

**PENGARUH JARAK ELEKTRODA TERHADAP ARUS LISTRIK  
PADA *SEDIMENT MICROBIAL FUEL CELL* (SMFC) DI PERAIRAN  
SUNGAI KONG, SUMATERA SELATAN**

**SKRIPSI**

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



Oleh :

**RAKHEL MARGARETA SITOANG**  
**08051382025098**

**JURUSAN ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS MATEMATIKA ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDRALAYA  
2024**

**PENGARUH JARAK ELEKTRODA TERHADAP ARUS LISTRIK PADA  
*SEDIMENT MICROBIAL FUEL CELL (SMFC)* DI PERAIRAN SUNGAI  
KONG, SUMATERA SELATAN**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**RAKHEL MARGARETA SITOANG**

**08051382025098**

**JURUSAN ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS MATEMATIKA ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDRALAYA  
2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH JARAK ELEKTRODA TERHADAP ARUS LISTRIK PADA  
SEDIMENT MICROBIAL FUEL CELL (SMFC) DI PERAIRAN SUNGAI  
KONG, SUMATERA SELATAN**

**SKRIPSI**

*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana di  
Bidang Ilmu Kelautan*

Oleh :

**RAKHEL MARGARETA SITOANG**

**08051382025098**

Indralaya,

Juni 2024

Pembimbing II

Gusti Dian Syah, S.Pi., M.Sc  
NIP. 198108052005011002

Pembimbing I

Tengku Zia Ulgodrv, ST, M.Si., Ph.D.  
NIP. 197709112001121006

Mengetahui,

Ketua Jurusan Ilmu Kelautan

Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc  
NIP. 197905212008011009

Tanggal Pengesahan :

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Rakhel Margareta Sitohang

NIM : 08051382025098

Jurusan : Ilmu Kelautan

Judul Skripsi : Pengaruh Jarak Elektroda Terhadap Arus Listrik Pada *Sediment Microbial Fuel Cell* (SMFC) Di Perairan Sungai Kong, 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 : T. Zia Ulqodry, ST., M.Si., Ph.D  
NIP. 197709112001121006



( )

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



( )

Anggota : Dr. Heron Surbakti, S.Pi., M.Si  
NIP. 197703202001121002



( )

Anggota : Prof. Dr. Fauziyah, S.Pi  
NIP. 197512312001122003



( )

Ditetapkan di : Inderalaya

Tanggal : Juni 2024

## **PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Dengan ini saya Rakhel Margareta Sitohang, NIM. 08051382025098 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 2024



Rakhel Margareta Sitohang

NIM. 08051382025098

**PERYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Rakhel Margareta Sitohang  
NIM : 08051382025098  
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 Jarak Elektroda Terhadap Arus Listrik Pada *Sediment Microbial Fuel Cell* (SMFC) Di Perairan Sungai Kong, 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 2024



Rakhel Margareta Sitohang  
NIM. 08051382025098

## ABSTRAK

**Rakhel Margareta Sitohang, 08051382025098. Pengaruh Jarak Elektroda Terhadap Arus Listrik Pada *Sediment Microbial Fuel Cell* (Smfc) Di Perairan Sungai Kong, Sumatera Selatan.**


**(Pembimbing : Tengku Zia Ulqodry, Ph.D dan Gusti Diansyah, S.Pi., M.Sc)**

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 mengkaji pengaruh jarak elektroda optimal yang digunakan pada SMFC dan mengkaji potensi energi listrik optimal berdasarkan jarak elektroda pada SMFC di Sungai Kong, Sumatera Selatan. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Juli-Agustus 2023. Pengambilan sampel dilakukan di Sungai Kong, Sumatera Selatan. Kegiatan penelitian meliputi perangkaian SMFC menggunakan jarak elektroda yang berbeda (2, 4, 6, 8 cm), pengukuran tegangan listrik dari masing-masing rangkaian dan pengkonversian tegangan listrik menjadi *current density*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *current density* pada jarak 2 cm bernilai 224,48 – 739,30 mA/m<sup>2</sup>, jarak 4 cm bernilai 223,44 - 854,59 mA/m<sup>2</sup>, jarak 6 cm bernilai 220,75 – 783,77 mA/m<sup>2</sup> dan jarak 8 cm bernilai 245,05 – 724,88 mA/m<sup>2</sup>. Potensi SMFC terbesar berada pada jarak 8 cm dengan rata-rata 434,56 mA/m<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa jarak elektroda yang optimal adalah jarak 8 cm yang memiliki potensi lebih besar dibandingkan dengan jarak lainya dalam menghasilkan energi listrik.

**Kata kunci : Energi Listrik, Jarak Elektroda, SMFC, Sungai Kong**

**Pembimbing II**

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

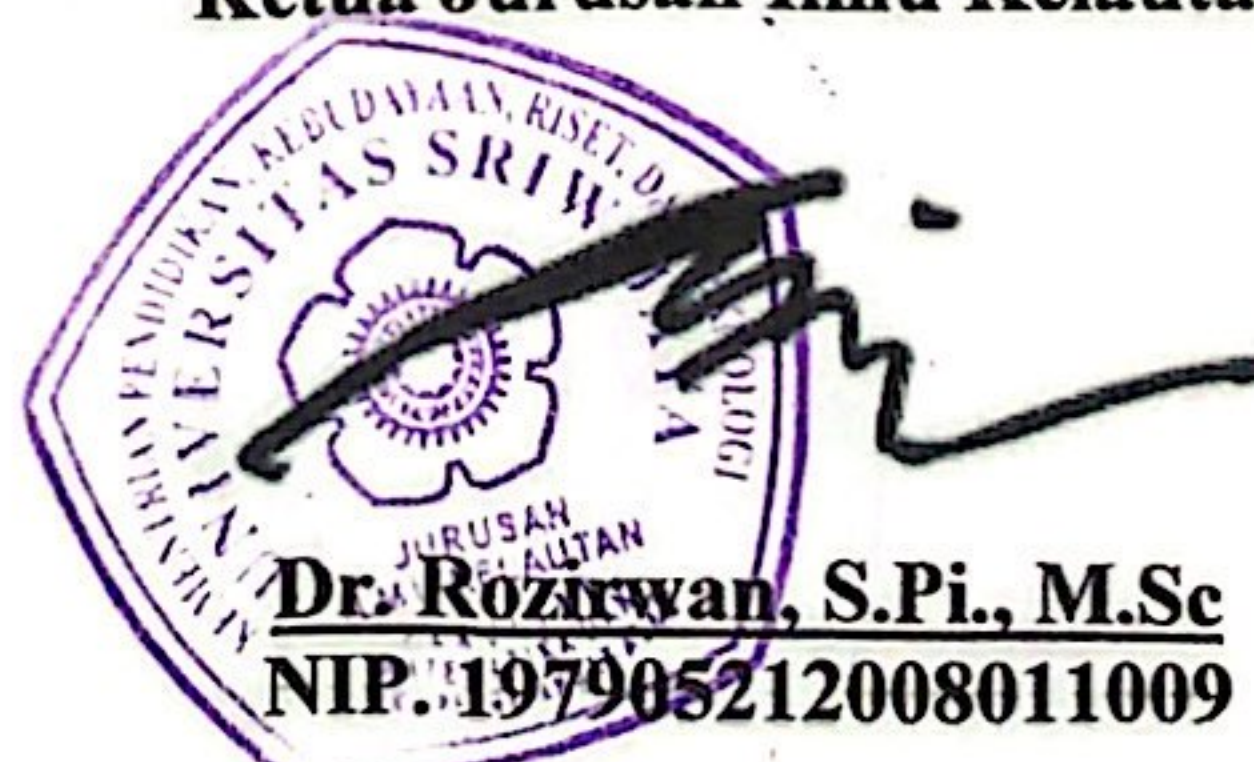


**Indralaya, Juni 2024**  
**Pembimbing I**

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



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



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

## ABSTRACT

**Rakhel Margareta Sitohang, 08051382025098. The Effect Of Electrode Distance On Electric Current In Sediment Microbial Fuel Cell (SMFC) In Kong River, South Sumatra.**

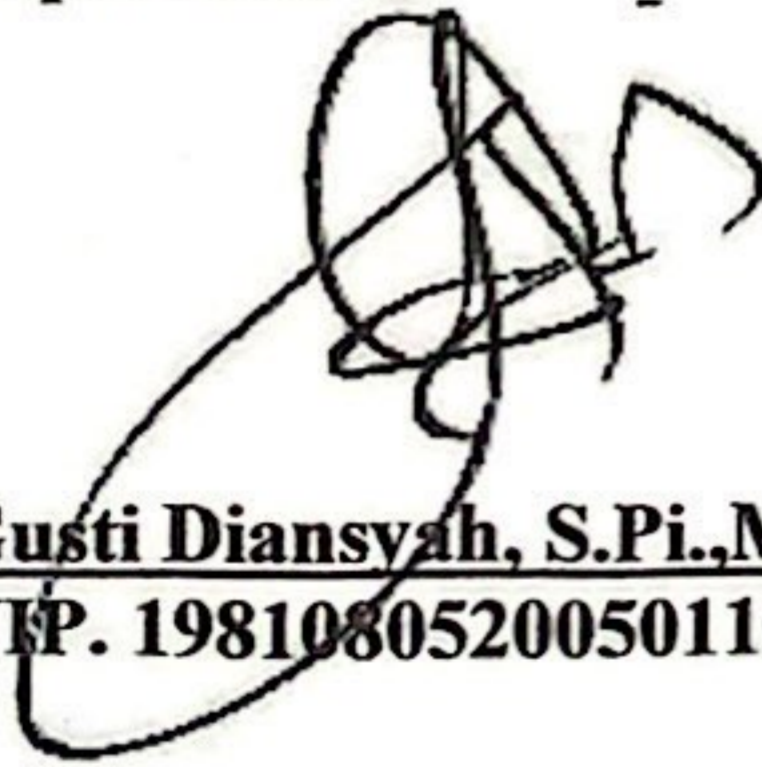
**(Supervisors : Tengku Zia Ulqodry, Ph.D and Gusti Diansyah, S.Pi., M.Sc)**

SMFC is a development of the concept of utilizing Microbial Fuel Cell (MFC) with the concept of planting anodes in anoxic sediments and cathodes in the water column. This experimental research aims to examine the effect of the optimal electrode distance used in SMFC and assess the optimal electrical energy potential based on electrode distance in SMFC in Kong River, South Sumatra. The research was conducted in July-August 2023. Sampling was conducted in Sungai Kong, South Sumatra. Research activities include SMFC circuit using different electrode spacing (2, 4, 6, 8 cm), measuring the voltage of each circuit and converting the voltage into current density. The results showed that the current density at a distance of 2 cm was 224.48 - 739.30 mA/m<sup>2</sup>, a distance of 4 cm was 223.44 - 854.59 mA/m<sup>2</sup>, a distance of 6 cm was 220.75 - 783.77 mA/m<sup>2</sup> and a distance of 8 cm was 245.05 - 724.88 mA/m<sup>2</sup>. The largest SMFC potential is at a distance of 8 cm with an average of 434.56 mA/m<sup>2</sup>. Based on the results of the study it can be concluded that the optimal electrode distance is a distance of 8 cm which has greater potential than other distances in generating electrical energy.

**Keywords : Electrical Energy, Electrode Distance, Kong River, SMFC**

**Supervisor II**

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

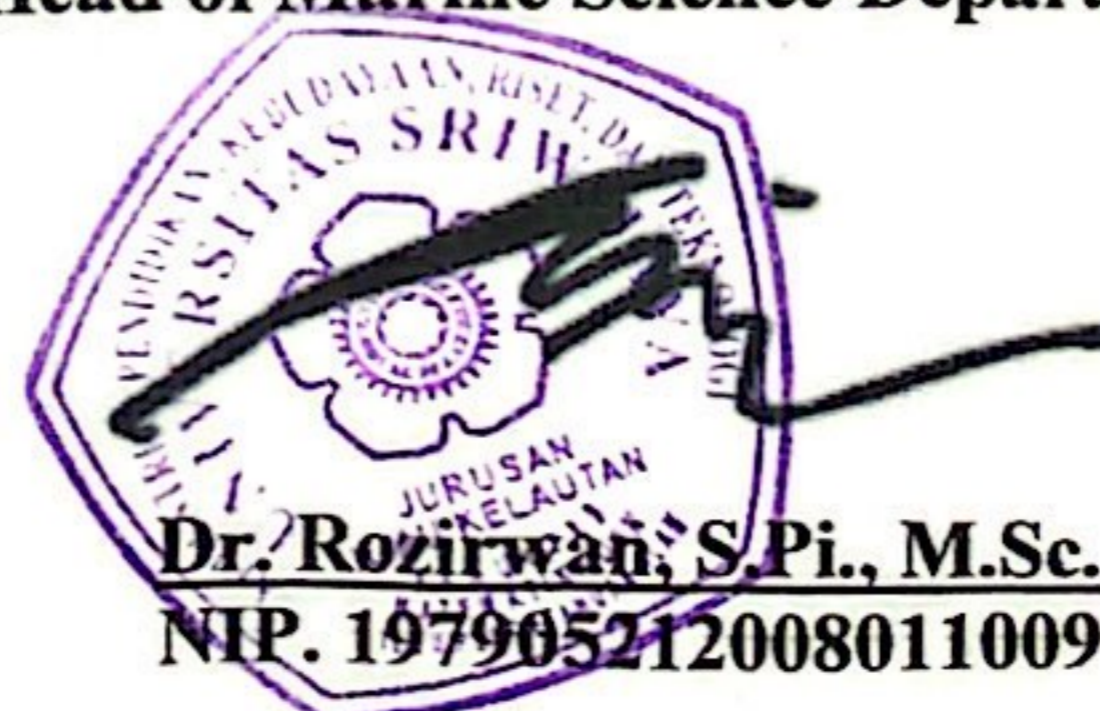


**Indralaya, May 2024**  
**Supervisor I**

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



**Head of Marine Science Department**



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



## RINGKASAN

**Rakhel Margareta Sitohang, 08051382025098. Pengaruh Jarak Elektroda Terhadap Arus Listrik Pada *Sediment Microbial Fuel Cell* (Smfc) Di Perairan Sungai Kong, Sumatera Selatan.**

**(Pembimbing: Tengku Zia Ulqodry, Ph.D dan Gusti Diansyah, S.Pi., M.Sc)**

*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. Salah satu faktor yang dapat meningkatkan performa penggunaan arus listrik MFC adalah perubahan jarak antar elektroda dengan konfigurasi yang lebih maju. Jarak yang berbeda antara elektroda dapat memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja dan efisiensi sel bahan bakar mikroba serta dapat menentukan besarnya resistansi internal pada sistem MFC.

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Juli-Agustus 2023. Pengambilan sampel sedimen dilakukan di Sungai Kong, 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 didapatkan 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. Jarak Elektroda yang digunakan berupa jarak 2 cm, 4 cm, 6 cm, dan 8 cm. Pembuatan rangkaian SMFC dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Luas elektroda grafit yang digunakan adalah 0.001727 m<sup>2</sup>.

Analisis yang digunakan pada penelitian ini menggunakan analisis data statistika. Uji yang digunakan adalah uji normalitas, homogenitas, *anova one way* dan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT) yang dilakukan melalui *software* SPSS. Uji statistika ini berguna untuk mengetahui tingkat keefektifan masing-masing jarak elektroda dan mengetahui perbedaan potensi pada keempat jarak elektroda.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *current density* pada jarak 2 cm bernilai 224,48 – 739,30 mA/m<sup>2</sup>, jarak 4 cm bernilai 223,44 - 854,59 mA/m<sup>2</sup>, jarak 6 cm bernilai 220,75 – 783,77 mA/m<sup>2</sup> dan jarak 8 cm bernilai 245,05 – 724,88 mA/m<sup>2</sup>. Potensi SMFC terbesar berada pada jarak 8 cm dengan rata-rata 434,56 mA/m<sup>2</sup>. Kumulatif tertinggi perhitungan listrik berada pada jarak 8 cm mencapai 66.923 mA/m<sup>2</sup> dalam waktu kurun seminggu. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan urutan jarak elektroda yang optimal adalah 8 cm, 6 cm, 4 cm dan terakhir 2 cm. Jarak 8 cm memiliki potensi yang lebih besar dibandingkan dengan jarak lainya dalam menghasilkan energi listrik.

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji dan Syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus atas berkat-Nya, penulis dapat menghadapi serangkaian proses hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Jarak Elektroda pada Arus Listrik Terhadap *Sediment Microbial Fuel Cell* (SMFC) di Perairan Sungai Kong, Sumatera Selatan”**. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana S1 di Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Adapun dalam proses penyelesaian skripsi ini, banyak sekali pihak yang telah berkontribusi sehingga penulis sangat berterima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu dan selalu mendukung demi kelancaran penyelesaian skripsi ini. Atas seluruh rasa cinta, kasih sayang serta air mata Bahagia, penulis mengucapkan rasa syukur dan terima kasih kepada :

1. Orang Tua saya yang sangat saya cintai, Bapak **Pinanti Sitohang** dan Ibu **Mastina Simarmata** yang selalu memberikan penuh dukungan dan cinta kasih kepada saya. Terimakasih banyak untuk semua bantuan, dukungan, rasa sayang, rasa aman, tempat pulang, dan terutama semua kebutuhan finansial yang membuat saya hidup cukup dan merasa tenang di perantauan ini. Terimakasih untuk segala hal yang tidak dapat dibalaskan. Terimakasih banyak untuk tetap selalu tersenyum dan tertawa disaat bertukar kabar. Terimakasih banyak telah mengorbankan banyak hal agar anakmu dapat meraih cita-citanya. Semoga senantiasa diberikan umur yang panjang dan kesehatan agar dapat melihat anak-anaknya sukses di kemudian hari.
2. Ketiga Saudaraku, Kakak **Ruth Sitohang**, Abang **Jody Sitohang** dan Pudan **Jonathan Sitohang**, Terimakasih banyak untuk semua dukungan, rasa perhatian, cinta kasih dan bantuan dari awal perkuliahan hingga tamat. Terimakasih telah menjadi tempat cerita disaat yang lain tidak mengizinkan. Terimakasih untuk selalu memberikan senyuman dan candaan disaat bertukar kabar. Semoga senantiasa diberi panjang umur, kesehatan dan semoga kita selalu tetap akrab dan sukses dikemudian hari agar dapat menjadi kebanggaan kedua orangtua kita.

3. **Bapak T. Zia Ulqodry, ST., M.Si., Ph.D**, selaku dosen pembimbing 1, Saya ucapkan terimakasih banyak atas segala kemurahan hati dan kesabaran hati Bapak selama membimbing saya menjadi mahasiswa bimbingan Bapak. Terimakasih banyak Pak untuk segala ilmu yang diberikan, waktu, tenaga, semangat serta dukungan yang diberikan dalam membimbing saya. Terimakasih banyak pak untuk mau menerima saya dan melancarkan perskripsian tim Maspari dan Sungai Kong 2020. Semoga Bapak senantiasa selalu diberikan kesehatan, panjang umur dan rezeki yang berlimpah.
4. **Bapak Gusti Diansyah, S.Pi., M.Sc**, selaku pembimbing 2, Saya ucapkan terimakasih banyak atas kemurahan hati dan kesabaran hati Bapak selama membimbing saya menjadi mahasiswa bimbingan Bapak. Terimakasih banyak Pak untuk segala ilmu yang diberikan, waktu, tenaga, semangat serta dukungan yang diberikan dalam membimbing saya. Bapak juga sebagai kepala Laboratorium Oseanografi yang telah banyak memberi ilmu dan membimbing saya menjadi asisten laboratorium. Semoga Bapak senantiasa selalu diberikan kesehatan, panjang umur dan rezeki yang berlimpah
5. **Bapak Dr. Heron Surbakti, S.Pi., M.Si** dan **Prof. Dr. Fauziyah S.Pi** selaku dosen penguji skripsi saya yang telah memberikan banyak ilmu, saran, dan motivasi yang membangun, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi saya dengan baik. Semoga Bapak dan Prof senantiasa selalu diberikan kesehatan, panjang umur dan rezeki yang berlimpah.
6. **Seluruh Dosen Jurusan Ilmu Kelautan**, Terimakasih banyak kepada Bapak dan Ibu Dosen yang telah mendidik saya selama 4 tahun perkuliahan dan memberikan banyak ilmu yang berlimpah. Semoga ilmu yang diberikan dapat bermanfaat selalu. Semoga Bapak dan Ibu dosen diberikan kesehatan dan sukses selalu dalam pekerjaan serta selalu dan lindungan-Nya.
7. **Babe Marsai** : Admin Kelautan, Unsri. Terimakasih banyak bee untuk segala bantuannya dan terimakasih be sudah mau direpotkan. Terimakasih banyak babe selalu menganggap saya seperti anak babe, selalu mendoakan anak-anaknya yang terbaik dan selalu mendengarkan keluh kesah anaknya. Semoga babe selalu selalu senantiasa diberikan kesehatan, panjang umur dan rezeki yang berlimpah.

8. **Tim Riset Maspari 2020**, Terimakasih banyak kepada **Bang Muhtadi, Julio, Mimi, dan Annetya** sebagai rekan satu tim penelitian saya. Terimakasih sudah bisa bertahan selama 4 hari di hiruk pikuk Penelitian Pulau Maspari, mulai dari tidak adanya sinyal, tidak ada lampu, kekurangan makanan, air minum yang seadanya dan ditengah tingginya ombak hingga kapal yang tidak bisa menyala dan akhirnya menambah satu hari lagi di Pulau lalu pulang keesokan harinya. Terimakasih sudah memberikan banyak pengalaman berkesan didalam hidup saya seperti melihat bintang jatuh beberapa kali dan Terimakasih telah membantu saya mengambil sampel penelitian huhuhu. Terimakasih juga kepada Tim Sungai Kong : **Annisa, Clara, Nunik, Yunus dan Osama** yang sudah kebersamai penelitian ini dari awal hingga selesai.
9. **Tim Kerja Praktek BMKG LAMPUNG : Aini dan Feni**, Terimakasih banyak untuk 30 hari bersama-sama di Lampung. Terimakasih banyak sudah mau saling membantu dan bekerja sama dengan baik dari awal sampai akhir. Terimakasih banyak untuk semua kenangan yang tidak dapat dilupakan dan untuk BMKG Lampung, Terimakasih banyak ilmu yang diberikan pada saat melakukan kerja praktek.
10. **Fav Person : Christofer Sepnorap Sitompul**, Terimakasih banyak sudah menjadi penyemangat dan penguat kapanpun dimanapun hehe. Terimakasih sudah mau membantu banyak hal dari awal proses penelitian hingga akhir. Terimakasih sudah mau direpotkan mulai dari menemani mengambil sampel ulang, membantu merakit rangkaian sampai tangannya luka-luka karena panas 😞, membantu menemani ke lab setiap hari untuk mengukur setiap jam dan banyak hal lainnya yang tidak dapat diungkapkan. Terimakasih sudah selalu mendukung segala hal. Semoga kita bisa sukses bersama dikemudian hari. God Bless You <3!
11. **Liburan Cihuy : Annetya, Annisa, Clara, Mimi dan Nunik**. Terimakasih gais untuk semua bantuan yang diberikan dari awal proses perskripsian hingga sekarang. Terimakasih banyak sudah menemani banyak hal terutama disaat hektik nya urusan tugas akhir hingga akhirnya selesai. Terimakasih buat waktu, rasa perhatian yang telah kalian berikan. Terimakasih juga buat

semua kenangan-kenangan kita selama di Palembang. Semoga kita bisa berjumpa lagi dan sukses selalu buat kita.

12. **Laboratorium Oseanografi : Aini, Feni, Refrison, Julio, Ria, Baradelia, Nanda, Fadhila, Dior, Risma, Ganda, Indry, M Ammar, Ine, Juan, Adelia, Kharis, Elisabet.** Terimakasih banyak untuk kerja samanya selama kurang lebih 2 tahun menjadi asisten. Terimakasih buat kerja kerasnya untuk menyukseskan jalannya Lab kesayangan kita. Semoga sehat selalu dan sukses selalu Tim Lab Ose!
13. **Agung 2020 aka TERKUAT DI BUMI : Anggiat, Febrin, Elisabeth, Natal, Wendy, Lena, Elma, Bella, Kristin, Elyana, Tessia, Dani, Zhoen, Beben, Euriko, Silvia, Kharisma, Jejep, Raymond, Ivan.** Terimakasih banyak we sudah menemani dari awal meletakkan kaki ke indralaya pertama kalinya diperkenalkan dengan 20 saudara/ saudari ku. Terimakasih untuk semua bantuan yang kalian berikan. Terimakasih untuk semua kenangan-kenangan indah yang sudah kita ciptakan. Terimakasih banyak untuk semua canda, tawa, perhatian, kasih sayang, suka duka selama ini. Terimakasih telah menjadi keluarga di perantauan ini. Semoga kita bisa selalu kuat hingga tembus kuatnya ke planet lain biar ga di bumi aja kuatnya. Semoga sukses selalu dan bisa berjumpa lagi membuat banyak kenangan indah di kota dan negara lain. Sarangeo gaiss
14. **Wacana Forever : Hafiza, Tery, Elfrans.** Teman- teman SMA ku yang membuat banyak kenangan indah disaat kuliah masih online. Kalian salah satu alasan kenapa aku tidak mau offline kuliah hehe. Terimakasih gais buat dukungan dan bantuannya selama ini. Semoga kita sukses selalu dan bisa party lagi kapanpun dimanapun hehe.
15. **Pollux 2020,** Terimakasih kepada semua teman perkuliahan mahasiswa Ilmu Kelautan Angkatan 2020 atas segala bantuan dan dukungan selama berkuliah di Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Sriwijaya. Sukses selalu dan sehat selalu untuk semua teman-teman Pollux 2020.
16. Teruntuk Diriku Sendiri, **Rakhel Margareta Sitohang,** Proud of You!. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah di mulai. Terimakasih untuk selalu mau

mengendalikan diri dari berbagai tekanan di luar keadaan dan tidak menyerah sesulit apapun proses ini serta selalu menikmati setiap proses yang tidak mudah. Berbanggalah, karena ini merupakan suatu pencapaian yang patut dibanggakan bagi diri sendiri. *Thankyou For all these hard work!*

“Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apapun juga,  
tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah  
dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur”

**(Filipi 4 : 6)**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat-Nya sehingga saya dapat membuat skripsi “**Pengaruh Jarak Elektroda pada Arus Listrik Terhadap *Sediment Microbial Fuel Cell (SMFC)* di Perairan Sungai Kong, 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 T. Zia Ulqodry, S.T., M.Si., Ph.D dan Bapak Gusti Diansyah, S.Pi.,M.Sc 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 melakukan penelitian lebih lanjut.

Indralaya, Juni 2024



Rakhel Margareta Sitohang

NIM. 08051382025098

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>I PENDAHULUAN .....</b>	<b>18</b>
1.1 Latar Belakang.....	18
1.2 Rumusan Masalah.....	20
1.3 Tujuan Penelitian .....	21
1.4 Manfaat Penelitian .....	21
<b>II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>23</b>
2.1 Sumber Energi Listrik.....	23
2.1.1 Energi Listrik Konvensional .....	23
2.2.1 Energi Listrik Non Konvensional .....	23
2.2 <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC) .....	26
2.3 <i>Sediment Microbial Fuel Cell</i> (SMFC).....	27
2.4 Sedimen.....	28
2.5 Penelitian Potensi Teknologi SMFC.....	29
<b>III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	30
3.2 Alat dan Bahan .....	31
3.3 Prosedur Penelitian .....	31
3.3.1 Pengambilan Sampel Sedimen .....	32
3.3.2 Preparasi Sampel.....	32
3.3.3 Pembuatan Rangkaian SMFC .....	32
3.4 Analisis Sampel di Laboratorium .....	34
3.4.1 Pengukuran Tegangan, Perhitungan Arus Listrik dan <i>Current density</i> 34	
3.5 Uji Statistika .....	35
3.5.1 Uji Normalitas .....	35
3.5.2 Uji Homogenitas .....	35
3.5.3 Uji Anova <i>One way</i> .....	36
3.5.4 Uji Perbandingan Beda Nyata Terkecil (BNT).....	36
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>38</b>
4.1 Gambaran Lokasi Penelitian.....	38
4.2 Pengukuran dan Perhitungan Potensi Listrik SMFC.....	39
4.3 Penentuan Jarak Elektroda.....	47
4.4 Perbandingan Jarak Elektroda .....	49
<b>V KESIMPULAN.....</b>	<b>52</b>
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran .....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>59</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel.....</b>	<b>Halaman</b>
1. Alat dan bahan yang digunakan di Lapangan .....	31
2. Alat dan bahan yang digunakan di Laboratorium .....	31
3. Hasil Data Pengukuran dan Perhitungan SMFC .....	40
4. Perbandingan Penelitian di Berbagai Daerah.....	46
5. Hasil Uji Normalitas .....	48
6. Hasil Uji Homogenitas .....	48
7. Hasil Uji Anova One way .....	48
8. Hasil Uji Lanjut BNT.....	49

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar .....</b>	<b>Halaman</b>
1. Kerangka Pikir Penelitian .....	22
2. Skema prinsip kerja MFC .....	27
3. Skema prinsip kerja SMFC .....	28
4. Peta Lokasi Penelitian .....	30
5. Skema Penelitian .....	31
6. Elektroda Grafit.....	33
7. Skema Pemasangan Jarak Elektroda .....	33
8. Rangkaian SMFC .....	34
9. Kondisi Lokasi Penelitian .....	38
10. Pengukuran SMFC dan Rangkaian SMFC .....	39
11. Grafik Tegangan SMFC Sungai Kong, Sumatera Selatan .....	41
12. Grafik Kuat Arus SMFC Sungai Kong, Sumatera Selatan .....	42
13. Grafik Current density SMFC Sungai Kong, Sumatera Selatan .....	43
14. Kumulatif Hasil SMFC .....	50

## I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ketersediaan energi listrik di Indonesia semakin menipis, adanya ketidakseimbangan jumlah energi listrik dengan jumlah permintaan yang semakin tinggi membuat harga energi listrik semakin meningkat. Melihat hal tersebut, dibutuhkan penemuan dan pengembangan energi terbarukan yaitu energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan dan jumlahnya tak terbatas. Ketidakseimbangan energi listrik memicu pada pengembangan energi alternatif baru. Menurut Kurniati *et al.* (2018), jenis energi terbarukan yang menjadi sumber energi di masa mendatang adalah *Fuel Cell*. Energi listrik merupakan salah satu energi alternatif penerangan fungsional dan energi paling praktis yang digunakan sebagai energi penerangan (Wiryawan *et al.* 2014).

Penemuan jenis energi terbarukan yang dapat menjadi sumber energi di masa depan adalah *Fuel Cell*. Teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC) mengubah penyimpanan energi kimia dalam bentuk campuran organik menjadi energi listrik yang menembus reaksi katalis oleh mikroorganisme (Wiryawan *et al.* 2014). Model dari MFC salah satunya adalah *Sediment Microbial Fuel Cell* (SMFC). SMFC merupakan suatu revolusi konsep dengan penanaman anoda pada sedimen anoksik dan katoda yang berada di kolom perairan (Song dan Jiang, 2018). Berdasarkan Firmansyah (2011), yang mengatakan secara mekanisme, SMFC menggunakan mikroorganisme pada sedimen untuk mendegradasi bahan organik dan menghasilkan elektron yang ditransfer ke anoda dan dialirkan ke katoda.

Dalam pemanfaatan SMFC yang efisien diperlukan sedimen mangrove untuk mendukung proses SMFC. Merujuk pada penelitian Patrick dan Delaune (1977) dalam Pujiono *et al.* (2016), yang menyatakan bahwa sedimen mangrove sangat cocok sebagai habitat dari *decomposer*, sehingga proses dekomposisi sedimen mangrove menjadi sangat baik. Dekomposer memainkan peran penting dalam siklus nutrisi dan penguraian organisme seperti bakteri dan fungi. Berdasarkan Riyanto *et al.* (2011), proses penghasilan energi listrik SMFC dengan cara mengubah bahan organik yang ada di dalam sedimen dengan bantuan bakteri dan dengan menggunakan jarak elektroda yang berbeda-beda.

Sungai Kong, Sumatera Selatan berada di Kecamatan Tulung Selapan, Kabupaten Ogan Komering Ilir. Tulung Selapan secara fisiografi merupakan daerah pesisir timur Sumatera Selatan yang memiliki daerah lahan basah dengan ketinggian di bawah 5 m dari atas permukaan laut (Intan, 2019). Berdasarkan Hardiansyah *et al.* (2019), lahan basah memiliki daerah dominan mangrove dengan keragaman jenis tumbuhannya. Daerah ini memiliki luas wilayah 4.853 km<sup>2</sup> dengan hamparan pohon mangrove di sepanjang perairan (Rahmadi, 2015). Dusun Sungai Kong, Sumatera Selatan berada di kawasan paling ujung Sumatera Selatan, dimana lokasi ini sangat sulit untuk mendapatkan aliran listrik dan sinyal *handphone*.

Faktor penyebab produksi arus listrik pada SMFC yang kurang maksimal adalah kehilangan aktivasi, konsentrasi, dan aktivitas ohmic (Moon *et al.* 2015). Penelitian MFC di masa depan berfokus untuk mengatasi faktor penghambat tersebut. Salah satu faktor yang dapat meningkatkan performa penggunaan arus listrik MFC adalah perubahan jarak antar elektroda dengan konfigurasi yang lebih maju (Ibrahim, 2017). Jarak yang berbeda pada elektroda menentukan besarnya *output* listrik pada MFC. Jarak yang berbeda antara elektroda dapat memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja dan efisiensi sel bahan bakar mikroba. Berdasarkan Helder *et al.* (2012), faktor jarak antara anoda dan katoda menentukan besarnya resistansi internal pada sistem MFC.

Anoda dan katoda merupakan dua elektroda utama yang berperan dalam menghasilkan listrik melalui interaksi mikroba dengan sedimen. Anoda merupakan tempat terjadinya reaksi oksidasi, sedangkan katoda merupakan tempat terjadinya reaksi reduksi (Widodo dan Ali, 2019). Berdasarkan penelitian Kim *et al.* (2009), mengatakan bahwa perakitan dan pemilihan dari konfigurasi kedua elektron yang efisien berperan sangat penting dalam menghasilkan daya hantar listrik yang optimal pada teknologi SMFC. Dengan adanya anoda dan katoda yang terhubung melalui sirkuit eksternal, aliran elektron dari anoda ke katoda melalui interaksi mikroba dalam sedimen menghasilkan arus listrik yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pemakaian energi di Indonesia yang semakin hari, semakin besar terutama dalam pemanfaatan energi listrik dalam skala rumah tangga maupun dalam skala industri (Rosadi dan Ammar, 2019). Energi listrik berperan penting dalam perkembangan ekonomi dan menjadi faktor utama dalam kesejahteraan masyarakat (Han *et al.* 2004). Hal ini mengharuskan pengembangan energi alternatif dengan memanfaatkan keadaan alam yang ada di sekitarnya secara maksimal. Salah satu alternatif yang dapat mengembangkan energi listrik yaitu dengan memanfaatkan proses kerja metabolisme bakteri pada *Sediment Microbial Fuel Cell* (SMFC).

Peningkatan performa penggunaan arus listrik MFC dengan melihat adanya perbedaan jarak antar elektroda dengan konfigurasi yang lebih maju (Ibrahim, 2017). Perbedaan jarak pada elektroda yang digunakan akan mempengaruhi produksi listrik. Menurut Malekmohammadi dan Mirbagheri (2021), pengukuran jarak elektroda lebih efektif digunakan untuk arus listrik dari pada pengukuran lainnya. Sehingga pada penelitian ini dilakukan pengkajian untuk menentukan tentang pengaruh jarak elektroda mana yang lebih efektif dengan performa yang lebih optimal untuk digunakan sebagai sumber energi listrik terbarukan.

Sumber energi alternatif seperti 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, dapat digunakan terus menerus dan juga ramah lingkungan. Mengingat pertumbuhan ekonomi dan populasi yang pesat mengakibatkan peningkatan permintaan energi listrik yang tinggi, namun pembangunan pembangkit listrik terkadang tidak dapat mengikuti laju pertumbuhan tersebut. Ketersediaan pasokan listrik yang kurang memadai dan masih cukup minim bagi masyarakat di pesisir Dusun Sungai Kong, Sumatera Selatan serta penyeluruhan SMFC yang belum banyak diteliti khususnya di Muara Sungai Kong, Sumatera Selatan dapat memperkuat pentingnya penelitian ini harus dilakukan.

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

1. Jarak elektroda yang efektif dalam mengeluarkan arus listrik dari *Sediment Microbial Fuel Cell* dengan lebih optimal ?

2. Bagaimana potensi energi listrik yang optimal berdasarkan jarak elektroda di Sungai Kong, Sumatera Selatan?
3. Bagaimana kumulatif dari pemanfaatan *Sediment Microbial Fuel Cell*?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

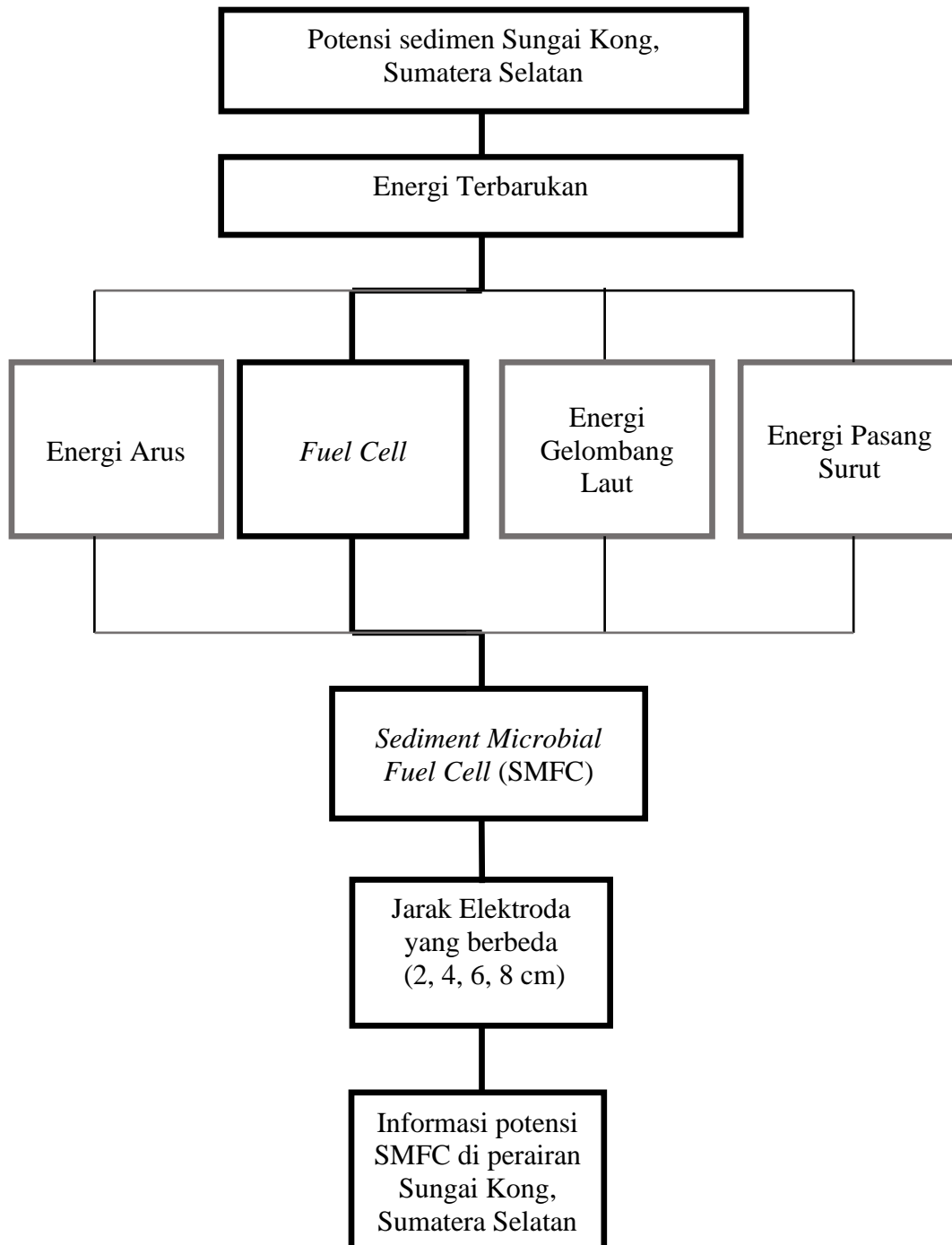
Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji jarak elektroda yang efektif dalam mengoptimalkan energi listrik yang dihasilkan dari teknologi SMFC
2. Mengkaji potensi energi listrik yang optimal berdasarkan jarak elektroda di Sungai Kong, Sumatera Selatan
3. Mengkaji kumulatif dari pemanfaatan *Sediment Microbial Fuel Cell*.

### **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 jarak elektroda yang berbeda-beda dan mengetahui potensi listrik dari sedimen Sungai Kong, Sumatera Selatan sebagai sumber energi listrik alternatif.

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



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

- : Ruang Lingkup Penelitian
- : Bukan Ruang Lingkup Penelitian

## DAFTAR PUSTAKA

- Ainun M, Suyati L. 2018. *Bioelectricity of various carbon sources on series circuit from Microbial Fuel Cell system using lactobacillus plantarum*. *Kimia Sains dan Aplikasi* Vol. 21 (2) : 70-74
- 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
- Alfian N. 2020. Rancang bangun *sediment battery* dengan metode *Sediment Microbial Fuel Cell* berbahan baku sedimen hutan bakau Margomulyo, Balikpapan [skripsi]. Kalimantan : Universitas Teknologi Kalimantan
- Anggraini F. 2016. Pemanfaatan energi angin pada sepeda motor bergerak untuk menyalakan lampu [skripsi]. Lampung : Universitas Lampung
- 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
- Boogs S. 2009. *Mineralogy petrology and volcanology. sedimentology and stratigraphy. earth and environmental sciences*. Cambridge University Press
- Bungsu TK, Vilardi M, Akbar P, Bernard M. 2019. Pengaruh kemandirian belajar terhadap hasil belajar matematika di smkn 1 Cihampelas. *Journal Of Education* Vol. 1 (2) : 382-289
- Chae KJ, Choi M, Ajayi FF, Park W, Chang IS, Kim IS. 2008. *Mass transport through a proton exchange membrane (Nafion) in microbial Fuel Cells*. *Energy And Fuels*. 22 (1) : 169-176
- Chair MY. 2020. Analisis konsentrasi nitrat dan fosfat di sedimen pada berbagai jenis mangrove di desa Bojo Kecamatan Mallusetasi, Kabupaten Baru [skripsi] Makassar : Universitas Hasanuddin
- Cheng S, Liu H, Logan BE. 2006. *Increased power generation in a continuous flow MFC with advective flow through the porous anode and reduced electrode spacing*. *Environmental Science and Technology* Vol. 40 (7) : 2426–2432
- 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*.
- Du Z, Li H, Gu T. 2007. *A state of the art review on microbial Fuel Cells: promising technology for wastewater treatment and bioenergy*. *Biotechnology Advances* Vol. (25) : 464-482



- Fadzli FS, Showkat AB, Rania EAM. 2021. *Microbial Fuel Cell: recent developments in organic substrate use and bacterial electrode interaction. Journal Of Chemistry* Vol. 8 (2) : 1-16
- Firmansyah Y. 2011. Degradasi bahan organik dan pemanfaatannya sebagai penghasil energi listrik pada sedimen tambak udang melalui *Sediment Microbial Fuel Cell* [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor : Bogor
- Han SY, Yoo SH, Kwak SJ, 2004. *The role of the four electric power sectors in the korean national economic. Energy Police Elsevier* Vol. 32 (13) : 1531-1543
- Hardiansyah, Noorhidayati, Mahrudin. 2019. Keanekaragaman vegetasi hutan mangrove sebagai bahan pengayaan mata kuliah ekologi lahan basah. *Wahana-Bio* Vol. 11 (1) : 21-31
- Hasriani, Said ML, Jafar AF. 2017. Penerapan media pembangkit listrik tenaga air (PLTA) terhadap keterampilan siswa. *Pendidikan Fisika* Vol. 5 (2) : 89-95
- Helder M, Strik D, Hamelers H, Buisman C. 2012. *The flat-plate plant microbial Fuel Cell: the effect of new design on internal Resistances. Biotechnology for Biofuels.* 5 (70)
- Hetharia M, Hernowo S, Irianto S, Wicaksono K. 2021. Pemanfaatan energi angin untuk menghasilkan listrik. *Voering* Vol. 6 (2) : 45-57
- 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, Chang IS, Choi YS, Chung TH. 2009. *Experimental evaluation of influential factors for electricity harvesting from sediment using microbial fuel cell. Bioresource Technology* Vol. 100 (12) : 3029–3035
- Ibrahim B, Suptijah P, Agung BS. 2017. Pengaruh jarak elektroda *Microbial Fuel Cell* pada limbah cair pemindangan ikan terhadap elektrisitas dan beban pencemaran. *JPHPI* Vol. 20 (3) : 559-567
- Ibrahim B, Suptijah P, Rosmalawati S. 2014. Kinerja rangkaian seri sistem *Microbial Fuel Cell* sebagai penghasil biolistrik dari limbah cair perikanan. *JPHPI* Vol. 17 (1) : 71-79
- Intan MFS. 2019. Simpang tiga abadi. kabupaten ogan komering ilir. provinsi sumatera selatan: jejak sungai lama di lahan basah. *Walennae* Vol. 17 (1) : 37-56
- Jannah M, Fajri, Siska D. 2019. Memperkenalkan energi terbarukan menggunakan panel surya bagi pelajar SMP It Bunayya Lhokseumawe guna menuju lingkungan mandiri energi. *Proseeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* Vol. 3 (1) : 32-35

- 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
- Kumar R, Singh L, Zularisam AW. 2017. *Microbial Fuel Cells: types and applications. Springer international publishing AG* 2017
- Kurniati E, Haji ATS, Permatasari CA. 2018. Pengaruh penambahan em4 dan jarak elektroda terhadap listrik yang dihasilkan mfc (air lindi). *Sumberdaya Alam dan Lingkungan* Vol. 3 (2) : 19-30
- Lakshmi K, Ananta. 2013. *Sediment microbial fuel cell as sustainable power resource. Milwaukee: University of Wisconsin.*
- Liu H, Cheng S, Logan BE. 2019. *Power generation in fed batch microbial fuel cells as a function of ionic strength, temperature, and reactor configuration. Environmental Science and Technology* Vol. 39 (14) : 5488–5493.
- 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
- Logan BE, Wallack MJ, Kim KY, He, Feng Y, Saikaly PE. 2015. *Assesment of Microbial Fuel Cell configurations and power densities. Environmental Science Technology Lett* Vol. 2 : 206-214
- Mahmudah RN. 2023. Rancang bangun sistem kontrol lampu otomatis menggunakan sensor pir (*passive infrared receiver*) pada toilet unimuda Sorong [skripsi] Sorong : Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong
- Malekmohammadi S, Mirbagheri SA. 2021. *A review of the operating parameters on the Microbial Fuel Cell for wastewater treatment and electricity generation. Water Science And Technology* Vol. 84 (6) : 1309-1323
- Martiningsih NG, Suryana IM, Nandar S. 2015. Analisa vegetasi hutan mangrove di taman hutan raya (tahura) Bali. *Agrimeta* Vol. 5 (9) : 1-69
- Mbulu MM, Pudja IA, Yulianti NL. 2019. Pemanfaatan air kelapa dan asam sitrat sebagai larutan peraga menggunakan teknik *holding* untuk memperpanjang masa kesegaran bunga potong krisa (*chrysanthemum indicum l.*) type spray. *Beta* Vol. 7 (1) : 159-166
- Moon JM, Kondaveeti S, HoLee T, ChaeSong Y, Min B. 2015. *Minimum interspatial electrode spacing to optimize air cathode Microbial Fuel Cell operation with a membrane electrode assembly. Bioelectrochemistry.* 106 B: 263-267
- Nasution ES, Suriadi, Azhar, 2022. Sistem analisis desain pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 50 wp. *Journal Of Engineering and Science* Vol. 1 (1) : 1-8

- Prasad J, Ramesh KT. 2018. *Scale up Sediment Microbial Fuel Cell for powering LED lighting. Renewable energy development* Vol. 7 (1) : 53-58
- Priyatno, 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.
- Punomo PW, Prijadi S, Mutia NP. 2013. Profil vertikal bahan organik dasar perairan dengan latar belakang pemanfaatan berbeda di rawa pening. *Management Of Aquatic Resources* Vol. 2 (3) : 27-36
- Putra A, Nuryanto R, Suyati L. 2014. *Lactose bioelectricity on a Microbial Fuel Cell system parallel circuit using lactobacillus bulgaricus. Sains dan Matematika* Vol. 22 (4) : 107-111
- Putra FA, Kirom MR, Iskandar RF. 2018. Analisis produksi energi listrik dari *Microbial Fuel Cell* dengan pengolahan limbah air. *Proceeding of Engineering* Vol. 5 (3) : 5610-5617
- Putranto AW, Sugiarto Y, Kusumarini N, Wiranti T, Normalasari L. 2018. Pengaruh pemberian pupuk urea dan jarak elektroda terhadap tegangan. listrik *plant Microbial Fuel Cell* Tanaman padi (*oryza sativa*). *Teknologi Pertanian* Vol. 19 (1) : 43-50
- Putri RM, Susila AB, Permana H. 2019. Pengembangan buku pengayaan pengetahuan tentang pembangkit listrik tenaga nuklir dilengkapi dengan *augmented reality* untuk siswa sma. *Seminar Nasional Fisika* Vol. 8 (12) : 37-44
- Rabaey K, Verstraete W. 2005. *Microbial Fuel Cells: novel biotechnology for energy generation. Trends in Biotechnology* Vol. 23 (6) : 291-298
- Rahmadi R. 2015. Merangkai pesisir timur Sumatera Selatan menjadi desa mandiri energi dan sentra udang windu. [Mongabay.co.id](https://www.mongabay.co.id), diakses pada 18 Januari 2024 dari <https://www.mongabay.co.id/2014/11/17/>
- Riyanto B, Mubarik NR, Idham F. 2011. Energi listrik dari sedimen laut Teluk Jakarta melalui teknologi *microbial Fuel Cell*. *Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* Vol. XIV (1) : 32-42
- 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
- Rosadi M, Amar SB. 2019. Faktor - faktor yang mempengaruhi konsumsi listrik di Indonesia. *Kajian Ekonomi dan Pembangunan* Vol. 1 (2) : 273-286

- Sari TA, Atmodjo W, Zuraida R. 2014. Studi bahan organik total (bot) sedimen dasar laut di Perairan Nabire, Teluk Cendrawasih, Papua. *Oceanografi* Vol. 3 (1) : 81-86
- Sajana TK, Ghangrekar MM, Mitra A. 2013. *Effect of presence of cellulose in the freshwater sediment on the performance of Sediment Microbial Fuel Cell*. *Bioresource Technology* Vol. 155 C : 84-90
- 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
- Silitonga AS, Ibrahim H. 2020. Energi baru dan terbarukan. Yogyakarta : *Deepublish*
- Sitanggung BT. 2022. Pengaruh elektroda yang berbeda (zn, cu, grafit) terhadap potensi listrik pada *Sediment Microbial Fuel Cell* (smfc) di Pulau Payung, Sumatera Selatan [skripsi]. Indralaya : Universitas Sriwijaya
- Sitorus B. 2010. Diversifikasi sumber energi terbarukan melalui penggunaan air buangan dalam sel elektrokimia berbasis mikroba. *Elkha* Vol. 2 (1) : 10-15
- Song N, Jiang HL. 2018. *Effects of initial sediment properties on start-up times for Sediment Microbial Fuel Cells*. *Hydrogen energy* Vol. 43 : 10082-10093
- Syafaati AD, Wulan DR, Nugraha I. 2019. Potensi perolehan energi listrik dalam proses pengolahan limbah tahu melalui *Microbial Fuel Cell* (mfc). *Ilmu Kimia dan Terapan* Vol. 3 (2) : 41- 50
- Syah AF. 2020. Penanaman mangrove sebagai upaya pencegahan abrasi di desa socah kabupaten bangkalan. *Ilmiah Pangabdhi* Vol. 6 (1) : 13-17
- Tumundo GX. 2022. Pengaturan hukum energi terbarukan dalam mewujudkan pengelolaan sumber daya alam berkelanjutan [skripsi] Yogyakarta : Universitas Atma Jaya
- Ulya M. 2011. Pemanfaatan limbah industri pertanian sebagai sumber bioetanol. *Prosiding Konferensi Nasional : IDEaTech*
- 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
- Widodo AA, Ali M. 2019. Biokonversi bahan organik pada limbah cair rumah pemotongan hewan menjadi energi listrik menggunakan *microbial Fuel Cell*. *Envirotek* Vol. 11 (2) : 30-37

- 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*
- Wu Q, Liu J, Li Q, Mo W, Wan R, Peng S. 2022. *Effect of electrode distances on remediation of eutrophic water and sediment by Sediment Microbial Fuel Cell coupled floating beds. Environmental Research and Public Health* Vol. 19 : 1-16
- Wulan A, Kirom MR, Rosdiana E. 2020. Analisis produksi energi listrik sistem *Sediment Microbial Fuel Cell* menggunakan limbah tetes tebu. *Prosiding Engineering* Vol. 7 (3).
- 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
- Zakaria AD. 2020. Harmonisasi pengaturan pemanfaatan energi panas bumi pada hutan konservasi. *Novum* Vol. 7 (3) : 122-134
- Zalukhu ES, Kirom MR, Qurthobi A. 2019. Produksi energi listrik dengan sistem *Microbial Fuel Cell* menggunakan substrat limbah tempe. *Proceeding of Engineering* Vol. 6 (1) : 125-12