



# **MENGUBAH GULMA MENJADI ENERGI: *CHARGING STATION* HIJAU BERBASIS ECENG GONDOK TERINTEGRASI TEKNOLOGI *HYBRID CEM CARBON CAPTURE* UNTUK TRANSISI ENERGI NASIONAL**

**Anjar Maulana Afriansah**

Universitas Brawijaya, Jl. Veteran Malang, Jawa Timur, Indonesia  
[anjarafriansah3@student.ub.ac.id](mailto:anjarafriansah3@student.ub.ac.id)

## **Abstrak**

Permintaan listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan percepatan transisi pemerintah ke kendaraan listrik (EV). Namun, ketergantungan berkelanjutan pada pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil menimbulkan tantangan signifikan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. Studi ini mengembangkan Stasiun Pengisian Cerdas (S-Charge) inovatif yang memanfaatkan teknologi Sel Bahan Bakar Tanaman-Mikroba (P-MFC) dengan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai sumber energi terbarukan. Sistem S-Charge mengintegrasikan tiga komponen utama: (1) modul P-MFC yang memanfaatkan aktivitas mikroba selulolitik dalam akar eceng gondok untuk menghasilkan listrik, (2) sistem penangkapan karbon Membran Pertukaran Kation (CEM) yang mampu mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sebesar 85-90%, dan (3) unit pengomposan organik untuk pengolahan limbah padat. Hasil eksperimen menunjukkan kemampuan sistem untuk menghasilkan listrik sebesar 153,75 kWh dengan efisiensi konversi energi 90%, sekaligus mendukung prinsip ekonomi sirkular melalui pemanfaatan limbah yang optimal. Menggunakan pendekatan metode campuran, penelitian ini menggabungkan analisis kuantitatif parameter teknis dengan studi literatur untuk mengevaluasi dampak lingkungan. Temuan menunjukkan bahwa MECS tidak hanya menyediakan solusi energi bersih untuk infrastruktur kendaraan listrik, tetapi juga berkontribusi pada pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB), khususnya Tujuan 7 (Energi Bersih dan Terjangkau) dan Tujuan 13 (Aksi Iklim). Dengan efisiensi tinggi dan dampak lingkungan minimal, teknologi ini menunjukkan potensi signifikan untuk implementasi luas sebagai alternatif energi terbarukan di Indonesia.

**Kata kunci:** CEM *Carbon Capture*, Eceng Gondok, Energi Terbarukan, Kendaraan Listrik

## **1. Pendahuluan**

Kebutuhan energi yang terus meningkat sejalan dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi menyebabkan persediaan energi fosil kian menipis yang berakibat pada krisis energi. Di Indonesia, penggunaan bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi utama, menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2020, tercatat kapasitas energi didominasi 35,36% batu bara, 34,38% minyak bumi, 19,36% gas bumi, serta 10,9% sumber lainnya. Di samping itu, penggunaan secara berkelanjutan dari energi fosil telah memicu peningkatan emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer. Berdasarkan data yang dirilis *International Energy Agency* (IEA, 2018), tercatat total emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan Indonesia sebesar 33.513,3 Juta Metrik Ton (Mt)/tahun dengan 25% diantaranya berasal dari sektor transportasi. Sehingga, diperlukan pengembangan dan peningkatan bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) sebagai energi alternatif.

## Live and Applied Science, Volume 5

Indonesia sebagai negara agraris yang kaya akan sumber daya hayati, memiliki potensi yang besar untuk energi terbarukan salah satunya adalah eceng gondok. Tanaman dengan nama latin *Eichhornia crassipes* ini dikenal sebagai gulma perairan yang menutupi permukaan air, sehingga menimbulkan berbagai permasalahan seperti menghalangi laju aliran air, mengurangi infiltrasi sinar matahari, mengurangi kadar oksigen, bahkan dapat membunuh makhluk hidup di dasar perairan (Novelendah dkk., 2018). Kelimpahan tanaman eceng gondok tersebut perlu dimanfaatkan agar dapat menjadi terobosan baru sebagai produsen energi listrik dengan memanfaatkan proses fotosintesis dan menghasilkan bahan organik yang kemudian akan disimpan dalam *rhizodeposit* yang akan melepaskan CO<sub>2</sub>, proton, dan elektron. Keluaran tersebut dapat dikonversi menjadi energi listrik berbasis *Plant-Microbial Fuel Cell* (PMFC) dengan memanfaatkan *bioelectrochemical* untuk mengubah energi matahari saat fotosintesis menjadi energi kimia yang dioksidasi untuk menghasilkan elektron.

Sumber EBT yang sedang dikembangkan saat ini juga diikuti dengan inovasi-inovasi baru untuk beralih dari energi fosil, salah satunya pengembangan kendaraan listrik. Menurut Kementerian Perindustrian (2021), Indonesia telah menyatakan kesiapan untuk memasuki era kendaraan listrik dengan menargetkan produksi kendaraan listrik roda 4 mencapai 600 unit, serta 2,4 juta unit untuk kendaraan roda 2 pada tahun 2030 mendatang. Potensi pengembangan kendaraan listrik yang besar tersebut, secara otomatis akan meningkatkan kebutuhan stasiun pengisian kendaraan listrik (*charging station*). Untuk itu, kami berinovasi menciptakan stasiun pengisian kendaraan listrik (*charging station*) berbasis eceng gondok dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan memanfaatkan kombinasi teknologi PMFC, *CEM CO<sub>2</sub> Capture*, serta fotokatalis. PMFC digunakan untuk mengkonversi eceng gondok menjadi energi listrik dengan menghasilkan proton, elektron, dan CO<sub>2</sub>. Sedangkan, fotokatalis dan CEM akan mengkonversi CO<sub>2</sub> menjadi energi listrik. Dimana CO<sub>2</sub> yang digunakan adalah hasil penyerapan udara bebas yang mengandung polusi, serta residu dari konversi eceng gondok. Penulisan ini bertujuan mengidentifikasi potensi eceng gondok menjadi energi listrik, menciptakan teknologi *charging station* pada model kendaraan listrik, serta menghitung energi listrik dan potensi ekonomi pada *charging station*.

Oleh karena itu, teknologi *Plant Microbial Fuel Cell* (P-MFC) dengan memanfaatkan biomassa lokal seperti *Eichhornia crassipes* (eceng gondok) untuk menghasilkan energi listrik ramah lingkungan melalui aktivitas mikroba elektrogenik sekaligus menyerap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan solusi inovatif untuk mengatasi tantangan keberlanjutan energi dan perubahan iklim. Inovasi ini sejalan dengan tujuan Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), SDG 13 (Aksi Iklim), dan SDG 15 (Ekosistem Daratan). Teknologi ini menawarkan energi hijau dengan biaya rendah, cocok untuk diterapkan di berbagai wilayah, dan memberikan manfaat ekologis dengan pengelolaan biomassa yang berkelanjutan. Sehingga melalui kolaborasi teknologi P-MFC dengan metode CEM (*Cation Exchange Membrane*) *carbon capture* berbasis eceng gondok menghadirkan potensi transformasional untuk mendukung *charging station*

kendaraan listrik yang mampu mempercepat transisi energi berkelanjutan menuju netralitas karbon.

## 2. Metode

### 2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif untuk menganalisis potensi dan efisiensi teknologi *Plant-Microbial Fuel Cell* (PMFC) berbasis eceng gondok yang dikombinasikan dengan teknologi CEM (Cation Exchange Membrane) dalam menghasilkan energi listrik dan mendukung pengembangan infrastruktur ramah lingkungan. Data dalam penelitian ini diperoleh dari studi literatur yang relevan, termasuk kajian terdahulu tentang efisiensi PMFC dalam memanfaatkan tanaman eceng gondok sebagai pembangkit energi serta integrasi teknologi penyerapan karbon menggunakan CEM. Penelitian ini dilakukan untuk optimalisasi produksi listrik yang digunakan *Charging Station*.

### 2.2. Alat Bahan

Tabel 2.1 Alat dan Bahan

Kategori	Nama	Spesifikasi / Satuan	Biaya / Keterangan
Bahan	Silinder Polietilen	\$12,2 per paket	Wadah utama untuk reaksi mikroba dan tanaman
Bahan	Karbon Aktif (5,3 kg)	\$2,4 per kg	Digunakan sebagai material elektroda (anoda)
Bahan	Jaring Baja Tahan Karat (1 m <sup>2</sup> )	\$276,5 per 36,6 m <sup>2</sup>	Digunakan sebagai struktur katoda dalam sistem PMFC
Bahan	Kerikil (3–6 mm, 39,22 kg)	\$0,08 per kg	Media substrat penyangga tanaman
Bahan	Tanaman Eceng Gondok	\$2,1 per kolam	Sumber biomassa utama untuk PMFC
Reagen	NH <sub>4</sub> Cl	0,31 g/L, \$3,8 per 500g	Reagen nutrisi dalam larutan reaktor
Reagen	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2,452 g/L, \$7,1 per 500g	Reagen dalam larutan nutrisi
Reagen	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	4,576 g/L, \$11,6 per 500g	Agen penyangga (buffer) dalam larutan
Reagen	KCl	0,13 g/L, \$5,9 per 500g	Elektrolit dalam larutan
Reagen	Glukosa	0,19 g/L, \$7,4 per 500g	Sumber karbon organik
Komponen	Material Elektroda	-	Karbon aktif granular + jaring baja tahan karat (anoda & katoda)
Komponen	Kabel & Resin Epoksi	-	Termasuk kabel titanium sepanjang 1,5 meter
Komponen	Konsumsi Daya Pompa Peristaltik	30 W	Untuk sirkulasi larutan dalam sistem reaktor

### 2.3. Desain Alat



**Gambar 2.1** Desain Reaktor P-MFC



**Gambar 2.2** Desain Susunan Eceng Gondok Dalam P-MFC



**Gambar 2.3** Desain Infrastruktur *Charging Station*

**2.4. Analisis Pelaksanaan Penelitian**



Gambar 2.4 Diagram Alir Metode Pelaksanaan

2.5. Analisis Data dan Target Pencapaian yang Diharapkan

Tabel 2.2 Komparasi Penggunaan Tanaman MFC

	Puzzle grass ( <i>Cyperus Esculentus</i> )	Rice Plants ( <i>Oryza Sativa</i> )	Water Spinach ( <i>Ipomea Reptans</i> )	Water Hyacinth ( <i>Eichhornia Crassipes</i> )
Voltage (Volt)	5,63 Volt	5,67 Volt	5,46 Volt	6,1 Volt
Electric Current (mA)	0,25	0,22	0,2	0,27
Electrical power (mW)	1,4075 mW	1,2474 mW	1,092 mW	1,525 mW
Microbial Population (Sel/ mL)	82x108 Sel/ mL	78x108 Sel/ mL	42x108 Sel/ mL	89x108 Sel/ mL
Potential Use	Weeds, Cattle Feed	Staple Food	Foodstuffs	Weeds and Phytoremediation of Heavy Metals in Waters
Availability	Abundant	Abundant	Abundant	Abundant
Reference	Helder <i>et al.</i> , 2012 ; Lu <i>et al.</i> , 2015 ; Novelendah <i>et al.</i> , 2018 ; Nurulita <i>et al.</i> , 2020			

Tabel 2.3 Efisiensi P-MFC dan CEM

<b>P-MFC</b>	
Water hyacinth P-MFC (photosynthesis)	87,36%
<b>CEM (Cation Exchange Membrane)</b>	
NaOH electrolyte and BPD (Anode)	95,94%
Ca(OH) <sub>2</sub> and BPDHNa electrolyte (Cathode)	88,01%.
<b>Total Efficiency (2 Process)</b>	
Kondisi Normal	90,43% ≈ <b>90%</b>

Pendekatan analisis data kualitatif dan kuantitatif akan diterapkan. Artikel-artikel yang dikumpulkan akan dievaluasi secara kritis untuk memahami:

- Teknologi terkini dalam penggunaan CEM *Carbon Capture* untuk penangkapan karbon.
- Efektivitas eceng gondok dalam menghasilkan energi listrik melalui *microbial fuel cell's* (MFC's).
- Prinsip dari teknologi *capture* karbon dalam mengelola dan mengoptimalkan proses menghasilkan listrik dan hasil samping CaCO<sub>3</sub>.

- Integrasi dan potensi sinergi antara teknologi carbon capture, limbah eceng gondok, dan microbial fuel cell's untuk produksi energi yang lebih berkelanjutan.

Tinjauan literatur ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan, menilai kelayakan pendekatan yang diusulkan, dan mengusulkan kerangka kerja untuk sistem terintegrasi yang memanfaatkan eceng gondok untuk optimalisasi produksi energi listrik melalui microbial fuel cell's (MFC's) dan CEM Carbon Capture.

### 3. Hasil dan Pembahasan (Cambria, Bold, 11 pt, Justify, Spasi 1,15 pt)

#### 3.1. Plant Microbial Fuel Cell Eceng Gondok

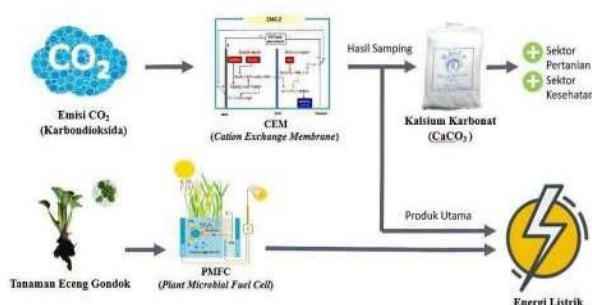
P-MFC merupakan sebuah teknologi inovatif yang memungkinkan terjadinya konversi energi matahari menjadi listrik melalui proses oksidasi senyawa organik serta deposisi senyawa organik oleh akar tanaman. Prinsip kerja P-MFC melibatkan penguraian molekul karbohidrat ( $C_6H_{12}O_6$ ) hasil fotosintesis oleh bakteri mikroba dalam kondisi anaerobik yang menghasilkan karbon dioksida ( $CO_2$ ), proton ( $H^+$ ), dan elektron ( $e^-$ ) (Nwokocha et al., 2012).

Limbah eceng gondok dengan kelimpahannya yang tinggi belum dimanfaatkan secara optimal menjadi salah satu tanaman potensial dalam aplikasi P-MFC. Tanaman ini diketahui memiliki populasi mikroba selulolitik yang melimpah pada sistem perakarannya sehingga berpotensi besar dalam menghasilkan daya listrik. Keberadaan mikroba dalam jumlah tinggi akan meningkatkan metabolisme eksudat di sekitar akar yang kemudian diubah menjadi elektron dan ditangkap oleh sistem elektroda sehingga menghasilkan *output* berupa listrik.

Dalam implementasi P-MFC eceng gondok dibudidayakan dalam perairan tambak berukuran 5 m x 3 m di bawah paparan sinar matahari untuk mendukung proses fotosintesis. Dengan masukan radiasi panas sebesar 150 W/m<sup>2</sup> dan intensitas 3,2 W/m<sup>2</sup>, sistem ini mampu menghasilkan daya listrik sekitar 7.754.53 Wh (Novelendah, 2-21). Tingginya potensi listrik yang dihasilkan menunjukkan peluang besar untuk pengembangan teknologi ini sebagai alternatif energi yang berkelanjutan. Sebagai sumber daya terbaru, P-MFC dapat menjadi solusi yang signifikan untuk menggantikan energi fosil secara masif dan berkelanjutan.

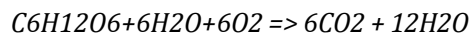
#### 3.2. Konversi Energi Listrik

Inovasi *charging station* berbasis eceng gondok mengintegrasikan dua sistem utama, yaitu *Plant-Microbial Fuel Cell* (P-MFC) dari eceng gondok dan *Cation Exchange Membrane* (CEM). Diagram kerja sistem dimulai dari P-MFC yang memanfaatkan eceng gondok dan mikroba pada akar rhizo deposit. Sistem ini kemudian dihubungkan dengan CEM, di mana emisi  $CO_2$  dari residu P-MFC serta dari lingkungan sekitar dialirkan ke reaktor CEM melalui proses absorpsi berbasis carbon capture. Hasil akhir dari sistem ini adalah energi listrik dan kalsium karbonat ( $CaCO_3$ ), yang memiliki aplikasi luas di bidang pertanian dan kesehatan. Gambar skema kerja dapat dilihat sebagai berikut:



**Gambar 2.5** Skema Kerja *Charging Station* Terintegrasi P-MFC dan CEM *Carbon Capture*

Pada sistem reaktor, terdapat kolam berisi tanaman eceng gondok yang dilengkapi dengan anoda (aluminium) dan katoda (tembaga), yang dipisahkan oleh membran *Forward Osmosis*. Sistem P-MFC bekerja melalui proses fotosintesis tanaman. Mekanisme ini melibatkan dua elektroda sebagai substrat untuk reaksi oksidasi dan reduksi oksigen, yang dipisahkan oleh membran proton (*Forward Osmosis*). Dalam kondisi anaerob, elektron dan proton dihasilkan dari senyawa organik oleh bakteri yang menempel pada anoda. Elektron yang mengalir melalui sirkuit eksternal dan proton yang melewati membran katoda bereaksi dengan oksigen membentuk air, memperkuat ikatan reaksi hidrogen.



**Tabel 2.4** Energi Listrik yang dihasilkan

Komponen Energi	Nilai	Keterangan
Luas area tambak	15 m <sup>2</sup>	5 m × 3 m
Biomassa eceng gondok (basah)	150 kg	Kepadatan ±10 kg/m <sup>2</sup>
Biomassa kering	15 kg	Kandungan air ±90%
Bahan organik kering	12 kg	Sekitar 80% dari biomassa kering
Energi input dari matahari	54.000 Wh	Berdasarkan intensitas 150 W/m <sup>2</sup> selama 24 jam
Energi listrik dari P-MFC	21.441 Wh	Berdasarkan konversi senyawa organik oleh mikroba
Energi listrik dari CEM & Fotokatalis	132.313,53 Wh	Dari pemanfaatan CO <sub>2</sub> dan peningkatan efisiensi elektrokimia

Komponen Energi	Nilai	Keterangan
Total energi listrik dihasilkan	153.754,53 Wh	Setara dengan 153,75 kWh per hari
Efisiensi konversi sistem total	~90%	Dibandingkan dengan total input energi matahari

Langkah-langkah pembuatan CaCO<sub>3</sub> dan energi listrik adalah sebagai berikut:

1. Senyawa organik yang dikeluarkan oleh akar eceng gondok, seperti karbohidrat, asam lemak, dan asam amino, diuraikan untuk menghasilkan elektron yang dimanfaatkan dalam pembangkitan listrik.
2. Proses penangkapan CO<sub>2</sub> menggunakan kipas tipe hollow fiber untuk menyerap udara luar dan menyaringnya.
3. CO<sub>2</sub> yang terserap dimasukkan ke dalam tangki berisi membran dan larutan NaOH sebagai pengikat CO<sub>2</sub>. Membran TiO<sub>2</sub> dengan serat berongga dan membran mikropori digunakan untuk optimalisasi absorpsi.
4. CO<sub>2</sub> direaksikan dalam elektrolit yang mengandung NaOH dan BPD, sehingga terjadi pertukaran ion melalui membran CEM. Produk reaksi bersentuhan langsung dengan katoda.
5. Larutan hasil reaksi dicampur dengan Ca(OH)<sub>2</sub> dalam elektrolit BPDHNa dan NaOH yang bersentuhan dengan anoda.
6. Arus listrik dihasilkan dengan menghubungkan anoda dan katoda dalam rangkaian listrik dengan resistansi.
7. Produk reaksi masuk ke tangki pencampur, menghasilkan CaCO<sub>3</sub>.
8. Berdasarkan neraca massa, setiap ton CO<sub>2</sub> yang termineralisasi membutuhkan 1,68 ton Ca(OH)<sub>2</sub>, menghasilkan 2,27 ton CaCO<sub>3</sub>, dan energi listrik sebesar 146 kWh.
9. Produk reaksi dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik dan CaCO<sub>3</sub> untuk industri pupuk dan kesehatan.
10. Dari perhitungan gabungan metode P-MFC dan CEM, total energi listrik yang dihasilkan adalah 153.754,53 Wh atau 153,75 kWh.

### 3.3. Analisis Ekonomi

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, PMFC memiliki cost-benefit (CBR) yang memberikan manfaat komprehensif terbaik dengan nilai \$1388 untuk kondisi eksperimen dan \$249 untuk kondisi praktis. Akar tanaman lahan basah yang digunakan dalam PMFC dapat meningkatkan konsentrasi oksigen dalam sistem, meningkatkan efek pengolahan air, dan biomassa yang dihasilkan tanaman dapat dipanen. Berdasarkan hal tersebut, terlihat bahwa penggunaan *charging station* terintegrasi P-MFC memiliki potensi ekonomi yang tinggi dengan menghasilkan pendapatan tahunan sebesar \$288,31 dengan kapasitas daya listrik yang dihasilkan sebesar 153,75 kWh. Hal ini menunjukkan bahwa *charging station* terintegrasi PMFC memiliki potensi besar dalam meningkatkan tingkat perekonomian nasional dan sebagai pemasok listrik dalam pengembangan kendaraan listrik di Indonesia. Secara paralel juga mampu memberikan *multiplier effect* karena mampu

menyediakan lapangan pekerjaan, serta meningkatkan sisi konsumsi masyarakat dari produk yang telah dipasok. Dalam jangka panjang, tingginya produktivitas ketenagalistrikan melalui inovasi ini juga dapat menjadi potensi ekspor yang masif sehingga mampu meningkatkan PDB negara.

#### 4. Kesimpulan

Inovasi *charging station* yang terintegrasi dengan teknologi P-MFC yang memanfaatkan eceng gondok dan teknologi *Cation Exchange Membrane* dapat menghasilkan energi listrik karena dapat tumbuh dengan cepat dan memanfaatkan konversi CO<sub>2</sub> menjadi listrik. *Output* daya listrik yang dihasilkan dari inovasi tersebut mencapai 153,75 kWh dengan efisiensi konversi mencapai 90% dan mampu mereduksi emisi CO<sub>2</sub> serta menghasilkan pupuk untuk sektor pertanian. Inovasi ini juga memberikan potensi ekonomi yang tinggi dengan menghasilkan pendapatan tahunan sebesar \$288,31. Hal ini menunjukkan bahwa P-MFC terintegrasi dengan stasiun pengisian besar dalam meningkatkan tingkat perekonomian nasional dan sebagai pemasok listrik dalam pengembangan kendaraan listrik di Indonesia, salah satunya pada Desa Selong yang terletak di kecamatan Pringgabaya, Lombok Timur. Adapun, yang tak kalah penting adalah peran generasi muda sebagai inovator. Kami, generasi muda, memiliki semangat dan kreativitas yang tak terbatas untuk menciptakan solusi inovatif dalam mengatasi perubahan iklim. Melalui inovasi P-MFC ini, kami membuktikan bahwa teknologi dapat menjadi alat yang ampuh untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan dan mendukung pencapaian kehadiran inovasi ini berkontribusi besar dalam mewujudkan *Sustainable Development Goals* dengan mendukung poin 7, 8, 9, 12, dan 13.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi kepada pihak-pihak yang telah memberikan masukan, referensi, dan dukungan dalam proses penyusunan awal artikel ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada dosen pembimbing, rekan sejawat, serta tim akademik yang telah memberikan wawasan konseptual dan dorongan selama tahap perancangan dan kajian literatur. Penulis juga menghargai segala bentuk diskusi ilmiah yang telah membantu memperkaya arah dan kerangka riset dalam artikel ini.

#### Daftar Rujukan

- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2018. *Perspektif, Potensi dan Cadangan Energi Indonesia*. Jakarta (ID) : Kepala BPPT
- Fan, Jonni et al., 2017. *Membranes for Clean and Renewable Power Applications*. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*. 1(1) : 363-374.
- Fevre, C. L. 2014. *The Prospects for Natural Gas as a Transportation Fuel in Europe*. England: University Of Oxford.
- Kim, Huang., Li, Huang. 2017. *Membrane and separators for Microbial Power Cell*. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*. 1(1) : 363-374
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2020. *Kajian Penyediaan Dan Pemanfaatan Migas, Batubara, EBT Dan Listrik*. Jakarta (ID) :
- Kementerian ESDM Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1 Tahun 2013 *Tentang pengendalian BBM bersubsidi*. Jakarta
- Lissens, H et al., 2018. *MFC: Novel Anaerobic Biotechnology for Energy Generation from Wastewater*. *Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production* (pp. 221- 246).
- Novelendah, L. et al. 2018. *Electrical Potential And Phosphate Degradation Using Plant Microbial Fuel Cell Technology With Water Hyacinth Plant Media*. *Journal Biologica*. Vol. 2(2): 87-94.

## Live and Applied Science, Volume 5

- Nurulita, I. et al. 2020. Production of Renewable Electrical Energy from Wetland Plant-Based Microbial Fuel Cells (PMFC) for Indonesian Coastal Areas. *Journal Renewable Energy*. Vol. 5(1): 92.
- PT KAI. 2017. Kereta Api Tawang Jaya. [https://id.wikipedia.org/wiki/Kereta\\_api\\_Tawang\\_Jaya](https://id.wikipedia.org/wiki/Kereta_api_Tawang_Jaya). 12 Januari 2020 (16:00)
- PT PERTAMINA. 2020. Daftar Harga BBK Tmt 05 Januari 2020. [https://www.pertamina.com/id/news-room/announcement/daftar-harga-bb k- tmt-05-januari-2020](https://www.pertamina.com/id/news-room/announcement/daftar-harga-bb-k-tmt-05-januari-2020). 12 Januari 2020 (19:00)