

Optimasi Sumber Daya Air PDAM Kabupaten Tegal

Fenty Laelatul Fajri, Yuhka Sundaya, Dewi Rahmi

Prodi Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis

Universitas Islam Bandung

Bandung, Indonesia

e-mail: fenty.laelatul@gmail.com

Abstract—This paper presents the results of research on optimizing water resources in the Regional Water Supply Company (RWSC) of the Tegal Regency. The aim is to find a solution to the optimization model of water resource allocation in the RWSC of Tegal Regency. The research uses operations research techniques to find goal programming (GP) model solutions. Use secondary data, and limited interviews, to understand RWSC management, which is recorded in the GP model. The optimal solution provides two main recommendations. First, RWSC Tegal Regency needs to reduce the level of water loss per year by 248 000 m³. Second, of the four units of the Drinking Water Supply System (DWSS), there is 1 unit that needs to be added to its production capacity of 19 000 m³ per year. This solution, assuming a certain model, is recommended to achieve the optimum RWSC water resource management goals.

JEL Classification: C16, Q23, Q25

Keyword— Goal Programming, Natural Resources, Water

Abstrak—Makalah ini menampilkan hasil penelitian tentang optimalisasi sumber daya air pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Tegal. Tujuannya adalah mencari solusi model optimasi alokasi sumber daya air pada PDAM Kabupaten Tegal. Penelitian menggunakan teknik riset operasi untuk menemukan solusi model goal programming (GP). Menggunakan data sekunder, dan wawancara terbatas, untuk memahami pengelolaan PDAM, yang terekam pada model GP. Solusi optimal memberikan dua rekomendasi utama. Pertama, PDAM Kabupaten Tegal perlu menurunkan tingkat kehilangan air per tahun sebesar 248 000 m³. Kedua, dari empat unit Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM), terdapat 1 unit yang perlu ditambah kapasitas produksinya sebesar 19 000 m³ per tahun. Solusi ini, dengan asumsi model tertentu, direkomendasikan untuk mencapai tujuan pengelolaan sumber daya air PDAM secara optimum.

Klasifikasi JEL: C16, Q2, Q25

Kata Kunci—Model Goal Programming, Sumber Daya Alam, Air

I. PENDAHULUAN

Air memiliki peran penting bagi kehidupan. Manusia membutuhkan air untuk aktivitasnya sehari-hari, seperti minum, bersuci, mengolah makanan, membersihkan pakaian dan peralatan yang dimilikinya. Institusi bisnis dan beragam kegiatan ekonomi menempatkan air bersih sebagai input kegiatan produksinya.

Negara memiliki peran penting dalam penyediaan air bagi masyarakat. Sebagaimana dipahami dari Nurcahyono et al.,(2015), peran negara sangat diperlukan ketika orang tidak berada pada posisi yang sama dalam memperoleh

sumber daya air. Perbedaan posisi setiap orang muncul karena ketimpangan ekonomi dan kondisi alam. Perbedaan tersebut menciptakan kondisi dimana sebagai orang mudah mengakses air, dan bagian lainnya kesulitan untuk mengaskesnya. Pada kondisi demikian, kehadiran negara sangat diperlukan.

Pengelolaan air bersih di Indonesia dilakukan oleh PDAM. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) membagi wilayah pengelolaan air ke dalam empat bagian. Wilayah 1 mencakup Sumatera, Wilayah 2 adalah Pulau Jawa, Wilayah 3 adalah Kalimantan dan Sulawesi, dan Wilayah 4 mencakup Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Maluku dan Papua.

Kementerian tersebut melakukan penilaian kinerja PDAM pada tahun 2017. Kinerjanya dinilai dari aspek pelayanan, operasional, SDM dan keuangan. Hasilnya memiliki 3 kategori : sehat, kurang sehat, dan sakit. Kinerja terbaik dihasilkan oleh PDAM di Pulau Jawa. Sebanyak 92 persen PDAM di Pulau Jawa memiliki kinerja yang sehat. Sementara itu, di Wilayah 1 hanya 36 persen yang sehat. Wilayah 3 sebanyak 41 persen yang sehat, dan Wilayah 4 sebanyak 53 persen yang sehat.

PDAM di Pulau Jawa memberikan daya tarik untuk ditelaah. Kabupaten dan kota wilayah utara Jawa mampu menampilkan kinerja PDAM yang sehat (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017). Secara geografis, Pulau Jawa dapat ditinjau dari dua bagian : selatan dan utara. Bagain selatan berdekatan dengan sumber air pegunungan dibandingkan bagian utara. Secara intuitif daerah utara Jawa adalah daerah yang jauh dari mata air pegunungan, dengan tingkat kesulitan pengelolaan yang lebih besar dari PDAM yang berdekatan dengan pegunungan. Kabupaten Tegal, yang berada di tengah-tengah wilayah utara Jawa, dapat menjadi representasi dari kinerja pengelolaan PDAM wilayah utara Jawa.

Pertumbuhan penduduk dan meningkatnya kegiatan ekonomi di Kabupaten Tegal, meningkatkan resiko kebutuhan air bersih. Rata-rata pertumbuhan penduduk per tahunnya sebesar 0.69 persen, dan pertumbuhan ekonominya rata-rata sebesar 5.47 persen. Kebutuhan aggregate air bersihnya pasti bertambah.

Pengelolaan air bersih di Kabupaten Tegal, dilakukan oleh PDAM Kabupaten Tegal melalui empat Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM). Setiap SPAM bertanggungjawab pada area pelayanannya masing-masing. Area pelayanannya tersebar di 16 Kecamatan dari 18 Kecamatan yang ada di wilayah Kabupaten Tegal. Terdapat 70.43 persen rumah tangga yang belum memperoleh

layanan air bersih PDAM (Winarno, 2019). Lebih dari itu, PDAM mengalami kehilangan air, baik secara fisik maupun komersial. Kehilangan air secara fisik disebabkan oleh kebocoran pipa dari SPAM ke pengguna. Kehilangan air secara komersial disebabkan oleh air tidak terukur dengan baik dan tepat sehingga tidak menjadi pendapatan dari jasa penyediaan air (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018).

PDAM Kabupaten Tegal berupaya meningkatkan cakupan pelayanan bagi masyarakat. Upaya tersebut, tentu, harus direncanakan secara optimal. Sebagai pengelola, PDAM Kabupaten Tegal, sekurang-kurangnya perlu memikirkan upaya untuk meminimumkan kehilangan air, dan menentukan volume air yang didistribusikan dari SPAM kepada pengguna, serta memperoleh keuntungan yang berguna bagi upaya reinvestasi, dan menyumbang Pendapatan Asli Daerah (PAD) Kabupaten Tegal. Tiga upaya tersebut ditempatkan sebagai tujuan operasional pengelolaan sumber daya air. Pencapaian tujuan tersebut menghadapi kendala teknis. Kendala teknisnya mencakup stok sumber daya air, kemampuan produksi air bersih, biaya operasional. Kendala teknis tersebut membatasi upaya peningkatan cakupan pelayanan air bersih.

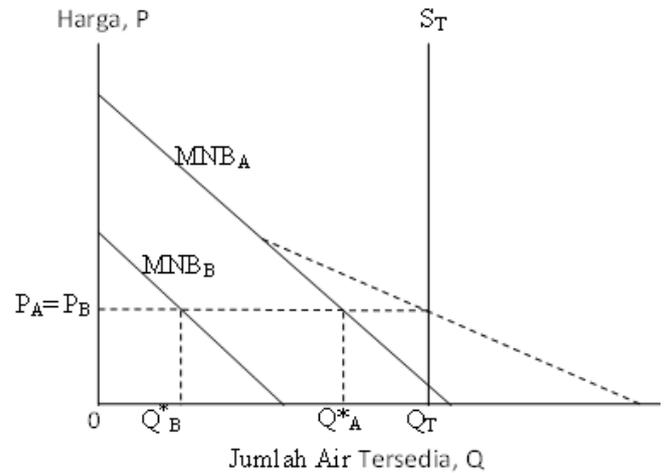
Penelitian yang telah dilakukan, merespons masalah pengelolaan tersebut. Peneliti melakukan replikasi masalah pengelolaan sumber daya air PDAM Kabupaten Tegal via model goal programming (GP). Model GP mereplikasi upaya PDAM Kabupaten Tegal untuk menemukan keputusan optimum yang diarahkan untuk mencapai beragam tujuan. Beragam tujuan tersebut terkait dengan masalah kehilangan air, volume produksi air pada empat unit SPAM, dan keuntungan PDAM. Kendalanya adalah stok air, kapasitas produksi air bersih setiap SPAM, biaya produksi dan pendapatan PDAM.

Makalah ini menampilkan solusi terhadap masalah pengelolaan PDAM Kabupaten Tegal. Solusi model mempertimbangkan logika yang diinisiasi oleh teori sebagaimana disajikan pada Bagian Kedua, yang direlaksasi literatur dan data yang memberikan perluasan dan kedalaman operasional pengelolaan sumber daya air PDAM. Solusi model GP PDAM Kabupaten Tegal disajikan pada Bagian Ketiga. Kesimpulan dan saran hasil penelitian skripsi ini disajikan pada Bagian Keempat dan Kelima.

II. LANDASAN TEORI

Pengelolaan sumber daya air PDAM Kabupaten Tegal dapat dijelaskan melalui teori alokasi sumber daya air. Teori tersebut dapat dipahami dari Tietenberg dan Lewis (2018). Sumber daya air merupakan bagian dari sumber daya alam yang memiliki sifat yang berbeda dengan sumber daya alam lainnya. Air merupakan sumber daya yang klasifikasinya dapat digolongkan baik ke dalam sumber daya terbarukan maupun tidak terbarukan. Tergantung pada sumber dan pemanfaatannya. Pasokan air yang tersedia berasal dari sumber yang berbeda yaitu dari bawah tanah (groundwater) dan air permukaan (surface water).

Alokasi sumber daya air permukaan yang efisien mempertimbangkan 2 syarat. Pertama, manfaat bersih marginal (marginal net benefit, MNB) harus sama pada semua pengguna. Kedua, semua pengguna dapat mengaksesnya. MNB adalah cermin dari permintaan air. Kedua syarat tersebut mempertimbangkan kendala stok air. Gambar 1 memeragakan pengelolaan air yang efisien.



Sumber : Tietenberg dan Lewis (2018)

Gambar 1. Efisiensi Alokasi Air

Sumbu vertikal menampilkan variabel harga (price), dan sumbu horizontal menampilkan variabel jumlah air yang tersedia (Q). Jumlah air yang tersedia adalah QT. Pasokan atau supply air ditunjukkan oleh garis vertikal ST. Pasokan air diasumsikan given, sehingga berbentuk vertikal. Permintaan air ditunjukkan oleh kurva marginal net benefit (MNB). MNB menjelaskan tambahan manfaat bersih sebagai akibat dari perubahan penggunaan air. Mirip dengan intuisi, dimana, setiap penambahan konsumsi suatu barang, maka manfaat atas barang tersebut akan menurun.

Diasumsikan terdapat dua pengguna, yaitu A dan B. Pengguna A diasumsikan memiliki permintaan yang lebih tinggi dari pengguna B. Permintaan air masyarakat, oleh karena itu, adalah agregasi dari permintaan pengguna A dan B atau $MNBA + MNBB$, sehingga kurva $MNBA$ kearah kanan disambung dengan garis putus-putus.

Alokasi air yang efisien untuk masyarakat terjadi apabila permintaannya sama dengan pasokannya, $MNBA + MNBB = QT$. Pada situasi tersebut, tingkat harga yang sesuai dengan permintaan masing-masing yaitu $PA = PB$. Pada tingkat harga tersebut, pengguna A akan menggunakan air sebanyak $0Q^*_A$, dan pengguna B sebanyak $0Q^*_B$.

Teori alokasi sumber daya air tersebut memberikan informasi pada hal-hal yang perlu disiapkan dalam penelitian empiris. Sekurang-kurangnya, kita perlu mengetahui jumlah stok air, jumlah dan sifat permintaan masyarakat pengguna, dan harga sumber daya air.

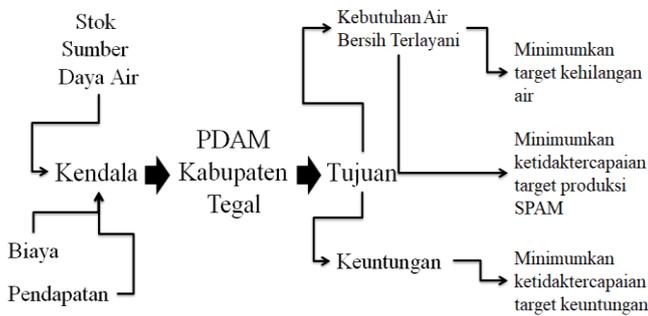
Teori alokasi tersebut memerlukan relaksasi. Faktanya, khusus di Kabupaten Tegal, air bersih diproduksi oleh PDAM yang diambil dari stok sumber daya air yang berbeda-beda, yaitu ada 12 titik sumber daya air.

Pengelolaannya, dari bentuk sumber daya air menjadi air bersih dilakukan oleh instalasi pengelolaan air (IPA). Tarif atau harga (istilah teoritis) belum tentu mempertimbangkan manfaat bersih. Pricing PDAM, (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017), menggunakan full cost recovery (FCR). Ketersediaan anggaran untuk produksi air juga tidak terbengkal pada teori tersebut. Faktanya PDAM memiliki anggaran untuk mengolah sumber daya air menjadi air bersih.

Relaksasi terhadap teori alokasi sumber daya air, berdasarkan hasil penelusuran literatur, ditampilkan pada pembahasan. Terdapat 5 penelitian terkait alokasi sumber daya air yang telah dipelajari. Empat diantaranya mengkaji optimalisasi sumber daya air PDAM pada daerah lain dengan spesifikasi model yang berbeda-beda. Satu penelitian lagi, dipilih, karena menjelaskan penentuan harga atau tariff sumber daya air.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan sumber daya air PDAM Kabupaten Tegal diabstraksi pada Gambar 2. Ekspresi matematisnya disajikan pada persamaan (1) dan (2). Persamaan (1) mengoperasionalkan tujuan, dan persamaan (2) mengoperasionalkan kendala. Pada persamaan (1), tujuan pengelolaan PDAM Kabupaten Tegal adalah meminimumkan target kelebihan kehilangan air, sedangkan yang lainnya adalah meminimumkan target produksi air yang tidak tercapai pada 4 SPAM, serta target keuntungan PDAM yang tidak tercapai.



Sumber : Olahan peneliti

Gambar 2. Pengelolaan Sumber Daya Air PDAM Kabupaten Tegal

Min: $DO_1 + Du_2 + Du_3 + Du_4 + Du_5 + Du_6 \dots\dots\dots (1)$
dimana:

- DO_1 = minimisasi kelebihan target kehilangan air
- Du_2 = minimisasi ketidaktercapaian target produksi air pada SPAM Eksisting
- Du_3 = minimisasi ketidaktercapaian target produksi air pada SPAM Bregas
- Du_4 = minimisasi ketidaktercapaian target produksi air pada SPAM Pantura
- Du_5 = minimisasi ketidaktercapaian target produksi air pada SPAM IKK

Du_6 = minimisasi ketidaktercapaian target keuntungan PDAM

Kendalanya disajikan pada persamaan (2.1) hingga (2.9) :

$0.43 X_1 + 0.67 X_2 + 0.71 X_3 + 0.17 X_4 + Du_1 - Do_1 = 1.704 \dots\dots\dots (2.1)$

$1.99 X_1 + 0 X_2 + 0 X_3 + 0 X_4 + Du_2 - Do_2 = 2.006 \dots\dots\dots (2.2)$

$0 X_1 + 2.96 X_2 + 0 X_3 + 0 X_4 + Du_3 - Do_3 = 4.33 \dots\dots\dots (2.3)$

$0 X_1 + 0 X_2 + 2.89 X_3 + 0 X_4 + Du_4 - Do_4 = 1.52 \dots\dots\dots (2.4)$

$0 X_1 + 0 X_2 + 0 X_3 + 0.66 X_4 + Du_5 - Do_5 = 0.66 \dots\dots\dots (2.5)$

$4\ 347 X_1 + 6\ 476.93 X_2 + 6\ 309.02 X_3 + 1\ 445.33 X_4 + Du_6 - Do_6 = 18\ 578.29 \dots\dots (2.6)$

$4\ 652.85 X_1 + 6\ 932.63 X_2 + 6\ 752.91 X_3 + 1\ 547.02 X_4 \leq 19\ 885.42. (2.7)$

$8\ 999.85 X_1 + 13\ 409.56 X_2 + 13\ 061.94 X_3 + 2\ 992.35 X_4 \geq 38\ 463.70 (2.8)$

$1.56 X_1 + 2.29 X_2 + 2.18 X_3 + 0.49 X_4 \leq 8.52 \dots\dots\dots (2.9)$

Persamaan (2.1) hingga (2.6), secara berurutan menampilkan kendala kehilangan air, volume produksi di setiap SPAM, dan keuntungan PDAM. Persamaan (2.7) hingga (2.9) secara berurutan menampilkan kendala biaya produksi, kendala pendapatan yang diperoleh dari penjualan air bersih, dan jumlah stok air.

Solusi dari sistem persamaan (1) dan (2) dipecahkan dengan program Lindo. Hasilnya disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Hasil solusi model optimasi alokasi sumber daya air menunjukkan bahwa ada target yang berlebih dan tidak tercapai. Dari sisi target kehilangan air, ada yang berlebih yaitu sebesar 248 000 m³, untuk target produksi air bersih di SPAM Eksisting, SPAM Bregas dan SPAM Pantura semuanya terpenuhi, sedangkan pada SPAM IKK ada target produksi yang tidak tercapai yaitu sebesar 19 000 m³. Selanjutnya, untuk target keuntungan juga tercapai, selengkapnya ditampilkan pada Tabel 1.

TABEL 1. PENCAPAIAN TUJUAN PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR MENURUT SOLUSI OPTIMAL DI KABUPATEN TEGAL

<i>Juta m³</i>			
No.	Tujuan	Data Aktual	Solusi GP
1.	Do1	1.704	0.248
2.	Du2	2.006	0
3.	Du3	4.33	0
4.	Du4	1.52	0
5.	Du5	0.66	0.019
6.	Du6	18 578.29	0

Sumber: Solusi Model Alokasi Sumber Daya Air di Kabupaten Tegal

Tingkat kehilangan atau kebocoran merupakan suatu indikasi inefisiensi yang dilakukan PDAM. Tingkat kehilangan air atau kebocoran yang ada tidak lepas dari berbagai permasalahan yang terjadi dari kondisi perpipaan, perencanaan penambahan kapasitas, teknis operasional pengelolaan, kondisi lingkungan, serta adanya pengguna ilegal.

Menurut hasil solusi model, bahwa tingkat kehilangan air di Kabupaten Tegal harus diturunkan, presentasi kehilangan air aktual sebesar 23.28 persen. Sedangkan batas toleransi yang telah ditetapkan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) yaitu sebesar 20 persen dari produksi air, ini artinya tingkat kehilangan air PDAM Kabupaten Tegal masih diatas toleransi yang telah ditetapkan. Namun jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya, kebocoran air PDAM mengalami penurunan sebesar 1.04 persen, yaitu pada tahun 2018 mencapai 24.32 persen.

Menurut Winarno (2019), hal-hal yang mempengaruhi tingkat kebocoran di Kabupaten Tegal diantaranya : (1) Aspek Teknis, yaitu pipa penyalur air yang mengalami kerusakan. (2) Aspek Administrasi, yaitu akurasi, kebocoran akibat kesalahan pembacaan meter, dan sambungan ilegal. Pelaksanaan penanggulangan kehilangan air perlu adanya dukungan sumber daya manusia yang memadai dan rehab jaringan.

Tingkat kehilangan air ini merupakan masalah utama dalam pengelolaan pelayanan air bersih. Permasalahan dilihat dari sisi ekonomi yaitu kehilangan air telah mengakibatkan kerugian yang cukup besar baik untuk perusahaan daerah air minum (PDAM) maupun bagi masyarakat sebagai konsumen PDAM. Kerugian tersebut diantaranya berkurangnya keuntungan PDAM, berkurangnya kuantitas dan tekanan air yang dapat digunakan oleh konsumen.

Menurut Esnawati (2009) kehilangan air mempresentasikan bahwa sistem produksi, distribusi dan penjualan air oleh pengelola air tidak efisien. International Water Association (IWA) menyatakan bahwa topik pembicaraan air dalam abad 21 adalah kehilangan air. Setiap pengelola melakukan berbagai cara dan teknik untuk mengurangi tingkat kehilangan air. Pada dasarnya tingkat kehilangan air tidak dapat dihindari hanya dapat dikurangi jumlahnya. Minimisasi tingkat kehilangan air juga merupakan alternatif untuk menghadapi kelangkaan sumber daya air. Oleh karena itu, dalam pengelolaan air oleh PDAM Kabupaten Tegal dapat melalui penurunan tingkat kebocoran hingga mencapai angka sekecil mungkin.

Meskipun masih ada tingkat kebocoran yang berlebih atau masih diatas batas toleransi, keuntungan yang diperoleh PDAM Kabupaten Tegal mencapai target yaitu sebesar Rp. 18 578.29 juta. Keuntungan ini menyumbang PAD tahun 2019, ini dikarenakan tingkat kebocoran masih dinilai aman. Tapi PDAM harus terus melakukan penurunan angka kehilangan air tersebut.

Selanjutnya alokasi yang optimal dibandingkan dengan alokasi air saat ini (aktual) guna menentukan apakah

diperlukan penambahan atau pengurangan jumlah produksi air yang dialokasikan pada setiap SPAM. Tabel 2 menyajikan hasil solusi yang terkait dengan alokasi di empat SPAM yang optimal. Hasilnya menunjukkan bahwa produksi air bersih yang dialokasikan, merekomendasikan untuk SPAM Eksisting, SPAM Bregas dan SPAM Pantura dikurangi kapasitasnya. Sedangkan untuk SPAM IKK ditambah kapasitasnya. Menurut solusi model tersebut, alokasi air di SPAM Eksisting yang disalurkan secara optimal sebesar 1 008 000 m³, SPAM Bregas sebesar 1 460 000 m³, SPAM Pantura sebesar 526 000 m³, dan alokasi air untuk SPAM IKK sebesar 970 000 m³.

TABEL 2. ALOKASI AIR BERSIH AKTUAL DAN SOLUSI OPTIMAL PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR DI KABUPATEN TEGAL

Variabel	Aktual (juta m ³)	Solusi GP (juta m ³)	Juta m ³
			Reduced Cost
X1	1.99	1.008	0
X2	2.96	1.46	0
X3	2.89	0.526	0
X4	0.66	0.97	0

Sumber : Solusi model alokasi sumber daya air di Kabupaten Tegal

Hasil solusi model ini menggambarkan kondisi alokasi air PDAM dan ketersediaan air yang digunakan pada tahun 2019. Hasil solusi model merekomendasikan kapasitas produksi terbesar pada SPAM Bregas, hal ini tercermin pada tingkat cakupan pelayanan daerah yang paling besar pada SPAM Bregas sebanyak 18 650 Sambungan Rumah (SR). SPAM Eksisting sebanyak 9 998 SR, SPAM Pantura sebanyak 13 051 SR, dan SPAM IKK sebanyak 3 732 SR. Untuk daerah pelayanan SPAM Pantura dalam praktiknya ada suplai air dari SPAM Bregas yaitu sebesar 1 360 000 m³. Untuk itu kelebihan dari SPAM Bregas ini dapat di suplai untuk daerah pelayanan SPAM Pantura.

Dari hasil solusi model, nampak bahwa seluruh SPAM memiliki reduced cost sama dengan nol (0) yang menunjukkan bahwa biaya per m³ produksi air dari SPAM sama dengan keuntungan yang diperoleh dari setiap m³ produksi air tersebut.

Selanjutnya nilai dual price, menurut (Taha, 2017) dual price merupakan tingkat perubahan (kenaikan/penurunan) fungsi tujuan per unit terhadap perubahan sumber daya. Menurut hasil solusi model, nilai dual price untuk setiap kendala dalam produksi air di masing-masing SPAM yaitu jumlah stok air dan pendapatan telah mencapai maksimum, dimana tambahan penerimaannya sudah sama dengan 0. Nilai dual price dari biaya sama dengan 0.000317, ini artinya apabila ada tambahan biaya untuk produksi air sebesar 1 juta, maka memberikan tambahan pendapatan sebesar 300 rupiah per m³ sumber daya air.

PDAM sebagai perusahaan yang mengelola air, memberlakukan tarif untuk setiap pengguna. Penetapan tariff ini mencerminkan biaya yang memberikan sinyal kepada pengguna mengenai nilai dari air dan dapat menjadi

insentif untuk pemanfaatan air yang lebih bijak.

Hasil penelitian skripsi ini dapat dikonduksikan pada penelitian serumpun. Pertama, Susanti (2009) yaitu membangun model optimasi pemanfaatan sumber daya air di Kabupaten Kuningan, dimana tujuannya meminimumkan target kebutuhan air untuk rumah tangga, dunia usaha, dan irigasi. Dengan kendala volume air di masing-masing sumber mata air dan kebutuhan air di setiap pengguna. Penelitiannya memberikan informasi yang mengejutkan, yaitu solusi model merekomendasikan pada PDAM Kabupaten Kuningan tidak perlu adanya tarif terhadap sumber daya air, karena sumber daya air tergolong melimpah. Namun, tarif yang telah diberlakukan karena ada biaya yang cukup besar, dan dengan dikenakannya tariff mencegah pemanfaatan yang berlebih.

Kedua, Sualang et al.,(2018) penelitiannya mengenai optimasi produksi air bersih PT. Air Manado dengan menggunakan metode goal programming. Tujuannya meminimumkan permintaan yang tidak tercapai, produksi air yang berlebih, dan pendapatan PDAM yang tidak tercapai. Variabel keputusannya jumlah produksi air bersih pada masing-masing IPA, dengan kendala tingkat permintaan air, kapasitas produksi dan kendala pendapatan penjualan air bersih.

Ketiga, penelitian yang dilakukan oleh Esnawati (2009), mengenai perhitungan tariff PDAM Kota Bekasi dengan menggunakan mekanisme Full Cost Recovery. Keempat, Suprayogi (2011), dan kelima Nelwan et al.,(2013), mereka meneliti mengenai hal yang serupa yaitu mengembangkan model optimasi distribusi air bersih PDAM, dengan mempertimbangkan jalur pipa yang memberikan biaya terendah. Model optimasi yang dilakukan mempertimbangkan kendala ketersediaan air bersih, biaya operasional dan kebutuhan masyarakat akan air bersih, dengan menggunakan metode transportasi.

Dari kelima literatur tersebut setidaknya memberikan kontribusi dalam penelitian ini yaitu dalam membentuk model optimasi alokasi sumber daya air, dengan mempertimbangkan batasan atau kendala biaya produksi dan pendapatan PDAM.

Belajar dari hasil studi literatur, tampak bahwa model alokasi sumber daya air dalam hal ini penting dalam rangka menentukan alokasi air untuk memenuhi kebutuhan air seluruh masyarakat secara optimal, adil, berkelanjutan dan mendapatkan keuntungan.

Penelitian ini menampilkan perbedaan dengan penelitian sebelumnya. Penelitian ini mempertimbangkan kehilangan air, karena kehilangan air sesuatu yang tidak bisa dihindari dalam alokasi air bersih PDAM. Selain itu, menampilkan optimasi sumber daya air pada level SPAM. SPAM dapat diartikan sebagai induk distribusi air bersih kepada masyarakat. Sedangkan penelitian sebelumnya pada level IPA, yaitu pengolahan air, dan dari sumber mata air yang didistribusikan ke PDAM untuk diolah. Perhitungan tariff yang dilakukan oleh Esnawati (2009), dalam penelitian ini dapat menggunakan analisis dual price sebagai dasar dalam menentukan tariff.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil studi optimasi sumber daya air PDAM Kabupaten Tegal adalah:

1. PDAM Kabupaten Tegal perlu menurunkan tingkat kehilangan air per tahun sebesar 248 000 m³.
2. Terdapat target produksi air bersih yang belum tercapai pada SPAM IKK sebesar 19 000 m³.
3. PDAM Kabupaten Tegal memiliki kemampuan besar untuk mencapai target keuntungan.
4. Produksi air yang optimal pada SPAM Eksisting adalah 1 008 000 m³, SPAM Bregas sebesar 1 460 000 m³, SPAM Pantura sebesar 526 000 m³, dan SPAM IKK sebesar 97 000 m³.
5. Marginal profit diperkirakan sebesar 300 rupiah. Solusi model menemukan bahwa kenaikan biaya produksi air sebesar 1 juta, maka tambahan pendapatannya sebesar 300 rupiah per m³ air.

V. SARAN

Aplikasi model GP untuk pengelolaan sumber daya air yang dikelola oleh perusahaan bukan pekerjaan yang baru. Namun masalah optimasi pemanfaatan sumber daya air berubah secara dinamis seiring dengan perubahan pada jumlah pengguna dan selernya. Secara disiplin, pengalaman penelitian skripsi ini, memberikan saran perlukannya penelitian lanjutan yang menginkorporasi sifat monopoli PDAM pada model, sehingga dapat diperoleh cakupan keputusan pengelolaan yang lebih presisi. Penelitian ini juga belum berhasil menangkap permintaan air bersih masyarakat ke dalam model, meskipun telah direspesifikasi berulangkali.

Secara praktis, pengalaman penelitian skripsi ini

1. Dilakukan pembaruan dalam fasilitas seperti teknologi terameter. Teknologi ini untuk mengukur kubikasi penggunaan air, dengan adanya teknologi yang lebih canggih, maka, dapat menurunkan angka kehilangan air karena akurasi (kesalahan baca meter). Sehingga mengurangi inefisiensi dalam produksi sumber daya air.
2. Dilakukannya tambahan produksi air bersih yaitu sebesar 712 440 m³ dengan memanfaatkan kapasitas sumber air yang belum terpakai untuk menambahkan jaringan baru.
3. Untuk rencana jangka panjang, dipasang pipa antar SPAM agar volume air yang dari SPAM Eksisting, Bregas dan Pantura yang memiliki kelebihan air dapat dialirkan ke SPAM IKK yang membutuhkan air sebesar 310 000 m³, diikuti dengan perubahan zona layanan baru. Selain itu jalur distribusi baru harus dipikirkan seperti pemilihan alternatif dengan membangun jaringan pipa yang panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Esnawati, R. (2009). Analisis Ekonomi Fungsi Produksi, Penetapan Tarif dan Alokasi Air Minum yang Efisien. Bogor.

- [2] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). Buku Kinerja PDAM 2017. Jakarta: Badan Peningkatan Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum.
- [3] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Modul Air Tak Berekening. Jakarta Selatan.
- [4] Nelwan, C., S. Kekenusa, J., & Lang, Y. (2013). Optimasi Pendistribusian Air Dengan Menggunakan Metode Least Cost dan Metode Modified Distribution. *Jurnal Ilmiah Sains* Vol. 13 No. 1.
- [5] Nurcahyono, A., Syam, H., & Sundaya, Y. (2015). Hak Atas Air dan Kewajiban Negara dalam Pemenuhan Akses terhadap Air. *Mimbar*, 389-398.
- [6] Sualang, M., Nainggolan, N., & S. Kekenusa, J. (2018). Optimasi Produksi Air Bersih Pelanggan PT. Air Manado Menggunakan Metode Goal Programming. *Matematika dan Aplikasi*, 29-34.
- [7] Suprayogi, I., & Kusumadewi, S. (2011). Optimasi Distribusi Air Minum Pdam Menggunakan Pendekatan Fuzzy Integer Transportation Problem. *Jurnal Purifikasi*, 1-8.
- [8] Susanti, A. I. (2009). Analisis Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Air di Kabupaten Kuningan. Skripsi. Universitas Islam Bandung, Bandung.
- [9] Taha, H. A. (2017). *Operations Research An Introduction*. United States: Pearson education.
- [10] Tietenberg, T., & Lewis, L. (2018). *Environmental and Natural Resource Economics*. New York: Taylor and Francis.
- [11] Winarno. (2019, Desember Selasa). Sistem Produksi Air PDAM Kabupaten Tegal dan Pengelolaannya. (F. L. Fajri, Interviewer)