

STUDI OPTIMASI POMPA DISTRIBUSI SPAM KOTA PALANGKA RAYA UNTUK EFISIENSI ENERGI

Abdillah Nur Alhamidiy¹, Ali Masduqi², Bustami³, Bagas Wahyu Adhi⁴

^{1,2}Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

³Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

⁴Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Batik Surakarta

abdillah.alhamidiy@pu.go.id, masduqi@its.ac.id, bustami7989@gmail.com, bagaswahyu54@gmail.com

Abstrak

SPAM Kota Palangka Raya memiliki unit distribusi yang ditenagai oleh enam buah pompa namun hanya dua pompa yang berfungsi akibat sering terjadinya kerusakan pada pompa. Adapun pompa yang berfungsi adalah Pompa III dan Pompa V. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi pompa dan konsumsi energi spesifik (KES) sehingga diketahui rekomendasi teknis terhadap optimasi pompa distribusi yang ada. Pompa III dipasang VSD dengan nilai KES sebesar 0,14 KWh/m³ dengan efisiensi pompa sebesar 70,41% sehingga tidak memerlukan perbaikan baik minor maupun major namun memerlukan pompa cadangan baru karena bekerja selama 24 jam sedangkan Pompa V memiliki KES sebesar 0,27 KWh/m³ dengan efisiensi pompa hanya mencapai 36,97% yang memerlukan penggantian pompa baru. Kedua pompa tersebut mengalami masalah yang sama, yakni *V-Unbalanced* yang mencapai 2,72-2,73% sehingga menyebabkan penurunan performa motor yang dapat menyebabkan kerusakan pada komponen pompa serta VSD sehingga dibutuhkan kapasitor bank dan stabilizer tegangan. Adapun evaluasi terhadap kehilangan energi di jaringan distribusi dilakukan dengan cara memperbesar diameter di 57 ruas pipa untuk mengurangi *headloss* agar kurang dari 10 m/km

Kata kunci: Efisiensi, KES, Pompa Distribusi, VSD

Abstract

SPAM of Palangka Raya City has a distribution unit which is powered by six pumps but only two pumps are functioning due to frequent damage to the pumps. The pumps that function is Pump III and Pump V. This research aims to evaluate pump efficiency and specific energy consumption (SEC) so that technical recommendations for optimizing existing distribution pumps are known. Pump III is installed with a VSD with a SEC value of 0.14 KWh/m³ with a pump efficiency of 70.41% so it does not require minor or major repairs but requires a new backup pump because it works 24 hours while Pump V has a SEC of 0.27 KWh/m³ with a pump efficiency of only 36.97% which requires a new pump replacement. Both pumps experienced the same problem, namely *V-Unbalanced* which reached 2.72-2.73%, causing a decrease in motor performance which could cause damage to the pump components and VSD, so a capacitor bank and voltage stabilizer were needed. The evaluation of energy loss in the distribution network was carried out by increasing the diameter of 57 pipe segments to reduce headloss to less than 10 m/km.

Keywords: Efficiency, SEC, Pump Distribution, VSD



I. PENDAHULUAN

Penurunan Sambungan Rumah (SR) mengakibatkan kerugian di Perumda Air Minum Kota Palangka Raya. Kerugian tersebut tercatat dalam laporan keuangan pada tahun 2020 dan 2021. Penurunan SR diakibatkan oleh kegagalan pelanggan dalam melakukan pembayaran tagihan sehingga Perumda Air Minum Kota Palangka Raya terpaksa melakukan pemutusan jaringan SR di beberapa wilayah pelayanan di Kota Palangka Raya. Hal ini memaksa Perumdam Kota Palangka Raya untuk menekan biaya produksi yang salah satu komponennya dapat direduksi dengan menekan biaya energi.

Biaya energi merupakan salah satu komponen biaya yang cukup besar dalam menyumbang biaya produksi Perumdam Kota Palangka Raya hingga berada di angka Rp. 511/m³ volume air (Perumdam Kota Palangka Raya, 2021). Adapun biaya rata-rata energi nasional hanya berada di angka Rp. 356,34/m³ volume air yang diproduksi (KEMENPUPR, 2021). Hal ini menjadi peluang besar bagi perumda untuk mencari alternatif dalam melakukan rekayasa teknis untuk menekan biaya energi.

Instalasi Pengolahan Air (IPA) membutuhkan konsumsi listrik sebesar 85,6% untuk menggerakkan sistem pompa (Aalsey, F.K., dkk., 2019) sehingga rekayasa teknis dalam menekan biaya energi dapat menggunakan panel inverter *variable speed drive* (VSD) yang dapat dipasang pada pompa distribusi maupun pompa intake. VSD mampu menghemat penggunaan listrik hingga 28,61% daripada hanya menggunakan kontrol soft starter saja (Utomo, dkk., 2022)

sehingga VSD merupakan rekayasa teknis yang telah teruji dalam menekan biaya energi.

Pompa distribusi memiliki daya listrik yang cenderung lebih besar atau sama besar daripada pompa intake dan pompa distribusi sebaiknya bekerja secara bergantian selama 24 jam (Sularso dan Haruo Tahara, 2000). Sedangkan pompa intake hanya bekerja dalam kurun waktu tertentu untuk mengisi volume air yang kurang pada sebuah instalasi pengolahan air sehingga VSD dipasang pada pompa distribusi untuk menghemat daya listrik yang dikonsumsi oleh pompa distribusi. Kajian terkait VSD biasanya hanya membahas terkait aspek teknis yang membuktikan bahwa VSD yang dipasang pada pompa mampu menghemat biaya energi dalam sebuah instalasi pengolahan air (Saksono, P., 2017).

Pompa distribusi memiliki peran yang sangat vital karena menjadi satu-satunya alat dalam mendistribusikan air ke seluruh masyarakat Kota Palangka Raya sehingga kerusakan yang terjadi pada pompa distribusi berakibat sangat fatal dalam penyediaan air minum di Kota Palangka Raya. Kerusakan yang sering terjadi pada pompa distribusi dan VSD di Perumdam Kota Palangka Raya disebabkan oleh beberapa hal, salah satunya adalah *V-Unbalanced* sehingga pada penelitian ini diidentifikasi terkait nilai *V-Unbalanced* pada pompa yang masih berfungsi. Pompa yang masih berfungsi hanya ada dua unit, yakni Pompa III yang bekerja selama 24 jam dan Pompa V yang bekerja pada saat jam puncak. Kedua pompa tersebut dievaluasi secara efisiensi pompa dan nilai Konsumsi Energi Spesifik

(KES). Evaluasi tersebut akan menghasilkan rekomendasi teknis terkait optimasi pompa distribusi SPAM Kota Palangka Raya.

Pompa III telah dilengkapi inverter VSD sehingga diperlukan identifikasi terkait pengaturan VSD Optimum untuk melayani masyarakat Kota Palangka Raya dengan menghasilkan debit dan head yang tinggi namun daya listrik yang rendah. VSD tersebut dikaji agar didapatkan nilai efisiensi energi yang tinggi untuk didapatkan penghematan yang dihasilkan dengan memasang dan mengatur frekuensi VSD.

Kehilangan energi pada jaringan distribusi mengakibatkan pompa tidak bekerja secara optimum sehingga diperlukan studi terkait penurunan nilai kehilangan energi pada jaringan distribusi. Kehilangan energi atau *headloss* disebabkan oleh diameter pipa yang terlalu kecil sehingga perlu rekayasa optimasi jaringan distribusi untuk mendapatkan nilai efisiensi energi yang optimum.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian adalah pengukuran data kelistrikan secara langsung untuk menghitung daya listrik menggunakan alat Power Analyzer Vega 78 seperti pada Gambar 1 kemudian dihitung menggunakan rumus 1:

$$\text{Daya Listrik} = V \times I \times \cos\phi \times \sqrt{3} \dots \dots \dots (1)$$

V = tegangan

I = arus



Gambar 1. Power Analyzer Vega 78

Data kelistrikan tersebut direkam selama 3x24 jam dalam seminggu dan diambil sampel selama empat minggu sehingga didapatkan data secara *time series*. Daya listrik sebagai input tersebut kemudian dibandingkan dengan daya hidrolis menggunakan rumus 2 berikut:

$$P_{air} = \rho \times Q \times g \times h \dots \dots \dots (2)$$

P = daya Air

ρ = massa jenis

Q = laju aliran dalam volumetrik

g = gravitasi

H = head total

Data terkait laju aliran didapatkan dari pengukuran secara langsung menggunakan alat Ultrasonic Flowmeter seperti pada Gambar 2. Sedangkan data tekanan didapatkan dari manometer yang terpasang pada pompa distribusi.

Perbandingan antara data listrik dan debit digunakan untuk menghitung energi spesifiknya. KES dihitung agar mendapatkan indikator efisiensi energi listrik atas produksi air yang dihasilkan dengan membandingkan antara daya input listrik dengan debit yang dihasilkan. Nilai

KES yang efisien untuk produksi air bersih adalah kurang dari 0,4 KWh/m³.



Gambar 2. Ultrasonic Flowmeter

Perbandingan antara daya hidrolis dengan daya input listrik kemudian menghasilkan efisiensi pompa dengan kategori efisiensi pompa seperti pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Kategori Efisiensi Pompa

$\mu > 60 \%$	Tidak memerlukan perbaikan
$50\% < \mu < 60 \%$	Memerlukan perbaikan minor
$\mu < 50 \%$	Memerlukan perbaikan major

Data kelistrikan tersebut juga digunakan untuk menghitung *v-unbalanced* yang terjadi pada pompa distribusi SPAM Kota Palangka Raya. *V-unbalanced* menjadi faktor utama penurunan efisiensi pompa. Jika *V-unbalanced* lebih dari 1%, maka diperlukan solusi atas masalah kelistrikan yang terjadi pada pompa distribusi yang sering mengalami kerusakan.

Data efisiensi pompa, KES, dan *V-unbalanced* kemudian dievaluasi sehingga didapatkan rekomendasi teknis terkait optimasi pompa distribusi SPAM Kota Palangka Raya. Selain

data tersebut, data kehilangan energi pada jaringan distribusi juga digunakan untuk mengoptimalkan efisiensi energi pada jaringan distribusi. Penurunan kehilangan energi pada jaringan distribusi menggunakan Software EPANET 2.0 sehingga didapatkan rekomendasi teknis terkait nilai *headloss* yang melebihi 10 m/km.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Evaluasi Efisiensi Pompa dan KES

Pompa distribusi yang dimiliki oleh SPAM Kota Palangka Raya sebanyak enam buah pompa untuk melayani 12.030 SR namun yang berfungsi hanya Pompa III dan Pompa V. Pompa I mengalami kerusakan akibat ausnya impeller sehingga tidak dapat lagi difungsikan sedangkan Pompa II mengalami kerusakan pada bagian kumparan motor sehingga motor tidak dapat lagi berputar. Pompa IV mengalami kerusakan akibat berlubangnya impeller sehingga tidak berfungsi sedangkan Pompa VI sudah beberapa kali mendapatkan perbaikan namun motor tidak dapat difungsikan sehingga hanya ada dua buah pompa distribusi yang sangat vital dalam melayani distribusi air masyarakat Kota Palangka Raya.

Adapun nilai efisiensi pompa dan KES dari Pompa III dan Pompa V dapat dilihat pada Tabel 2 untuk dapat diidentifikasi kondisi dan permasalahan pompa serta efisiensi kelistrikannya dalam memproduksi air bersih yang dihasilkan.

Tabel 2. Nilai Daya Hidrolis, Efisiensi Pompa dan KES

Pompa	Daya Hidrolis (KW)	Efisiensi Pompa (%)	KES (KWh/m ³)
Pompa III	40,6	70,41	0,14
Pompa V	28,7	36,97	0,27

Dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa Pompa III memiliki efisiensi pompa sebesar 70,41% sehingga tidak memerlukan perbaikan dan pompa masih dapat digunakan namun mengingat Pompa III bekerja selama 24 jam, maka diperlukan pompa cadangan untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan atau pada saat dilakukan pemeliharaan. Sedangkan nilai KES untuk Pompa III adalah 0,14 KWh/m³ yang dapat didefinisikan bahwa volume air yang dihasilkan cukup efisien karena kurang dari 0,4 KWh/m³.

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa Pompa V memiliki efisiensi pompa kurang dari 50%, yakni 36,97% sehingga perlu perbaikan major. Menurut Anggun, 2022 dan Payung, 2023 bila pompa sentrifugal dilakukan revitalisasi di bagian *shaft*, *impeller*, *bearing*, dan *volute*, maka peningkatan efisiensi pompa hanya ada pada kisaran 26-27% sehingga jika efisiensi pompa semula 36,97%, maka akan meningkat menjadi 46,58%-46,95%. Nilai hasil revitalisasi pompa masih kurang dari 50% sehingga sebaiknya Pompa V diganti dengan pompa baru. Adapun nilai KES pada pompa V masih memenuhi syarat

efisien sebesar 0,27 KWh/m³ yang memiliki nilai kurang dari 0,4 KWh/m³.

B. Optimasi VSD Pompa III

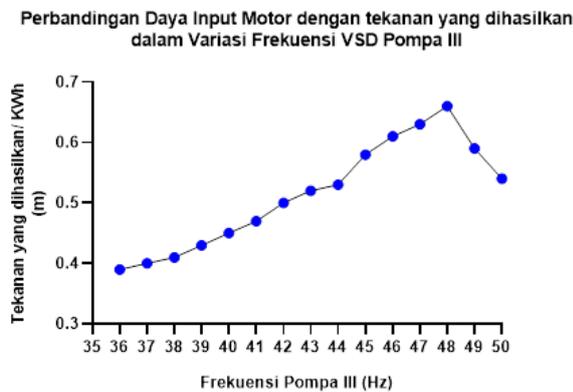
VSD pada Pompa III diatur dengan sistem manual yang diubah oleh operator Perumdam Kota Palangka Raya hasil laporan keluhan sisa tekan yang kurang di pelanggan terjauh demi mendapatkan keuntungan dari sisi tagihan listrik sehingga diperlukan evaluasi untuk pengaturan VSD yang optimum dari sisi input KWh terhadap debit serta tekanan.



Gambar 3. Titik Optimalisasi Frekuensi VSD Pompa III terhadap Debit

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa titik optimum pengaturan VSD terjadi pada titik frekuensi 48 Hz sehingga sebaiknya VSD diatur stagnan dalam frekuensi 46-48 Hz yang memiliki nilai berkisar antara 1,93-1,99 L/detik/ KWh sehingga debit yang dibutuhkan oleh masyarakat terpenuhi. Pengaturan VSD pada kondisi di bawah 39 Hz sangat tidak disarankan mengingat getaran yang terjadi pada pompa akibat putaran kipas pendingin yang semakin lambat untuk mendinginkan motor pompa sehingga terjadi suara yang mendengung dan dikhawatirkan dapat merusak komponen di dalam motor

maupun pompa sentrifugal. Selain itu, debit yang dihasilkan oleh pengaturan VSD pada frekuensi 36 Hz s.d. 39 Hz relatif sama di angka 1,69 L/detik/KWh dan tidak lebih efisien daripada ketika diatur pada frekuensi 49 Hz yang mencapai hingga 1,79 L/detik/KWh.

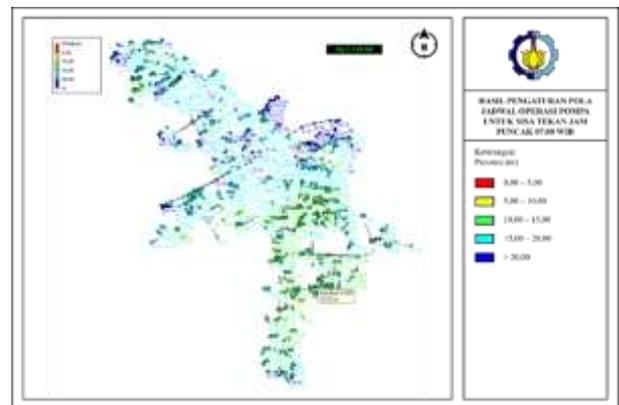


Gambar 4. Titik Optimalisasi Frekuensi VSD Pompa III terhadap Head

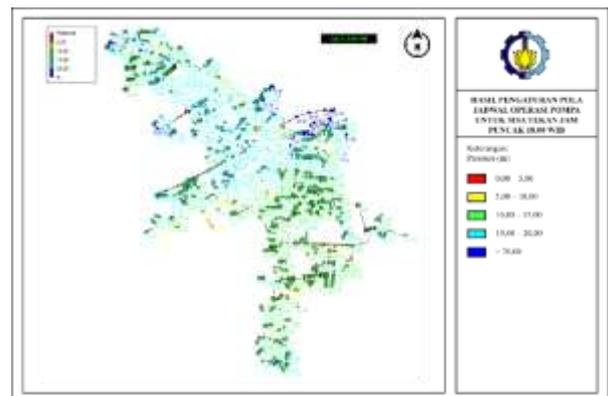
Adapun perbandingan daya input motor terhadap tekanan dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa frekuensi VSD sebaiknya diatur pada frekuensi kisaran antara 46-48 Hz. Hal ini mengingat titik optimum frekuensi VSD ada pada pengaturan 48 Hz agar didapatkan nilai sisa tekan yang tinggi, yakni di angka 0,66 m/KWh. Hal ini tentunya memiliki perbedaan ketika pompa tidak dipasang VSD (50 Hz), maka terdapat perbedaan sekitar 22-23% dikarenakan pompa dengan frekuensi 50 Hz hanya mampu mencatat sisa tekan sebesar 0,54 m/KWh. Selain itu, VSD sangat tidak disarankan untuk diatur kurang dari 39 Hz dikarenakan kipas motor yang bekerja melambat sehingga menyebabkan motor pompa panas dan mendengung serta dapat berpotensi mengakibatkan kerusakan pada komponen motor maupun pompa. VSD yang diatur pada frekuensi 36-45 Hz tidak lebih baik

daripada VSD yang diatur pada frekuensi 49 Hz sehingga pengaturan optimum untuk sisa tekan pelanggan terjauh paling baik ada di kisaran 46-48 Hz yang memiliki nilai 0,61-0,66 m/KWh.

Adapun pengaturan VSD pada Pompa III dengan frekuensi 48 Hz pada jam puncak menghasilkan sisa tekan yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan minimal dengan nilai 5 mka. Adapun hasil simulasi EPANET pada jam puncak jam 07.00 WIB dapat dilihat pada Gambar 5 dan jam puncak jam 18.00 WIB dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Hasil Pengaturan VSD Pompa III 48 Hz pada Jam Puncak 07.00 WIB



Gambar 6. Hasil Pengaturan VSD Pompa III 48 Hz pada Jam Puncak 18.00 WIB

Dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6 bahwa pengaturan VSD pada Pompa III sebesar 48 Hz mampu meningkatkan sisa tekan pada pelanggan agar mencapai nilai minimal 5 mka. Hal ini dapat

ditandai dengan tidak adanya node berwarna merah di seluruh area pelayanan Perumdam Kota Palangka Raya.

C. *V-Unbalanced* Pompa III dan Pompa V

Hasil pengukuran ketidakseimbangan tegangan pada Pompa III distribusi SPAM Kota Palangka Raya memiliki nilai 2,72% yang didefinisikan bahwa Pompa III akan mengalami penurunan efisiensi pompa berkisar antara 5-12% dari efisiensi semula. Hal ini dapat diartikan bahwa jika Pompa III memiliki nilai efisiensi pompa 70,41%, maka jika ketidakseimbangan tegangan tidak segera diperbaiki efisiensi Pompa III akan berkurang menjadi 66,88-61,96% dalam waktu tertentu. Walaupun nilai efisiensi pompa akibat ketidakseimbangan tegangan dalam jangka waktu lama tidak berakibat pompa akan rusak (efisiensi > 60%), namun sangat disarankan bahwa ketidakseimbangan tegangan agar segera ditangani dan diperbaiki dengan rekayasa kelistrikan.

Nilai ketidakseimbangan tegangan pada pompa V yang memiliki nilai ketidakseimbangan tegangan yang sangat mirip dengan ketidakseimbangan tegangan pada Pompa III dengan perbedaan 0,01%, yakni di angka 2,73% sehingga menyebabkan penurunan efisiensi berkisar antar 5-12%. Hal ini berbeda dengan Pompa III yang merupakan pompa baru di tahun 2022 sehingga memiliki nilai efisiensi lebih dari 65%, Pompa V merupakan pompa dengan usia yang sudah lama karena didatangkan sejak tahun 1997 sehingga memiliki umur lebih dari 25 tahun dan memiliki efisiensi kurang dari 50%, yakni

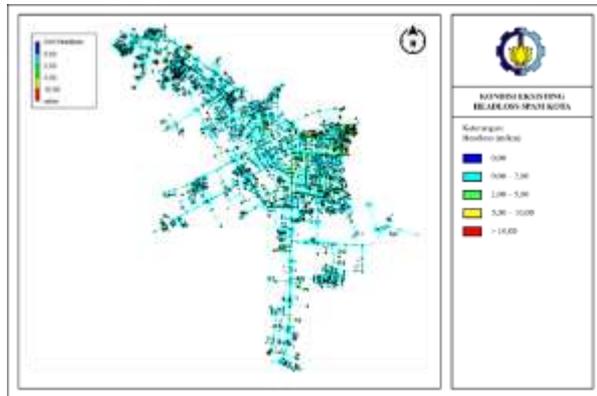
36,97%. Ketidakseimbangan tegangan pada Pompa V akan berefek sangat fatal pada Pompa V dikarenakan efisiensi pompa akan menurun hingga ke 35,12-32,53% yang dapat menyebabkan kerusakan secara major dan pompa V tidak dapat difungsikan lagi sebagai pompa penunjang untuk pemakaian jam puncak.

Adapun solusi yang akan diimplementasikan oleh Perumdam Kota Palangka Raya adalah dengan memasang kapasitor bank sebanyak 10 buah dengan merk Siemens yang sudah ada sejak awal tahun 2023. Kapasitor bank ini akan dipasang pada akhir tahun 2023 sebagai solusi atas ketidakseimbangan tegangan yang terjadi di rumah pompa distribusi SPAM Kota Palangka Raya. Selain itu, menurut Najmurokhman, 2018 bahwa ketidakseimbangan tegangan yang terjadi di SPAM Kota Palangka Raya dapat diatasi dengan cara membuat stabilizer tegangan berbasis electronic load controller (ELC) yang akan mampu membuat tegangan berkisar di angka $\pm 1\%$. Selain itu, kualitas tegangan yang masuk dapat diperbaiki menggunakan Dynamic Voltage Restorer (DVR) untuk membuat tegangan 3 fasa yang tak seimbang menjadi beban yang berimbang (Winarso, 2013).

D. Optimasi Penurunan Kehilangan Energi

Headloss jaringan distribusi SPAM Kota Palangka Raya didefinisikan sebagai kerugian energi yang diakibatkan oleh gesekan antara fluida dengan dinding pipa (Widiasmadi, 2023). Headloss sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh Permen PUPR no. 27 Tahun 2016 bahwa headloss dalam jaringan distribusi

tidak boleh lebih dari 10 m/km mengakibatkan kehilangan energi terlalu tinggi sehingga evaluasi headloss tersebut disimulasikan dalam program EPANET seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Simulasi EPANET terkait Headloss di SPAM Kota Palangka Raya

Dapat dilihat pada Gambar 7 bahwa Headloss eksisting hasil simulasi EPANET ditemukan 57 ruas pipa jaringan distribusi SPAM Kota Palangka Raya yang tidak memenuhi syarat headloss maksimal di angka lebih dari 10 m/km sehingga diperlukan rekayasa berupa penggantian pipa baru dengan menambah satu diameter lebih tinggi daripada diameter eksisting untuk mendapatkan headloss kurang dari 10 m/km.

Rekayasa atau optimasi berupa perbesaran diameter pipa jaringan distribusi dinilai lebih baik daripada menggunakan sistem pipa paralel dikarenakan usia pipa yang sudah terlalu tua sejak 1997 menjadi dasar penggantian pipa baru menjadi opsi paling rasional untuk diambil mengingat pipa baru tersebut akan memiliki potensi usia yang lebih lama. Selain itu, sistem pipa paralel dengan lahan yang cukup sempit di tepi jalan membuat susah dalam pelaksanaannya dan cenderung akan memiliki nilai headloss yang

belum tentu bisa kurang dari 10 m/km. Adapun bahan pipa yang akan digunakan dalam proses penggantian 57 ruas pipa yang memiliki nilai headloss lebih dari 10 m/km sesuai dengan bahan pipa eksisting sehingga jika semula pipa eksisting berupa PVC dan HDPE, maka akan diganti dengan pipa berbahan PVC dan HDPE sesuai kondisi eksisting.

IV. KESIMPULAN

SPAM Kota Palangka Raya memiliki 6 buah pompa distribusi untuk melayani 12.030 SR namun yang berfungsi hanya Pompa III dan Pompa V dengan kapasitas masing-masing sebesar 120 L/detik dengan Head 40 m. Nilai Efisiensi Pompa III sebesar 70,41% dengan nilai KES 0,14 KWh/m³ serta nilai *V-Unbalanced* sebesar 2,72% sedangkan Pompa V memiliki nilai efisiensi pompa sebesar 36,97% dengan nilai KES sebesar 0,27 KWh/m³ serta nilai nilai *V-Unbalanced* sebesar 2,73%. Perlunya pompa cadangan untuk Pompa III yang bekerja selama 24 jam dan pompa baru untuk Pompa V yang memiliki nilai efisiensi 36,97% yang kurang dari 50%.

Terdapat 57 ruas pipa yang sebaiknya diperbesar diameternya agar kehilangan energi pada ruas tersebut kurang dari 10 m/km. Dibutuhkan kapasitor bank, genset, ELC, dan DVR untuk mengantisipasi terjadinya permasalahan kelistrikan yang dapat menyebabkan kerusakan pada komponen pompa distribusi SPAM Kota Palangka Raya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alsey, F.K., Junaidi, Arsyad, M. Iqbal. 2019. *Audit Energi Listrik pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Khatulistiwa*. Pontianak: Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura.
- Anggun, Tandisau, Popang, G. 2022. *Peningkatan Kinerja Pompa Sentrifugal Test Rig R2-11*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Kementerian PUPR. 2022. *Kinerja BUMD Air Minum 2022 Wilayah III*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Najmurrokhman, A. dan Andryansyah, K. 2018. *Perancangan Electronic Load Controller berbasis Mikrokontroler sebagai Stabilizer Tegangan dan Frekuensi*. Cimahi: Jurnal Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani.
- NEMA Standard MG 1. 1993. *Motors and Generators*.
- Payung, Y.K., Nursanti, E., Priyasmanu, T. 2023. *Analisis Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal menggunakan metode RCM (Reality Centered Maintenance) untuk Mengetahui Interval Penggantian Optimum di Perumda Tirta Kanjuruhan*. Jurnal Valtech Vol. 6 No. 2.
- Perumda Air Minum Kota Palangka Raya. 2020. *Data Bagian Umum Perumda Air Minum Kota Palangka Raya*. Palangka Raya: Perumda Air Minum Kota Palangka Raya.
- Saksono, P. 2017. *Analisis Efisiensi Pompa Centrifugal pada Instalasi Pengolahan Air Kampung Damai Balikpapan*. Balikpapan: Universitas Balikpapan.
- Sularso, dan Haruo Tahara. 2000. *Pompa dan Kompresor: Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Utomo, Budi Setio, Irfan, Faridha, Moethia. 2022. *Efisiensi Energi Listrik menggunakan Variable Speed Drive (VSD) pada Motor Induksi 3 Fasa*. Banjarmasin: Universitas Islam Kalimantan.
- Widiasmadi, Nugroho. 2023. *Mekanika Fluida 2*. Indramayu: CV. Adanu Abimata
- Winarso. 2013. *Perbaikan Kualitas Tegangan menggunakan Dynamic Voltage Restorer*. Jurnal Ilmiah Foristek Vol. 3.