

PERANCANGAN SISTEM POMPA AIR SUNGAI YEH HA UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN AIR MASYARAKAT DESA ABABI

M. Derren¹, W. G. Ariastina², I N. Setiawan², I. A. D. Giriantari²,
I W. Sukerayasa², I N. Satya Kumara²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl Raya Kampus Unud Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali 80631

mikaelderren@student.unud.ac.id

ABSTRAK

Kayuan Yeh Ha menjadi sumber air bersih yang terletak di Desa Ababi, Kabupaten Karangasem. Aliran Kayuan Yeh Ha ini digunakan untuk permdanian maupun dikonsumsi oleh warga sekitar. Kayuan Yeh Ha ini bersumber dari mata air Yeh Ha dan banyak dimanfaatkan untuk keperluan warga setempat. Dalam memenuhi kebutuhan air masyarakat setempat, didirikan bak penampungan air berkapasitas 58,74 m³ yang pada awalnya digunakan untuk mendistribusikan air ke 10 rumah. Pada tahun 2020 menggunakan kincir air yang menggerakkan pompa mekanik tanpa Listrik untuk memenuhi bak penampungan tersebut. Setelah beroperasi selama 1 tahun, kincir air tersebut mengalami kerusakan pada porosnya, sehingga kincir air tersebut digantikan oleh pompa hidraulik ram. Namun, pompa hidram hanya memanfaatkan seperlima dari aliran air yang ada, sehingga pompa hidram dinilai kurang efektif. Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pompa air listrik yang ditenagai oleh sumber energi baru terbarukan. Dengan adanya pompa air listrik ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengisian bak penampungan air. Berdasarkan pengukuran dan perhitungan, sistem PLTMH yang akan digunakan diperkirakan dapat menghasilkan daya sebesar 6kW. Pemilihan pompa dilakukan berdasarkan perhitungan daya listrik, debit air yang dihasilkan, dan harga pompa, maka pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal Pedrollo F50-160B yang dapat menghasilkan debit air sebesar 56m³/jam pada head 25 meter. Pompa Pedrollo F50-160 menggunakan motor penggerak yaitu motor arus bolak balik 3 fasa dengan rangkaian sangkar tupai gdana yang menghasilkan daya sebesar 5,5kW. Rugi-rugi pipa dan sambungan juga dikalkulasikan menggunakan *software* Pipeflow Expert gratis, diperoleh debit air sebesar 31,687 m³/jam. Pompa tersebut akan dimaksimalkan penggunaannya selama 24 jam sehingga pompa air tersebut dapat menghasilkan debit air sebesar 763,620 m³/hari yang dapat memenuhi kebutuhan air bersih 12.277 orang atau 2.455 keluarga. Untuk mencapai sasaran penggunaan air tersebut juga membutuhkan pipa ke rumah warga dari bak penampungan sepanjang 35.900 meter dengan diameter 80mm dan pipa 16mm sepanjang 49.100 m . Pada sistem ini juga dilengkapi perangkat *variable frequency driver* untuk meningkatkan efisiensi dari pompa listrik serta mengurangi adanya lonjakan arus pada saat *starting*. Kinerja dari *variable frequency driver* yang disimulasikan kinerjanya melalui *software* berbayar Matlab Simulink.

Kata kunci : Pompa Air, Distribusi Air Bersih, Energi Baru Terbarukan, VFD, Motor AC

ABSTRACT

Kayuan Yeh Ha serves as a clean water source located in Ababi Village, Karangasem Regency. The flow from Kayuan Yeh Ha is utilized for both bathing dan consumption by the surrounding residents. Originating from the Yeh Ha spring, Kayuan Yeh Ha is extensively utilized to fulfill the needs of the local community. In order to meet the water requirements of the local populace, a water storage tank with a capacity of 58.74 m³ was initially established to distribute water to 10 households. In the year 2020, a water wheel was employed to power a mechanical pump without electricity to fill the storage tank. After operating for one year, the water wheel experienced shaft damage, necessitating its replacement with a hydraulic ram pump. However, the hydraulic ram pump only utilizes one-fifth of the available water flow, thereby rendering it less

effective. Consequently, this research aims to design an electric water pump system powered by a new renewable energy source. The implementation of this electric water pump is expected to enhance the efficiency of filling the storage tank. Based on measurements dan calculations, the micro-hydro power plant system (PLTMH) is estimated to produce a power output of 6kW. Pump selection is determined by electrical power calculations, water discharge, dan pump prices, leading to the adoption of the Pedrollo F50-160B centrifugal pump capable of delivering a water discharge of 56m³/hour at a head of 25 meters. The Pedrollo F50-160 pump utilizes a 3-phase squirrel cage induction motor generating a power output of 5.5kW. Pipe losses dan fittings are also calculated using Pipeflow Expert software, resulting in a water discharge of 31.687 m³/hour. The pump will be operated at maximum capacity for 24 hours, enabling it to deliver a water discharge of 763,620 m³/day, sufficient to meet the clean water needs of 12,277 individuals or 2,455 families. Achieving this water usage target also necessitates piping to households from the storage tank, totaling 35,900 meters in length with an 80mm diameter dan 49,100 meters of 16mm diameter piping. This system is also equipped with a variable frequency drive or inverter device to enhance the efficiency of the electric pump dan reduce starting current surges, simulated for its performance through Simulink software.

Key Words : Water Pump, Water Supply, Renewable Energy, VFD, AC Motor

1. PENDAHULUAN

Kayuan Yeh Ha di Desa Ababi, Karangasem, Bali, merupakan sumber air penting bagi penduduk desa. Mata air ini didistribusikan ke rumah warga melalui pipa PVC dan dialirkan ke PAM dan PDAM. Selain itu, Kayuan Yeh Ha juga memiliki pancuran untuk pemandian, air minum, dan kolam. Airnya mengalir turun ke Bendungan Ababi. Bak penampungan sebesar 58740 liter juga dibangun untuk meningkatkan pemanfaatan air dari Kayuan Ye Ha yang pada awalnya hanya dialirkan ke 10 rumah. Pengisian bak penampungan ini pada awalnya menggunakan kincir air yang menggerakkan pompa air mekanik tanpa listrik

Namun, kebutuhan air bersih bagi 10.431 jiwa di Desa Ababi terhambat dikarenakan kincir air yang dibangun pada tahun 2020 untuk mengisi penampungan air mengalami kerusakan pada porosnya [1]. Sehubungan dengan hal tersebut, pengisian bak penampungan menggunakan pompa hidram yang disumbangkan Monarch Group pada tahun 2021. Namun pompa *hydraulic ram* ini dinilai kurang efektif karena hanya memanfaatkan seperlima dari aliran air yang tersedia dengan debit aliran sebesar 5 liter per detik. Penggunaan bak penampungan juga dapat dimaksimalkan untuk memenuhi kebutuhan air 195 keluarga beranggotakan 5 orang dengan kebutuhan per orang sebesar 60 liter/hari [2].

Sebagai solusi, dirancanglah sistem instalasi air dengan pompa listrik yang disuplai oleh Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Potensi sumber mata air Kayuan Yeh Ha yang debitnya 0,5 m³/s dengan tinggi *head* sebesar 4,57 m, yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi PLTMH.

Sistem ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air bersih bagi penduduk Desa Ababi dan meningkatkan pemanfaatan EBT di Bali. Pada sistem ini, air akan dilairkan melalui pipa kedalam pompa. Pompa akan mendorong air melalui pipa saluran menuju bak penampungan air. Ukuran dan Debit pompa akan disesuaikan kembali dengan daya yang dihasilkan oleh catu daya dan ukuran bak penampungan air. Dimana debit air yang dihasilkan pompa adalah acuan untuk menentukan jumlah konsumennya.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pompa Air

Pompa merupakan perangkat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lainnya, yang pada umumnya ke tempat yang permukaannya lebih tinggi. Pompa dapat bekerja dengan meningkatkan tekanan hidrolis fluida sehingga dapat meningkatkan kecepatan alir fluida tersebut [3].

2.2 Klasifikasi Pompa

Berdasarkan mekanisme konversi energinya, pompa diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

1. Pompa tekanan statik atau pompa perpindahan positif.
2. Pompa tekanan dinamik.

Pompa tekanan statik terdiri dari pompa bolak-balik dan pompa rotari, sedangkan pompa tekanan dinamik terbagi menjadi pompa sentrifugal dan pompa tak berputar. Jika dilihat dari sisi ekonomis, pompa yang paling ekonomis merupakan pompa sentrifugal, lalu dilanjutkan dengan pompa rotari dan pompa bolak balik. Pompa tekanan statik cenderung lebih efisien dibandingkan dengan pompa sentrifugal, namun memerlukan biaya perawatan yang lebih banyak dibandingkan dengan pompa sentrifugal [4].

2.2.1 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal merupakan pompa yang digerakkan oleh motor penggerak yang memutar *impeller* yang terpasang pada poros pompa sehingga fluida yang berada di dalamnya terdorong sehingga timbul gaya sentrifugal yang menyebabkan fluida di dalamnya terdorong keluar melalui saluran dengan kecepatan lebih tinggi.

Pompa Sentrifugal bekerja dikarenakan adanya *impeller* yang berputar di dalam pompa sehingga mengakibatkan vakum pada sisi isap pompa, sehingga fluida dapat terhisap ke dalam pompa. Saat *impeller* berputar dan terdapat fluida melaluinya, sudu-sudu pompa tersebut menimbulkan gaya sentrifugal sehingga fluida akan terlempar keluar dari *impeller*.

Terdapat beberapa komponen yang menyusun pompa sentrifugal antara lain *stuffing box*, *packing*, *shaft*, *shaft sleeve*, *vane*, *casing*, *impeller*, dan *discharge nozzle*. *Stuffing box* merupakan bagian pompa dimana poros pompa menembus *casing* dan menjadi tempat perbatasan cairan. *Packing* merupakan bagian yang berfungsi untuk mencegah kebocoran cairan pada *shaft*. *Impeller* merupakan bagian utama pompa untuk meningkatkan aliran air dengan cara kerja berputar. Setelah tekanan

ditingkatkan, maka fluida akan mengalir keluar melalui *discharge nozzle*. [5]

Pemilihan pompa diawali dengan mengetahui *specific speed* dari pompa yaitu kecepatan *impeller* pada pompa dengan pompa yang menghasilkan *head* 1 meter kolom air pada kapasitas 75 liter per detik dengan daya yang diperlukan 1 *metric HP* pada efisiensi maksimal. *Specific Speed* dapat dirumuskan dengan persamaan 1 [5].

$$n_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H_1^{0,75}} \quad (1)$$

Keterangan :

n_s = *Specific speed* pompa

n = Putaran Pompa (rpm)

Q = Kapasitas Pompa

H_1 = *Head* yang dihasilkan pompa pada satu stage (ft)

Selanjutnya, terdapat beberapa karakteristik untuk melakukan perhitungan pada pompa sentrifugal seperti perhitungan pada *head*, kapasitas, dan daya pompa. Namun, dari karakteristik tersebut yang diperlukan untuk dapat mengetahui ukuran motor yang diperlukan yaitu kapasitas pompa berdasarkan operasional, daya penggerak.

Perhitungan pada kapasitas pompa dapat disesuaikan dengan kebutuhan air pada tempat tersebut. Persamaan 2 merupakan rumus untuk penghitungan kapasitas pompa.

$$Q = \frac{[\text{Kebutuhan air, m}^3/\text{hari}]}{[\text{Lama operasi pompa}] \times [\text{JML Pompa}]} \quad (2)$$

Adapun hak dasar manusia atas air yaitu sebesar 60 liter/orang/hari.

Dalam menghitung daya yang diperlukan pada poros, diperlukan besaran *head* total. *Head* total dirumuskan pada persamaan 3.

$$H_p = (z_d - z_s) + \left(\frac{p_d - p_s}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + H_L \quad (3)$$

Dengan:

z_s = Head statis elevasi isap pompa (m)
 z_d = Head statis elevasi buang pompa (m)
 p_s = Head statis tekanan isap pompa (N/m^2)
 p_d = Head statis tekanan buang pompa (N/m^2)
 v_s = Head dinamis kecepatan fluida pada ujung hisap pompa (m/s)
 v_d = Head dinamis kecepatan fluida pada ujung buang pompa (m/s)
 H_p = Head pompa (m)
 H_L = Head losses total instalasi perpipaan sistem pompa (m)

Setelahnya dapat dilakukan penghitungan untuk dapat mengetahui daya motor penggerak yaitu dengan persamaan 4 dan persamaan 5.

$$SHP = P_{sh} = H_p \times Q \times \gamma / \eta_{op} \quad (4)$$

$$P_{lis} = P_m / \eta_{mot} \quad (5)$$

Dimana:

P_{lis} = Daya listrik untuk motor (watt)

η_{op} = Efisiensi total pompa

η_{mot} = Efisiensi motor

2.3 Motor Listrik

Motor Listrik adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik menghasilkan gerakan dalam bentuk putaran. Hal ini tentu dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan pompa listrik. Motor listrik memanfaatkan elektromagnet untuk dapat bekerja. Motor listrik terbagi menjadi 2 jenis yaitu motor listrik arus searah dan mesin listrik arus bolak balik[6].

2.3.1 Motor Arus Bolak Balik

Pemilihan motor dilakukan dengan menghitung tegangan dan arus yang masuk, serta jumlah fasa yang akan digunakan menyesuaikan kebutuhan. Perlu dilakukan penghitungan daya yang akan dicapai menyesuaikan torsi dan kecepatan motor (rpm). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan putar pada persamaan 6.

$$Ns = \frac{120f}{p} \quad (6)$$

Dimana:

f = Frekuensi (Hz)

p = Jumlah kutub

Ns = Putaran (rpm)

Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan daya yang masuk ke dalam motor induksi satu fasa :

$$P_{in} = V I \cos \theta \quad (7)$$

Namun untuk torsi maksimal sendiri harus disesuaikan kembali dengan jenis motor induksi yang digunakan dan hanya dapat diperoleh dengan simulasi atau percobaan, tidak dapat diperoleh dari penghitungan secara langsung.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kayuan Yeh Ha yang berlokasi di Desa Ababi, Kecamatan Abang, Kabupaten Karangasem, Provinsi Bali. Penelitian dilaksanakan dari bulan Agustus hingga November tahun 2023. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data, melakukan pemilihan pompa air berdasarkan daya yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga mikro hidro, ketinggian head, dan harga pompa, dan melakukan simulasi motor penggerak dengan *variable frequency driver* dan simulasi rugi-rugi pipa. Pada tahap akhir dari penelitian akan ditarik kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi

Sistem pompa air ini berlokasi di sumber mata air Yeh Ha, dan air tersebut akan dialirkan ke bak penampungan sejauh 523 meter. Daya listrik pompa air ini bersumber dari power house PLTMH yang terletak di bendungan Yeh Ha. Jarak dari *power house* PLTMH ke titik pemasangan pompa air sejauh 170 meter.

4.2 Perancangan Sistem Pompa Air

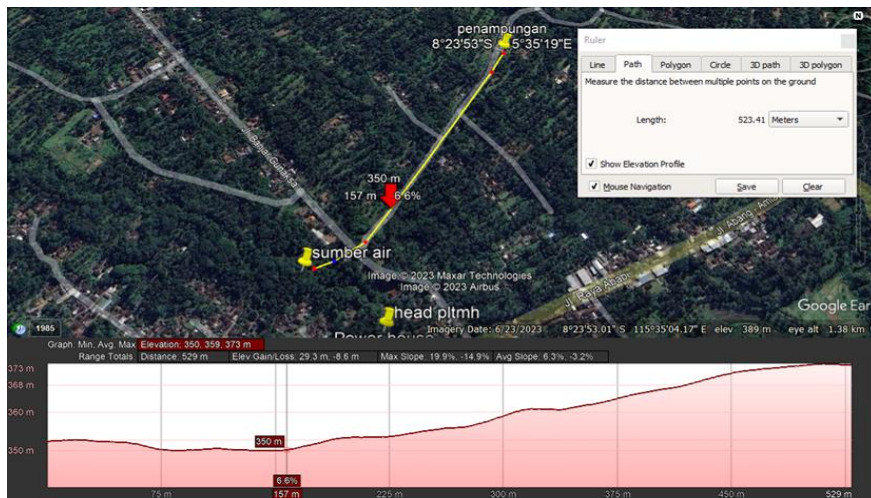
4.2.1 Pemilihan Pompa Air

Merujuk pada peneneelitian "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Yeh Ha Menggunakan Turbin Crossflow di Desa Ababi Kabupaten

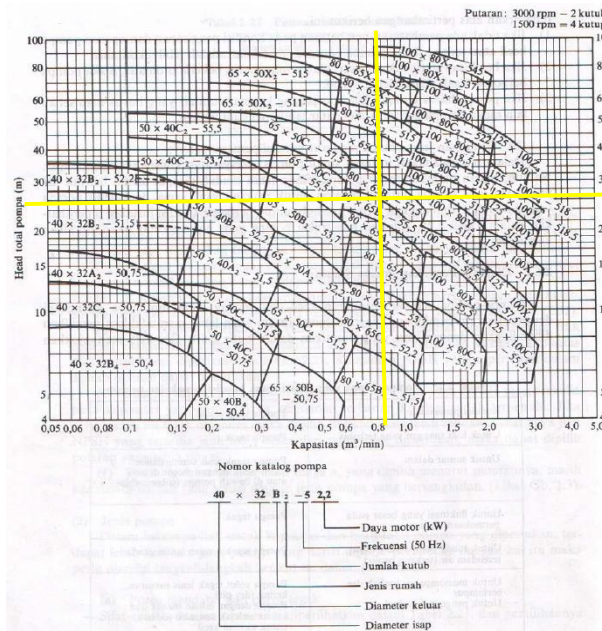
Karangasem” oleh D. A. Virgunia PLTMH, diperoleh potensi energi yang dihasilkan PLTMH sebesar 6 kW. Dengan daya tersebut dapat difungsikan untuk menggerakkan motor listrik arus bolak balik sebagai pompa dorong. Selanjutnya dilakukan penghitungan *head* pompa pada dengan mengacu gambar 1 yang bersumber dari Google Earth. Dengan adanya gambar tersebut dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut

$$H_{Total} = H_{Suction} + H_{discharge} = 2 + 23 = 25 \text{ m [7]}$$

Selanjutnya dapat dilakukan pemilihan ukuran pompa dengan menyesuaikan dengan grafik pemilihan pompa standar pada gambar 2 yang bersumber dari buku “Pumps dan Compressors” oleh Sularso [8].



Gambar 1. Profil ketinggian Head Pompa pada Software Google Earth



Gambar 2. Grafik Pemilihan Pompa Standar
Sumber : Sularso dan Tahara, H., (2000)

Mengacu pada Gambar 2, pompa yang digunakan adalah 80 x 65 B2 – 55,5

dengan daya sebesar 5,5 kW yang diperkirakan akan menghasilkan debit

sebesar 0,9 m³/menit atau 900 liter per menit.

Pemilihan pompa juga dilakukan dengan melakukan perbandingan antara pompa yang tersedia di Indonesia. Pompa yang akan digunakan pada sistem ini juga dipilih dari beberapa jenis pompa, yaitu pompa sentrifugal *endsuction*, pompa *submersible*, dan pompa *vertical multistage*. Perbandingan dari jenis pompa tersebut akan ditunjukkan pada Tabel 1.

Harga pompa yang digunakan bersumber dari Tokopedia. Data debit yang digunakan juga bersumber dari *datasheet* masing-masing pompa. Harga per Debit tersebut diperoleh dari harga dibagi dengan debit yang telah dikalikan dengan efisiensi pompa. Adanya harga per debit ini dapat mempermudah dalam menentukan pompa dengan debit tertinggi dengan harga terendah.

Melalui pemilihan pada Tabel 1, pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal *endsuction* Pedrollo F50 / 160 B dengan debit yang diperoleh sebesar 56 m³/jam sebelum adanya rugi-rugi pipa.

4.2.2 Spesifikasi Motor

Berdasarkan daya yang dihasilkan PLTMH, daya yang diperoleh sebesar 6kW dan pompa yang digunakan berdaya 5,5kW sehingga digunakan motor 3 fasa asinkron.

Motor 3 fasa ini memiliki kecepatan putaran sebesar 3000 rpm dan Tabel 1. Pemilihan Pompa Air

| Tipe Pompa | Debit pada head 25m (m ³ /jam) | Efisiensi (%) | Harga (Rp) | Harga per Debit (Rp/m ³ /jam) | Tipe Pompa | Tingkat /Stage |
|---------------------|---|---------------|------------|--|----------------------------|----------------|
| Grundfos CR 45-2-2 | 52 | 67.4 | 46.035.150 | 1.315.290 | <i>Vertical Multistage</i> | 2 tingkat |
| Pedrollo F50 / 160B | 56 | 71 | 20.250.000 | 509.305 | <i>Endsuction</i> | 1 tingkat |
| CNP CDLF 42-20-2 | 54 | 65 | 33.585.000 | 956.837 | <i>Vertical Multistage</i> | 2 tingkat |
| Grundfos SP 60-3 | 52 | 69 | 55.907.390 | 1.558.176 | <i>Submersible</i> | 3 tingkat |
| Grundfos SP 46-4C | 52 | 65 | 72.182.557 | 2.165.164 | <i>Submersible</i> | 3 tingkat |

Sumber : www.tokopedia.com, www.grundfos.com, www.southernindonesia.com, www.pedrollo.com

menggunakan rangkaian sangkar tupai gdana. Sehubungan dengan hal tersebut, maka dapat diitung besar tegangan puncak motor, kecepatan putaran sinkron, kecepatan sudut putaran sinkron dengan persamaan .

1. Tegangan puncak motor sinkron pada motor induksi seperti persamaan :

$$V_{max} = \frac{\sqrt{2} \times V_{rms}}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{2} \times 400}{\sqrt{3}} = 326,54V \quad [6]$$

2. Kecepatan putaran sinkron pada motor induksi tiga fasa seperti persamaan :

$$n_s = \frac{120 \times f_s}{p} = \frac{120 \times 50}{1} = 3000 \text{ rpm} \quad [6]$$

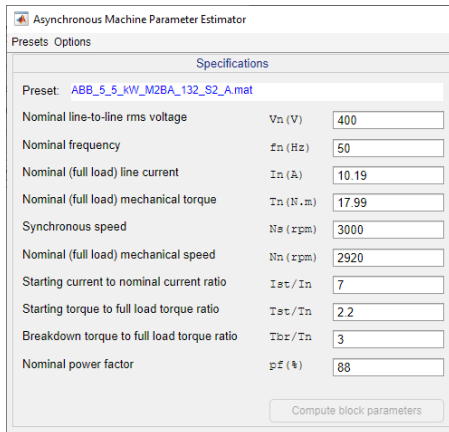
3. Kecepatan sudut putaran sinkron motor induksi tiga fasa seperti persamaan :

$$\omega = \frac{2\pi \times 3000}{50} = 376,8 \text{ rad/s} \quad [6]$$

4. Menghitung kecepatan sudut putaran rotor seperti persamaan :

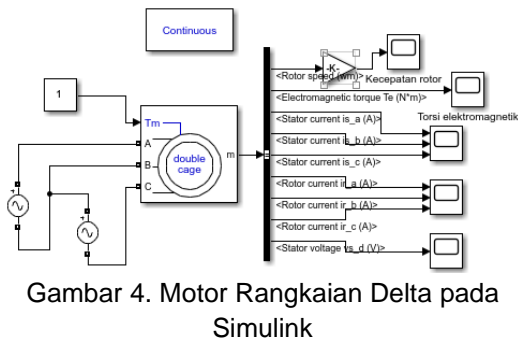
$$\omega = \frac{2\pi \times 2979}{50} = 374,16 \text{ rad/s} \quad [6]$$

Arus saat *starting* pada motor dapat diketahui dengan adanya simulasi pada *software Simulink*. Spesifikasi motor yang digunakan pada *software Simulink* dapat dilihat pada gambar 3.

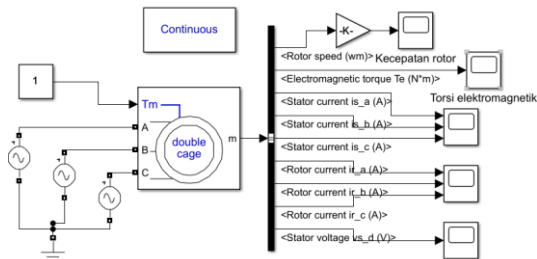


Gambar 3. Spesifikasi Motor pada Simulink

Simulasi yang dijalankan, dilakukan pada beberapa metode yaitu pada rangkaian delta, rangkaian *star*, dan dengan bantuan *variable frequency driver*. Rangkaian Motor yang disimulasikan ditunjukkan pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.

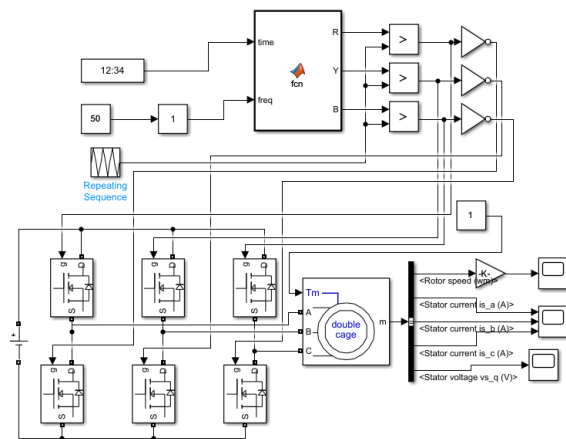


Gambar 4. Motor Rangkaian Delta pada Simulink



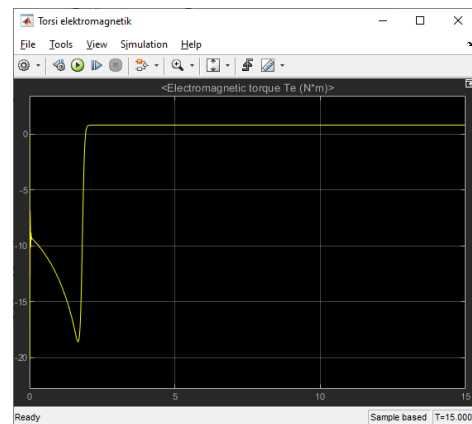
Gambar 5. Motor Rangkaian Star pada Simulink

Untuk meningkatkan efisiensi saat *starting* motor, digunakan *variable frequency driver* (VFD). VFD disimulasikan pada motor yang ditunjukkan pada gambar 6.

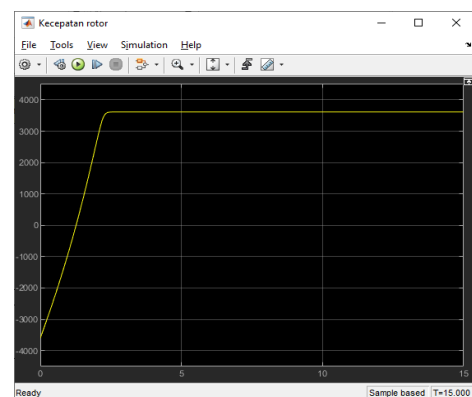


Gambar 6. Motor dengan VFD pada Simulink

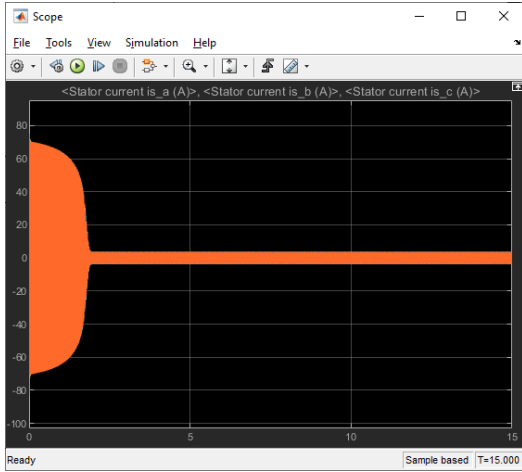
Setelah dilakukan simulasi pada tiga kondisi yang berbeda, diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Gambar 7 sampai Gambar 20.



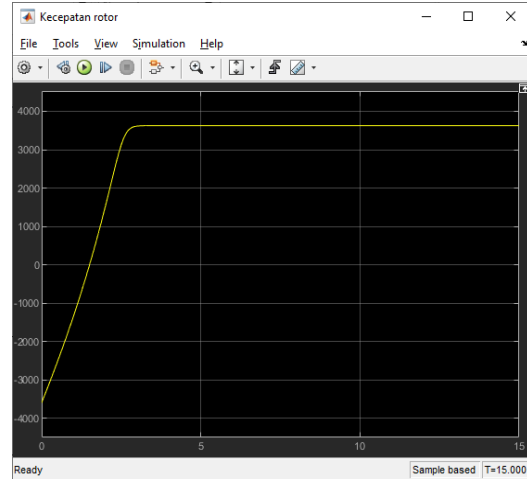
Gambar 7. Grafik Torsi Elektromagnetik Rangkaian Delta Pada Simulink



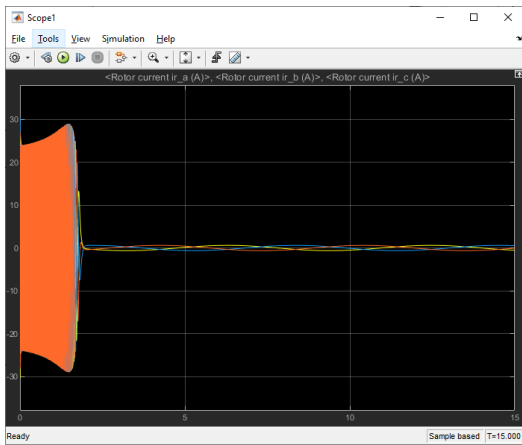
Gambar 8. Grafik Kecepatan Motor Rangkaian Delta Pada Simulink



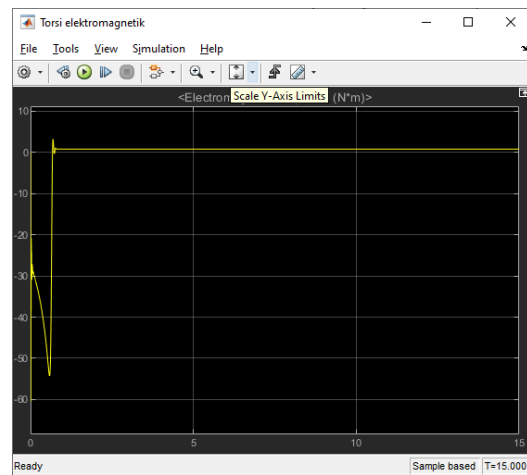
Gambar 9. Grafik Arus Stator Ketiga Fasa Rangkaian Delta Pada Simulink



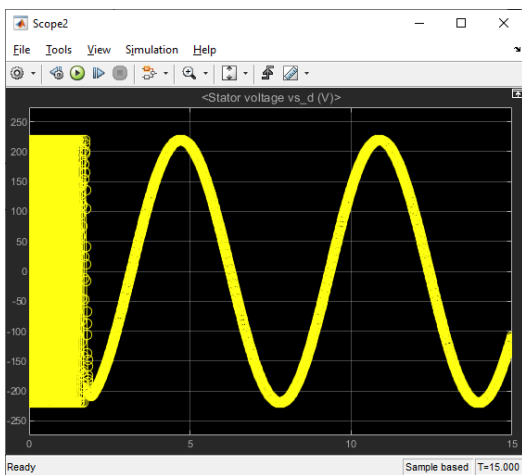
Gambar 12. Grafik Kecepatan Motor Rangkaian Wye Pada Simulink



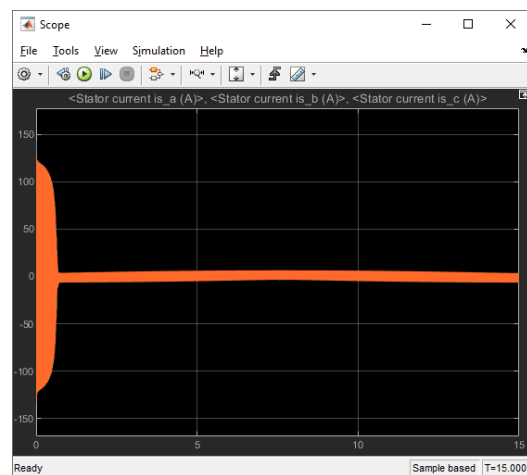
Gambar 10. Grafik Arus Rotor Ketiga Fasa Rangkaian Delta Pada Simulink



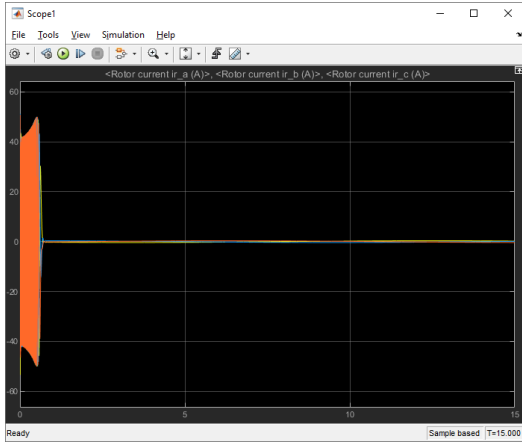
Gambar 13. Grafik Torsi Elektromagnetik Rangkaian Wye Pada Simulink



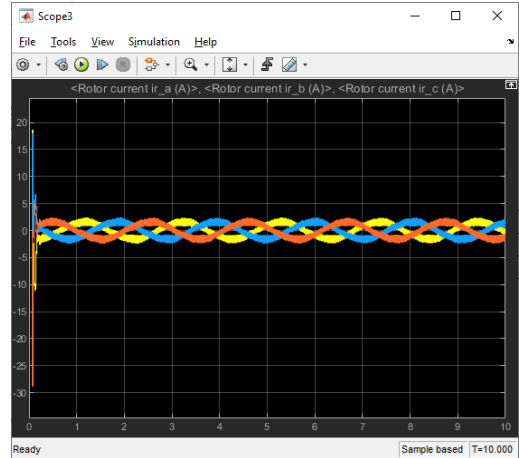
Gambar 11. Grafik Tegangan Ketiga Fasa Rangkaian Delta Pada Simulink



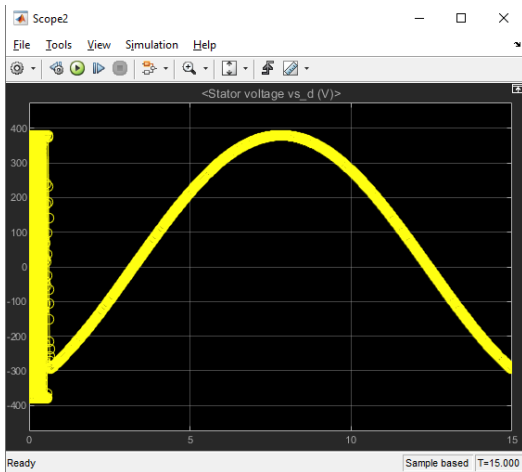
Gambar 14. Grafik Arus Stator Rangkaian Wye Pada Simulink



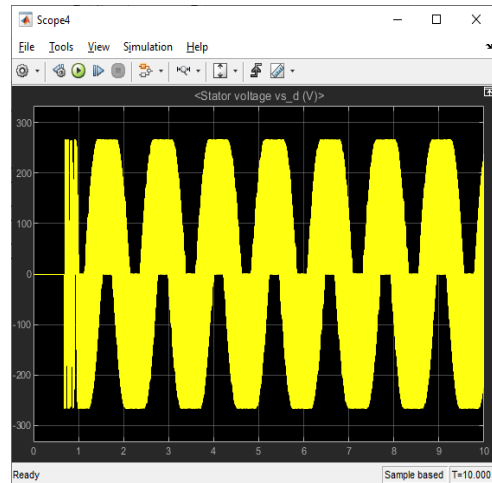
Gambar 15. Grafik Arus Rotor Rangkaian Wye Pada Simulink



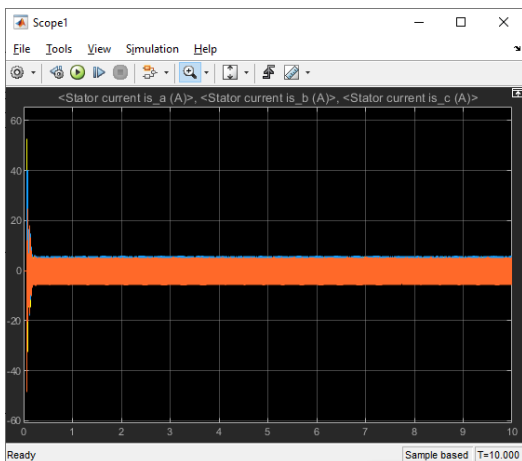
Gambar 18. Grafik Arus Rotor Motor Dengan VFD Pada Simulink



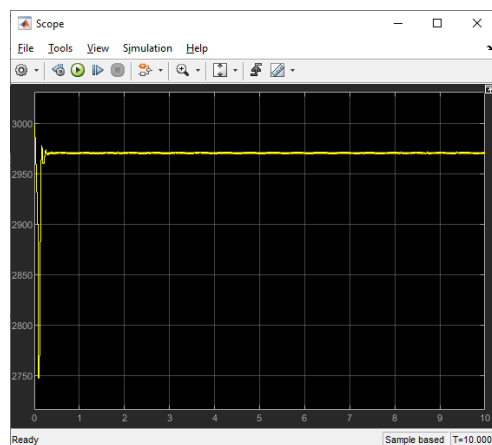
Gambar 16. Grafik Tegangan Ketiga Fasa Rangkaian Wye Pada Simulink



Gambar 19. Grafik Tegangan Ketiga Fasa Pada Motor Dengan VFD Pada Simulink



Gambar 17. Grafik Arus Stator Motor Dengan VFD Pada Simulink



Gambar 20. Grafik Kecepatan Motor Dengan VFD

Tabel 2. Perbandingan Kinerja Motor

| Parameter | Rangkaian Delta | Rangkaian Wye | Dengan VFD |
|-------------------------|-----------------|---------------|------------|
| Tegangan Stator L-L | 230V | 380V | 280V |
| Starting Current Stator | 70A | 120A | 52A |
| Running Current Stator | 4A | 6A | 5,6A |
| Starting Current Rotor | 29A | 50A | 19A |
| Running Current Rotor | 0.5A | 0.5A | 2,4A |
| Kecepatan Maksimum | 3600RPM | 3600RPM | 2980RPM |
| Torsi Maksimum | 1 | 1 | 1 |

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa arus *starting* pada motor lebih rendah jika menggunakan VFD. VFD juga dapat ditingkatkan lagi efisiensinya dengan adanya kontroler PID. VFD yang akan digunakan pada sistem ini adalah *inverter* ABB ACS580-01-018A-4 dengan kapasitas 7,5kW.

4.2.3 Operasional Pompa Air

Setelah dilakukan pemilihan pompa, akan disimulasikan rugi-rugi pipa dengan *software Pipeflow Expert*. Rangkaian pompa beserta pipa yang disesuaikan dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 21. Rangkaian Pipa dan Pompa pada Pipe Flow Expert

Tabel 3. Hasil Simulasi Rugi-rugi Pipa

| Pipe and N | Fluid | Material | Inner Diam | Length | Mass Flow | Vol Flow | Velocity | Friction Los |
|------------|-------|-----------|------------|---------|-----------|----------------------|----------|--------------|
| | | | mm | m | kg/sec | m ³ /hour | m/sec | m.hd |
| P1 | Water | 80 mm PVC | 77,927 | 157,000 | 8,7843 | 31,687 | 1,845 | 5,995 |
| P2 | Water | 80 mm PVC | 77,927 | 322,000 | 8,7843 | 31,687 | 1,845 | 12,295 |
| P3 | Water | 80 mm PVC | 77,927 | 4,000 | 8,7843 | 31,687 | 1,845 | 0,153 |

Berdasarkan simulasi yang telah dijalankan, diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Gambar 8. Debit yang diperoleh setelah adanya rugi-rugi pipa adalah sebesar 31,687m³/jam. Jika disesuaikan kembali dengan ukuran bak penampungan air sebesar 58740 liter, maka waktu yang diperlukan untuk mengisi penampungan sebesar 1,85 jam atau 111 menit. Jika pompa digunakan selama 24 jam, maka dapat

dilakukan pengisian sebanyak 13 kali pengisian dari kosong hingga penuh sehingga diperoleh debit harian pompa sebesar 763.620 liter. Jumlah air yang diperoleh tersebut dapat memenuhi kebutuhan air bersih sebanyak 12.277 orang atau setara dengan 2455 keluarga dengan asumsi beranggotakan 5 orang. Sehingga berdasarkan jumlah penduduk Desa Ababi sebanyak 10.431 orang dapat terpenuhi secara keseluruhan.

Selama 1 tahun penggunaan, sistem pompa air juga akan dilakukan pemeliharaan setiap 3 bulan sekali dengan waktu 24 jam. Debit tahunan pompa setelah adanya pemeliharaan diperoleh sebesar 275.666,82 m³/tahun.

Daya listrik yang diperlukan untuk dapat menghasilkan debit air tersebut dapat dihitung dengan persamaan 13.

$$P_{1 \text{ hari}} = 24 \text{ jam} \times 5,5 \text{ kW} = 132 \text{ kW}$$

$$P_{\text{maintenance}} = 361 \times 5,5 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} = 47.652 \text{ kWh}$$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan kebutuhan panjang pipa untuk mendistribusikan air dari bak penampungan ke rumah warga. Sistem distribusi air memanfaatkan gravitasi sehingga tidak menggunakan pompa pendorong lebih lanjut. Perhitungan panjang pipa dilakukan pada *software Google Earth* yang ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 22. Jalur Distribusi air bersih

Berdasarkan pengukuran tersebut, diperoleh kebutuhan panjang pipa primer sebesar 3,59 km. Jarak rata-rata pipa primer ke rumah warga adalah 20 meter, dan direncanakan akan memenuhi kebutuhan 2455 rumah. Perhitungan panjang pipa sekunder ditunjukkan pada persamaan 15.

$$P_{\text{Sekunder}} = 2455 \times 20 \text{ m} = 49,1 \text{ km}$$

Dengan demikian diperlukan pipa primer sepanjang 35.900 meter berdiameter 80 mm dan pipa sekunder sepanjang 49.100 meter dengan diameter 16mm.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai perancangan sistem pompa air di Kayuan Yeh Ha, Desa Ababi, Kec. Abang, Kab. Karangasem, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem pompa air ini menggunakan pompa sentrifugal Pedrollo F50/160B dengan daya penggerak sebesar 5,5 kW yang dibantu dengan *inverter* ABB ACS580-01-018A-4 sehingga dapat memperoleh debit keluaran sebesar 31,687m³/jam yang akan digunakan untuk memenuhi bak penampungan berkapasitas 58740 liter.
2. Sistem pompa air ini jika dioptimalkan untuk melakukan pengisian selama 24 jam dapat memenuhi kebutuhan air bersih sebanyak 12.277 orang atau setara 2455 keluarga beranggotakan 5 orang dan akan memerlukan pipa 80mm sepanjang 35.900 meter dan pipa 16mm sepanjang 49.100 m sebagai jalur distribusi air bersih dari bak penampungan ke rumah warga.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Karangasem, P. P. K., (2018). Data Detail - Pusat Data Karangasem. [online]. [Diakses 23 Agustus 2023]. Tersedia pada: https://www.pusatdata.karangasemkab.go.id/?page=DataDetail&language=id&domain=&data_id=1556822925
- [2] Adhya Tirta Batam Official Website.,(2016). Standar Kebutuhan Air Bersih Setiap Orang. [online]. [Diakses 24 Januari 2024]. Tersedia pada : <https://www.atbbatam.com/?md=view&id=1-17070500012>
- [3] Djatmiko, M., & Budiono, S., (2015). Pompa: Teori dan Penerapannya. Yogyakarta: Dani.
- [4] Suarda, M., (2016). Pompa Dan Kompresor Bagian I : Pompa . Denpasar: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- [5] Simamora, Y., (2020). Perancangan Pemanfaatan Pompa Air Tenaga Surya Untuk Sumber Air Bersih Desa Sukarame, Kec. Sajira, Banten [online]. TERANG, 3(1), pp.23–30. [Diakses 28 Desember 2023] Tersedia pada: <https://doi.org/10.33322/terang.v3i1.1052>
- [6] Bagia, I.N. dan Parsa, I.M., (2018). Motor-Motor Listrik. Rasi Terbit.Vol, 7(1).
- [7] Putra, B.A., Sukerayasa, I.W. dan Partha, C.G.I., (2020). Perancangan Sistem Pompa Air dengan Memanfaatkan PLTS 20 kWp Desa Tianyar Tengah. Jurnal Spektrum
- [8] Sularso dan Tahara, H., (2000). Pumps dan Compressors. [online] Jakarta: Pradnya Paramita. [Diakses 22 Mei 2023] Tersedia pada: https://www.academia.edu/33309371/Pompa_dan_Kompresor_oleh_IR_Soelars
- [9] Iffan F. H., M. dan Antono, D., (2017). Merancang Instalasi Pompa Submersible. II, B., 2.1 Umum. Pedoman Pelaksanaan Pengabdian Kepada Masyarakat, p.3.