

**PEMETAAN PRIORITAS LOKASI *DISTRICT METERED AREA (DMA)*
DENGAN PENENTUAN *POTENSI NON REVENUE WATER (NRW)*
DENGAN *GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS)*
MAPPING PRIORITY LOCATIONS *DISTRICT METERED AREA (DMA)* WITH THE
DETERMINATION OF POTENTIAL *NON REVENUE WATER (NRW)* WITH
GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS)**

Tomi Wirawan, Denny Helard dan Puti Sri Komala

*Program Studi Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Jl.
Universitas Andalas, Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25175,
Indonesia*

E-mail: tomi_pdampadang@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prioritas lokasi dari beberapa rencana District Metered Area (DMA) untuk penurunan Non Revenue Water (NRW) pada salah satu zona Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Jawa Gadut, Pauh, Kota Padang. Dari 5 (lima) lokasi Rencana DMA dalam zona SPAM dipilih dari data yang sudah lengkap yakni pada DMA 01 dan DMA 02. Penelitian menawarkan metode yang aplikatif dan dapat diterapkan ke lokasi lain. Prioritas lokasi DMA didasarkan pada tingkat potensi NRW komponen kehilangan air fisik dan non fisik dari faktor dan subfaktor penyebab yang sudah diinput kedalam atribut spasialnya. Dengan menggunakan Weighted Sum Method (WSM) dan dipetakan melalui Geographical Information System (GIS) diperoleh hasil komponen kehilangan air fisik pada kelas potensi NRW tinggi, sedang dan rendah berurutan pada DMA 01 adalah 81%, 19%, 0% dan pada DMA 02 adalah 60,5%, 0,1%, 39,4%. Potensi NRW komponen kehilangan air non fisik pada kelas potensi NRW tinggi, sedang dan rendah berturut-turut pada DMA 01 adalah 5,6%, 76,3%, 18,1% dan pada DMA 02 adalah 0,6 % dan 74,8 %, 24,6%. Terlihat bahwa metode berhasil untuk mengetahui lokasi DMA yang prioritas dan mengetahui potensi NRW kehilangan air fisik lebih tinggi dibandingkan potensi kehilangan air non fisik.

Kata Kunci: *District metered area (DMA), geographical information system (GIS), non revenue water (NRW), SPAM jawa gadut, weighted sum method (WSM).*

ABSTRACT

This study aims to determine the location priority of several District Metered Area (DMA) plans to reduce Non-Revenue Water (NRW) in one of the zones for the Java Gadut drinking water supply system (SPAM), Pauh, Padang City. From the 5 (five) locations of the DMA Plan in the SPAM zone were selected from complete data, namely DMA 01 and DMA 02. The research offers an applicable method that can be applied to other locations. DMA location priority is based on the level of potential NRW components of physical and non-physical water loss from the causative factors and subfactors that have been inputted into their spatial attributes. By using the Weighted Sum Method (WSM) and mapped through Geographical Information System (GIS), the results of the physical water loss components in the high, medium and low potential NRW classes in DMA 01 were 81%, 19%, 0% and at DMA 02 were 60.5%, 0.1%, 39.4%. The NRW potential of non-physical water loss components in the high,

medium and low NRW potential classes at DMA 01 were 5.6%, 76.3%, 18.1%, and at DMA 02, 0.6% and 74.8, respectively. %, 24.6%. It appears that the method is successful in determining the priority DMA location and knowing the potential NRW for physical water loss is higher than the potential for non-physical water loss.

Keywords: District metered area (DMA), geographical information system (GIS), non revenue water (NRW), SPAM jawa gadut, weighted sum method (WSM)

1. PENDAHULUAN

Salah satu opsi yang telah terbukti berhasil dalam mengendalikan Non Revenue Water NRW atau air tak berekening 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 secara khusus didefinisikan, misalnya oleh penutupan katup, dan di mana jumlah air yang masuk dan keluar dari distrik diukur. DMA disebut juga dengan kawasan bermeter (Noer dan Hadi, 2015). Dalam perencanaan DMA persoalan yang dihadapi adalah adanya kemungkinan hasil DMA yang telah dibangun ternyata memiliki tingkat NRW yang kecil, sementara investasi yang sudah dikeluarkan untuk membangun DMA sudah cukup besar. Untuk itu penting untuk mengidentifikasi lokasi DMA berdasarkan prioritas potensi NRW yang ada di DMA tersebut. Dalam pembentukan DMA lebih dari 80% dari semua informasi yang digunakan direferensi secara geografis (Shamsi, 2004).

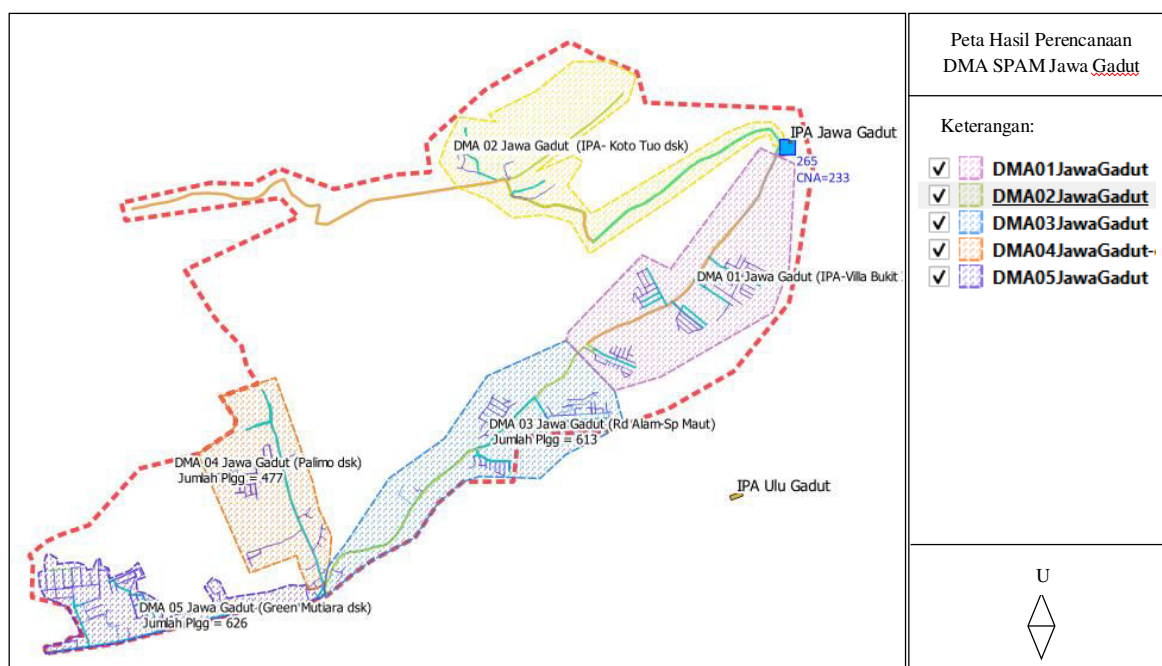
Menurut Jang dan Choi (2017), metode potensi besaran NRW dapat diestimasi dimana pengukuran mungkin tidak dilakukan di daerah non DMA atau lokasi batas distribusi yang tidak jelas. Untuk daerah yang belum ter-DMA atau belum terisolasi sempurna dapat diprediksi besaran NRW-nya dengan mengetahui pengaruh dari faktor-faktor penyebab NRW. Dengan menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN) Jang dan Choi (2017) dapat membuat suatu persamaan yang berhasil memperkirakan besaran NRW berdasarkan DMA yang sudah ada. Islam (2012) dan Kilinc (2018) sudah meneliti pengaruh dari faktor-faktor yang menyebabkan potensi kehilangan air fisik (kebocoran), Pemasari (2016) meneliti faktor-faktor penyebab kehilangan air non fisik, namun belum ditujukan untuk menentukan prioritas lokasi DMA karena belum berbasiskan secara geografis atau spasial (keruangan). Salah satu syarat dalam mengetahui NRW suatu zona atau DMA adalah daerah tersebut harus terisolasi sempurna. Oleh karena itu pekerjaan untuk menurunkan NRW sering berjalan di tempat bahkan mundur karena beratnya melakukan proses isolasi. Untuk itu perlu dikembangkan suatu metode mengetahui kondisi NRW suatu kawasan atau daerah sehubungan potensi NRW, sehingga dapat diketahui lokasi yang lebih prioritas. Setelah diketahui lokasi yang lebih prioritas maka biaya dapat lebih efektif dan air yang terselamatkan dapat menjadi tambahan untuk mencari NRW di lokasi DMA yang lain.

DMA yang sudah direncanakan secara spasial biasanya terdiri dari data pipa dan data pelanggan yang tergeoreferensi. Untuk memudahkan dalam mengolah data yang tergeoreferensi tersebut aplikasi yang paling baik digunakan adalah dengan GIS (Shamsi, 2004). Faktor faktor penyebab NRW seperti halnya kriteria-kriteria yang harus perlu diketahui pengaruhnya dalam menyebabkan NRW. Selanjutnya dalam teori keputusan, model

weighted sum method (WSM) adalah yang paling dikenal dan merupakan metode yang paling sederhana dalam analisis keputusan multi-kriteria atau *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) (Triantaphyllou, 2000). Metode pengambilan keputusan multi-kriteria bertujuan untuk mengevaluasi sejumlah alternatif dalam hal sejumlah kriteria keputusan. Dalam penelitian ini sebagai upaya menjawab persoalan diatas, solusi yang ditawarkan adalah mengevaluasi pengaruh faktor dan subfaktor terhadap potensi NRW menggunakan aplikasi GIS dan metode jumlah tertimbang atau *Weighted Sum Method* (WSM), sehingga metode yang dihasilkan diharapkan mampu untuk mengetahui potensi NRW beserta lokasi DMA yang lebih prioritas sebelum pembangunan DMA dilaksanakan.

2. METODE PENELITIAN

Kajian penelitian adalah untuk mengetahui prioritas lokasi dari beberapa lokasi rencana DMA pada studi kasus zona SPAM Jawa Gadut, Pauh Kota Padang. Berdasarkan kriteria perencanaan pembuatan DMA telah diperoleh 5 lokasi rencana DMA dan akan diketahui lokasi yang lebih prioritas untuk penanganan NRW berdasarkan tingkat potensi NRW dari faktor dan subfaktor penyebab NRW komponen kehilangan air fisik dan non fisik. Rencana lokasi DMA dalam kajian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Pada penelitian ini mengingat jumlah data yang tersedia akan dibandingkan dua DMA yang akan mewakili yakni DMA 01 dan DMA 02 Jawa Gadut.



Gambar 1. Perencanaan 5 DMA pada Zona SPAM Jawa Gadut

2.1. Penentuan Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Fisik / Kebocoran

Kajian penelitian terhadap penyebab NRW komponen kehilangan air fisik terdiri dari 3 faktor yakni faktor fisik, lingkungan dan operasional, dan dari faktor fisik ada 6 sub faktor yakni umur pipa, material pipa, diameter pipa, kondisi permukaan jalan diatas pipa, tekanan internal pipa dan tingkat kebocoran pipa. Pembobotan dan nilai dari masing-masing faktor diambil

dari penelitian yang dilakukan Killinc (2018). Koefisien pembobotan dari kelompok faktor dan faktor-faktornya diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Pembobotan (Weight) Kelompok Faktor dan Subfaktor Penyebab NRW Komponen Kehilangan Air Fisik

Kelompok Faktor	Bobot Kelompok Faktor (w_f)	Sub Faktor	Bobot subfaktor (w_i)
Fisik (W_{ff})	$W_{ff} = 0.43$	Umur pipa	0.65
		Material pipa	0.19
		Diameter pipa	0.16
		Kondisi permukaan jalan	1.0
Lingkungan (W_{fl})	0.14	Tekanan Internal pipa	0.72
Operasional (W_{fo})	0.43	Tingkat kebocoran Pipa	0.28

Dari Tabel 2 dapat dijelaskan penilaian angka 0 mengindikasikan efek paling rendah terhadap potensi NRW dan angka 10 merupakan angka paling tinggi yang mengekspresikan bahwa subfaktor sangat berpengaruh terhadap potensi NRW. Besarnya bobot akan menyesuaikan jumlah subfaktor dimana total dari pembobotan adalah berjumlah 1.00. Setelah penentuan faktor dan penilaian kemudian ditentukan total berdasarkan perkalian nilai dan bobot masing-masing faktor. Selanjutnya nilai tertimbang dari faktor tersebut diklasifikasikan dengan metode penjumlahan tertimbang atau *weighted sum model* dengan *field calculator* pada QGIS untuk pengelompokan fitur *layer* vektor berdasarkan pengolahan atribut. Perhitungan potensi NRW diawali dengan menghitung perkalian antara bobot dengan nilai sub faktor masing-masing pipa dengan Pers.(2), Pers.(3) dan Pers.(4) (Triantaphyllou, 2000).

$$\text{Indeks Faktor Fisik (IFF)} = \sum_{i=1}^m w_i.n_i \quad (2)$$

$$\text{Indeks Faktor Lingkungan (IFL)} = \sum_{i=1}^m w_i.n_i \quad (3)$$

$$\text{Indeks Faktor Operasional (IFO)} = \sum_{i=1}^m w_i.n_i \quad (4)$$

Nilai total potensi NRW komponen kehilangan air fisik merupakan perkalian antara bobot kelompok faktor (w_f) dengan nilai indeks dari ketiga komponen kelompok faktor tersebut menggunakan Pers.(5) dan Pers.(6) (Triantaphyllou, 2000):

$$\text{Potensi NRW}_{\text{fisik}} (P_{\text{NRW-f}}) = w_f \cdot \text{IFF} + w_f \cdot \text{IFL} + w_f \cdot \text{IFO} \quad (5)$$

$$\text{Potensi NRW}_{\text{fisik}} (P_{\text{NRW-f}}) = w_{ff} \cdot \sum_{i=1}^m w_i.n_i + w_{fl} \cdot \sum_{i=1}^m w_i.n_i + w_{fo} \cdot \sum_{i=1}^m w_i.n_i \quad (6)$$

Untuk penilaian dari faktor dan subfaktor NRW fisik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori nilai dari Faktor dan Subfaktor NRW Kehilangan Air Fisik

Faktor	Subfaktor	Atribut	Nilai (n_i)
Fisik pipa	Umur pipa (tahun)	>40	10
		30-40	9
		20-30	8
		10-20	7
		<10	5
	Material pipa	ACP	9
		GIP	8
		HDPE	6
		PVC	6
	Diameter pipa (mm)	<100	7
		100-125	6
		125-150	6
		150-250	4
		150-250	4
		250-300	4
		300-350	3
		>350	3
Lingkungan	Kondisi Permukaan Jalan	Aspal	5
		Beton	7
		Tanah	10
Operasional	Tekanan Internal Pipa (Atm)	>5	9
		4-5	8
		3-4	7
		2-3	6
		1-2	3
	Tingkat kebocoran (jumlah kebocoran /100 m/tahun)	<1	2
		>3.5	10
		2.5-3.5	8
		1.5-2.5	7
		1-1.5	5
		<1	3

Sumber: Kilinc (2018)

Untuk memudahkan dalam memetakan secara spasial maka dengan menggunakan menggunakan fasilitas *field calculator* QGIS dapat dibuat 5 klasifikasi berdasarkan potensi NRW yang diperoleh seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Fisik

Kelas	Range skor	Keterangan
A	[0 - 2]	Potensi NRW sangat rendah
B	[2 - 4]	Potensi NRW rendah
C	[4 - 6]	Potensi NRW sedang
D	[6 - 8]	Potensi NRW tinggi
E	[8 - 10]	Potensi NRW sangat tinggi

2.2. Penentuan Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Non Fisik

Untuk faktor utama penyebab NRW komponen kehilangan air non fisik diambil 4 faktor utama dari peneliti Pemasari (2016), yakni akurasi meter, kesalahan baca meter, kesalahan administrasi, *illegal connection* atau *illegal consumption*, dengan menggunakan metode AHP telah memberikan faktor-faktornya, dan dilanjutkan pada 7 subfaktor yang tertuang dalam Tabel 4.

Tabel 4. Koefisien Pembobotan (*Weight*) Kelompok Faktor dan Subfaktor Penyebab NRW Komponen Kehilangan Air Fisik

Faktor	Bobot faktor (w_i)	Sub Faktor	Bobot Subfaktor (w_j)
Akurasi water meter	0.451	Umur water meter	1.0
Kesalahan Baca Meter	0.235	Jumlah pemakaian	0.5
		Catatan Pembaca Meter	0.5
Kesalahan Administrasi	0.166	<i>barcode</i> watermeter	1.0
		Segel Kopling	0.34
Ilegal koneksi	0.148	Usia Pelanggan Non Aktif	0.33
		Jenis pipa SR	0.33

Untuk kategori nilai dari subfaktor penyebab NRW komponen kehilangan air non fisik dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kategori nilai dari subfaktor Penyebab NRW Komponen Kehilangan Air Non Fisik

Faktor	Subfaktor	Attribut	Nilai
Akurasi water meter (w_{f1})	Umur water meter (tahun)	<5	3
		5-10	5
		10-15	7
		15-20	7
		20-25	8
		>25	9
Kesalahan Baca Meter (w_{f2})	Jumlah pemakaian (m^3 /bln)	0	9
		1-10	8
		10-20	5
		>20	3
		Catatan Pembaca meter	8
		Ada Catatan	3
Kesalahan Administrasi (w_{f3})	<i>barcode</i> Water meter	Ada	3
		Tidak	8
	Segel kopling	Ada	3
		Tidak	3
Ilegal koneksi (w_{f4})	Usia pelanggan non aktif (tahun)	<1	6
		1-5	7
		5-10	8
		10-20	9
		>20	9
	Jenis pipa SR	GIP	8
		HDPE	3

Dari Tabel 5 diketahui bahwa penilaian dari faktor dan subfaktor dimulai dari angka 0 yang mengindikasikan efek paling rendah terhadap potensi NRW komponen kehilangan air non fisik dan sementara angka 10 merupakan angka paling tinggi yang mengekspresikan bahwa subfaktor sangat berpengaruh terhadap potensi NRW komponen kehilangan air non fisik. Penilaian umur water meter diambil dari penelitian yang dilakukan oleh Criminisi, A, *et al*, 2009 yang telah menguji sampel 9 kelas usia water meter dengan masing-masing 20 buah sampel water meter.

Untuk penilaian jumlah pemakaian, berdasarkan rata-rata pemakaian pelanggan PDAM Kota Padang tahun 2019 adalah sebesar $22 m^3$ /bulan, sehingga penilaian tinggi jika pemakaian air $0 m^3$ /bulan dan meningkat pada $10 m^3$ /bulan dan seterusnya. Selanjutnya jika ada catatan dari pencatat meter yang menandakan adanya permasalahan pada water meter diberikan nilai

tinggi, dan jika kondisi catatan normal akan diberikan nilai yang rendah. Tidak adanya *barcode* merupakan salah satu indikasi kesalahan dalam administrasi, karena scan terhadap *barcode* merupakan proses awal pembacaan meter. Nilai tinggi bagi pelanggan yang tidak ada *barcode* dan sebaliknya. Tidak adanya segel kopling, status non aktif (bekas pelanggan) yang sudah berusia cukup lama dan jenis pipa SR yang masih menggunakan pipa GIP sehingga memudahkan dalam mendapatkan asesoris pipa, karena ketersediaan di pasaran untuk konsumsi ilegal, akan diberikan nilai yang tinggi dan sebaliknya.

Potensi NRW komponen kehilangan air non fisik diperoleh melalui perkalian antara bobot dengan nilai sub faktor masing-masing atribut pelanggan dengan Pers.(7), Pers.(8), Pers.(9) dan Pers.(10) (Triantaphyllou, 2000):

$$\text{Indeks Faktor Akurasi WM (IF1)} = \sum_{i=1}^m w_i.n_i \quad (7)$$

$$\text{Indeks Faktor Kesalahan Baca Meter (IF2)} = \sum_{i=1}^m w_i.n_i \quad (8)$$

$$\text{Indeks Faktor Administrasi (IF3)} = \sum_{i=1}^m w_i.n_i \quad (9)$$

$$\text{Indeks Faktor Ilegal Koneksi (IF4)} = \sum_{i=1}^m w_i.n_i \quad (10)$$

Nilai total potensi NRW komponen kehilangan air non fisik diperoleh dari perkalian antara bobot kelompok faktor (w_f) dengan nilai indeks dari keempat komponen kelompok faktor tersebut menggunakan Pers.(11) dan Pers.(12) (Triantaphyllou, 2000):

$$\text{Potensi NRW}_{\text{nonfisik}} (P_{\text{NRW-nf}}) = w_{f1} \cdot \text{IF1} + w_{f2} \cdot \text{IF2} + w_{f3} \cdot \text{IF3} + w_{f4} \cdot \text{IF4} \quad (11)$$

$$\text{Potensi NRW}_{\text{nonfisik}} (P_{\text{NRW-nf}}) = w_{f1} \cdot \sum_{i=1}^m w_i.n_i + w_{f2} \cdot \sum_{i=1}^m w_i.n_i + w_{f3} \cdot \sum_{i=1}^m w_i.n_i + w_{f4} \cdot \sum_{i=1}^m w_i.n_i \quad (12)$$

Untuk memudahkan dalam memetakan secara spasial maka dengan menggunakan menggunakan fasilitas *field calculator* QGIS dapat dibuat 5 klasifikasi berdasarkan potensi NRW yang diperoleh sesuai pada Tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Non Fisik

Kelas	Range skor	Keterangan
A	[0 - 2]	Potensi NRW sangat rendah
B	[2 - 4]	Potensi NRW rendah
C	[4 - 6]	Potensi NRW sedang
D	[6 - 8]	Potensi NRW tinggi
E	[8 - 10]	Potensi NRW sangat tinggi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode penentuan prioritas dimulai dari memisahkan secara spasial DMA-DMA yang akan dibandingkan dalam kajian ini adalah DMA 01 dan DMA 02. Pemilihan DMA 01 dan DMA 02 didasarkan pada ketersediaan data yang sudah lengkap pada kedua DMA tersebut, meskipun demikian perbandingan prioritas lokasi ini dapat dilakukan pada kelima DMA yang sudah direncanakan dan ingin diketahui perbandingan potensinya. Selanjutnya DMA 01 dan

DMA 02 dipisahkan data *layernya* yakni data pipa dan data pelanggan kemudian dilanjutkan pada mengolah data sesuai dengan kebutuhan metode.

3.1. Pemetaan Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Fisik pada Rencana DMA 01 dan DMA 02 SPAM Jawa Gadut

Hasil input data ke dalam atribut pipa secara spasial dengan GIS, dilakukan pada 142 ruas pipa dengan panjang pipa 10851,95 m yang ada pada dalam DMA 01, dan 37 ruas pipa dengan panjang 9113,86 m pada DMA 02 SPAM Jawa Gadut. Dengan menggunakan menggunakan fasilitas *Field calculator* QGIS dapat dibuat *expression dialog* dengan memasukkan persamaan pada WSM. Hasil potensi NRW komponen kehilangan air fisik yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

diameter_n	Length (m)	jenis	tahun_pem	Perm_Jalan	Tekanan Mak	TgktKeb	UmurPipa	N_Umur	N_Material	N_Dia	N_PermJl	Tek_(Atm)	N_Tek	N_Keb	klas	Pot_NRW_fs
100	300.2835576	PVC	2004	Beton	81.22	1	15	7	6	6	7	8.12	9	5	9	7.23
100	7.596356805	GI	2004	Beton	81.22	0	15	7	8	6	7	8.12	9	3	9	7.15
50	24.65867993	PVC	2004	Tanah	31.88	1	15	7	6	7	10	3.19	7	5	4	7.1
150	70.71985487	PVC	2004	Beton	82.58	1	15	7	6	4	7	8.26	9	5	9	7.09

Gambar 2. Hasil Skor Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Fisik Berdasarkan Perkalian jumlah tertimbang masing-masing Faktor dan Subfaktor (*FieldPot_NRW_fs*) untuk DMA 01

diameter_n	length	jenis	tahun_pem	UmurPipa	Perm_Jalan	TgktKeb	NUmur	N_Material	N_Dia	N_PermJl	N_Tek	N_Keb	Pot_NRW_fs
250	1662.956534	PVC	2004	15	Aspal	4	10	6	4	5	7	10	7.63
250	2.353107624	PVC	2004	15	Aspal	0	10	6	4	5	9	3	7.41
250	1.26353845	PVC	2004	15	Aspal	0	10	6	4	5	9	3	7.41
50	207.2090878	HDP E	2016	3	Beton	3	5	6	7	7	9	8	7.1
50	131.1190633	HDP E	2014	5	Beton	3	5	6	7	7	9	8	7.1

Gambar 3. Hasil Skor Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Fisik Berdasarkan Perkalian jumlah tertimbang masing-masing Faktor dan Subfaktor (*FieldPot_NRW_fs*) untuk DMA 02

Dari hasil potensi NRW komponen kehilangan air fisik tersebut akan dibagi menjadi 5 kelas sesuai dengan Tabel 3 dengan *Fieldcalculator* dan dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Hasil Klasifikasi Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Fisik DMA 01

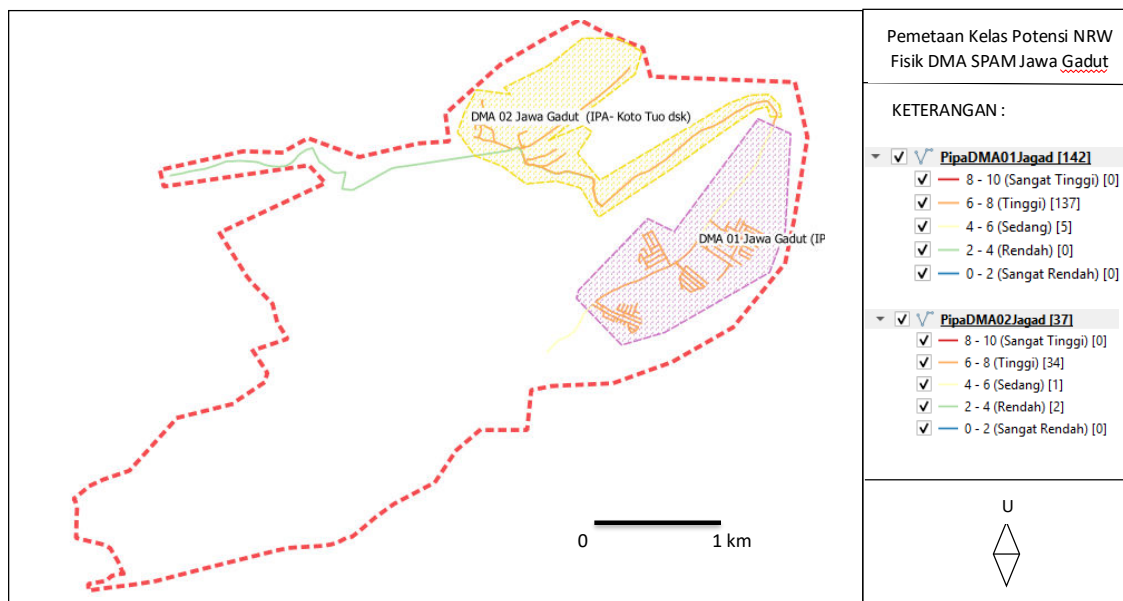
Kelas	Range skor	Jumlah ruas	Jumlah Panjang Pipa (m)	Persentase dari total panjang pipa DMA (%)	Keterangan
1	[8 - 10]	0	0	0	Potensi NRW sangat tinggi
2	[6 - 8]	137	8736,72	81	Potensi NRW tinggi
3	[4 - 6]	5	2115,2	19	Potensi NRW sedang
4	[2 - 4]	0	0	0	Potensi NRW rendah
5	[1 - 2]	0	0	0	Potensi NRW sangat rendah

Tabel 8. Hasil Klasifikasi Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Fisik DMA 02

Kelas	Range skor	Jumlah ruas	Jumlah Panjang Pipa (m)	Persentase dari total panjang pipa DMA (%)	Keterangan
1	[8 - 10]	0	0	0	Potensi NRW sangat tinggi
2	[6 - 8]	34	5516,33	60.5	Potensi NRW tinggi
3	[4 - 6]	1	7,5	0.1	Potensi NRW sedang
4	[2 - 4]	2	3590,05	39.4	Potensi NRW rendah
5	[1 - 2]	0	0	0	Potensi NRW sangat rendah

Dari tabel 7 dan tabel 8 diperoleh bahwa DMA 01 SPAM Jawa Gadut hasil potensi NRW komponen kehilangan air fisik pada pipa diperoleh hasil terdapat 8736,72 m pipa (81%) yang berada di kelas potensi NRW tinggi, dan 2115,2 m (19%) berada di kelas potensi NRW sedang. Selanjutnya pada DMA 02 diperoleh 5516,33 m (60,5%) berada di kelas potensi NRW tinggi, 7,5 m berada di kelas potensi NRW sedang dan 3590,05 (39,4 %) berada di kelas potensi NRW rendah.

Pemetaan hasil potensi NRW komponen kehilangan air fisik tersebut dapat dipetakan dengan GIS pada Gambar 4.

**Gambar 4.** Hasil Pemetaan 5 Kelas Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Fisik pada Pipa DMA 01 dan DMA 02 SPAM Jawa Gadut

3.2. Pemetaan Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Non Fisik pada Rencana DMA 01 dan DMA 02 SPAM Jawa Gadut

Pada faktor-faktor penyebab utama untuk NRW komponen kehilangan air non fisik secara spasial ditunjukkan pada titik-titik water meter pelanggan. Faktor-faktor utama NRW komponen kehilangan air non fisik yang akan dimasukkan berdasarkan pada hasil penelitian Pemasari (2016) pembobotan faktor diperoleh dari metode AHP sesuai pada **Tabel 6**.

Untuk proses penilaian dilakukan dengan menggunakan *expression dialog* menggunakan *Field calculator* pada QGIS. Perhitungan potensi NRW komponen kehilangan air non fisik dengan menghitung perkalian antara bobot dengan nilai sub faktor masing-masing atribut pelanggan dengan formula (6) (7) dan (8) dan (9).

Untuk mendapatkan nilai total potensi NRW komponen kehilangan air non fisik adalah dengan mengalikan antara bobot kelompok faktor (w_f) dengan nilai indeks dari keempat komponen kelompok faktor tersebut terlihat pada formula (10) dan (11). Dengan menggunakan menggunakan fasilitas *Field calculator* QGIS dapat dibuat *expression dialog* dengan memasukkan persamaan pada WSM.

Hasil dari *Field calculator* dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 untuk DMA 01 dan DMA 02.

segelk opli	stat us	catatan_ca	realpe maka	ThPms Meter	UmurW Meter	Barcode	N_umur WM	N_Jml Pem	N_Ctt Cater	N_Bar code	N_segel Kop	N_Usia Non	N_Jeni sSR	UmurNo nAkt	5_Kela s_ok	Pot_NRW Non
0	N	Normal	0	2008	11	Tidak ada/Rusak	7	9	3	8	8	9	8	11	2	7.13
0	N	Normal	0	2008	11	Tidak ada/Rusak	7	9	3	8	8	9	8	11	2	7.13
0	N	Normal	0	2009	10	Tidak ada/Rusak	7	9	3	8	8	8	8	10	2	7.08
0	N	Meter Rusak	0	2005	14	Ada	7	9	8	3	8	9	8	14	2	6.89

Gambar 5. Hasil Skor Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Non Fisik Berdasarkan Metode Jumlah Tertimbang Masing-Masing Faktor dan Subfaktor (FieldPot_NRWNon) pada DMA 01

segelk opli	sta tus	catatan_ca	realpe maka	ThPms Meter	UmurW Meter	Barcode	UmurN onAkt	N_umu rWM	N_Jml Pem	N_Ctt Cater	N_Bar code	N_segel Kop	N_Usia Non	N_Jeni sSR	Pot_NRW Non
1	A	Normal	34	2018	1	Tidak Ada/Rusak	0	3	3	3	8	3	6	3	3.98
0	A	Normal	9	2018	1	Tidak Ada/Rusak	0	3	8	3	8	8	6	3	4.82
1	A	Normal	46	2017	2	Tidak Ada/Rusak	0	3	3	3	8	3	6	3	3.98
1	A	Normal	37	2017	2	Tidak Ada/Rusak	0	3	3	3	8	3	6	3	3.98

Gambar 6. Hasil Skor Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Non Fisik Berdasarkan Metode Jumlah Tertimbang Masing-Masing Faktor dan Subfaktor (FieldPot_NRWNon) pada DMA 02

Dari hasil potensi NRW komponen kehilangan air non fisik tersebut kemudian dibagi menjadi 5 kelas sesuai dengan Tabel 6 dengan dialog ekspresi pada *field calculator* untuk DMA 01 dan DMA 02 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Hasil Klasifikasi Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Non Fisik DMA 01

Kelas	Range skor	Jumlah titik pelanggan	Persentase dari total jumlah titik pelanggan dalam DMA (%)	Keterangan
1	[8 - 10]	0	0	Potensi NRW sangat tinggi
2	[6 - 8]	37	5,6	Potensi NRW tinggi
3	[4 - 6]	502	76,3	Potensi NRW sedang
4	[2 - 4]	119	18,1	Potensi NRW rendah
5	[1 - 2]	0	0	Potensi NRW sangat rendah

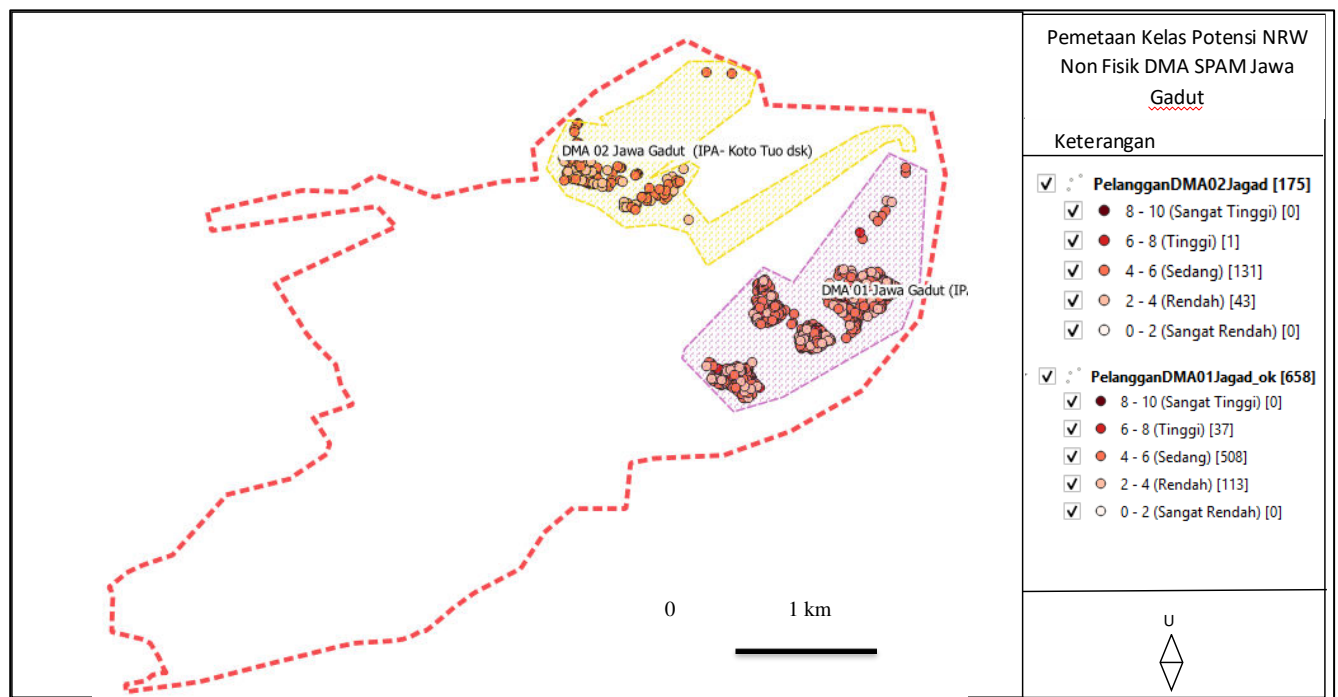
Pada DMA 01 SPAM Jawa Gadut potensi NRW komponen kehilangan air non fisik diperoleh 37 pelanggan (5,6 %) yang berada di kelas potensi NRW tinggi, 502 pelanggan (76,3%) berada di kelas sedang, dan 119 pelanggan (18,1%) di kelas rendah.

Tabel 10. Hasil Klasifikasi Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Non Fisik DMA 02

Kelas	Range skor	Jumlah titik pelanggan	Persentase dari total jumlah titik pelanggan dalam DMA (%)	Keterangan
1	[8 - 10]	0	0	Potensi NRW sangat tinggi
2	[6 - 8]	1	0,6	Potensi NRW tinggi
3	[4 - 6]	131	74,8	Potensi NRW sedang
4	[2 - 4]	43	24,6	Potensi NRW rendah
5	[1 - 2]	0	0	Potensi NRW sangat rendah

Pada DMA 02 SPAM Jawa Gadut potensi NRW komponen kehilangan air non fisik diperoleh 1 pelanggan (0,6%) berada di kelas potensi NRW tinggi, 131 pelanggan (74,8%) berada di kelas sedang dan 43 pelanggan (24,6 %) berada di kelas rendah.

Pemetaan hasil potensi NRW komponen kehilangan air fisik tersebut dapat dipetakan dengan GIS pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pemetaan 5 Kelas Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Non Fisik pada Titik Pelanggan DMA 01 dan DMA 02 SPAM Jawa Gadut

3.3. Perbandingan potensi NRW komponen kehilangan air fisik dan non fisik antara DMA 01 dan DMA 02 SPAM Jawa Gadut

Untuk mengetahui potensi NRW gabungan antara DMA 01 dan DMA 02 selanjutnya adalah dengan menghitung rata-rata antara potensi NRW komponen kehilangan air fisik dan potensi NRW komponen kehilangan air non fisik berdasarkan dari kelas potensinya, terlihat pada Tabel 11. Dari hasil tersebut diatas diketahui bahwa secara rata-rata potensi NRW komponen kehilangan air fisik dan NRW komponen kehilangan air non fisik DMA 01 memiliki persentase di kelas potensi NRW tinggi 43,3 % lebih besar dari DMA 02 yang memiliki persentase di kelas potensi NRW tinggi 30,55%. Sementara di kelas sedang DMA 01 memiliki persentase 47,65% lebih besar dari DMA 02 yang memiliki persentase 37,45%, dan di kelas rendah DMA 01 memiliki persentase 9,05% lebih kecil dari DMA 02 yang memiliki persentase 32%. Dari kondisi tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa DMA 01 mempunyai potensi NRW yang lebih tinggi dari DMA 02, sehingga DMA 01 merupakan prioritas lokasi untuk diturunkan NRWnya dibandingkan dengan DMA 02.

Tabel 11. Perbandingan Rata-rata Potensi NRW Komponen Kehilangan Air Fisik dan Non Fisik DMA 01 dan DMA 02

Keterangan	Kelas Potensi NRW	Keterangan	DMA 01		DMA 02	
			Jumlah	Persentase	Jumlah	Persentase
Potensi NRW	[8 - 10]	Sangat tinggi	0	0	0	0
Komponen Kehilangan Air Fisik	[6 - 8]	Tinggi	8736,72	81	5516,33	60.5
	[4 - 6]	Sedang	2115,2	19	7,5	0.1
	[2 - 4]	Rendah	0	0	3590,05	39.4
	[1 - 2]	Sangat rendah	0	0	0	
Potensi NRW	[8 - 10]	Sangat tinggi	0	0	0	0
Komponen Kehilangan Air Non Fisik	[6 - 8]	Tinggi	37	5,6	1	0,6
	[4 - 6]	Sedang	502	76,3	131	74,8
	[2 - 4]	Rendah	119	18,1	43	24,6
	[1 - 2]	Sangat rendah	0	0	0	0
Rata-rata Potensi NRW (Fisik dan Non Fisik)	[8 - 10]	Sangat tinggi		0		0
	[6 - 8]	Tinggi		43,3		30,55
	[4 - 6]	Sedang		47,65		37,45
	[2 - 4]	Rendah		9,05		32
	[1 - 2]	Sangat rendah		0		0

4. KESIMPULAN

Sebagai upaya untuk mengatasi besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pembentukan DMA, keterbatasan pendanaan dan adanya kemungkinan DMA yang telah dibangun mempunyai NRW yang kecil, dalam penelitian ini telah dilakukan suatu metode untuk menentukan prioritas lokasi DMA faktor dan subfaktor penyebab NRW. Dari lokasi DMA yang telah terbentuk dipilih DMA 01 dan DMA 02 pada zona SPAM Jawa Gadut mewakili lokasi yang akan dikaji tingkat potensi NRW-nya.

Dari hasil metode terhadap potensi NRW tersebut diketahui DMA 01 memiliki tingkat potensi NRW lebih tinggi dibandingkan dengan DMA 02 pada kelas potensi NRW tinggi dengan besaran 81% yang diperoleh dari jumlah tertimbang keenam faktor dan subfaktor fisik (tekanan, umur pipa, jenis permukaan jalan diatas pipa, diameter, tingkat kebocoran). Hasil

yang sama diperoleh pada potensi NRW kehilangan air non fisik dimana DMA 01 lebih besar dari DMA 02 pada kelas potensi NRW tinggi dengan besaran 5,6%.

Dari hal diatas diketahui metode telah berhasil menentukan besaran tingkat potensi NRW dan prioritas lokasi DMA, dan metode tersebut dapat diterapkan pada rencana lokasi DMA yang lainnya. Kemudian dari hasil tersebut juga diperoleh bahwa komponen kehilangan air fisik lebih dominan dibandingkan komponen kehilangan air non fisik, sehingga dapat menjadi dasar pengambilan kebijakan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Criminisi, A., Fontanazza, C., Freni, G., and la Loggia, G. (2009). Evaluation of the Apparent losses Caused by Water Meter Under-Registration in Intermittent Water supply. *Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research*. 60. 2373-82. 10.2166/wst.2009.423.
- Jang, D., Choi, G. (2017). Estimation of Non-Revenue Water Ratio Using MRA and ANN in Water Distribution Networks. *Water*. 10. 2. 10.3390/w10010002.
- Kiliç, Y., Özdemir, Ö., Orhan, C., and Firat, M. (2018). Evaluation of Technical Performance of Pipes in Water Distribution Systems by Analytic Hierarchy Process. *Sustainable Cities and Society*. 42. 10.1016/j.scs.2018.06.035.
- 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: Kementrian Pekerjaan Umum.
- Morrison, J. (2003). IWA Taskforce Managing leakage by District Metered Areas : a practical approach, (January 2000), 2003–2005.
- Noer, A., and Hadi, W. (2015). Studi Literatur Perencanaan dan Algoritma Pembentukan DMA (District Metered Area), 4(1).
- 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.
- Pematasari, A.O., (2016). Identifikasi air (*non revenue water*-NRW) Pada Proses Distribusi Dengan Menggunakan Cause-Effect Diagram dan Analytical Hierarchy Process (AHP) di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Delta Sidoarjo. Skripsi Thesis, Universitas Airlangga.
- Saaty, T., (2008). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *Int. J. Services Sciences Int. J. Services Sciences*. 1. 83-98. 10.1504/IJSSCI.2008.017590.
- Shamsi. (2004). GIS Applications for Water Distribution Systems, 6062, 459–473. <https://doi.org/10.14796/JWMM.R220-21>.