

Perancangan Sistem Informasi dan Akuisisi Data Operasional Berbasis *Internet of Thing* pada Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

Fahrur Riza Priyana*¹, Muhammad Fikri², M. Nur Khawarizmi³, Rizkima Akbar Setiawan⁴, Awansah⁵, Nadia Julian Putri⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

e-mail: *¹fahrurrizap@eng.unila.ac.id, ²laniakea@eng.unila.ac.id,

³mnkhawarizmi@eng.unila.ac.id, ⁴rizkimaakbarsetiawan@eng.unila.ac.id,

⁵awansah@eng.unila.ac.id, ⁶nadiajulian@eng.unila.ac.id

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) memiliki peran penting dalam mereduksi emisi karbon melalui pembakaran gas metana menjadi energi listrik berbasis energi terbarukan. Sistem informasi dan akuisisi data yang andal diperlukan untuk memantau dan mengoptimalkan operasional pembangkitan energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem informasi dan akuisisi data berbasis GUI, teknologi web desktop dan aplikasi android yang diintegrasikan dengan sistem otomasi SCADA. Parameter utama yang dipantau dalam sistem ini adalah data proses pemanfaatan biogas didalam PLTBg yang meliputi data pada Biological process system, Gas purification system, Gas Handling system, dan Power generation system. Data diambil melalui sensor transmitter yang terhubung dengan PLC melalui hardwire dan TCP/IP dan modbus protocol yang disimpan dalam SCADA server untuk diolah dan ditampilkan dalam antarmuka yang interaktif dan mudah digunakan. Penggunaan web desktop dan aplikasi Android memberikan fleksibilitas dan aksesibilitas data bagi pengguna secara real-time. Implementasi sistem ini dapat meningkatkan efisiensi operasional, meminimalkan resiko kegagalan, dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data pada operasional Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg).

Kata kunci—PLTBg, Sistem Informasi, Akuisisi Data, Pemantauan real-time

Abstract

Biogas Power Plants play an important role in reducing carbon emissions through the combustion of methane gas into renewable energy-based electrical energy. A reliable information and data acquisition system is needed to monitor and optimize the operation of the power plant. This study aims to design and implement an information and data acquisition system based on GUI, web desktop technology and an android application integrated with SCADA automation system. The main parameters monitored in this system Biological process system, Gas purification system, Gas Handling system, dan Power generation system. Data is taken through a transmitter sensor connected to the PLC via the hardwire, TCP/IP and modbus protocol which stored in a SCADA server to be processed and displayed in an interactive and easy-to-use interface. The use of web desktop and Android applications provides flexibility and data accessibility for users in real-time. The implementation of this system is could to improve operational efficiency, minimize the risk of failure, and support data-based decision making in the operation of the Biogas Power Plant.

Keywords— PLTBg, Information System, Data Acquisition, Real-time Monitoring

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) merupakan pembangkit energi terbarukan yang memanfaatkan gas metana dari fermentasi anaerobik limbah organik sebagai bahan bakar utama yang menggerakkan mesin dan generator untuk menghasilkan energi listrik. Teknologi ini tidak hanya membantu mengelola limbah secara efisien, tetapi juga mendukung transisi menuju energi bersih dan ramah lingkungan [1]. Penggunaan PLTBg dinilai penting dalam upaya global untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan mencapai target karbon netral pada sektor energi [2]. Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan yang sangat besar salah satunya adalah biomass dan biogas sebesar 32,654 GWh [3].

Operasional PLTBg yang optimal memerlukan pemantauan parameter utama, seperti pada proses pengolahan limbah ke dalam Digesterr, proses purifikasi gas dalam Scrubber, *gas dehumidifier*, dan parameter mesin pembangkit. Pemantauan secara manual sering kali menghadapi keterbatasan, seperti ketidakakuratan data dan keterlambatan respons terhadap anomali. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan efisiensi, peningkatan biaya operasional, dan risiko kerusakan sistem [4]. Untuk mengatasi masalah ini, pengembangan sistem informasi dan akuisisi data berbasis *Internet of Thing* (IoT) diperlukan dalam memantau kinerja operasional pembangkit. Dengan kemajuan teknologi informasi, sistem berbasis web desktop dan aplikasi Android telah terbukti meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas dalam pengelolaan data [5]. Hal ini mendorong manusia untuk berkreasi dan berinovasi dalam bidang teknologi untuk menciptakan suatu alat yang lebih efektif dan efisien seperti pengembangan [13] Integrasi sistem ini dapat memberikan efektifitas bagi operator untuk memantau parameter kinerja setiap sistem dalam pembangkit secara *real-time*, baik melalui perangkat komputer maupun perangkat *mobile*, sehingga mempercepat pengambilan keputusan berbasis data [6]. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi sistem informasi dengan perangkat *Internet of Things* (IoT) mampu meningkatkan akurasi pemantauan dan meminimalkan gangguan operasional pada berbagai jenis pembangkit energi terbarukan [7].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem informasi dan akuisisi data operasional berbasis web desktop dan aplikasi Android untuk memantau sistem operasional PLTBg. Sistem informasi ini diterapkan di salah satu *Independent Power Producer (IPP)* PLTBg berkapasitas 3MW di Lampung Tengah. Perancangan sistem informasi dilakukan dengan mengintegrasikan data yang berasal dari setiap sensor *transmitter* yang tersimpan pada server SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Implementasi sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengoperasian PLTBg, memitigasi risiko kegagalan operasional, dan menyediakan informasi yang mendukung pengambilan keputusan secara lebih efektif.

2. METODE PENELITIAN

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) memiliki sistem komponen utama dalam proses pengolahan biogas menjadi energi listrik, yaitu (a) *Biological process system*, (b) *Biogas purification system*, (c) *Biogas handling system*, dan (d) *Power generation system*. Setiap sistem tersebut memiliki data parameter yang perlu dipantau secara *real-time* untuk memastikan efektivitas kinerja operasional pembangkit. Keempat proses ini dapat ditinjau pada gambar 1 terkait *General PID (Piping & Instrument Diagram)*.

2.1 Proses Pengolahan Biogas Menjadi Listrik dalam PLTBg

2.1.1 Biological Proses System

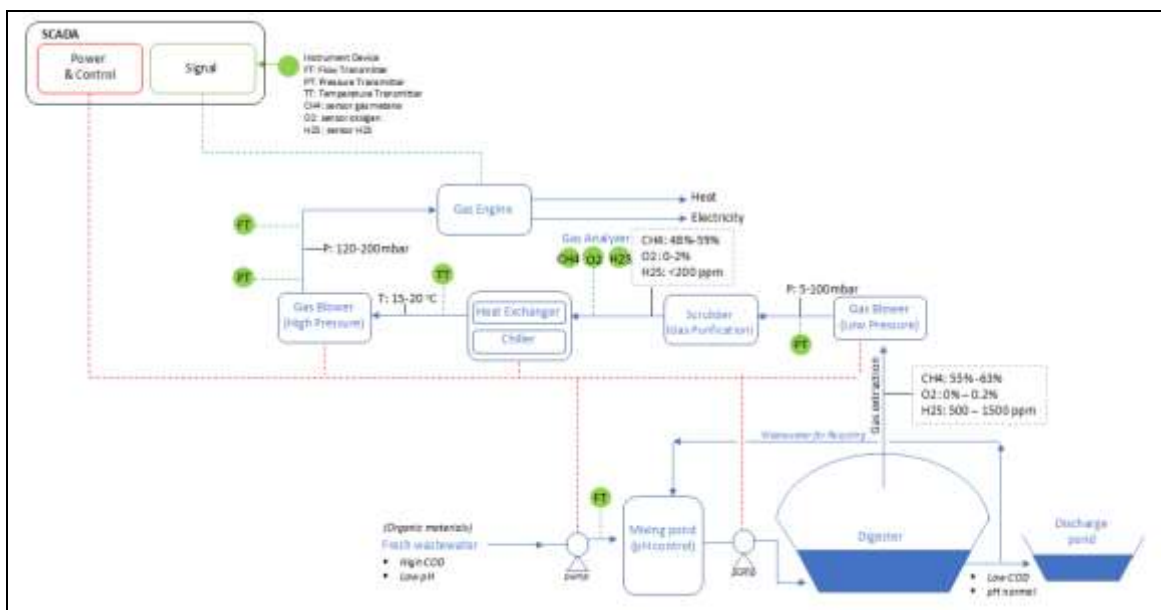
Pada sistem ini, air limbah (*wastewater*) dari hasil proses produksi yang memiliki kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*) dialirkan secara hidrolisis maupun menggunakan

pompa menuju Digester (*Bioreactor*) untuk diurai oleh *methanobacteria* menjadi biogas. Semakin tinggi nilai volume air limbah dan kandungan COD maka semakin besar nilai potensi biogas yang akan dihasilkan didalam Digester tersebut. Hal ini sesuai dengan persamaan (1) [8] terkait formulasi potensi produksi biogas dari pengolahan air limbah.

$$B_g = WW \times COD \times E_{ff} \times r \times CH_4 \tag{1}$$

Pada persamaan (1), B_g adalah volume potensi biogas yang dihasilkan (m^3), WW adalah volume biogas yang masuk ke Digester (m^3), COD adalah nilai *Chemical Oxygen Demand* (kg/m^3), E_{ff} adalah nilai efisiensi Digester (%), dan CH_4 adalah nilai komposisi gas metana (%).

Pada proses ini, parameter yang dapat diintegrasikan pada sistem informasi dan akuisisi data adalah volume air limbah yang terbaca oleh peralatan *flow transmitter*.



Gambar 1. *General PID (Piping & Instrument Diagram)* yang menggambarkan proses pada Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)

2.1.2 Biological Purification System

Pada tahap kedua, biogas yang dihasilkan dari Digester akan melalui proses purifikasi didalam *Scrubber*, yaitu proses reduksi nilai komposisi *Hydrogen Sulfide* (H_2S) pada biogas. Proses ini perlu dilakukan karena biogas yang dihasilkan dari Digester masih memiliki komposisi *Hydrogen Sulfide* (H_2S) yang relatif tinggi yaitu sekitar 1000-2000 ppm[9]. Komposisi *Hydrogen Sulfide* (H_2S) yang bernilai tinggi akan mengakibatkan korosi pada komponen didalam pembangkit mesin gas (*gas engine*) sehingga akan mengurangi masa umurnya (*machine lifetime*)[10]. Proses reduksi *Hydrogen Sulfide* (H_2S) pada tahap ini dilakukan secara kimiawi, dimana bakteri *Thiobacillus* didalam *Scrubber* akan bereaksi dengan oksigen (O_2) untuk mereduksi komposisi *Hydrogen Sulfide* (H_2S), sehingga biogas yang keluar dari *Scrubber* tank akan memiliki nilai komposisi *Hydrogen Sulfide* (H_2S) <200 ppm[9]. Semakin tinggi volume oksigen (O_2) yang diberikan pada proses ini, maka komposisi *Hydrogen Sulfide* (H_2S) yang dihasilkan akan semakin rendah, namun reaksi oksigen terhadap bakteri *Thiobacillus* didalam scrubber akan menyebabkan komposisi CH_4 berkurang dan komposisi oksigen meningkat[9].

Pada proses ini, parameter yang dapat diintegrasikan pada sistem informasi dan akuisisi data adalah injeksi udara yang terbaca oleh flowmeter transmitter, komposisi O₂, CH₄ dan H₂S yang terbaca oleh sensor *Online Gas Analyzer*. Hal ini dikarenakan, pengaturan volume *oxygen injection* didalam *Scrubber tank* harus proporsional. Penggunaan biogas untuk proses pembakaran didalam PLTBg harus memiliki komposisi CH₄ 46% >, dan komposisi oksigen (O₂) <2% [11].

2.1.3 Biological Handling System

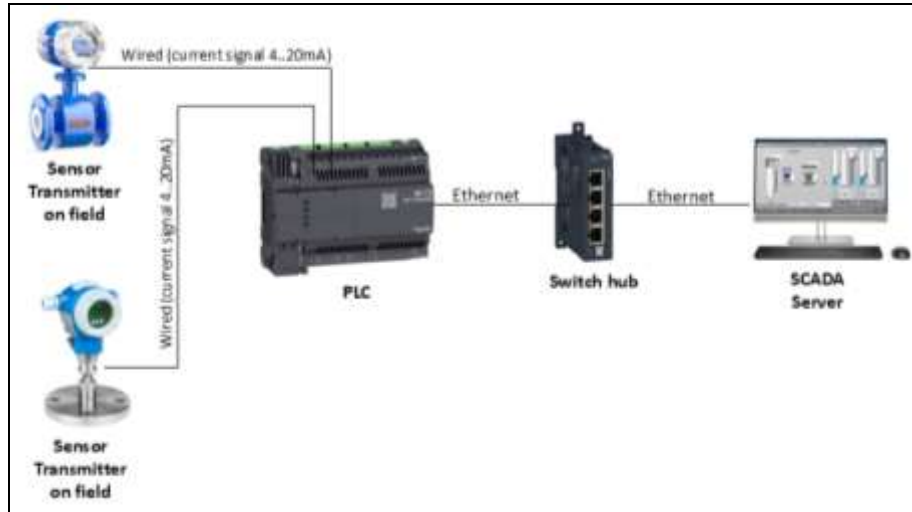
Setelah biogas melewati proses purifikasi, selanjutnya adalah proses *gas handling system*, yaitu proses pengeringan gas menggunakan *heat exchanger/dehumidifier* dan proses kompresi gas menggunakan *high pressure blower*. Parameter biogas yang dikendalikan pada proses ini adalah *temperature* biogas dan *pressure* biogas [9]. Pengaturan kompresi biogas dapat dikendalikan oleh *Variable Speed Drive* berbasis *PID (Proportional, Integral & Derivatif)*, sehingga *pressure biogas* akan dijaga pada nilai yang ditentukan. Sementara *temperature* biogas dapat diatur oleh *Heat Exchanger* dan *Chiller Air Cooled*. Pada proses ini, parameter yang dapat diintegrasikan pada sistem informasi dan akuisisi data yang diperlukan adalah *temperature* biogas dan *pressure* biogas. Dalam operasional PLTBg, *temperature* biogas yang diperlukan adalah kurang dari 20°C dan bertekanan 120-200 mbar [12].

2. 1.4 Power Generation System

Tahap ini adalah proses akhir pada PLTBg dalam mengonversi biogas menjadi energi listrik. Biogas yang telah bersuhu rendah dan terkompresi akan masuk ke ruang bakar. Proses pembakaran didalam mesin akan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik. Pada proses ini, parameter yang dapat diintegrasikan pada sistem informasi dan akuisisi data yang diperlukan adalah parameter kelistrikan seperti energi listrik yang dibangkitkan, arus & tegangan setiap fasa dan frekuensi pada generator. Selain itu parameter data mesin juga diperlukan untuk memantau kinerja pembangkit seperti *exhaust temperature, generator speed, gas temperature, water coolant temperature, oil pressure, oil temperature, dan boost gas pressure* dan parameter krusial lainnya. Hal ini diperlukan untuk memastikan efektivitas dan normalitas kinerja mesin pembangkit saat beroperasi.

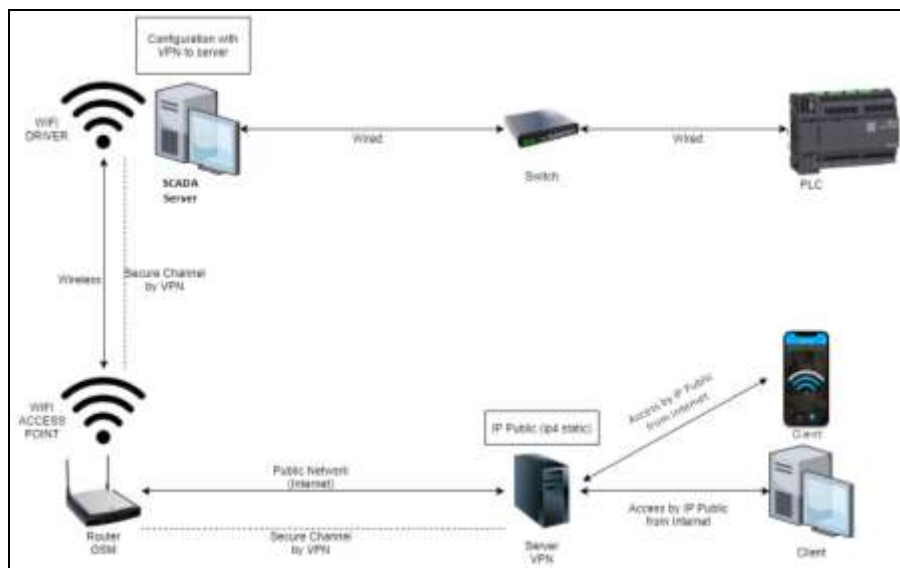
2. 2 Arsitektur Sistem Informasi dan Akuisisi Data

Pada penelitian ini meakomodir perancangan sistem informasi dan akuisisi data yang terkonfigurasi dari setiap sensor *transmitter* dengan PLC (*Programmable Logic Control*) dan SCADA server melalui sistem komunikasi *ethernet* dan *hardwire*. Adapun perangkat utama pada arsitektur sistem informasi dan akuisisi data yang digunakan adalah (1) PLC Schneider M580 include Digital IO & Analog IO module, (2) SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) Server dan Server VPN dengan spesifikasi Intel Xeon E5-620 Processor, 26 GB DDR3 Memory, 1 TB HDD, Nvidia Quadro K620 2GB. Sistem pada gambar 2 merupakan arsitektur *hardware* sistem informasi dan data akuisisi yang dirancang untuk memantau dan mengendalikan proses PLTBg secara *real-time*. Perangkat lunak (*Software*) yang digunakan dalam sistem ini adalah PcVue SCADA Station dan DataVue Extraction tools. PcVue SCADA Station adalah bagian dari platform PcVue yang digunakan untuk sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), sementara DataVue Extraction Tools adalah alat pendukung dalam ekosistem PcVue untuk ekstraksi dan analisis data yang telah dikumpulkan melalui sistem SCADA.



Gambar 2. Arsitektur sistem akuisisi data yang diterapkan di PLTBg

Sistem *Internet of Things (IoT)* juga diterapkan agar aksesibilitas sistem informasi dan akuisisi data dapat menjangkau mobilitas yang luas seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



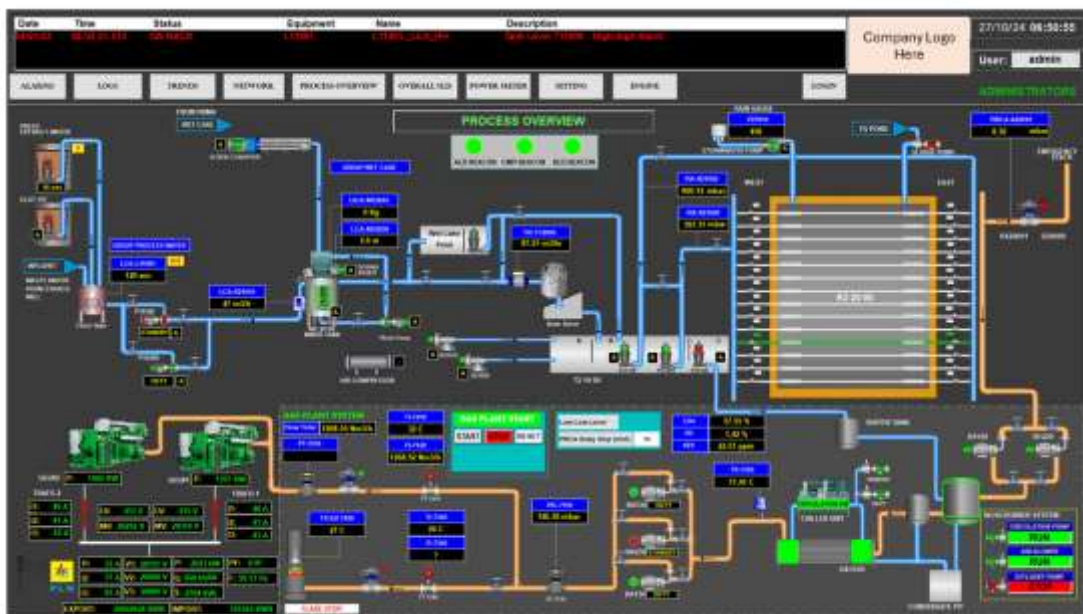
Gambar 3. Arsitektur sistem *Internet of Things (IoT)* yang diterapkan di PLTBg

Data dari PLC dikirimkan ke SCADA Server melalui koneksi kabel ethernet melalui switch hub. SCADA server berfungsi sebagai perangkat antarmuka atau GUI untuk memantau dan mengontrol proses operasional pada PLTBg. Sistem tersebut terhubung ke router GSM melalui akses WiFi untuk mendapatkan koneksi internet publik. Router GSM menggunakan VPN channel untuk membangun saluran komunikasi dengan server VPN secara dengan *IP public static*. Server VPN memungkinkan pengguna atau klien yang berada di lokasi *remote* untuk mengakses data dan kontrol sistem menggunakan IP publik melalui saluran VPN yang terenkripsi. Adapun aplikasi sistem manajemen basis data, penyimpanan data dan pengelolaan data yang digunakan pada perancangan ini adalah MySQL.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. GUI pada SCADA Server

Hasil perancangan sistem informasi dan akuisisi data ini adalah proses pengolahan biogas pada PLTBg berupa sistem *Graphical User Interface* (GUI) yang tampil pada SCADA server (*Workstation* dekstop PC) yang dapat ditunjukkan pada gambar 4. Secara teknis, data operasional dari sensor *transmitter* di lapangan dikirim dalam bentuk sinyal arus (4–20 mA) ke PLC (*Programmable Logic Controller*), yang berfungsi sebagai pengolah data utama. PLC mengonversi sinyal analog tersebut menjadi data digital untuk diteruskan melalui jaringan Ethernet menggunakan switch hub menuju SCADA server (*Workstation* Dekstop PC). SCADA Server menerima data dari PLC, menyimpannya, dan menyajikan informasi tersebut melalui antarmuka pengguna yang interaktif.



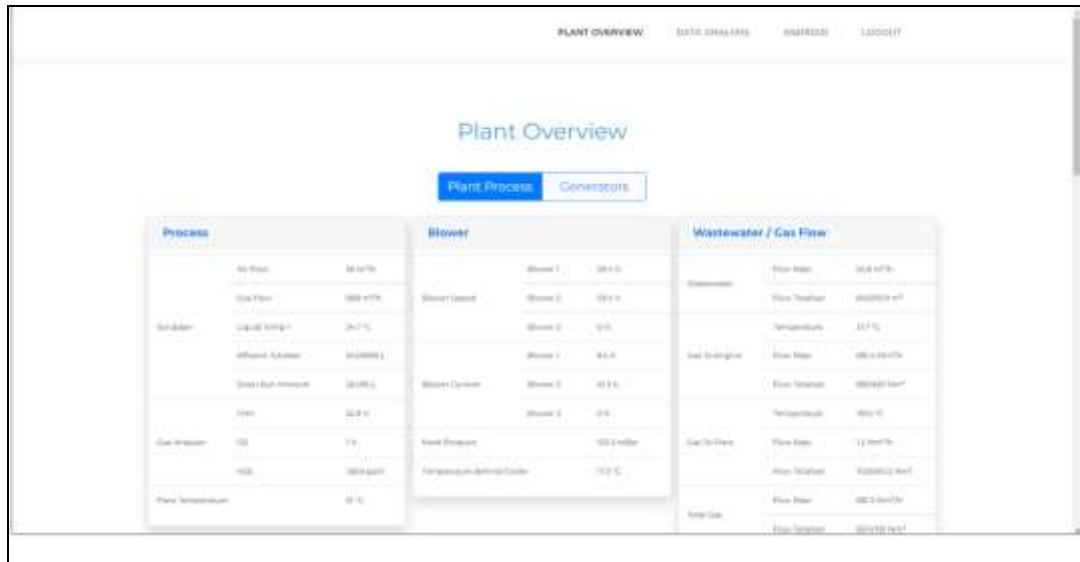
Gambar 4. GUI pada SCADA yang menampilkan proses pengolahan biogas menjadi energi listrik di Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg).

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) yang dirancang untuk mengontrol proses pengolahan biogas dan memantau parameter kritis seperti aliran air limbah, tekanan gas, suhu gas, dan komposisi gas (CH_4 , O_2 , H_2S) secara *real-time*, yang ditampilkan secara visual untuk memudahkan operator memahami kondisi operasional. Selain itu, fitur alarm memberikan notifikasi untuk kondisi abnormal bagi operator untuk melakukan respon cepat terhadap potensi masalah.

SCADA pada sistem ini juga mengakomodir pengendalian peralatan motor pompa secara manual maupun otomatis melalui tombol “START” dan “STOP” yang tersedia pada GUI. Fitur “Data logging” dan “Data trend” memberikan fasilitas bagi operator untuk memeriksa pencatatan data historis yang berguna untuk analisis performa dan optimasi proses, serta membuat keputusan berbasis data. Adanya integrasi seluruh sistem yang meliputi *Biological Process System*, *Gas Purification System*, *Gas Handling System* dan *Power Generation System* pada sistem informasi dan akuisisi data ini akan meningkatkan efisiensi operasional Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg).

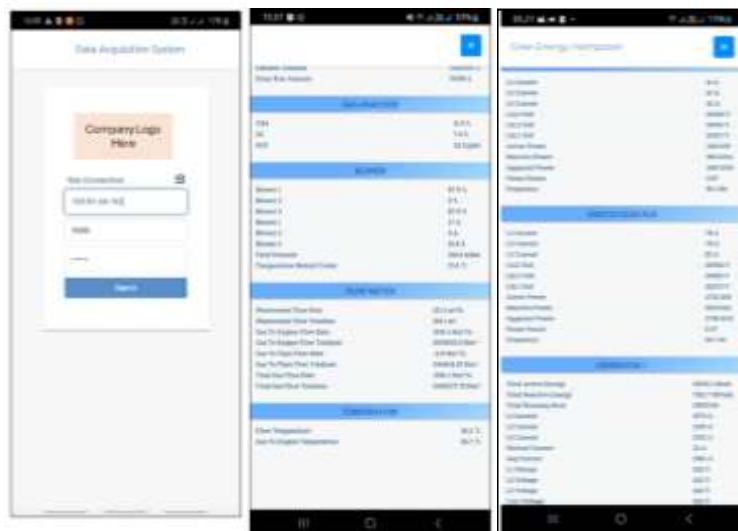
3.2. Sistem Informasi dan Akuisisi Data berbasis Web Dekstop dan Android Apps

Selain hasil perancangan berupa *Graphical User Interface* (GUI) yang tampil pada SCADA server (*Workstation dekstop PC*), sistem informasi dan akuisisi data juga diterapkan pada Web dekstop seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Sistem ini dirancang untuk memantau dan mengontrol proses pengolahan biogas menjadi energi listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) secara *real-time* melalui antar muka berbasis web browser tanpa memerlukan perangkat lunak khusus disisi pengguna.



Gambar 5. Sistem Informasi dan Akuisisi Data PLTBg berbasis Web Dekstop

Adanya penerapan sistem informasi dan akuisisi data berbasis web dekstop, maka seluruh sistem pada PLTBg dapat diakses melalui browser web dari perangkat pengguna yang terhubung ke jaringan. Untuk meningkatkan fleksibilitas akses, sistem informasi dan akuisisi data ini juga dikembangkan pada ekosistem Android apps seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Antarmuka ini dibangun menggunakan aplikasi Android Studio.

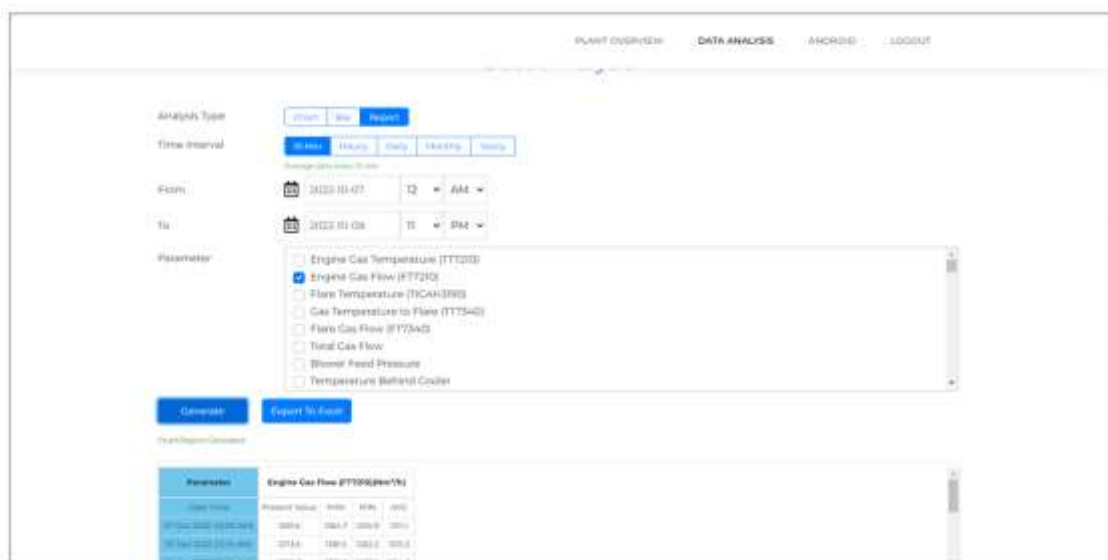


Gambar 6. Sistem Informasi dan Akuisisi Data PLTBg berbasis Android Apps.

Sistem informasi dan akuisisi data berbasis Android apps memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi operasional PLTBg tanpa bergantung pada *PC workstation dekstop*. Akses data yang cepat dan mobilitas tinggi memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih responsif, terutama dalam memitigasi kondisi abnormal sehingga meminimalkan *downtime* dan kerugian operasional. Fasilitas yang disediakan mencakup antarmuka pengguna yang intuitif dengan dashboard interaktif dan juga permintaan akses berupa ‘halama Login’ memberikan jaminan keamanan data. Visualisasi data yang tampil pada Web dekstop, Adroid Apps adalah data yang sama yang ditampilkan oleh GUI SCADA server. Hal ini dikarenakan data yang diintegrasikan pada ketiga sistem informasi dan sistem akuisisi memiliki *register address* yang sama.

3.3. Fasilitas Data Logger

Sistem informasi dan akuisisi data berbasis Web dekstop juga dirancang dengan ketersediaan *data logger* untuk analisa data operasional secara historis. Fasilitas ini memudahkan operator PLTBg untuk melakukan ekstraksi data parameter seperti debit air limbah, laju aliran gas, suhu gas, tekanan gas dan parameter krusial lain untuk dianalisis dalam rentang waktu tertentu. Antarmuka dari data logger pada sistem informasi dan akuisisi data berbasis web dekstop ini dapat ditunjukkan pada gambar 7.





Gambar 8. Contoh grafik nilai tegangan yang divisualisasikan dari *data logger* SCADA Server dalam dokumen format *.xlsx.

Gambar 9. Tabulasi data dari *data logger* SCADA server dalam dokumen format *.xlsx

Fasilitas tambahan seperti ekspor data kedalam dokumen *.xlsx, visualisasi grafik, dan laporan periodik dapat memudahkan analisis yang mendalam terhadap performa operasional Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg), dan dapat mengidentifikasi dan memitigasi potensi anomali lebih awal.

4. KESIMPULAN

Perancangan sistem informasi dan akuisisi data berbasis *Internet of Things* pada Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) berhasil dilakukan dan diterapkan untuk memantau proses pengolahan biogas menjadi energi listrik. Parameter data yang ditampilkan pada GUI secara *real-time* meliputi *Biological process system*, *Gas purification system*, *Gas handling system*, dan *Power generation system*. Perancangan sistem informasi dan akuisisi data dilakukan dengan mengintegrasikan data yang berasal dari setiap sensor *transmitter* yang tersimpan pada SCADA server melalui perangkat kendali utama PLC. Sistem ini yang dirancang mengakomodir konsep *Internet of Things* (IoT) dengan menghubungkan SCADA server dengan VPN server melalui jaringan internet. Integrasi kanal VPN yang terenkripsi dalam jaringan dapat meningkatkan keamanan data. Implementasi sistem ini dapat meningkatkan efisiensi pengoperasian PLTBg, memitigasi risiko kegagalan operasional, dan menyediakan informasi yang mendukung pengambilan keputusan secara lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rasi, S., Veijanen, A., & Rintala, J. (2019). *Trace compounds of biogas from different biogas production plants*. *Energy*, 32(8), 1375-1380.
- [2] IEA (International Energy Agency). (2022). *Renewables 2022: Analysis and Forecast to 2027* [Online]. Available: <http://www.iea.org>. [Accessed: 27-October-2024]
- [3] Power in Indonesia (2018). *Investment and Taxation Guide*. 6th edition [Online]. Available: <http://www.pwc.com/id>. [Accessed: 27-October-2024]
- [4] Rahman, M. F., Hasan, I., & Yusuf, R. (2021). *Sistem Pemantauan Operasional Berbasis IoT pada Pembangkit Energi Terbarukan*. *Jurnal Teknologi Informasi*, 10(1), 45-52.
- [5] Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions*. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660.
- [6] Santoso, B., Lestari, N., & Widodo, T. (2022). *Pengembangan Sistem Informasi untuk Optimalisasi Operasional Pembangkit Listrik*. *Jurnal Teknik Elektro*, 19(3), 301-311.
- [7] Wang, H., He, W., & Zhang, L. (2020). *IoT-based real-time monitoring system for renewable energy power plants*. *Renewable Energy*, 145, 2275-2286.
- [8] Haryanto A., Marotin F., Triyono S., Hasanudin Udin. (2017) *Developing A Family-Size Biogas-Fueled Electricity Generating System*. *International Journal of Renewable Energy Development*, 6 (2). 111-118
- [9] Cherosky, P.B. (2012) *Anaerobic digestion of yard waste and biogas purification by removal of hydrogen sulfide*. Master Thesis. Graduate Program in Food, Agricultural and Biological Engineering, Ohio State University
- [10] Abatzoglou, N. (2009) *A review of biogas purification processes*. *Biofuels, Bioproduct, Biorefinery*, 3, 42–71
- [11] Jenbacher. (2019). *Jenbacher Gas Engine Containerized 420 GS-BL Description/ Operation*
- [12] Hofstetter Gastechnik AG (2019). *Operating Manual P181026 MGP-1800-UT with MTF1500*
- [13] Alamsyah, R. and Allwine, A., 2020. *Arduino-Based Automatic Sliding Door Design: Arduino-Based Automatic Sliding Door Design*. *Jurnal Mantik*, 4(1), pp.230-237.