

Kajian Penggunaan Tower Tank Krembangan pada Sistem Distribusi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Ajeng Dwi Andaresta dan Alfian Purnomo
Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: alfianpurnomo@gmail.com

Abstrak—PDAM Surya Sembada Kota Surabaya mempunyai nilai tekanan sambungan pelanggan yang terlayani dengan tekanan lebih dari 7 m pada tahun 2018 hanya sebesar 19,84%. Sebagai upaya peningkatan kualitas air pelanggan, maka dilakukan kajian untuk mengaktifkan kembali bangunan tower tank Krembangan berkapasitas 1.500 m³ setinggi 35 m. Kajian ini mempunyai tujuan untuk menganalisis kondisi eksisting jaringan pipa distribusi jika menggunakan pompa Krembangan dalam menyuplai air, menganalisis kemampuan tower tank Krembangan dalam menyuplai air pada tahun 2030, dan menentukan sistem pengaliran yang sesuai dalam segi tekanan yang dihasilkan dan penggunaan energi listrik pompa. Analisis jaringan distribusi menggunakan pemodelan dengan program WaterCAD V8i series5. Pemodelan jaringan distribusi dilakukan dengan beberapa parameter, yaitu debit, kecepatan, tekanan, dan biaya pengoperasian pompa. Hasil komputasi program WaterCAD untuk kondisi eksisting jaringan pipa distribusi menggunakan 4 pompa Krembangan pada tahun 2019 menghasilkan total 367 titik junction yang mempunyai nilai dibawah 10 m. Nilai tekanan kurang disebabkan karena pompa eksisting tidak dapat mengatasi fluktuasi pemakaian air pada daerah pelayanan. Dalam analisis kemampuan tower tank Krembangan dalam menyuplai air pada tahun 2030, terbagi menjadi 3 *trial*. Hasil *trial 1* dengan menggunakan tower tank menghasilkan total terdapat 63 titik junction yang mempunyai nilai dibawah 10 m. Nilai tekanan yang masih kecil pada junction disebabkan oleh nilai headloss yang masih tinggi. Pada *trial 2* dengan memasang booster pump pada jaringan yang mempunyai nilai tekanan kecil dapat menghasilkan nilai tekanan rata-rata 17 m pada jam puncak. Dan pada *trial 3* dengan pembatasan area pelayanan tower tank menghasilkan nilai tekanan rata-rata 23 m pada jam puncak. Dari segi efisiensi energi pompa dan nilai tekanan yang paling memenuhi, *trial 3* menggunakan tower tank dengan pembatasan area pelayanan merupakan alternatif terbaik dalam kajian penggunaan tower tank Krembangan.

Kata Kunci—Jaringan Distribusi, PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, Tekanan Air, Tower Tank, WaterCAD V8i Series 5.

I. PENDAHULUAN

PADA sistem distribusi dalam penyediaan air minum, reservoir berfungsi sebagai tempat penampung air yang berasal dari IPA guna menjaga kesetimbangan antara produksi dan ketersediaan air pada kondisi darurat atau keperluan instalasi. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tentang panduan pendampingan SPAM perpipaan berbasis masyarakat, reservoir air dibangun dalam bentuk ground reservoir yang umumnya berguna untuk menampung produksi air dari sistem IPA, atau dalam bentuk menara air yang umumnya berguna untuk mengantisipasi kebutuhan puncak di daerah distribusi [1]. Air yang telah diproduksi di unit produksi harus didistribusikan kepada

masyarakat sebagai pelanggan PDAM. Hal ini harus menjamin kepastian pengaliran air minum ke daerah pelayanan dengan memenuhi prinsip kuantitas, kualitas, kontinuitas, dan keterjangkauan (4K).

Berdasarkan buku kinerja BUMD penyelenggara SPAM 2019 diketahui bahwa jumlah pelanggan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yaitu sebesar 562.381 unit SL dan mempunyai cakupan pelayanan sebesar 98,97% [2]. Tekanan sambungan pelanggan yang terlayani dengan tekanan lebih dari 7 m pada tahun 2018 hanya sebesar 19,84%, dimana hal tersebut mengakibatkan tidak terpasoknya air pada jam puncak di beberapa wilayah pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Pada kondisi saat ini PDAM menggunakan groundreservoir Krembangan dengan sistem pemompaan sebagai booster pump dalam menyuplai air di Kecamatan Krembangan, Kecamatan Pabean Cantian dan Kecamatan Semampir.

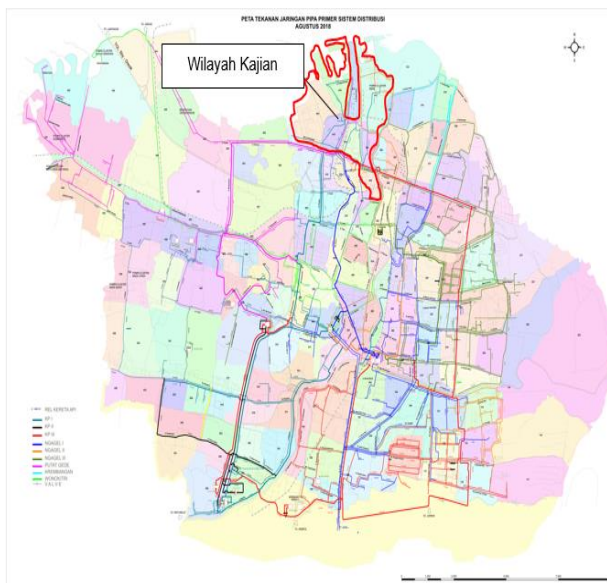
Pada sistem distribusi terdapat dua hal yang harus diperhatikan yaitu tersedianya jumlah air yang cukup dan tekanan yang memenuhi. Reservoir digunakan dalam sistem distribusi untuk menyeimbangkan debit pengaliran, mempertahankan tekanan, dan mengatasi keadaan darurat. Reservoir harus diletakkan sedekat mungkin dengan pusat daerah pelayanan. Reservoir distribusi juga digunakan untuk mengurangi variasi tekanan dalam sistem distribusi [3]. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan kajian untuk mengaktifkan kembali bangunan tower tank Krembangan berkapasitas 1.500 m³ setinggi 35 m dan menganalisis kemampuan tower tank serta memilih sistem pengaliran yang sesuai dalam segi tekanan yang dihasilkan dan penggunaan energi listrik pompa dalam menyuplai air guna membantu memberikan sumbangan pemikiran dalam rangka peningkatan sistem distribusi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

II. URAIAN PENELITIAN

Dalam metodologi penelitian ini akan membahas tentang hal-hal yang dilakukan dalam penelitian dan merupakan pedoman untuk memahami objek yang akan diteliti meliputi, teknik perolehan data, teknik analisa data, dan pembahasan. Penelitian ini mempunyai tujuan akhir yang diharapkan dapat memberikan suatu kesimpulan terhadap masalah yang ada.

A. Pengumpulan Data Primer

Data primer adalah data yang diambil secara langsung atau survei pada wilayah pelayanan sub zona 305, 309, 313, 414, 415, 419, dan 434 pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Peta jaringan distribusi wilayah kajian terdapat



Gambar 1. Peta Jaringan Pipa Distribusi PDAM Kota Surabaya.

Tabel 1. Proyeksi Penduduk Tahun 2030

Kelurahan/Tahun	2018*	2030
Proyeksi Penduduk Kecamatan Krembangan		
MoroKrembangan	47940	47941
Perak Barat	16655	16656
Krembangan Selatan	15370	15371
Jumlah	79965	79968
Proyeksi Penduduk Kecamatan Pabean Cantian		
Bongkaran	12908	12622
Nyemplungan	11758	11621
Krembangan Utara	18699	19370
Perak Timur	16141	16547
Perak Utara	30375	31451
Jumlah	89881	91611
Proyeksi Penduduk Kecamatan Semampir		
Ampel	21124	26879
Ujung	36443	46371
Jumlah	57567	73250

pada gambar 1 [4]. Data primer yang diambil seperti kondisi tower tank Krembangan dengan observasi lapangan untuk spesifikasi tower tank beserta fasilitas penunjang lainnya. Kemudian kondisi wilayah dilakukan dengan observasi lapangan untuk mengetahui jenis aktivitas di wilayah tersebut.

B. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diambil dari data yang sudah ada sebelumnya. Data sekunder yang digunakan antara lain:

1. Data elevasi wilayah penelitian. Data elevasi diperoleh dengan menggunakan google earth.
2. Peta pelayanan zonasi
3. Peta eksisting jaringan pipa distribusi
4. Data jumlah pelanggan
5. Data debit, tekanan, aliran jaringan ditribusi
6. Data perpipaian
7. Data fluktuasi pemakaian air
8. Spesifikasi tower tank Krembangan
9. Spesifikasi pompa eksisting Krembangan

C. Analisis dan Pembahasan

Pembahasan bertujuan untuk memperjelas data yang telah dilakukan pengolahan. Hal-hal yang akan diperhitungkan dalam analisis data dan pembahasan meliputi beberapa tahap, antara lain.

Tabel 2. Proyeksi Pelanggan SR Tahun 2030

Proyeksi Pelanggan SR		
Subzone	2018	2030
305	1419	1204
309	3697	2857
313	4253	4402
414	4501	4693
415	2424	1946
419	1591	1473
434	0	0
Jumlah	17885	16575

Tabel 4. Kebutuhan Air Tahun 2030 Pada Setiap Sub Zona

Sub Zona	Total Debit sub Zona (L/s)	
	Q rata-rata	Q Jam Puncak
305	30,3	42,96
309	37,04	52,52
313	59,75	84,72
414	86,46	122,58
415	33,89	48,05
419	28	39,7
434	40,25	57,07

Tabel 5. Hasil Perhitungan Daya Pompa

Nama	Jumlah unit	Flow (L/s)	Head (m)	n (%)	Daya Pompa (kW)	Total Daya (kWh / 1000 m ³)
Trial 1	4	60	35	85,0%	24,5	453,5
	4	60	35	85,0%	24,5	
Trial 2	1	57	21	93,6%	12,7	553,4
	1	8	12	86,7%	1,1	
Trial 3	4	60	35	85,0%	24,5	453,5

1) Proyeksi Penduduk

Proyeksi Penduduk dilakukan untuk mengetahui laju pertumbuhan penduduk dan jumlah penduduk hingga tahun proyeksi. Kemudian dilakukan perbandingan jumlah penduduk dengan jumlah SR yang akan didapatkan jumlah orang per SR. dan dipatkan persen pelayanan pada setiap sub zona hingga tahun proyeksi.

2) Proyeksi pelanggan

Proyeksi pelanggan di daerah pelayanan eksisting dilakukan untuk mengetahui kebutuhan air daerah pelayanan eksisting hingga tahun proyeksi. Perhitungan proyeksi pelanggan terbagi menjadi proyeksi sambungan rumah dan proyeksi fasilitas umum.

3) Proyeksi kebutuhan air minum

4) Pengolahan data dengan program WaterCAD

Analisis dengan menggunakan program WaterCAD bertujuan untuk menganalisis parameter seperti flow, tekanan, kecepatan, dll. Analisis sistem jaringan distribusi dilakukan dengan menggunakan tower tank Krembangan berdasarkan kebutuhan air pada tahun 2030. Pada analisis ini menggunakan tiga trial, yaitu : (a)Kemampuan tower tank dan pompa Krembangan dalam menyuplai air di Kecamatan Krembangan, Kecamatan Pabean Cantian dan Kecamatan Semampir; (b)Kemampuan sistem kombinasi menggunakan tower tank dan booster pump dalam menyuplai air di Kecamatan Krembangan, Kecamatan Pabean Cantian dan Kecamatan Semampir jika tidak mampu melayani titik terjauh; (c)Kemampuan tower tank Krembangan dalam menyuplai air di sebagian wilayah penelitian.

Tabel 3.

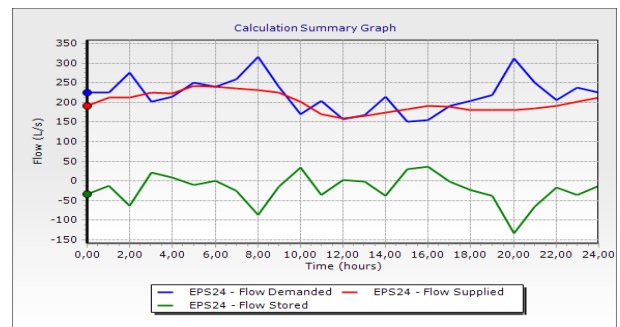
Hasil proyeksi pelanggan SR tahun 2030 terdapat pada		
Kategori Pelanggan	2018	2030
	Jumlah Pelanggan	Jumlah Pelanggan
305		
Industri	2	3
Pemerintahan	4	4
Perdagangan	891	848
Sosial Khusus	7	8
Sosial Umum	9	11
Total	913	874
309		
Industri	4	4
Pemerintahan	4	3
Perdagangan	647	629
Sosial Khusus	19	19
Sosial Umum	33	33
Total	707	688
313		
Pemerintahan	63	71
Perdagangan	94	100
Sosial Khusus	20	22
Sosial Umum	49	54
Total	226	247
414		
Industri	6	7
Pemerintahan	22	22
Perdagangan	621	722
Sosial Khusus	26	30
Sosial Umum	47	58
Total	722	839
415		
Industri		1
Pemerintahan	25	23
Perdagangan	563	536
Sosial Khusus	16	18
Sosial Umum	23	21
Total	627	599
419		
Industri	1	1
Pelabuhan	1	1
Pemerintahan	23	22
Perdagangan	347	327
Sosial Khusus	9	9
Sosial Umum	10	10
Total	391	370
434		
Pelabuhan	3	3
Pemerintahan	9	-
Total	12	3
Grand Total	3.598	3.620

Tabel 6.

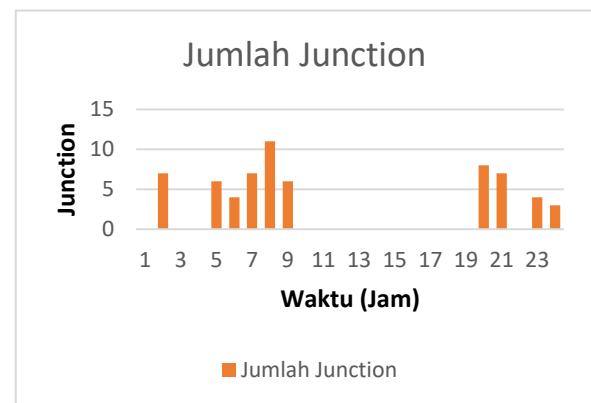
Nilai Tekanan Rata-Rata Junction Pada Jam Puncak	
Nama	Tekanan rata-rata jam puncak (m)
Trial 1	16
Trial 2	17
Trial 3	23

Tabel 7.

Hasil Pembobotan Masing-Masing Trial			
Nama	Jumlah Tekanan dibawah 10 m	Daya pompa	Jumlah Pembobotan
Trial 1	1	3	4
Trial 2	2	1	3
Trial 3	3	3	6



Gambar 2. Fluktuasi Debit Pada Trial 1.



Gambar 3. Jumlah Junction yang Memiliki Nilai Tekanan Dibawah 10 m Trial 1.

5) Menghitung penggunaan pompa pada setiap analisis

Perhitungan penggunaan pompa dijadikan faktor pemilihan sistem jaringan distribusi yang paling efektif.

6) Kesimpulan dan Saran

Dari analisis data dan pembahasan yang dilakukan diambil kesimpulan yang menyatakan ringkasan dari hasil penelitian. Saran diberikan untuk perbaikan penelitian dan pelaksanaan penelitian lebih lanjut.

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Proyeksi Penduduk

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007, terdapat 3 metode yang dapat digunakan untuk memproyeksikan penduduk yaitu metode aritmatik, metode geometri, dan metode least square [5]. Dari ketiga metode tersebut kemudian dicari koefisien korelasinya untuk menentukan metode yang digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk. Setelah didapatkan nilai koefisien korelasi dilakukan perhitungan proyeksi dengan metode

terpilih hingga tahun 2030. Data penduduk di dapatkan dari data BPS [6][7][8] dan berikut hasil proyeksi penduduk tahun 2030 terdapat pada Tabel 1.

B. Proyeksi Sambungan Rumah (SR)

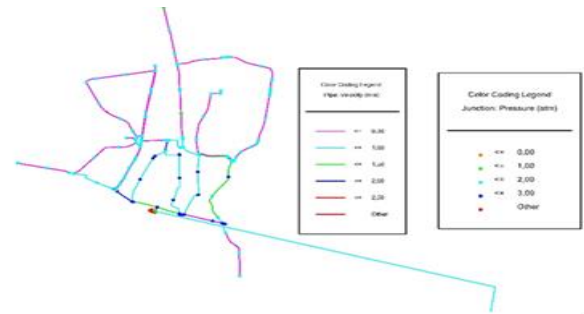
Proyeksi sambungan rumah (SR) diperlukan mengingat PDAM Surya Sembada Kota Surabaya telah mempunyai cakupan pelayanan sebesar 98,97%, sehingga jumlah SR tidak dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan jika jiwa/SR berpatokan dari data BPS maka jumlah SR akan sangat melonjak tajam seiring mengikuti jumlah penduduk. Maka perhitungan proyeksi pelanggan dilakukan untuk mengetahui jumlah jiwa/SR dan akan digunakan untuk perhitungan kebutuhan air. Hasil proyeksi pelanggan SR tahun 2030 terdapat pada Tabel 2.

C. Proyeksi Fasilitas

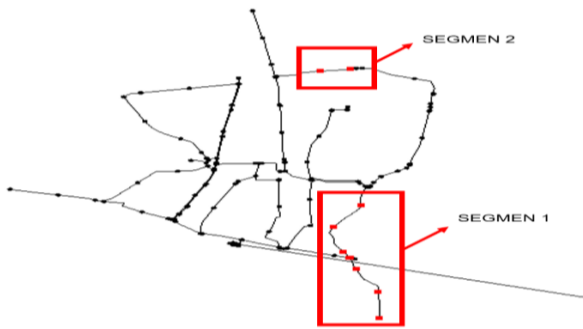
Proyeksi fasilitas umum pada masing-masing sub zona dilakukan menggunakan persamaan 2.8 akan tetapi jumlah penduduk diganti dengan jumlah sambungan rumah (SR) karena diasumsikan perbandingan persen pelayanan fasilitas umum dengan pelayanan domestik sama. Hasil proyeksi pelanggan SR tahun 2030 terdapat pada Tabel 3.



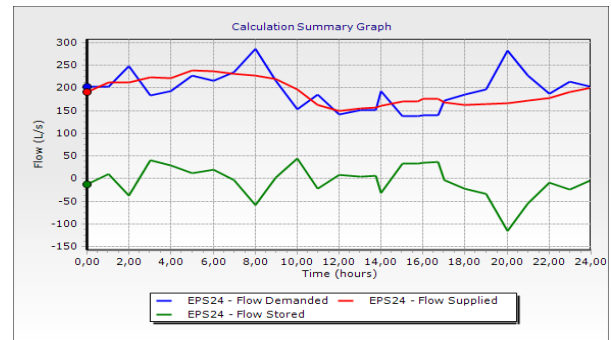
Gambar 4. Hasil Pemodelan pada Jam Puncak 08.00 (Kecepatan dan Tekanan).



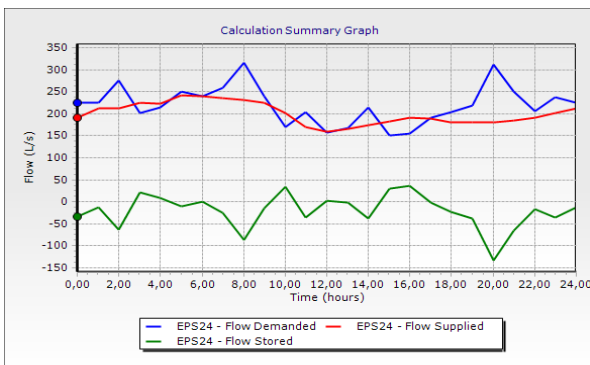
Gambar 7. Hasil Pemodelan pada Jam Puncak 08.00 (Kecepatan dan Tekanan).



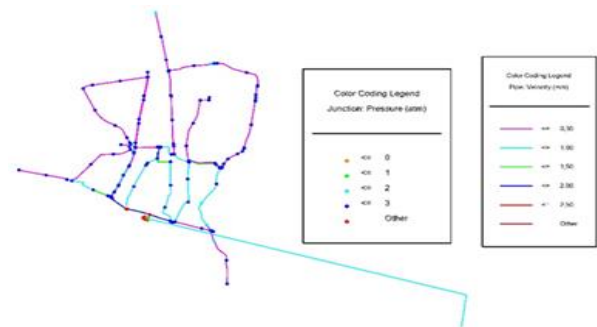
Gambar 5. Pembagian segmen 1 dan 2



Gambar 8. Fluktuasi Debit Pada Trial 3



Gambar 6. Fluktuasi Debit Pada Trial 2.



Gambar 9. Hasil Pemodelan pada Jam Puncak 08.00 (Kecepatan dan Tekanan).

D. Tingkat Kebutuhan Air

Berdasarkan proyeksi pelanggan maka akan dilanjutkan dengan menghitung kebutuhan air rata-rata setiap sub zona pada tahun proyeksi. Kebutuhan air rata – rata terdiri atas kebutuhan domestik, kebutuhan non domestik serta kehilangan air. Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih untuk pemenuhan kegiatan sehari-hari atau rumah tangga. Kebutuhan non domestik adalah kebutuhan air yang terdiri atas kebutuhan institusional, kebutuhan komersial dan industri serta kebutuhan fasilitas umum. Kehilangan air adalah jumlah air yang hilang akibat pemasangan sambungan yang tidak tepat, kebocoran dan penyambungan liar [9]. Rumus kebutuhan air rata – rata adalah sebagai berikut:

$$Q_r = Q_d + Q_n + Q_a$$

Keterangan:

- Q_r = kebutuhan air rata – rata (L/s)
- Q_d = kebutuhan air domestik (L/s)
- Q_n = kebutuhan air non domestik (L/s)
- Q_a = kehilangan air (L/s)

Hasil perhitungan kebutuhan air pada setiap sub zona tahun 2030 terdapat pada Tabel 4.

E. Komputasi WaterCAD

Setelah didapatkan hasil kebutuhan air total tahun 2030 pada setiap sub zona, selanjutnya dilakukan analisis kemampuan tower tank Krebangan dalam menyuplai air menggunakan komputasi program WaterCAD dengan mengasumsi tidak ada kebocoran pada tower tank. Program WaterCAD memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan program lain yaitu mendukung GIS database connection (Sistim Informasi Geografis) pada program ArcView ArcCAD, MapInfo dan AutoCAD yang memudahkan untuk penggabungan model hidrolik WaterCAD dengan database utama pada program tersebut dan juga mendukung program Microsoft Office, Microsoft Excel dan Microsoft Access untuk sharing data pada file WaterCAD [10].

Pada sistem distribusi air, tekanan minimum sebagai syarat adalah 1 atm atau setara dengan 1 bar atau 10 meter kolom air (mka) pada pipa sekunder dan tersier. Sedangkan pada pipa utama tekanan harus lebih besar dari 10 m. Tekanan maksimum juga harus diperhatikan, dikarenakan jika nilai tekanan terlalu besar dapat menyebabkan pipa pecah [11]. Pada analisis ini menggunakan debit kebutuhan air rata-rata pada tahun 2030. Dalam simulasi jaringan kali ini, tidak

langsung berhasil. Diperlukan beberapa kali *trial* sampai didapatkan jaringan distribusi air minum yang efektif.

1) Trial 1 Tower Tank

Pada *trial* 1 direncanakan air dari reservoir Ngagel 1 masuk ke ground reservoir kemudian akan dipompakan dengan 4 pompa eksisting menuju tower tank dan selanjutnya dialirkan ke area pelayanan. fluktuasi debit pada *trial* 1 dapat dilihat pada Gambar 2.

Hasil komputasi menunjukkan flow supplied memiliki nilai yang bervariasi mengikuti pattern ketinggian reservoir. Pada *trial* 1 menunjukkan bahwa penggunaan tower tank dalam menyuplai air di daerah pelayanan sudah cukup berhasil. Tower tank dapat mengatasi fluktuasi pemakaian air sehingga jumlah junction yang memiliki nilai tekanan dibawah 10 m menurun. Pemodelan *trial* 1 ini menghasilkan total titik dengan nilai tekanan dibawah 10 m sejumlah 63 titik. Dibandingkan dengan hanya menggunakan pompa eksisting tekanan jauh lebih baik pada penggunaan tower tank. Nilai tekanan yang masih kecil pada junction disebabkan oleh nilai headloss yang masih tinggi. Jumlah junction yang memiliki nilai tekanan dibawah 10 m dapat dilihat pada gambar 3 dan hasil pemodelan *trial* 1 pada jam puncak 08.00 (kecepatan dan tekanan) dapat dilihat pada Gambar 4. Sementara pada parameter kecepatan aliran dalam pipa menunjukkan pada jam puncak kecepatan aliran tertinggi sebesar 2,52 m/s dan masih ada nilai kecepatan yang kurang dari 0,3 m/s. Nilai kecepatan kecil dikarenakan debit yang di alirkan kecil pada diameter yang besar. Nilai kecepatan akan lebih besar saat jam puncak daripada jam rata-rata.

2) Trial 2 Memasang Pompa Booster

Trial 2 dilakukan untuk menaikkan pressure dengan memasang booster pump pada jaringan yang mempunyai nilai tekanan rendah. Pada *trial* 1, daerah yang mempunyai nilai tekanan kurang dari 10 m berada pada 2 segmen yaitu yang pertama pada sub zona 305, 309 dan yang kedua pada sub zona 313. Pemasangan pompa booster dilakukan pada setiap segmen tersebut. Pembagian segmen 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 5

Rencana sisa tekan minimum pada jaringan adalah sebesar 10 m. Berdasarkan data elevasi, dan total headloss maka dapat direncanakan tekanan yang dapat ditambahkan. Perhitungan dilakukan secara sederhana dengan memperkiraan melalui perhitungan perbedaan elevasi, headloss total dan tekanan minimum sehingga dapat diketahui prakiraan tekanan yang dibutuhkan untuk mencapai sisa tekan minimum. Pehitungan kebutuhan takanan pada setiap segmen sebagai berikut :

a. Kebutuhan tekanan pada segmen 1:

$$\begin{aligned} \text{Zbooster pump} &= 5 \text{ m} \\ \text{Z tertinggi} &= 8 \text{ m} \\ \text{Headloss total} &= 8,24 \\ \text{Tekanan minimum} &= 10 \text{ m} \\ \text{Kebutuhan tekanan} &= (\text{Z tertinggi} - \text{Zbooster pump}) + \\ &\quad \text{headloss total} + \text{tekanan minimum} \\ &= (8 - 5) + 8,24 + 10 \\ &= 21,24 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan tekanan pada segmen 2:

$$\begin{aligned} \text{Zbooster pump} &= 6,14 \text{ m} \\ \text{Z tertinggi} &= 8 \text{ m} \\ \text{Headloss total} &= 0,54 \\ \text{Tekanan minimum} &= 10 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tekanan} &= (\text{Z tertinggi} - \text{Zbooster pump}) + \\ &\quad \text{headloss total} + \text{tekanan minimum} \\ &= (8 - 6,14) + 0,54 + 10 \\ &= 12,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan prakiraan kebutuhan tekanan pada segmen 1 adalah sebesar 21,24 m dan pada segmen 2 adalah sebesar 12,4 m. Debit yang akan dipompakan yaitu sesuai dengan flow pipa yang dialirkan pada jam puncak yaitu pada segmen 1 sebesar 57 L/s dan pada segmen 2 yaitu sebesar 8 L/s. Hasil komputasi menunjukkan bahwa dengan memasang booster pump pada setiap segmen dapat mengatasi tekanan yang kurang dan menaikkan tekanan hingga nilai tekanan rata-rata pada jam puncak menjadi 17 m. Hasil komputasi terkait *flow* supplied, *flow* stored, dan *flow demanded* dapat dilihat pada gambar 6 dan hasil pemodelan *trial* 2 pada jam puncak 08.00 (kecepatan dan tekanan) dapat dilihat pada gambar 7.

3) Trial 3 Pembatasan Area Pelayanan

Untuk mencari alternatif terbaik, dalam mengatasi tekanan yang kurang pada *junction* selain dengan memasang *booster pump*, yaitu dengan pembatasan area pelayanan. Adapun pembatasan area pelayanan yang direncanakan dengan melihat tekanan terkecil pada *trial* 1. Berdasarkan *trial* 1 tekanan yang mempunyai nilai di bawah 10 m pada jam puncak terjadi pada sebagian sub zona 309 dan 305. Jaringan pipa dari tower tank menuju sub zona 305 mempunyai diameter pipa yang semakin mengecil sementara debit aliran yang dibawa besar hal ini menyebabkan tingginya nilai *headloss* dan menyebabkan nilai tekanan kecil. Sementara itu pada sub zona 305 mempunyai elevasi yang cenderung naik. Dalam mengatasi *headloss* tinggi yang dikarenakan diameter tidak mencukupi, maka dapat dilakukan dengan memperbesar diameter pipa. Namun pada kajian ini tidak memperbarui pipa maka pembatasan area pelayanan kali ini mengeliminasi sub zona 305 yang berada di Kelurahan Bongkaran yang berada disebatang sungai kalimas dengan memasang valve berdiameter 300 mm. Pada sub zona ini, jika tidak dilayani oleh tower tank, masih dapat dilayani dengan pipa 300 yang berasal dari Jalan Kusuma Bangsa. Pada *trial* 3, setelah proses eliminasi, *demand* total pada daerah pelayanan menjadi 198,96 L/s berkurang 21,12 L/s dari sebelumnya. Hasil komputasi menunjukkan bahwa dengan pembatasan daerah pelayanan yang dilayani oleh tower tank dapat menaikkan tekanan hingga nilai tekanan rata-rata pada jam puncak menjadi 23 m. fluktuasi debit pada *trial* 3 dapat dilihat pada gambar 8 dan hasil pemodelan *trial* 3 pada jam puncak 08.00 (kecepatan dan tekanan) dapat dilihat pada gambar 9.

F. Perhitungan Pompa

Sesuai dengan hasil *trial* pada WaterCAD, pada kajian ini di digunakan pompa untuk memompa air dari ground tank menuju tower tank dan *booster pump* untuk menambah head pada sistem. Berdasarkan spesifikasi pompa yang digunakan, pada *trial* 1, 2 dan 3. Selanjutnya dihitung daya pompa untuk mengetahui energi yang digunakan untuk pengoperasian pompa. Hasil seluruh perhitungan daya pompa terdapat pada tabel 5 dan contoh perhitungan daya pompa eksisting pada analisis kondisi eksisting terdapat pada uraian berikut:

1) Trial 1 Tower Tank

Pada analisis *trial* 1 menggunakan tower tank, air dialirkan dari ground reservoir menuju tower tank dengan

menggunakan 4 pompa aktif dan 2 cadangan. Pompa tersebut merupakan tipe pompa Grundfoss Paco pumps LF50157 yang mempunyai kapasitas 60 L/s dengan Head 35 m. Berikut perhitungan daya pompa eksisting.

$$\begin{aligned} \text{Debit (Q)} &= 60 \text{ L/s} = 0,06 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{densitas (w)} &= 997 \text{ kg/cm}^3 \\ \text{Total tekanan (H)} &= 35 \text{ m} \\ \text{Efisiensi pompa (\eta)} &= 85\% \\ \text{Daya (P)} &= \frac{Q \cdot w \cdot H}{75 \eta} \text{ HP} \\ &= \frac{0,06 \times 997 \times 35}{75 \times 0,85} \text{ HP} \\ &= 32,84 \text{ HP} \\ &= 24,49 \text{ Kw} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya total (P)} &= \text{Daya pompa} \times \text{jumlah pompa yang beroperasi} \\ &= 24,56 \text{ HP} \times 4 \\ &= 97,96 \text{ kW} \\ &= \frac{1000 \text{ m/s}}{0,06 \text{ m/s} \times 3600} \times 97,96 \text{ kW} \\ &= 453,53 \text{ kWh} / 1000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari ketiga *trial* yang bertujuan untuk menganalisis sistem distribusi menggunakan tower tank hingga tahun 2030 tersebut, akan dipilih satu sistem jaringan distribusi yang paling efektif dan sesuai. Pemilihan sistem jaringan distribusi dilakukan berdasarkan pada pembobotan dengan parameter rata-rata nilai tekanan pada *junction* dan total daya pompa yang digunakan. Nilai tekanan rata-rata *junction* pada jam 08.00 terdapat pada tabel 6.

Dengan adanya pembobotan, maka dapat ditentukan sistem pengaliran yang sesuai dalam segi tekanan yang dihasilkan dan penggunaan energi listrik pompa. Pada pembobotan tersebut dipilih *trial* dengan nilai terbesar. Hasil pembobotan masing-masing *trial* dapat dilihat pada tabel 7.

Berdasarkan hasil pembobotan tersebut, nilai 3 merupakan nilai tertinggi yang menunjukkan bahwa alternatif tersebut sesuai atau sangat baik berdasarkan pada parameter yang dinilai (tekanan dan daya pompa) sedangkan nilai 1 merupakan nilai terendah. Dari hasil pembobotan tersebut, pada *trial* 1 yang mana menggunakan pompa eksisting untuk menaikkan air pada tower tank dan selanjutnya tower tank mendistribusikan ke daerah pelayanan mempunyai jumlah nilai tekanan rata-rata terkecil dan pada *trial* 3 mempunyai nilai tekanan rata-rata terbesar. Pada penggunaan daya pompa, *trial* 3 mempunyai nilai terbesar yang artinya penggunaan pompa pada jaringan distribusi paling efektif. Nilai hasil pembobotan menunjukkan bahwa pada *trial* 3 diperoleh nilai tertinggi daripada *trial* 1 dan 2.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan pada kajian penggunaan tower tank Krembangan pada sistem distribusi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya adalah sebagai berikut: (1) Hasil analisis kondisi eksisting jaringan distribusi dengan menggunakan 4

pompa berkapasitas 60 L/s dengan head 35 m dalam menyuplai air pada tahun 2019 menunjukkan masih banyak *junction* yang memiliki nilai tekanan dibawah 10 m. Hasil komputasi menghasilkan total terdapat 367 titik *junction* yang mempunyai nilai tekanan dibawah 10 m pada daerah pelayanan; (2) Hasil analisis kemampuan tower tank Krembangan dalam menyuplai air pada tahun 2030 dapat mengurangi jumlah titik *junction* yang mempunyai nilai tekanan dibawah 10 m menjadi sebanyak 63 titik. Pemasangan booster pump diperlukan guna mengatasi nilai tekanan yang kurang. Penggunaan booster pump menghasilkan nilai tekanan rata-rata 17 m pada jam puncak. Selain memasang booster pump, untuk menaikkan tekanan yaitu dengan membatasi area pelayanan tower tank. Pembatasan dilakukan dengan mengeliminasi sub zona 305, dan menghasilkan nilai tekanan rata-rata 23 m pada jam puncak; (3) Berdasarkan pembobotan pada perhitungan daya pompa dan nilai tekanan rata-rata pada jam puncak menghasilkan sistem pengaliran secara gravitasi menggunakan tower tank dengan pembatasan area pelayanan merupakan alternatif terbaik dalam kajian penggunaan tower tank Krembangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas dukungan dan kerjasama yang diberikan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Cipta Karya, *Panduan Pendampingan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasis Masyarakat*, 4th ed. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat., 2016.
- [2] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Kinerja BUMD Penyelenggara SPAM 2019 - Wilayah II Jakarta*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2019.
- [3] G. Fair and Okun, *Water and Wastewater Engineering. Vol II*. New York: ohn Wiley and Sons Inc., 1986.
- [4] P. D. A. Minum, *Peninjauan Kembali Dokumen RISPAM Kota Surabaya*. Surabaya: RISPAM Kota Surabaya, 2014.
- [5] Menteri Pekerjaan Umum, "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.," 2007.
- [6] Badan Pusat Statistika, "Kecamatan Krembangan Dalam Angka 2018," *Badan Pusat Statistika*, 2018. .
- [7] B. P. Statistik, "Kecamatan Pabean Cantian Dalam Angka 2018," *Badan Pusat Statistika Kota Surabaya*, 2018. .
- [8] B. P. Statistik, "Kecamatan Semampir Dalam Angka 2018," *Badan Pusat Statistika Kota Surabaya*, 2018. .
- [9] H. Kalensun *et al.*, "Perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih di kelurahan pangolombian kecamatan tomohon selatan," *J. Sipil Statik*, vol. 4, no. 2, pp. 105–115, 2016.
- [10] H. R. Natara, "Perencanaan distribusi air bersih kecamatan loura kabupaten sumba barat daya – ntt," Institut Teknologi Nasional Malang, 2018.
- [11] B. S. Nasional, *SNI 7509:2011 Tata cara perencanaan teknik jaringan distribusi dan unit pelayanan sistem penyediaan air minum*. Jakarta: Badan Standar Nasional Indonesia (BSN), 2011.