

STRATEGI PENGENDALIAN *NON-REVENUE WATER* (NRW) MELALUI PERENCANAAN DMA DAN SCADA BERBASIS IOT DI SPAM IKK BIYONGA

NON-REVENUE WATER (NRW) CONTROL STRATEGY THROUGH DMA PLANNING AND SCADA BASED ON IOT IN SPAM IKK BIYONGA

Athaya Dhiya Zafira¹⁾ dan Ervin Nurhayati^{1*)}

¹⁾Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Surabaya 60111, Indonesia

^{*)}E-mail: ervin@enviro.its.ac.id

Abstrak

PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) Kabupaten Gorontalo merupakan salah satu PDAM dengan penilaian kinerja sehat, namun nilai NRW (*Non-Revenue Water*) masih cukup tinggi sebesar 32,05% dan belum FCR (*Full Cost Recovery*). Hal ini terjadi karena minimnya pengendalian terhadap jaringan distribusi sehingga diperlukan strategi yang semula menggunakan pendekatan pasif beralih menjadi proaktif. Pengendalian proaktif diawali dengan perencanaan pembentukan *District Meter Area* (DMA) yang kemudian dirancang menjadi sistem komunikasi dua arah dengan sensor-sensor canggih berbasis IoT (*Internet of Things*) untuk memudahkan *monitoring* dan *controlling* jaringan distribusi. Diharapkan dengan terbentuknya DMA mampu mengatasi permasalahan NRW. Wilayah pelayanan SPAM IKK Biyonga Kabupaten Gorontalo direncanakan dibentuk 5 DMA dengan mempertimbangkan ukuran zona, batas zona (batas administratif, batas sungai, jembatan, dll.), sambungan pelanggan dalam zona, elevasi zona, perpipaan zona, dan jenis konsumen dalam zona. DMA 1 mencakup 1.616 SR dengan 10 desa terlayani, DMA 2 mencakup 2.620 SR dengan 4 desa terlayani, DMA 3 mencakup 2.400 SR dengan 6 desa terlayani, DMA 4 mencakup 1.930 SR dengan 11 desa terlayani, dan DMA 5 mencakup 2.281 SR dengan 12 desa terlayani. Tiap DMA juga direncanakan dipasang beberapa peralatan sensor dengan jumlah tertentu yakni: sistem monitor aliran dan tekanan, sensor monitor kualitas air, dan *smart water meter*. Seluruh sensor dan alat terintegrasi menjadi satu kesatuan oleh sistem SCADA pada tiap lokasi yang terintegrasi pada OMC (*Operation Management Centre*) terpusat.

Kata kunci: Biyonga, DMA, IoT, NRW, SCADA

Abstract

PDAM (*Local Drinking Water Company*) Gorontalo Regency is one of many PDAM with a healthy performance rating, but the NRW (*Non-Revenue Water*) value is still quite high at 32.05% and has not reached FCR (*Full Cost Recovery*). This happens because of the lack of control over the distribution network, so a strategy that originally used a passive approach must be changed to be proactive. Proactive control begins with planning of the establishment of a DMA (*District Meter Area*) which is then designed to become a two-way communication system with sophisticated IoT (*Internet of Things*)-based sensors to facilitate monitoring and controlling of distribution networks. The formation of DMA is expected to overcome the NRW problem. The service area of SPAM IKK Biyonga, Gorontalo Regency, is planned to form 5 DMAs taking into account the size of the zone, boundaries (administrative boundaries, river boundaries, bridges, etc.), customer connections (SR) within the zone, elevation zone, piping zone, and types of consumers within the zone. DMA 1 covers 1.616 SRs with 10 served villages, DMA 2 covers 2.620 SRs with 4 served villages, DMA 3 covers 2.400 SRs with 6 served villages, DMA 4 covers 1.930 SRs with 11 served villages, and DMA 5 covers 2.281 SRs

with 12 served villages. There is also a plan to install a certain number of sensor equipment for each DMA, namely: a flow and pressure monitoring system; water quality monitoring sensors; as well as smart water meters. All sensors and tools are integrated into a single unit by the SCADA system at each location which is integrated into a centralized OMC (Operation Management Center).

Keywords: *Biyonga, DMA, IoT, NRW, SCADA*

1. PENDAHULUAN

PDAM Kabupaten Gorontalo merupakan salah satu PDAM dengan penilaian kinerja sehat. Namun tingkat kehilangan airnya masih cukup tinggi sebesar 32,05% dan belum *Full Cost Recovery* (FCR) (BPKP dan Kemen PUPR, 2021). Pendapatan belum menutup biaya secara penuh karena masih tingginya tingkat kehilangan air distribusi; besarnya beban usaha/operasional; dan perusahaan belum pernah melakukan evaluasi atas tarif yang berlaku sejak tahun 2014. Disisi lain cakupan pelayanan teknis BUMD Air Minum Kabupaten Gorontalo baru mencapai 39.24% dengan tingkat pertumbuhan pelanggan rata-rata sebesar 14.25% pada periode tahun 2018 sampai dengan tahun 2019 (FS Program Stimulan NUWSP, 2019).

Kunci utama penentuan strategi penurunan NRW yakni dengan memahami penyebab terjadinya NRW dan faktor yang paling mempengaruhi pada komponen tersebut (Farley & Liemberger, 2004). DMA membantu mengurangi NRW dengan membagi sistem distribusi air menjadi sub-sistem yang lebih kecil, masing-masing area dengan pengukur pasokan (*flow meter*), dan katup isolasi. Selain itu, DMA membantu dalam mendeteksi lokasi kegagalan berdasarkan hidrolis perilaku jaringan, mengisolasi masalah kualitas air, secara aktif mengelola jumlah kehilangan air yang tidak terlihat, dan membantu dalam mengelola tekanan sistem secara keseluruhan dengan lebih baik sehingga memungkinkan pasokan air di seluruh jaringan kontinu 24 jam (Bui, Xuan, *et al.*, 2020). Berdasarkan penjelasan manfaat DMA dalam suatu jaringan distribusi penting bagi jaringan sistem distribusi di Cabang Karawang untuk membentuk DMA guna mengatasi permasalahan NRW yang tinggi.

Pembentukan DMA yang dilakukan merupakan langkah awal sebagai strategi untuk mengubah pendekatan dari pendekatan pasif menjadi proaktif dalam melakukan analisis, desain, dan manajemen jaringan distribusi air terutama dalam upaya penurunan nilai kehilangan air. Pembentukan DMA akan sangat berdampak pada kondisi hidrolis jaringan. Oleh sebab itu dalam paper ini dibahas pula simulasi kondisi hidrolis jaringan dengan adanya pembentukan DMA agar tetap sesuai dengan kriteria yang ditentukan.

Transmisi air dan distribusi pada dasarnya memiliki jaringan yang heterogen dan performa komunikasi dengan protokol yang cukup rumit, sehingga interaksi pada sistem akan cukup sulit. Semakin berkembangnya integrasi sistem ini, maka komunikasi, biaya, maupun kebutuhan keamanan perlu untuk dipertimbangkan fleksibilitas, ketangguhan, serta kontinuitas dari infrastruktur yang terpercaya (Shihu, 2011). Untuk mempermudah hal tersebut (*monitoring* dan *controlling*), maka DMA dirancang menjadi sistem komunikasi dua arah dengan sensor-sensor canggih berbasis IoT didalamnya, seperti kualitas air maupun tekanan pada aliran pipa untuk dapat meningkatkan efisiensi, reliabilitas serta keamanan dari penyampaian air (Shihu, 2011). Konsep IoT mengacu pada sebuah jaringan yang menghubungkan sensor di lapangan dan perangkat lunak sehingga dapat menyajikan data secara *online* dan *real-time* dari setiap parameter yang diukur, seperti level aliran, tekanan, suhu dan kebisingan (Sánchez, A. S. *et al.*, 2020). Penerapan IoT di pipa distribusi air minum, perlu memasang beberapa peralatan kontrol yang terdiri dari *sensors*, *controller*, *actuators*, *data server*, *intervace devices* (Creaco, E. *et al.*, 2019). Teknologi IoT merupakan inovasi baru untuk menggantikan sistem pemantauan konvensional yang memiliki banyak keterbatasan (Ozdemir, O., 2018). Oleh karenanya, melalui *real-time control* (RTC)

yang diaplikasikan melalui SCADA pada rancangan DMA yang digagaskan pada paper ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan strategi yang akan dilakukan PDAM dalam mengatasi permasalahan NRW.

2. METODE

2.1 Kriteria Desain Sistem Distribusi

Kriteria pipa distribusi mengacu pada Lampiran 3 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 27 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum, ditunjukkan pada Tabel 1.

2.2 Definisi DMA dan Kriteria DMA

Pengelolaan NRW aktif lebih efektif dalam hal pembiayaan ketika menggunakan zona untuk mengukur NRW, di mana sistem secara keseluruhan dibagi menjadi serangkaian sub-sistem yang lebih kecil dimana NRW dapat dihitung secara individual. Sub-sistem yang lebih kecil ini, sering disebut sebagai Distrik Area Meter (DMA) harus diisolasi secara hidraulik sehingga dapat dihitung volume air yang hilang dalam DMA tersebut. Untuk membagi satu sistem yang besar menjadi serangkaian DMA, penting untuk menutup katup-katup untuk mengisolasi satu kawasan tertentu dan memasang meter air. Proses ini dapat berdampak pada tekanan-tekanan sistem, baik di dalam DMA tertentu tersebut serta di wilayah – wilayah sekitarnya. Perusahaan air minum dengan demikian harus memastikan bahwa pasokan air bagi semua pelanggan tidak dikorbankan terkait dengan tekanan dan jam layanan (Farley, *et.al.*, 2008).

2.3 Pengertian SCADA Berbasis IoT

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) adalah sistem yang berfungsi untuk memberikan instruksi kendali dan mengawasi kerja suatu proses tertentu. *Data Acquisition* adalah sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan, dan memproses data untuk kemudian disajikan sesuai kebutuhan yang dikehendaki. SCADA dapat diartikan sistem berbasis komputer yang dapat melakukan pengawasan, pengendalian, dan akuisisi data

terhadap suatu proses tertentu secara *real-time* (Finco, G.J., 2006). Arsitektur SCADA meliputi *field device/ plant* (perangkat lapangan seperti sensor dan aktuator), *Remote Terminal Unit* (RTU), *Programmable Logic Controller* (PLC), *Master Terminal Unit* (MTU), *Human Machine Interface* (HMI), protokol komunikasi, dan *database server* (Finco, Gary, J., 2006).

Tabel 1. Kriteria desain jaringan distribusi SPAM

| No | Uraian | Notasi | Kriteria |
|----|-----------------------------|---------|--|
| 1 | Debit perencanaan | Qpuncak | Kebutuhan air jam puncak $Q_{peak} = F_{peak} \times Q_{rata-rata}$ |
| 2 | Faktor jam puncak | | 1,15 - 3 |
| 3 | Kecepatan aliran dalam pipa | Vmin | 0,3 – 0,6 m/det |
| | a) Kecepatan minimum | Vmax | |
| | b) Kecepatan maksimum | Vmax | 3,0 – 4,5 m/det |
| | - Pipa PVC atau ACP | | 6,0 m/det |
| | - Pipa baja atau DCIP | | |
| 4 | Tekanan air dalam pipa | h min | 0,5 – 1,0 atm, pada titik jangkauan pelayanan terjauh |
| | a) Tekanan minimum | h max | |
| | b) Tekanan maksimum | h max | 6 – 8 atm |
| | - Pipa PVC atau ACP | h max | 10 atm |
| | - Pipa baja atau DCIP | | 12,4 Mpa |
| | - Pipa PE 100 | | 9,0 Mpa |
| | - Pipa PE 80 | | |

(Sumber: Permen PUPR No 27, 2016)

2.4 Lokasi Studi

Lokasi studi dilakukan pada wilayah pelayanan

PDAM Kabupaten Gorontalo khususnya yang dilayani SPAM Biyonga atas dan SPAM Biyonga bawah. SPAM Biyonga atas melayani Unit Telaga (Kecamatan Telaga, Telaga Biru, Telaga Jaya dan Tilango) dan SPAM Biyonga bawah melayani Unit Limboto (Kecamatan Limboto dan Limboto Barat) tersaji dalam Gambar 1.



Gambar 1. Lingkup Studi (Sumber: RISPAM Kabupaten Gorontalo, 2017)

2.5 Pengumpulan Data Primer dan Data Sekunder

Data yang digunakan dalam kajian ini diperoleh dari dua macam sumber data yakni data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan wawancara dan diskusi dengan staf Perumda Kabupaten Gorontalo dan tinjauan langsung debit dan tekanan pada sistem. Data sekunder yang dikumpulkan diantaranya terdiri dari peta jaringan pipa distribusi, data kehilangan air wilayah studi, kondisi eksisting SPAM wilayah studi yang bersumber dari dokumen RISPAM PDAM dan dokumen *Feasibility Study* Program Stimulan NUWSP Kabupaten Gorontalo, data pelanggan dan kubikasi pemakaian wilayah studi dari data DRD PDAM Kabupaten Gorontalo, data asset manajemen PDAM mencakup data pipa (panjang, diameter, jenis, dan elevasi) dan aksesoris pipa, data kinerja PDAM Kabupaten Gorontalo bersumber dari buku kinerja BUMD Air Minum, dan dokumen rencana bisnis PDAM Kabupaten Gorontalo.

2.6 Perencanaan Pembentukan DMA

Data yang telah terkumpul menjadi dasar pembentukan jumlah dan batas DMA (zona) dengan beberapa parameter pertimbangan

sebagai berikut (Farley, M., 2012):

1. Ukuran zona, mempertimbangkan tenaga dan biaya awal untuk pembentukan zona;
2. Batas zona, sedapat mungkin memanfaatkan batas geografi yang ada di daerah distribusi, misalnya batas administratif, sungai, jalan. Selain itu sangat memperhatikan peta lokasi, peta jaringan pipa eksisting;
3. Sambungan pelanggan dalam zona, untuk kota besar adalah terdiri dari 1000-3000 pelanggan sedangkan untuk kota sedang dan kecil sebaiknya jumlah sambungan tiap zona lebih kecil dari 1000 sambungan;
4. Elevasi zona, sedapat mungkin memiliki elevasi yang relatif datar (sebaiknya memiliki beda tinggi 10-40 meter langsung dengan slope maksimum ± 0.005);
5. Panjang pipa, untuk kota besar panjang pipa dalam satu zona berkisar antara 12.000 s/d 70.000 meter;
6. Perpipaan zona, pipa transmisi dan distribusi yang relatif besar (> 250 mm) sebaiknya dikeluarkan dari zona;
7. Jenis Konsumen dalam Zona, sedapat mungkin memiliki karakteristik yang sama.

Perencanaan DMA secara topologis haruslah melihat 6 atribut jaringan dengan 8 metrik pertimbangan seperti (Meng, F., et al., 2018):

1. Konektivitas: densitas dan ukuran sambungan, clustering;
2. Efisiensi: rerata panjang pipa;
3. Sentralitas: dominansi perpipaan terpusat;
4. Diversitas: heterogenitas perpipaan;
5. Kekokohan desain: batas spektrum zona perpipaan;
6. Modularitas: indikator modularitas zona pipa.

Selain itu beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan ketika merancang DMA, diantaranya (Bui, Xuan, K. *et.al*, 2020):

1. Persentase maksimum kebocoran yang diperbolehkan PDAM;
2. Topografi dan jumlah property per DMA;
3. Karakteristik dan taksonomi topologi jaringan distribusi air;
4. Jumlah flow meter dan katup;
5. Pertimbangan kualitas air.

Dengan pertimbangan tersebut selanjutnya ditentukan batas DMA yang dibentuk dan mengidentifikasi titik pengukuran (titik masuk dan keluar DMA, katup isolasi, pengukur tekanan dan flow meter) (Ozdemir, O., 2018). Selain itu, dalam perencanaan DMA dengan penerapan SCADA pada masa-masa yang penuh ketidakpastian (*uncertainty*), agar menghasilkan hasil yang fleksibel dan *robust* maka diperlukan optimasi dalam simulasi pemodelan, yang dalam hal ini dilakukan dengan bantuan *EPANET* (Maria, C. *et.al*, 2019).

2.7 Perencanaan SCADA Berbasis IoT

Perencanaan *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) dilakukan agar proses data dilapangan dapat dilakukan dengan cepat, mudah, dan bebas dari kesalahan. Hal ini dikarenakan peningkatan kebutuhan konsumen, kebutuhan regulasi, maupun kebutuhan untuk mengurangi biaya operasional semakin tinggi (Shihu, S., 2019). Beberapa alat yang digunakan adalah:

1. Sistem monitor aliran dan tekanan;
2. Sensor monitor kualitas air;
3. *Smart Water Meter*.

Lokasi penempatan posisi pengukur aliran yang optimal yakni di lokasi yang mampu memvisualisasikan pengaruh kebocoran pada kondisi aliran dalam jaringan. *Flow meter* dengan akurasi $v = 0,0025$ m/s dan penghalang meter rendah < 1 cm/s dapat memantau DMA *virtual* dengan jarak 10 km (Gerald, G. and Navas, R., 2018). Selain itu, suplai air dengan sistem distribusi yang lebih tertutup pada inlet DMA menunjukkan hasil yang lebih bermanfaat pada biaya operasional dalam jangka panjang (Creaco, E, *et.al*, 2019). Seluruh sensor dan alat diatas terintegrasi menjadi satu kesatuan oleh sistem SCADA yang dirancang. Sistem akan menerima data dari sensor yang diteruskan kepada pengguna untuk menganalisa informasi seperti (Shihu, S., 2011) :

1. Kebocoran pada pipa (kehilangan air)
2. *Tracking* senyawa kimia dalam air (kualitas air)
3. Sistem distribusi air (kuantitas air).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

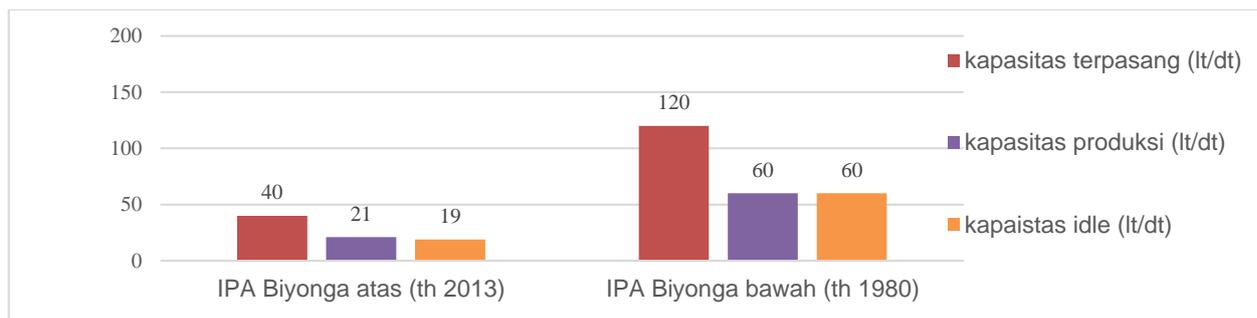
3.1 Kondisi SPAM Wilayah Studi

Lokasi studi yang dianalisa dikelola oleh BUMD Air Minum Kabupaten Gorontalo berdasarkan Peraturan Daerah Tingkat II Kabupaten Gorontalo Nomor 6 Tahun 1993. Terdapat 10 IPA (Instalasi Pengolahan Air) yang ada di wilayah Kabupaten Gorontalo, namun dalam studi ini difokuskan pada pelayanan yang dilayani oleh IPA Biyonga atas dan IPA Biyonga bawah. Sumber air baku berasal dari sungai Biyonga dengan kapasitas sumber minimum sebesar 220 lt/dt. Dari sumber melalui intake Polohungo dengan elevasi 98 mdpl dialirkan secara gravitasi ke IPA (IPA biyonga atas: elevasi 51 mdpl dan IPA Biyonga bawah: elevasi 41 mdpl). Pipa transmisi dari intake menuju IPA untuk sistem IPA Biyonga atas sepanjang 7.370 meter, sedangkan untuk sistem IPA Biyonga bawah sepanjang 7.203 meter (FS Program Stimulan NUWSP, 2019). Selanjutnya terkait data unit produksi dsitunjukkan pada Gambar 2.

Pada tahun 2021-2022 terdapat pengembangan pada kedua IPA ini yakni dilakukan pembangunan penambahan filter 60 lt/dt pada IPA Biyonga bawah (IPA beton) dan perluasan jaringan pipa distribusi. Produksi air bersih di tampung di reservoir untuk kemudian didistribusikan masing-masing IPA Biyonga Baja ke wilayah pelayanan unit Telaga dengan sistem gravitasi dan IPA Biyonga Beton ke wilayah pelayanan unit Limboto dengan sistem pompa dan gravitasi. Berdasarkan pengembangan yang dilakukan, Tabel 1 berikut memperlihatkan rencana pelayanan SPAM Biyonga Kabupaten Gorontalo.

3.2 Perancangan DMA

Berdasarkan beberapa parameter pertimbangan dalam pembentukan zona/DMA seperti yang telah dijelaskan pada subbab metodologi studi diperoleh desain DMA pada studi kasus wilayah studi yang telah ditentukan seperti Gambar 3. Dibentuk 5 DMA, di *inlet* tiap DMA ditempatkan beberapa instrumen yakni sistem monitor aliran dan tekanan, *smart water meter*, dan sensor monitor kualitas air.



Gambar 1. Kapasitas unit produksi
(Sumber: FS Program Stimulan NUWSP,2019)

Tabel 1. Tingkat pelayanan

| Kecamatan | Kel/desa | Jaringan perpipaan | Bukan jaringan perpipaan | Ket |
|---------------|----------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| Limboto | 14 | 5.020 KK | 7.429 KK | 1 desa belum dilayani |
| Limboto Barat | 10 | 1.616 KK | 4.722 KK | |
| Telaga | 9 | 759 KK | 5.051 KK | 2 desa belum dilayani |
| Telaga Biru | 15 | 1.930 KK | 5.570 KK | 4 desa belum dilayani |
| Telaga Jaya | 5 | 428 KK | 2.728 KK | |
| Tilango | 8 | 1.094 KK | 2.992 KK | |
| Total | 61 | 10.847 KK | 28.493 KK | |

(Sumber: FS Program Stimulan NUWSP,2019)

DMA 1 yang dibentuk terdiri dari 1.616 SR dan terdiri dari wilayah pelayanan Desa Pone, Huidu, Ombulo, Daenaa, Yosonegoro, Tunggulo, Hutabuho, Padengo, Haya-haya, dan Huidu Utara. Elevasi wilayah pelayanan pada zona ini berkisar antara 12-20 mdpl. DMA 2 terdiri dari 2.620 SR dengan wilayah pelayanan yang terdiri dari Kelurahan Kayu merah, Kel Dutulana, Kel Biyonga, dan Kel Bongohulawa. Elevasi wilayah pelayanan pada zona ini berkisar antara 16-30 mdpl. DMA 3 dibentuk dengan jumlah SR terlayani sebanyak 2.400 SR. Wilayah yang dilayaninya terdiri dari Kel Bolihuangga, Kel Hunggaluwa, Kel Hepuhulawa, kel Kayubulan, Kel Tenilo, dan Kel Hutuo. Elevasi wilayah pelayanan pada zona 3 berkisar antara 9-16 mdpl. DMA 4 terdiri dari 1.930 SR dengan wilayah pelayanan yakni Desa Ulapato A, Ulapato B, talumelito, Tuladenggi, pantungo, Lupoyo, Pentadio Timur, Pentadio Barat, Dumati, Tinelo, dan Timuato. Elevasi DMA 4 ini berkisar antara 14-37 mdpl. Untuk DMA 5 dibentuk dengan pelayanan 2.281

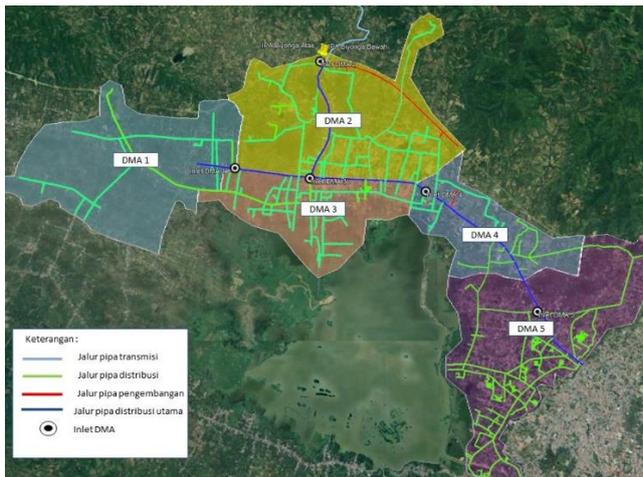
SR. Desa yang termasuk dalam zona ini yakni Desa Bulila, Mongolato, Luhu, Hulawa, Pilohayanga Barat, Dulohupa, Hutadaa, Buhu, Luwoo, Bunggalu, dan Bulota. Elevasi wilayah pada zona ini berkisar antara 9-20 mdpl.

Tiap zona yang dibentuk dengan uraian diatas telah sedapat mungkin mempertimbangkan batas administratif, kondisi jalan dan sungai pada kondisi sekitar. Ukuran zona berdasarkan sambungan pelanggan paling banyak terdiri dari 2.620 SR (tidak lebih dari 3.000 SR) dan paling sedikit terdiri dari 1.616 SR (lebih dari 1.000 SR). Rincian jumlah SR dan kelurahan/desa tiap

DMA ditunjukkan pada Tabel 2. Elevasi tiap zona juga relative datar dengan perbedaan elevasi berkisar 7-23 meter. Pipa transmisi dan pipa-pipa besar tidak termasuk dalam kelima zona yang dibentuk. Selain itu untuk mendapatkan karakteristik yang relative sama pada tiap zona, maka desa dan kelurahan pada wilayah pelayanan SPAM IKK Biyonga dipisahkan dengan DMA yang berbeda. Hal ini mengingat secara

sosiologi warga desa biasanya memiliki budaya gotong royong dan saling mengenal antar satu warga dengan warga lainnya, sedangkan warga kelurahan umumnya tidak memiliki ikatan batin yang kuat dan biasanya berrasa dari masyarakat yang melakukan urbanisasi.

Pada desain DMA 1 ditempatkan 10 buah valve (tidak termasuk inlet DMA) dengan 2 valve diantaranya terisolasi sempurna (*full closed*). DMA 2 ditempatkan 33 buah valve (tidak termasuk inlet) dengan 15 valve diantaranya terisolasi sempurna (*full closed*). Sedangkan DMA 3 ditempatkan 31 buah valve dengan 10 valve diantaranya terisolasi sempurna (*full closed*). Valve ini difungsikan untuk memberikan kemudahan deteksi kebocoran terutama dalam pelaksanaan steptest. Selain itu dapat difungsikan juga untuk mengatur aliran.



Gambar 2. Desain pembentukan DMA

Tabel 2. Jumlah SR dan Kel/Desa tiap DMA

| Nama DMA | Jumlah SR terlayani (SR) | Jumlah desa terlayani |
|----------|--------------------------|-----------------------|
| DMA 1 | 1.616 | 10 |
| DMA 2 | 2.620 | 4 |
| DMA 3 | 2.400 | 6 |
| DMA 4 | 1.930 | 11 |
| DMA 5 | 2.281 | 12 |

Setelah direncanakan batas DMA, dilakukan simulasi aliran pada jaringan distribusi dengan menggunakan *software* EPANET. Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi teknis tekanan dan kecepatan aliran perencanaan DMA 1, 2, dan 3 yang terbentuk. Berdasarkan hasil simulasi yang

ditunjukkan pada Gambar 4, terkait dengan sisa tekan di tiap node berkisar antara 10-30 meter. Nilai ini sudah memenuhi kriteria desain terkait sisa tekan yang dibutuhkan. Namun di beberapa titik di hulu yang dekat dengan pompa terdapat sisa tekan yang lebih dari 50 meter. Nilai ini cukup tinggi sehingga berpotensi menyebabkan kebocoran pada pipa dan tingginya nilai NRW. Oleh sebab itu strategi yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampaknya yakni dengan pemasangan PRV (*Pressure Reduce Valve*) yang berfungsi mengurangi tekanan terutama pada saat minimum night flow. Selanjutnya terkait kondisi kecepatan aliran, berdasarkan hasil simulasi nilai kecepatan di tiap pipa rata-rata dibawah dari kriteria yang dipersyaratkan (0,3 m/s). Hal ini dikarenakan ukuran pipa eksisting yang *overdesign* dengan asumsi adanya pengembangan wilayah pelayanan. Untuk meningkatkan nilai kecepatan pada pipa, maka pengembangan wilayah pelayanan perlu segera dilakukan dan peningkatan supply air dari sumber dan IPA. Namun hal ini perlu diimbangi dengan penurunan nilai NRW, sehingga supply air yang didistribusikan dapat dipergunakan secara optimal.



Gambar 3. Simulasi Epanet DMA1, DMA2, dan DMA3

3.3 Perencanaan SCADA Berbasis IoT

Peningkatan arsitektur SCADA dan mekanisme koneksinya yang dapat mempermudah pengaturan jarak jauh agar pengguna dapat memonitor serta mengontrol keputusan, sehingga dapat mencegah event-event kritis seperti contohnya kebocoran pada pipa (D.L.Gray, *et.al.*,2017). SCADA yang digunakan dalam perencanaan DMA termasuk kompleks dan membutuhkan tingkat arsitektur SCADA yang sangat tinggi. Gambar 8

menunjukkan skema hubungan SCADA dari berbagai lokasi yang akan dihubungkan terhadap *Operational Management Centre* (OMC) terpusat (D.L.Gray, *et.al.*,2017).

Pada DMA 1 direncanakan dipasang 6 sensor monitoring tekanan. Lokasi pemasangan sensor ini berdasarkan pertimbangan lokasi titik-titik ekstrim dan di aliran dengan tekanan cukup tinggi yang dikhawatirkan berpotensi menyebabkan kebocoran. Selanjutnya direncanakan terdapat 4 sensor kualitas air yang ditempatkan di titik-titik terjauh dan di inlet DMA. Hal ini untuk mengetahui kondisi kualitas air pada saat awal masuk inlet DMA dan kondisi kualitas air pada jaringan pipa yang sampai di titik terjauh. Dipasang juga smart water meter pada inlet DMA. Pada DMA 2 direncanakan dipasang 11 sensor monitoring tekanan, 8 sensor kualitas air, dan 1 smart water meter. Sedangkan pada DMA 3 direncanakan dipasang 8 sensor monitoring tekanan, 6 sensor kualitas air, dan 1 smart water meter. Perencanaan peletakan sensor pada DMA 1 ditunjukkan pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7. Untuk menunjang implementasi SCADA berbasis IoT, alat yang digunakan tersebut dilengkapi dengan sebagai berikut (Shihu,S., 2011) :

1. Sistem monitor aliran dan tekanan;

Dilengkapi 3 data logger dengan *built-in* SMS data *logging* dan *AutoChart Web-based* pada sensor ini akan berfungsi mencatat data aliran dan tekanan (15 menit), serta total aliran harian (1 menit). Operator dapat mengunduh data tersebut melalui SMS terkait status terkini dari mana saja dan kapanpun untuk mendapat status laju aliran, tekanan, total konsumsi air, riwayat alarm, serta total tarif.

2. Sensor monitor kualitas air;

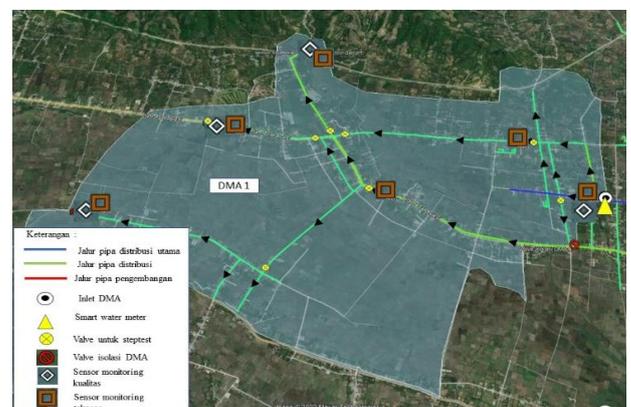
Sensor ini mengirim data secara kontinyu melalui transmisi digital setiap menitnya yang kemudian digunakan untuk kalibrasi model kualitas air. Data-data tersebut berupa jumlah sampel *Chlor* setiap 2,5 menit (DPD kolorimetrik), kekeruhan (turbidimeter), pH serta konduktivitas (2 elektroda konduktivitas) yang menghitung jumlah

konsentrasi ion dalam air, temperatur, serta sampel tekanan.

3. *Smart Water Meter*;

Seperti normal *water meter* dengan tambahan koneksi sistem otomasi dengan modul koneksi sistem otomasi dengan modul *remote readout* (i.e., sistem radio). Motede ini dilakukan dengan pulser aktif (perlu catu daya, biasanya dengan *transducer*) atau pasif (tidak perlu catu daya). Hingga 2 *Reed Sensor* (pasif) dan 1 *pulser* aktif dapat dipasang secara bersamaan dengan *retrofitting* agar tidak merusak segel kalibrasi. Untuk pipa dengan diameter ≥ 50 mm, dapat menggunakan Zenner meter yang mengirim data aliran dan tekanan setiap 15 menit ke SCADA system, dan Actaris meter (hanya data aliran) untuk diameter pipa kurang dari 50 mm.

Selain itu, dalam menentukan kehilangan air yang ada dalam DMA yang telah dirancang, diusulkan diagram yang terintegrasi dengan *database* GIS ditunjukkan pada Gambar 9. Implementasi dari metoda diagnostic yang diusulkan Kowalski *et al.* (2022) dapat memudahkan untuk mengidentifikasi bukan hanya jumlah air yang hilang, namun juga lokasi kehilangan airnya secara distribusi spasial pada jaringan perpipaan, hal ini tentunya apabila diimplementasikan dengan baik akan dapat membantu manajer sistem suplai air dalam mengontrol jaringan perpipaan dan memudahkan proses pembuatan keputusan untuk segera dapat mengutus tim pemeliharaan pada lokasi kejadian (Kowalski et al., 2022).



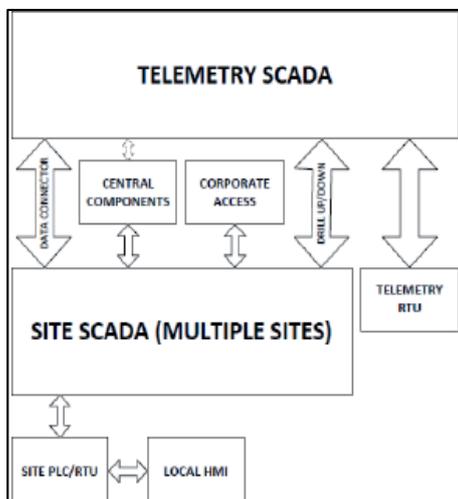
Gambar 4. Perencanaan peletakan sensor pada DMA 1



Gambar 5. Perencanaan peletakan sensor pada DMA 2



Gambar 6. Perencanaan peletakan sensor pada DMA 3



Gambar 7. Arsitektur SCADA tingkat tinggi untuk DMA

(Sumber: D.L.Gray, *et.al.*,2017)

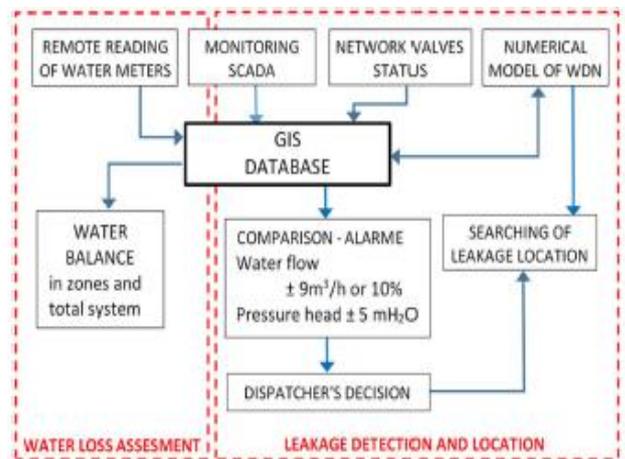
Apabila hal ini diterapkan dengan manajemen aset *software* yang baik, maka PDAM akan dapat mengurangi kerugian biaya (Shihu,S., 2011). Biaya tersebut dapat dilihat dari sisi keuntungan dan biaya investasinya seperti (Temido,J., *et.al.*,2014):

Keuntungan:

1. Efisiensi dan efektivitas operasional;
2. Efisiensi dan efektivitas pemeliharaan;
3. Pengurangan kehilangan air;
4. Peningkatan penjualan dan kepuasan pelanggan;
5. Penundaan, perampangan atau bahkan penghilangan belanja modal dalam infrastruktur PDAM;
6. Peningkatan tingkat kepercayaan dan ketahanan sistem distribusi air.

Biaya investasi:

1. Desain proyek dan pemeliharaan;
2. Instalasi (utamanya pekerja dan material);
3. Pemeliharaan dan kontingensi pada fase instalasi (biaya kahar/tidak terduga).



Gambar 8. Diagram skematik metoda diagnostic kebocoran pipa (Sumber: Kowalski *et al.*, 2022)

4. KESIMPULAN

SPAM IKK Biyonga Kabupaten Gorontalo melayani enam Kecamatan yakni Limboto, Limboto Barat, Telaga, Telaga Biru, Telaga Jaya dan Tilango. Berdasarkan parameter ukuran zona, batas zona, sambungan pelanggan dalam zona, elevasi zona, panjang pipa, perpipaan zona, topografi dan jumlah properti per DMA, karakteristik dan taksonomi topologi jaringan distribusi air telah direncanakan dibentuk 5 DMA pada wilayah pelayanan SPAM IKK Biyonga (IPA Biyonga atas dan IPA Biyonga bawah). DMA 1 terdiri dari 1.616 SR, DMA 2 terdiri dari 2.620 SR, DMA 3 terdiri dari 2.400 SR, DMA 4 terdiri dari 1.930 SR, dan DMA 5

terdiri dari 2.281 SR. Pada desain DMA 1 terdapat 10 buah valve (tidak termasuk inlet DMA) dengan 2 valve diantaranya terisolasi sempurna (*full closed*). DMA 2 ditempatkan 33 buah valve (tidak termasuk inlet) dengan 15 valve diantaranya terisolasi sempurna (*full closed*). Sedangkan DMA 3 ditempatkan 31 buah valve dengan 10 valve diantaranya terisolasi sempurna (*full closed*).

Terkait perencanaan penerapan SCADA berbasis IoT dipasang beberapa sensor yang digunakan sebagai *field* pengukuran, terdiri dari system monitor tekanan, sensor monitor kualitas air, dan smart water meter. Pada DMA 1 direncanakan dipasang 6 sensor monitoring tekanan, 4 sensor kualitas air, dan 1 smart water meter. Pada DMA 2 direncanakan dipasang 11 sensor monitoring tekanan, 8 sensor kualitas air, dan 1 smart water meter. Sedangkan pada DMA 3 direncanakan dipasang 8 sensor monitoring tekanan, 6 sensor kualitas air, dan 1 smart water meter. Dalam pembahasan lanjutan paper ini disarankan dapat dibahas lebih detail mengenai arsitektur sistem SCADA, atau bahkan metoda diagnostic kebocoran air secara eksperimental, maupun rasio *Benefit* dan *Cost* dari implementasi SCADA pada DMA di studi kasus yang dibahas oleh paper ini. Potensi Teknologi seperti SCADA dapat memberikan kontribusi untuk penggunaan air dan energi yang berkelanjutan serta mengurangi beban pada lingkungan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan paper ini Balai Prasarana Permukiman Wilayah Gorontalo, PDAM Kabupaten Gorontalo yang memberikan dukungan berupa data-data sekunder untuk penyusunan paper ini, dan seluruh rekan serta informan yang telah bekerjasama dan mendukung kelancaran kegiatan pencarian data, analisis data, dan hal lainnya sehubungan dengan penyusunan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan dan Kementerian PUPR. (2021). *Buku Kinerja BUMD Air Minum tahun 2021*
- Creaco, E., Campisano, A., Fontana, N., Marini, G., Page, P. R., and Walski, T. (2019). Real time control of water distribution networks: A state-of-the-art review. *Water Research*, 161, 517–530.
- Farley, M., & Liemberger, R. (2004). Developing a non-revenue water reduction strategy part 2: planning and implementing the strategy. *Conference Proceedings, IWA World Water Congress* (pp. 19-24).
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z., B. M., Istandar, A. & Gingh, S. (2008). The manager's non-revenue water handbook. *A Guide to Understanding Water Losses*, 110
- Farley, Malcom (2012). The manager's non-revenue water. *Malaysia: Ranhill Utilities Berhad*.
- Gray, D. L., I. Pisica, G. A. Taylor and L. Whitehurst. (2017). A standardised modular approach for site scada applications within a water utility. *IEEE Access*, vol. 5, pp. 17177-17187.
- Gary J. E.H., Finco. (2006). Introduction SCADA security for managers and operators. sans scada security summit II.
- Kabupaten Gorontalo, (2017). *RISPAM Kabupaten Gorontalo*
- Khoa Bui, Xuan, Malvin S. Marlim, and Doosun Kang. (2020). Water network partitioning into district metered areas: a state-of-the-art review. *Water* 12, no. 4: 1002.
<https://doi.org/10.3390/w12041002>

- Kowalski, D., Kowalska, B. & Suchorab, P. (2022). Smart water supply system: a quasi intelligent diagnostic method for a distribution network. *Appl Water Sci* 12, 135.
- Maria, C., João, M., Enrico, C., & Dragan, S. (2019). A Dynamic adaptive approach for water distribution network design. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 145(7).
- Meng, F., Fu, G., Farmani, R., Sweetapple, C., and Butler, D. (2018). Topological attributes of network resilience: a study in water distribution systems. *Water Research*, 143, 376–386.
- Ozdemir, Ozgur, (2018). Water leakage management by district metered areas at water distribution networks. *Springer. Environ Monit Assess* 190: 182 <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6559-9>, 2018.
- PDAM Kabupaten Gorontalo, (2019). Feasibility Study Program Stimulan NUWSP tahun 2019.
- Sánchez, A.S., Oliveira-Esquerre, K.P., dos Reis Nogueira, I.B., de Jong, P., Filho, A.A. (2020). Water loss management through smart water systems. in: patnaik, s., sen, s., mahmoud, m. (eds) smart village technology. *Modeling and Optimization in Science and Technologies, vol 17. Springer, Cham.* https://doi.org/10.1007/978-3-030-37794-6_12
- Shihu, Shu, (2011). Multi Sensor Remote Sensing Technologies in Water System Management. *Procedia Environmental Sciences* 10 2011) 152 – 157.
- Temido, J., Sousa, J., and Malheiro, R. (2014). SCADA and smart metering systems in water companies. a perspective based on the value creation analysis. *Procedia Engineering*, 70, 1629–1638.
- Winarni, Winarni. (2009). Infrastructure leakage index (ILI) as water losses indicator. *Civil Engineering Dimension*.