

PERENCANAAN DMA BERBASIS IOT UNTUK MENURUNKAN KEHILANGAN AIR DI KOTA AMBON

Ali Masduqi¹, Fahreza Alvian Nanda², Bagas Wahyu Adhi³

^{1,2}Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

³ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Batik Surakarta
masduqi@its.ac.id, alviannanda.fahreza@gmail.com, bagaswahyu54@gmail.com

Abstrak

Akses air bersih merupakan hak setiap warga negara yang wajib dipenuhi oleh pemerintah baik pemerintah pusat maupun pemerintah daerah melalui badan usaha air minum yaitu PDAM. Kinerja dari suatu PDAM merepresentasikan tingkat kualitas penyelenggaraan air minum pada suatu daerah. Faktor yang sampai dengan saat ini menjadi problematik PDAM dalam meningkatkan kinerjanya adalah tingkat kehilangan air minum yang tinggi. Salah satu PDAM dengan tingkat kehilangan air minum yang tinggi adalah PDAM Tirta Yapono Kota Ambon dengan tingkat kehilangan air sebesar 69.85%. Pada makalah ini, dilakukan upaya untuk menurunkan kehilangan air PDAM Tirta Yapono dengan membentuk DMA pada Kelurahan Wainitu berdasarkan kondisi eksisting perpipaan yang disertai jumlah kebutuhan sensor dan instrumentasi. Untuk mendukung performa DMA dalam menurunkan kehilangan air, dirancang juga SCADA dan penerapan manajemen aset. Peran SCADA dalam menurunkan kehilangan air memudahkan pelaksanaan step test dan otomatisasi kegiatan pemantauan proses distribusi serta kualitas air, dengan menempatkan beberapa instrumen pada jaringan distribusi. Pemantauan dengan SCADA akan memberikan data yang akurat. Kemudian, manajemen aset juga berperan dalam menurunkan kehilangan air karena informasi yang ada di dalam manajemen aset digunakan sebagai bahan pertimbangan penyusunan strategi penurunan kehilangan air sesuai dengan prioritas dan kemampuan PDAM Tirta Yapono.

Kata kunci: Kehilangan Air, DMA, IoT, SCADA, Manajemen Aset.

Abstract

Access to clean water is the right of every citizen that the government must fulfill, both the central government and local governments, through drinking water business entities, namely PDAM. The performance of a PDAM represents the quality level of drinking water administration in an area. Only now, the high loss of drinking water has become problematic for PDAMs in improving their performance. One of the PDAMs with a high loss of drinking water is PDAM Tirta Yapono, Ambon City, with a water loss rate of 69.85%. In this paper, an effort is made to reduce water loss in PDAM Tirta Yapono by establishing a DMA in the Wainitu Village based on the existing condition of the pipeline, along with the number of sensors and instrumentation needed. SCADA and asset management implementation are also designed to support DMA's performance in reducing water loss. SCADA's role in reducing water loss facilitates the implementation of step tests and automation of monitoring activities for the distribution process and water quality by placing several instruments in the distribution network. Monitoring with SCADA will provide accurate data. Then, asset management also plays a role in reducing water losses because the information contained in asset management is used as material for preparing a strategy to reduce water losses following the priorities and capabilities of PDAM Tirta Yapono.

Keywords: Water Losses, DMA, IoT, SCADA, Asset Management.

I. PENDAHULUAN

Akses air bersih yang layak dan aman merupakan hak setiap warga negara yang wajib dipenuhi karena berpengaruh langsung terhadap kualitas hidup masyarakat. Penyediaan akses air bersih merupakan urusan pemerintahan konkuren yang bersifat wajib, dan salah satu pendekatan yang dilakukan dapat berbasis kelembagaan melalui Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) di bidang air minum (Purwanto, 2020). Dari 514 kabupaten/kota di Indonesia, terdapat 401 BUMD Air Minum yang tercatat di *database* PERPAMSI, dimana 4 BUMD diantaranya berstatus tidak beroperasi/tidak aktif. Menurut hasil evaluasi kinerja BUMD air minum tahun 2020 oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui Direktorat Air Minum, terdapat 225 PDAM sehat, 104 PDAM kurang sehat, dan 59 PDAM sakit. Dari 59 PDAM yang sakit tersebut, salah satu diantaranya adalah PDAM Tirta Yapono di Kota Ambon.

Kinerja PDAM yang rendah merepresentasikan buruknya pendistribusian air pada daerah yang dilayani. Permasalahan pendistribusian air minum umumnya disebabkan oleh usia jaringan pipa dan frekuensi kebocoran yang tinggi yang mengakibatkan gangguan layanan, jumlah kehilangan air yang besar, dan biaya produksi dan perawatan yang membengkak. Jumlah kehilangan air yang besar merupakan salah satu penyebab rendahnya nilai kinerja PDAM Tirta Yapono dengan persentase sebesar 69.85%. Angka tersebut lebih besar dibanding rata-rata kehilangan air nasional pada tahun 2020 sebesar

33.24%. Apabila kehilangan air tersebut tidak segera ditangani, maka pendapatan PDAM akan menurun yang menyebabkan berkurangnya kemampuan PDAM dalam berinvestasi dan melakukan pemeliharaan jaringan, serta turunnya kepercayaan masyarakat terhadap pelayanan PDAM.

Dalam rangka mendukung RPJMN 2020-2024 dengan target kehilangan air sebesar 25% diperlukan strategi yang tepat sasaran dalam menurunkan tingkat kehilangan air. Pembentukan Districted Metered Area (DMA) pada PDAM Tirta Yapono merupakan langkah awal dalam menurunkan kehilangan air terutama kehilangan air fisik. DMA memudahkan kegiatan pemantauan terhadap jumlah air yang masuk dan keluar pada suatu wilayah, sehingga dapat dilakukan pengendalian terhadap kehilangan air dan kebutuhan air yang tidak normal (Figueiredo dkk., 2021). Pemantauan pada DMA dapat dilakukan secara konvensional atau secara otomatisasi. Saat ini, banyak PDAM di Indonesia yang sudah melakukan pemantauan di unit produksi maupun unit distribusi secara otomatisasi dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) berupa *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Teknologi IoT merupakan inovasi baru untuk menggantikan sistem pemantauan konvensional yang memiliki banyak keterbatasan (Adu-Manu dkk., 2017).

Dalam mendukung upaya penurunan kehilangan air, PDAM juga perlu menerapkan manajemen aset yang baik. Letak aset yang terbesar di semua wilayah pelayanan dan

jumlah aset yang banyak dapat menyebabkan kesalahan pendataan atau hilangnya informasi terkait dengan aset di PDAM apabila dilakukan secara manual. Untuk menghindari hal tersebut, perlu ada otomatisasi terkait pengambilan dan manajemen data aset, sehingga PDAM akan lebih mudah dalam menentukan prioritas perbaikan atau penambahan aset karena anggaran belanja yang terbatas (Romdloni, 2022).

Maksud dari penyusunan makalah ini adalah memberikan gagasan jangka panjang untuk menurunkan tingkat kehilangan air di PDAM Tirta Yapono Kota Ambon dengan usulan pembentukan DMA yang berbasis IoT dengan menerapkan SCADA. Selain itu, makalah ini juga menyampaikan usulan terkait pengelolaan manajemen aset berbasis pada zona untuk mendukung upaya dalam menurunkan tingkat kehilangan air.

II. KAJIAN LITERATUR

A. *District Metered Area (DMA)*

Berbagai pengalaman praktisi di dunia telah membuktikan manfaat pembentukan DMA dalam mengelola jaringan distribusi air minum. DMA merupakan pembagian jaringan distribusi air minum menjadi kluster-kluster kecil dibatasi oleh satu atau beberapa meter air dan beberapa valve sehingga volume air terdistribusi dapat dipantau secara rinci. Jumlah sambungan rumah pada suatu DMA menurut beberapa sumber sangatlah bervariasi, antara lain 1000 – 2500 SR (Farley dkk., 2008), 500 – 3000 SR (Hajebi dkk., 2014), 500 – 5000 SR (Morrison dkk., 2007).

Seiring dengan berkembangnya teknologi, pemantauan dan pengendalian jaringan distribusi air setiap DMA dapat dilakukan secara jarak jauh dan *real time*. Saat ini, telah banyak penyedia air minum yang memasang *smart meters* (debit dan tekanan) pada DMA mereka untuk dilakukan pemantauan jarak jauh terkait perkiraan kehilangan air fisik maupun non fisik melalui perhitungan neraca air (Spedaletti dkk., 2022). Hasil pengukuran dari *smart meters* dapat dikirimkan melalui jaringan internet yang dapat diolah menjadi suatu informasi dan ditampilkan pada suatu *dashboard*.

Selain volume terdistribusi, pemantauan DMA juga dilakukan terhadap tekanan pada pipa dan kualitas air yang didistribusikan. Sisa tekan dengan kriteria berdasarkan SNI 7509:0211 tentang Tata cara perencanaan teknik jaringan distribusi dan unit pelayanan sistem penyediaan air minum sebesar 7.5 m – 15 m dan tekanan < 25 m untuk pipa utama. Kualitas air yang dapat diukur oleh instrumen meliputi sisa kadar klor dan tingkat kekeruhan air. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/ Menkes/ PER/ IV/ 2010 kadar klor yang diijinkan sampai dengan ke pelanggan maksimal 5 mg/l dan tingkat kekeruhan air sebesar 5 NTU.

B. *Smart Metering System (SM)*

Pemantauan dan pengendalian jarak jauh secara real time pada suatu DMA tidak dapat dicapai jika menggunakan instrumen yang konvensional. Penggunaan sensor, informasi dan teknologi komunikasi diperlukan untuk membangun *smart water system* (Gupta dkk.,

2020). Sensor-sensor tersebut diantaranya sensor untuk memantau aliran dan tekanan, serta sensor untuk memantau kualitas air (sisa klor, kekeruhan, pH, temperatur yang dapat bekerja secara nirkabel. Penggunaan sensor tersebut diharapkan mampu mendeteksi kelainan seperti kehilangan air dan pencemaran. Selain sensor-sensor tersebut, beberapa praktisi penyediaan air minum juga telah menggunakan *smart water meter* untuk menginformasikan jumlah air yang digunakan oleh pelanggan secara *real time* melalui website.

Secara umum, sensor dan instrumen pintar tersebut memiliki protokol komunikasinya masing-masing yang menyebabkan pengumpulan data dari sensor dan instrumen dengan jenis yang beragam ke suatu database menjadi sulit. Oleh karena itu, diperlukan *IoT middleware* dimana *software* tersebut dapat menjadi perantara antara perangkat berbasis IoT (sensor dan instrumen) dan aplikasi yang

digunakan (Ngu dkk., 2017). Sebagai contoh IoT *middleware* yang telah dikembangkan oleh Alvisi dkk. (2019) dengan nama *Smart Water Metering Middleware* (SwaMM) yang mampu berinteraksi dengan berbagai jenis smart water meter dengan protokol yang berbeda.

C. *Internet of Things (IoT)*

IoT didefinisikan sebagai solusi untuk dapat memungkinkan setiap orang/operator terhubung pada suatu objek setiap saat dengan menggunakan jaringan atau layanan lainnya. IoT terdiri dari 3 komponen utama yaitu perangkat keras berupa sensor, jaringan data transmisi, dan kemampuan memproses data (Koo dkk., 2015). IoT memungkinkan suatu organisasi atau perusahaan untuk menyediakan suatu pelayanan dengan cepat dengan risiko yang rendah (Ushakov dkk., 2022). Beberapa referensi terkait dengan manfaat IoT dalam suatu jaringan distribusi air air minum dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Manfaat IoT dalam Jaringan Distribusi Air Minum

Manfaat IoT dalam Jaringan Distribusi Air Minum	Referensi
Pemantauan reservoir terkait level air menggunakan ultrasonic sensor dan kualitas air menggunakan sensor kekeruhan dan pH	(Raghava Rao dkk., 2018)
Integrasi sistem SCADA dan sistem IoT untuk monitoring suhu, kekeruhan, warna, pola pemakaian air secara <i>real time</i> .	(Saravanan dkk., 2018)
Deteksi kebocoran jaringan distribusi air secara online menggunakan IoT	(Ali dkk., 2022)

D. *Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)*

SCADA dapat didefinisikan sebagai sistem pengendalian perangkat jarak jauh pada kegiatan pengawasan, pengendalian, dan akuisisi data (Hurlatu dkk., 2016). Penerapan SCADA dapat digunakan untuk menurunkan kehilangan air

fisik pada jaringan distribusi air minum. SCADA ini dapat mengefektifkan pengendalian kebocoran aktif (*Active Leakage Control*) dengan memantau level air pada reservoir untuk mencegah *overflow* dan memantau aliran malam minimum (AMM) untuk mempermudah *step test* dalam menemukan lokasi kebocoran (Temido

dkk., 2014).

SCADA dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu sistem perangkat keras untuk akuisisi data, komunikasi, kontrol, dan pengelolaan, dan sistem perangkat lunak untuk penyimpanan data, elaborasi, visualisasi, optimasi, dan manajemen peringatan (Kermani dkk., 2021). Jaringan SCADA biasanya mencakup server kontrol yang ditempatkan di pusat kendali, jalur komunikasi, dan perangkat seperti sensor dan aktuator yang tersebar di beberapa lokasi pelayanan. Sensor dan aktuator tersebut memantau beberapa peralatan elektromekanis secara terus menerus dan mengirimkan sinyal ke perangkat lainnya seperti *Programmable Logic Controller (PLC)*, *Remote*

Terminal Unit (RTU) atau *Intelligent Electronic Device (IED)* (Upadhyay & Sampalli, 2020).

E. Manajemen Aset

Manajemen aset adalah ilmu dan seni untuk memandu pengelolaan kekayaan yang mencakup proses merencanakan kebutuhan, mendapatkan, menginventarisasi, melakukan legal audit, menilai, mengoperasikan, memelihara, membaharukan, atau menghapus hingga mengalihkan aset secara efektif dan efisien. Menurut beberapa referensi, penerapan manajemen aset yang baik dapat memberikan manfaat dalam pengelolaan jaringan distribusi air minum yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Manfaat Manajemen Aset dalam Pengelolaan Jaringan Distribusi Air Minum

Manfaat Manajemen Aset dalam Pengelolaan Jaringan Distribusi Air Minum	Referensi
Data aset yang digunakan dalam membuat <i>hydraulic model</i> , dimanfaatkan untuk analisis pemulihan energi dan penurunan kebocoran pada jaringan distribusi air.	(Bonthuys dkk., 2019)
Manajemen aset Perumda Tugu Tirta Kota Malang telah menggunakan aplikasi PASPAM yang meliputi kegiatan mendefinisikan hirarki aset, mendefinisikan data aset, penentuan parameter penilaian, monitoring aset, verifikasi monitoring aset.	(Romdloni, 2022)
Manajemen aset digunakan untuk mengetahui usia manfaat dari suatu jaringan perpipaan dan selanjutnya digunakan untuk menentukan keputusan atau kebijakan.	(Okwori dkk., 2021)

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan makalah ini adalah metode studi literatur dengan dilakukan pengumpulan daftar pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelola bahan penelitian. Data yang dikelola merupakan data sekunder yang terdiri dari sumber air, profil jaringan, dan data pipa yang meliputi panjang dan diameter pipa. Berikut adalah kerangka penelitian sebagai acuan proses berpikir mulai dari menentukan rumusan masalah sampai

dengan pengambilan simpulan dan pemberian saran. Diagram Alir Penelitian dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

IV. PEMBAHASAN DAN DISKUSI

A. Perencanaan DMA

Dalam penyusunan makalah ini, direncanakan pembentukan DMA di salah satu kelurahan Kota Ambon yang telah terlayani air oleh PDAM Tirta Yapono Kota Ambon yaitu Kelurahan Wainitu. Pembentukan DMA dilakukan terhadap pipa eksisting PDAM Tirta Yapono Kota Ambon. Pada DMA Wainitu direncanakan *single inlet* dengan sumber air AP Wainitu yang melayani kurang lebih 600 unit sambungan rumah. Rencana situasi DMA dapat dilihat di Gambar 2.



Gambar 2. Rencana Situasi DMA Wainitu dan Jaringan Distribusi

Berdasarkan identifikasi kondisi jaringan perpipaan eksisting, didapatkan data pipa dan aksesoris yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Daftar Jaringan Pipa Eksisting Kelurahan Wainitu

Data Jaringan Pipa Eksisting	Satuan	Jumlah
Pipa HDPE Ø 200	m	767.54
Pipa HDPE Ø 100	m	506.64
Pipa HDPE Ø 75	m	1037.79
Pipa HDPE Ø 50	m	3825.59
Valve Ø 75	unit	1
Valve Ø 200	unit	3

Dari kondisi jaringan perpipaan eksisting tersebut, direncanakan untuk mengisolasi jaringan perpipaan di Kelurahan Wainitu dengan memutus aliran air dari Kelurahan Mangga Dua dan Kelurahan Kudamati menggunakan katup yang tidak dapat dibuka tutup karena jika katup dapat dibuka, maka kinerja DMA Wainitu akan terganggu. Rencana pemantauan yang dilakukan

di DMA Wainitu meliputi tingkat kehilangan air, deteksi kebocoran pipa melalui *step test*, manajemen tekanan, serta kualitas air. Untuk mendukung hal tersebut, terdapat komponen pembentuk DMA yang dapat dilihat di Tabel 3. dan letak tiap komponen dan urutan penutupan katup untuk *step test* dapat dilihat di Gambar 3.

Dalam memantau keseluruhan tingkat kehilangan air, pada outlet pipa transmisi dari sumber air AP Wainitu perlu dipasang smart water meter sebagai master meter yang digunakan untuk mengukur volume air terdistribusi. Jumlah kehilangan air akan didapat dari pengurangan volume air terdistribusi dengan volume air tercatat di rekening dan konsumsi resmi tak berekening. Pengendalian kebocoran aktif dapat dilakukan dengan membentuk 4 step area/sub DMA pada DMA Wainitu. Isolasi masing-masing step area/sub DMA dilakukan dengan memasang *resilience valve* berjumlah 39 unit dengan diameter yang beragam antara 50 mm – 200 mm. Kebocoran dapat diketahui dengan melakukan *step test* pada step area saat malam hari untuk dilakukan analisis aliran malam minimum. Dari pola debit pemakaian air pada malam hari, akan diketahui jaringan pipa mana yang bocor dan dapat segera ditindaklanjuti dengan deteksi kebocoran *macro location/micro location* lalu perbaikan pipa. Pada titik-titik kritis *step area* juga dipasang flowmeter untuk mengetahui kecukupan debit air pada daerah terlayani sebanyak 4 unit.

Pada DMA Wainitu juga dilakukan manajemen tekanan untuk mengurangi kebocoran. Untuk mengetahui tekanan di DMA

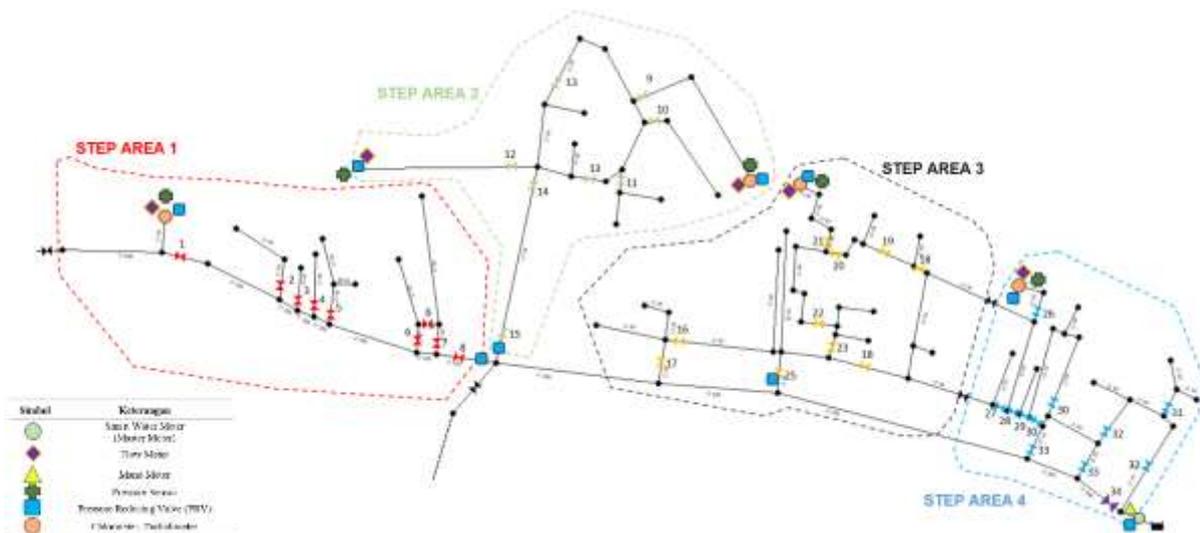
Wainitu, dilakukan pemasangan manometer pada bagian outlet pipa transmisi dari sumber air AP Wainitu dan pressure sensor berjumlah 5 unit pada titik-titik kritis/titik terjauh dari DMA Wainitu. Sedangkan kegiatan pengendalian tekanan, dilakukan dengan memasang *Pressure Reducing Valve* (PRV) pada inlet distribusi, inlet step area, dan titik-titik kritis dengan total jumlah PRV sebanyak 9 unit. Tekanan pada PRV diatur dengan nilai 1.5 bar – 2.5 bar pada setiap jaringan pipa.

Pemantauan terhadap kualitas air diperlukan untuk menjaga kondisi air dapat terjaga mulai dari pengolahan air sampai dengan pelanggan terjauh. Pada DMA Wainitu terdapat 2 parameter yang dipantau melalui instrumen, yaitu sisa kadar klor dan tingkat kekeruhan air. Instrumen

yang dipasang meliputi Chlormeter sebanyak 4 unit dan Turbidimeter sebanyak 4 meter. Sisa kadar klor di titik kritis diharapkan tidak kurang dari 0.2 ppm dan tidak lebih dari 5 mg/l dan tingkat kekeruhan air sebesar 5 NTU. Rincian Komponen DMA dapat dilihat di Tabel 4.

Tabel 4. Rincian Komponen DMA Wainitu

Komponen DMA	Satuan	Jumlah
Pipa HDPE Ø 200	m	767.54
Pipa HDPE Ø 100	m	506.64
Pipa HDPE Ø 75	m	1037.79
Pipa HDPE Ø 50	m	3825.59
Isolation Valve	unit	2
Resilient Valve Ø 50	unit	30
Resilient Valve Ø 75	unit	6
Resilient Valve Ø 100	unit	2
Resilient Valve Ø 200	unit	1
Smart Water Meter	unit	1
PRV Ø 200	unit	1
PRV Ø 50	unit	8
Manometer	unit	1
Flowmeter	unit	4
Pressure sensor	unit	5
Chlormeter	unit	4
Turbidimeter	unit	4



Gambar 2. Rencana Situasi DMA Wainitu dan Jaringan Distribusi

B. Konsep Integrasi SCADA pada DMA

Penggunaan instrumen dan sensor pintar dapat digunakan dengan baik apabila telah tersedia infrastruktur pendukung yang baik seperti pemasangan PLC/RTU, jaringan internet, *cloud server*, *database server*, *komputasi perangkat*

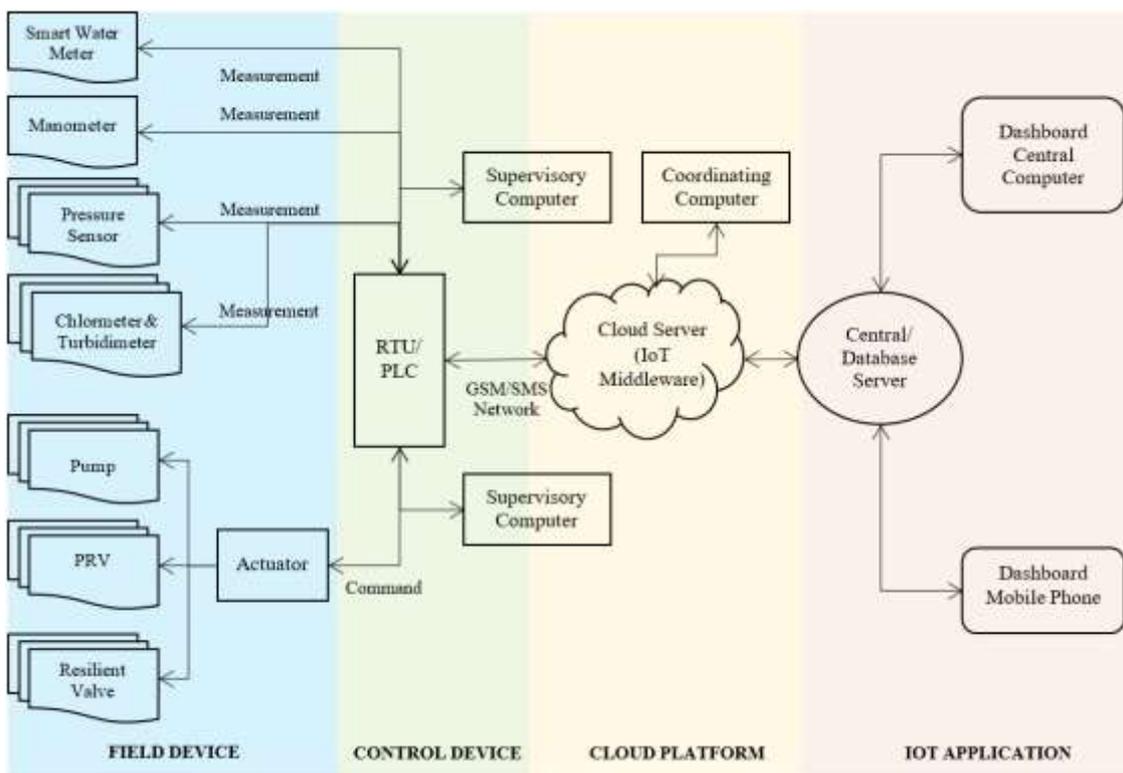
lunak, dan ruang monitoring dan kontrol. Sensor dan instrumen yang terpasang akan mengirimkan informasi bacaan pada *data logger* atau RTU dengan sinyal analog atau digital seperti pulse, 4-20 ma, 0-5 Vdc, dan modbus. Apabila sensor yang dipasang di PDAM Tirta Yapono banyak

dan diperlukan komunikasi dua arah antara sensor dan *logger* seperti penjadwalan operasi pompa, maka disarankan menggunakan RTU daripada PLC.

RTU mengirimkan data ke *cloud server* yang berperan sebagai *IoT Middleware* melalui sinyal GSM/SMS untuk dapat dianalisis. *IoT Middleware* merupakan *software* yang melakukan analisis terhadap data yang dikirim dari sensor dan instrumen yang memiliki protokol komunikasi yang berbeda-beda. Dari *cloud server*, hasil olahan data akan dikirim ke *central/database server* berupa informasi berbentuk grafik, angka, pola, peringatan. kemudian akan menampilkan informasi-

informasi yang diperlukan melalui PC ataupun *mobile phone*. Selain digunakan sebagai alat pemantauan, pada bagian *dashboard* juga dapat dilakukan kontrol setiap tahapan proses karena *dashboard* disini berperan juga sebagai *Human Machine Interface* (HMI).

Pada tahap pengembangan yang lebih lanjut, memanfaatkan data *time series* dan *Artificial Intelligent* (AI) yang menghasilkan suatu trend sistem tertentu dapat memungkinkan sistem tersebut berjalan secara otomatisasi, seperti pengoperasian pompa dan penutupan katup. Adapun arsitektur SCADA yang dapat diterapkan di PDAM Tirta Yapono dilihat di Gambar 4.



Gambar 4. Arsitektur SCADA

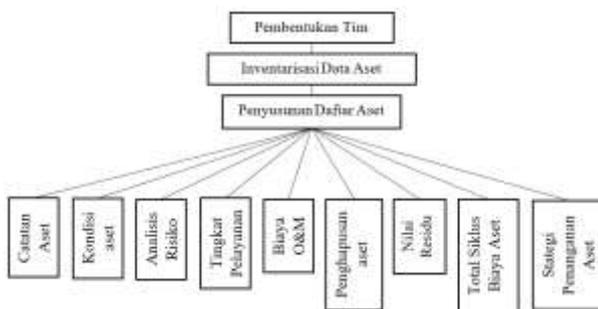
C. Manajemen Aset

Pencatatan perlu dilakukan terhadap komponen dan instrumen yang telah terpasang di suatu DMA. Pencatatan ini dimaksudkan sebagai

dasar kegiatan perencanaan, pengadaan, pengelolaan dan perawatan, hingga penghapusan suatu aset agar performa pelayanan DMA dapat terjaga dengan baik atau meningkat. Oleh sebab

itu, sebelum menentukan langkah yang strategis, PDAM perlu mengimplementasikan manajemen aset dengan baik. Manajemen aset yang sudah diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) akan memudahkan operator dalam memantau suatu aset di suatu DMA.

PDAM dapat memperoleh informasi terkait lokasi aset. Informasi ini memungkinkan PDAM untuk melakukan perbaikan pada saat aset mengalami kendala. Selain itu, tersedia juga data pemasangan yang merepresentasikan umur dari suatu aset. Apabila PDAM Tirta Yapono ingin mengidentifikasi kebocoran dan efisiensi energi, maka informasi diatas terkait dengan data pipa, data pompa dan didukung data kebutuhan pemakaian air dapat dilakukan analisis *hydraulic model* untuk mendapatkan kondisi *head* dan manajemen tekanan. Adapun tahapan manajemen aset dapat dilihat di Gambar 5.



Gambar 5. Konsep Tahapan Manajemen Aset

V. SIMPULAN

Dalam menurunkan kehilangan air, langkah awal yang perlu dilakukan PDAM Tirta Yapono adalah membentuk *Districted Metered Area* (DMA) untuk mempermudah kegiatan pemantauan sebagaimana hasil analisis diatas. Setelah itu dilakukan identifikasi kebocoran dengan *step test*. Untuk mempermudah

pelaksanaan *step test* tersebut, maka diperlukan teknologi IoT dan SCADA.

Peran IoT dan SCADA dalam menurunkan kehilangan air adalah memberikan kemudahan berupa otomatisasi kegiatan pengelolaan jaringan distribusi air minum yang meliputi operasi pompa, katup, pembacaan alat ukur, dan pemantauan kualitas air minum melalui sistem kontrol yang terpusat. SCADA juga memberikan kualitas data yang baik dengan tingkat kesalahan yang rendah. Selain itu, PDAM Tirta Yapono perlu menerapkan manajemen aset yang baik. Peran Manajemen Aset dalam menurunkan kehilangan air adalah memberikan bahan pertimbangan terkait prioritas penanganan kehilangan air minum sehingga strategi yang dilakukan dapat memberikan manfaat bagi PDAM baik dari segi bisnis maupun pelayanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adu-Manu, K. S., Tapparello, C., Heinzelman, W., Katsriku, F. A., & Abdulai, J. D. (2017). Water quality monitoring using wireless sensor networks: Current trends and future research directions. *ACM Transactions on Sensor Networks*, 13(1).
- Ali, A. S., Abdelmoez, M. N., Heshmat, M., & Ibrahim, K. (2022). A solution for water management and leakage detection problems using IoTs based approach. *Internet of Things (Netherlands)*, 18(February), 100504.
- Alvisi, S., Casellato, F., Franchini, M., Govoni, M., Luciani, C., Poltronieri, F., Riberto, G., Stefanelli, C., & Tortonesi, M. (2019). Wireless middleware solutions for smart water metering. *Sensors (Switzerland)*, 19(8), 1–25.
- Bonthuys, G. J., van Dijk, M., & Cavazzini, G. (2019). Leveraging water infrastructure asset management for energy recovery and

- leakage reduction. *Sustainable Cities and Society*, 46 (January), 101434.
- Farley, M., Gary, W., Zainuddin, Istandar, A., & Singh, S. (2008). *Buku Pegangan tentang Air Tak Berekening (NRW) untuk Manajer, Panduan untuk Memahami Kehilangan Air*.
- Figueiredo, I., Esteves, P., & Cabrita, P. (2021). Water wise - A digital water solution for smart cities and water management entities. *Procedia Computer Science*, 181(2019), 897–904.
- Gupta, A. D., Pandey, P., Feijóo, A., Yaseen, Z. M., & Bokde, N. D. (2020). Smart water technology for efficient water resource management: A review. *Energies*, 13(23), 1–23.
- Hajebi, S., Temate, S., Barrett, S., Clarke, A., & Clarke, S. (2014). Water distribution network sectorisation using structural graph partitioning and multi-objective optimization. *Procedia Engineering*, 89, 1144–1151.
- Hurlatu, L. N., Patras, L. S., & Mangindaan, G. M. C. (2016). Analisa Perancangan Sistem Scada Di Sistem Kelistrikan Minahasa. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 5(2), 37–42.
- Kermani, M., Adelmanesh, B., Shirdare, E., Sima, C. A., Carnì, D. L., & Martirano, L. (2021). Intelligent energy management based on SCADA system in a real Microgrid for smart building applications. *Renewable Energy*, 171, 1115–1127.
- Koo, D., Piratla, K., & Matthews, C. J. (2015). Towards Sustainable Water Supply: Schematic Development of Big Data Collection Using Internet of Things (IoT). *Procedia Engineering*, 118, 489–497.
- Morrison, J., Tooms, S., & Rogers, D. (2007). District metered areas: Guidance notes. In IWA Publication.
- Ngu, A. H., Gutierrez, M., Metsis, V., Nepal, S., & Sheng, Q. Z. (2017). IoT Middleware: A Survey on Issues and Enabling Technologies. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(1), 1–20.
- Okwori, E., Pericault, Y., Ugarelli, R., Viklander, M., & Hedström, A. (2021). Data-driven asset management in urban water pipe networks: A proposed conceptual framework. *Journal of Hydroinformatics*, 23(5), 1014–1029.
- Purwanto, E. W. (2020). Pembangunan Akses Air Bersih Pasca Krisis Covid-19. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 4(2), 207–214.
- Raghava Rao, K., Srinija, S., Bindu, K. H., & Satish Kumar, D. (2018). IOT based water level and quality monitoring system in overhead tanks. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7, 379–383.
- Romdloni, A. (2022). Penerapan Manajemen Aset dan Internet of Things (IoT) dalam Pengendalian Kehilangan Air Minum (Studi Kasus PDAM Kota Malang). *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, 4, 2295–2307.
- Saravanan, K., E, A., R, K., & LH, S. (2018). Real-time water quality monitoring using Internet of Things in SCADA. *Environ Monit Assess*, 556(9), 190.
- Spedaletti, S., Rossi, M., Comodi, G., Cioccolanti, L., Salvi, D., & Lorenzetti, M. (2022). Improvement of the energy efficiency in water systems through water losses reduction using the district metered area (DMA) approach. *Sustainable Cities and Society*, 77(July 2021).
- Temido, J., Sousa, J., & Malheiro, R. (2014). SCADA and Smart Metering systems in water companies. A perspective based on the value creation analysis. *Procedia Engineering*, 70, 1629–1638.
- Upadhyay, D., & Sampalli, S. (2020). SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) systems: Vulnerability assessment and security recommendations. *Computers and Security*, 89(June), 101666.
- Ushakov, D., Dudukalov, E., Kozlova, E., & Shatila, K. (2022). The Internet of Things impact on smart public transportation. *Transportation Research Procedia*, 63, 2392–2400.