

PEMANFAATAN AIR REJECT REVERSE OSMOSIS PT CIREBON ELECTRIC POWER UNTUK ELEKTROLIT LAMPU AIR GARAM NELAYAN

Sigit Setyawan¹, Ilham Satria Raditya Putra¹, Agik Dwika Putra¹, Satya Nugroho¹, Dimas Agung Pramudikto², Teguh Ariyanto^{2*}

¹PT Cirebon Electric Power, Jalan Raya Cirebon – Tegal KM 8,5, Kanci Kulon, Astanajapura, Cirebon 45181, Indonesia

² Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl Grafika No 2 Kampus UGM, 55281 Yogyakarta

*teguh.ariyanto@ugm.ac.id

ABSTRAK. Lampu air garam selama ini banyak dimanfaatkan oleh nelayan ketika melaut baik sebagai sumber penerangan maupun untuk menarik perhatian ikan. Lampu air garam ini menggunakan elektrolit seperti larutan garam dapur dan air laut. Pada penelitian ini, dilaporkan penggunaan air reject Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) PT Cirebon Electric Power (PT CEP) sebagai elektrolit lampu air garam yang gratis dan terjaga kualitasnya seperti salinitas dan turbiditas. Studi ini merupakan bagian dari upaya PT CEP dalam kegiatan pengabdian dan pemberdayaan masyarakat nelayan di sekitar pabrik berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi. Untuk membuktikan secara ilmiah, uji sel galvanik dengan anoda magnesium dan katoda karbon serta elektrolit berupa berbagai larutan air garam dilakukan. Hasil studi menunjukkan bahwa air reject SWRO mampu menghasilkan voltase optimal hingga 1,4 Volt (sel tunggal) dibanding penggunaan air laut sebagai elektrolit yang hanya 1,2 Volt. Dari evaluasi biaya dan manfaat, penggunaan air reject SWRO sebagai elektrolit lampu air garam mampu menghemat biaya nelayan dan bahkan jauh lebih ekonomis jika dibandingkan dengan penerangan konvensional menggunakan petromaks. Selain manfaat secara ekonomi, sistem yang ditawarkan aman dan tidak menghasilkan limbah berbahaya. Studi yang dilengkapi pembuktian ilmiah ini harapannya membuka peluang pemanfaatan air reject SWRO yang lebih luas di mana saat ini tidak banyak dimanfaatkan.

Kata kunci: air reject SWRO; Lampu air garam; PT CEP; sel Volta

ABSTRACT. Saltwater lamp has been used widely by fisherman as a source of lighting or to attract the attention of fish. Saltwater lamp utilizes an electrolyte such as solution of table salt and seawater. In this study, utilization of Reverse Osmosis (SWRO) reject water of PT Cirebon Electric Power (PT CEP) was carried out. SWRO reject water, which is costless and has a good quality like salinity and turbidity, was used as an alternative electrolyte of saltwater lamp. The study was a part of community service and empowerment program of PT CEP and applied for fisherman around PT CEP, which is based on science and technology. To scientifically proof, test of galvanic cell using magnesium as anode, carbon as cathode and different salt concentrations was conducted. Results showed that SWRO water reject exhibited cell voltage up to 1.4 Volt (single cell) which is significantly higher with respect to seawater as electrolyte (1.2 Volt). From cost and benefit analysis, the utilization of SWRO reject water as electrolyte of saltwater lamp is more beneficial compared to when using seawater. Furthermore, it is more economic with respect to conventional lighting using petromax. Aside of economical benefit, the proposed system is safe and does not produce hazardous waste. Therefore, this study can open an opportunity of the utilization of SWRO reject water widely, which currently it is unused.

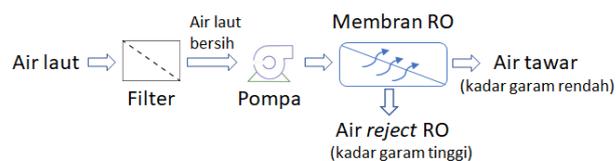
Keywords: SWRO reject water; salt water lamp; PT CEP; Voltaic cell

PENDAHULUAN

Lampu air garam merupakan lampu dengan menggunakan prinsip sel Volta/sel galvanik dengan elektrolit air garam. Di Indonesia, lampu air garam cukup populer dan dipakai nelayan ketika melaut. Prinsip kerjanya adalah adanya reaksi di sel galvanik yang terdiri dari reaksi oksidasi dan reduksi yang menghasilkan beda potensial antara dua elektroda. Pada sel Volta ini, reaksi oksidasi terjadi di anoda (elektroda positif) dan reaksi reduksi terjadi di katoda (elektroda negatif) (Oxtoby dkk., 2008). Tergantung pada elektroda yang digunakan, lampu ini dapat menghasilkan daya/Watt tertentu (Chandler dkk., 2015; Prastuti, 2017; Sani, 2018). Lampu air garam biasanya diisi dengan elektrolit yaitu berupa larutan garam dapur dengan konsentrasi 3-5% massa. Penggunaan garam dapur tentunya membutuhkan biaya sendiri untuk pembelian garam. Cara lain adalah dengan menggunakan air laut yang tersedia. Namun tentunya, penggunaan air laut sangat berisiko dari sisi karakteristik air laut yang berubah-ubah tergantung pada cuaca dan kondisi. Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain elektrolit air garam dengan konsentrasi yang terjaga dan lagi murah.

PT Cirebon Electric Power (PT CEP) merupakan perusahaan penghasil listrik yang berlokasi di pantai utara Jawa dengan kapasitas 660 MW. Untuk menghasilkan listrik, digunakan batubara yang dibakar di boiler dan kemudian panas yang dihasilkan digunakan untuk menghasilkan *steam* (uap air pada tekanan dan suhu tertentu) dari air umpan boiler (*boiler feed water*). *Steam* menggerakkan turbin dan kemudian listrik terbentuk di generator. Teknologi boiler terkini yang digunakan memungkinkan tingginya efisiensi pemakaian batubara dan minimnya emisi yang dihasilkan (Cirebon Electric Power, 2021). Dalam prosesnya, air umpan boiler untuk memproduksi *steam* memegang peranan penting. Air umpan boiler ini diperoleh dari air laut dengan metode *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) yang merupakan teknologi desalinasi terpopuler saat ini (Cohen dkk., 2017). Skema sederhana SWRO untuk menghasilkan air umpan boiler ditunjukkan pada Gambar 2. Proses SWRO menghasilkan 2 buah produk utama yaitu air

tawar (yang diproses lanjut menjadi air umpan boiler) dan air *reject* SWRO.



Gambar 1. Skema sederhana desalinasi air laut dengan teknologi *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO)

Air *reject* SWRO mengandung garam dengan konsentrasi sekitar 4-6%. Selain itu, air *reject* ini juga bersih karena telah mengalami penyaringan bertingkat. Selama ini, sebagian besar air *reject* SWRO dibuang secara langsung ke laut tanpa pemanfaatan lebih lanjut. Pada penelitian ini, peluang pemanfaatan air *reject* SWRO sebagai elektrolit lampu air garam dilakukan sebagai bagian dari kegiatan pengabdian dan pemberdayaan masyarakat dari PT Cirebon Electric Power. Untuk membuktikan secara ilmiah, uji sel galvanik menggunakan berbagai elektrolit dengan kandungan garam berbeda dilakukan. Studi ini akan dilengkapi dengan analisis biaya dan manfaat (*cost and benefit analysis*) untuk mengetahui kemanfaatan baik *tangible* dan *intangible* bagi nelayan dalam penggunaan elektrolit air *reject* SWRO di lampu air garam. Studi yang dilengkapi pembuktian ilmiah ini harapannya mampu memperlancar proses diseminasi produk yang bermanfaat bagi masyarakat.

METODOLOGI PENELITIAN

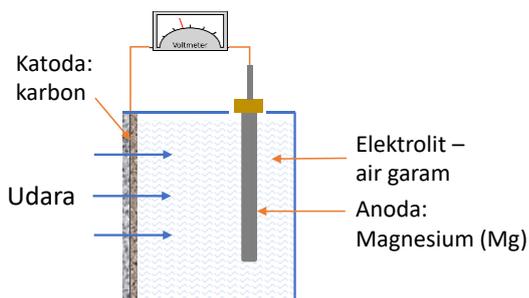
Penentuan karakteristik air laut dan air *reject* reverse osmosis

Karakteristik salinitas air laut dan air *reject* SWRO ditentukan dengan metode APHA 22nd 2520-B-2012 oleh Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi BBT PPI. Data pH dan turbiditas air laut dan air *reject* SWRO diambil dari *logsheet* data PT CEP selang Januari-Desember 2020. Konduktivitas elektrolit ditentukan dengan Jenway 4520 *Conductivity Meter*.

Uji pembuktian sel galvanik dengan berbagai konsentrasi elektrolit air garam

Uji sel galvanik dilakukan dengan menggunakan satu rangkaian sel galvanik yang Anoda berupa batang magnesium dan Katoda

berupa karbon/grafit. Rangkaian peralatan disajikan pada Gambar 2. Batang magnesium didapat dari LED Green Lantern (PT Duta Nichirindo Pratama).



Gambar 2. Tegangan yang dihasilkan dari uji sel galvani dengan elektrolit berbagai persentase garam SWRO.

Pengambilan data sekunder

Data sekunder yang didapatkan adalah peta lokasi nelayan dari Google Earth dan jumlah nelayan Desa Citemu yang berada di wilayah ring 1 dari PT Cirebon Electric Power. Selain itu, digunakan spesifikasi LED Green Lantern (PT Duta Nichirindo Pratama).

Evaluasi biaya dan manfaat dari lampu air garam

Analisis biaya dan manfaat dilakukan dengan membandingkan biaya akan yang dikeluarkan oleh nelayan ketika menggunakan lampu air garam dengan elektrolit air *reject* SWRO dan skenario pembanding berupa penggunaan air laut sebagai elektrolit dan penerangan konvensional dengan petromaks berbahan bakar minyak tanah.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Air *Reject* SWRO PT Cirebon Electric Power

Karakteristik air *reject* SWRO PT CEP yang diambil pada selang periode bulan Januari-Desember 2020 ditunjukkan pada Tabel 1. Data salinitas diambil dari analisis Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi BBTPPI dari secara periodik. Sebagai pembanding, diberikan juga informasi properti air laut yang diambil dari pantai dengan PT CEP.

Air *reject* SWRO memiliki salinitas sekitar 4,6%, lebih tinggi dibanding air laut. Hal yang menonjol adalah terkait dengan turbiditas air *reject* SWRO yaitu 0,17 atau 45 kali lebih baik dibanding dengan air laut. Hasil uji berada pada rentang kualitas desalinasi dengan

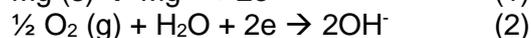
metode SWRO (Lepar dkk., 2007). Turbiditas air menunjukkan derajat kekeruhan. Hal ini berarti air *reject* SWRO lebih bersih dari pengotor. Untuk air laut, dapat dipahami tingkat kekeruhan sangat tinggi dan juga nilainya berubah signifikan tergantung pada musim (standar deviasi besar). Standard deviasi turbiditas yang kecil untuk kasus air *reject* SWRO menunjukkan bahwa nilai tidak jauh berbeda didapatkan, sehingga kadar turbiditas air *reject* SWRO terjaga tiap waktunya.

Tabel 1. Karakteristik air *reject* SWRO dan air laut di area PT CEP, Cirebon.

Karakteristik	Air <i>reject</i> SWRO	Air laut
pH	7,74±0,99	8,04±0,25
Salinitas	4,56±0,33	2,40±0,08
Turbiditas, NTU	0,17±0,07	7,94±7,86

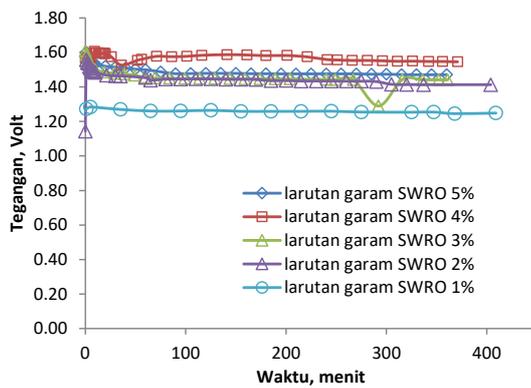
Uji sel galvani dengan berbagai konsentrasi dari garam air *reject* SWRO

Uji sel galvani dilakukan dengan anoda batang magnesium dan katoda berupa grafit. Reaksi di anoda dan katoda masing-masing ditunjukkan pada Persamaan (1) dan Persamaan (2).



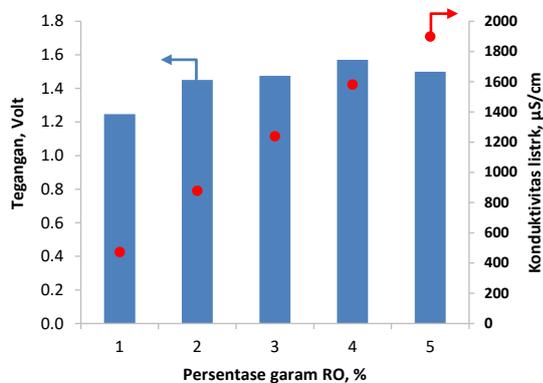
Reaksi reduksi-oksidasi (redoks) menghasilkan beda potensial tertentu dan melibatkan aliran elektron dari anoda ke katoda. Produk akhir yang diperoleh dari reaksi adalah berupa energi listrik dan Mg^{2+} dan OH^- (membentuk padatan $\text{Mg}(\text{OH})_2$).

Sebelum menggunakan air *reject* SWRO menjadi elektrolit lampu air garam, percobaan dilakukan dengan menggunakan larutan garam SWRO (garam dari penguapan air *reject* SWRO) dengan variasi 1-5% atau dalam rentang variasi konsentrasi garam di air laut dan air *reject* SWRO. Hasil plot tegangan yang dihasilkan sebagai fungsi waktu ditunjukkan pada Gambar 3. Tegangan pada awal uji (<10 menit) masih fluktuatif tetapi kemudian kurang lebih konstan pada nilai tertentu, dan nilai ini tergantung pada konsentrasi garam SWRO.



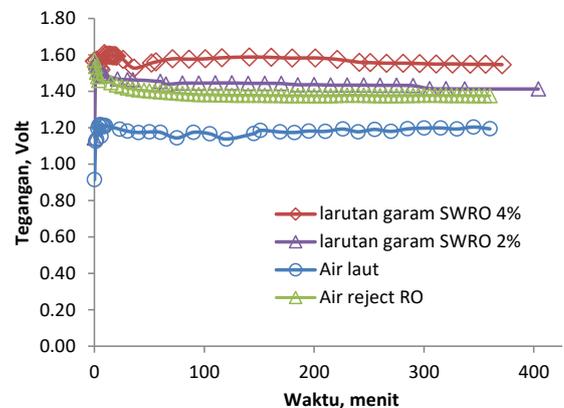
Gambar 3. Tegangan yang dihasilkan dari uji sel galvani dengan elektrolit berbagai persentase garam SWRO.

Gambar 4 memperlihatkan lebih jelas hubungan tegangan yang dihasilkan dengan konsentrasi garam SWRO. Nilai tegangan pada konsentrasi garam SWRO 1% adalah sekitar 1,25 Volt. Nilai tegangan naik dan mencapai nilai optimum pada konsentrasi garam SWRO 4% dengan nilai sekitar 1,6 Volt. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan adanya kenaikan konduktivitas listrik elektrolit (Oxtoby dkk., 2008). Misalnya adalah nilai konduktivitas untuk konsentrasi garam SWRO 4% adalah sekitar $1580 \mu\text{S}/\text{cm}$ atau sekitar 2,3 kali lebih besar dari pada konduktivitas listrik dari larutan dengan garam SWRO 1%. Konduktivitas listrik menjadi dasar pergerakan ion-ion yang ada di dalam larutan. Pada konsentrasi garam SWRO 5%, nilai tegangan ternyata menurun. Hal ini dapat dijelaskan karena konsentrasi garam yang terlalu tinggi juga kurang baik, karena menyebabkan larutan garam makin pekat dan H_2O semakin rendah. Berdasar Persamaan (2), H_2O dan O_2 digunakan sebagai reaktan pada reaksi reduksi.



Gambar 4. Tegangan yang dihasilkan dari uji sel galvani dengan elektrolit berbagai persentase garam SWRO. Air reject SWRO kemudian digunakan dalam tes sel galvani dan dibandingkan dengan

koncentrasi garam SWRO yang setara yaitu 4%. Selain itu, air laut dan konsentrasi garam SWRO 2% juga diuji sebagai pembandingan. Hasil ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil uji menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh air reject cukup tinggi sekitar 1.4 Volt. Angka tersebut lebih rendah voltase pada konsentrasi garam SWRO 4%. Jika tegangan dibandingkan dengan hasil uji menggunakan air laut sebagai elektrolit, nilai tegangan dengan menggunakan air reject SWRO jauh lebih tinggi (17%). Walaupun tidak menghasilkan tegangan hingga optimal, hasil studi ini mengindikasikan bahwa air reject SWRO dapat digunakan sebagai elektrolit lampu air garam dan lebih baik dari elektrolit air laut.



Gambar 5. Tegangan yang dihasilkan dari uji sel galvani dengan elektrolit berbagai persentase garam SWRO.

Hal yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaan air reject SWRO adalah fluktuasi salinitas air laut. Fluktuasi ini sangat mungkin terjadi (lihat Tabel 1, standar deviasi) karena adanya perubahan musim. Misalnya adalah musim kemarau yang cenderung kadar garam di air laut tinggi dan hal ini tentunya menyebabkan salinitas air reject SWRO menjadi tinggi. Jika dilihat dari Gambar 4, salinitas terlalu tinggi tidak baik untuk performa lampu air garam. Namun hal ini dapat mudah diatasi dengan cara menambahkan air tawar sehingga konsentrasi garam di air reject SWRO mendekati konsentrasi optimal untuk digunakan sebagai elektrolit lampu air garam.

Biaya dan manfaat dari penggunaan air reject SWRO sebagai elektrolit lampu air garam bagi nelayan sekitar PT CEP

Air reject SWRO memiliki potensi untuk dimanfaatkan menjadi elektrolit lampu air

garam. Lampu air garam bermerek LED Green Lantern dibagikan oleh PT CEP untuk digunakan kepada nelayan sebagai bagian dari *Corporate Social Responsibility* (CSR) perusahaan. Lampu ini menggunakan 2 sel galvani yang dirangkai seri sehingga dapat menghasilkan 2x tegangan dari rangkaian tunggal. Perbandingan manfaat penggunaan air *reject* SWRO sebagai elektrolit lampu air garam ditunjukkan pada Tabel 2. Sebagai pembanding digunakan elektrolit air laut dan penggunaan petromaks tradisional yang menggunakan minyak tanah.

Tabel 2. Perbandingan biaya dari penggunaan lampu garam dengan elektrolit air *reject* SWRO dan lampu konvensional*

	Lampu air garam	Petromaks
Spesifikasi**		
Jenis elektroda	Anoda: batang Mg Katoda: karbon	-
Elektrolit	Air <i>reject</i> SWRO	-
Bahan bakar	-	Minyak tanah
Power, W	3 (2,8 Volt)	400 [†]
Penggantian elektroda, jam	100 ^{***}	-
Biaya elektroda Mg	3x35.000	-
Elektrolit	Gratis	-
Biaya minyak tanah, Rp	-	30x12000

*basis untuk 1 bulan penggunaan

**dianggap power petromaks 40% efisiensi.

***spesifikasi LED Green Lantern

Penggunaan elektrolit air *reject* SWRO menghasilkan tegangan lebih tinggi sehingga lebih efisien dalam penggunaan elektroda Mg dibandingkan dengan ketika menggunakan elektrolit air laut. Berdasarkan spesifikasi elektroda, penggantian elektroda Mg dapat dilakukan setelah 100 jam operasi (PT. Duta Nichirindo Pratama, 2016). Oleh karena itu, penggantian elektroda Mg cukup 3 kali per bulan dan biaya yang dikeluarkan sebanyak Rp 105.000,-/bulan. Jika dibandingkan dengan penerangan konvensional menggunakan petromaks, penggunaan lampu air garam mampu menghemat sekitar Rp 255.000,-/bulan. Manfaat dari sisi ekonomi ini tentunya menjadi hal yang penting bagi nelayan.

Area kampung nelayan berada di wilayah Desa Citemu yang terletak di ring 1 PT CEP dan dokumentasi penerima manfaat

ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Total nelayan penerima manfaat adalah 42 orang. Oleh karena, itu total manfaat penghematan secara ekonomi menjadi Rp 10.710.000,-/bulan dengan adanya penggunaan lampu air garam yang diberikan oleh PT CEP.



Gambar 6. Area nelayan di sekitar PT CEP penerima manfaat CSR berupa lampu air garam



Gambar 7. Sosialisasi penggunaan lampu garam ke beberapa nelayan penerima manfaat di wilayah Citemu

Selain keuntungan secara ekonomi, manfaat lain dari penggunaan lampu air garam adalah dengan elektrolit air *reject* SWRO antara lain meningkatkan utilisasi air *reject* SWRO yang terjaga konsentrasi garam dan turbiditasnya, aman secara keselamatan karena tidak ada nyala api dan menghasilkan produk sisa $Mg(OH)_2$ yang aman bagi lingkungan/tanpa emisi. Dengan segala potensi yang dimiliki, air *reject* SWRO nantinya dapat dikembangkan lebih lanjut pemanfaatannya untuk nelayan di daerah lain. Selain itu, studi pemanfaatan air *reject* SWRO ini dapat menjadi contoh untuk industri lain yang menghasilkan air *reject* yang sama untuk pemanfaatannya menjadi elektrolit lampu air garam.

KESIMPULAN

Pemanfaatan air reject SWRO PT Cirebon Electric Power menunjukkan bahwa air *reject* ini dapat digunakan sebagai elektrolit lampu air garam. Sebagai elektrolit, air reject SWRO memiliki keuntungan seperti memiliki kadar garam terjaga pada rentang optimal persentase garam elektrolit lampu air garam dan turbiditas rendah. Uji sel galvani menunjukkan voltase untuk rangkaian tunggal hingga 1,4 Volt didapatkan dan jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan elektrolit berupa air laut. Selain itu, manfaat secara ekonomi, keamanan pemakaian dan tidak adanya limbah berbahaya yang dihasilkan menjadikan air *reject* SWRO potensial untuk digunakan sebagai elektrolit lampu air garam dan dimanfaatkan secara luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Cirebon Electric Power yang telah membiayai studi yang dilakukan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Kimia FT UGM atas fasilitas laboratorium selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Chandler, J.H., Culmer, P.R., Jayne, D.G. and Neville, A., 2015, Assessment of electrochemical properties of a biogalvanic system for tissue characterisation, *Bioelectrochemistry*, Elsevier B.V., 101, 138–145.
- Cirebon Electric Power, P.C.E., 2021, Powering the Life of Indonesia, available at: <https://www.cirebonpower.co.id/cirebon-power/> (accessed 27 June 2021).
- Cohen, Y., Semiat, R. and Rahardianto, A., 2017, A perspective on reverse osmosis water desalination: Quest for sustainability, *AIChE J.*, 63 (6), 1771–1784.
- Leparc, J., Rapenne, S., Courties, C., Lebaron, P., Croué, J.P., Jacquemet, V. and Turner, G., 2007, Water quality and performance evaluation at seawater reverse osmosis plants through the use of advanced analytical tools, *Desalination*, 203 (1–3), 243–255.
- Oxtoby, D.W., Gillis, H.P. and Champion, A., 2008, *Principles of Modern Chemistry*, edited by 6th, Thomson Learning, Inc., California, US.
- Prastuti, O.P., 2017, Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut Sebagai Sumber Energi Listrik, *J. Tek. Kim. Dan Lingkung.*, 1 (1), 35.
- PT. Duta Nichirindo Pratama., 2016, *Lentera Air Garam*, available at: http://saltwaterlamp.blogspot.com/2016/02/lentera-air-garam-pertama-di-indonesia_23.html (accessed 29 June 2021).
- Sani, A., 2018, *Analisa Baterai Air Asin Dengan Elektroda*, Jurusan Teknik Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.