

Desain Basis Data MySQL untuk Pengelolaan Data Sensor SCADA pada Instalasi Pengolahan Air (IPA)

Ramadhan Purnama
STMIK LIKMI, Indonesia
Email: ramdhanp11@gmail.com

Keyword

Sensor Data Management, SCADA, Drinking Water Treatment Plants, MySQL, Database Management System,

Abstract

Sensor data management is a crucial aspect in ensuring the reliability of operations at Water Treatment Plants (WTP). Data are obtained from the Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system through Remote Terminal Units (RTU) or Programmable Logic Controllers (PLC) using the open Modbus communication protocol, which supports the acquisition of both analog and digital signals. This information forms the basis for monitoring the quality, quantity, and continuity of water treatment processes. The increasing number of devices and higher acquisition frequency create complexity in data storage and utilization, thus requiring standardized and integrated management methods. This study aims to design a relational database using MySQL as a sensor data management system directly connected to SCADA. The approach includes requirement analysis, data model design through Entity Relationship Diagram (ERD), table implementation, and integration with SCADA via Modbus TCP/IP. The testing results show that the system is capable of acquiring analog and digital data simultaneously, displaying real-time information on the SCADA dashboard, and consistently storing data into MySQL at defined intervals. This structured storage ensures the availability of historical records while minimizing data loss. Consequently, the proposed system is expected to enhance monitoring efficiency, operational reliability, and support data-driven decision-making in water treatment plant operations.

Kata Kunci

Sensor Data Management, SCADA, Instalasi Pengolahan Air Minum, MySQL, Manajemen Basis Data

Abstrak

Pengelolaan data sensor merupakan aspek penting dalam menjaga keandalan operasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA). Data diperoleh dari sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) melalui perangkat Remote Terminal Unit (RTU) atau *Programmable Logic Controller* (PLC) dengan protokol komunikasi terbuka Modbus yang mendukung akuisisi sinyal analog maupun digital. Informasi ini menjadi dasar pemantauan kualitas, kuantitas, serta kontinuitas proses pengolahan air. Peningkatan jumlah perangkat dan frekuensi akuisisi menimbulkan kompleksitas dalam penyimpanan dan pemanfaatan data, sehingga diperlukan metode manajemen yang terstandar dan terintegrasi. Penelitian ini bertujuan merancang basis data relasional menggunakan MySQL sebagai sistem pengelolaan data sensor yang terhubung langsung dengan SCADA. Pendekatan yang digunakan meliputi analisis kebutuhan, perancangan model data melalui *Entity Relationship Diagram* (ERD), implementasi tabel, serta integrasi dengan SCADA melalui Modbus TCP/IP. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mengakuisisi data analog dan digital secara simultan, menampilkan informasi secara real-time pada dashboard SCADA, serta menyimpan data ke dalam MySQL secara konsisten dengan interval yang ditentukan. Penyimpanan terstruktur ini menjamin ketersediaan data historis dan meminimalkan kehilangan informasi. Dengan demikian, sistem yang digunakan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi monitoring, keandalan operasional, serta mendukung

pengambilan keputusan berdasarkan data pada operasional Instalasi Pengolahan Air (IPA).

PENDAHULUAN

Sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) telah menjadi komponen penting dalam pengawasan dan pengendalian operasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA). SCADA bertugas untuk mengintegrasikan perangkat *field* seperti *Remote Terminal Unit* (RTU) atau *Programmable Logic Controller* (PLC) untuk memantau dan mengendalikan proses secara real-time (R. Kurniawan, 2023; Sahar et al., 2022; Sakti et al., 2021; Suhanto, 2017; Sukirno, 2018). Keandalan sistem SCADA sangat dipengaruhi oleh kualitas data sensor yang diakuisisi, sehingga pengelolaan data menjadi faktor kunci dalam menjaga efisiensi dan kontinuitas operasional. Data sensor yang dikumpulkan tidak hanya digunakan untuk pemantauan harian, tetapi juga menjadi sumber utama untuk analisis historis, deteksi dini gangguan, dan evaluasi kinerja sistem (Budiman et al., 2021; Enggari, 2018; I. H. Kurniawan & Muliarto, 2020; Prayudha et al., 2015; Suprihartini et al., 2022). Seiring dengan meningkatnya kebutuhan dalam proses pemantauan dan otomatisasi, jumlah sensor serta volume data yang dihasilkan oleh sensor semakin besar, sehingga diperlukan metode manajemen data yang terstruktur dan efisien. Menurut Dwarakanath et al. (2023), penggabungan teknologi IoT dan SCADA, dipadukan dengan *Deep Belief Networks* (DBN), memungkinkan sistem untuk tidak hanya melakukan monitoring real-time tetapi juga prediktif, sehingga mendukung operasi yang lebih antisipatif dan optimal

MySQL merupakan salah satu sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) bersifat terbuka yang dapat diimplementasikan dalam integrasi sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Keunggulan MySQL terletak pada kemampuannya dalam mengelola data dalam jumlah besar, mendukung proses normalisasi untuk menjaga konsistensi data, serta menyediakan pengaturan hak akses yang fleksibel (Sianipar, 2016; Usada et al., 2012; Warman & Ramdaniansyah, 2018; WARMAN & RAMDANIANSYAH, 2018). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan sistem basis data yang meliputi tahapan analisis kebutuhan, desain skema basis data, normalisasi, hingga implementasi skema tabel sensor. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu menyediakan data terstruktur secara *real-time* dan mudah diakses. Lebih lanjut, data ini tidak hanya bermanfaat untuk pemantauan operasional melalui *dashboard enterprise*, tetapi juga dapat digunakan untuk pembangunan data *warehouse*, aplikasi analitik lanjutan, serta penerapan kecerdasan buatan dalam rangka meningkatkan efisiensi dan ketahanan operasi pengolahan air.

Penelitian oleh Dwarakanath et al. (2023) menunjukkan bahwa penggabungan sistem SCADA berbasis IoT dengan Deep Belief Networks (DBN) mampu meningkatkan pemantauan prediktif dan deteksi dini gangguan pada instalasi pengolahan air, sehingga mendukung operasi yang lebih antisipatif dan efisien. Namun, penelitian tersebut belum membahas aspek manajemen data yang terstruktur maupun aksesibilitas jangka panjang untuk kebutuhan analitik lanjutan dan penerapan kecerdasan buatan. Di sisi lain, studi mengenai integrasi basis data SQL dengan SCADA lebih menekankan pada keunggulan RDBMS standar terbuka dalam menyimpan data time-series dan mendukung akses pada level enterprise, tetapi sebagian besar masih mengabaikan desain skema dan proses normalisasi yang sesuai dengan alur kerja data sensor SCADA (Inductive Automation, 2025).

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem basis data relasional yang tidak hanya menunjang pemantauan operasional melalui *dashboard enterprise*, tetapi juga mendukung pembangunan data *warehouse*, analitik lanjutan, dan integrasi kecerdasan buatan. Manfaat

penelitian ini terletak pada kontribusinya dalam memberikan rancangan praktis dan adaptif untuk pengelolaan data sensor SCADA berskala besar, yang mampu menjembatani kemampuan prediktif sistem IoT dengan integritas dan aksesibilitas data yang diperlukan bagi efisiensi dan ketahanan operasional jangka panjang.

METODE

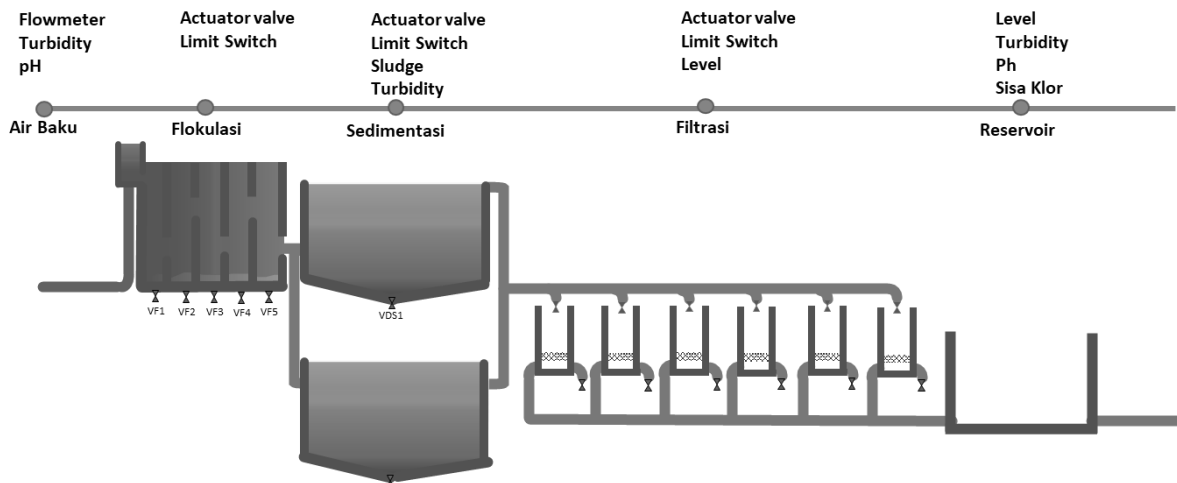
Metode penelitian ini menggunakan pendekatan perancangan sistem basis data relasional dengan MySQL yang diintegrasikan ke dalam sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Integrasi dilakukan untuk mengelola data hasil akuisisi sensor pada Instalasi Pengolahan Air (IPA), sehingga dapat meningkatkan efisiensi penyimpanan, pengolahan, dan penyajian data operasional. Menurut studi Dent & Davis (1995), penggunaan model basis data relasional dalam sistem SCADA sangat efektif untuk menyimpan data historis yang akurat, memfasilitasi analisis jangka panjang dalam monitoring kualitas air atau parameter lingkungan.

Tahapan penelitian dilakukan melalui beberapa langkah sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan

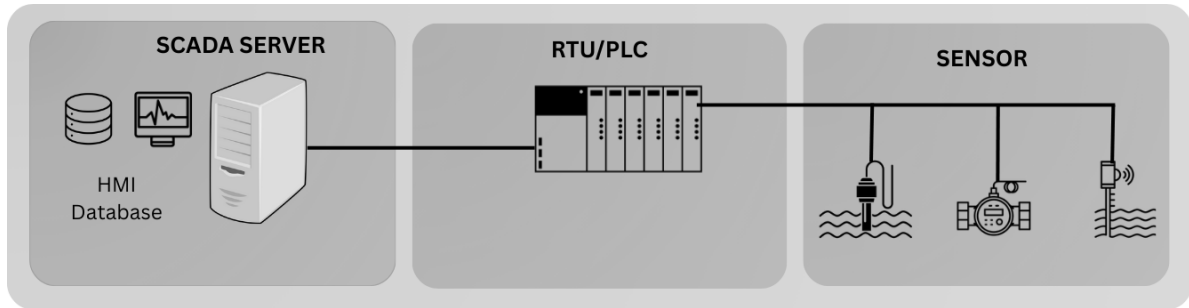
Tahap ini mencakup identifikasi data sensor yang diperlukan dalam pemantauan proses IPA. Parameter yang dianalisis meliputi data kualitas air, data kuantitas, serta data operasi lainnya. Identifikasi juga dilakukan berdasarkan unit proses IPA, meliputi proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, disinfeksi, hingga penyimpanan pada reservoir.

Menurut Kumar et al. (2021), integrasi sensor berbasis IoT dengan sistem otomasi air minum memungkinkan pengawasan kualitas dan kuantitas air secara real-time, sehingga mendukung efisiensi proses pengolahan.



Gambar 1. Contoh Skematik Data Sensor pada Instalasi Pengolahan Air

Akuisisi data dilakukan melalui *Remote Terminal Unit* (RTU) atau *Programmable Logic Controller* (PLC), yang berfungsi membaca serta mengonversi sinyal elektrik menjadi data digital. Selanjutnya, data ditransmisikan ke sistem SCADA yang berperan dalam menampilkan, memantau, serta menyimpan data dari RTU/PLC secara real-time ke dalam basis data. Data historis yang tersimpan dapat dimanfaatkan untuk evaluasi, analisis, maupun pengambilan keputusan operasional.

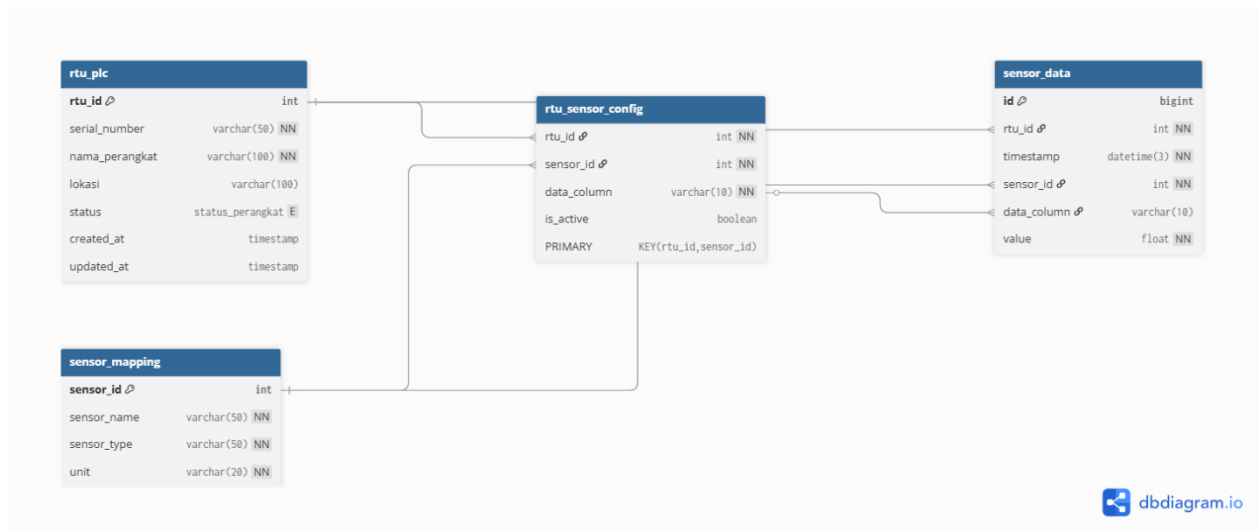


Gambar 2. Skematik Arsitektur Sistem SCADA IPA

2. Perancangan Model Data

Perancangan basis data dilakukan menggunakan pendekatan *Entity Relationship Diagram (ERD)* untuk mendefinisikan entitas, atribut, serta hubungan antar data. Model konseptual yang dihasilkan dari ERD diturunkan menjadi model logis dalam bentuk basis data relasional sebagai acuan implementasi sistem.

Seperti dijelaskan oleh Kamal et. al (2017), ERD secara konseptual membentuk struktur entitas, atribut, dan relasi antar data, yang kemudian secara metodis dikonversi menjadi skema relasional melalui proses transformasi logis. Berikut adalah desain model data pada SCADA IPA :



Gambar 3. Desain Model Data SCADA IPA

Desain model data kemudian diimplementasikan ke dalam basis data MySQL. Proses implementasi mencakup pembuatan tabel `rtu_plc`, `sensor_data`, `sensor_mapping`, `rtu_sensor_config`, penetapan kunci primer, penentuan kunci asing, serta pendefinisian relasi antar tabel sesuai hasil perancangan konseptual dan logis.

3. Integrasi dengan Sistem SCADA

Basis data MySQL diintegrasikan dengan sistem SCADA untuk melakukan transmisi, penyimpanan, dan pengolahan data sensor secara otomatis. Integrasi ini memanfaatkan protokol komunikasi standar Modbus yang mendukung akuisisi data secara *real-time*.

Standar komunikasi Modbus digunakan pada jalur pertukaran data antara RTU/PLC dengan sistem SCADA. Implementasi dilakukan melalui Modbus TCP/IP, di mana sistem SCADA berperan sebagai Modbus *Master* yang menginisiasi permintaan data, sedangkan RTU/PLC berperan sebagai Modbus *Slave* yang menyediakan data hasil pembacaan sensor. Dengan pola komunikasi ini, SCADA dapat melakukan *polling* secara berkala untuk memperoleh data sensor, kemudian menyimpannya secara otomatis ke dalam basis data MySQL.

Selain itu, identifikasi jenis data juga didasarkan pada karakteristik data yang ditransmisikan melalui protokol Modbus, yaitu:

- a) Data analog seperti parameter tekanan, level, debit, atau kualitas air yang direpresentasikan dalam Holding Register dengan alamat 40001–49999, sehingga nilai sensor analog dapat diakuisisi dalam bentuk angka numerik 16-bit atau 32-bit.
- b) Data digital seperti status pompa, valve, atau status limit switch direpresentasikan dalam Coil dengan alamat 00001–09999, yang hanya memiliki nilai ON (1) atau OFF (0)

4. Pengujian dan Evaluasi

Tahap ini bertujuan untuk menguji keandalan sistem basis data yang telah dibangun, meliputi validasi struktur data, konsistensi data hasil akuisisi, serta kinerja integrasi MySQL dengan SCADA. Evaluasi juga dilakukan terhadap kemudahan akses dan pemanfaatan data oleh pengguna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan dengan memanfaatkan *Remote Terminal Unit* (RTU) sebagai perangkat akuisisi, sedangkan SCADA berfungsi sebagai antarmuka pemantauan sekaligus integrasi dengan basis data MySQL. Sensor yang diuji mencakup parameter sesuai urutan unit proses pada IPA.

Data dari sensor masuk melalui input analog maupun digital, kemudian di translasi dalam format Modbus TCP/IP untuk selanjutnya *dipolling* oleh SCADA. Informasi yang diterima ditampilkan secara *real-time* pada dashboard monitoring, sekaligus disimpan secara paralel ke dalam MySQL sebagai data historis.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem bekerja stabil dalam akuisisi maupun penyimpanan data. Keberadaan RTU memberikan fleksibilitas karena mendukung protokol terbuka serta dapat diprogram menyesuaikan kebutuhan setiap jenis sensor. Identifikasi jenis data berdasarkan protokol Modbus berhasil diterapkan, yaitu:

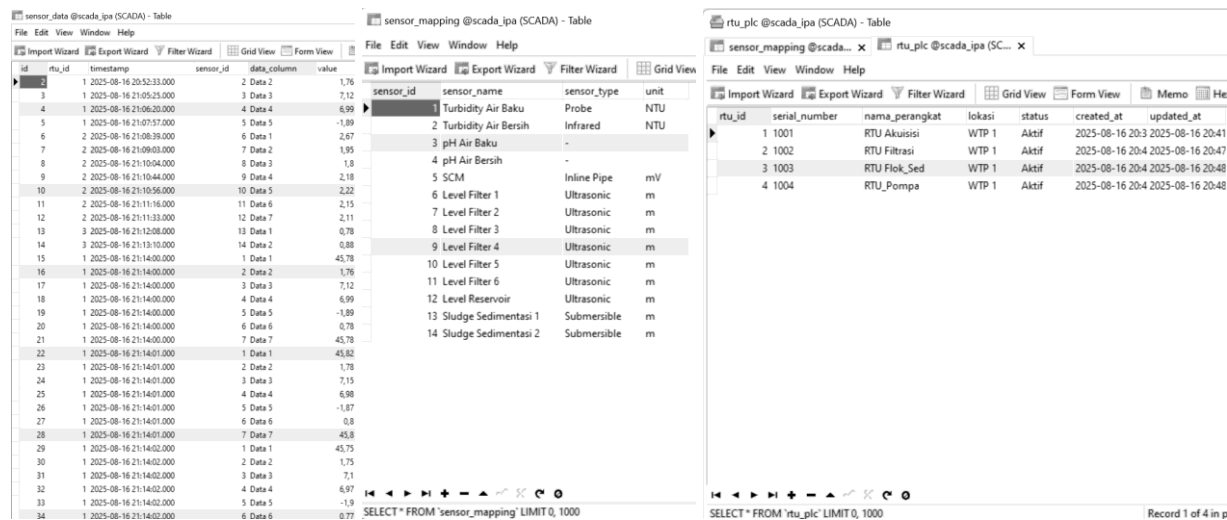
1. Data analog (sisa klor, level, debit, pH, turbidity, SCM) direpresentasikan melalui *Holding Register*, sehingga nilai dapat direkam dalam format numerik dan diolah lebih lanjut.
2. Data digital (status valve, status pompa) direpresentasikan melalui *Coil*, dengan nilai biner ON/OFF yang mudah diinterpretasikan oleh operator.

Selain itu, penyimpanan data ke dalam MySQL dapat memungkinkan akses multi-user dan integrasi dengan aplikasi lain seperti *dashboard* berbasis web, data *warehouse*, maupun analitik lanjutan menggunakan *machine learning*. Dibandingkan hanya menggunakan SCADA tradisional, pendekatan ini memperluas pemanfaatan data, khususnya untuk prediksi kinerja dan deteksi dini gangguan.

Tabel 1. Hasil Pengujian

No.	Uraian	Hasil Pengujian
1	Mengakuisisi data analog dan digital secara bersamaan dengan baik tanpa adanya eror	Berhasil, semua data terbaca dengan benar
2	Menampilkan data real-time pada dashboard SCADA dengan interval pembacaan 1 detik	Berhasil, delay < 2 detik
3	Menyimpan data ke dalam MySQL dengan struktur tabel yang terorganisir, meliputi entitas rtu_plc, sensor mapping, dan sensor data.	Berhasil, data tersimpan sesuai desain
4	Menjamin konsistensi data historis dengan meminimalkan kehilangan data (data loss) selama proses akuisisi.	Berhasil, tingkat keberhasilan 100 %

Gambar 4 memperlihatkan hasil penyimpanan data sensor ke dalam basis data MySQL yang telah terstruktur sesuai rancangan tabel. Setiap *record* berisi informasi waktu akuisisi (*timestamp*), identitas sensor, jenis data serta nilai hasil pembacaan. Data yang tersimpan menunjukkan tidak adanya kehilangan informasi selama proses pengujian, dengan konsistensi antara nilai yang ditampilkan pada dashboard SCADA dan yang terekam di basis data. Hal ini membuktikan bahwa integrasi antara RTU, SCADA, dan MySQL berjalan optimal serta dapat dijadikan dasar untuk analisis historis maupun pengembangan sistem lanjutan.



Gambar 4. Hasil Pengujian Tabel Database MySQL

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem manajemen data sensor berbasis basis data relasional menggunakan MySQL yang terintegrasi dengan SCADA pada Instalasi Pengolahan Air (IPA), mencakup analisis kebutuhan, perancangan model data menggunakan ERD, implementasi tabel, serta integrasi dengan protokol Modbus TCP/IP. Sistem ini terbukti mampu mengakuisisi data analog dan digital secara simultan dari RTU dan PLC, menampilkan informasi secara real-time dengan latensi kurang dari 1 detik, serta menyimpan data secara konsisten dan terstruktur ke dalam MySQL tanpa kehilangan data, sehingga mendukung analisis historis jangka panjang dan meminimalkan inkonsistensi. Implikasi temuan ini menunjukkan bahwa integrasi SCADA dengan RDBMS open-source meningkatkan efisiensi

monitoring, keandalan operasional, serta kualitas pengambilan keputusan berbasis data, sekaligus menghadirkan solusi terbuka, skalabel, dan hemat biaya yang dapat direplikasi oleh instansi pengelola air lain. Kontribusi utama penelitian ini adalah penyediaan kerangka kerja terstruktur untuk manajemen data sensor di sektor air minum, yang dapat diperluas dengan archiving dan compression untuk optimasi jangka panjang, integrasi dengan cloud atau edge computing untuk aksesibilitas dan skalabilitas lebih tinggi, penerapan machine learning untuk analisis prediktif (misalnya prediksi kualitas air atau pemeliharaan peralatan), serta pengembangan model data untuk parameter tambahan seperti konsumsi energi dan kualitas lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghadirkan solusi teknis yang efektif, tetapi juga membuka jalan bagi penerapan sistem monitoring cerdas yang berkelanjutan, adaptif, dan strategis dalam meningkatkan kinerja dan kualitas layanan Instalasi Pengolahan Air di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, A., Sunariyo, S., & Jupriyadi, J. (2021). Sistem informasi monitoring dan pemeliharaan penggunaan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). *Jurnal Tekno Kompak*, 15(2). <https://doi.org/10.33365/jtk.v15i2.1159>
- Dent, S., & Davis, D. P. (1995). Database management model for SCADA systems. *Journal of Water Management Modeling*, R183-19. <https://doi.org/10.14796/JWMM.R183-19>
- Dwarakanath, B., Kalpana Devi, P., Ranjith Kumar, A., Metwally, A. S. M., Ashraf, G. A., & Thamineni, B. L. (2023). Smart IoT-based water treatment with a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system process. *Water Reuse*, 13(3), 411-431. <https://doi.org/10.2166/wrd.2023.052>
- Enggari, S. (2018). Pemodelan system Supervisory Control and Data Acquisition pada instalasi pengolahan air (Studi kasus: PDAM Kota Padang). *Jurnal KomtekInfo*, 5(1). <https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v5i1.6>
- Hingorani, K., Gittens, D., & Edwards, N. (2017). Reinforcing database concepts by using Entity Relationships Diagrams (ERD) and normalization together for designing robust databases. *Issues in Information Systems*, 18(1), 148-155.
- Kurniawan, I. H., & Muliarto, R. F. (2020). Rancang bangun simulator sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) pada gardu induk Rawalo. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, 7(1). <https://doi.org/10.21107/triac.v7i1.7514>
- Kurniawan, R. (2023). Rancang bangun Automatic Transfer Switch (ATS) pada gardu hubung 20 kV berbasis sistem kontrol SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). *Journal ICTEE*, 4(1). <https://doi.org/10.33365/jictee.v4i1.2695>
- Prayudha, R. B., Murti, M. A., & Pangaribuan, P. (2015). Desain dan implementasi SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) pada sistem boiler drum menggunakan PLC Omron. *EProceedings of Engineering*, 2(2).
- Ravi, P. K., & Yogeswari, K. (2020). Smart water management using SCADA at water treatment plant. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*, 9(7), 5396-5400.

- Sahar, M., Tampubolon, G., & Gunawan, A. (2022). Sistem monitoring lingkungan pada pembangkit listrik tenaga surya berbasis Supervisory Control and Data Acquisition. *Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM)*, 2(1). <https://doi.org/10.31849/jurkim.v2i1.9208>
- Sakti, B., Yulianto, Y., & Adhisuwignjo, S. (2021). Rancang bangun sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) dan display pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro berbasis IoT (Internet of Things). *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, 8(2). <https://doi.org/10.33795/elk.v8i2.286>
- Sianipar, R. H. (2016). *Pemrograman database menggunakan MySQL* (Vol. 1). Andi.
- Suhanto, S. (2017). Rancang bangun simulasi Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Main Distribution Panel (MDP) berbasis Programmable Logic Controller (PLC). *Jurnal Penelitian*, 2(1), 47-57. <https://doi.org/10.46491/jp.v2e1.111.47-57>
- Sukirno, S. (2018). Pengaruh penerapan trainer pengoperasian SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) untuk meningkatkan motivasi dan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah sistem transmisi tenaga listrik. *JUPITER (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro)*, 3(2). <https://doi.org/10.25273/jupiter.v3i2.3335>
- Suprihartini, Y., Muhammad Putra, P., & Huda, B. (2022). Sistem Supervisory Control and Data Acquisition pada generator set. *Airman: Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi*, 5(1). <https://doi.org/10.46509/ajtk.v5i1.222>
- Usada, E., Yuniarsyah, Y., & Rifani, N. (2012). Rancang bangun sistem informasi jadwal perkuliahan berbasis jQuery mobile dengan menggunakan PHP dan MySQL. *JURNAL INFOTEL - Informatika Telekomunikasi Elektronika*, 4(2). <https://doi.org/10.20895/infotel.v4i2.107>
- Warman, I., & Ramdaniansyah, R. (2018). Analisis perbandingan kinerja query Database Management System (DBMS) antara MySQL 5.7.16 dan MariaDB 10.1. *JURNAL TEKNOIF*, 6(1), 32-41. <https://doi.org/10.21063/jtif.2018.v6.1.32-41>