

EVALUASI SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI DAN PERENCANAAN PENGENDALIAN TEKANAN PADA ZONA SPAM JAWA GADUT, KECAMATAN PAUH, PDAM KOTA PADANG

Tomi Wirawan¹⁾, Denny Helard¹⁾ & Puti Sri Komala¹⁾

¹⁾Program Studi Magister Teknik Lingkungan, Universitas Andalas, Padang.

Email korespondensi : tomi_pdampadang@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh indikasi tingginya tingkat *Non Revenue Water* (NRW) melalui yang ditandai tingkat komplain dan tingkat kebocoran yang cukup tinggi pada kawasan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Jawa Gadut, Kelurahan Limau Manis Selatan Kecamatan Pauh, Kota Padang. Penelitian dimulai dari mengevaluasi SPAM eksisting dan merencanakan kembali zona SPAM menggunakan plugin QWater v.3.1.7 dari QGIS v.3.4.9 yang mengintegrasikan Epanet dengan QGIS. Simulasi hidrolis per periode waktu atau *Extended Period Simulation* (EPS) untuk mengevaluasi kondisi hidrolis, tekanan dan kecepatan aliran terutama pada saat aliran maksimum (jam 06.00 WIB) dan pada saat aliran minimum (jam 03.00 WIB). Dari hasil simulasi diperoleh sisa tekanan melebihi 100 mka pada 51 *node* dari 146 *node* atau 35% pelayanan. Selanjutnya dilakukan optimalisasi dan pengendalian tekanan menggunakan 2 unit *Pressure Reducing Valve* (PRV), agar atau sehingga diperoleh sisa tekanan sesuai dengan kriteria teknis minimal yaitu rata-rata diatas 10 mka pada saat jam puncak dan tidak melebihi 100 mka pada saat jam aliran minimum. Dengan pengendalian tekanan, maka diharapkan NRW fisik pada zona SPAM Jawa Gadut dapat diturunkan sesuai dengan target yang diinginkan.

Kata kunci : Epanet, *Extended Period Simulation* (EPS), *Non Revenue Water* (NRW), *Pressure Reducing Valve* (PRV)

ABSTRACT

This research is due to an indication of the high level of Non Revenue Water (NRW) which is marked by a fairly high level of complaints and a level of leakage that occurs in the existing zone, namely the Java Gadut Drinking Water Supply System (SPAM), Limau Manis Selatan Village, Pauh District, Padang City. The research is started from evaluating the existing SPAM and re-planning the SPAM zones using the QWater v.3.1.7 plugin from QGIS v.3.4.9 which integrates Epanet with QGIS. Hydraulic simulation per time period or Extended Period Simulation (EPS) to evaluate hydraulic conditions, pressure and flow velocity, especially during maximum flow (06.00 WIB) and at minimum flow (03.00 WIB). From the simulation results, the remaining hydraulic pressure exceeds 100 mka at 51 nodes of 146 nodes or 35% service. Furthermore, the optimization and pressure control were carried out using 2 units of Pressure Reducing Valve (PRV), it was obtained that the remaining pressure could be properly maintained in accordance with the minimum technical criteria, namely an average above 10 mka during peak hours and vice versa, no residual pressure exceeds 100 mka at peak hours minimum flow hours. With pressure control, it is expected that the physical NRW in the Java Gadut SPAM zone can be reduced according to the desired target.

Keywords : Epanet, *Extended Period Simulation* (EPS), *Non Revenue Water* (NRW), *Pressure Reducing Valve* (PRV)

1. PENDAHULUAN

PDAM Kota Padang yang telah berganti nama menjadi Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Kota Padang pada Tahun 2020, diamanatkan oleh peraturan dan perundangan untuk melayani kebutuhan air minum masyarakat dan dituntut untuk mengutamakan 4K yakni kualitas, kuantitas, kontinuitas dan keterjangkauan. Berdasarkan hasil laporan audit kinerja PDAM tahun 2019 diketahui bahwa salah satu faktor utama yang menyebabkan menurunnya kinerja PDAM adalah tingginya air tak menjadi rekening atau *non revenue water* (NRW). Rata-rata NRW nasional dari 387 PDAM tersebut masih berada pada angka 32,80% sedangkan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2006 kehilangan air maksimal yang ditoleransi adalah 20%. PDAM Kota Padang sebagai Perusahaan yang ditunjuk bertugas sebagai penyedia layanan air minum untuk masyarakat Kota Padang memiliki tingkat NRW sebesar 29,35% pada tahun buku 2017 (PDAM Kota Padang, 2017).

SPAM Jawa Gadut merupakan wilayah pelayanan selatan PDAM Kota Padang yang melayani jumlah penduduk sekitar 12.000 jiwa pada beberapa Kelurahan yang masuk dalam Kecamatan Lubuk Kilangan, Lubuk Begalung, dan Pauh. Salah satu persoalan yang dihadapi SPAM Jawa Gadut saat ini yaitu tidak dapat diketahui secara kuantitas tingkat NRW-nya. Hal tersebut dikarenakan belum jelasnya batasan dari zona SPAM Jawa Gadut dan kemungkinan terdapatnya aliran yang masuk dari zona SPAM lain yang berdekatan. Meskipun di awal pembangunan wilayah pelayanan SPAM masing-masing sudah direncanakan, namun seiring dengan perkembangan jumlah penduduk, perubahan tata ruang wilayah, penambahan jaringan jalan, dan interkoneksi antara zona yang berdekatan, telah menyebabkan zona SPAM menjadi saling interkoneksi. Hal tersebut berefek pada tidak diketahuinya tingkat NRW sehingga pengendalian penurunan NRW menjadi terkendala.

Dari segi tekanan SPAM Jawa Gadut merupakan lokasi yang ideal untuk dibuat zona karena adanya ketersediaan *head*. Namun tekanan yang terlalu besar dan faktor kemampuan fisik pipa yang rendah juga akan dapat menyebabkan resiko NRW yang besar (Islam, 2012). Untuk itu perlu dilakukan re-evaluasi terhadap kondisi eksisting dan mengetahui batas dari zona SPAM. Proses tersebut disebut dengan re-zona sistem distribusi yang telah ada dengan mempertimbangkan kemampuan dari sistem input (supply), kemampuan hidrolis pipa eksisting, dan kebutuhan air dari pelanggan (demand) sesuai dari batasan (delineasi). Analisis evaluasi eksisting dan perencanaan ulang jaringan distribusi pada zona SPAM Jawa Gadut dilakukan dengan menggunakan model jaringan distribusi.

Dalam penelitian ini solusi yang ditawarkan adalah melakukan evaluasi dan perencanaan zona secara sistematis sistem distribusi penyediaan air minum eksisting, dan merencanakan pengendalian tekanan pada sistem jaringan distribusi tersebut sehingga dapat menurunkan potensi tingkat NRW fisik.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Jaringan Perpipaan Distribusi Air Minum

Komponen utama jaringan distribusi air minum adalah pipa dan perlengkapannya, hidran dan sambungan rumah. Reservoir dan pompa terkadang juga terdapat dalam sistem distribusi (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 27 Tahun 2016). Pola jaringan distribusi ditentukan menurut topografi daerah pelayanan distribusi, beban pemakaian air, serta lokasi dari instalasi pengolahan air. Tata Cara Perencanaan Jaringan Perpipaan Distribusi menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7509 Tahun 2011 tentang tata cara dalam perencanaan jaringan distribusi terutama menyangkut dalam kemudahan pengendalian kehilangan air adalah dengan membagi komponen jaringan distribusi.

Pencirian jaringan dan komponennya merupakan langkah awal untuk realisasi suatu model jaringan. Untuk tujuan itu dapat digunakan *Geographical Information System* (GIS) atau Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai *tools* untuk pencirian dan pembuatan jaringan

distribusi. Pada langkah berikutnya yaitu melalui pengamatan karakteristik hidrolis dapat digunakan perangkat lunak analisis hidrolis seperti EPANet versi 2 yang dapat di-download secara gratis. Untuk pencirian dan pembuatan jaringan distribusi tersebut perlu dilakukan tahapan dan konsep yang sistematis agar pencirian dapat dilakukan secara komputerisasi.

Peta merupakan informasi dalam bentuk gambar 2 dimensi (bidang datar) yang digunakan untuk menampilkan informasi sesuai dengan tema atau tujuan dari peta tersebut (Haestad *et al.* 2004). Namun peta juga memiliki banyak kekurangan jika ini digunakan sebagai satu-satunya sumber informasi geografis. Diantaranya adalah sulit untuk melakukan analisis geografis pada peta, sulit untuk melakukan modifikasi dan pengeditan, dan sulit untuk dilakukan pemutakhiran (pembaharuan) secara manual (Haestad *et al.* 2004).

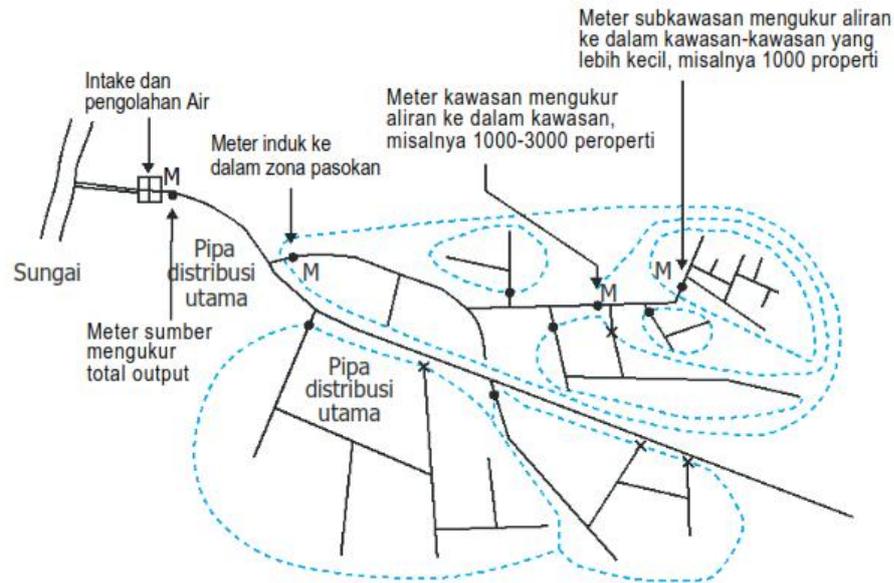
2.3 Non revenue water (NRW) dan District Metered Area (DMA)

Definisi NRW adalah perbedaan antara volume input dengan pemakaian air yang terekening ((Lambert, 2002); (Lambert *et al.*, 1999); (Mutikanga, Sharma and Vairavamoorthy, 2009)). NRW terdiri atas 3 komponen yakni komponen konsumsi resmi tak berekening, komponen kehilangan air fisik, dan komponen kehilangan air non fisik. Penyebab NRW komponen kehilangan air fisik terutama terjadi pada jaringan perpipaan distribusi (JPD) yang disebabkan faktor-faktor fisik pipa seperti bahan pipa berkualitas buruk, umur pipa, diameter, sedangkan faktor lingkungan seperti pengerjaan yang tidak sesuai dengan spesifikasi, beban lalu lintas tinggi, dan faktor operasional seperti tekanan. Pengurangan kebocoran dan NRW di JPD yang tua dengan penggantian pipa akan memakan biaya yang lebih besar.

Dalam manajemen kehilangan air baik secara fisik dan non fisik dibutuhkan pemantauan secara terus-menerus. Untuk kehilangan air secara fisik dapat mengaktifkan penggunaan perangkat deteksi kehilangan air karena dapat diketahui dimana kemungkinan terjadinya kehilangan air yang lebih tinggi. Salah satu opsi, yang telah terbukti berhasil dalam mengendalikan NRW adalah menggunakan *district metered area* (DMA) (Ozdemir, 2018). Konsep manajemen DMA pertama kali diperkenalkan pada industri air Inggris awal 1980. Menurut Morrison (2003) DMA adalah area atau kawasan dari sistem distribusi yang jelas batasannya, dan jumlah volume air yang masuk dan keluar dari distrik dapat terukur. Di Indonesia istilah DMA disebut juga dengan kawasan bermeter (Noer dan Hadi, 2015) seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.

2.5.6 Strategi Penurunan NRW

Empat pilar dalam strategi pengelolaan kebocoran mencakup antara lain pengelolaan tekanan, perbaikan, pengendalian kebocoran secara aktif, dan pengelolaan aset (Farley *et al.*, 2008). Metode DMA merupakan metode dalam mencari kehilangan air fisik maupun non fisik secara aktif dengan memperkecil lokasi dari sistem distribusi air yang besar. Oleh karena itu pencarian NRW dapat berjalan dengan efektif dan efisien serta hasil dapat dimonitor dan dipelihara setelah penurunan dilakukan. Empat pilar dalam strategi kehilangan air fisik dan non fisik dapat diterapkan pada DMA yang telah dibangun.



Gambar 1. Pembagian Jaringan Distribusi ke dalam DMA
(Sumber: Farley *et al.*, 2008)

3. METODOLOGI

Sebagai langkah awal untuk mengetahui tingkat NRW adalah dengan memastikan zona SPAM terlebih dahulu dan melakukan analisis serta evaluasi terhadap sistem distribusi SPAM Jawa Gadut (eksisting).

3.1 Pengumpulan Data Sekunder

Data ini merupakan data-data yang diperlukan untuk pengolahan data terkait pembentukan dan perencanaan DMA seperti data untuk model jaringan distribusi DMA dan karakteristik jaringan dan pelanggan dalam DMA tersebut. Pada **Tabel 1** dapat dilihat kebutuhan data sekunder dalam penelitian ini.

3.2 Zona SPAM Jawa Gadut

Input sistem distribusi berasal dari reservoir (*supply*). Pengukuran input perlu dilakukan terlebih dahulu dengan alat ukur yang terkalibrasi sehingga dapat diperkirakan jumlah pemakaian yang ideal (*demand*). Simulasi hidrolis berperan dalam mengetahui jaringan distribusi yang masih mampu dilayani dan pelanggan yang masuk dalam zona. Proses pembatasan kedua data tersebut atau delineasi zona dilakukan dengan aplikasi GIS untuk memudahkan pemisahan sistem yang kemudian diolah menjadi model jaringan dan simulasi hidrolis dengan aplikasi Epanet .

3.3 Aplikasi GIS Sebagai Input Data Pemodelan

Aplikasi GIS yang digunakan adalah Quantum GIS (QGIS versi 3.4) yang merupakan aplikasi *open source*. Data peta yang dimasukkan harus didigitasi dengan tergeoreferensi di permukaan bumi yang dapat berasal dari peta *as-built drawing* atau dari peta CAD. Referensi peta menggunakan sistem koordinat UTM (universal transverse mercator) dimana Kota Padang berada pada UTM 47 *Southern Hemisphere*. Pendigitasian ini memperhatikan topologi sambungan antar pipa terkait posisi *node* atau *junction*.

Langkah selanjutnya adalah memasukkan parameter input lainnya seperti posisi *gate valve*, status bukaan *gate valve*, kemudian penambahan elemen distribusi lainnya seperti reservoir.

Tabel 1. Data Sekunder

No	Data	Sumber Data
1	Peta jaringan SPAM Jawa Gadut beserta informasi untuk DN 150 mm keatas	PDAM Kota Padang
2	Peta Jaringan pada DMA beserta informasi DN 50 mm keatas	PDAM Kota Padang
3	Peta Ketinggian (Digital elevation Model) DEMNAS	Badan Informasi Geospasial (http://tides.big.go.id/DEMNAS/)
3	Data pemakaian dan informasi pelanggan dalam DMA berdasarkan pemakaian bulanan, jumlah penghuni, jenis pelanggan, dsbnya.	PDAM Kota Padang dan survei lapangan
4	Laporan kinerja PDAM Kota Padang terkait NRW	PDAM Kota Padang
6	Data produksi dan reservoir distribusi IPA Jawa Gadut	PDAM Kota Padang
7	Data logger yang sesuai (jika ada)	PDAM Kota Padang
8	Data Kebocoran	PDAM Kota Padang
9	Peta administrasi Kota Padang	Bappeda Kota Padang

Hasil dari pendigitasian menjadi *layer-layer* yang berisi data spasial dan data atribut yang akan digunakan nantinya sebagai input untuk pembuatan model. Dalam proses penginputan data-data tersebut digunakan bantuan *plugin* QGIS yakni Qwater untuk memasukkan sumber data dari *layer-layer* GIS yang sudah ada.

Proses pemodelan jaringan distribusi dengan Qwater dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

- J Pengumpulan peta dan data awal yang meliputi:
- Peta jaringan distribusi pipa dari data *as-built* dan digitasi yang dilengkapi minimal data panjang, diameter, jenis pipa dan tahun pemasangan pipa sebagai dasar penentuan koefisien kekasaran pipa.
 - Peta aksesoris pipa minimal *gate valve* dan dop.
 - Peta elevasi dari *digital elevation model* nasional (DEMNAS) yang berisi titik ketinggian.
 - Lokasi titik reservoir.
 - Data pengukuran sistem input jaringan distribusi dari reservoir dari alat ukur terkalibrasi.
 - Peta sambungan rumah pelanggan beserta pemakaian bulanan.

3.4 Analisis dan Pembahasan Model Hidrolis jaringan distribusi Zona SPAM Jawa Gadut

Pada sistem pengaliran air distribusi menurut SNI 7509-2011 harus memperhatikan kriteria teknis yakni besarnya tekanan pada jaringan perpipaan distribusi. Sebagai evaluasi dari simulasi hidrolis Epanet, maka hasil data tekanan dan kecepatan aliran Epanet dibandingkan dengan standar tekanan dan kecepatan aliran air.

Standar besar tekanan air minimum di jaringan pipa distribusi adalah sebagai berikut:

- a) Jaringan distribusi utama : 15 m;
- b) Jaringan distribusi pembagi : 11 m;
- c) Sambungan pelanggan : 7,5 m.

Catatan: Tekanan air diukur dari permukaan tanah, sedangkan pada sambungan pelanggan diukur pada sambungan pipa pelayanan;

Kecepatan aliran Epanet dibandingkan dengan standar tekanan dan kecepatan aliran air pada Peraturan Menteri PU 18/2007 sesuai pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Kecepatan Air Standar dalam Pipa

Kecepatan Minimum	V min	0,3 – 0,6 m/detik
Kecepatan Maksimum		
- Pipa PVC atau ACP	V max	3,0 – 4,5 m/detik
- Pipa Baja atau DCIP	V max	6,0 m/detik
Tekanan Minimum di Pelanggan	Bar	0,5

Sumber: Permen PU 18/2007

Simulasi hidrolis yang digunakan adalah dengan jenis *extended period simulation* yang membutuhkan data fluktuasi pemakaian. Dalam penelitian ini hanya digunakan untuk 24 jam pengaliran pada kondisi harian rata-rata. Untuk data fluktuasi pemakaian pada pelanggan yang akan digunakan dalam model epanet, diperoleh dari pengukuran debit menggunakan *portable flow meter* dan data pemakaian SPAM Jawa Gadut selama 24 jam.

3.5 Perencanaan Penurunan NRW dengan Optimalisasi Jaringan Distribusi dan Penurunan Tekanan dengan PRV

Optimalisasi model hidrolis jaringan distribusi pada zona SPAM Jawa Gadut didasarkan pada hasil analisis hidrolis pada langkah pembuatan model sebelumnya.

1. Sisa tekanan/*pressure* dengan kriteria minimal 10 meter kolom air (mka) pada saat aliran maksimum atau pada saat jam puncak dan maksimal 40 mka pada saat aliran minimum malam.
2. Kecepatan aliran minimal 0,3 m/dt dan maksimum 3,5 m/dt

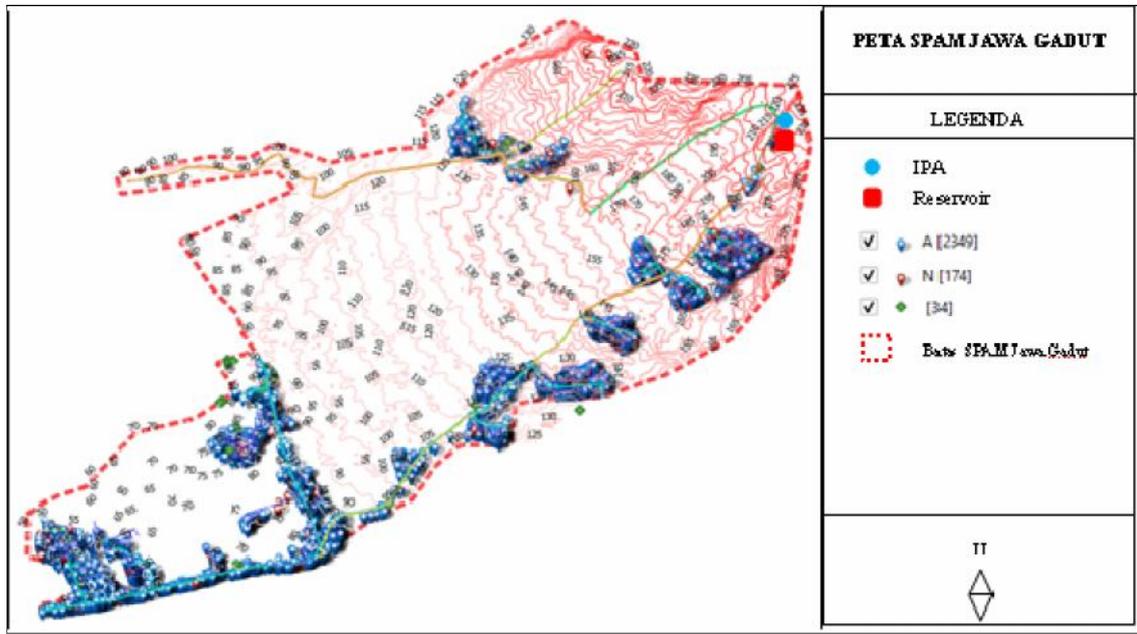
Metode optimalisasi dilakukan dengan menggunakan percobaan (*trial and error*) untuk mengetahui perubahan analisis hidrolis akibat input data model yang dilakukan seperti pengaturan bukaan *control valve*, penambahan PRV untuk mengurangi tekanan sekaligus mengurangi NRW.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Re-Zona SPAM Jawa Gadut

Perkiraan batas zona SPAM Jawa Gadut diperoleh dari ketersediaan supply dan demand, kehilangan air, elevasi yang tersedia (*head available*), sebaran pelanggan dan batasan geografis lainnya dapat digambarkan pada **Gambar 2** zona SPAM Jawa Gadut. Dari parameter-parameter awal tersebut akan dimasukkan dan dievaluasi secara berulang-ulang (*trial and error*) sehingga diperoleh batasan yang sesuai, dalam bentuk batasan alamiah secara geografis atau dengan menggunakan pembatas seperti *gate valve* atau dop dua arah. Oleh karena itu penggunaan GIS sangat dibutuhkan untuk melakukan percobaan terutama pada saat penentuan jumlah kebutuhan (*demand*) dari pelanggan eksisting dengan cepat yang disebut dengan proses *delineasi* untuk mengetahui tingkat konsumsi total pelanggan. Selanjutnya penyesuaian kebutuhan (*demand*)

dengan ketersediaan (supply) yang tersedia berdasarkan pengukuran di *outlet* reservoir distribusi. Dengan memperkirakan awal tingkat kehilangan air, maka diperoleh batasan zona kembali SPAM Jawa Gadut.



Gambar 2 Batas Zona SPAM Jawa Gadut

4.2 Input Data Pemodelan Jaringan Distribusi Zona SPAM Jawa Gadut dengan QGIS (plugin Qwater)

Pembuatan model dengan Plugin Qwater untuk simulasi jaringan pipa distribusi dimulai dengan memasukkan *layer* yang dibutuhkan minimal untuk pemodelan yakni *layer* titik reservoir, *layer* jaringan pipa dan *layer* titik sebaran pelanggan dari GIS ke Qwater berdasarkan data panjang dan material pipa distribusi yang ada pada tabel 3.

Tabel 3 Panjang dan Material Pipa Distribusi SPAM Jawa Gadut

No	Diameter (mm)	Material	Panjang (m)	No	Diameter (mm)	Material	Panjang (m)
1	DN 300	PVC	116.08	5	DN 100	PVC	8,791.87
2	DN 250	ST	8.47	5	DN 100	HDPE	2,010.33
3	DN 200	PVC	1,666.57	5	DN 100	GI	107.67
3	DN 200	PVC	1,902.29	6	DN 50	PVC	14,675.00
3	DN 200	HDPE	3,795.26	6	DN 50	HDPE	4,752.66
4	DN 150	GI	7.51	7	DN 80	GI	366.88
4	DN 150	PVC	4,635.73	7	DN 80	PVC	4,553.99
4	DN 150	GI	25.77	7	DN 80	HDPE	470.83
						GI	23.63
Total (1-7)							47,910.54

Sumber : PDAM Kota Padang, 2019

Total data pelanggan zona SPAM Jawa Gadut pada Bulan Agustus 2019 adalah 2.342 pelanggan aktif dan 174 non aktif dengan tipe pelanggan seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 4**. Pelanggan terbesar adalah pelanggan dengan tipe 2C yaitu pelanggan tipe rumah tangga dengan karakteristik tipe C (luas bangunan antara 45 m² sd 150 m²).

Rata-rata pemakaian berdasarkan tipe pelanggan dapat dilihat bahwa rata-rata pemakaian tertinggi adalah tipe 1B (pelanggan sosial) sebesar 69,5 m³/bln, sedangkan pelanggan rumah tangga terbanyak adalah tipe 2C dengan rata-rata pemakaian pelanggan bulan Agustus 2019 sebesar 18,36 m³/bln.

Tabel 4 Rata-Rata Pemakaian Berdasarkan Tipe Pelanggan pada SPAM Jawa Gadut

No	Tipe Pelanggan	Jumlah	Rata-rata Pemakaian (m ³ /bln)
1	4C	1	27
2	4B	2	97
3	4A	82	29.3
4	3B	2	90
5	3A	17	33
6	2D	563	20.62
7	2C	1817	17.05
8	2B	11	13.18
9	2A	1	0
10	1B	9	69.5
11	1A	11	51.36

Sumber : PDAM Kota Padang, 2019

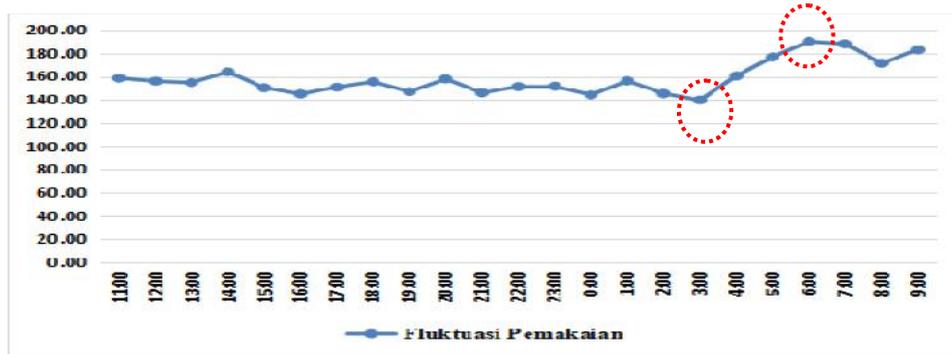
4.2.1 Fluktuasi Debit dan Pemakaian SPAM Jawa Gadut

Data fluktuasi pemakaian pada pelanggan yang digunakan dalam model epanet, diperoleh dari pengukuran debit menggunakan *portable flow meter* selama 24 jam, seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Fluktuasi Debit Reservoir SPAM Jawa Gadut

Jam	Debit Rata-rata (L/dt)	Faktor kali	Jam	Debit Rata-rata (L/dt)	Faktor kali
11:00	44.07	1.00	23:00	42.12	0.95
12:00	43.34	0.98	0:00	40.06	0.91
13:00	42.99	0.97	1:00	43.41	0.98
14:00	45.57	1.03	2:00	40.39	0.91
15:00	41.76	0.95	3:00	38.81	0.88
16:00	40.30	0.91	4:00	44.59	1.01
17:00	41.90	0.95	5:00	49.66	1.12
18:00	43.19	0.98	6:00	55.88	1.26
19:00	40.83	0.92	7:00	52.25	1.18
20:00	43.86	0.99	8:00	47.64	1.08
21:00	40.57	0.92	9:00	50.85	1.15
22:00	42.02	0.95			

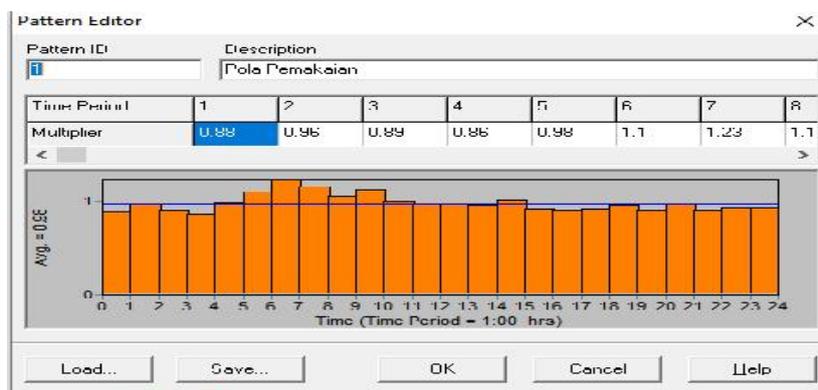
Fluktuasi pemakaian pemakaian SPAM Jawa Gadut dapat dilihat pada **Gambar 3**. Dari fluktuasi debit pengaliran diketahui bahwa aliran rata-rata adalah 45,31 L/dt pada kondisi air baku normal (tidak hujan). Fluktuasi pemakaian air saat jam puncak terjadi pada pukul 06:00 dengan aliran 55,88 L/dt, dan aliran minimum pada jam 03.00 sebesar 38,81 L/dt. Tingginya angka aliran minimum malam menjadi indikasi awal NRW komponen kehilangan air fisik dan merupakan metode umum yang digunakan untuk mengevaluasi kehilangan air dalam jaringan (Alkaseh, *et al.* 2013). Maka, faktor kali *base demand* pada *nodel/ junction* untuk fluktuasi pemakaian didasarkan pada hasil pengukuran *flowmeter portable* tersebut.



Gambar 3. Fluktuasi Pemakaian Pelanggan SPAM Jawa Gadut

Selanjutnya pola pemakaian air tersebut dimasukkan agar diperoleh simulasi berdasarkan waktu (*extended period simulation*) melalui *pattern editor* pada program Epanet, seperti yang terlihat pada **Gambar 4**.

Pola pemakaian air SPAM Jawa Gadut cenderung datar dan tidak mengikuti pola pemakaian normal suatu SPAM yang terzona. Jika dilihat dari perbandingan pola pemakaian zona SPAM Jawa Gadut dengan pola pemakaian umum/standar suatu SPAM yang terzona dari Departemen PU, 2004, dapat dilihat pada **Gambar 4**. Pada pola pemakaian standar terlihat pemakaian air pada pukul 21.00 hingga pukul 04.00 cenderung rendah hingga minimum dan pemakaian maksimum cenderung pada pagi hari pukul 06.00 hingga pukul 08.00 dan pada sore hari pada pukul 17.00 hingga pukul 19.00.



Gambar 4. Pola Pemakaian Air Berdasarkan Pengukuran Pada *Outlet* Reservoir Distribusi Selama 24 jam

4.3 Evaluasi dan Optimalisasi Jaringan Distribusi Model Simulasi

Analisis simulasi pada zona SPAM Jawa Gadut adalah dengan melakukan perubahan pada sistem distribusi dengan target pengaliran 24 jam dan tekanan antara 1-10 atm, dengan mengasumsikan tidak ada pengaturan gate valve pada jaringan distribusi atau dengan membuat *setting* TCV menjadi 0 (nol). Pengaturan TCV pada model dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Hasil simulasi hidrolis dengan merubah *setting* 0 (nol) pada TCV dapat dilihat pada **Gambar 5**. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tidak ada lagi tekanan yang kurang dari rata-rata 10 mka, kecuali pada *node* di pangkal jaringan distribusi dikarenakan faktor elevasi yang relatif sama dengan dengan level reservoir. Namun pada saat aliran minimum jam 03.00 WIB akibat *setting* TCV pada model dibuka 100% mengakibatkan sisa tekanan melebihi 100 mka pada 51 *node* dari 146 *node* atau 35% pelayanan.

Tabel 6 *setting* TCV pada Model Jaringan Distribusi Epanet

ID	DN	<i>setting</i> Optimal	Lokasi
1	250	0	IPA ke Koto Tuo
2	200	0	IPA ke Bd buat
4	90	0	Taratak
6	150	0	Taratak
10	140	0	Villa Bukit Indah
12	90	0	Koto Panjang
15	200	0	Cimpago II
18	200	0	Pemda
19	90	0	Bd.Buat
22	150	0	Sblm sp kacau
25	90	0	Koto panjang

Hal ini akan menyebabkan potensi tingkat kehilangan air fisik yang besar, seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 6**, dimana *node* yang berwarna merah memiliki tekanan lebih dari 100 mka.

Dari hasil simulasi diatas diperoleh bahwa tekanan yang terjadi terutama pada daerah ujung pelayanan sangat besar seiring dengan beda tinggi yang semakin besar, hal ini dapat mengakibatkan potensi NRW fisik yang semakin tinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan pengendalian tekanan dengan menggunakan PRV dan penempatan lokasi PRV yang sesuai.

4.4 Perencanaan Penurunan NRW dengan Optimalisasi Jaringan Distribusi dan Penurunan Tekanan dengan PRV

Langkah yang dilakukan untuk mengurangi tekanan pada sistem distribusi adalah dengan memasang PRV pada titik yang sesuai. Berdasarkan pertimbangan lokasi pipa yang tekanannya besar namun juga tidak menyebabkan masalah pada lokasi lainnya maka pemasangan PRV direncanakan pada dua lokasi yakni:

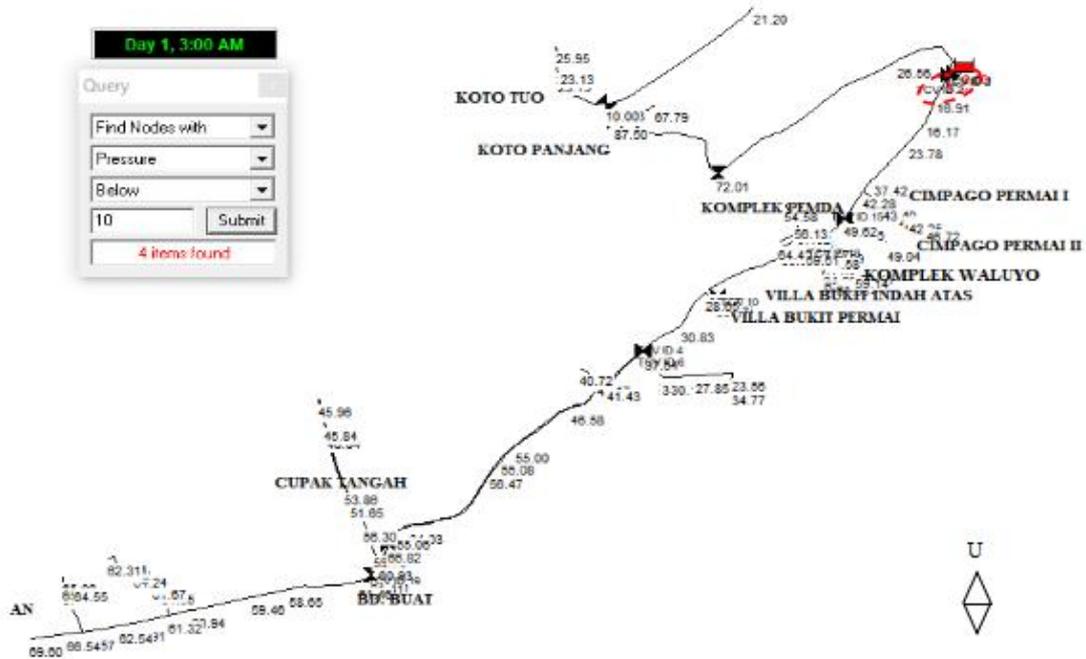
1. Sebelum *node* 35 yang berlokasi dekat rel kereta api perumahan Villa Bukit Indah atas pada DN 150 mm.
2. Setelah *node* 116 dengan lokasi dekat simpang kampus Unand ke arah Koto Tuo PRV DN 100 mm. Posisi ini diambil berdasarkan hasil analisis pada Gambar 6, yaitu lokasi awal tekanan yang melebihi 100 mka.

Setelah penambahan PRV selanjutnya adalah memasukkan parameter *setting* PRV dengan metode *trial and error* sehingga diperoleh sisa tekanan yang sudah sesuai dengan kriteria teknis yang diinginkan. Pada **Tabel 7** dapat dilihat hasil *setting* optimalnya.

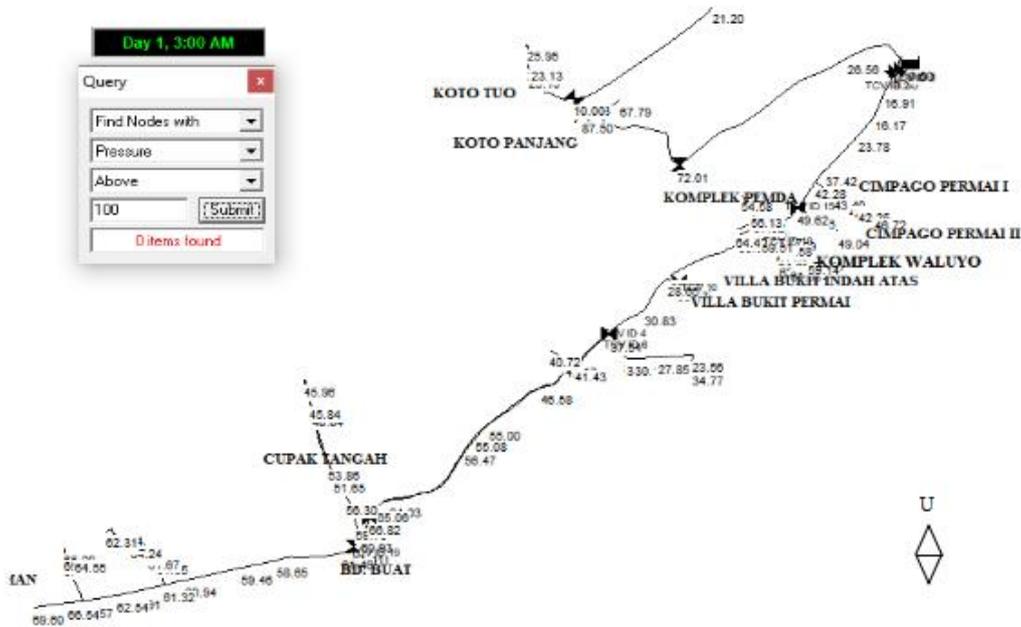
Tabel 7 Penambahan PRV dan Perubahan *setting* TCV pada Model Epanet

ID	DN	Jenis valve	<i>setting</i> Sebelum	<i>setting</i> Optimal	Lokasi
1	250	TCV	51000	0	IPA ke Koto Tuo
2	200	TCV	100	0	IPA ke Bd buat
4	90	TCV	0	0	Taratak
6	150	TCV	5000	0	Taratak
10	140	PRV	TCV	30	Villa Bukit Indah
12	90	TCV	3000	0	Koto Panjang
15	200	TCV	100	0	Cimpago II
18	200	TCV	100	0	Pemda
19	90	TCV	60	0	Bd.Buat
22	150	TCV	0	0	Sblm sp kacau
25	90	TCV	1300	0	Koto panjang
27	90	PRV	tidak ada	10	Sp Unand ke Koto Tuo

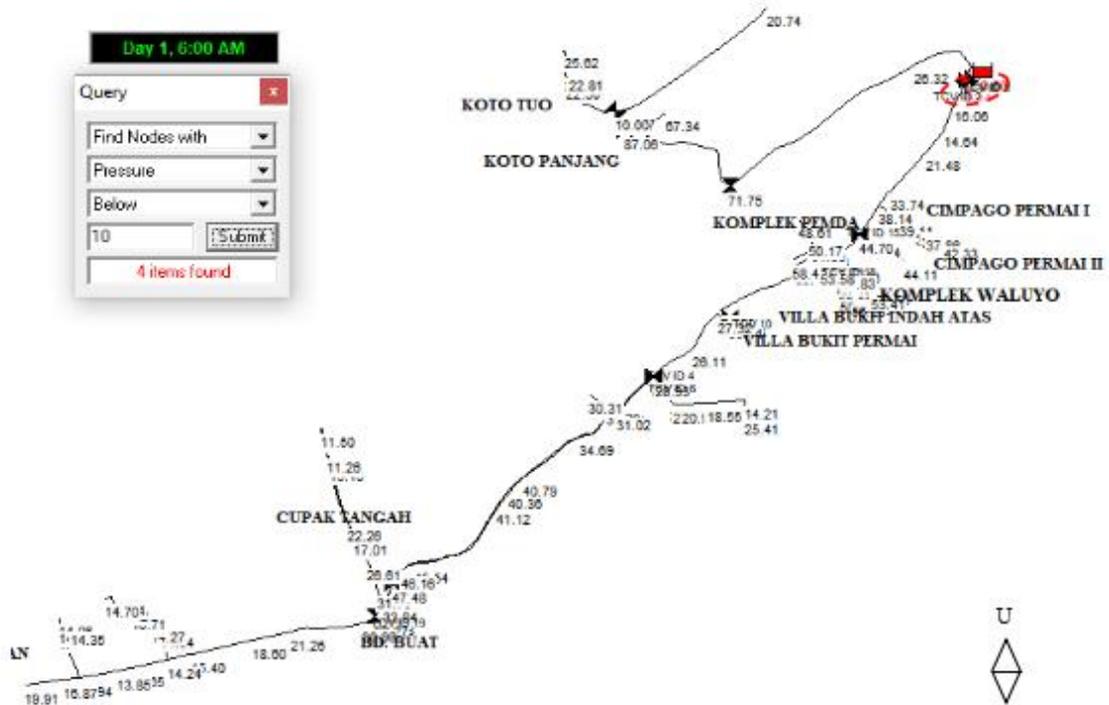
Hasil optimalisasi tekanan setelah dilakukan penambahan PRV pada model jaringan distribusi pada jam aliran minimum malam jam 03.00 WIB dan jam aliran maksimum jam 06.00 WIB dapat dilihat pada **Gambar 7 (a) dan (b)**. Selanjutnya pada kondisi jam aliran maksimum jam 06.00 WIB dapat dilihat pada **Gambar 8 (a) dan (b)**.



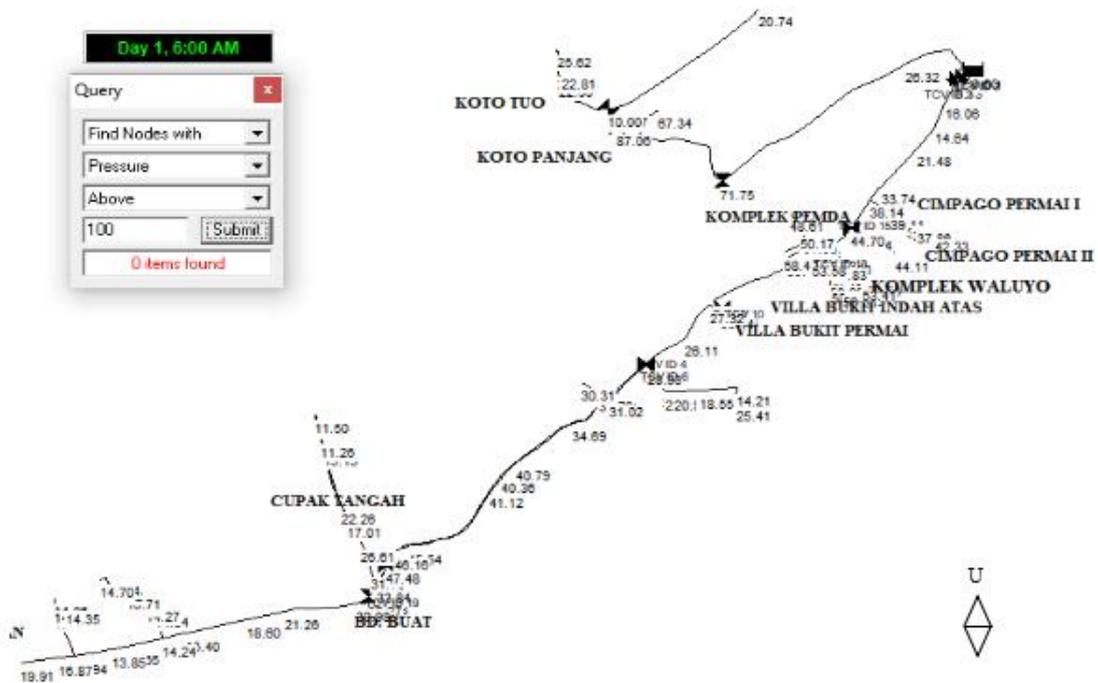
Gambar 7 (a) Hasil Simulasi Sisa Tekanan Setelah Pemasangan Model PRV pada Jam Aliran Minimum Jam 03.00 WIB Untuk Tekanan <10 mka



Gambar 7 (b) Hasil Simulasi Sisa Tekanan Setelah Pemasangan Model PRV pada Jam Aliran Minimum Jam 03.00 WIB Untuk Tekanan > 100 mka



Gambar 8 (a) Hasil Simulasi Sisa Tekanan Setelah Pemasangan Model PRV pada Jam Aliran Maksimum Jam 06.00 WIB Untuk Tekanan <10 mka



Gambar 8 (b) Hasil Simulasi Sisa Tekanan Setelah Pemasangan Model PRV pada Jam Aliran Maksimum Jam 06.00 WIB Untuk Tekanan > 100 mka

Dari hasil simulasi tersebut diketahui bahwa dengan menggunakan PRV maka sisa tekanan dapat dijaga dengan baik sesuai dengan kriteria teknis minimal yaitu rata-rata diatas 10 mka pada saat jam puncak dan sebaliknya sisa tekanan tidak ada yang melebihi 100 mka pada saat jam aliran minimum. Jika dibandingkan dengan model yang sebelumnya dengan menggunakan TCV untuk menurunkan tekanan, dapat diketahui adanya kegagalan terutama pada saat mengantisipasi fluktuasi pemakaian.

5. KESIMPULAN

Dari kajian penurunan NRW dengan metode DMA SPAM Jawa Gadut wilayah pelayanan selatan PDAM Kota Padang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemodelan hidrolis yang dilakukan dengan menggunakan *plugin* Qwater v.3.1.7 dari QGIS v. 3 dan Epanet v. 2 telah dapat memberikan informasi terkait tingginya tekanan yang terjadi akibat perbedaan elevasi sehingga tekanan yang dihasilkan melebihi kemampuan pipa.
2. Optimalisasi model simulasi hidrolis pada area pelayanan melalui perubahan pada *setting* control *valve* dan penambahan 2 unit *pressure reducing valve* (PRV) diperoleh tekanan yang mencukupi selama 24 jam pengaliran baik pada saat jam puncak maupun saat jam aliran minimum malam dan mengurangi potensi NRW.

PENGHARGAAN

Ucapan terima kasih disampaikan kepada segenap pihak dari PDAM Kota Padang atas bantuan dan dukungannya dalam menyelesaikan perencanaan ini.

REFERENSI

- Anonim (2002), SNI 7509-2011 Tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2004). Modul Proyeksi Kebutuhan Air dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air. Ditjen Cipta Karya, Dinas PU.
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z., B. M., Istandar, A. and Gingham, S. (2008). Buku Pegangan tentang Air Tak Berekening (NRW) untuk Manajer - Panduan untuk Memahami Kehilangan Air. van Dijk, N., Raksakulthai, V., dan Kirkwood, E., penyunting. Terjemahan dari: The manager's non-revenue water handbook. A Guide to Understanding Water losses. 119 hal.
- Haestad., Walski, T., Chase, D., Savic, D., Grayman, W., Backwith, S and Koelle, E. (2004). Advanced Water Distribution Modeling and Management.
- Islam, M. S. (2012). Water distribution system failures: an integrated framework for prognostic and diagnostic analyses.
- Lambert, A.O., (2002). International Report: Water losses management and techniques. Water Science and Technology: Water supply. 2. 1-20. 10.2166/ws.2002.0115.

- Lambert, A.O, Brown T.G., M. Takizawa, D. Weimer (1999), A review of performance indicators for real *losses* from water *supply* systems. *Journal of Water supply: Research and Technology-Aqua* 1 October 1999; 48 (6): 227–237. doi: <https://doi.org/10.2166/aqua.1999.0025>.
- Menteri Pekerjaan Umum. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 27/PRT/M/2016. (2006). *Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Menteri Pekerjaan Umum. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2006. (2006). *Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (KSNP-SPAM)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Morrison, J. (2003). *IWA Taskforce Managing leakage by District Metered Areas : a practical approach*, (January 2000), 2003–2005.
- Mutikanga, H.E., Sharma, S. and Vairavamoorthy, K. (2009). *Water loss management in developing countries: Challenges and prospec.* *Journal American Water Works Association*, 101: 57-68. doi:10.1002/j.1551-8833.2009.tb10010.x
- Özdemir, Ö., (2018). *Water leakage management by district metered areas at water distribution networks.* *Environmental Monitoring and Assessment*. 190. 10.1007/s10661-018-6559-9.
- PDAM Kota Padang (2017). *Laporan Audit Kinerja PDAM Kota Padang Th. Buku 2017, Padang*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2005). *Peraturan Pemerintah No.122 Tahun 2016 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum*. Pemerintah Republik Indonesia : Jakarta.