

PERENCANAAN SISTEM KELISTRIKAN PROYEK PENGOLAHAN AIR BERSIH KAPASITAS 3.000 LITER PER DETIK DI JAKARTA TIMUR

Rinto Irawan*, **Kristanto Adi Nugroho**

Program Studi Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,

**rintoirawan@yahoo.co.id*

Abstrak

Dari perencanaan teknis didapat bahwa motor pompa yang digunakan untuk air baku memiliki daya PLN sebesar 1.600 kW / 1.700 kVA dengan rencana pengoperasian *Low Voltage (LV)* motor pompa kapasitas 1.100 lt/d/ 310 kW (operasi 3 unit, cadangan 2 unit) dari data ini didapat permasalahan kemampuan dan besaran kabel yang di butuhkan maka, dalam perencanaan ini kabel dan pengaman untuk instalasi harus sesuai dan di hitung berdasarkan beban yang akan di tanggung dimana kabel pada panel utama LVMDP menggunakan kabel NYY 6x300 mm² dan pengaman arus lebih VCB 2.500 ampere dan kontrol pada motor menggunakan komponen *Variable Speed Drive*. Selain menggunakan daya PLN juga di back up 100% oleh *genset* kapasitas 1.700 kVA. Air baku ini terletak di Bekasi sedangkan proses *Water Treatment Plant (WTP)* atau Instalasi Pengolahan Air (IPA) berada di Jakarta Timur tepatnya di sekitar pondok kelapa yang berjarak dari air baku sekitar kurang lebih 8 – 10 km. Dari perencanaan teknis untuk WTP/IPA terdapat motor pompa distribusi dan motor pompa penunjang lain yang di gunakan memiliki daya PLN sebesar 4.800 kVA dengan rencana pengoperasian *Medium Voltage (MV)* motor pompa kapasitas 1.125 lt/d / 830 kW (operasi 3 unit, cadangan 3 unit) dari data ini di dapat perencanaan kabel dan pengaman yang sesuai melalui perhitungan beban sesuai *load list*, untuk instalasi ini kabel pada panel utama menggunakan kabel N2XSY 3 x 95 mm² dan pengaman arus lebih *Circuit Breaker (CB)* 400 A / 7,2 kV dan panel motor menggunakan *Variable Speed Drive*

Kata kunci: WTP, SPAM, Daya, *Variable Speed Drive*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan air bersih di Jakarta menjadi sangat penting karena air merupakan kebutuhan pokok setiap makhluk hidup. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih tersebut maka masyarakat tidak dapat mengandalkan air dari sumber air langsung seperti air permukaan dan air hujan karena kedua sumber air tersebut sebagian besar telah tercemar baik secara langsung maupun tidak langsung dari aktivitas manusia dan lingkungan. Pilihan terbaik adalah menggunakan air PAM hasil pengolahan yang sesuai peraturan Menteri Kesehatan No.492/MENKES/ PER/IV/2010[1].

Kebutuhan Energi dalam Pengolahan Air

Kebutuhan energi listrik dalam

pengolahan air sangat penting untuk dipahami dan dikelola dengan baik, karena hal ini berdampak pada biaya operasional fasilitas pengolahan air dan juga dapat memengaruhi lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, merencanakan dan mengelola sumber daya energi dengan efisien adalah aspek kunci dalam operasi fasilitas pengolahan air yang berkelanjutan[2].

Intake

Intake adalah tempat masuknya air baku yang di sadap dari kanal tarum barat (kalimalang) untuk disalurkan dalam proses pengolahan air bersih. Air baku dialirkan dari *Intake* menuju WTP menggunakan pipa transmisi dengan jenis *Ductile Cast Iron Pipe (DCIP)* DN 1.800 dengan total jarak panjang sekitar 8 km.

Panel

Panel listrik, yang juga dikenal sebagai panel listrik distribusi atau panel listrik daya, adalah perangkat penting dalam sistem listrik suatu bangunan atau fasilitas. Ini adalah pusat pengendalian dan distribusi listrik yang mengatur aliran listrik dari sumber daya utama (seperti jaringan listrik umum atau generator) ke berbagai sirkuit listrik dalam bangunan.



Gambar 1: Generator
Sumber: Data Penelitian Mandiri

Transformator

Transformator adalah perangkat listrik yang digunakan untuk mengubah tegangan listrik dari satu tingkat ke tingkat lainnya dalam sistem tenaga listrik. Perangkat ini terdiri dari dua gulungan kawat yang diletakkan di sekitar inti besi atau inti feromagnetik. Gulungan-gulungan kawat ini disebut gulungan primer dan gulungan sekunder. Transformator berfungsi dengan prinsip induksi elektromagnetik[3].



Gambar 2: Transformator
Sumber: Data Penelitian Mandiri

1. METODOLOGI

Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk memahami dan mempelajari konsep-konsep dan disain detail sistem IPA yang diimplementasikan, dalam hal ini sistem IPA Buaran kalimalang. Kajian dan studi pada tahap ini dilakukan berdasarkan studi pustaka baik bersumber dari *textbooks* maupun laporan-laporan disain dan studi evaluasi yang pernah dilakukan atau diterbitkan. Sejauh mana kriteria disain yang diaplikasikan dalam sistem IPA dapat menghasilkan kinerja sistem IPA apakah *fair performance*, *good performance*, atau *very good performance*.

2. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 ANALISIS

Dalam perencanaan ini, *intake* memiliki kebutuhan daya listrik kurang lebih 1.600 kW. Oleh karena itu, kebutuhan daya listrik dalam kVA tanpa mempertimbangkan faktor daya PLN adalah sekitar 1.700 kVA. Namun, dalam praktiknya, faktor daya tidak selalu tepat 1.0, sehingga perhitungan yang lebih akurat mempertimbangkan faktor daya aktual, perlu diketahui faktor daya sistem instalasi yang ada untuk melakukan perhitungan yang lebih tepat. Namun untuk perhitungan sederhana dengan faktor daya dapat menggunakan rumus dasar :

$$kVA = \frac{kW}{PF}$$

Disini Faktor daya yg digunakan adalah 0.8

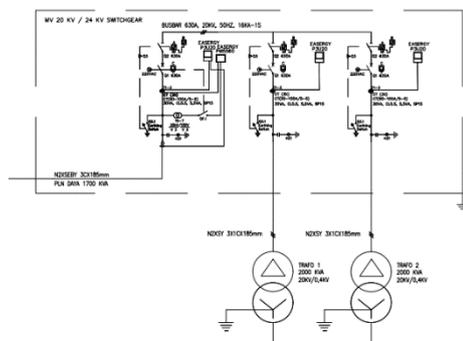
$$kVA = \frac{1.600 kW}{0,8}$$

kVA = 2.000 \approx **1.700 kVA** untuk pemasangan daya PLN

Berdasarkan data gambar *single line diagram intake* dapat diketahui bahwa kebutuhan daya listrik PLN terpasang

sebesar 1.700 kVA TM atau tegangan menengah 20 kV. Untuk daya sebesar 1.700 kVA, akan diperlukan sebuah gardu (gardu listrik) untuk mengatur distribusi dan pengelolaan daya listrik yang masuk dari penyedia layanan listrik, seperti PLN (Perusahaan Listrik Negara). Gardu PLN dengan tegangan 20 kV memainkan peran utama dalam menjaga stabilitas dan keandalan sistem distribusi listrik, serta memastikan bahwa daya listrik tersedia secara kontinyu guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan industri.

Output dari gardu PLN di tarik dan sambungkan menuju ke gedung *power house* masuk ke panel *switchgear* model 1 *incoming* 2 *outgoing*, kedua *outgoing* 20 kV tersebut lalu di koneksi ke transformator ke 1 *step down* 20 kV/400 V kapasitas 2.000 kVA, sisi primer 20 kV dan transformator ke 2 *step down* 20 kV/400 V kapasitas 2.000 kVA, sisi primer 20 kV keduanya dengan menggunakan kabel N2SXY 3x1Cx185 mm seperti dalam gambar di bawah ini :



Gambar 3: isi primer 20 kV keduanya dengan menggunakan kabel N2SXY 3x1Cx185

Sumber: Data Penelitian Mandiri

Untuk selanjutnya *outgoing* ke dua trafo sisi sekunder tegangan 400 volt menjadi *incoming feeder* 1 dan *incoming feeder* 2 dengan menggunakan penghantar kabel NYY 6x1Cx300 mm untuk fasa dan 3x1Cx300 mm untuk netral, ke panel LVMDP dengan pemutus arus atau *main breaker* kapasitas 2.500 A. Selain power utama dari PLN juga tersedia *genset*

dengan kapasitas 1.700 kVA sebagai cadangan power dengan sistem interkoneksi *Automatic Transfer Switch* (ATS) - *Automatic Main Failure* (AMF) dengan pemutus arus *main breaker* 2.500 A, dari *genset* dikoneksi menggunakan penghantar kabel NYY 6x1Cx300 mm untuk fasa dan 3x1Cx300 mm untuk netral menuju panel ATS – AMF kemudian dikoneksi ke *incoming feeder*. Untuk *power* cadangan, jika total daya yang perlu dipasok adalah 1.600 kW, maka *Genset* 1.700 kVA dapat memberikan daya lebih dari cukup untuk memenuhi kebutuhan daya total 1.600 kW.

Untuk menghitung daya pada sistem listrik berdasarkan beban daya listrik keseluruhan dengan mengacu pada Single Line Diagram (SLD) dan daftar beban (*load list*), daya total dalam kW terdiri dari daya pompa 5 unit dan daya peralatan listrik yang lain di bangunan intake. Dapat di hitung seperti di bawah ini:

$$\text{Daya Total (kW)} = \sum ((\text{Daya Beban Individual (kW)}))$$

Di mana:

\sum adalah simbol sigma yang menunjukkan penjumlahan.

Daya Beban Individual (kW)

Daya Beban Individual (kW) adalah daya masing-masing beban individual yang terdapat dalam *load list* dapat di ketahui bahwa:

$$\text{Daya Pompa intake} = 315 \text{ kW sebanyak 5 unit}$$

$$\text{Daya beban lain dari feeder 1} = 25 \text{ kW}$$

$$\text{Daya beban lain dari feeder 2} = 10 \text{ kW}$$

Maka, untuk mendapatkan daya total yaitu dengan menjumlahkan semua beban baik dari jumlah 5 pompa dan jumlah beban feeder 1 dan 2 seperti di bawah:

$$\text{Daya Total} = (315 \times 5) + (25) + (10)$$

$$\text{Daya Total} = (1.575) + (35)$$

$$\text{Daya Total} = \underline{\underline{1.610 \text{ kW}}}$$

Dapat dihitung daya dari setiap beban pompa secara individual untuk mendapatkan total daya sistem listrik dapat dihitung sbb :

$$P (W) = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

$$315.000 = \sqrt{3} \times 400V \times I \times 0,8$$

Karena:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi}$$

$$I = \frac{315.000}{1,7 \times 400 \times 0,8}$$

$$I = \frac{315.000}{544}$$

$$I = \underline{579,04 \text{ A}}$$

Maka:

$$P = 1,7 \times 400 \times 579,04 \times 0,8$$

$$P = \underline{314.997,76 \text{ W} \approx 315 \text{ kW}}$$

Perhitungan air masuk (intake) sampai ke Reservoir B (Distribusi)

Perhitungan air masuk dari intake sampai ke reservoir B (distribusi) melibatkan berbagai faktor, termasuk laju aliran air, panjang saluran pipa, tipe pipa, perbedaan elevasi antara intake dan reservoir, serta kebutuhan distribusi air di reservoir. Dan mengetahui daya dan kapasitas pompa dengan rumus[4].

$$P \text{ pompa} = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{\eta}$$

Dimana :

$$P \text{ pompa} = 320$$

(kilowatt),

$$\rho = 1 \text{ (kg/m}^3\text{),}$$

$$g = 9,81$$

(m/s²),

$$Q = 1.100$$

(liter/detik),

$$H \text{ total} = 20 \text{ (m).}$$

$$\eta = 84,6 \text{ (\%)} \text{ (}$$

berdasarkan data sheet pompa KSB)

Untuk menguji kebenaran angkanya adalah sbb :

$$P \text{ pompa} = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{\eta}$$

$$P \text{ pompa} = \frac{1 \times 9,81 \times 1100 \times 20}{84,6\%}$$

$$P \text{ pompa} = \frac{215.820}{84,6\%}$$

$$P \text{ pompa} = 255.106,38 \text{ Watt} \approx 256 \text{ kW}$$

Untuk menghitung laju aliran air (*flow rate*) saat sampai di *Water Treatment Plant* (WTP), dapat menggunakan persamaan dasar hukum kontinuitas yang menyatakan bahwa jumlah air yang masuk ke suatu titik dalam sistem harus sama dengan jumlah air yang keluar dari titik tersebut. Sesuai dengan rumusan sbb :

$$Q_{in} = Q_{out}$$

Dalam hal ini **Q_{in}** adalah laju aliran air yang masuk ke sistem (dihasilkan oleh 3 unit pompa) karena yang dioperasikan adalah hanya 3 unit saja dan **Q_{out}** adalah laju aliran air yang masuk ke reservoir utama di WTP melalui pipa dengan diameter 1.800 mm .

Laju aliran air (**Q**) dapat dihitung menggunakan persamaan dasar hidrolika pada rumusan sbb [5]:

$$Q = A \cdot V$$

Di mana:

- **Q** adalah laju aliran air,
- **A** adalah luas penampang pipa, dan
- **V** adalah kecepatan aliran air.

Luas penampang pipa (**A**) dapat dihitung menggunakan rumus untuk luas lingkaran ($2 \pi r^2$), di mana **r** adalah jari-jari pipa (setengah dari diameter) rumusan sbb:

$$A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

Dengan mengetahui **A**, maka dapat menghitung **V** menggunakan persamaan $Q = A \cdot V$.

Berikut langkah-langkah perhitungannya:

1. Menghitung luas penampang pipa

$$A = 3,14 \left(\frac{1.800}{2}\right)^2$$

$$A = 3,14 \left(\frac{1.800}{2}\right)^2$$

$$A = 3,14 \times 81.000$$

$$A = \underline{2.543.400 \text{ mm}^2}$$

2. Menghitung kecepatan aliran air (V) menggunakan persamaan $Q=A \cdot V$.

Q_{in} adalah laju aliran air yang masuk ke sistem. Jumlah pompa adalah 3 dan kapasitas pompa adalah 1.100 Lps (*liter per second*), sehingga:

$$Q_{in} = \text{Jumlah pompa} \times \text{Kapasitas pompa}$$

$$Q_{in} = 3 \times 1.100 \text{ Lps}$$

$$Q_{in} = 3.300 \text{ Lps}$$

Setelah didapat Q_{in} . Karena hukum kontinuitas menyatakan bahwa Q_{in} harus sama dengan Q_{out} dan dapat menggunakan nilai ini untuk menghitung V :

$$Q_{in} = Q_{out}$$

$$V = \frac{Q_{in}}{A}$$

$$V = \frac{3 \times 1.100 \text{ lps}}{A}$$

$$V = \frac{3.300.000.000}{2.543.400 \text{ mm}^2}$$

$$V \approx 1.297,48 \text{ mm/s}$$

Setelah didapatkan kecepatan aliran air (V) sekitar 1.175 mm/s. Dengan mengetahui V, maka dapat menghitung laju aliran air yang keluar (Q_{out}) di WTP menggunakan persamaan $Q = A \cdot V$

$$Q_{out} = A \times V$$

$$Q_{out} = 2.543.400 \text{ mm}^2 \times 1.297,48 \text{ mm/s}$$

$$Q_{out} \approx 3.300.010,63 \text{ mm}^3/\text{s}$$

Namun, perlu dikonversi satuan ini ke Lps. Karena 1 L = 1.000 mm³, maka:

$$Q_{out} = \frac{3.300.010,63 \text{ mm}^3/\text{s}}{1.000} \text{ Lps}$$

$$Q_{out} \approx 3.300,010 \text{ Lps}$$

Kebutuhan Daya Listrik Reservoir B (Distribution)

Pada reservoir B ini kapasitas 26.000 m³ terdapat pompa distribusi *Medium Voltage* (MV) 3,3 kV kapasitas daya 830 kW dengan Q pompa 1.125 lps Untuk menghitung daya pada sistem kelistrikan *Medium Voltage* 3,3 kV berdasarkan beban daya listrik keseluruhan, dengan mengacu pada *Single Line Diagram* (SLD) dan daftar beban (*load list*), daya total dalam kW terdiri dari daya pompa distribusi 6 (unit). Dapat di hitung seperti di bawah ini:

$$\text{Daya Total (kW)} = \sum (\text{jumlah daya beban individual (kW)})$$

Di mana:

\sum adalah symbol sigma yang menunjukkan penjumlahan.

Daya beban individual (kW) adalah daya masing-masing beban individual yang terdapat dalam load list

Dapat di ketahui bahwa

Daya pompa distribusi = **830 kW** sebanyak 6 unit pompa

Maka, untuk mendapatkan daya total yaitu dengan menjumlahkan semua beban 6 unit pompa

$$\text{Daya Total} = 830 \text{ kW} \times 6$$

$$\text{Daya Total} = 4.980 \text{ kW}$$

$$\text{Daya Total} = \underline{\underline{4.980 \text{ kW}}}$$

Dalam pengoperasian pompa distribusi menggunakan *Variable speed drive* kapasitas 1.000 kW dengan operasi pompa 3 unit dan *stand by* 3 unit. Dapat dihitung daya dari setiap motor pompa secara individual dan untuk mendapatkan total daya beban motor pompa mengacu rumus sbb :

$$P (W) = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

$$830.000 = \sqrt{3} \times 3.300 \times I \times 0,8$$

Karena:

$$P = \frac{P}{\sqrt{3} \times 3.300 \times 0,8}$$

$$I = \frac{830.000}{1,7 \times 3.300 \times 0,8}$$

$$I = \frac{830.000}{4.488}$$

$$\underline{\underline{I = 184,94 \text{ A}}}$$

Maka:

$$P = 1,7 \times 3.300 \times 184,94 \times 0,8$$

$$\underline{\underline{P = 830.010,72 \text{ W} \approx 830 \text{ kW per 1 unit}}}$$

Dalam perencanaan pada gedung pompa distribusi 3,3 kV memiliki kebutuhan daya listrik sekitar 3.320 kW dengan asumsi pengoperasian 4 unit pompa, maka kebutuhan daya listrik langganan PLN sebesar 4.800 kVA cukup untuk kebutuhan pemompaan distribusi. Untuk mendapatkan bukti cukupnya daya PLN maka perhitungan sederhananya dapat menggunakan rumus dasar sbb :

$$\text{kVA} = \frac{\text{kW}}{\text{PF}}$$

Disini Faktor daya yg di pakai adalah 0.8

$$kVA = \frac{3.320}{0,8}$$
$$kVA = 4.150$$

Dengan demikian terbukti Langganan PLN \approx **4.800 kVA** maka kebutuhan operasional pada pompa distribusi sangat mencukupi kebutuhan daya untuk kebutuhan pendistribusian air bersih.

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan pada perencanaan kelistrikan wtp di dapatkan hasil sebagai berikut:

1. Perhitungan Kebutuhan Daya Intake untuk Pompa terdiri dar 5 unit kapasitas motor 320 kW dan kapasitas pompa 1.100 lps dengan 3 operasi berarti setara dengan $320 \times 3 = 960$ kW dengan operasi menggunakan VSD.
2. Perhitungan Kebutuhan Daya Reservoir B untuk pompa distribusi terdiri dari 6 unit pompa MV kapasitas motor 830 kW dan kapasitas pompa 1.125 lps dengan 3 operasi berarti setara dengan $830 \times 3 = 2.490$ kW dengan operasi menggunakan *Variable Speed Drive*.
3. Perhitungan air masuk dari intake ke wtp (reservoir B) sebesar 3.300 lps dengan jarak 8.000 meter dialirkan melalui pipa DCIP 1800 mm dengan beberapa elevasi dan kontur tanah menghasilkan flow Rate 3.300,010 lps.
4. Daya terpasang untuk Intake 1.700 kVA dan beban operasionalnya sekitar 982 kW
5. Daya terpasang untuk WTP 4.800 kVA dan beban operasional sekitar 2.265 kW

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. A. Y. Wattimena, "Pemenuhan Hak atas Air Bersih dan Sehat, Serta Hak Menggugat Masyarakat," *Balobe Law Journal*, vol. 1, no. 1, p. 1, Mar. 2021, doi: 10.47268/balobe.v1i1.497.
- [2] P. Pendidikan, P. Sumber, D. Air, and D. Konstruksi, "Modul 3 Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu."

- [3] A. Ghurri, "Konsep Manajemen Energi."
- [4] "Standar Nasional Indonesia Spesifikasi unit paket instalasi pengolahan air".
- [5] P. Percepatan *et al.*, "DOKUMEN PENAWARAN."