

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2022.01.FA.17

STUDI ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK DAN DESALINASI AIR LAUT MENGGUNAKAN SOFTWARE DEEP 5.1 PADA ENAM WILAYAH TERPENCIL DI INDONESIA

Nazla Innaya^{1,a)}, Dwi Irwanto^{2,b)}, Sparisoma Viridi^{2,c)}

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha No.10 Bandung 40132, Indonesia

²Laboratorium Fisika Nuklir, Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Biofisika (FNB)
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha No.10 Bandung 40132, Indonesia

Email: ^{a)}nazlainnaya1@gmail.com, ^{b)}dirwanto@fi.itb.ac.id, ^{c)}dudung@fi.itb.ac.id

Abstrak

Desalinasi merupakan salah satu cara untuk mengurangi masalah kekurangan air di Indonesia. Desalinasi adalah proses menghasilkan air bersih dengan menghilangkan zat-zat terlarut yang ada pada air. Selain permasalahan air, beberapa daerah di Indonesia masih memiliki masalah dalam listrik. Berdasarkan data Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2019 dan harga listrik PLN 2017 maka diperoleh setidaknya enam daerah dengan tingkat elektrifikasi rendah dan harga listrik yang tinggi yakni Ambon, Raja Ampat, Toli-Toli, Bau-Bau, Ketapang, dan Kapuas. Di mana harga listrik PLN per 1 kWh daerah Ambon dan Raja Ampat yaitu Rp2.677, Toli-Toli Rp2.255, Bau-Bau Rp2.169, Ketapang Rp1.692, dan Kapuas Rp1.149. Sedangkan harga listrik PLN per 1 kWh di daerah lainnya seperti Jawa Barat hanya Rp911. Oleh karena itu, harus dicari suatu langkah yang dapat menurunkan harga listrik. Untuk mengetahui jenis pembangkit listrik yang sesuai pada berbagai daerah digunakan Desalination Economic Evaluation Program (DEEP) 5.1. Hasil studi memperlihatkan bahwa untuk keenam daerah dapat diterapkan pembangkit listrik bahan bakar nuklir dengan siklus gas (NGC) karena memberikan harga listrik yang murah yakni Rp926,10 per 1 kWh. Untuk desalinasi air pada daerah Ambon, Bau-Bau, Toli-Toli, Ketapang, dan Kapuas dapat diterapkan NGC distilasi MED, dengan harga per 1 m³ secara berurutan yaitu Rp10.895,25, Rp11.468,68, Rp11.468, Rp10.608,53, dan Rp10.751,89.

Kata-kata kunci: DEEP 5.1, Desalinasi, dan PLTN.

Abstract

Desalination is one of the solutions used to reduce water shortages in Indonesia. Desalination is the process of producing clean water by removing dissolved substances in seawater. Apart water problems, several regions in Indonesia still experience problem with access to electricity. Based on data Electricity Statistics 2019 and PLN Electricity Price 2017, there are at least 6 regions with low electrification levels and high electricity prices, such as Ambon, Raja Ampat, Toli-Toli, Bau-Bau, Ketapang, and Kapuas. With the price of PLN electricity per 1 kWh for Ambon and Raja Ampat is IDR 2,677, Toli-Toli IDR 2,255, Bau-Bau IDR 2,169, Ketapang IDR 1,692, and Kapuas IDR 1,149. Meanwhile, the price of PLN electricity per 1 kWh in other areas such as West Java only IDR 911. Therefore, it is necessary to find steps that can reduce the price of electricity. To determine the type of suitable generator for each region used by Desalination Economic Evaluation Program (DEEP) 5.1. The results of study show that for Ambon, Bau-Bau, Raja Ampat, Toli-Toli, Ketapang, and Kapuas can applied gas cycle nuclear power

plant (PLTN) as they provide cheap electricity prices of IDR 926.10 per 1 kWh. For water desalination in Ambon, Bau-Bau, Toli-Toli, Ketapang, and Kapuas, a gas cycle nuclear power plant (NGC) with MED distillation at a price per 1 m³ are IDR 10,895.25, IDR 11,468.68, IDR 11,468, IDR 10,608.53, and IDR 10.751.89 in sequence.

Keywords: DEEP 5.1, Desalination, and PLTN.

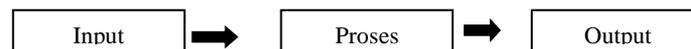
PENDAHULUAN

Secara umum, seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia maka kebutuhan akan listrik dan air bersih pun akan meningkat. Namun, sumber listrik dan kebutuhan volume air bersih yang tersedia di beberapa daerah tertentu tidak mencukupi kebutuhan seharusnya sehingga diperlukan suatu langkah efektif bersifat jangka panjang untuk menuntaskan permasalahan ini terutama untuk masyarakat di daerah pantai yang sulit mendapat akses listrik dan mengelola air laut menjadi air bersih. Berdasarkan data elektrifikasi tahun 2019 dan data listrik PLN tahun 2017, setidaknya terdapat 6 daerah di Indonesia dengan tingkat elektrifikasi rendah dan harga listrik yang tinggi yakni Ambon, Raja Ampat, Toli-Toli, Bau-Bau, Ketapang, dan Kapuas. Di mana harga listrik PLN per 1 kWh yang harus dibayar masyarakat Ambon dan Raja Ampat yaitu Rp2.677, Toli-Toli yaitu Rp2.255, Bau-Bau yaitu Rp2.169, Ketapang yaitu Rp1.692, dan Kapuas yaitu Rp1.149. Sedangkan harga listrik PLN per 1 kWh di daerah lainnya seperti Jawa Barat hanya Rp911. Di mana tingkat elektrifikasinya untuk daerah Ambon, Raja Ampat, Toli-Toli, Bau-Bau, Ketapang, dan Kapuas secara berurutan yakni 91,34%, 94,31%, 97,33%, 94,94%, 97,96%, dan 94,6%.

Salah satu solusi untuk menyelesaikan permasalahan ini yakni membangun teknologi pembangkit listrik yang dapat menghasilkan listrik dan air. Di mana secara teori, untuk perhitungan besar biaya desalinasi dan biaya listrik dapat dilakukan menggunakan DEEP 5.1 yang merupakan *software open-source* dan dibuat oleh Ibrahim Khamis. DEEP juga dapat menghitung besaran biaya pembangunan, biaya pemeliharaan, biaya bahan bakar, dan biaya daya per kWh (kilowatt hour), sehingga pada bagian akhir akan dilakukan perbandingan biaya *output* DEEP dan biaya listrik PLN maupun biaya air PDAM. Selain itu, perbandingan kapasitas produksi juga menjadi hal penting pada penelitian teoritik ini.

METODOLOGI

Pada DEEP 5.1, alur perhitungan yang terjadi sebagai berikut :



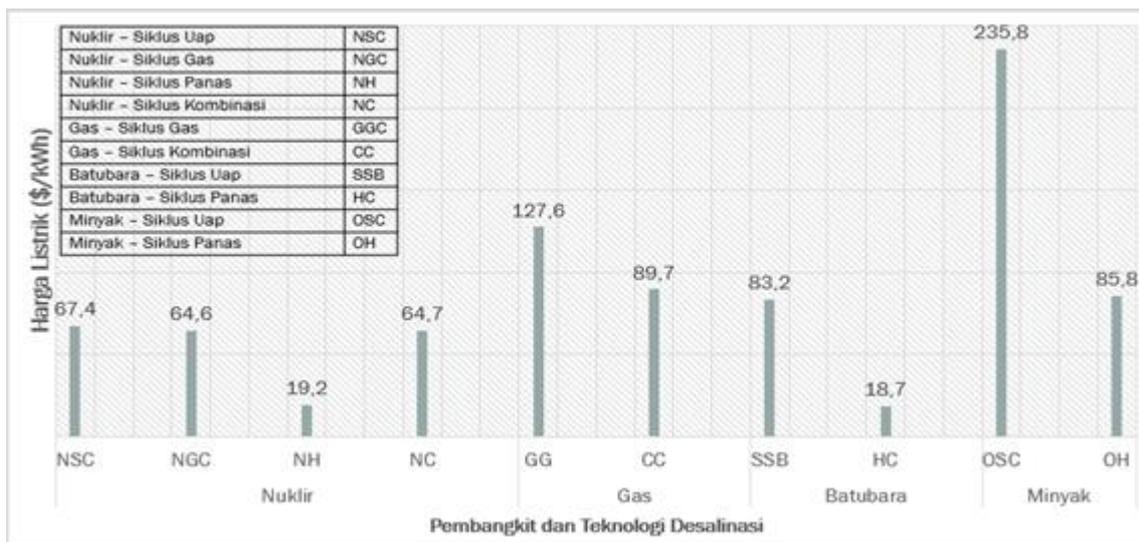
GAMBAR 1. Alur Perhitungan pada DEEP 5.1

Pertama, pengguna perlu memasukkan data awalan (atau disebut input) pada bagian awal DEEP. Pada listrik, data input yang harus dimasukkan yakni memilih jenis pembangkit listrik, bahan bakar, volume produksi listrik yang diinginkan dicapai, dan pada efisiensi dapat digunakan nilai *default* dari DEEP. Sedangkan pada air, data input yang harus dimasukkan yakni memilih jenis teknologi desalinasi, besar kapasitas produksi air, kadar zat terlarut pada air laut (TDS). Khusus pada proses desalinasi termal, dapat memilih tipe *Multi Effect Distillation*, *Multi Stage Flash*, atau *Reverse Osmosis* dan memasukkan nilai masukan temperature air laut. Kemudian pada bagian lainnya, dapat mengikuti *default* dari DEEP, seperti *discount rate*, *carbon tax*, dan transport costs. Kedua, pada bagian ini, DEEP memproses nilai input dalam beberapa detik/menit, bergantung dari besar nilai input. Semakin besar nilai input, semakin lama pemrosesan yang akan terjadi. Ketiga, akan didapatkan luaran (*output*) yang terbagi dalam lima bagian yang masing-masing menunjukkan hal yang berbeda berupa *flow diagram*, *sensitivity analysis*, *financial analysis*, *report*, dan *scenario manager*. Pada bagian *flow diagram*, terdapat sebuah diagram yang berisi beberapa informasi seperti besar energi panas yang dibutuhkan, besar energi listrik, dan lama waktu hidup pembangkit listrik. Pada bagian *sensitivity analysis*, berisi grafik berupa sumbu-x dan sumbu-y yang dapat diatur pengguna DEEP, seperti menjadikan sumbu-x berisi besar biaya air yang harus dibayarkan dan

sumbu-y berisi besar produksi air bersih yang dihasilkan dari pembangkit listrik. Pada bagian *financial analysis*, berisi informasi mengenai biaya-biaya yang dibutuhkan untuk memroses suatu pembangkit listrik sehingga menghasilkan *output* berupa biaya listrik per kWh dan biaya air per m³. Pada bagian *report*, berupa rangkuman dari semua informasi baik input, proses, dan output pada beberapa lembaran. Terakhir, pada bagian *scenario manager*, berupa satu tempat untuk melakukan perbandingan hasil akhir pada DEEP dengan variasi input.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah data perbandingan pembangkit listrik khusus untuk daerah Ambon.

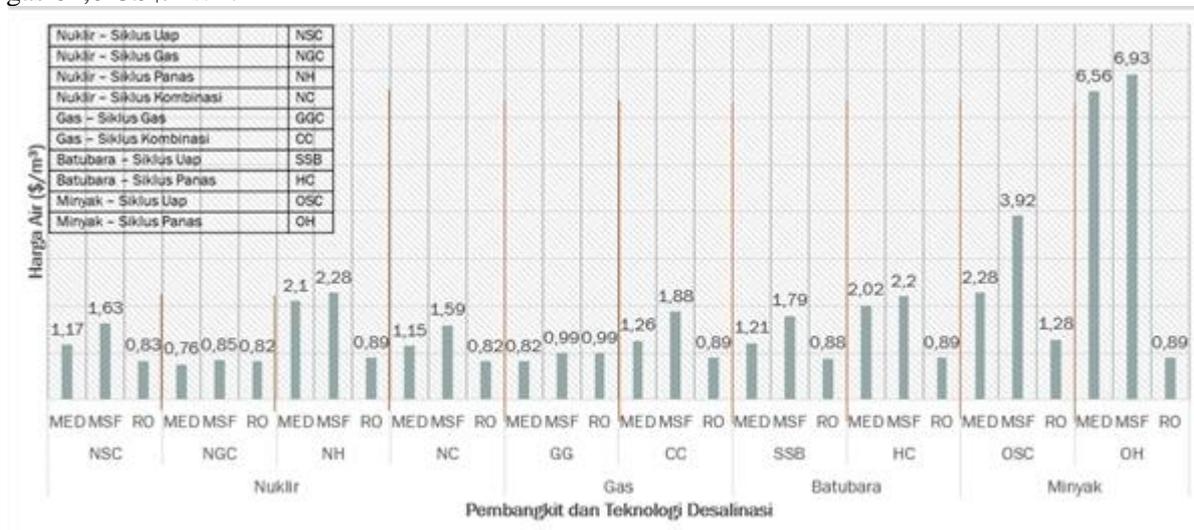


GAMBAR 1. Perbandingan harga listrik pada daerah Ambon

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa harga listrik terendah yakni HC atau batubara siklus panas, 18,7 US\$ per kWh dan terendah kedua yakni NH atau nuklir siklus panas, 19,2 US\$/kWh sedangkan harga tertinggi, OSC atau minyak siklus uap, 235,8 US\$ per kWh dan GG atau gas siklus gas, 127,6 US\$ per kWh. Selain itu, diketahui bahwa untuk bahan bakar nuklir umumnya cenderung memiliki harga listrik yang stabil dan menengah, 64,6 – 67,4 US\$ per kWh. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada siklus panas memiliki efisiensi yang cukup tinggi yakni 90% sehingga dengan efisiensi ini dapat diproduksi daya listrik yang banyak atau bahkan mendekati sejumlah daya masukannya. Faktor lain yang memengaruhi selain efisiensi, yakni dipengaruhi oleh jenis bahan bakar sehingga untuk bahan bakar minyak (oil) tetap berharga tinggi. Berdasarkan dari harga bahan bakar maka diketahui bahwa untuk harga bahan nuklir (website : batan.go.id/ensiklopedi) yakni 10 US\$/lb, harga bahan bakar minyak (website : migas.esdm.go.id) 63,5 US\$/barrel, harga bahan bakar batubara (website : minerba.esdm.go.id/harga_acuan) 86,68 US\$/ton dan harga bahan bakar gas yakni 6 US\$/MMBTU. Berdasarkan biaya listrik DEEP untuk NGC apabila dibandingkan dengan biaya listrik PLN di Ambon sebesar 2.677 rupiah maka masyarakat Ambon cukup membayar 65,41% atau sebesar Rp926,10 per kWh dari listrik PLN.

Temperatur air laut 29,3 °C di mana memberi efisiensi termal yang baik sehingga berpengaruh pada harga listrik yang cukup murah. Karena untuk proses pengolahan air lebih lanjut mengurangi kebutuhan energi. Apabila dilihat dari nilai efisiensi pada HC, NH, NGC, dan NC secara berurutan yakni 90%, 90%, 42%, dan 53%. Untuk siklus hanya panas (HC dan NH) memiliki efisiensi yang paling tinggi sehingga masukan panas digunakan sangat efisien untuk menghasilkan energi listrik. Akibatnya, memberi harga listrik listrik yang murah. Sedangkan pada siklus uap dengan bahan bakar minyak memberi biaya listrik yang mahal karena pada prosesnya terjadi banyak kehilangan energi panas sehingga produksi listrik berkurang dan biaya listrik meningkat. Karena harga bahan bakar batubara yang sangat murah sehingga memberi efek pada harga listrik yang murah jika menggunakan

siklus panas. Demikian halnya pada siklus panas bahan bakar nuklir. Sedangkan pada minyak, dikarenakan harga bahan bakarnya yang mahal sehingga memberi harga listrik yang juga mahal. Namun, dikarenakan siklus panas ini hanya terbatas pada kajian teoritik, maka untuk penerapan dalam dunia nyata, harga dengan turbin siklus panas ini tidak dapat digunakan sehingga diperoleh harga bahan bakar yang lebih sesuai dalam penerapan kehidupan yakni nuklir dengan turbin siklus gas 64,6 US\$/kWh.



GAMBAR 1. Perbandingan harga listrik pada daerah Ambon

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa harga air terendah yakni pembangkit listrik tenaga nuklir dengan turbin siklus gas (NGC) menggunakan teknologi distilasi MED 0,76 US\$/m³ kemudian NGC – RO, NC – RO, dan GG – MED yakni 0,82 US\$/m³ sedangkan harga tertinggi yakni OH – MSF yakni 6,93 US\$/m³ dan OH – MED yakni 6,56 US\$/m³. Dalam hal ini, teknologi distilasi khusus MED memberikan harga yang paling rendah jika menggunakan pembangkit listrik nuklir siklus gas, pengecualian ini dapat terjadi karena dipengaruhi oleh jenis siklus dan bahan bakar masukan. Di mana pada siklus gas, memiliki efisiensi yang rendah untuk harga listrik akan tetapi memberikan efisiensi yang tinggi pada proses desalinasi sehingga memberikan harga air yang paling murah. NGC memberikan harga yang paling murah karena pertama bahan bakarnya nuklir sehingga harganya murah. Kedua, tumbukan yang terjadi pada reaksi fisi inti untuk nuklir siklus gas begitu terjaga sehingga panas tidak lebih banyak keluar jika dibandingkan seperti siklus uap. Secara umum, RO menjadi pembangkit berbiaya paling rendah disebabkan hanya membutuhkan energi listrik sehingga menghemat biaya desalinasi. Konsumsi daya pada RO berguna untuk pengerjaan seperti memompa air laut, memompa pada tekanan tinggi, dan memompa saat perawatan kimia. Selain itu, faktor TDS di mana masih dibawah 35.000 ppm sehingga memberikan harga air yang rendah karena proses di mana air laut melewati membran semipermeabel tidak begitu sulit apabila dibandingkan dengan air TDS diatas 35.000 ppm, karena zat terlarut yang semakin banyak. Sedangkan pada MED dan MSF memerlukan energi listrik dan energi panas. Oleh karena itu, pada MED dan MSF, memakan biaya yang lebih daripada RO. Selain itu, pada bahan bakar minyak, sebagaimana penjelasan sebelumnya, dikarenakan harga minyak yang begitu mahal akibatnya harga air yang dihasilkan juga mahal. Harga air terendah yakni bahan bakar nuklir dengan siklus gas – MED 10.895,25 rupiah. Harga ini lebih rendah daripada harga air di daerah Ambon, 24.000 rupiah. Harga air yang rendah dipengaruhi juga oleh temperatur air laut 29,3°Celsius di mana memberi efisiensi termal yang baik sehingga berpengaruh pada harga air yang cukup rendah. Dikarenakan pada saat proses pemanasan pada MED, proses tidak dibutuhkan energi yang begitu besar. Namun, harga air 10.895 ini sebenarnya cukup tinggi, dan ini dikarenakan volume produksi air disesuaikan dengan data dari statistic air bersih dan hanya membutuhkan 7.951,91 per m³. Di mana angka ini cukup kecil untuk reaktor nuklir yang umumnya bisa memproduksi air hingga 80.000 per m³ dan dapat diperoleh harga yang lebih rendah apabila produksi air jauh lebih banyak seperti di Arab yakni, 454.600 per m³.

*Karena keterbatasan ruang, kelima daerah lainnya dituliskan dalam bentuk tabel perbandingan

TABEL 1. Perbandingan kebutuhan listrik dan air di enam daerah terpencil

Daerah Yang Dipilih	Elektrifikasi (%) 2019	Harga Listrik		Kebutuhan air bersih (kubik per hari)	Harga air PDAM (Rp)
		PLN (Rp) 2017	Kebutuhan listrik (MWh per hari)		
Maluku (Ambon)	91,34	2.677	231,26	7.951,91	24.000
Papua Barat (Raja Ampat)	94,31	2.677	41,74	765,22	20.000
Sulawesi Tengah (Toli-Toli)	97,33	2.225	165,47	3.685,17	900
Sulawesi Tenggara (Bau-Bau)	94,94	2.169	117,19	1.963,18	6.500
Kalimantan Barat (Ketapang)	97,96	1.692	220,32	18.440,03	3.200
Kalimantan Tengah (Kapuas)	94,6	1.149	495,11	12.792,18	3.500

TABEL 2. Perbandingan hasil akhir DEEP dan listrik PLN- air PDAM di keenam daerah terpencil

Daerah Yang Dipilih	Elektrifikasi (%) 2019	Harga Listrik		Harga Air DEEP (kubik per hari)	Harga air PDAM (Rp)
		PLN (Rp) 2017	Harga Listrik DEEP (kWh per hari)		
Maluku (Ambon)	91,34	2.677	926,10 - NGC	10.895,25 – MED	24.000
Papua Barat (Raja Ampat)	94,31	2.677	926,10 - NGC	11.468,68 – MED	20.000
Sulawesi Tengah (Toli-Toli)	97,33	2.225	926,10 - NGC	11.468,68 – MED	900
Sulawesi Tenggara (Bau-Bau)	94,94	2.169	926,10 - NGC	11.468,68 – MED	6.500
Kalimantan Barat (Ketapang)	97,96	1.692	926,10 - NGC	10.608,53 – MED	3.200
Kalimantan Tengah (Kapuas)	94,6	1.149	926,10 - NGC	10.751,89 – MED	3.500

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis sebelumnya, disimpulkan bahwa pada tiap-tiap daerah :

1. Pada daerah Ambon, pembangkit listrik tenaga nuklir siklus gas (NGC) dapat diterapkan secara real, karena memberikan harga listrik yang murah yakni Rp926,10 per kWh dan dengan teknologi distilasi MED memberikan harga air yang paling murah yakni Rp10.895,25 per m³.
2. Pada daerah Bau-Bau, pembangkit listrik tenaga nuklir siklus gas (NGC) dapat diterapkan secara real, karena memberikan harga listrik yang murah yakni Rp926,10 per kWh dan dengan teknologi distilasi MED memberikan harga air yang paling murah yakni Rp11.468,68 per m³.
3. Pada daerah Raja Ampat, pembangkit listrik tenaga nuklir siklus gas (NGC) dapat diterapkan secara real, karena memberikan harga listrik yang murah yakni Rp926,10 per kWh dan dengan teknologi distilasi MED memberikan harga air yang paling murah yakni Rp11.468,68 per m³.
4. Pada daerah Toli-Toli, pembangkit listrik tenaga nuklir siklus gas (NGC) dapat diterapkan secara real, karena memberikan harga listrik yang murah yakni Rp926,10 per kWh dan dengan teknologi distilasi MED memberikan harga air yang paling murah yakni Rp11.468 per m³.
5. Pada daerah Ketapang, pembangkit listrik tenaga nuklir siklus gas (NGC) dapat diterapkan secara real, karena memberikan harga listrik yang murah yakni Rp926,10 per kWh dan dengan teknologi distilasi MED memberikan harga air yang paling murah yakni Rp10.608,53 per m³.
6. Pada daerah Kapuas, pembangkit listrik tenaga nuklir siklus gas (NGC) dapat diterapkan secara real, karena memberikan harga listrik yang murah yakni Rp926,10 per kWh dan dengan teknologi distilasi MED memberikan harga air yang paling murah yakni Rp10.751,89 per m³.

7. Pembangkit listrik tenaga nuklir dengan menggunakan siklus gas (NGC) memberikan harga listrik yang paling murah sedangkan pada desalinasi, jenis distilasi MED memberikan harga yang murah. Sedangkan harga tertinggi pada harga listrik yakni pembangkit listrik tenaga minyak dengan menggunakan siklus uap (OSC) sedangkan pada desalinasi, secara real, jenis distilasi MSF dengan bahan bakar minyak dan siklus panas memberikan harga tertinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Semoga Allah membalas kebaikan dengan sebaik-baiknya balasan, terutama kepada Bapak Dwi Irwanto selaku dosen yang telah membimbing saya dalam pengerjaan penelitian pada topik ini. Tak lupa pula kepada Bapak Sparisoma Viridi atas masukan, dukungan, dan juga semangatnya sehingga akhirnya saya bisa memahami dan mengerjakan topik ini dengan cukup baik.

REFERENSI

- [1] Alimah *et al.*, “Desalinasi Hybrid MED-RO Sebagai Opsi Pasokan Air Bersih di Provinsi Kepulauan Babel,” *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, vol. 13, no. 1, 2011.
- [2] Badan Pusat Statistik, Kabupaten Maluku, Kota Ambon, 2020.
- [3] Badan Pusat Statistik, Kecamatan Bau-Bau, Kota Sulawesi Tenggara, 2014.
- [4] Badan Pusat Statistik, Kecamatan Raja Ampat, Kota Papua, 2020.
- [5] Badan Pusat Statistik, Kecamatan Toli-Toli, Kota Sulawesi Tengah, 2020.
- [6] Badan Pusat Statistik, Kecamatan Ketapang, Kota Kalimantan Barat, 2020.
- [7] Badan Pusat Statistik, Kecamatan Kapuas, Kota Kalimantan Tengah, 2020.
- [8] Dewita Erlan *et al.*, “Analisis Konfigurasi Kopling PLTN dan Instalasi Desalinasi Berbasis Perhitungan Ekonomi,” *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, vol. 13, no. 2, 2011.
- [9] Diah *et al.*, “Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatn Bahan Bakar Nuklir Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir Tahun 2017,” *Hasil-Hasil Penelitian EBN*, 2017.
- [10] General Atomic, “DEEP 5 User Manual,” International Atomic Energy Agency, 2013.
- [11] Haris Abdulloh, Sudrajat, “Desalinasi Air Dengan Memanfaatkan Energi Terbarukan,” *Pengolahan Air dengan Menggunakan Energi Terbarukan*, pp. 1-10, 2015.
- [12] Harjanto, Nur Tri, “Dampak Lingkungan Pusat Listrik Tenaga Fosil dan Prospek PLTN Sebagai Sumber Energi Listrik Nasional,” *Pengelolaan Instalasi Nuklir*, 2008.
- [13] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, “Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2019,” Edisi no. 33, 2020.
- [14] Maemunah, Indah Rosidah, “Studi Komparasi Reaksi Fisi dan Fusi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Masa Depan,” *Prosiding Seminar Nasional Fisika 5*, vol. 1, no. 1, pp. 473-481, 2019.
- [15] Mearns, Euan, “How long does it take to build a nuclear power plant?,” <https://euanmearns.com/how-long-does-it-take-to-build-a-nuclear-power-plant/>
- [16] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, “Besaran Biaya Pokok Penyediaan Pembangkit PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2017,” 2017.
- [17] Moch. Djoko Birmano, Suparman, “Studi Pengaruh Perubahan Kondisi Lingkungan Tapak Terhadap Harga Listrik dan Air Pada Sistem Desalinasi Dengan Sumber Energi Nuklir dan Fosil,” *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, vol. 5, no. 3 & 4, 2003.
- [18] Nugroho, Ari, “Uraian Umum Tentang Teknologi Desalinasi,” *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, vol. 6, no. 3 & 4, 2004.

- [19] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, “Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nuklir,” 2014.
- [20] Perdana, Reghi, “Kajian Ringkas Regulasi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Listrik Melalui Pemanfaatan Nuklir,” 2016.
- [21] N. Yuningsih, D. Irwanto, “Studi Komparasi Pembangkit Listrik Berbagai Sumber Energi dan Desain High Temperature Gas Reactor (HTGR) Untuk Wilayah Terpencil,” *Seminar Kontribusi Fisika*, Bandung, pp. 1-6, 2019.
- [22] Sea Temperature Info, “Indonesia Water Temperature Today,” 2021, <https://seatemperature.info/indonesia-water-temperature.html>

