

PENGARUH SISTEM PENGALIRAN AIR DENGAN ELEVATED RESERVOIR DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI ENERGI PADA ZONA BANJARMASIN UTARA

Galvani Amideo Monangin ¹⁾, Eddy Setiadi Soedjono ²⁾, Novi Dwi Raharjo ³⁾
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh
Nopember, Surabaya, Indonesia ^{1,2)}
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat ³⁾
Corresponding Author:

soedjonoenviro@its.ac.id ²⁾

Abstrak

Salah satu permasalahan booster yang dialami oleh BUMD air minum adalah kurangnya efisiensi operasional yang berdampak pada kurangnya pembiayaan perusahaan air minum dalam pengembangan sistem penyediaan air minum. Kurangnya efisiensi operasional BUMD air minum dapat disebabkan oleh tingginya beban energi karena penggunaan energi yang tidak efisien. Topografi wilayah Kota Banjarmasin merupakan dataran sehingga sistem pengaliran menggunakan sistem perpompaan. Pompa booster Banua Anyar merupakan pompa distribusi yang mengalirkan air ke sebagian zona Banjarmasin Utara. Booster Banua anyar memiliki 3 buah pompa dengan efisiensi ketiganya dibawah 60 persen. Dibandingkan juga dengan 2 pompa booster lainnya yaitu booster S.Parman dan Gerilya, nilai SEC booster Banua Anyar adalah yang tertinggi dengan nilai sebesar 0,13. Biaya listrik pompa booster Banua Anyar pada tahun 2022 mencapai Rp. 1.521.737.167. Penelitian ini bertujuan untuk peningkatan efisiensi energi booster Banua Anyar. Perlunya upaya peningkatan efisiensi energi dengan melakukan pengukuran pemakaian energi, efisiensi kinerja pompa, dan analisis kondisi eksisting berupa simulasi hidrolis jaringan dengan menggunakan EPANET 2.2. Hasil tersebut akan digunakan sebagai dasar penentuan strategi peningkatan efisiensi energi jaringan distribusi dari pompa booster Banua Anyar. Salah satu strategi tersebut dengan pembangunan elevated reservoir. Upaya peningkatan efisiensi energi dikaji secara teknis dan finansial untuk mengetahui kelayakannya. Hasil dari penelitian ini adalah adanya upaya peningkatan efisiensi energi berupa pembangunan elevated reservoir sebesar Rp. 194.983.560. Analisis aspek teknis layak karena memenuhi syarat tekanan minimum sebesar 7,5 meter. Analisis aspek finansial menunjukkan bahwa pembangunan elevated reservoir layak secara finansial untuk dilaksanakan sehingga menjadi rekomendasi untuk dapat diterapkan di Perusahaan Air Minum Bandarmasih Kota Banjarmasin.

Kata Kunci: Air minum, Efisiensi energi, jaringan distribusi, pompa booster

Abstract

One of the challenges faced by the Regional Drinking Water Company (BUMD) is the lack of operational efficiency, leading to insufficient financing for the development of the water supply system. The operational inefficiency of BUMD can be attributed to the high energy load due to inefficient energy usage. The topography of Banjarmasin

History:

Received : 25 November 2023

Revised : 10 Januari 2024

Accepted: 29 Februari 2024

Published: 2 Mei 2024

Publisher: LPPM Universitas Darma Agung

Licensed: This work is licensed under

[Attribution-NonCommercial-No](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Derivatives 4.0 International \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



City is flat, requiring a pumping system for water distribution.. The Banua Anyar booster pump is a distribution pump that supplies water to parts of North Banjarmasin. The booster Banua Anyar has three pumps, each with an efficiency below 60 percent. Compared to two other booster pumps, namely S.Parman and Gerilya, the Specific Energy Consumption (SEC) value of the Banua Anyar booster is the highest at 0.13. The electricity cost for the Banua Anyar booster pump in 2022 reached IDR 1,521,737,167. This study aims to improve energy efficiency in the Banua Anyar booster. Efforts are needed to improve energy efficiency by measuring energy consumption, pump performance efficiency, and analyzing the existing conditions through hydraulic network simulation using EPANET 2.2. The results will be used as a basis for determining strategies to enhance the energy efficiency of the Banua Anyar booster pump distribution network. One of the strategies is elevated reservoir construction. Efforts to improve energy efficiency are assessed technically and financially. The results of this research include efforts to improve energy efficiency through elevated reservoir construction amounts to IDR 194.983.560. Technical analysis shows feasibility minimum pressure requirements to 7,5 meters. Financial aspect analysis indicates that elevated reservoir construction is financially viable and recommended for implementation in the Bandarmasih Water Company at Banjarmasin City.

Keywords: *Drinking water, Energy efficiency, Distribution network, Booster pump*

PENDAHULUAN

Salah satu cara untuk mencapai air minum yang aman dan layak yaitu dengan memperluas cakupan wilayah PDAM, namun hal ini terkendala oleh biaya (Constantya dkk, 2021). Biaya terbesar yang ditanggung oleh PDAM adalah biaya listrik atau energi yang mencapai 30 % dari biaya operasional (Alosey dkk, 2018). Tingginya biaya listrik atau energi disebabkan oleh beberapa hal yaitu penggunaan energi yang bukan untuk peningkatan kapasitas produksi/distribusi, umur peralatan dan penggunaan energi yang tidak efisien (Mulyono, 2020).

Berdasarkan data penilaian kinerja BUMD Air Minum yang dilakukan oleh Direktorat Air Minum pada tahun 2022, Perusahaan Air Minum (PAM) Bandarmasih Kota Banjarmasin memiliki biaya energi sebesar Rp. 586/m³ jauh lebih tinggi dari rata-rata biaya energi BUMD Air Minum Nasional sebesar Rp. 355/m³ (Direktorat Air Minum, 2022). Hal ini menunjukkan perlu dilakukan upaya peningkatan efisiensi energi dengan melakukan penghematan energi di Perusahaan Air Minum Bandarmasih. Salah satu pompa yang menggunakan energi yang cukup besar di Perusahaan Air Minum Bandarmasih adalah pompa *booster Banua Anyar* (Taebe and Slamet 2023). Biaya pemakaian listrik pada tahun 2022 di pompa *booster Banua Anyar* mencapai Rp. 1.521.737.167,-. Pompa *booster Banua Anyar* mendistribusikan air ke sebagian jalur Banjarmasin Utara dengan menggunakan pompa. Adapun pelayanan ke jalur Banjarmasin Utara menggunakan pompa berjumlah 2 pompa merk Torishima dengan kapasitas masing-masing 500 m³/jam dengan *head* 60 meter yang beroperasi setiap harinya. Pada tahun 2022, air yang didistribusikan sebesar 8.783.363 m³ dengan jumlah pelanggan sebesar 27.573 SR. Pada tahun 2022, nilai *Specific Energy Consumption* (SEC) adalah sebesar 0,14. Nilai tersebut lebih tinggi dibanding dengan nilai SEC 2 *booster* lainnya yaitu *booster S.Parman* sebesar 0,10 dan *booster Gerilya* sebesar 0,11.

Salah satu yang dapat dilakukan untuk penghematan konsumsi listrik dan penghematan biaya adalah dengan penggunaan *elevated reservoir*. Oleh sebab itu, dalam peningkatan efisiensi energi diperlukan sebuah kajian pada sistem pemompaan jaringan distribusi dari pompa *booster Banua Anyar* ke daerah layanan Banjarmasin Utara.

Pembangunan *elevated reservoir* memungkinkan pompa akan mengisi tangki *reservoir* pada jam tertentu terutama pada jam minimal untuk selanjutnya dialirkan ke pelanggan. Dengan demikian, dengan adanya *elevated reservoir*, jam operasi pompa akan berkurang, dan dimungkinkan pompa tidak dioperasikan pada saat waktu jam puncak (WBP) (Sya'bani 2016). Dari hasil analisis dikaji secara teknis dan finansial untuk mengetahui kelayakannya. Selain itu, perlu dikaji juga dari segi operasional dalam upaya mempertahankan dan meningkatkan efektifitas dari kegiatan efisiensi energi. Penerapan strategi peningkatan efisiensi energi ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan Perusahaan Air Minum Bandarmasih Kota Banjarmasin dalam upaya penghematan konsumsi listrik.

METODE PENELITIAN

A. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian optimasi yang dapat meningkatkan efisiensi energi sehingga dapat mengurangi konsumsi energi pada sistem distribusi pompa *booster Banua Anyar* ke Banjarmasin Utara. Evaluasi kinerja pompa dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting konsumsi energi serta peluang penghematan dengan menggunakan *elevated reservoir* (Taebe and Slamet 2023). Evaluasi jaringan distribusi menggunakan EPANET 2.2 dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting jaringan distribusi serta jika menggunakan *elevated reservoir*. Hasil evaluasi jaringan distribusi nantinya akan menjadi masukan untuk peningkatan efisiensi energi. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan survei dan studi kasus. Metode survei dilakukan dengan pengamatan lapangan. Metode studi kasus adalah mengetahui gambaran kondisi permasalahan sistem instalasi pompa dan jaringan distribusi eksisting.

B. Alur Penelitian

1. Rencana Pembangunan *Elevated reservoir*

- Perencanaan pembangunan *elevated reservoir* mengacu pada SNI-7509:2011 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan SPAM;
- Identifikasi fluktuasi pemakaian pelanggan selama 24 jam;
- Penentuan besarnya volume *reservoir*;
- Analisis jaringan distribusi terhadap implementasi *elevated reservoir* dilakukan dengan menggunakan EPANET 2.2.

2. Analisis Penggunaan Energi penggunaan elevated reservoir: Analisis ini dilakukan dengan menghitung besarnya energi listrik yang dikonsumsi oleh pompa pada saat penggunaan *elevated reservoir*. Selanjutnya menghitung besaran penghematan energi yang dihasilkan pada penerapan *elevated reservoir*.
3. Menghitung Perkiraan Kebutuhan Biaya: Berdasarkan hasil analisis peningkatan efisiensi energi dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan biaya yang dikeluarkan pada penerapan penggunaan *elevated reservoir*.
4. Menganalisis Kelayakan Finansial: Analisis finansial dilakukan untuk mengetahui apakah rencana perbaikan efisiensi energi dengan pembangunan *elevated reservoir* di jaringan distribusi dari pompa *booster* Banua Anyar ke Banjarmasin Utara layak secara finansial dan dapat diimplementasikan. Analisis finansial yaitu *Benefit Cost Ratio* (BCR) dan *Payback Period* (PP).

Penarikan kesimpulan berdasarkan hasil dari seluruh kegiatan penelitian. Kesimpulan tersebut menjawab dari tujuan penelitian yang ada. Saran berisikan tentang gambaran penelitian lanjutan yang belum sempat penulis laksanakan atau dapat juga tentang perbaikan lain yang dapat dilakukan sesuai dengan topik penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

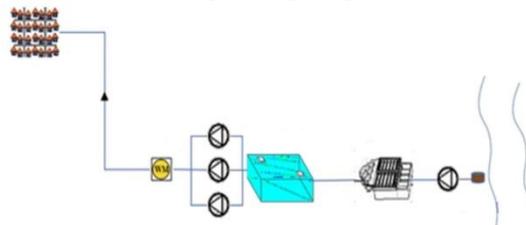
1. Kondisi Eksisting Wilayah Studi

Instalasi *booster* merupakan suatu bangunan instalasi pelengkap di dalam sistem distribusi air minum, bangunan instalasi terdiri dari bangunan *reservoir*, bangunan kantor dan bangunan rumah pompa distribusi. Pompa *booster* Banua Anyar memiliki *reservoir* dengan kapasitas 6.500 m³ yang disuplai dari IPA 2 Pramuka selama 24 jam. Air yang dikumpulkan di *reservoir*, selanjutnya didistribusikan ke wilayah pelayanan menggunakan sistem pemompaan.

Pompa *booster* Banua Anyar merupakan pompa distribusi yang mendistribusikan air ke sebagian zona Banjarmasin Utara. Air yang didistribusikan pompa *booster* Banua Anyar berasal dari IPA 2 Pramuka untuk melayani 13 DMA dengan *reservoir* yang berkapasitas 6.500 m³ yang digunakan sebagai penampung air hasil produksi IPA 2 Pramuka sebelum disalurkan ke pelanggan yang berjumlah 27.573 SR.

Skema pelayanan dari pompa *booster* Banua Anyar dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 1. Skema Pelayanan pompa *booster* Banua Anyar



Zona Banjarmasin Utara terdiri dari 23 DMA dengan total jumlah sambungan rumah sebanyak 44.432 SR. Air yang didistribusikan berasal dari pompa *booster* Banua Anyar dan Boster S. Parman.

Wilayah pelayanan pompa *booster Banua Anyar* meliputi sebagian zona Banjarmasin Utara yang dapat dilihat pada Gambar 2. Wilayah pelayanan pompa *booster Banua Anyar* terdiri dari 13 DMA dengan jumlah sambungan rumah sebanyak 27.573 SR.

Gambar 2. Peta Layanan pompa *booster* Banua Anyar



Rincian jumlah sambungan rumah wilayah layanan pompa *booster Banua Anyar* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jumlah SR berdasarkan DMA di pompa *booster Banua Anyar*

No.	District Meter Area (DMA)	Jumlah Sambungan Rumah
1	DMA 401	8.089
2	DMA 402	831
3	DMA 403	497
4	DMA 405	1.643
5	DMA 406	2854
6	DMA 409	2.618
7	DMA 410	2.799
8	DMA 412	1.750
9	DMA 414	359
10	DMA 415	2.658
11	DMA 416	1.994
12	DMA 418	868
13	DMA 419	613

(Profil Perusahaan, 2022)

2. Analisis Kondisi Eksisting Jaringan Distribusi

a. Model Jaringan Distribusi EPANET

Sistem jaringan distribusi air yang ada di wilayah layanan pompa *booster Banua Anyar* dimodelkan sebagai sistem jaringan distribusi air dengan software Epanet 2.2. Karakteristik model jaringan Epanet tersebut meliputi komponen fisik jaringan dan non fisik jaringan. Input model jaringan distribusi meliputi perpipaan (*link*), junction/node, tangki, reservoir dan pompa. Selain itu dimasukkan pula input faktor pengali konsumsi

air (demand pattern) serta persamaan hidrolis yang digunakan. Adapun informasi *setting hydraulic* model Epanet untuk wilayah pompa *booster* Banua Anyar dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Setting hydraulic model jaringan distribusi Epanet

Informasi	Keterangan
<i>Head loss Formula</i>	<i>Hazen Williams</i>
<i>Flow Unit</i>	Liter/detik
Asumsi nilai kekasaran Pipa (<i>Roughness</i>)	120
Specific Gravity	1,0
Relative Viscosity	1,0
Durasi Analisis	24 Jam
<i>Demand Pattern</i>	Sesuai pada Tabel

Tabel 3. Pemakaian Rata-rata Air per jam

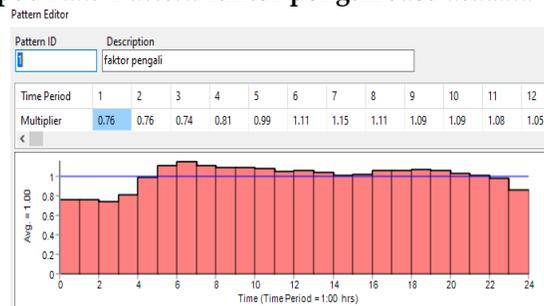
Periode	Jam	Q rata-rata perjam m ³ /jam	Q Pemakaian per jam m ³ /jam	fp (faktor pengali)
1	00.00-01.00	629,79	478,64	0,76
2	01.00-02.00	629,79	478,64	0,76
3	02.00-03.00	629,79	466,04	0,74
4	03.00-04.00	629,79	510,13	0,81
5	04.00-05.00	629,79	623,49	0,99
6	05.00-06.00	629,79	699,07	1,11
7	06.00-07.00	629,79	724,26	1,15
8	07.00-08.00	629,79	699,07	1,11
9	08.00-09.00	629,79	686,47	1,09
10	09.00-10.00	629,79	686,47	1,09
11	10.00-11.00	629,79	680,17	1,08
12	11.00-12.00	629,79	661,28	1,05
13	12.00-13.00	629,79	667,58	1,06
14	13.00-14.00	629,79	654,98	1,04
15	14.00-15.00	629,79	636,09	1,01
16	15.00-16.00	629,79	642,39	1,02
17	16.00-17.00	629,79	667,58	1,06
18	17.00-18.00	629,79	667,58	1,06
19	18.00-19.00	629,79	673,88	1,07
20	19.00-20.00	629,79	667,58	1,06
21	20.00-21.00	629,79	648,68	1,03
22	21.00-22.00	629,79	636,09	1,01
23	22.00-23.00	629,79	617,19	0,98
24	23.00-24.00	629,79	541,62	0,86

Periode	Jam	Q rata-rata perjam m ³ /jam	Q Pemakaian per jam m ³ /jam	fp (faktor pengali)
TOTAL		15.114,96	15.114,96	24

(Hasil Analisis)

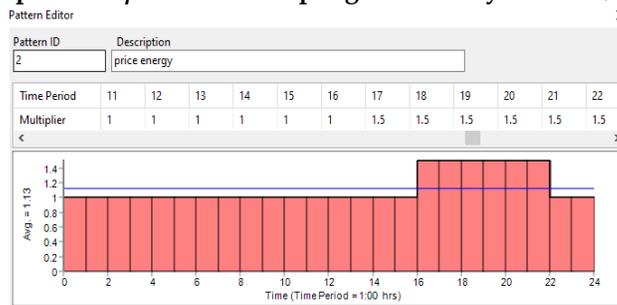
Faktor pengali tiap periode waktu tersebut dimasukkan kedalam format program Epanet yang terlihat pada gambar 5.

Gambar 5. Input Time Pattern faktor pengali base demand (Hasil Analisis)



Selain *pattern* untuk memodelkan kebutuhan air yang dinamis, terdapat juga *pattern* untuk memodelkan tarif energi listrik berdasarkan waktu/jam yaitu saat waktu beban puncak (WBP) PLN dan luar waktu beban puncak (LWBP) PLN. WBP PLN berada dipukul 17.00-22.00 (5 jam) sedangkan LWBP PLN adalah selain dari jam 17.00-22.00 (19 jam). Tarif daya listrik untuk golongan I3 pada LWBP adalah Rp. 1.114,74 per kWh. Format *pattern* untuk faktor pengali tariff listrik dapat dilihat pada Gambar 6. Nilai faktor pengali yakni 1 untuk LWBP dan 1,5 untuk WBP PLN.

Gambar 6. Input time pattern faktor pengali tarif daya listrik (Hasil Analisis)

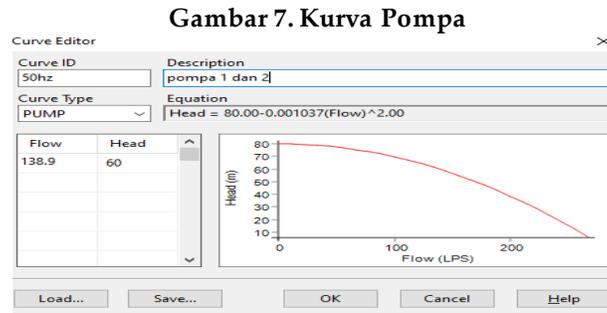


b. Pompa

Pompa *booster* Banua Anyar dilengkapi dengan 3 pompa (2 pompa beroperasi dan 1 pompa cadangan) yang beroperasi selama 24 jam untuk mendistribusikan air minum ke wilayah pelayanan. Adapun spesifikasi pompa distribusi yang digunakan di pompa

booster Banua Anyar yaitu merk Torishima, model CDM-300 x 200 GN, kapasitas 500 m³/jam, head 60 m, rotasi 1476 rpm dan pemasangan tahun 2011.

Data spesifikasi pompa dijadikan acuan dalam membuat kurva pompa pada program Epanet, seperti pada Gambar 7.



c. Hasil Simulasi Parameter Hidrolis

Pada Gambar 8 memperlihatkan bahwa tekanan terkecil terjadi pada node yang jauh dari pompa *booster Banua Anyar* khususnya pada bagian utara dimana nilai tekanan minimum pada pukul 00.00-01.00 sebesar 10,67 meter (Gambar 8).

Gambar 8. Daerah dengan tekanan minimum (Hasil Analisis)



Tekanan minimum sebesar 10,67 meter memenuhi kriteria tekanan minimum pada sambungan rumah yaitu 7,5 meter sesuai dengan SNI 7509:2011. Sedangkan untuk kecepatan aliran, sebagian besar terutama pada pipa tersier dan sambungan rumah masih kurang dari kriteria minimal dalam Peraturan Menteri PUPR No.27/PRT/M/2016 yaitu minimal 0,3 meter/detik. Secara umum sebanyak lebih dari 80 % pipa yang ada memiliki kecepatan aliran kurang dari 0,3 meter/detik.

d. Hasil Simulasi Parameter Energi Listrik

Tabel 4. Simulasi Konsumsi Energi Listrik Eksisting per hari

Energy Report						
Table Chart						
Pump	Percent Utilization	Average Efficiency	Kw-hr /m ³	Average Kwatts	Peak Kwatts	Cost /day
pompa1	100.00	57.74	0.13	52.81	76.95	1608075.00
pompa2	100.00	56.18	0.13	54.26	79.03	1652457.00
Total Cost						3260532.00
Demand Charge						0.00

(Hasil Analisis)

Energy report simulasi eksisting menunjukkan bahwa pompa beroperasi selama 24 jam. Efisiensi pompa untuk pompa 1 dan 2 kurang dari 60 %. Nilai SEC untuk pompa 1 sebesar 0,13 kWh/m³ dan pompa 2 sebesar 0,13 kWh/m³. Dari energy report didapat untuk kondisi eksisting jaringan distribusi pompa *booster* Banua Anyar biaya energi listrik yang dibayar ke PLN yaitu sebesar Rp. 3.260.532 per hari.

3. Rekomendasi Perbaikan

a. Pembangunan *Elevated reservoir*

Elevated reservoir tersebut nantinya akan digunakan sebagai penampung air yang nantinya disalurkan ke pelanggan saat pompa *booster* di nonaktifkan di waktu tertentu. Kebutuhan volume reservoir memperhatikan besarnya volume air yang mampu disuplai oleh sumber air. Perhitungan kebutuhan volume reservoir dilakukan dengan metode tabulasi. Perhitungan ini dilakukan dengan menjumlahkan selisih positif terbesar (m³) dengan selisih negative terbesar (m³) antara fluktuasi pemakaian air dengan pasokan air. *Elevated reservoir* direncanakan untuk melayani DMA 415, DMA 416 dan DMA 419 dengan jumlah sambungan rumah sebesar 5.265 SR dengan debit rata-rata sebesar 120,26 m³/jam. Perhitungan volume reservoir di jaringan distribusi pompa *booster* Banua Anyar ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Volume Reservoir

Jam	Supply (m ³)	Pemakaian (m ³)	Volume Surplus (m ³)	Kumulatif Supply (m ³)	Kumulatif Pemakaian (m ³)	Selisih (m ³)
00:00	120,26	91,40	28,68	120,26	91,40	28,86
01:00	120,26	91,40	28,68	240,52	182,80	57,72
02:00	120,26	88,99	31,27	360,78	271,79	88,99
03:00	120,26	97,41	22,85	481,04	369,20	111,84
04:00	120,26	119,06	1,20	601,30	488,26	113,04
05:00	120,26	133,49	-13,23	721,56	621,74	99,82
06:00	120,26	138,30	-18,04	841,82	760,04	81,78
07:00	120,26	133,49	-13,23	962,08	893,53	68,55
08:00	120,26	131,08	-10,82	1.082,34	1.024,62	57,72
09:00	120,26	131,08	-10,82	1.202,60	1.155,70	46,90
10:00	120,26	129,88	-9,62	1.322,86	1.285,58	37,28
11:00	120,26	126,27	-6,01	1.443,12	1.411,85	31,27
12:00	120,26	127,48	-7,22	1.563,38	1.539,33	24,05

Jam	Supply (m ³)	Pemakaian (m ³)	Volume Surplus (m ³)	Kumulatif Supply (m ³)	Kumulatif Pemakaian (m ³)	Selisih (m ³)
13:00	120,26	125,07	-4,81	1.683,64	1.664,40	19,24
14:00	120,26	121,46	-1,20	1.803,90	1.785,86	18,04
15:00	120,26	122,67	-2,41	1.924,16	1.908,53	15,63
16:00	120,26	127,48	-7,22	2.044,42	2.036,00	8,42
17:00	120,26	127,48	-7,22	2.164,68	2.163,48	1,20
18:00	120,26	128,68	-8,42	2.284,94	2.292,16	-7,22
19:00	120,26	127,48	-7,22	2.405,20	2.419,63	-14,43
20:00	120,26	123,87	-3,61	2.525,46	2.543,50	-18,04
21:00	120,26	121,46	-1,20	2.645,72	2.664,96	-19,24
22:00	120,26	117,85	2,41	2.765,98	2.782,82	-16,84
23:00	120,26	103,42	16,84	2.886,24	2.886,24	0

(Hasil Analisis)

Berdasarkan Tabel 5, maka besarnya volume reservoir minimum di jaringan distribusi adalah sebesar 132,29 m³ yang dihitung dari menjumlahkan selisih negatif terbesar dengan selisih positif terbesar. Volume ini ditambahkan 12 m³ untuk keperluan pemadam kebakaran dengan kebutuhan hidran sebesar 400 liter/menit selama 30 menit (Haramain dkk.,2017) sehingga volume reservoir minimum sebesar 144,29 m³ atau dibulatkan 150 m³. *Elevated reservoir* berbentuk tabung sehingga dari volume 150 m³, diperoleh dimensi diameter sebesar 7,5 meter dengan tinggi 3,4 meter.

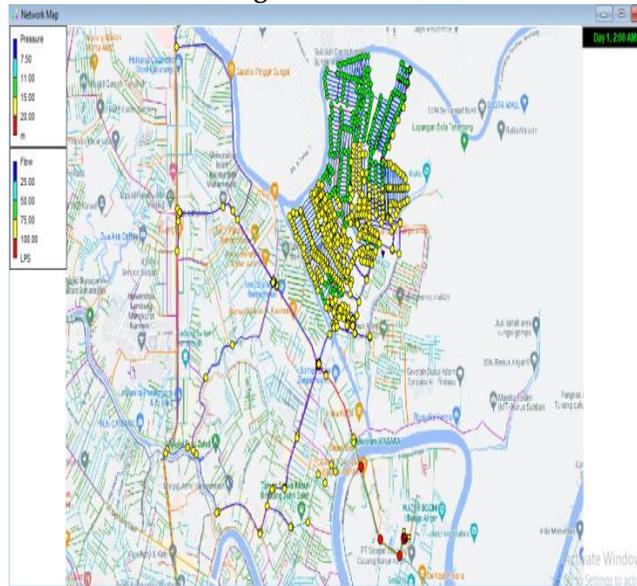
Penempatan *elevated reservoir* di jaringan distribusi ditempatkan sebelum memasuki pipa inlet DMA 415, DMA 416 dan DMA 419. Ketinggian *elevated reservoir* ditentukan berdasarkan simulasi di Epanet sehingga ketinggian *elevated reservoir* ini adalah 20 meter. Panjang pipa tambahan yang dibutuhkan untuk pembangunan reservoir ini diperkirakan sepanjang 50 meter berjenis pipa PVC dengan diameter 8 inchi, 20 meter tinggi *elevated reservoir* dan 30 meter untuk penyambungan dengan pipa utama jaringan distribusi.

Waktu operasi *elevated reservoir* ditentukan sebanyak 2 kali sehari, beroperasi ketika WBP (18.00-22.00) dan saat pemakaian jam puncak. Berdasarkan hal tersebut maka ditentukan waktu *elevated reservoir* adalah ketika 06.00 dan 18.00. Pemilihan waktu tersebut karena di jam 06.00 merupakan jam puncak dan jam 18.00 penggunaan daya pompa paling tinggi, sehingga dapat mengurangi biaya energi yang lebih banyak jika *elevated reservoir* dioperasikan di jam tersebut.

Pengaturan operasi sistem *elevated reservoir* membutuhkan sistem otomatisasi karena pengoperasiannya dibutuhkan koordinasi antar sistem pompa yang ada dengan *elevated reservoir*, dimana pengaktifan *elevated reservoir* dan penonaktifan pompa dilakukan dalam waktu yang relatif singkat. Begitu juga ketika waktu pengisian *elevated reservoir* dimana *elevated reservoir* dihindari untuk diisi saat jam WBP karena tariff energi listrik yang lebih mahal. Oleh sebab itu, setelah air dalam *elevated reservoir* habis, pengisian kembali akan dilakukan setelah pukul 22.00. Dari penjelasan yang ada, dibutuhkan sistem SCADA sebagai sistem otomasi dalam mengatur operasi sistem pompa dengan

elevated reservoir agar dapat berjalan dengan baik tanpa mengganggu pelayanan ke pelanggan.

Gambar 9. Simulasi Pembangunan *Elevated Reservoir* (Hasil Analisis)



Pada Gambar 9 terlihat bahwa untuk tekanan pada sambungan rumah dengan simulasi menggunakan *elevated reservoir* masih diatas 7,5 m, sehingga sesuai dengan standar yang ada. Sedangkan untuk hasil dari *energy report* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Konsumsi Energi Listrik per hari menggunakan *elevated reservoir*

Energy Report						
Table		Chart				
Pump	Percent Utilization	Average Efficiency	Kw-hr /m ³	Average Kwatts	Peak Kwatts	Cost /day
P1	70.42	57.74	0.16	60.41	74.30	1361704.00
P2	71.25	56.18	0.16	68.95	99.86	1357208.00
Total Cost						2718911.00
Demand Charge						0.00

(Hasil Analisis)

Energy report setelah dilakukan simulasi menggunakan *elevated reservoir* menunjukkan nilai SEC untuk pompa 1 menjadi sebesar 0,16 kWh/m³ dan pompa 2 sebesar 0,16 kWh/m³. Dari *energy report* setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan *elevated reservoir* sesuai kebutuhan pelanggan pada pompa booster *Banua Anyar* didapat biaya energi listrik yang dibayar ke PLN yaitu sebesar Rp. 2.718.911 per hari.

B. Pembahasan

1. Potensi Penghematan Energi

Tabel 7. Besarnya Penghematan Biaya Energi

Kondisi	Konsumsi Energi Per Hari (Biaya/hari)	Konsumsi Energi Per Tahun (Biaya/Tahun)	Penghematan Energi Per Tahun (Biaya/tahun)
Eksisting	Rp. 3.260.532	Rp. 1.173.791.520	Rp. -
Pembangunan <i>Elevated reservoir</i>	Rp. 2.718.911	Rp. 978.807.960	Rp. 194.983.708

(Hasil Analisis)

2. Analisis Finansial

a. Perkiraan Biaya Investasi

a) Perkiraan Biaya Pembangunan *Elevated reservoir*

Elevated reservoir akan dioperasikan selama 2 kali dalam sehari. Hal ini dikarenakan volume supply air yang tidak mencukupi jika *elevated reservoir* dioperasikan selama WBP (18.00-22.00) sehingga dipilih waktu operasi ketika jam pemakaian air yang tinggi di pagi hari (pukul 06.00-08.00) dan sore hari (18.00-20.00). Dikarenakan jarak yang jauh dari pompa *booster* Banua Anyar maka membutuhkan sistem koordinasi dalam pengoperasian sistem pompa dengan *elevated reservoir*, maka dibutuhkan sistem otomasi untuk mengoperasikan sistem *elevated reservoir* di jaringan distribusi ini. Sistem otomasi ini dapat berupa mini SCADA dengan menggunakan PLC. Perkiraan biaya untuk pembangunan *elevated reservoir* ditunjukkan pada Table 8.

Tabel 8. Perkiraan Biaya Pembangunan *Elevated reservoir*

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A	Pemeliharaan Rutin dan Pembersihan Pompa	1	Paket	45.000.000	45.000.000
B	Pengadaan Lahan	150	m ²	400.000	60.000.000
C	Pengadaan Mini SCADA	1	Paket	75.000.000	75.000.000
D	Pembangunan <i>Reservoir</i> Kapasitas 150 m ³	1	Paket	1.000.000.000	1.345.350.212
TOTAL					1.525.350.212

(Hasil Analisis)

Kenaikan tarif diasumsikan setiap 3 tahun sekali serta besarnya nilai HPP juga mengalami kenaikan sesuai dengan nilai inflasi yaitu sebesar 3 persen. Rata-rata tarif air pada tahun 2022 sebesar Rp.8.202,70 dan HPP sebesar Rp.7.272,72. Tabel 4.21 menunjukkan tarif dasar air dan HPP sampai dengan 15 tahun yang akan datang.

Tabel 9. Tarif Dasar dan HPP sampai dengan 15 tahun mendatang

Tahun	Tarif Dasar (Rp)	HPP (Rp)
2023	8.202,7	7.272,72
2024	8.202,7	7491

Tahun	Tarif Dasar (Rp)	HPP (Rp)
2025	8.202,7	7716
2026	8.941	7947
2027	8.941	8.186
2028	8.941	8.431
2029	9.746	8.684
2030	9.746	8.945
2031	9.746	9.213
2032	10.623	9.489
2033	10.623	9.774
2034	10.623	10.067
2035	11.579	10.369
2036	11.579	10.680
2037	11.579	11.001

(Hasil Analisis)

Potensi penambahan SR, kenaikan tarif air dan HPP akan menjadi komponen perhitungan arus kas masuk dan kas keluar dalam perhitungan analisis kelayakan keuangan terkait peningkatan efisiensi energi di daerah layanan jaringan distribusi pompa *booster* Banua Anyar.

b. Perhitungan Arus Kas Masuk dan Kas Keluar

a) Arus Kas Pembangunan *Elevated Reservoir*

Arus kas masuk berasal dari penghematan biaya energi dan potensi penambahan SR yang ada di jaringan distribusi. Sedangkan untuk arus kas keluar berasal dari komponen biaya pengadaan lahan, pembangunan *elevated reservoir*, pemeliharaan rutin pompa tiap tahun. Selain itu, terdapat arus kas keluar lainnya berupa penambahan biaya produksi air karena adanya penambahan SR. Tabel 10 menunjukkan arus kas dengan pemakaian *elevated reservoir*.

Tabel 10. Arus Kas dengan *Elevated Reservoir*

Tahun ke-	Penambahan SR	Arus Kas Masuk (Rp)	Arus Kas Keluar (Rp)	Laba (Rp)	Kumulatif Laba (Rp.)	Laba PV (Rp.)
1	0	-	1,525,350,212	(1,525,350,212)	(1,525,350,212)	(1,525,350,212)
2	276	564,104,589	382,090,141	182,014,447	(1,343,335,765)	162,759,036
3	278	567,795,799	395,674,874	172,120,925	(1,171,214,840)	145,543,409
4	281	605,412,554	409,807,072	195,605,482	(975,609,358)	156,408,200
5	284	609,516,844	739,508,797	(129,991,953)	(1,105,601,311)	(98,291,189)
6	287	613,662,176	394,803,001	218,859,175	(886,742,136)	156,488,527
7	290	655,906,849	410,713,562	245,193,287	(641,548,849)	165,785,271
8	293	660,516,082	427,265,319	233,250,763	(408,298,085)	149,135,167
9	296	665,171,407	444,484,111	220,687,296	(187,610,789)	133,430,142
10	299	712,613,361	462,396,821	250,216,540	62,605,751	143,058,035
11	302	717,789,659	481,031,412	236,758,246	299,363,997	128,003,245
12	305	723,017,720	500,416,978	222,600,741	521,964,739	113,805,197
13	308	776,296,366	520,583,783	255,712,584	777,677,323	123,625,258
14	311	782,109,495	541,563,309	240,546,186	1,018,223,508	109,969,743
15	314	787,980,754	563,388,310	224,592,444	1,242,815,952	97,093,353

(Hasil Analisis)

Berdasarkan perhitungan dari arus kas dan arus masuk, selanjutnya dilakukan analisis terkait kelayakan keuangannya yaitu dengan menghitung nilai BCR dan PP.

b) Kelayakan Finansial

Kelayakan finansial dianalisis dengan menghitung nilai BCR dan PP. BCR merupakan rasio perbandingan antara manfaat yang ditimbulkan dari suatu proyek dengan biaya investasi yang dikeluarkan untuk menyelesaikan proyek tersebut. Suatu proyek dapat dikatakan layak secara finansial untuk dikerjakan apabila nilai BCR > 1 dan jika nilai BCR < 1 maka proyek tersebut dapat dikatakan tidak layak untuk dikerjakan.

Analisis *Payback Period* (PP) digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan PAM Bandarmasih dalam pengembalian modal yang dikeluarkan terhadap biaya investasi. Semakin kecil waktu yang dibutuhkan untuk pengembalian modal, maka semakin baik kelayakan investasi tersebut. Perhitungan PP dilakukan berdasarkan penjumlahan laba tiap tahunnya sampai dengan nilai kumulatif laba menjadi positif.

c. Kelayakan Finansial Pembangunan *Elevated Reservoir*

a) Perhitungan BCR Pembangunan *Elevated Reservoir*

$$BCR = \frac{PV_B}{PV_c}$$

$$BCR = \frac{5.874.928.145}{5.630.526.300}$$

BCR = 1,043 (BCR > 1, secara finansial layak untuk dilaksanakan)

b) Perhitungan PP Pembangunan *Elevated Reservoir*

$$PP = 9 + \frac{62.605.751}{187.610.789}$$

PP = 9,334 tahun < (Umur pembangunan reservoir yaitu 15 tahun)

Tabel 11. Perbandingan Skema Peningkatan Efisiensi Energi

Skema	Pembangunan Elevated Reservoir
Biaya Investasi (Rp.)	1.525.350.212
Penghematan Energi (Rp./Tahun)	194.983.560
SEC (kWh/m ³)	0,16
Tekanan	Memenuhi Standar Minimal SNI7509: 2011

Skema	Pembangunan Elevated Reservoir
Kecepatan	Pada jaringan distribusi kecepatan sudah memenuhi standar, namun pada Sambungan Rumah tidak memenuhi standar minimum 0,3 meter/detik
BCR	1,043
PP	9,334

(Hasil Analisis)

SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi eksisting pada pompa *booster* Banua Anyar menunjukkan parameter hirolis berupa tekanan pada titik kritis sebesar 10,67 meter, dan kecepatan terutama pada jaringan tersier dan sambungan rumah berada kurang dari 0,3 meter/detik. Konsumsi energi listrik pada sistem pompa *booster* Banua Anyar adalah sebesar 107,7 kWh/jam atau 2.584,8 kWh/hari dengan biaya sebesar Rp. 3.260.532 / hari atau Rp. Rp. 1.173.791.520 per tahunnya.
2. Penerapan pembangunan *elevated reservoir* menghasilkan penghematan energi sebesar Rp. 194.983.560 / tahun serta secara teknis layak karena memenuhi syarat tekanan minimum . Ditinjau dari aspek finansial sudah layak berdasarkan parameter BCR dan PP.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji Basudewa, D., Aribowo, W., Widyartono, M., & Chandra Hermawan, A. (2020). *Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory UNESA*.
- Alsey, F. K., Arsyad, M.I., Studi, P., Elektro, T., Teknik, J., Teknik, F., Tanjungpura, U., & Energi, I.K. (2018). *Audit Energi Listrik Pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Khatulistiwa*.
- Balai Teknologi Air Minum. (2019). *Modul Pelatihan Efisiensi Energi*.
- BPPSPAM. (2014). *Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja PDAM*.
- BPS (2022) *Kota Banjarmasin dalam Angka 2022*, BPS. Banjarmasin: BPS Kota Banjarmasin.
- Bylka, J., & Mroz, T. (2019). A review of energy assessment methodology for water supply systems. Dalam *Energies* (Vol. 12, Issue 23). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en12234599>
- Cimorelli, L., Covelli, C., Molino, B., & Pianese, D. (2020). Optimal regulation of pumping station in water distribution networks using constant and variable speed pumps: A technical and economical comparison. *Energies*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/en13102530>
- Constantya, Q., Slamet, A., & Pandin, G. N. R. (2021). Analisis Peluang Peningkatan Efisiensi Energi pada Instalasi Pompa Wendit 3 Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*.
- Direktorat Air Minum, (2022). *Buku Kinerja BUMD Air Minum 2022*.

- Famela, B. D., Lukitosari, V., & Doctorina, W. F. (2017). Analisa Penentuan Sisa Umur Bearing Menggunakan Fungsi Mean Residual Life (Studi Kasus pada Mesin Sakurai Oliver-66 CV. Bintang Cakra). *Journal of Mathematics and Its Application*, 14, 127–143.
- Gupta, A. D., & Kulat, K. (2018). Leakage reduction in water distribution system using efficient pressure management techniques. Case study: Nagpur, India. *Water Science and Technology: Water Supply*, 18(6). <https://doi.org/10.2166/ws.2018.023>
- Haramain, M. A., Effendi, R., & Irianto, F. (2017). Perancangan Sistem Pemadam Kebakaran pada Perkantoran dan Pabrik Label makanan PT.XYZ dengan luas bangunan 1125m². *Jurnal Mesin Teknologi (SINTEK Jurnal)*, 11.
- Hontong, N. J., Tuegeh, M., & Patras, L. (2015). Analisa Rugi-Rugi Daya pada Jaringan Distribusi di PT. PLN palu. *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*.
- Instalasi Pengolahan Air PDAM Mulia Baru. *Energi dan Kelistrikan*, 12(1), 43-52. <https://doi.org/https://doi.org/10.33322/energi.v12i1.934>
- Luna, T., Ribau, J., Figueiredo, D., & Alves, R. (2019). Improving energy efficiency in water supply systems with pump scheduling optimization. *Journal of Cleaner Production*, 213, 342–356. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.190>
- Marbun, J. J. H., Yusniati, & Nasution, R. (2019). Analisa Perbaikan Rugi Daya Pada Jaringan Tegangan 380 Volt Dengan Pemerataan Beban. Dalam *Journal of Electrical Technology* (Vol. 4, Issue 3).
- Nanda Utama, R., Slamet, A., & Syaiful Rachman, A. (2021). *Alternatif Peningkatan Efisiensi Energi Sistem Distribusi Instalasi Kota Wisata Perumda Air Minum Tirta Kahuripan*. 6(1). <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i6>
- Ritonga, M. M., Zulfikar, & Pasaribu, F. I. (2019). *Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Media untuk Perbaikan Faktor Daya pada Gedung Pelayanan Kesehatan*.
- Saksono, P. (2011). *Analisis Efisiensi Pompa Centrifugal Pada Instalasi Pengolahan Air Kampung Damai Balikpapan*.
- Shivani Kaustubh Chitale, Pranjal Nitin Jadhav, Snehal Suresh Dhoble, & Dr. Mr. Satyajeet Deshmukh. (2021). Parameters Affecting Efficiency of Centrifugal Pump - A Review. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 49–58. <https://doi.org/10.32628/ijrst218573>
- Soediro, M., & Nurbianto, A. T. (2021). Peranan Penerapan Standar Operasional Prosedur (SOP) Terhadap Penjualan dan Kinerja Karyawan (Sebuah Kajian Terhadap Bisnis Restoran pada Masa Pandemi COVID-19). *Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis Dan Inovasi Universitas Samratulangi*, 8(3), 845–851
- Stoffel, B. (2015). The Role of Pumps for Energy Consumption and Energy Saving. Dalam *Assessing the Energy Efficiency of Pumps and Pump Units* (hlm. 1–24). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08100597-2.00001-x>
- Sularso, & Tahara, H. (1987). *Pompa dan Kompresor: Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan* (3 ed.). PT. Pradnya Paramita.

- Sya'bani, Muhammad R. 2016. "Penerapan Jaringan Distribusi Sistem District Meter Area (DMA) Dalam Optimalisasi Penurunan Kehilangan Air Fisik Ditinjau Dari Aspek Teknis Dan Finansial (Studi Kasus: Wilayah Layanan IPA Bengkuring PDAM Tirta Kencana Kota Samarinda)." *Institut Teknologi Bandung: Bandung*.
- Taebe, Awad Akbar, and Agus Slamet. 2023. "Identifikasi Biaya Energi Pada Sistem Penyediaan Air Minum Kota Bangkalan Perusahaan Umum Daerah Air Minum Sumber Sejahtera." *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* 8(03): 193–202.