

**PENGARUH ELEKTRODA YANG BERBEDA (ZN, CU, GRAFIT)  
TERHADAP POTENSI LISTRIK PADA *SEDIMENT MICROBIAL FUEL*  
*CELL* (SMFC) DI PULAU PAYUNG, SUMATERA SELATAN**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang  
Ilmu Kelautan pada Fakultas MIPA*

**Oleh :**

**BRIAN TEGAR PRATAMA SITANGGANG**

**08051281823046**



**JURUSAN ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2022**

**PENGARUH ELEKTRODA YANG BERBEDA (Zn, Cu, GRAFIT)  
TERHADAP POTENSI LISTRIK PADA *SEDIMENT MICROBIAL FUEL*  
*CELL* (SMFC) DI PULAU PAYUNG, SUMATERA SELATAN**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang  
Ilmu Kelautan pada Fakultas MIPA*

**Oleh :**

**BRIAN TEGAR PRATAMA SITANGGANG**

**08051281823046**

**JURUSAN ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDERALAYA**

**2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH ELEKTRODA YANG BERBEDA (Zn, Cu, GRAFIT)  
TERHADAP POTENSI LISTRIK PADA *SEDIMENT MICROBIAL FUEL*  
CELL (SMFC) DI PULAU PAYUNG, SUMATERA SELATAN**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang  
Ilmu Kelautan pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*

Oleh :

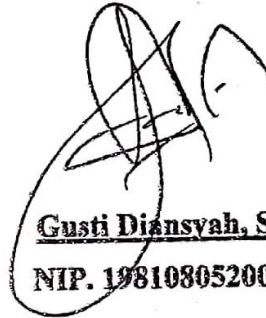
**BRIAN TEGAR PRATAMA SITANGGANG**

**08051281823046**

**Inderalaya, April 2022**

**Pembimbing II**

**Pembimbing I**



**T. Zia Ulqodry, S.T., M.Si., Ph.D**  
**NIP. 197709112001121006**

**Gusti DianSyah, S.Pl., M.Sc**  
**NIP. 19810805200501102**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Ilmu Kelautan**



**Dr. Rozirwan, S.Pl., M.Sc**  
**NIP. 197905212008011009**

**Tanggal Pengesahan :**

**LEMBAR PENGESAHAN**

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Brian Tegar Pratama Sitanggang

NIM : 08051281823046

Jurusan : Ilmu Kelautan

Judul Skripsi : Pengaruh Elektroda Yang Berbeda (Zn, Cu, Grafit) Terhadap Potensi Listrik Pada *Sediment Microbial Fuel Cell* (SMFC) Di Pulau Payung, Sumatera Selatan

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana pada jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.**

**DEWAN PENGUJI**

Ketua : Gusti Diansyah, S.Pi., M.Sc  
NIP. 198108052005011002



Anggota : T. Zia Ulqodry, ST., M.Si., Ph.D  
NIP. 197709112001121006



Anggota : Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si  
NIP. 197601052001122001



Anggota : Rezi Apri, S.Si., M.Si  
NIP. 1984042520081121005

19 Juni  
2022  


Ditetapkan di : Inderalaya

Tanggal :

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya **Brian Tegar Pratama Sitanggung**, NIM. **08051281823046** menyatakan bahwa karya ilmiah/skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam karya ilmiah/skripsi ini yang berasal dari penulisan lain, baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulisan secara benar dan semua karya ilmiah/skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Indralaya, Juni 2022



**Brian Tegar Pratama**  
NIM.08051281823046

**PERYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Brian Tegar Pratama Sitanggang  
NIM : 08051281823046  
Jurusan : Ilmu Kelautan  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive RoyaltyFree Right*)** atas karya ilmiah Saya yang berjudul :

**Pengaruh Elektroda Yang Berbeda (Zn, Cu, Grafit) Terhadap Potensi Listrik Pada *Sediment Microbial Fuel Cell (SMFC)* Di Pulau Payung, Sumatera Selatan**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi Saya selama tetap mencantumkan nama Saya sebagai penulis pertama/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya. Juni 2022



**Brian Tegar Pratama S**  
NIM.08051281823046



## ABSTRAK

**Brian Tegar Pratama Sitanggang, 08051281823046. The Effect of Different Electrodes (Zn, Cu, Graphite) on Electrical Potential in Sediment Microbial Fuel Cell (SMFC) On Payung Island, South Sumatra (Supervisors: Gusti Diansyah, S.Pi., M.Sc dan T. Zia Ulqodry, ST., M.Si., Ph.D.**

SMFC is a development of the concept of the use of *Microbial Fuel Cells* (MFC) with the concept of planting anodes in anoxic sediments and cathodes located in the water column. This experimental research aims to determine the potential of SMFC technology on Payung Island and find out the effectiveness of optimal electrodes for use on SMFC (Zn, Cu, graphite). The implementation of the research was carried out in September-October 2021. Sampling was carried out in Pulau Payung, South Sumatra. Research activities include the association of SMFC using different electrodes (Zn-Zn, Cu-Cu, graphite-graphite), measuring the electrical voltage of each circuit and converting electrical voltage to *current density*. The results showed that *the current density* in each sample at stations 1 and 2 was worth 11.904-647.321 and 10.42-388.39 mA/M<sup>2</sup> for Cu electrodes, Zn Electrodes 3.05 – 212.149 and 4.96 - 219.78 mA/M<sup>2</sup>. Graphite electrodes 3.05 - 212.149 and 4.96 - 219.78 mA/M<sup>2</sup>. The potential of SMFC in station 1 has a value of 158.9979 mA/M<sup>2</sup> and station 2 143.5955 mA/M<sup>2</sup>. Based on the results of the study can be concluded the optimal electrode sequence is Cu, Zn and finally graphite. Station 1 has greater potential than station 2 in generating electrical energy.

**Kata kunci : *Electrical Energy, SMFC, Different Electrodes, Payung Island***

**Pembimbing II**



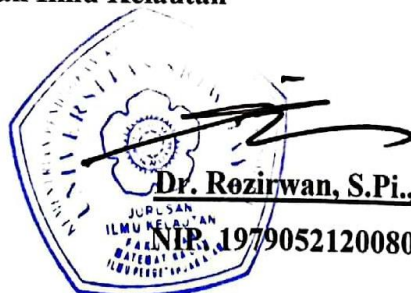
**T. Zia Ulqodry, S.T., M.Si., Ph.D**  
NIP. 197709112001121006

**Inderalaya, Maret 2022**  
**Pembimbing I**



**Gusti Diansyah, S.Pi., M.Sc**  
NIP. 19810805200501102

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Ilmu Kelautan**



**Dr. Rezirwan, S.Pi., M.Sc**  
NIP. 197905212008011009

## ABSTRACT

**Brian Tegar Pratama Sitanggang, 08051281823046. Pengaruh Elektroda Yang Berbeda (Zn, Cu, Grafit) Terhadap Potensi Listrik Pada *Sediment Microbial Fuel Cell* (SMFC) Di Pulau Payung, Sumatera Selatan. (Pembimbing : Gusti Diansyah, S.Pi., M.Sc dan T. Zia Ulqodry, ST., M.Si., Ph.D.**

SMFC merupakan suatu perkembangan konsep dari pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) dengan konsep penanaman anoda pada sedimen anoksik dan katoda yang berada di kolom perairan. Penelitian eksperimental ini bertujuan untuk mengetahui potensi teknologi SMFC pada Pulau Payung dan mengetahui keefektifan elektroda yang optimal untuk digunakan pada SMFC (Zn, Cu, grafit). Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan September-Oktober 2021. Pengambilan sampel dilakukan di Pulau Payung, Sumatera Selatan. Kegiatan penelitian meliputi perangkaian SMFC menggunakan elektroda yang berbeda (Zn-Zn, Cu-Cu, grafit-grafit), pengukuran tegangan listrik dari masing-masing rangkaian dan pengkonversian tegangan listrik menjadi *current density*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *current density* pada masing-masing sampel pada stasiun 1 dan 2 bernilai 11.904 -647.321 dan 10.42-388.39 mA/M<sup>2</sup> untuk elektroda Cu, Elektroda Zn 3.05 - 212.149 dan 4.96 - 219.78 mA/M<sup>2</sup>. Elektroda grafit 3.05 - 212.149 dan 4.96 - 219.78 mA/M<sup>2</sup>. Potensi SMFC pada stasiun 1 memiliki nilai 158.9979 mA/M<sup>2</sup> dan stasiun 2 143.5955 mA/M<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan urutan elektroda yang optimal adalah Cu, Zn dan terakhir grafit. Stasiun 1 memiliki potensi yang lebih besar dibandingkan stasiun 2 dalam menghasilkan energi listrik.

**Kata kunci : Energi Listrik, SMFC, Perbedaan Elektroda, Pulau Payung**

**Pembimbing II**



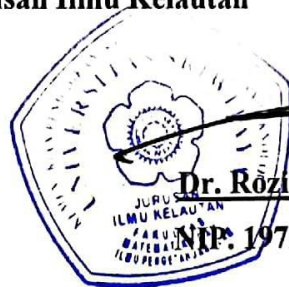
**T. Zia Ulqodry, S.T., M.Si., Ph.D**  
NIP. 197709112001121006

**Inderalaya, Maret 2022**  
**Pembimbing I**



**Gusti Diansyah, S.Pi., M.Sc**  
NIP. 19810805200501102

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Ilmu Kelautan**



**Dr. Rizwan, S.Pi., M.Sc**

NIP. 197905212008011009



## RINGKASAN

*Sediment microbial fuel cell* (SMFC) adalah suatu teknologi yang dapat mengubah energi kimia menjadi sumber energi listrik melalui tahapan proses metabolisme mikroba yang berasal dari sedimen. SMFC sendiri merupakan suatu perkembangan konsep dari MFC. SMFC memiliki konsep yang hampir sama dengan MFC tetapi proses SMFC memanfaatkan mikroorganisme yang berada pada sedimen dalam pendegradasian bahan organik.

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan September-Oktober 2021. Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada dua stasiun di Pulau Payung, Sumatera Selatan. SMFC dan analisis sampel telah dilakukan di Laboratorium Oseanografi dan Instrumentasi Kelautan Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Sedimen yang telah dikeluarkan dari lemari pendingin ditimbang sebanyak 500 gram dan dimasukkan kedalam wadah toples berisi air 400 ml. Proses perangkaian SMFC menggunakan resistor berukuran 560 ohm yang nantinya dihubungkan dengan multimeter untuk mengecek jumlah tegangan yang dihasilkan rangkaian SMFC. Elektroda yang akan digunakan berupa elektroda Zn, Cu dan grafit. Luas elektroda Zn dan Cu yang digunakan adalah  $0.0004 \text{ m}^2$  dan grafit ialah  $0,00156 \text{ m}^2$ .

Analisis yang digunakan pada penelitian ini menggunakan analisis data statistika. Uji yang digunakan adalah uji homogenitas, friedman test (*two way anova*) dan uji *independent t-test* yang dilakukan melalui *software* SPSS. Uji statistika ini berguna untuk mengetahui tingkat keefektifan masing-masing elektroda dan perbedaan potensi pada dua stasiun.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *current density* pada masing-masing sampel pada stasiun 1 dan 2 bernilai 11.904 -647.321 dan 10.42-388.39 mA/M<sup>2</sup> untuk elektroda Cu, Elektroda Zn 3.05 - 212.149 dan 4.96 - 219.78 mA/M<sup>2</sup>. Elektroda grafit 3.05 - 212.149 dan 4.96 - 219.78 mA/M<sup>2</sup>. Potensi SMFC pada stasiun 1 memiliki nilai 158.9979 mA/M<sup>2</sup> dan stasiun 2 143.5955 mA/M<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan urutan elektroda yang optimal adalah Cu, Zn dan terakhir grafit. Stasiun 1 memiliki potensi yang lebih besar dibandingkan stasiun 2 dalam menghasilkan energi listrik.

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Alhamdulillah, terima kasih kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat yang telah memberikan karunia kesehatan, kecerdasan, kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini hingga selesai. Skripsi ini saya persembahkan untuk :

Ibu Sukarni

1. Hai mak, satu-satunya anak cowok mamak udah jadi sarjanah alhamdulillah ini semua berkat doa mamak yang selalu mendoakan, semoga gelar ini bisa membawa harum nama keluarga dan bisa menjadi anak yang mamak banggakan. Maaf yaa mak kalau brian suka buat marah.
2. Adek Sipa  
Hallo pa, makasih yaa pa selalu bantuin .Maaf kalau aku suka minta tolong kau terus yaa sampe kau marah hehe. semoga kau lancar kuliahnya dan bisa sampai sarjanah jugaa yaaa. Semangat kuliah harus jadi orang sukses.
3. Yuk Anggi dan Yuk Tia  
Hi yuk Anggi, yuk Tia, Makasih Yuk atas bantuan finansial dan nasihatnya sampe aku selesai kuliah kek gini. Semoga kedua ayuk aku ini kerjaannya lancar dan keluarganya masing-masing tetap harmonis
4. **Gusti Diansyah, S.Pi., M.Sc dan T. Zia Ulqodry, S.T., M.Si., Ph.D.**  
Terimakasih saya ucapkan kepada bapak pembimbing yang telah membantu saya dalam menyelesaikan skripsi. Terimakasih sekali lagi pak karena selalu memberi semangat, masukan dan peduli terhadap mahasiswa.
5. Terimakasih kepada Bapak/.Ibu penguji **Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si** dan **Rezi Apri, S.Si.,M.Si** selaku dosen penguji yang telah

memberikan arahan, saran serta masukan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.

6. Salsyabilah Ramadani

Hallo sasa/onyet, terimakasih telah menjadi bagian penting baik dalam pengerjaan skripsi ataupun dalam kehidupan sehari-hari. Kamu termasuk salah satu orang yang selalu memberi semangat dalam keadaan apapun hingga skripsi ini dapat selesai. Kamu juga biasa jadi tempat bertanya dan mengeluh dalam kegiatan kuliah ini. Semoga brian kamu bisa mencapai target hidup yang udah kamu rencanain. Semangat mencari kerjanya semoga diberikan yang terbaik.

7. Phorcys 2018

Terimakasih atas suka dan duka bersama angkatan 2018. Semua rekan-rekan selalu membantu dan memberikan support satu sama lain. Banyak kenangan yang telah dibuat bersama tangis, tawa dan canda yang selalu ada selama 3 tahun terakhir. Praktikum bersama, selalu deadline ngerjain laporan dan lain sebagainya. Semoga rekan-rekan angkatan 2018 bisa sukses bersama dan tercapai semua yang diinginkan.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmat dan Hidayah-Nya sehingga saya dapat membuat skripsi “**Pengaruh Elektroda Yang Berbeda (Zn, Cu, Grafit) Terhadap Potensi Listrik Pada *Sediment Microbial Fuel Cell (Smfc) Di Pulau Payung, Sumatera Selatan***”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan dan meraih gelar sarjana di Universitas Sriwijaya. Saya ucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu saya dalam pengerjaan skripsi ini, terkhusus kepada Bapak Gusti Diansyah, S.Pi.,M.Sc dan Bapak T. Zia Ulqodry, S.T., M.Si., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah bersedia membimbing saya sehingga proses pembuatan skripsi ini berjalan dengan baik.

Sebagai penulis saya sangat menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan baik dalam penulisan dan penyusunan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar dapat dijadikan sebagai pengalaman dan pengetahuan di masa mendatang. Semoga kedepan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan menjadi motivasi para mahasiswa Ilmu Kelautan untuk dapat melakukan penelitian lebih lanjut.

Indralaya, April 2022

Brian Tegar Pratama S.  
NIM. 08051281823046

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Energi .....	6
2.1.1 Energi Listrik Konvensional .....	6
2.1.1 Energi Listrik Non Konvensional.....	6
2.2 Sedimen.....	9
2.3 Microbial Fuel Cell (MFC).....	10
2.4 Sediment Microbial Fuel Cell (SMFC).....	11
2.5 Elektroda Grafit.....	12
2.6 Elektroda Cu.....	13
2.7 Elektroda Zn.....	14
<b>III METODOLOGI</b> .....	<b>16</b>
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	16
3.2 Alat dan Bahan .....	17
3.2.1 Alat .....	17
3.2.2 Bahan.....	18
3.3 Prosedur Penelitian .....	18
3.3.1 Pengambilan Sampel Sedimen .....	19
3.3.2 Preparasi Sampel .....	19
3.3.3 Pembuatan Rangkaian <i>Sediment Microbial Fuel Cell</i> (SMFC).....	20
3.4 Analisis Sampel di Laboratorium .....	21
3.4.1 Pengukuran Arus Listrik, Tegangan dan <i>Current Density SMFC</i> .....	21



3.4.2	Uji Homogenitas .....	22
3.4.3	Uji Statistik Anova Two Way .....	22
3.4.3	Uji Perbandingan <i>Independent T-Test</i> .....	23
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>25</b>
4.1	Gambaran Lokasi Penelitian .....	25
4.2	Pengukuran Potensi Listrik SMFC .....	26
4.3	Penentuan Elektroda .....	38
4.4	Perbandingan Hasil Energi Listrik Stasiun A dan B .....	41
<b>V KESIMPULAN .....</b>		<b>45</b>
5.1	Kesimpulan .....	45
5.2	Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>46</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>55</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat yang digunakan di Lapangan .....	17
Tabel 2. Alat yang digunakan untuk perancangan SMFC .....	17
Tabel 3. Alat yang digunakan di Laboratorium .....	17
Tabel 4. Bahan yang digunakan pada penelitian.....	18
Tabel 5. Tabel Hasil Data SMFC .....	27
Tabel 6. Perbandingan Penelitian di Berbagai Daerah.....	37
Tabel 7. Hasil Uji Homogenitas.....	38
Tabel 8. Hasil Friedman test .....	39
Tabel 9. Urutan Elektroda Optimal.....	40
Tabel 10. Perbandingan Rata-Rata <i>Current Density</i> .....	41
Tabel 11. Data Survei Lapangan dan Pengolahan Citra .....	42
Tabel 12. Hasil Uji <i>Independent T-Test</i> .....	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian.....	4
Gambar 2. Skema Prinsip Kerja MFC .....	11
Gambar 3. Skema Prinsip Kerja SMFC .....	12
Gambar 4. Rangkaian Hibrid SMFC.....	15
Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian .....	16
Gambar 6. Skema Penelitian .....	18
Gambar 7. Peta Titik <i>Sampling</i> .....	19
Gambar 8. Skema Pasangan Elektroda .....	20
Gambar 9. Rangkaian SMFC .....	21
Gambar 10. Kondisi Stasiun .....	25
Gambar 11. Proses Pengukuran SMFC.....	25
Gambar 12. Grafik Tegangan SMFC .....	29
Gambar 13. Grafik Kuat Arus SMFC .....	29
Gambar 14. Grafik <i>Current Density</i> SMFC.....	29
Gambar 15. Grafik Perbandingan Rata-Rata <i>Current Density</i> .....	44

# I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki jumlah populasi penduduk yang sangat besar. Hal tersebut mengakibatkan peningkatan tingkat ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang semakin lama stok ketersediaan di alam semakin menipis. Strategi yang digunakan pemerintah menurut Jumarni (2018) dengan melakukan kegiatan pencarian energi alternatif bahari yang memiliki tingkat efektivitas tinggi terutama energi listrik. Energi listrik salah satu energi yang sangat fungsional (Edem dan Mativenga, 2016). Selain itu, energi alternatif juga digunakan di berbagai kegiatan dan kehidupan manusia terutama dalam hal penerangan (Wiryawan *et al.* 2014).

Pulau Payung terletak di Muara Sungai Musi dan hampir keseluruhan pulaunya merupakan wilayah mangrove. Menurut Sitorus (2018) Pulau Payung memiliki karakteristik perairan yang sangat berbeda dengan kebanyakan pulau lainnya, dikarenakan pengaruh dua massa air yang berbeda yaitu massa air tawar dan massa air laut. Berdasarkan pengamatan dari Lyuta *et al.* (2017) hal istimewa lain dari Pulau Payung adalah posisinya yang berada di tengah Muara Sungai Musi menjadikan pulau ini sebagai perangkap beban masukan bahan-bahan organik. Hal tersebut menjadikan perairan serta sedimen pulau ini berpotensi memiliki kandungan bahan-bahan organik yang diperlukan untuk pemanfaatan teknologi *Sediment Microbial Fuel Cell* (SMFC).

SMFC merupakan suatu perkembangan konsep dari pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) dengan konsep penanaman anoda pada sedimen anoksik dan katoda yang berada di kolom perairan (Song dan Jiang, 2018). SMFC ini termasuk energi terbarukan dan sangat efektif dalam pengaplikasiannya (Kondoh, 2000). Selain itu, SMFC termasuk energi sumberdaya alternatif untuk digunakan sebagai pemantau jarak jauh (Donovan *et al.* 2008). Proses penghasilan energi listrik SMFC dengan cara mengubah bahan organik yang ada di dalam sedimen dengan bantuan bakteri (Riyanto *et al.* 2011). Bakteri yang biasa dimanfaatkan dalam penguraian bahan organik menjadi listrik dilakukan oleh mikroba *elektrogenik*, seperti *Geobacter* Sp. (Safitri *et al.* 2020).

Pemilihan sedimen mangrove menjadikan pemanfaatan SMFC menjadi lebih efisien. Hal ini sesuai dengan penelitian Patrick dan Delaune (1977) dalam Pujiono *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa sedimen mangrove sangat cocok sebagai habitat dari *decomposer*, sehingga proses dekomposisi di sedimen mangrove menjadi sangat baik. Dekomposer yang dimaksud adalah bakteri yang menjadi dasar dari penghasil sumber listrik pada rangkaian SMFC. Merujuk penelitian Salvin *et al.* (2014) keberadaan energi alternatif di sedimen mangrove tropis dapat menggunakan sel elektrokimia. Merujuk penelitian yang dilakukan Yahya *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa bakteri memiliki peranan penting dalam menguraikan serasah daun mangrove.

Anoda berperan sebagai sumber elektron yang berasal dari oksidasi dan katoda berperan sebagai pengoksidasinya (Wiryawan *et al.* 2014). Merujuk dari Kim *et al.* (2009) pemilihan dan perakitan konfigurasi dari kedua elektroda yang tepat berperan sangat penting dalam menghasilkan daya hantar listrik yang optimal pada teknologi SMFC. Selain itu, penentuan luas elektroda harus diperhatikan karena menurut penelitian dari Satriadi *et al.* (2016) semakin besar luas penampang elektroda maka kemampuan elektroda tersebut menyimpan muatan listrik juga akan meningkat.

Pemilihan elektroda Cu dikarenakan harga yang ekonomis serta memiliki daya hantar listrik yang cukup baik. Hasanah *et al.* (2020) juga mengatakan bahwa Cu memiliki sifat konduktivitas yang cukup baik dibandingkan aluminium dan besi. Pemilihan Zn sebagai elektroda didasari oleh kemampuan daya hantar listrik yang jauh diatas aluminium sehingga tegangan keluarannya menjadi lebih tinggi.

Menurut Saputra *et al.* (2019) kandungan Zn yang tinggi menyebabkan mudahnya terjadi reaksi dengan ion klorida dalam perairan, sehingga aliran elektronnya meningkat. Kemudian, menurut Artadi *et al.* (2007) pemilihan grafit sebagai elektroda disebabkan karena harganya yang murah dan jumlah yang melimpah dan memiliki sifat mekanis yang menyerupai unsur logam. Hal itu mendasari penelitian kali ini untuk mencari kombinasi elektroda (Zn, Cu dan grafit) yang efektif untuk mengoptimalkan potensi teknologi SMFC.



## 1.2 Rumusan Masalah

Pengkonsumsian energi di Indonesia yang semakin besar terutama dalam pemanfaatan energi listrik baik itu dalam skala rumah tangga maupun skala industri. Hal ini mengharuskan pengembangan energi alternatif dengan memanfaatkan keadaan alam di sekitarnya secara maksimal. Sehingga pada penelitian kali ini dilakukan pengkajian tentang potensi sedimen sebagai sumber energi listrik terbarukan.

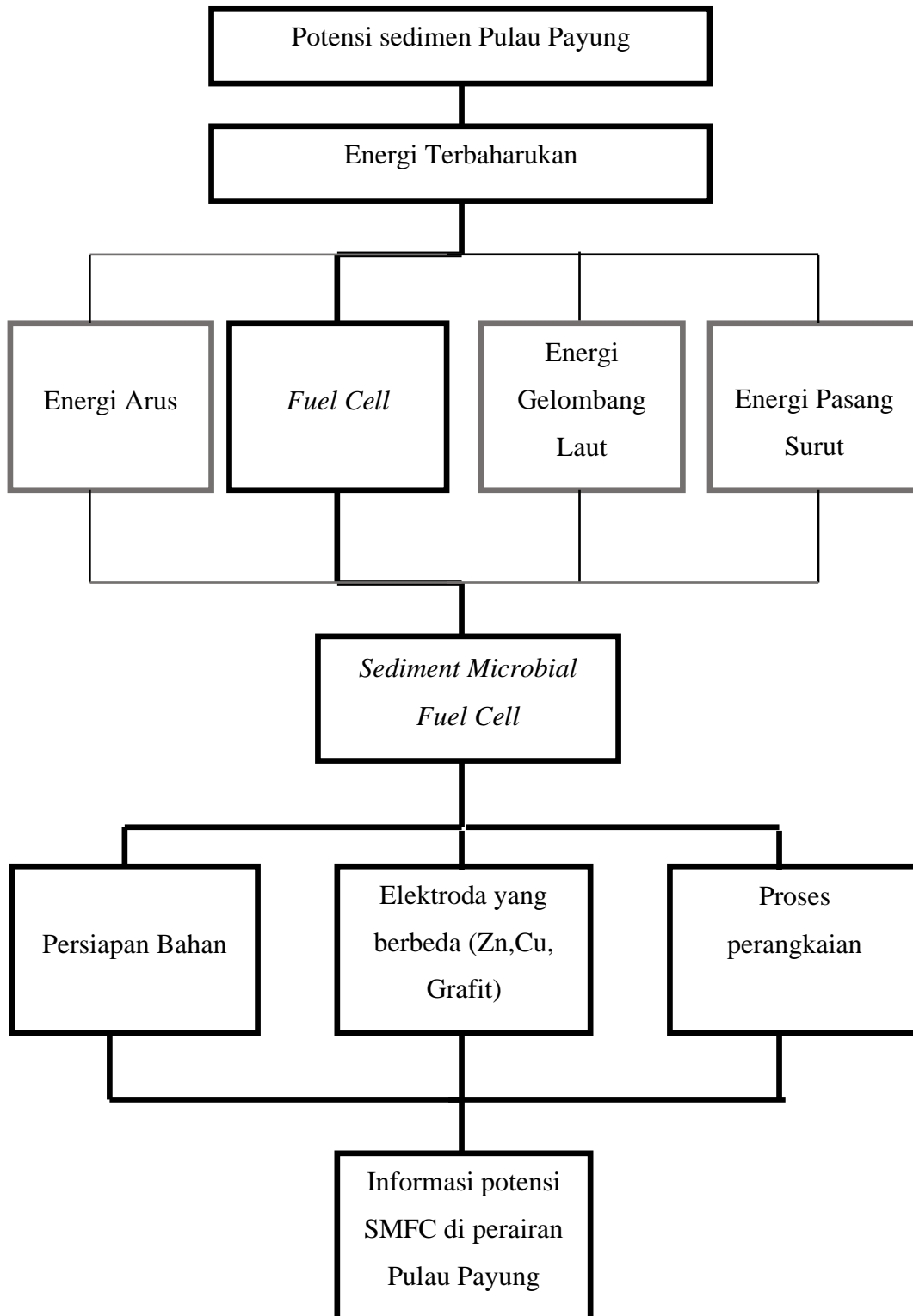
Pulau Payung mempunyai banyak jenis pohon mangrove, serta memiliki pengaruh besar terhadap tingginya kadar bahan organik di perairan dan sedimen Pulau Payung dikarenakan jatuhnya serasah mangrove (Tyas *et al.* 2018). Menurut Feri *et al.* (2015) rata-rata mangrove menghasilkan bahan organik dari serasah sebesar 0.56 g/m<sup>2</sup>. Bahan organik tersebut yang akan menjadi bahan bagi bakteri untuk menguraikan menjadi energi listrik. Merujuk pada penelitian yang dilakukan Karim *et al.* (2019) di Pulau Payung bahwa serasah daun mangrove dari jenis *Avicennia* menghasilkan nilai produksi serasah sebesar 5.65 Gbb/m<sup>2</sup>/hari dan 3.75 Gbb/m<sup>2</sup>/hari.

Sumber energi alternatif seperti *Sediment Microbial Fuel Cell* (SMFC) dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk menghasilkan energi listrik. Hal itu didasari oleh beberapa kelebihan seperti teknologi SMFC memiliki biaya yang relatif lebih rendah dan juga ramah lingkungan. Penelitian tentang SMFC telah dilakukan sebelumnya oleh Rambe (2019) yang menggunakan satu elektroda yang belum tentu optimal. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan elektroda dengan performa yang lebih optimal dibandingkan penelitian sebelumnya.

Berdasarkan uraian diatas yang mendasari penelitian ini, maka didapatkan beberapa rumusan masalah, yaitu:

1. Bagaimana potensi sedimen di Pulau Payung jika dimanfaatkan sebagai *sediment microbial fuel cell* ?
2. Elektroda apa yang dapat mengeluarkan potensi dari *Sediment Microbial Fuel Cell* (SMFC) dengan lebih baik ?
3. Bagaimana potensi SMFC antar stasiun di Pulau Payung?

Kerangka pikir yang digunakan dalam penelitian dapat digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini dapat dilihat pada poin-poin dibawah

1. Merancang rangkaian SMFC sebagai pemanfaatan sedimen sebagai sumber energi listrik terbarukan
2. Mengkaji potensi energi listrik dari sedimen Pulau Payung
3. Mengkaji elektroda yang efektif dalam mengoptimalkan energi listrik yang dihasilkan dari teknologi SMFC

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi tentang perancangan alat dari teknologi *Sediment Microbial Fuel Cell* (SMFC) secara lebih optimal dengan menggunakan elektroda yang berbeda dan mengetahui potensi listrik dari sedimen Pulau Payung sebagai energi listrik alternatif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amaliah, R. (2017). Hasil Belajar Biologi Materi Sistem Gerak Dengan Menerapkan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Rotating Trio Exchange (RTE) Pada Siswa Kelas XI SMAN 4 Bantimurung. *Dinamika* Vol. 8 (1), 11-17
- Akbar TN, Kirom MR, Iskandar RF. 2017. Analisis pengaruh material logam sebagai elektroda microbial fuel cell terhadap produksi energi listrik. *eProceedings of Engineering* Vol. 4 (2) : 2123-2138
- Afin AP dan Kiono BFT. 2021. Potensi Energi Batubara serta pemanfaatan dan teknologinya di Indonesia Tahun 2020–2050: gasifikasi batubara. *Energi Baru dan Terbarukan* Vol. 2 (2) : 144-122
- Afriyani A, Fauziyah F, Mazidah M, Wijayanti. 2017. Keanekaragaman vegetasi mangrove di pulau payung sungsang banyuasin sumatera selatan. *Lahan Suboptimal* Vol. 6 (2) : 113-119.
- Amaliah, R. (2017). Hasil Belajar Biologi Materi Sistem Gerak Dengan Menerapkan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Rotating Trio Exchange (RTE) Pada Siswa Kelas XI SMAN 4 Bantimurung. *Dinamika* Vol. 8 (1), 11-17
- Andriansah R. 2020. Analisis kondisi mangrove berdasarkan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan tutupan kanopi menggunakan citra sentinel-2 di Pulau Payung, Muara Sungai Musi, Banyuasin, Sumatera Selatan [Skripsi]. Indralaya : Universitas Sriwijaya
- Anggraeni CKD, Iskandar RF, Kirom MR. 2020. Analisis pengaruh luas penampang elektroda terdistribusi terhadap karakteristik arus dan tegangan pada sel tunam mikroba. *eProceedings of Engineering* Vol. 7 (2) : 4282-4291
- Ardi SB. 2020. Pemanfatan Sistem Microbial Fuel Cell (Mfc) menggunakan Bakteri *Lactobacillus Plantarum* dengan Substrat Batang Sagu (Metroxylon) [dissertation], Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Artadi A, Sudaryo S, Aryadi A. 2007. Penggunaan grafit batu baterai sebagai alternatif elektroda spektrografi emisi. *Forum Nuklir* Vol. 1 (2) : 105-120
- Arsana IPAB, Jampel IN, Kusmariyatni N. 2017. Pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe stad berbantuan peta konsep terhadap hasil belajar siswa pada mata pelajaran ips kelas iv di Sd Gugus X Kecamatan Buleleng tahun pelajaran 2016/2017. *MIMBAR PGSD Undiksha* Vol. 5 (2) : 26-29
- Basu S. 2007. *Fuel cell science and technology*. New Delhi, India : Anamaya Publishers

- Besperi B. 2011. Pengaruh mangrove terhadap sedimentasi. *Teknik sipil* Vol. 3 (1) : 33-38
- Boogs S. 2009. *Mineralogy petrology and volcanology, sedimentology and stratigraphy, earth and environmental sciences*. Cambridge University Press
- Chae KJ, Choi M, Ajayi F F, Park W, Chang IS, Kim IS. 2008. Mass transport through a proton exchange membrane (Nafion) in microbial fuel cells. *Energy & Fuels*, 22(1), 169-176
- Chadhuri SK dan Lovley DR. 2003. Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cells. *Nature biotechnology* Vol. 21 (10) : 1229-1232.
- Claire D, Alfonso M, Damien F, Regine B, Lue E, Alain B. 2007. Marine microbial fuel cell : use of stainless steel electrodes as anode and cathode materials. *Recent progress en genie des procedes* No. (94)
- Djarmiko W. (2017). Prototipe resistansi meter digital. *Prosiding Semnastek*.
- Donovan C, Dewan A, Heo D, Beyenal H. 2008. Batteryless, wireless sensor powered by a sediment microbial fuel cell. *Journal of Environmental science & technology* Vol. 42 (22), 8591-8596
- Edem IF dan Mativenga PT. 2016. Impact of feed axis on electrical energy demand in mechanical machining processes. *Journal of Cleaner Production* Vol. 137 : 230-240
- Faradiba. 2020. *Penggunaan aplikasi SPSS untuk analisis statistika*. Jakarta : Universitas Kristen Indonesia
- Feri A, Avif B, Slamet BY. 2015. Produksi dan laju dekomposisi serasah mangrove (*Rhizopora* Sp.) di Desa Duruan dan Desa Batu Menyan Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran. *Syilfa lestari* Vol. 3 (1) : 9-20
- Folkowski PG dan Raven AJ. 1997. *Aquatic Photosynthesis*. New York : Blacwell Sciense-USA
- Fux C dan Siegrist H. 2004. Nitrogen removal from sludge digester liquids by nitrification/denitrification or partial nitritation/anammox: environmental and economical considerations. *Water Science and Technology* Vol. 50 (10): 19–26
- Garnett PJ dan Treagust DF. 1992. Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electrochemical (galvanic) and



- electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching* Vol. 29 (10) : 1079-1099.
- Hasanah M, Saktisahdan TJ, Rahmadsyah. 2020. Penggunaan plat cu sebagai elektroda untuk proses elektrokoagulasi pada air sungai template jurnal penelitian seminar nasional. Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu Universitas Asahan IV Vol. 4 : 919-926
- Hayati DN, Nuryanto R, Suyati L. 2015. Effect of series circuit on the lactose bioelectricity of a microbial fuel cell system using *Lactobacillus bulgaricus*. *Sains dan matematika* Vol. 23 (3) : 84-89
- Hermawan R, Syafila M. 2017. Pengaruh plat grafit dan tembaga terhadap kinerja proses pengolahan limbah cair industri batik yang mengandung logam zn menggunakan metode elektrolisis. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol. 23(1) : 13-21
- Hermita N, Ningsih EP, Fatmawaty AA. 2017. Analisis proksimat dan asam oksalat pada pelepah daun talas beneng liar di kawasan Gunung Karang, Banten. *Agrosains* Vol. 2(2) : 95-104.
- Holmes DE, Bond DR, O'Neil RA, Reimers CE, Tender LM, Lovley DR. 2004. Microbial community associates with electrodes harvesting electricity from a variety of aquatic sediments. *Microbial Ecology* Vol.48 (2) : 178-190
- Hong SW, Choi YS, Chung TH, Song JH, Kim HS. 2009. Assessment of sediment remediation potential using microbial fuel cell technology. *Engineering and Technology* Vol. 54 : 683-689.
- Ibrahim B, Suptijah P, Adjani ZN. 2017. Kinerja microbial fuel cell penghasil biolistrik dengan perbedaan jenis elektroda pada limbah cair industri perikanan. *Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* Vol. 20 (2) : 296-304.
- Jumiarni D. 2018. Kultur mikroalga dari rawa gambut studi pendahuluan potensi mikroalga sebagai bahan baku biodiesel. *Biologi dan pembelajaran* Vol. 13 (1) : 47-57
- Karim MA, Purwiyanto AI, Agustriani F. 2019. Analisis laju produksi kandungan karbon (c) serasah daun mangrove di Pulau Payung Kabupaten Banyuasin. *Maspuri Journal* Vol. 11(1) : 1-8
- Kirana WA dan Sopian S. 2018. Degradasi Stillage dengan Menggunakan Teknologi Microbial Fuel Cells (MFCs) yang Memanfaatkan Lumpur Lapindo sebagai Culture Source dan Pengaruhnya pada Power Density yang Dihasilkan [Disertasi]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kothapalli AL. 2013. Sediment microbial fuel cell as sustainable power resource [Disertasi]. The University of Wisconsin-Milwaukee

- Kim JR, Premier GC, Hawkes FR, Dinsdale RM, Guwy AJ. 2009. Development of a tubular microbial fuel cell (MFC) employing a membrane electrode assembly cathode. *Power sources* Vol. 187 (2) : 393-399
- Kirana WA dan Sopian S. 2018. Degradasi Stillage dengan Menggunakan Teknologi Microbial Fuel Cells (MFCs) yang Memanfaatkan Lumpur Lapindo sebagai Culture Source dan Pengaruhnya pada Power Density yang Dihasilkan [Disertasi]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kondoh J, Ishii I, Yamaguchi H, Murata A, Otani K, Sakuta K, Kamimoto M. 2000. Electrical energy storage systems for energy networks. *Journal of Energy conversion and management* Vol. 41(17) : 1863-1874
- Krismono ASN dan Kartamihardja S. 1995. Status trofik Perairan Waduk Kedungombo, Jawa Tengah, Sebagai Dasar Pengelolaan Perikanannya. *Perikanan Indonesia* Vol. 1 (3) : 26-35
- Kumar R, Singh L, Zularisam AW. 2017. Microbial fuel cells: types and applications. *Springer international publishing AG 2017*
- Kundari NA dan Wiyuniati S. 2008. Tinjauan kesetimbangan adsorpsi tembaga dalam limbah pencuci pcb dengan zeolit. *Seminar nasional IV SDM teknologi nuklir: Yogyakarta*. Hal. 376
- Lestari FC. 2009. Uji Bredenkamp, Hildebrand, Kubinger dan Friedman. *Mat Stat* Vol. 9 (2) : 135-142
- Logan BE, Hamelers B, Rozendal R, Schroder U, Keller J, Freguia S, Aelterman P, Verstraete W, Rabaey K. 2006. Microbial fuel cells: methodology and technology. *Environmental Science and Technology* Vol. 40 : 5181-5192
- Lovley DR. 2006. Bug Juice : Harvesting electricity with microorganisms. *Nature reviews microbiology* Vol. 4 (7):497-508
- Lyusta AH, Agustriani F, Surbakti H. 2017. Analisis kandungan logam berat tembaga (cu) dan timbal (pb) pada sedimen di Pulau Payung Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. *Maspri*. Vol. 9 (1) : 17-24
- Liang P, Huang X, Fan MZ, Cao XX, Wang C. 2007. Composition and distribution of internal resistance in three types of microbial fuel cells. *Applied Microbiology and Biotechnology* Vol. 77 (3) : 551-558
- Liu H, Cheng S, Logan BE. 2005. Power generation in fed-batch microbial fuel cells as a function of ionic strength, temperature, and reactor configuration. *Environmental science & technology* Vol. 39 (14), 5488-5493

- Mahmudi M. 2010. Estimasi produksi ikan melalui nutrien serasah daun mangrove di kawasan reboisasi *Rhizophora*, Nguling, Pasuruan, Jawa Timur. *Marine Sciences* Vol. 15 (4) : 231-235
- Manalu AA. 2017. Kelimpahan mikroplastik di Teluk Jakarta [skripsi]. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Maier RM dan Pepper IL. 2015. *Bacterial growth*. In *Environmental microbiology* (pp. 37-56). Academic Press
- Mead R, Xu Y, Chong J, Jaffé R. 2005. Sediment and soil previous termorganic matter source assessment as revealed by the molecular distribution and carbon isotopic composition of n-alkanes. *Organic Geochemistry* Vol. 36 (3) : 363-370
- Morong JY. 2016. Rancang Bangun Kincir Air Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Talawaan. *Doctoral dissertation* : Politeknik Negeri Manado
- Muchlisin SI, Widyananto PA, Sabdono A, Radjasa OK. 2021. Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Ekosistem Terumbu di Taman Nasional Laut Karimunjawa. *Kelautan tropis* Vol. 24 (1) : 1-6
- Nuriadi N, Napitupulu M, Rahman N. 2013. Analisis logam tembaga (Cu) pada buangan limbah tromol (tailing) pertambangan Poboya. *Akademika Kimia* Vol. 2 (2) : 90-96
- Pamungkas, YP, Kirom MR, Salam RA. 2020. Sistem microbial fuel cell semi kontinyu. *eProceedings of Engineering* Vol. 7 (1) : 1375-1381
- Pancost RD, Boot CS. 2004. The palaeoclimatic utility of terrestrial biomarkers in marine sediments. *Marine Chemistry* Vol. 92 (1) : 239-261
- Parinduri L dan Parinduri T. 2020. Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Electrical technology* Vol. 5 (2) : 88-92.
- Perangin ES. 2018. Pepenentuan kandungan logam tembaga dan seng pada tanah berdasarkan posisi dan kedalaman tanah di lahan aplikasi kelapa sawit kawasan kebun rambutan [skripsi]. Medan : Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas, Sumatera Utara Medan
- Permatasari, A. (2019). Uji kinerja reaktor hidrotermal untuk pengolahan sampah organik menjadi bahan bakar biobriket. *Doctoral dissertation* : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Prasad J dan Ramesh KT. 2018. Scale up sediment microbial fuel cell for powering LED lighting. *Renewable energy development* Vol. 7 (1) : 53-58

- Priyatno dan Duwi. 2009. *5 Jam Belajar Olah Data dengan SPSS*. Yogyakarta: Elex Media Komputindo
- Pujiono WP, Niniek W, Churun A. 2016. Analisis C/N rasio dan total bakteri pada sedimen kawasan konservasi mangrove sempadan sungai betahwalang dan sungai jajar, Demak. Prosiding Seminar Nasional Tahunan V.
- Purwadi OT, Dyah IK, Astika ML. 2016. Analisis sedimentasi di sungai way besai. *Rekayasa* Vol. 20 (3) : 20-27
- Rambe HA. 2019. Pengaruh konsentrasi bahan organik (asam asetat) terhadap potensi listrik sedimen pulau payung provinsi sumatera selatan dengan menggunakan teknologi *sediment microbial fuel cell* (smfc) [Skripsi]. Palembang : Universitas Sriwijaya
- Rehiara AD. 2010. Desain pembangkit listrik tenaga kincir angin pada daerah pesisir pantai utara Kabupaten Manokwari. *Forum Teknik* Vol. 33 (1) : 55-59
- Rif'an M, Pramono SH, Shidiq M, Yuwono R, Suyono H, Suhartati F. 2012. Optimasi pemanfaatan energi listrik tenaga matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. *EECCIS* Vol. 6 (1) : 44-48
- Riyanto B, Mubarik NR, Idham F. 2011. Energi listrik dari sedimen laut Teluk Jakarta melalui teknologi microbial fuel cell. *Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* Vol. 14 (1) : 32-42
- Riyanto B, Mubarik NR, Idham F. 2011. Energi listrik dari sedimen laut Teluk Jakarta melalui teknologi *microbial fuel cell*. *Pengolahan hasil*. Vol. 14 (1) : 32-42
- Riza F, Bambang AN, Kismartini K. 2016. Tingkat pencemaran lingkungan perairan ditinjau dari aspek fisika, kimia dan logam di Pantai Kartini Jepara. *Indonesian Journal of Conservation* Vol. 4 (1) : 52-60
- Rochelle PA, Cragg BA, Fry JC, Parkes RJ, Weightman AJ. 1994. Effect of sample handling on estimation of bacterial diversity in marine sediments by 16S rRNA gene sequence analysis. *FEMS Microbiology Ecology* Vol. 15 (2) : 215-225
- Rohmah WS, Suryanti S, Muskananfola MR. 2016. Pengaruh kedalaman terhadap nilai produktivitas primer di Waduk Jatibarang Semarang. *Management of Aquatic Resources* Vol. 5 (3) : 150-156
- Safitri UN, Anggo AD, Fahmi AS. 2020. Kinerja sediment microbial fuel cell penghasil listrik dengan nutrisi limbah industri filet ikan. *Ilmu dan Teknologi perikanan* Vol. 2 (1) : 20-28

- Safitri UN, Anggo AD, Fahmi AS. 2020. Kinerja *sediment microbial fuel cell* penghasil listrik dengan nutrien limbah industri filet ikan. *Ilmu dan teknologi perairan* Vol. 2 (1) : 20-29
- Safitri VWM dan Rachmanto TA. 2020. Pengaruh jenis elektroda terhadap power density pada microbial fuel cell dengan penambahan granular activated carbon. *Ilmiah Teknik Lingkungan* Vol. 12 (2) : 1-9
- Sakinah NR. 2016. Efisiensi panel surya untuk catu daya lampu jalan pada dinas perhubungan komunikasi dan informatika Kota Palembang. *Doctoral dissertation* : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Salvin P, Ondel O, Roos C, Robert F. 2015. Energy harvest with mangrove benthic microbial fuel cells. *International Journal of Energy Research* Vol. 39 (4) : 543-556
- Saputra NH, Wisudo SH, Riyanto M, Susanto A. 2019. Penggunaan elektroda tembaga dan seng dengan elektrolit air laut untuk sumber energi lampu led-dip. *Teknologi perikanan dan kelautan* Vol. 10 (2) : 135-147
- Saravanan R, Arun A, Venkatamohan S. 2010. Membraneless dairy wastewater-sediment interface for bioelectricity generation employing sediment microbial fuel cell (SMFC). *African Journal of Microbiology Research* Vol. 4 (24) : 2640-2646
- Sari RD dan Hidayat C. 2017. *Studi Pemanfaatan Lumpur Sebagai Sumber Alternatif Energi Dengan Menggunakan Microbial Fuel Cells (Mfcs)*. *Doctoral dissertation* : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Satriady A, Alamsyah W, Saad AH, Hidayat S. 2016. Pengaruh luas elektroda terhadap karakteristik baterai Lifepo4. *Material dan energi Indonesia* Vol. 6 (2): 43-48.
- Septiningsih I , Kurniawan ID , Pratama MB. 2020. Peluang dan tantangan: pemanfaatan potensi tenaga nuklir berbasis smart electricity guna memaksimalkan penggunaan energi baru terbarukan sebagai upaya mewujudkan kedaulatan energi di Indonesia. *Prosiding seminar nasional riset teknologi terapan* : Universitas Sebelas Maret
- Silitonga AS dan Ibrahim H. 2020. *Energi Baru Dan Terbaruhkan*. Yogyakarta : Deepublish
- Setiawan F. 2017. Pembuatan prototype solar cell sederhana menggunakan bahan tembaga dengan media air laut. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine* Vol. 4 (1) : 5-14

- Sitorus E. 2018. Hubungan n-total dan c-organik sedimen dengan makrozoobentos di Pulau Payung Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan [skripsi]. FMIPA UNSRI : Palembang
- Song N dan Jiang HL. 2018. Effects of initial sediment properties on start-up times for sediment microbial fuel cells. *Hydrogen energy* Vol. 43 : 10082-10093
- Surinati D. 2007. Pasang Surut Dan Energinya. *Oseana* Vol. 32 (1) : 15-22
- Tyas DE, Widyorini N, Solichin A. 2018. Perbedaan jumlah bakteri dalam sedimen pada kawasan bermangrove di perairan Desa Bedono, Demak. *Maquares* Vol. 7 (2) : 189-196
- Utami L, Lazulva L, Fatisa Y. 2018. produksi energi listrik dari limbah kulit pisang (*Musa paradisiaca* L.) menggunakan teknologi microbial fuel cells dengan permanganat sebagai katolit. *al-Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan* Vol. 5 (2) : 62-67.
- Vionita NNT, Insafitri. 2020. Analisis proksimat daun dan propagul mangrove (*avicennia marina* dan *avicennia lanata*) di ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya. *Juvenil* Vol. 1(1) : 47-57
- Wachjoe CK, Zein H, Supriyanti Y, Gantina TM, Kurniasetiawati A, Marensaputri P. 2020. Pengurangan pencemaran udara berdasarkan konsep pelabuhan hijau. *Teknik energi elektrik, teknik telekomunikasi, teknik elektronika* Vol. 8 (2) : 252
- Widayana G. 2012. Pemanfaatan Energi Surya. *Pendidikan Teknologi dan Kejuruan* Vol. 9 (1) : 37-47
- Widianarko B dan Hantoro I. 2018. Mikroplastik dalam Seafood dari Pantai Utara Jawa. Semarang : Universitas Katolik Soegijapranata
- Widyorini N, Ain C. 2016. Analisis C/N rasio dan Total Bakteri pada Sedimen Kawasan Konservasi Mangrove Sempadan Sungai Betahwalang dan Sungai Jajar Demak.
- Wiryanawan BNAP, Mahendra INA, Kuntayoni NA, Dewanti AIA. 2014. Analisis potensi sedimen mangrove sebagai sumber energi listrik dengan menggunakan teknologi sediment microbial fuel cell (smfc). *Prosiding Seminar Nasional MIPA*
- Wulandari, S., Setiawan, A., & Dewi, T. U. (2019, December). Limbah Penghasil Energi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell . In *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology* Vol. 2 (1) :95-98

Yahya, Happy N, Yenny R, Soemarno. 2014. Karakteristik bakteri diperairan mangrove Pesisir Kraton Pasuruan. *Ilmu Kelautan* Vol. 19 (1) : 22-27

Yuskar Y dan Tiggi C. 2016. *Sedimentologi dasar*. UIN Press

Yuningsih HD, Anggoro S, Soedarsono P. 2014. Hubungan bahan organik dengan produktivitas perairan pada kawasan tutupan eceng gondok, perairan terbuka dan keramba jaring apung di Rawa Pening Kabupaten Semarang Jawa Tengah. *Management of Aquatic Resources* Vol. (1) : 37-43

Zabihallahpoor A, Rahimnejad M, Talebnia F. 2015. Sediment microbial fuel cells as a new source of renewable and sustainable energy: present status and future prospects. *RSC advances* Vol. 5 (114) : 94171-94183

Zemaitis MR, Foris LA, Lopez RA, Huecker MR. 2021. *Electrical injuries*. StatPearls

