

Kinerja Panel Surya Apung Pada Kulong Pasca Tambang Timah

Rika Favoria Gusa^{1*}, M. Yonggi Puriza¹, Yuant Tiandho², Wahri Sunanda¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

²Jurusan Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

*Corresponding author, e-mail: rikafavoriagusa@gmail.com

Abstrak — Penambangan timah di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung menyisakan cekungan yang disebut dengan kulong. Kulong memiliki lanskap yang tidak beraturan serta hanya mengandung unsur hara dalam jumlah yang sangat kecil. Pada dasarnya kulong dapat menjadi tempat penyimpanan cadangan air untuk mendukung sektor perikanan. Tetapi seringkali air kulong memiliki kadar konsentrasi oksigen terlarut yang buruk sehingga tidak baik bagi pertumbuhan ikan. Oleh karena itu dibutuhkan sistem aerasi yang dapat menyuplai oksigen. Pengembangan teknologi aerasi yang terintegrasi dengan panel surya apung di area kulong adalah solusi alternatif yang menarik untuk dikembangkan. Sistem panel surya apung terdiri dari panel surya 50 Wp yang diapungkan di atas pipa PVC 4” berbentuk persegi panjang dan dihubungkan dengan solar charge controller (MPPT), sealed lead-acid battery 12V 12 Ah dan aerator 12V DC sebagai sumber aerasi. *Heatsink* berbahan aluminium dipasang di bawah panel surya untuk mengalirkan panas dari panel surya ke air kulong sehingga suhu turun dan dapat menghasilkan tegangan lebih tinggi daripada panel yang diletakkan di darat. Tegangan panel surya apung dengan *heatsink* lebih tinggi rata-rata 0,41V sehingga rata-rata daya yang dibangkitkan oleh panel surya apung juga lebih tinggi sekitar 2% dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh panel surya di darat.

Kata Kunci : Panel Surya Apung, Kulong Timah dan Aerasi

Abstract — Tin mining in the Bangka Belitung Islands Province, leaving a basin called the kulong. Kulong has an irregular landscape and contains very small amount of nutrients. Basically, kulong can be a storage place for water reserves to support the fisheries sector. But often, kulong water has poor dissolved oxygen concentration so that it is not suitable for fish growth. Therefore it needs an aeration system that can supply oxygen. The development of integrated aeration technology with floating solar panels in the kulong area is an interesting alternative solution to be developed. The floating solar panel system consists of a 50 Wp solar panel which is floated on a rectangular 4” PVC pipe and connected to a solar charge controller (MPPT), sealed lead-acid battery 12V 12 Ah and a 12V DC aerator as a source of aeration. An aluminum heatsink is installed at the bottom of the solar panel to transfer heat from solar panel to the kulong water so that temperature gets drop and the solar panel can produce higher voltage than solar panel placed on land. The voltage of the floating solar panel with the heatsink is higher on average 0.41V so that the average power generated by the floating solar panel is also about 2% higher than the power generated by solar panel on land.

Key Words: Floating Solar Panel, Tin Kulong and Aeration

1. Pendahuluan

Kepulauan Bangka Belitung telah lama dikenal sebagai penghasil timah terbesar di Indonesia bahkan masuk ke dalam tiga besar penghasil timah di dunia [1]. Selama bertahun-tahun sektor penambangan timah menjadi tulang punggung utama perekonomian di provinsi ini [2]. Akan tetapi, dibalik itu tersimpan beberapa masalah besar yang diakibatkan oleh tingginya jumlah penambangan timah diantaranya adalah bertambahnya lahan kritis akibat berkurangnya hutan serta rusaknya lahan pertanian dan kebun [3]. Ketika suatu lahan telah dilakukan tambang timah

di atasnya maka akan tersisa cekungan-cekungan yang kemudian disebut kulong [4]. Banyak kulong dengan luas yang cukup besar yang ditinggalkan begitu saja setelah penambangan selesai tanpa ada upaya memanfaatkan kulong tersebut untuk kegiatan produktif lain [5].

Upaya lain yang mungkin untuk dilakukan adalah memanfaatkan kulong sebagai tempat untuk budidaya perairan [6]. Lahan galian kulong yang cukup dalam sekitar 4-5 meter dengan kapasitas air berkisar antara 750 juta liter-10.000 juta liter dapat menyediakan cadangan air yang cukup bagi budidaya perikanan [7,8]. Sebuah

kulung yang berusia muda seringkali mengandung air yang bersifat asam dan mengandung logam berat. Tetapi untuk kulung yang sudah tua, sekitar 20-40 tahun ke atas, air yang tersimpan sudah kembali netral dan dapat mendukung pertumbuhan organisme di dalam air [9].

Untuk mempercepat pertumbuhan dan menjaga kelangsungan hidup ikan, suatu kolam harus dipasang sistem aerasi untuk menjamin tercukupinya kebutuhan oksigen terlarut dalam air. Kolam dengan sistem aerasi dapat meningkatkan pertumbuhan ikan hingga sekitar 380 % lebih cepat dibandingkan dengan kolam tanpa aerasi [10].

Salah satu solusi yang mungkin dapat diterapkan adalah penggunaan panel surya. Layaknya sebagai daerah tropis, Kepulauan Bangka Belitung memiliki potensi energi surya yang tinggi mencapai sekitar 4,79 kWh/m² hari di area lahan kosong [11].

Temperatur merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan performa panel surya. Semakin tinggi temperatur maka semakin rendah daya yang dapat dihasilkan oleh suatu panel surya [12]. Karena Kepulauan Bangka Belitung terletak di daerah kepulauan dengan temperatur harian berkisar 25-30°C maka dibutuhkan suatu penanganan untuk memperbaiki proses transfer panas pada panel surya. Terlebih apabila panel surya akan digunakan di area kulung dengan jumlah vegetasi yang rendah. Oleh karena itu dilakukan pengembangan panel surya apung sebagai pemasok energi bagi aerator di area kulung. Kontak antara air kulung dengan panel surya akan mempercepat proses transfer panas dan menurunkan temperatur panel surya untuk menjaga performanya tetap baik.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Gambaran Kondisi Kulung

Setelah dilakukan kegiatan penambangan timah akan tersisa cekungan-cekungan kulung dengan lanskap yang tidak beraturan dan didominasi oleh pasir tailing yang memiliki sifat fisika, kimia, dan biologi yang buruk [13]. Sebagai informasi, pada Gambar 1 disajikan contoh lanskap lahan bekas tambang timah.

2.2. Teknologi Sel Surya Apung

Sel surya dapat menghasilkan energi listrik melalui proses *photovoltaic* (PV) [14]. *Photo* merujuk kepada cahaya dan *voltaic* mengacu

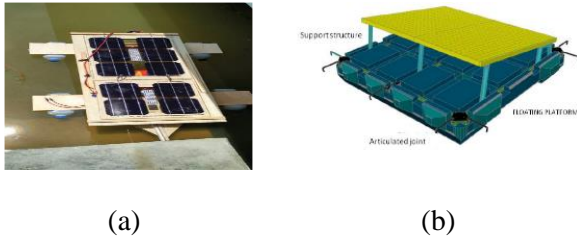
kepada tegangan. *Photovoltaic cell* dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai sel maka elektron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan [15].



Gambar 1. Kulung / lahan bekas penambangan timah (Dok. Pribadi)

Sistem sel surya biasanya dilengkapi dengan sistem penyimpanan energi listrik menggunakan baterai basah (*accu*) jenis asam timbal (*lead acid*) [16]. Kelebihan dari penggunaan *photovoltaic* dalam rekayasa sebagai sumber pembangkit energi listrik adalah tidak menghasilkan polusi [17], dapat menyuplai listrik di daerah yang tidak terkoneksi dengan sumber kelistrikan utama (PLN) serta mudah dalam pengoperasiannya.

Suatu masalah penting tentang instalasi panel surya di daerah tropis berkaitan dengan temperatur lingkungan [18]. Berbagai eksperimen telah menyatakan bahwa performa sel surya menurun seiring dengan peningkatan temperatur. Untuk menghindari efek degradasi termal tersebut, pengembangan teknologi sel surya terapung seperti pada Gambar 2 menarik untuk dikembangkan. Hal ini dikarenakan air memiliki konduktivitas yang lebih baik di bandingkan dengan tanah pada daratan [19]. Efisiensi rata-rata panel surya tipe mengapung 11% lebih tinggi dibandingkan dengan sel surya yang berada di daratan [18].



Gambar 2. (a) *Prototype* panel surya terapung [18] dan (b) *Platform* sel surya apung tipe Glass Reinforced Plastic [20].

3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, panel surya 50 Wp yang digunakan mempunyai panjang 78 cm dan lebar 50 cm. Untuk mengapungkan panel tersebut, dibuatlah pelampung dari bahan pipa PVC 4” yang dibentuk menyerupai bingkai berukuran sesuai dengan ukuran panel surya seperti dapat dilihat pada Gambar 3. Pipa PVC dipilih karena bersifat anti korosi, ringan dan juka murah.



Gambar 3. Panel surya terapung

Proses pengukuran kinerja panel surya dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara kinerja panel surya yang diletakkan di atas kulong dan panel surya yang diletakkan di daratan. Kinerja panel surya yang diamati adalah arus dan tegangan yang kemudian diinterpretasi sebagai daya. Juga diukur suhu permukaan panel surya baik yang diletakkan di atas kulong maupun di daratan.

Setelah panel surya dapat terapung dengan baik, panel surya kemudian dihubungkan dengan komponen sistem lainnya yaitu *solar charge controller* 10A (MPPT), *sealed lead-acid battery* 12V 12 Ah dan *aerator* 12V DC sebagai sumber aerasi. Purwarupa sistem aerasi yang dibuat dalam penelitian tampak seperti pada Gambar 4.

4. Hasil dan Pembahasan

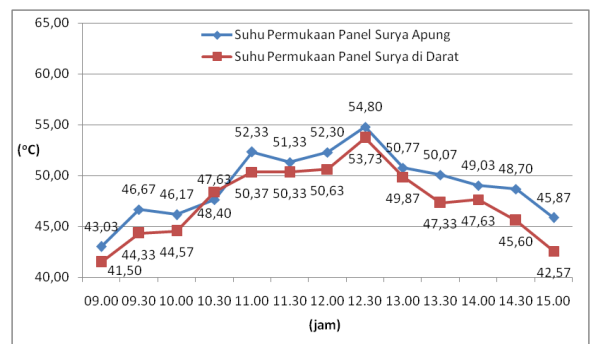
Pengukuran kinerja panel surya apung maupun panel surya yang diletakkan di darat dilakukan pada pukul 09.00 WIB hingga pukul 15.00 WIB selama tiga hari. Parameter yang diukur ialah tegangan dan arus output panel surya. Selain itu, juga diukur suhu permukaan panel surya untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap output panel surya. Hasil pengukuran suhu permukaan panel surya diperlihatkan pada Gambar 5 di mana pengukuran suhu permukaan panel apung dan panel di darat dilakukan secara bersamaan dan kedua panel dikondisikan untuk menerima intensitas matahari yang sama.



Gambar 4. Purwarupa sistem aerasi bertenaga sel surya apung

Keterangan gambar:

- 1 : panel surya apung 50 Wp
- 2: *aerator* 12V DC
- 3: *amperemeter*
- 4: *solar charge controller* 10A
- 5: *sealed lead-acid battery* 12V 12 A

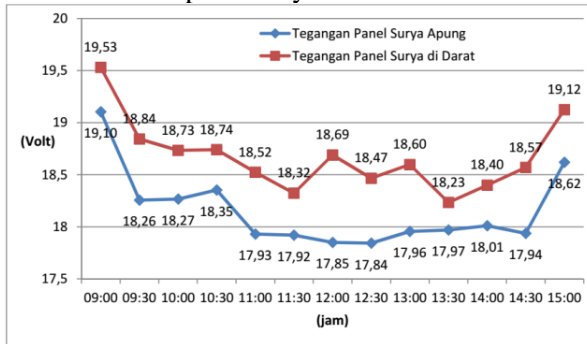


Gambar 5. Rata-rata suhu permukaan panel surya

Dari Gambar 5 terlihat bahwa rata-rata suhu permukaan panel surya apung lebih tinggi daripada rata-rata suhu permukaan panel surya yang diletakkan di darat. Hal ini disebabkan karena tidak ada bagian panel surya apung yang kontak langsung dengan air kulong ditambah lagi

dengan adanya penguapan air kulong yang menyebabkan suhu panel surya apung semakin tinggi. Rata-rata selisih suhu permukaan kedua panel surya tersebut sebesar 1,86°C.

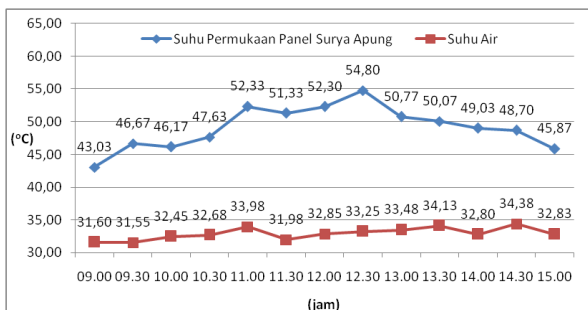
Suhu pada panel surya mempengaruhi besarnya tegangan output panel surya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6. Semakin tinggi suhu panel surya, maka akan semakin rendah tegangan yang dihasilkan oleh panel surya tersebut.



Gambar 6. Rata-rata tegangan output panel surya.

Dari Gambar 6, terlihat bahwa tegangan yang dihasilkan oleh panel surya di darat lebih besar daripada panel surya apung. Hal ini disebabkan karena suhu panel di darat lebih rendah daripada suhu panel apung. Tegangan panel surya di darat rata-rata lebih tinggi 0,52V.

Gambar 7 menunjukkan bahwa suhu air kulong jauh lebih rendah daripada suhu permukaan panel surya yang diapungkan di atas kulong. Ini berarti bahwa ada potensi untuk mendinginkan panel surya apung melalui transfer panas dari panel surya ke air. Oleh karena itu, dibuatlah heatsink dari bahan aluminium yang dipasang di bagian bawah panel untuk mengalirkan panas dari panel surya ke air.



Gambar 7. Perbandingan rata-rata suhu permukaan panel surya apung dan suhu air

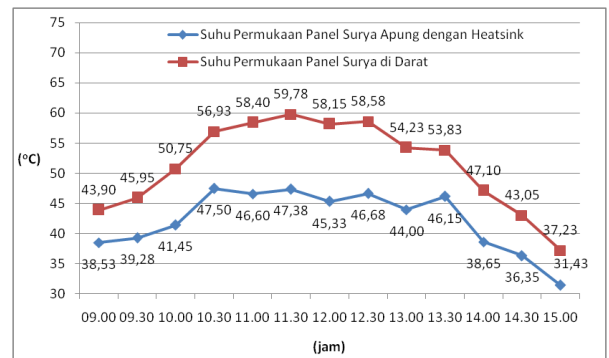
Heatsink yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 8, memiliki tinggi 15cm dengan jarak antar sirip sekitar 3cm. Bahan aluminium dipilih

karena memiliki konduktivitas termal yang cukup tinggi (237 W/mK), ringan dan juga anti korosif.

Heatsink yang dipasang di bagian bawah/belakang panel surya mampu membuat suhu permukaan panel surya apung menurun sehingga rata-rata suhu panel tersebut lebih rendah daripada rata-rata suhu panel yang diletakkan di darat. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 9.

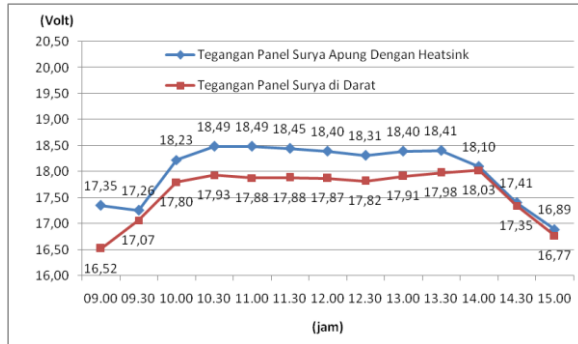


Gambar 8. Heatsink yang dipasang pada bagian bawah panel surya



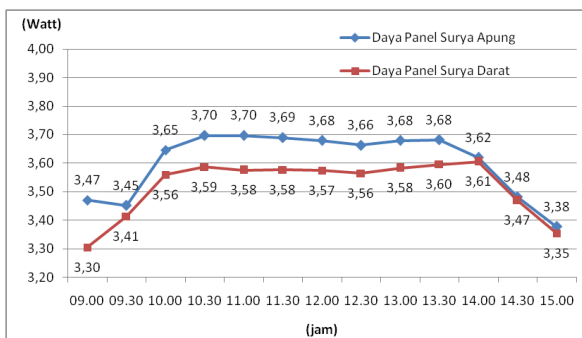
Gambar 9. Perbandingan rata-rata suhu panel surya apung dengan heatsink dan suhu panel surya di darat

Turunnya suhu panel surya apung dengan heatsink menyebabkan tegangan yang dihasilkan menjadi lebih besar. Perbandingan rata-rata tegangan yang dihasilkan panel surya ditunjukkan dalam Gambar 10. Tegangan panel surya apung dengan heatsink lebih tinggi rata-rata 0,41V dibandingkan dengan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya yang diletakkan di darat.



Gambar 10. Perbandingan rata-rata tegangan output panel surya apung dengan *heatsink* dan tegangan output panel surya di darat

Selanjutnya, panel surya apung dihubungkan dengan beban berupa aerator DC 12V untuk kemudian diukur arus output PV dan arus bebannya. Dari pengukuran, diperoleh bahwa arus yang dihasilkan oleh panel surya apung dan panel surya di darat tidak jauh berbeda karena *solar irradiance* (intensitas matahari) yang diterima oleh kedua panel surya tersebut sama. Arus yang dihasilkan oleh panel surya yaitu rata-rata sebesar 0,2A sedangkan arus yang mengalir ke beban (aerator) yang digunakan yaitu sebesar 0,15A. Dari Gambar 11, dapat diketahui bahwa rata-rata daya yang dibangkitkan oleh panel surya apung lebih tinggi sekitar 2% dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang diletakkan di darat.



Gambar 11. Perbandingan rata-rata daya output panel surya apung dengan *heatsink* dan daya output panel surya di darat

5. Kesimpulan

Dari hasil-hasil yang diperoleh dari penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Air kulong dapat dimanfaatkan untuk menurunkan suhu panel surya apung

melalui transfer panas dengan menggunakan *heatsink* dari bahan aluminium.

2. Tegangan panel surya apung dengan *heatsink* lebih tinggi rata-rata 0,41V dibandingkan dengan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya yang diletakkan di darat.
3. Rata-rata daya yang dibangkitkan oleh panel surya apung lebih tinggi sekitar 2% dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang diletakkan di darat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Bangka Belitung yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Tingkat Jurusan dengan nomor kontrak 337.D/UN50.3.1/PP/2019.

Daftar Pustaka

- [1] Ibrahim, "Bangka tin, and the collapse of the state power", *GSTF Journal of Law and Social Sciences*, vol. 5, pp. 1-7, 2016.
- [2] C. Aspinall, "Small-scale mining in Indonesia", *Mining, Minerals, and Sustainable Development*, September(79), pp. 1-30, 2001.
- [3] H. Yuliana, "Analisis dampak pertambangan timah rakyat terhadap bencana banjir", *Jurnal Prodi Manajemen Bencana*, 3(1), pp. 57-73, 2017.
- [4] Pratiwi, E. Santoso dan M. Turjaman, "Penentuan dosis bahan pembenah (Ameliorant) untuk perbaikan tanah dari tailing pasir kuarsa sebagai media tumbuh tanaman hutan", *Jurnal Penelitian dan Konservasi Alam*, vol. 9, pp. 163-174, 2012.
- [5] R.F. Gusa, "Pengolahan Citra Digital untuk Menghitung Luas Daerah Bekas Penambangan Timah", *Jurnal Nasional Teknik Elektro* vol. 2 no. 2, pp. 27-34, 2013.
- [6] Y. Tiandho, "Quality improvement of water from post tin mining based on wasted cockle shell", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 496 (1), p. 012058, 2019.
- [7] E. Susanti, A. Ismail dan M. Armanto, "Potensi sumberdaya air kolong bekas tambang timah di Pulau Bangka",

- Pengelolaan Lingkungan & SDA*, 2(3), pp. 141-145, 2004.
- [8] M. Yusuf, "Model Pengembangan Kolong Terpadu Pasca Penambangan Timah di Wilayah Bangka-Belitung", *Majalah Ilmiah Sriwijaya*, XVIII(11), pp. 669-681, 2011.
- [9] Y. Sudiyani, Ardeniswan dan D. Rahayuningwulan, "Determinasi arsen (As) dan merkuri (Hg) dalam air dan sedimen di kolam bekas tambang timah (air kolong) di Propinsi Bangka-Belitung, Indonesia", *Ecolab*, 5(2), pp. 55-67, 2011.
- [10] Zahidah, Masjamsir dan Iskandar, "Pemanfaatan teknologi aerasi berbasis energi surya untuk memperbaiki kualitas air dan meningkatkan pertumbuhan ikan nila di KJA Waduk Cirata", *Jurnal Akuatika*, VI(1), pp. 68-78, 2015.
- [11] Y. Tiandho, et al., "Solar Energy Potential in Bangka Belitung Islands, Indonesia", International Conference on Future Environment and Energy, Osaka, Japan, 2018.
- [12] Y. Tiandho, et al., "Accurate model for temperature dependence of solar cell performance according to phonon energy correction", *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 55(5), pp. 15-25, 2018.
- [13] Asmarhansyah, "Karakteristik dan strategi pengelolaan lahan bekas tambang timah di Kepulauan Bangka Belitung", *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*, pp. 1423-1430, 2016.
- [14] W. Sunanda dan R. F. Gusa, "Analisis Peluang Penghematan Ekonomi Sistem Fotovoltaik Terhubung Jaringan Listrik Pada Kawasan Perumahan Di Kota Pangkal Pinang", *Prosiding AVoER* 8, pp. 23-30, 2016.
- [15] D. Dzulfikar dan W. Broto, "Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga", *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF*, vol. V, pp. 73-76, 2016.
- [16] K. Akhmad, "Solar Power Plant and the Application for Rural Area", *Dinamika Rekayasa*, 1(1), pp. 28-33, 2005.
- [17] Sudiyono dan A. Bambang, "Perancangan dan Pembuatan Kapal Wisata dengan Motor Generator Listrik Tenaga Surya Sebagai Energi Alternatif Penggerak Propeler", *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), pp. 52-62, 2008.
- [18] A. Sahu, N. Yadav dan K. Sudhakar, "Floating photo voltaic power plant: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 66, p. 815-824, 2016.
- [19] V. A. Handara, et al., "Center for Solar Photovoltaics (CPV) at Surya University: Novel and Innovative Solar Photovoltaics System Designs for Tropical and Near-Ocean Regions (An Overview and Research Directions)", *Procedia Engineering*, vol. 139, p. 22-31, 2016.
- [20] J. J. F. Gozálviz, et al., "Covering reservoirs with a system of floating solar panels: technical and financial analysis", International Congress on Project Engineering, Valencia, 2012.

Biodata Penulis

Rika Favoria Gusa, menyelesaikan program sarjana di Jurusan Teknik Fisika Universitas Gadjah Mada pada tahun 2007 dan program magister di Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada pada tahun 2010. Saat ini beliau adalah staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung. Bidang penelitiannya terkait dengan pemanfaatan energi terbarukan dan pengolahan citra digital.

M. Yonggi Puriza, menyelesaikan program sarjana di Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas pada tahun 2012 dan program magister di Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Bandung pada tahun 2014. Saat ini beliau adalah staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung.

Yuant Tiandho, menyelesaikan program sarjana di Jurusan Fisika Universitas Lampung pada tahun 2012 dan program magister di Jurusan Fisika di Institut Teknologi Bandung pada tahun 2015. Saat ini beliau adalah staf pengajar di Jurusan Fisika Universitas Bangka Belitung.

Wahri Sunanda, menyelesaikan program sarjana di Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada pada tahun 2008 dan program magister di Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada pada tahun 2010. Saat ini beliau adalah staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung.