

ANALISIS EFISIENSI POMPA SENTRIFUGAL PADA DESALINASI DENGAN PROSES *REVERSE OSMOSIS*

ANALYSIS OF CENTRIFUGAL PUMP EFFICIENCY IN DESALINATION WITH THE REVERSE OSMOSIS PROCESS

I Wayan Joniarta^{1*}, Ade Aprilian Dika¹, Made Wijana²

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jalan Majapahit No 62 Mataram

²Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jalan Majapahit No 62 Mataram

*Corresponding author

E-mail addresses: wayanjoniarta@unram.ac.id

<https://doi.org/10.29303/empd.v3i2.5429>

Received 1 October 2024; Received in revised form 5 November 2024; Accepted 8 November 2024

ABSTRACT

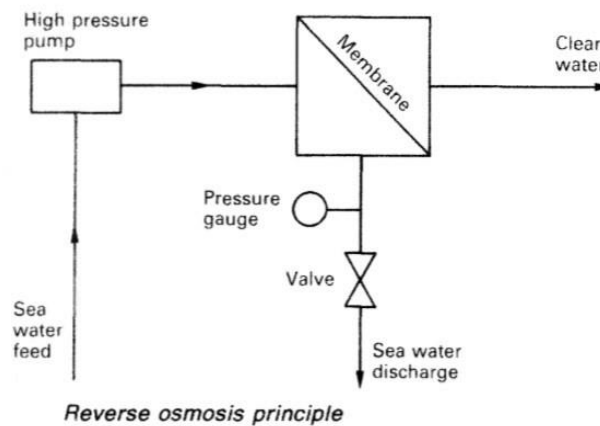
This study provides information for the desalination industry in an effort to improve the performance and efficiency of desalination systems using the reverse osmosis method. By paying attention to the factors that influence the efficiency of centrifugal pumps, the provision of clean water in areas experiencing a water crisis will be better. Reverse Osmosis (RO) is a system in desalination technology that is often used to replenish fresh water supplies. RO performance depends on the quality of sea water as the raw water source. RO works by utilizing osmotic pressure. Hydrostatic pressure which is greater than osmotic pressure is used to reverse the flow, thereby producing fresh water. RO utilizes a high-pressure pump process to flow seawater through a membrane polymer structure. In RO there is a main membrane module configuration which has two functions, namely supporting the performance of the RO membrane and providing efficient fluid management. The desalination system used at PT Perusahaan Air Indonesia America (PAIA) still uses centrifugal pumps and can produce a production capacity of 600-700 m³/day, and is still in the system upgrade stage. From the calculations that have been carried out, the pump efficiency value is 59.16%.

Keywords: Desalination, Reverse osmosis, Efficiency

1. Pendahuluan

Air merupakan salah satu yang dibutuhkan dalam kehidupan, tak terkecuali manusia. Manusia membutuhkan air untuk aktivitas sehari-harinya. Secara geografis 71% permukaan bumi yang tertutup air, 97% terdiri atas lautan, dan sisanya dari angka tersebut 69% membeku menjadi es dan 30% ada di tanah. Air tanah yang tersimpan dalam lapisan bumi tersebut lama kelamaan tentu akan berkurang, sehingga mengakibatkan daerah tersebut kekurangan air. Segala usaha dilakukan orang untuk mendapatkan air terutama air bersih untuk menunjang aktifitas kehidupan [1, 8].

Penelitian pada tahun 2021 mengkaji kemampuan desalinasi air laut menggunakan *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) pada kapal pesiar menghasilkan kemampuan mendesalinasi air laut dengan kandungan *Total Dissolved Solid* (tds) awal kurang lebih 35.000 hingga 45.000 ppm menjadi kurang dari 500 ppm yang mana nilai kandungan tersebut sesuai dengan batas yang diizinkan dapat dikonsumsi sehingga sistem ro dapat memenuhi kebutuhan air tawar kapal pesiar [2].



Gambar 1 Prinsip *reverse osmosis*

Desalinasi dengan menggunakan dua jenis teknologi yaitu desalinasi termal dan desalinasi membran dengan sistem reverse osmosis. Kedua jenis teknologi tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Ada beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan untuk memilih teknologi desalinasi yang akan digunakan untuk memproduksi air yaitu : debit air yang diperlukan, faktor ekonomi, keadaan kemudahan operasi dan perawatan. Teknologi desalinasi thermal lebih banyak digunakan, namun walaupun banyak digunakan bukanlah suatu acuan mutlak karena pada akhirnya menggunakan teknologi yang akan sangat bergantung dari kegunaan dan kondisi lingkungan masing-masing [3, 10]. Pemanfaatan teknologi *reverse osmosis* pada proses pengolahan air laut menjadi air bersih, menghasilkan tingkat kekeruhan sebesar 1,56. Kadar maksimum yang diperbolehkan oleh pemerintah itu sebesar 25, sedangkan PH didapatkan 7. Untuk tingkat keasinan yang diperoleh setelah di desalinasi yaitu sebesar 27 yang mana kadar maksimum yang diperbolehkan oleh Permenkes sebesar kurang dari 500 [4]. Penelitian tahun 2024 menggunakan metode *reverse osmosis* (RO) dengan variasi tekanan pompa dan menghasilkan proses *reverse osmosis* menggunakan membran tipe BW (*Brackish Water*) untuk *single pump* menghasilkan tekanan pompa sebesar 7,5 bar (105 psi), dan pada membran tipe SW (*Sea Water*) untuk *single pump* menghasilkan tekanan pompa sebesar 15 bar (217 psi). Sedangkan proses *reverse osmosis* menggunakan membran tipe BW (*Brackish Water*) dengan *double pump* didapatkan tekanan pompa sebesar 15 bar (217 psi), dan pada membran tipe SW (*Sea Water*) untuk *double pump* didapatkan tekanan pompa sebesar 21 bar (295 psi) [5, 7].

Penelitian metode reverse osmosis yang paling efektif adalah pengolahan air payau dengan membran reverse osmosis tipe SW (*Sea Water*) *single pump* dan tipe SW (*Sea Water*) *double pump*. Dengan hasil yang didapat, efektifitas penurunan parameter salinitas sebesar 97,69% dan parameter TDS sebesar 97,67% untuk membran tipe SW *single pump*. Kemudian untuk membran tipe SW *double pump* efektifitas penurunan parameter salinitas sebesar 96,73% dan efektifitas parameter TDS sebesar 96,59% [6, 10]. Dari penelitian sebelumnya yang mengindikasikan kebutuhan pompa dengan efisiensi tinggi untuk mendukung kinerja metode *Reverse Osmosis* maka perlu dilakukan kajian terhadap efisiensi pompa sentripugal yang digunakan.

2. Metode Penelitian

Metode kajian dalam penelitian ini menggunakan kajian literatur dan studi kasus. Kajian literatur dilakukan untuk memperoleh referensi serta meningkatkan pemahaman. Kajian akan berkaitan dengan kinerja sistem RO, juga pengaplikasian sistem RO dalam desalinasi air laut pada PT. PAIA. Studi kasus terletak pada PT. PAIA, berlokasi di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah Nusa Tenggara Barat. Perusahaan tersebut mensuplai kebutuhan air tawar untuk ketiga hotel dan satu restoran dengan permasalahan tersebut maka di lakukan analisis aplikasi

system RO sebagai desalinasi air laut pada PT PAIA yang di dapatkan dari data skunder kemudian di analysis dengan kajian pustaka yang telah di pelajari sebelumnya.

Head Total pompa menggunakan Persamaan 1.

$$H_T = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{V_d^2}{2g} \quad (1)$$

Head ketinggian/elevasi pompa seperti pada Persamaan 2.

$$h_a = z_1 - z_2 \quad (2)$$

Head tekanan pompa dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$\Delta h_p = h_{p2} - h_{p1} \quad (3)$$

Head losses pompa seperti Persamaan 4 [9].

$$h_l = h_f - h_m \quad (4)$$

Kontinuitas dihitung berdasarkan Persamaan 5.

$$Q = \frac{V}{A} \quad (5)$$

Kecepatan fluida dihitung dengan Persamaan 6.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (6)$$

Head Losses Mayor (Mayor Losses) seperti disajikan pada Persamaan 7.

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (7)$$

Head Losses Minor pada belokan mengikuti Persamaan 8.

$$h_c = K_L \frac{V^2}{2g} \quad (8)$$

Head Losses Minor pada katup seperti disajikan pada Persamaan 9.

$$h_g = C_L \frac{V^2}{2g} \quad (9)$$

Daya Air (power of water) mengikuti Persamaan 10.

$$P_w = \gamma Q H \quad (10)$$

Daya motor (power of motor) berdasarkan Persamaan 11.

$$p = V I \cos \theta \quad (11)$$

Efisiensi pompa adalah suatu pernyataan terkait unjuk kerja atau performa dari pompa dengan satuan persen (%) yang merupakan perbandingan energi yang berasal dari air (daya air) terhadap energi yang berasal dari motor pompa atau penggerak pompa (daya motor) [9].

$$\eta = \frac{P_w}{P_m} \times 100\% \quad (12)$$

3. Hasil dan Pembahasan

a. Beach Well

Beach well adalah sumur bor yang berlokasi disekitar pantai dengan kedalaman sekitar 30 meter, air yang diperoleh dari sumur ini adalah air asin dengan TDS 21.000 ppm. *System beach well* dipilih karena kualitas air yang diperoleh lebih baik dibandingkan dengan *open intake*.



Gambar 2 *Beachwell*

b. Beach Well Pump

Proses awal adalah pengambilan air baku dari sumur yang dihisap menggunakan *beach well pump* kemudian selanjutnya akan disimpan ke dalam *raw water tank*. Dalam proses ini (jalur pipa dari *beach well pump* ke *raw water tank*) diperlukan *chemical system* untuk menginjeksikan pre chlorine sesuai dengan kebutuhan.

Fungsi *chlorine* adalah sebagai desinfektan untuk membunuh bakteri dan mengoksidasi bahan kimia dan unsure logam dalam air serta mengurangi bau tak sedap pada air.

c. Raw Water Tank

Raw water tank/tanki air baku merupakan tanki yang dijadikan sebagai penampungan air yang di pompa dari sumur menggunakan *beach well pump* untuk selanjutnya diproses.



Gambar 3 *Raw water tank*

d. Filtered Pump/Feed Pump

Setelah Air baku berada di dalam *raw water tank*, selanjutnya *filtered pump/Feed pump* bekerja untuk munghisap dan memompa air baku tersebut menuju ke multimedia filter untuk difiltrasi.



Gambar 4 *Feed pump*

e. Multimedia Filter

Multimedia filter merupakan filter dengan media pasir silika dan karbon aktif yang berfungsi untuk menyaring lumut dan kotoran lainnya yang terbawa dalam air serta menghilangkan bau pada air. Dalam jalur ini (pipa dari discharge pompa feed ke multimedia filter) diperlukan *Chemical system* untuk menginjeksikan “coagulant” yang berfungsi untuk mengendapkan unsur logam yang ikut terlarut dalam air sehingga membantu menjernihkan air sebelum masuk kedalam sistem *Reverse Osmosis (R/O)*.



Gambar 5 *Multimedia filter*

f. Cathridge Filter

Air yang keluar dari multimedia filter yang selanjutnya akan masuk ke cathridge filter memiliki sisa chlorine sehingga perlu diinjeksikan *dechlorine* berupa *Sodium Meta bisulfate (SMBS)*, *chlorine* tidak diperbolehkan lolos masuk kedalam sistem R/O karena dapat merusak lapisan poliamid tipis yang membentuk membran R/O. Anti Scalant juga merupakan chemical yang berfungsi untuk mencegah *foulant/kerak* yang dapat menyumbat lapisan membrane. Setelah air diberikan SMBS dan anti scalant selanjutnya air masuk ke dalam *Cathridge filter*, *catridge filter* adalah filter dengan media penyaringan lebih halus yakni dengan ketebalan 5 mikron yang berfungsi untuk menyaring sisa-sisa unsure logam yang terlarut dalam air yang ikut terbawa dari multimedia filter sehingga air baku yang akan masuk kedalam membran benar-benar bersih.



Gambar 6 *Cathridge filter*

g. High Pressure Pump

High Pressure Pump (HPP) merupakan pompa bertekanan tinggi yang mampu bekerja hingga >1000 psi yang berfungsi untuk menekan air baku dari cathridge menuju R/O untuk dapat menembus lapisan membran sehingga mampu memisahkan air tawar pada bahan baku tersebut.



Gambar 7 *High pressure pump*

h. R/O system

Reverse Osmosis (R/O) merupakan sistem inti dalam proses desalinasi ini, yakni bagian dimana tempat terpisahnya air tawar dan air asin yang terdapat pada bahan baku. Terdapat dua output dari system desalinasi yakni air tawar sebagai produk dan air asin sebagai limbah atau *brine*.



Gambar 8 *Membrane system*

i. Flushing System

Flushing system adalah proses pembilasan pada sistem R/O setelah berakhirnya proses produksi. Hal ini bertujuan untuk membersihkan membran dari air asin yang masih terdapat dalam *vessel* dengan cara memompakan air produk (*permeate water* tanpa *chemical*) yang berada di dalam *flushing tank* melewati penyaringan *catridge filter* menuju R/O sistem (Vessel).



Gambar 9 *Flushing system*

Cleaning System merupakan sistem yang sama (satu sistem) dengan sistem *flushing*, yang membedakan hanya media yang digunakan dan tujuan dari prosesnya, tujuan dari *cleaning* adalah proses untuk membersihkan membran/*cleaning* membran dari aneka foulant yang terdapat pada membran dimana kerak tersebut dapat menyumbat dan mengurangi kinerja membran. Media yang digunakan adalah *permeate water* yang dicampurkan langsung dengan *chemical* guna untuk melarutkan kerak-kerak atau kotoran yang menyumbat membran tersebut.

j. Chemical System

Satu paket *chemical system* terdiri dari tangki *chemical*, *mixer pump*, *dosing pump*, selang, dan nozel. Dalam sistem ini terdapat enam paket *chemical system* yaitu *pre chlorine*, *coagulant*, *anti scalant*, *sodium metabsulfate*, *post chlorine*, *pH adjustment*.



Gambar 10 *Chemical Tank*

k. MCC dan PLC Panel

Motor Control Center (MCC) adalah sebuah panel *hardware* yang berfungsi untuk mengontrol dan mengoperasikan semua motor listrik yang ada pada sistem R/O, sedangkan *Programmable Logic Control (PLC)* adalah sebuah panel yang berisi *software* dengan fungsi untuk mengoperasikan dan mengontrol seluruh sistem pada R/O dengan menggunakan sistem komputerisasi.



Gambar 11 *Electrical room*

Mencari Efisiensi Mesin Pompa

1. Data Perhitungan

Data pengukuran pada pompa sentrifugal sebagai berikut :

p_1 (Tekanan isap)	=	$\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,2032^2 = 1234,08$
p_2 (Tekanan keluar)	=	$\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,1524^2 = 9324,15$
Zs (ketinggian isap)	=	3 m
Zd (ketinggian keluar)	=	24,5 m
L (Panjang pipa)	=	27,5 m
d_s (Diameter pipa isap)	=	8 in = 203,2 mm
d_d (Diameter pipa keluar)	=	6 in = 152,4 mm
Q (Debit air)	=	25 m ³ /h = 0,00694 m ³ /s

a. Kecepatan aliran

1. Kecepatan aliran pada pipa isap (Vs)

$$V_s = \frac{Q}{A}$$

$$V_s = \frac{0,00694}{0,018} \text{ m/s}$$

$$= 0,385 \text{ m/s}$$

2. Kecepatan aliran pada pipa keluar (Vd)

$$V_d = \frac{Q}{A}$$

$$V_d = \frac{0,00694}{0,033} \text{ m/s}$$

$$= 0,2103 \text{ m/s}$$

b. Head kerugian

1. Head losess pipa isap (h_{fs})

$$Re = \frac{V_s d}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,385 \times 0,2032}{0,7716 \times 10^{-6}}$$

$$= 0,101 \times 10^6$$

Tipe aliran turbulen

Sehingga nilai koefisien geseknya:

$$\frac{\epsilon}{d} = \frac{0,15}{203,2} = 0,000738$$

Dari nilai relative roughness 0,000738 dapat dilihat pada Diagram Moody nilai f (*friction factor*) adalah sebesar 0,0195

$$h_{fs} = f \frac{L V_s^2}{D 2g}$$

$$h_{fs} = 0,0195 \frac{3 \text{ m}}{0,2032 \text{ m}} \times \frac{(0,385 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9,8}$$

$$h_{fs} = 0.002 \text{ m}$$

2. Head losses Pada pipa keluar (h_{fd})

$$Re = \frac{v d}{\nu}$$

$$Re = \frac{0.2103 \times 0.2032}{0.7716 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 0,055 \times 10^6$$

Tipe aliran turbulen

Sehingga nilai koefisien geseknya:

$$\frac{\epsilon}{d} = \frac{0,15}{152,4} = 0,001$$

Dari nilai relative roughness 0,001 dapat dilihat pada Diagram Moody nilai f (*friction factor*) adalah sebesar 0,02

$$h_{fd} = f \frac{L v_d^2}{D 2g}$$

$$h_{fd} = 0,0195 \frac{24,5 \text{ m}}{0,1524 \text{ m}} \times \frac{(0,2103 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9,8}$$

$$h_{fd} = 0,007 \text{ m}$$

3. Head losses pada katub (hg)

a. Katup yang digunakan berbentuk globe (*open full*) koefisien losses didapat $KL = 10$

-Katup pada pipa isap (h_{gs})

$$h_{gs} = K_L \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_{gs} = 10 \frac{(0,385)^2}{2 \times 9,8}$$

$$h_{gs} = 0,0756$$

- Katup pada pipa keluar (h_{gd})

$$h_{gd} = K_L \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_{gd} = 10 \frac{(0,2103)^2}{2 \times 9,8}$$

$$h_{gd} = 0,0226$$

-Katup pada pipa Belokan (h_{cs})

$$h_{cs} = C_L \frac{V_s^2}{2g}$$

$$h_{cs} = 1,5 \frac{(0,385)^2}{2 \times 9,8}$$

$$h_{cs} = 0,0113$$

-Katup pada pipa keluar

$$h_{cd} = C_L \frac{V_s^2}{2g}$$

$$h_{cd} = 1,5 \frac{(0,2103)^2}{2 \times 9,8}$$

$$h_{cd} = 0,00338$$

Head losses total (h_i)

$$h_{isuction} = h_{fs} + h_{gs} + h_{cs}$$

$$h_{isuction} = 0,002 + 0,0756 + 0,0113$$

$$h_{isuction} = 0,0663 \text{ m}$$

$$h_{idlscharge} = h_{fd} + h_{gd} + h_{cd}$$

$$h_{idlscharge} = 0,007 + 0,0226 + 0,00338$$

$$h_{idlscharge} = 0,02622 \text{ m}$$

$$h_{total} = 0,0663 + 0,02622 = 0,09252$$

4. Head Total Pompa ($H_{total \text{ pompa}}$)

$$P_1 = 12,34 \times 10^4$$

$$P_2 = 93,24 \times 10^4$$

$$V_1 = 0,385$$

$$V_2 = P_1 0,2103$$

$$h_a = z_1 + z_2 = 3 + 24,5 = 27,5 \text{ m}$$

$$H = \frac{P_1 - P_2}{\rho \times g} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2 \times g} + h_a + \sum h_{total}$$

$$H = \frac{12,34 \times 10^4 - 93,24 \times 10^4}{1028 \times 9,8} + \frac{0,385^2 - 0,385}{2 \times 9,8} + 27,5 + 0,09252$$

$$H = 107,899 \text{ m}$$

5. Daya

a. Daya pompa (P_w)

$$P_w = \rho_{air} g Q H$$

$$P_w = 1028 \times 9,8 \times 0,00699 \times 107,899$$

$$P_w = 7,543203 \text{ kW}$$

b. Daya motor (P_m)

$$P_m = V I \theta$$

$$P_m = 500 \times 30 \times 0,85$$

$$P_m = 12,750 \text{ kw}$$

6. Efisiensi pompa (η_{pompa})

$$\eta_{pompa} = \frac{P_w}{P_m} \times 100\%$$

$$\eta_{pompa} = \frac{7,543203}{12,750} \times 100\%$$

$$\eta_{pompa} = 59,16\%$$

4. Kesimpulan

Sistem Manajemen Pemeliharaan (*Maintenance*) yang diterapkan di PT Perusahaan Air Indonesia Amerika (PAIA) terus berkembang sesuai kebutuhan, kemajuan, dan kompleksitas peralatan yang digunakan. Dari sistem desalinasi yang digunakan di PT Perusahaan Air Indonesia Amerika (PAIA) masih menggunakan pompa sentrifugal dan dapat menghasilkan kapasitas produksi sebesar 600-700 m³/hari, dan masih dalam tahap *upgrade system*. Dari perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan nilai efisiensi pompa sebesar 59,16%.

Daftar Notasi

H_T = Head total pompa (m)

h_a = Head statis total (m)

h_l = Kerugian head di pipa (m)

g = Percepatan gravitasi (9,8m/s²)

$\frac{V_d^2}{2g}$ = Head kecepatan (m)

$\frac{V_d^2}{2g}$

Δh_p = head tekanan

h_{p2}	head tekanan pada sisi buang/keluar
h_{p1}	head tekanan pada sisi isap
h_a	selisih antara tinggi/posisi isap dan keluar terhadap pompa
z_1	tinggi posisi penampung/reservoir pada sisi isap terhadap pompa
z_2	tinggi posisi penampung/reservoir pada sisi buang terhadap pompa
h_l	head losses
h_f	head losses Mayor
h_m	head losses Minor
Q	Debit aliran fluida (m^3/s)
V	Kecepatan fluida, baik untuk sisi isap dan sisi buang (m/s)
A	Luas penampang pipa (m^2)
h_f	Kerugian dalam pipa (m)
f	Koefisien gesek
g	Percepatan gravitasi ($9,8m/s^2$)
L	Panjang pipa (m)
V	Kecepatan fluida (m/s)
D	Diameter dalam pipa (m)
h_c	Kerugian head losses minor (m)
K_L	Koefisien kerugian belokan
V	Kecepatan rata-rata dalam pipa (m/s)
G	Percepatan gravitasi ($9,8m/s^2$)
Γ	Massa jenis air persatuan volume (kN/m^3)
Q	Debit aliran (m^3/s)
H	Head total pompa (m)
Pw	Daya air atau power of water (kW)
Γ	ρg
η_p	Efisiensi pompa (%)
P_w	Daya air pompa (kW)
P_m	Daya poros pompa (kW)

Daftar Pustaka

- [1] Timothy Bralower Distribution of Water on the Earth's Surface © Penn State University dilisensikan di bawah CC BY-NC-SA 4.0, Available online: <https://www.e-education.psu.edu/earth103/node/701> (accessed on 10 September 2024).
- [2] A.A. Ragedtisvara, H.S. Titah, Studi kemampuan desalinasi air laut menggunakan sea water reserve osmosis (SWRO) pada kapal pesiar, *Jurnal Teknik ITS*, 10 (2) (2021) 68-75.
- [3] A. Nugroho, Uraian umum tentang teknologi desalinasi, *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 6 (3 & 4) (2004) 65-75.
- [4] A. Safentry, R. Masriatini, Pemanfaatan teknologi membran osmosis pada proses pengolahan air laut menjadi air bersih, *Jurnal Redoks Univeristas PGRI Palembang*, 5 (1) (2020) 58-64.
- [5] D.D. Yhaves, M.M. Danial, A.D. Lestari, (2024). Desalinasi air laut menggunakan metode reverse osmosis (ro) dengan variasi tekanan pompa, *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12 (2) (2024) 483-490.
- [6] H. Prastya, M.M. Danial, A.D. Lestari, Kalimasi air payau menggunakan metode reserve osmosis (RO) dengan variansi tekanan pompa, *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12 (2) (2024) 433-442.
- [7] T.M. Mansoura, T.M. Ismaila, K. Ramzya, M.A.E. Salam, Energy recovery system in small reverse osmosis, *Alexandria Engineering Journal* 59 (1) (2020) 3741-3753.
- [8] Putranto, T. Triadi, K. Indra, Permasalahan air tanah pada daerah urban, *Jurnal TEKNIK Universitas Diponegoro*, 30 (1) (2009) 48-56.
- [9] Puspawan, B.N. Leonarda, Analisa head losses dan efisiensi pompa sentrifugal vogel dari instalasi menara pendingin ke penampung utama, *Jurnal Inersia* 14 (2) (2019) 117-125.
- [10] Said, N. Idaman, Aplikasi teknologi osmosis balik untuk memenuhi kebutuhan air minum di kawasan pesisir atau pulau terpencil, *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4 (2) (2003) 15-34.