diperoleh. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan IoT dinilai cukup layak untuk diimplementasikan sebagai tahap awal digitalisasi pemantauan *boiler*, dengan perhatian khusus pada pemilihan sensor, protokol komunikasi, dan pengaman data. Penelitian ini juga merumuskan konsep arsitektur IoT serta tahapan yang dapat dijadikan dasar untuk rencana integrasi sistem pemantauan *boiler* menuju DCS.

Kata kunci: *Boiler*, DCS, Integrasi Sistem, IoT, Monitoring



PENDAHULUAN

Boiler merupakan peralatan yang memiliki peran penting dalam mendukung proses operasional di industri migas. Stabilitas panas yang dihasilkan *boiler* sangat bergantung pada kondisi beberapa parameter utama seperti tekanan, temperatur, level air, dan kualitas air. Di PPSDM MIGAS Cepu, sistem pemantauan *boiler* masih dilakukan dengan cara semi-manual melalui pengecekan berkala oleh operator. Cara ini memang masih dapat digunakan untuk operasional sehari-hari, namun tidak selalu mampu memberikan gambaran kondisi *boiler* secara terus-menerus. Ketika terjadi perubahan parameter secara tiba-tiba, sistem pemantauan manual berpotensi terlambat mengidentifikasi kondisi tersebut, sehingga risiko gangguan operasi ataupun penurunan efisiensi masih dapat terjadi.

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah mendorong banyak industri untuk beralih pada sistem pemantauan yang lebih otomatis dan terhubung. IoT memungkinkan data dari berbagai sensor dikumpulkan dan dipantau secara *real-time*, sehingga kondisi peralatan dapat diketahui lebih cepat dan akurat. Teknologi ini juga membuka peluang besar untuk diintegrasikan dengan sistem kendali terpusat seperti *Distributed Control System* (DCS). Pada saat kegiatan KP, pihak operator setempat juga menyampaikan adanya rencana untuk meningkatkan sistem pemantauan *boiler* menuju integrasi penuh dengan DCS, meskipun implementasinya masih tertunda karena keterbatasan anggaran dan prioritas internal.

Melihat kondisi tersebut, kajian awal mengenai kelayakan penerapan IoT menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini mencoba memetakan sejauh mana sistem pemantauan yang ada saat ini dapat ditingkatkan menuju sistem yang lebih modern. Analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi aktual di lapangan dengan acuan dari dokumentasi teknis, standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020, serta berbagai literatur mengenai IoT dan integrasinya dengan sistem kontrol industri. Penilaian difokuskan pada beberapa aspek, seperti kesiapan teknis, kemungkinan perubahan operasional, kebutuhan keamanan data, dan manfaat yang mungkin diperoleh apabila sistem IoT diterapkan.

Melalui kajian ini, penulis berharap dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai langkah awal yang dapat dilakukan apabila instansi ingin mengembangkan sistem pemantauan *boiler* yang lebih terintegrasi. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi pihak terkait dalam merencanakan pengembangan digitalisasi secara bertahap, terutama jika integrasi ke DCS menjadi target jangka panjang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus yang merujuk pada kondisi sistem pemantauan *boiler* di lokasi Kerja Praktik. Pendekatan ini dipilih karena penelitian tidak melakukan pengujian di lapangan, namun berfokus pada pemahaman proses pemantauan yang sudah berjalan dan kemungkinan penerapan teknologi baru. Data utama diperoleh dari hasil observasi selama kegiatan KP, dokumen teknis *boiler* yang digunakan, dan hasil wawancara langsung dengan operator terkait. Selain itu, penelitian juga mengacu pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020 dan sejumlah literatur mengenai IoT, sistem kontrol industri, serta studi-studi yang sebelumnya membahas pemantauan peralatan proses menggunakan teknologi serupa.

Data yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan pendekatan analisis gap. Melalui metode ini, kondisi aktual sistem pemantauan dibandingkan dengan kebutuhan ideal apabila sistem diarahkan menuju integrasi dengan *Distributed Control System* (DCS). Perbandingan dilakukan pada beberapa aspek, seperti kelengkapan sensor, alur akuisisi data, jenis protokol komunikasi yang digunakan, kesiapan operasional, serta aspek keamanan data.



Analisis kelayakan dilakukan secara deskriptif dengan dengan meninjau kesesuaian antara kondisi eksisting dan standar atau rekomendasi dari literatur. Hasil analisis tersebut digunakan untuk menyusun gambaran arsitektur IoT yang memungkinkan untuk diterapkan serta tahapan implementasi yang realistis. Karena penelitian ini bersifat konseptual, seluruh rekomendasi yang disusun merupakan usulan berdasarkan kajian pustaka dan temuan lapangan, tanpa adanya implementasi fisik maupun pengujian sistem.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini menyampaikan hasil analisis terhadap kondisi sistem monitoring *boiler* di PPSDM MIGAS berdasarkan observasi lapangan, dokumen teknis seperti Buku Seputar Unit *Boiler* dan Inspektur Kelistrikan MIGAS (IKM), serta standar keselamatan yang tercantum dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan temuan dari beberapa penelitian terdahulu mengenai digitalisasi sistem *boiler* dan penerapan IoT di industri. Melalui pendekatan ini, pembahasan difokuskan pada pemetaan kondisi eksisting, evaluasi praktik *monitoring*, identifikasi kesenjangan, serta analisis kelayakan teknis dan potensi penerapannya. Pembahasan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai posisi sistem *boiler* saat ini serta peluang peningkatan teknologi di masa mendatang.

A. Kondisi Sistem Eksisting pada Unit Boiler

Sistem *boiler* di PPSDM MIGAS Masih mengandalkan instrumen analog sebagai sumber utama pemantauan, seperti *pressure gauge*, *thermometer*, *level indicator*, dan *flow meter*. Seluruh parameter dicatat secara manual melalui *log sheet* setiap shift, sehingga histori operasi tidak tersimpan secara digital. Alarm keselamatan seperti *over pressure* dan *low-level* sudah tersedia di panel, namun bersifat lokal dan tidak terintegrasi ke sistem pemantauan berbasis komputer.

Temuan ini sejalan dengan Buku Seputar *Boiler* PPSDM MIGAS (2021) yang menyebutkan bahwa sistem *boiler* pendidikan umumnya masih menggunakan pemantauan langsung oleh operator. Buku Inspektur Kelistrikan MIGAS (IKM) (2025) juga menegaskan bahwa pencatatan manual rentan terhadap ketidaktepatan bila beban kerja tinggi. Hal serupa disampaikan oleh Makanga et al. (2023) yang menyebutkan bahwa banyak *boiler* konvensional belum memiliki monitoring kontinu karena keterbatasan digitalisasi.

Dari sisi kelistrikan, panel *boiler* telah dilengkapi sumber daya dan proteksi dasar, namun praktik *grounding*, potensi arus lebih, dan penandaan instalasi masih perlu dievaluasi kesesuaiannya dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020. Selain itu, operator menyampaikan bahwa beberapa sensor belum dikalibrasi secara berkala, sehingga potensi deviasi nilai pengukuran dapat terjadi.

Secara umum, sistem eksisting masih berfungsi baik untuk operasi harian, tetapi keterbatasan pada sisi pencatatan, akurasi sensor, dan tidak adanya integrasi digital menjadi dasar analisis kelayakan IoT pada bagian berikutnya.



Gambar 1. Tampak Depan Boiler TWA

B. Evaluasi Sistem *Monitoring* dan Praktik Pencatatan

Hasil observasi menunjukkan bahwa proses *monitoring* pada unit *boiler* masih sepenuhnya bergantung pada pembacaan langsung dan pencatatan manual. Meskipun metode ini masih umum digunakan pada *boiler* konvensional, pencatatan manual memiliki keterbatasan terutama terkait akurasi, konsistensi, dan ketersediaan *history* data. Buku Inspektur Kelistrikan MIGAS (IKM) (2025) sendiri menekankan bahwa pencatatan manual hanya efektif jika dilakukan secara teliti dan terjadwal, karena kesalahan kecil dapat berdampak pada evaluasi kinerja peralatan.

Selain itu, tidak adanya penyimpanan data berbasis digital membuat analisis data jangka panjang—seperti pola fluktuasi tekanan atau penurunan performa—menjadi sulit dilakukan. Hal ini sejalan dengan temuan Makanga et al. (2023), yang menyatakan bahwa “keterbatasan pencatatan manual membuat potensi anomali pada *boiler* sulit dideteksi lebih awal”.

Terkait kelistrikan dan panel *monitoring*, evaluasi terhadap praktik proteksi juga dilakukan. Dari acuan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020, khususnya pada bagian proteksi arus lebih dan pentanahan, disebutkan bahwa perangkat yang berfungsi sebagai sistem *monitoring* harus didukung oleh proteksi listrik yang memadai untuk menjaga keselamatan operator maupun peralatan. Pada kondisi lapangan, *grounding* dan proteksi panel *boiler* sudah tersedia namun memerlukan pemeriksaan berkala untuk memastikan kesesuaiannya dengan standar.

Secara keseluruhan, sistem *monitoring* eksisting dapat dianggap cukup untuk operasi rutin, tetapi kurang ideal untuk pemantauan berkelanjutan dan analisis performa. Evaluasi ini menjadi dasar identifikasi gap yang akan dianalisis.





Gambar 2. Panel Kontrol Boiler

C. Analisis Kesenjangan (*Gap Analysis*) antara Sistem Eksisting dan Praktik Ideal

Hasil observasi menunjukkan adanya perbedaan cukup jelas antara kondisi *monitoring boiler* di PPSDM MIGAS dan praktik ideal yang direkomendasikan oleh literatur dan standar industri. Secara umum, peralatan bekerja dengan baik untuk operasi harian, tetapi belum memenuhi karakteristik sistem monitoring modern yang menekankan pemantauan berkelanjutan, akurasi tinggi, dan integritas data.

Dari sisi *instrumentation*, penggunaan alat analog seperti *pressure gauge* dan termometer masih lazim, tetapi tidak dilakukannya pencatatan digital membuat analisis performa jangka panjang sulit dilakukan. Studi oleh Makanga et al. (2023) menyebutkan bahwa sistem analog tanpa pencatatan digital memiliki keterbatasan dalam mendeteksi pola anomali karena tidak ada histori yang terekam (“...*analog monitoring system lack historical continuity, making anomalies harder to detect early*”).

Sementara itu, penelitian oleh Balamurugan (2021) menunjukkan bahwa digitalisasi *boiler* melalui IoT dapat meningkatkan akurasi pemantauan hingga 20-30% dibanding metode manual karena minim *human-error* dan memungkinkan pengambilan data *real-time*.

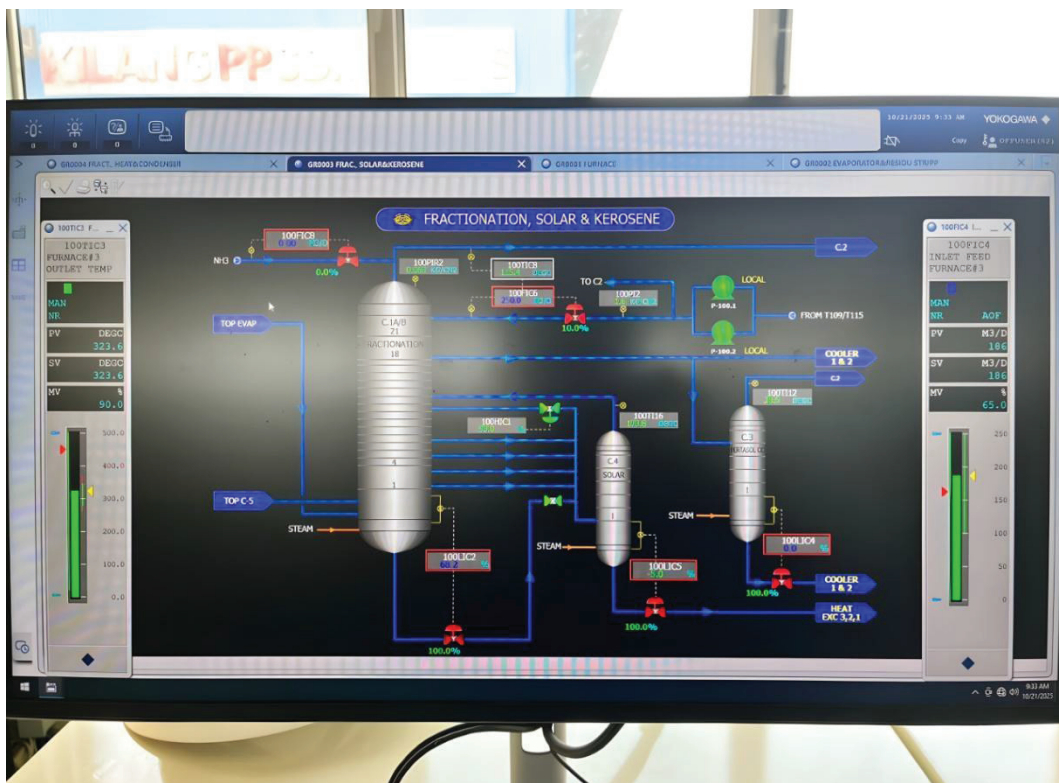
Penelitian lain dari Sazaiati et al. (2024) menegaskan bahwa pencatatan digital bukan hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga memperpanjang usia *boiler* karena operator dapat mendeteksi perubahan parameter secara lebih cepat.

Jika dibandingkan dengan kondisi lapangan, *boiler* PPSDM MIGAS masih mencatat data secara manual sehingga potensi kehilangan data operasi cukup besar. Selain itu, alarm keselamatan hanya tersedia pada panel lokal dan tidak dapat menampilkan histori alarm. Hal ini berbeda dengan sistem ideal yang biasanya memiliki *event logging* sehingga setiap anomali bisa dianalisis kembali untuk keperluan pemeliharaan.

Ditambah dengan data wawancara dengan operator *Distribution Control System* (DCS) menunjukkan bahwa unit lain di fasilitas tersebut sudah memanfaatkan sinyal analog 4-20 mA yang terhubung ke DCS, sehingga secara teknis *boiler* juga memungkinkan untuk diintegrasikan, namun hal ini belum terlaksana. Ini menunjukkan adanya gap pada tingkat pengembangan teknologi antar-unit dalam satu fasilitas.

Tabel 1. Analisis Kesenjangan Sistem Eksisting dengan Praktik Ideal

Aspek	Kondisi Eksisting	Praktik Ideal (Literatur/Jurnal)	Kesenjangan
Pencatatan	Manual, tidak ada histori	Digital, histori lengkap (Makanga 2023)	Tidak bisa analisis data
Alarm	Lokal pada panel	Alarm digital dan <i>event log</i>	Tidak ada rekam jejak alarm
Integrasi	Tidak ke DCS	Terintegrasi ke sistem kontrol (Balamurugan 2021)	Belum ada komunikasi antar sistem
Akurasi	Sensor analog, kalibrasi tidak rutin	Sensor digital dan kalibrasi berkala (IKM 2025)	Resiko deviasi data
Proteksi Listrik	Dasar, tidak terdokumentasi	Sesuai PUIL 2020	Potensi ketidaksesuaian standar
Keberlanjutan data	Tidak ada penyimpanan	Penyimpanan digital dan cloud (Saziati 2024)	Tidak ada data historis



Gambar 3. Sistem *Distribution Control System* (DCS) Eksisting



D. Analisis Kelayakan Teknis Penerapan IoT pada Sistem *Monitoring Boiler*

Berdasarkan kondisi eksisting dan acuan literatur, penerapan IoT pada sistem *monitoring boiler* di PPSDM MIGAS secara teknis dinilai memungkinkan, meskipun membutuhkan beberapa penyesuaian pada infrastruktur instrumentasi dan kelistrikan. Analisis ini dilakukan dengan mempertimbangkan sumber utama, yaitu Buku *Boiler* PPSDM, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020, Inspektur Kelistrikan MIGAS (IKM), observasi lapangan, serta referensi jurnal yang relevan.

Dari hasil observasi, instrumen utama seperti pengukur tekanan, suhu, level, dan aliran bekerja menggunakan instrumen analog. Hal ini menjadi titik awal yang cukup baik karena sebagian besar sensor analog dapat dikonversi ke bentuk digital melalui modul akuisisi data (ADC) tanpa mengubah sistem kontrol utama. Studi oleh Balamurugan (2021) menunjukkan bahwa sistem pemantauan berbasis IoT dapat dikembangkan dari sensor analog dengan menambahkan modul konversi dan node IoT tanpa mengganggu instrumen utama yang sudah ada.

Kelayakan teknis semakin diperkuat oleh informasi dari unit *Distributed Control System* (DCS). Berdasarkan wawancara, sinyal-sinyal proses dari unit lain di PPSDM MIGAS telah menggunakan standar 4-20 mA, yang merupakan sinyal analog industri yang paling umum dipakai untuk integrasi ke sistem kontrol modern. Hal ini membuka peluang bahwa *boiler* dapat memanfaatkan pendekatan yang sama tanpa harus merombak instalasi secara menyeluruh.

Dari sisi keselamatan dan kelistrikan, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020 menegaskan bahwa setiap peralatan tambahan harus dipastikan memiliki proteksi *grounding*, proteksi arus lebih, dan instalasi kabel yang memadai. Pada kondisi lapangan, proteksi dasar sudah tersedia, namun pemeriksaan rutin belum terdokumentasi. Ini berarti bahwa secara teknis pemasangan modul IoT dapat dilakukan, tetapi perlu dukungan evaluasi instalasi ulang untuk memenuhi standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL).

Penguatan kelayakan juga terlihat dari penelitian oleh Saziati et al. (2024) yang menunjukkan bahwa penerapan sensor digital untuk *monitoring* parameter *boiler* dapat meningkatkan kemampuan deteksi dini terhadap perubahan operasi karena data terbaca secara kontinu.

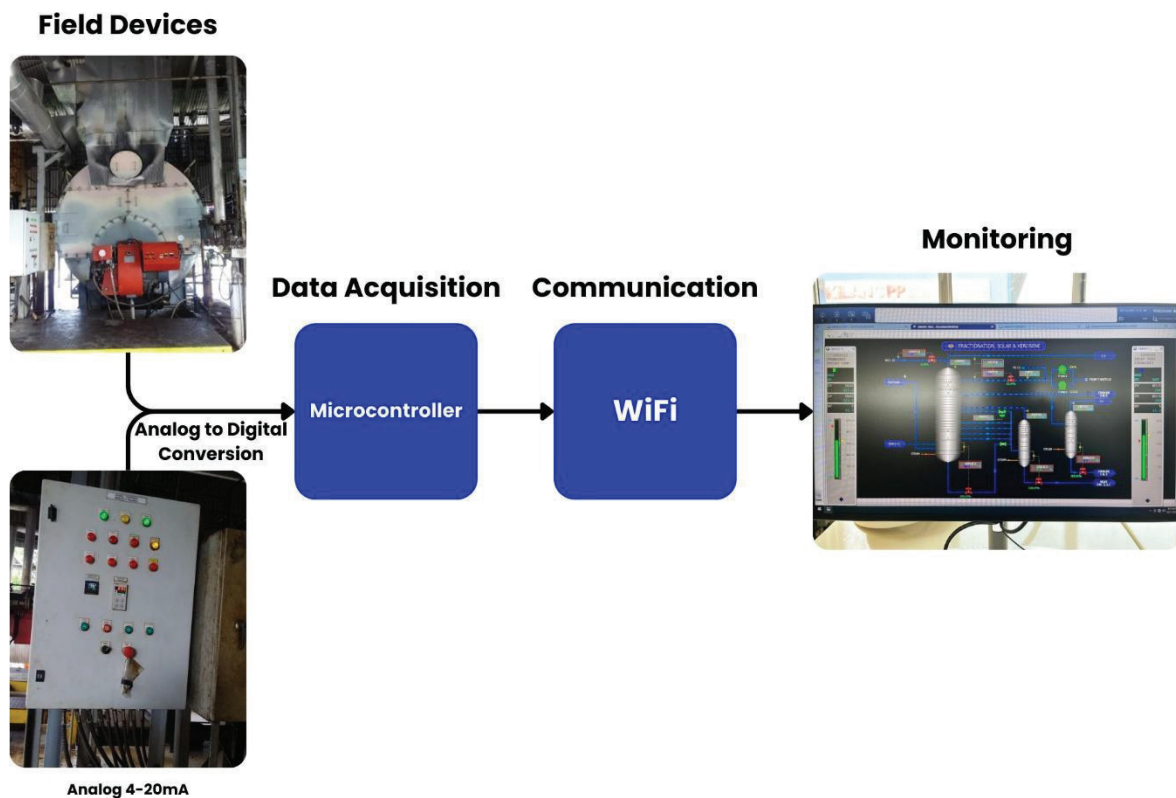
Selain itu, studi oleh Makanga et al. (2023) mendukung bahwa sistem *boiler* konvensional sangat mungkin ditingkatkan menjadi sistem *monitoring* jarak jauh berbasis IoT tanpa modifikasi besar pada peralatan utama.

Secara keseluruhan, dari seluruh parameter teknis yang dianalisis meliputi kesiapan sensor, sinyal, panel, proteksi listrik, serta kompatibilitas standar industri dapat disimpulkan bahwa penerapan IoT pada *monitoring boiler* secara teknis layak, meskipun implementasinya membutuhkan dukungan infrastruktur tambahan, pengecekan proteksi, dan penyesuaian terhadap standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL).

Tabel 2. Faktor Evaluasi Kelayakan Teknis

Aspek Teknis	Kondisi Eksisting	Standar Ideal/ Literatur	Penilaian Kelayakan
Sensor	Analog (gauge, <i>thermometer</i> , <i>flowmeter</i>)	Bisa dikonversi digital (Balamurugan 2021)	Layak
Sinyal	Belum menuju (DCS), tapi unit lain pakai 4-20 mA	Umum digunakan pada IoT industri	Layak
Proteksi Listrik	Ada proteksi dasar	Sesuai PUIL 2020	Perlu evaluasi sistem
Instalasi Panel	Manual, belum terdokumentasi lengkap	Perlu dokumentasi & inspeksi	Bisa disesuaikan

Data Logging	Tidak tersedia	Digital logging (Makanga 2023)	Layak, perlu tambahan modul
Infrastruktur	Tidak ada gateway data	Mudah ditambah (literatur IoT industri)	Layak dengan upgrade



Gambar 4. Block Diagram System

E. Potensi Manfaat Penerapan IoT pada *Monitoring Boiler*

Berdasarkan analisis literatur dan kondisi eksisting, penerapan IoT pada *monitoring boiler* berpotensi memberikan sejumlah manfaat signifikan, terutama dalam hal akurasi, keandalan, dan efisiensi operasional. Sistem manual yang saat ini digunakan di PPSDM MIGAS bekerja cukup baik untuk kebutuhan harian, namun penerapan digitalisasi dapat memperkuat kemampuan deteksi dini dan pemantauan berkelanjutan.

Salah satu manfaat utama digitalisasi adalah peningkatan akurasi dan kontinuitas data. Sistem IoT memungkinkan pencatatan otomatis secara *real-time*, mengurangi ketergantungan pada pencatatan manual yang rentan kesalahan. Makanga et al. (2023) menekankan bahwa *monitoring* digital memungkinkan operator melihat perubahan parameter secara konsisten sehingga potensi anomali dapat terdeteksi lebih cepat dibanding sistem manual.

Selain itu, Balamurugan (2021) menunjukkan bahwa integrasi sensor digital dan platform IoT dapat membantu operator memantau tekanan, level, dan suhu secara jarak jauh, sehingga mempercepat respons terhadap kondisi abnormal. Studi tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sistem berbasis IoT dapat mengurangi waktu respons operator hingga lebih dari 25%, terutama ketika terjadi lonjakan parameter.

Literatur dari Saziati et al. (2024) juga mengungkapkan bahwa digitalisasi membantu meningkatkan efisiensi pemeliharaan, karena data historis dan grafik data dapat dimanfaatkan untuk membuat prediksi kondisi peralatan. Pemantauan berkelanjutan terbukti mampu memperpanjang umur peralatan karena



gejala awal penurunan performa dapat dikenali sebelum terjadi kegagalan.

Dalam konteks fasilitas PPSDM MIGAS, potensi manfaat IoT sangat relevan karena sistem eksisting belum menyediakan data historis digital dan belum terintegrasi dengan kontrol tingkat lanjut. Dengan adanya *monitoring* digital, operator dapat menganalisis pola harian, mendeteksi data penurunan performa, serta melakukan tindakan preventif berdasarkan data, bukan hanya berdasarkan inspeksi visual

Digitalisasi juga mendukung peningkatan keselamatan. Sistem IoT dapat memberikan peringatan atau alarm otomatis jika parameter melampaui batas tertentu. Ini penting mengingat alarm panel eksisting bersifat lokal dan tidak terekam. Dengan adanya, notifikasi digital, risiko keterlambatan dalam merespons kondisi bahaya dapat diminimalkan.

Secara keseluruhan, meskipun implementasinya tergantung kesiapan infrastruktur, penerapan IoT secara konseptual memiliki potensi untuk memberikan efisiensi kerja, peningkatan keselamatan, pemeliharaan berbasis data, serta dukungan pengambilan keputusan yang lebih baik.

Tabel 3. Ringkasan Potensi Manfaat Penerapan IoT pada *Monitoring Boiler*

Jenis Manfaat	Temuan Literatur	Praktik Ideal (Literatur/Jurnal)
Akurasi data	<i>Real-time</i> & otomatis (Makanga 2023)	Mengurangi ketergantungan pada log manual
Respons cepat	Alarm jarak jauh (Balamurugan 2021)	Alarm panel eksisting belum terekam digital
Pemeliharaan prediktif	Data historis & analisis grafik (Saziati 2024)	Saat ini tidak ada data historis digital
Keselamatan	Peringatan otomatis	Mengurangi risiko keterlambatan respons
Efisiensi kerja	Mengurangi beban pencatatan manual	Mendukung pekerjaan operator di lapangan

F. Tantangan dan Hambatan Implementasi Sistem *Monitoring* Berbasis IoT

Meskipun penerapan IoT pada sistem *monitoring boiler* dinilai layak secara teknik, sejumlah tantangan perlu dipertimbangkan sebelum implementasi dilakukan. Tantangan ini berasal dari kondisi lapangan, hasil wawancara dari unit *Distributed Control System* (DCS), serta literatur terkait sistem digitalisasi industri.

Salah satu hambatan utama adalah ketersediaan anggaran. Berdasarkan wawancara dengan operator *Distributed Control System* (DCS), integrasi perangkat baru ke dalam sistem kontrol di fasilitas PPSDM MIGAS pernah dipertimbangkan tetapi belum direalisasikan karena keterbatasan biaya dan prioritas proyek. Hal ini konsisten dengan observasi penelitian oleh Makanga et al.(2023), yang menyebutkan bahwa biaya perangkat dan infrastruktur sering menjadi penghambat utama transisi dari sistem manual ke monitoring digital di fasilitas berskala kecil dan menengah.

Selain itu, kesiapan Sumber Daya Manusia (SDM) juga menjadi tantangan. Operator *boiler* saat ini terbiasa menggunakan instrumen analog dan *log sheet* manual. Transisi menuju sistem digital membutuhkan pelatihan tambahan terkait cara membaca dashboard digital, memahami alarm berbasis data, serta melakukan *troubleshooting* perangkat IoT. Studi oleh Balamurugan (2021) menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi IoT sangat dipengaruhi kemampuan operator dalam menginterpretasikan data digital dan merespons alarm secara tepat waktu.

Dari sisi kelistrikan, keselamatan instalasi dan proteksi menjadi perhatian penting. Berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020, instalasi panel yang menampung perangkat digital harus memiliki *grounding* yang baik, proteksi arus lebih, serta penandaan kabel yang jelas. Kondisi

panel *boiler* saat ini memiliki proteksi dasar, namun inspeksi rutin belum terdokumentasi secara lengkap, sehingga perlu ada evaluasi tambahan sebelum perangkat IoT dipasang.

Hambatan lain muncul dari infrastruktur jaringan dan integrasi sistem. Sistem *boiler* saat ini belum memiliki jalur komunikasi digital (misalnya *Wi-Fi* industri atau kabel jaringan) untuk mengirim data ke *server* atau *dashboard* pemantauan. Sementara itu, penelitian Saziati et al (2024) menekankan bahwa sistem IoT membutuhkan jaringan yang stabil agar pemantauan berjalan tanpa gangguan.

Terakhir, tantangan integrasi antar-unit juga perlu diperhatikan. Dari data *Distributed Control System* (DCS), hanya sebagian unit di fasilitas PPSDM MIGAS yang sudah terhubung ke sistem *Distributed Control System* (DCS), sedangkan *boiler* belum termasuk di dalamnya. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi IoT memerlukan perencanaan bertahap agar tidak mengganggu operasional yang sedang berjalan

Secara umum, hambatan-hambatan ini tidak menutup kemungkinan penerapan IoT, tetapi memerlukan penanganan bertahap melalui peningkatan anggaran, pelatihan Sumber Daya Manusia (SDM), evaluasi kelistrikan, dan pengadaan infrastruktur pendukung.

Tabel 4. Ringkasan Tantangan dan Hambatan Implementasi IoT pada Sistem *Boiler*

Kategori Hambatan	Temuan Lapangan / Literatur	Dampak Utama	Catatan
Anggaran	Prioritas proyek & keterbatasan biaya (observasi DCS, Makanga 2023)	Penundaan implementasi	Perlu perencanaan bertahap
SDM	Operator belum terbiasa sistem digital (Balamurugan 2021)	Risiko salah interpretasi data	Perlu pelatihan
Proteksi Listrik	<i>Grounding</i> & proteksi perlu evaluasi (PUIL 2020)	Risiko keselamatan	Perlu inspeksi rutin
Infrastruktur	Tidak ada jalur data digital	Tidak ada pengiriman data IoT	Perlu jaringan tambahan
Integrasi sistem	<i>Boiler</i> belum terhubung DCS	Tidak ada sinkronisasi data	Perlu roadmap integrasi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap kondisi sistem *monitoring boiler* di PPSDM MIGAS, dapat disimpulkan bahwa sistem eksisting masih mengandalkan instrumen analog dan pencatatan manual sehingga operasi tidak terdokumentasi secara kontinu. Alarm keselamatan tersedia di panel, namun hanya bersifat lokal dan belum terintegrasi dengan sistem pemantauan digital. Dari sisi kelistrikan, instalasi telah dilengkapi sumber daya dan proteksi dasar, tetapi beberapa aspek seperti kalibrasi sensor, praktik *grounding*, serta penandaan masih memerlukan evaluasi lanjutan sesuai acuan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020. Kondisi ini selaras dengan temuan dalam Buku *Boiler* PPSD MIGAS (2021) dan Inspektur Kelistrikan Migas (IKM) (2025) yang menyatakan bahwa sistem boiler konvensional masih berada pada tahap semi-manual.



Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT berpotensi meningkatkan akurasi pemantauan, mempercepat respons terhadap anomali, serta mendukung pencatatan data secara *real-time* dan terstruktur. Studi Makanga et al. (2023), Balamurugan (2021), serta Saziati et al. (2024) memperkuat bahwa digitalisasi pada unit proses industri dapat meningkatkan keandalan operasi dan mendukung pemeliharaan berbasis prediksi. Jika dikaitkan dengan kondisi lapangan, potensi penerapan IoT secara teknis dapat diadaptasikan pada boiler di PPSDM MIGAS, terutama untuk pemantauan tekanan, temperatur, level, dan aliran.

Namun, beberapa tantangan perlu dipertimbangkan sebelum implementasi dilakukan, diantaranya keterbatasan anggaran, kesiapan infrastruktur jaringan, integrasi dengan sistem *Distribution Control System* DCS yang sudah berjalan, serta kebutuhan pelatihan SDM agar mampu mengoperasikan *dashboard* digital. Hambatan ini sejalan dengan temuan dalam penelitian sebelumnya yang menyoroti bahwa keberhasilan penerapan IoT tidak hanya ditentukan oleh teknologi, tetapi juga kesiapan organisasi dan sistem pendukungnya.

Secara keseluruhan, integrasi IoT pada sistem *monitoring boiler* di PPSDM MIGAS dapat dinilai layak secara konseptual, memberikan manfaat nyata dalam peningkatan keselamatan dan efisiensi kerja, serta menjadi langkah awal menuju digitalisasi yang lebih menyeluruh. Implementasinya direkomendasikan dilakukan secara bertahap dengan prioritas pada peningkatan infrastruktur, penyesuaian prosedur keselamatan, serta penguatan kompetensi operator agar sistem baru dapat berjalan dengan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2020 (PUIL 2020)*. BSN.
- Balamurugan, C. (2021). IoT application in monitoring and control of industrial boiler. *International Journal of Research in Science and Technology*, 11(1), 45–52. <https://ijrstjournal.com/pdf/iot-application-in-monitoring-and-control-of-industrial-boiler.pdf>
- Ntambara, B., Nyambo, G., & Solsbach, A. (2023). Internet of things (IoT)-based real-time and remote boiler fuel monitoring system: A case of Raha Beverages Company Limited, Arusha–Tanzania. *Discover Internet of Things*, 3(19), 1–13. <https://link.springer.com/article/10.1007/s43926-023-00052-3>
- Makanga, O., Rwibasira, R., Nsengiyumva, P., & Nduwimana, T. (2023). Design and implementation of a real time IoT-based industrial boiler monitoring system. *Discover Internet of Things*, 1(6), 1–12. <https://link.springer.com/article/10.1007/s43926-023-00052-3>
- PPSDM Migas. (2021). *Buku Seputar Unit Boiler PPSDM Migas* (Revisi 2021). Kementerian ESDM.
- PPSDM Migas. (2025). *Buku IKM (Inspektur Kelistrikan Migas) 2025*. Kementerian ESDM.
- Saziati, M., Prasetyo, L., & Hartawan, D. (2024). Perancangan sistem pemantauan boiler berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi operasional. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 15(2), 75–83. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtlntan/article/download/86658/pdf>
- Rahman, M., & Chowdhury, S. (2020). *Integration of IoT-Based Monitoring with Distributed Control Systems*. *Journal of Industrial Automation*, 8(1), 12–20. <https://doi.org/10.1109/JIA.2020.00015>
- Kumar, A. (2018). *Wireless Sensor Networks for Industrial Monitoring Systems*. *Sensors*, 18(8), 2601. <https://doi.org/10.3390/s18082601>
- Hughes, N. (2017). *The Evolution of the 4–20 mA Industrial Standard*. *Automation World*, 22(4), 33–36. <https://www.automationworld.com>



