

**OPTIMASI SUHU INKUBASI PADA FERMENTASI
KONSORSIUM TRIKULTUR BAKTERI TERMOFILIK DARI
SUMBER AIR PANAS MUDIAK SAPAN SEBAGAI
*MICROBIAL FUEL CELL (MFC)***



**MONIKA ARYENI FATWAH
NIM. 20032024/2020**

**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2024**

**OPTIMASI SUHU INKUBASI PADA FERMENTASI
KONSORSIUM TRIKULTUR BAKTERI TERMOFILIK DARI
SUMBER AIR PANAS MUDIAK SAPAN SEBAGAI
*MICROBIAL FUEL CELL (MFC)***

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar
Sarjana Sains*



**Oleh:
MONIKA ARYENI FATWAH
NIM. 20032024/2020**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2024**

PERSETUJUAN SKRIPSI

OPTIMASI SUHU INKUBASI PADA FERMENTASI KONSORSIUM
TRIKULTUR BAKTERI TERMOFILIK DARI SUMBER AIR PANAS
MUDIAK SAPAN SEBAGAI *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC)

Nama : Monika Aryei Fatwah
NIM/TM : 20032024/2020
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 30 Agustus 2024

Mengetahui
Kepala Departemen



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed
NIP. 197508152006042001

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Dr. Irdawati, M.Si
NIP. 197104302001122001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

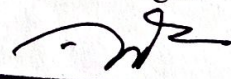


Nama : Monika Aryeni Fatwah
Nim/TM : 20032024/2020
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**OPTIMASI SUHU INKUBASI PADA FERMENTASI KONSORSIUM
TRIKULTUR BAKTERI TERMOFILIK DARI SUMBER AIR PANAS MUDIAK
SAPAN SEBAGAI *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC)**

Dinyatakan Lulus setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi
Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 30 Agustus 2024

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Irdawati, S.Si., M.Si	
2. Anggota	: Dezi Handayni, S.Si., M.Si	
3. Anggota	: Sandi Fransisco Pratama, S. Si, M. Sc	

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Monika Aryeni Fatwah

NIM : 20032024

Program Studi : Biologi

Departemen : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya dengan judul “Optimasi Suhu Inkubasi Pada Fermentasi Konsorsium Trikultur Bakteri Termofilik Dari Sumber Air Panas Mudiak Sapan Sebagai *Microbial Fuel Cell (MFC)*” adalah benar merupakan karya sendiri, bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 30 Agustus 2024

Diketahui oleh,

Kepala Departemen Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed.
NIP. 197508152006042001

Saya yang menyatakan,



Monika Aryeni Fatwah
NIM. 20032024

Optimasi Suhu Inkubasi Pada Fermentasi Konsorsium Trikultur Bakteri Termofilik Dari Sumber Air Panas Mudiak Sapan Sebagai *Microbial Fuel Cell* (MFC)

Monika Aryeni Fatwah

ABSTRAK

Energi listrik merupakan aspek penting dalam kehidupan sehari-hari karena mendukung berbagai aktivitas manusia, mulai dari kebutuhan rumah tangga, industri, hingga transportasi. Sumber daya untuk menghasilkan energi ini semakin berkurang, sehingga perlu perhatian serius dalam penggunaannya. Energi alternatif dapat dihasilkan melalui pemanfaatan sumber daya alam yang dapat diperbarui, seperti biomassa. Pembangkit energi listrik melalui *microbial fuel cell* (MFC) menjadi perhatian utama dalam menangani masalah keterbatasan sumber energi karena sifatnya yang lebih ramah lingkungan. Penggunaan teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC) dalam biofuel berfungsi sebagai sarana pengembangan dalam produksi energi listrik. Banyak faktor yang mempengaruhi hasil produksi energi listrik sebagai MFC, salah satunya yaitu suhu. Dari pernyataan tersebut, perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk melihat suhu inkubasi optimum untuk fermentasi konsorsium trikultur bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Mudiak Sapan sebagai *Microbial Fuel Cell*.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Menggunakan isolat konsorsium trikultur bakteri termofilik MS 12, MS 17, dan MS 18 yang diberi perlakuan suhu yang bervariasi yaitu 50°C, 55°C, 60°C, 65°C, 70°C dan 75°C. penelitian ini menggunakan MFC tipe *reactor dual chamber*, pada ruang anoda berisi bakteri dan medium TMM, sedangkan ruang katoda berisi akuades steril. Fermentasi bakteri dilakukan selama 24 jam, kemudian dilakukan pembacaan tegangan listrik setiap 2 jam sekali menggunakan alat multimeter digital dalam satuan mV.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu inkubasi optimum untuk fermentasi isolat konsorsium trikultur bakteri termofilik MS 12, MS 17, dan MS 18 sebagai MFC adalah suhu 70°C dengan energi listrik yang dihasilkan sebesar 1199 mV. Sedangkan pada suhu 75°C diperoleh energi listrik terendah yaitu sebesar 677 mV.

Kata kunci: Bakteri Termofilik, Energi Listrik, Konsorsium, MFC, Suhu

Optimization of Incubation Temperature in the Fermentation of the Triculture Consortium of Thermophilic Bacteria from Mudiak Sapan Hot Springs as a Microbial Fuel Cell (MFC)

Monika Aryeni Fatwah

ABSTRACT

Electrical energy is an important aspect in daily life because it supports various human activities, from household needs, industry, to transportation. Resources to produce this energy are decreasing, so serious attention is needed in its use. Alternative energy can be produced through the use of renewable natural resources, such as biomass. Generating electrical energy through microbial fuel cells (MFC) is a major concern in dealing with the problem of limited energy sources because it is more environmentally friendly. The use of Microbial Fuel Cell (MFC) technology in biofuel functions as a means of development in the production of electrical energy. Many factors influence the results of electrical energy production as MFC, one of which is temperature. From this statement, it is necessary to carry out research which aims to see the optimum incubation temperature for fermentation of a triculture consortium of thermophilic bacteria from the Mudiak Sapan Hot Springs as a Microbial Fuel Cell.

This research is a descriptive research. Using triculture consortium isolates of thermophilic bacteria MS 12, MS 17, and MS 18 which were treated at varying temperatures, namely 50°C, 55°C, 60°C 65°C, 70°C and 75°C. This research uses a dual chamber reactor type MFC, the anode chamber contains bacteria and TMM medium, while the cathode chamber contains sterile distilled water. Bacterial fermentation was carried out for 24 hours, then electrical voltage readings were taken every 2 hours using a digital multimeter in mV units.

The research results showed that the optimum incubation temperature for fermentation of thermophilic bacterial triculture consortium isolates MS 12, MS 17, and MS 18 as MFC was 70°C with the resulting electrical energy being 1199 mV. Meanwhile, at a temperature of 50°C, the lowest electrical energy was obtained, namely 677 mV.

Keywords: Thermophilic Bacteria, Electrical Energy, Consortium, MFC, Temperature

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya serta kesehatan sehingga dengan ridho-Nya penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi yang berjudul "Optmasi Suhu Inkubasi Pada Fermentasi Konsorsium Trikultur Bakteri Termofilik Dari Sumber Air Panas Mudik Sapan Sebagai *Microbial Fuel Cell* (MFC)". Shalawat beserta salam untuk Rasulullah Muhammad SAW junjungan umat seluruh alam.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Arifin dan Ibu Yenita, serta 5 saudara saya yaitu Idra Monika, Raffi Satrianto, Irfandi, Yulinus, dan Retno Arif yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi dalam hidup saya.
2. Ibu Dr. Irdawati, M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pikiran, waktu, dan tenaga untuk membimbing penelitian dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi.
3. Ibu Dezi Handayani, M.Si dan Bapak Sandi Fransisco Pratama, S.Si., M.Sc selaku Tim Penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi.
4. Ibu Dezi Handayani, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan penulis saran dan masukan selama menempuh perkuliahan.

5. Ibu Dr. Dwi Hilda Putri, M. Biomed, Kepala Departemen Biologi yang telah membantu untuk kelancaran penulisan skripsi ini.
6. Bapak/Ibu dosen staf Departemen Biologi yang telah membantu untuk kelancaran penulisan skripsi ini.
7. Seluruh rekan tim penelitian Mikrozone yaitu Tiara, Titi, Fera, Rada, Yuda dan Donny sebagai teman sebangunan yang telah banyak membantu saya dalam proses penelitian.
8. Kepada sahabat Madrasah Sasgia, Ica, dan Chelsy atas dukungan dan semangat serta doa yang diberikan.
9. Kepada Anak Pamulang Tiara, Fadilla, Della, dan Siti atas dukungan dan semangat serta doa yang diberikan.
10. Kepada Keluarga Biologi yang telah menemani langkah saya dan membantu dalam penyelesaian skripsi ini
11. Kepada orang teristimewa yaitu diri sendiri terimakasih sebesar-besarnya karena sudah berjuang dan mau menghadapi segala situasi sampai titik ini, walaupun banyak ngeluh karena ga tau mau kerjain yang mana, putus asa karena hasil yang sering gagal dan penuh air mata. Namun terimakasih telah menjadikan tahun 2024 menjadi tahun yang penuh makna.

Semoga bantuan yang Bapak/Ibu serta rekan-rekan berikan, bernilai ibadah dan mendapatkan pahala dari Allah SWT. Penulis berharap skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi semua orang yang membacanya.

Padang, 22 Mei 2024

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
A. <i>Microbial Fuel Cell</i>	6
B. Bakteri Termofilik.....	10
C. Konsorsium Bakteri	12
D. Variasi Suhu.....	13
BAB III.....	16
METODE PENELITIAN	16
A. Jenis Penelitian.....	16
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	16
C. Alat dan Bahan	16
D. Prosedur Penelitian	17
BAB IV	21
HASIL DAN PEMBAHASAN	21
A. Hasil Penelitian.....	21
B. Pembahasan.....	22
BAB V.....	27
PENUTUP.....	27
A. Kesimpulan.....	27
B. Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Dual Chamber</i> MFC menggunakan jembatan garam	7
2. Prinsip Kerja MFC	9
3. Konstruksi Sistem MFC	19
4. Produksi Tegangan Listrik Isolat Konsorsium Trikultur Bakteri Termofilik MS Menggunakan Variasi Suhu Inkubasi	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Pembacaan Voltase Isolat Konsorsium Trikultur Bakteri Termofilik.	33
2. Dokumentasi Kegiatan	35

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi listrik merupakan aspek penting dalam kehidupan sehari-hari karena mendukung berbagai aktivitas manusia, mulai dari kebutuhan rumah tangga, industri, hingga transportasi. Sumber daya untuk menghasilkan energi ini semakin berkurang, sehingga perlu perhatian serius dalam penggunaannya (Ardiansyah & Wahyono, 2022). Energi alternatif dapat dihasilkan melalui pemanfaatan sumber daya alam yang dapat diperbarui, seperti biomassa (Patil *et al.*, 2008). Pembangkit energi listrik melalui *microbial fuel cell* (MFC) menjadi perhatian utama dalam menangani masalah keterbatasan sumber energi karena sifatnya yang lebih ramah lingkungan (Maddalwara *et al.*, 2021).

MFC merupakan teknologi yang menggabungkan antara proses biologi dan elektrolisis dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai penghasil energi listrik (Rahimnejad *et al.*, 2015). Dalam melakukan aktivitas metabolisme, mikroorganisme memanfaatkan materi organik sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik (Logan, 2008). Mikroorganisme tersebut akan mendegradasi medium organik kemudian terbentuknya elektron dan proton (Purnama *et al.*, 2020). Salah satu mikroorganisme yang digunakan dalam teknologi MFC yaitu bakteri termofilik (Choi *et al.*, 2004).

Bakteri termofilik merupakan golongan bakteri yang dapat bertahan hidup pada suhu tinggi berkisar antara 45°C-90°C (Molinaro *et al.*, 2022). Golongan bakteri ini memiliki protein yang tahan terhadap panas dan tidak mudah terdenaturasi, sehingga dapat beradaptasi pada lingkungan bersuhu ekstrim (Firliani *et al.*, 2015). Selain itu, bakteri termofilik memiliki membran lipid sel

yang kaya asam lemak jenuh yang dapat membentuk ikatan hidrofobik (Bahri *et al.*, 2021).

Bakteri termofilik dapat ditemukan pada lingkungan bersuhu tinggi, seperti di sumber-sumber air panas, daerah aktivitas gunung berapi, dan di dasar laut yang memiliki sumber mata air panas (Sianturi, 2008). Indonesia merupakan salah satu wilayah yang cukup banyak memiliki sumber air panas. Sumber air panas Mudiak Sapan (MS) merupakan salah satu sumber air panas yang terletak di Jorong Balun, Nagari Pakan Rabaa, Kecamatan Koto Parik Gadang di Ateh, Kabupaten Solok Selatan. Sumber air panas ini memiliki suhu 93°C (Irdawati *et al.*, 2016).

Keuntungan menggunakan bakteri termofilik dalam teknologi MFC yaitu bakteri termofilik mampu meningkatkan kinetika reaksi di anoda dan berkontribusi pada peningkatan kinerja sel bahan bakar (Choi *et al.*, 2004). Selain itu, bakteri termofilik dapat menghasilkan tingkat arus yang lebih tinggi dibandingkan bakteri mesofilik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Angural *et al.*, (2020) didapatkan hasil tegangan listrik sebesar 0.463 mV menggunakan bakteri mesofilik, lebih rendah dibandingkan dengan produksi energi listrik pada penelitian Sulistiyawati *et al.*, (2020) yang menghasilkan tegangan listrik sebesar 270 mV dengan menggunakan bakteri termofilik. Pemanfaatan bakteri tidak hanya digunakan dalam bentuk tunggal melainkan juga campuran atau biasa dikenal dengan konsorsium.

Konsorsium bakteri adalah gabungan beberapa bakteri yang memiliki hubungan kooperatif, komensal, dan mutualistik (Irdawati *et al.*, 2023). Dibandingkan dalam bentuk tunggal, penggunaan konsorsium bakteri diperoleh hasil energi listrik yang lebih optimal, hal ini dikarenakan dua atau lebih bakteri

dapat bekerjasama dan saling melengkapi untuk tetap bertahan hidup (Aprilia & Aini, 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Prayogo *et al.*, (2017) mengenai pengoperasian MFC menggunakan monokultur bakteri *Bacillus subtilis* menghasilkan tegangan listrik sebesar 299,70 mV. Sedangkan Penelitian yang dilakukan oleh Fu *et al.*, (2015) pengoperasian MFC menggunakan konsorsium bakteri yaitu *Caldanaerobacter subterraneus* dan *Thermodesulfobacterium commune* menghasilkan tegangan listrik sebesar 600 mV.

Penggunaan konsorsium bakteri sebagai katalis dalam MFC dapat meningkatkan produksi energi listrik secara signifikan, hal ini disebabkan adanya sinergi metabolik di antara bakteri tersebut. Interaksi kompleks antara berbagai jenis bakteri dalam konsorsium bakteri termofilik, berperan dalam meningkatkan efisiensi energi. Dalam analisis metabolit bakteri, interaksi antar bakteri terlibat dalam proses fermentasi. Fermentasi merupakan jalur metabolik di mana bakteri menggunakan bahan organik sebagai sumber energi untuk menghasilkan ATP, serta menghasilkan produk sampingan metabolit (Islam *et al.*, 2020). Penelitian yang dilakukan oleh Irdawati *et al.*, (2023) menyatakan bahwa isolat MS 12, MS 17, dan MS 18 yang dikonsorsiumkan bersinergi satu sama lain. Banyak faktor yang mempengaruhi hasil produksi energi listrik menggunakan teknologi MFC baik dari segi jumlah maupun jenis, diantaranya mikroorganisme, elektroda, substrat, pH, dan suhu (Nawaz *et al.*, 2022).

Suhu inkubasi mempunyai pengaruh yang besar terhadap banyak variabel seperti konduktivitas larutan substrat, koefisien difusi, laju transfer muatan, energi aktivasi, proses biokimia komunitas mikroba, dan lain sebagainya (Gadkari *et al.*, 2020). Menurut Hamed *et al.*, (2020) peningkatan suhu inkubasi menyebabkan

laju reaksi biokimia dan pertumbuhan biomassa semakin meningkat sehingga terjadi peningkatan pada pemanfaatan substrat dan menghasilkan perlekatan mikroba yang cepat pada elektroda. MFC yang diinkubasi pada suhu tinggi memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan MFC suhu rendah (Fu *et al.*, 2015). MFC yang diinkubasi pada suhu tinggi dapat memperkaya peredam elektroda yang kuat dan membantu mencegah hilangnya efisiensi akibat pengotoran dengan mengkontaminasi bakteri (Marshall & May, 2009).

Penelitian yang dilakukan oleh Choi *et al.*, (2004) pemanfaatan MFC yang diinkubasi pada suhu 50°C menghasilkan tegangan listrik sebesar 700 mV. Penelitian yang dilakukan oleh Fu *et al.*, (2015) inkubasi MFC pada suhu 80°C menghasilkan tegangan listrik sebesar 600 mV. Penelitian yang dilakukan oleh Sulistiyawati *et al.*, (2020) inkubasi MFC pada suhu 30°C menghasilkan tegangan listrik sebesar 270 mV.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, penelitian mengenai optimasi suhu inkubasi pada fermentasi konsorsium trikultur bakteri termofilik dari sumber air panas Mudiak Sapan sebagai *Microbial Fuel Cell* untuk menghasilkan energi listrik belum pernah dilakukan. Hal ini penting dilakukan karena bertujuan untuk melihat suhu inkubasi optimum pada fermentasi konsorsium trikultur bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Mudiak Sapan sebagai *Microbial Fuel Cell*.

B. Rumusan Masalah

Berapa suhu inkubasi optimum pada fermentasi konsorsium trikultur bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Mudiak Sapan sebagai *Microbial Fuel Cell*?

C. Tujuan Penelitian

Menentukan suhu inkubasi optimum pada fermentasi konsorsium trikultur bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Mudiak Sapan sebagai *Microbial Fuel Cell*.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Menambah wawasan dan ilmu pengetahuan dalam bidang Mikrobiologi.
2. Memberikan informasi mengenai suhu inkubasi optimum pada fermentasi konsorsium trikultur bakteri termofilik MS 12, MS 17, dan MS 18 sebagai *Microbial Fuel Cell*.
3. Sebagai referensi penelitian selanjutnya.