PEMANFAATAN *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC) DARI LIMBAH SEPTIK TANK DALAM MENGHASILKAN ENERGI BIOLISTRIK PADA LAMPU LED STUDI KASUS: PERSEPSI MASYARAKAT DI DESA TUNGKOP

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh :

MUHAMMAD JULI ANGGRIMA. S

200702057

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi

Program Studi Teknik Lingkungan



FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY

BANDA ACEH

2026 M/1447 H

LEMBAR PERSETUJUAN

PEMANFAATAN *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC) DARI LIMBAH SEPTIK TANK DALAM MENGHASILKAN ENERGI BIOLISTRIK PADA LAMPU LED STUDI KASUS: PERSEPSI MASYARAKAT DI DESA TUNGKOP

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:
MUHAMMAD JULI ANGGARIMA. S
NIM. 200702057

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 9 Januari 2026
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I	Pembimbing II
Husnawati Yahya, M.Sc.	**Muhammad Daudsyah, S. T, M. Ling.**
NIDN. 2009118301	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Husnawati Yahya, M.Sc.
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC) DARI LIMBAH SEPTIK TANK DALAM MENGHASILKAN ENERGI BIOLISTRIK PADA LAMPU LED STUDI KASUS: PERSEPSI MASYARAKAT DI DESA TUNGKOP

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir/Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Dinyatakan Lulus Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi
Program Sarjana (S-1) Dalam Ilmu Teknik Lingkungan.

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 28 Januari 2026
Kamis, 3 Sya'ban 1447 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir/Skripsi

Ketua,

Husnawati Yahya, M.Sc
NIP. 198311092014032002

Sekretaris,

Muhammad Daudsyah, S.T., M.Ling

Penguji 1

Aulia Rahendi, M.Sc
NIP. 2010048202

Penguji 2

Ir. Syarifah Seicha Fatma, S.T., M. T

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU.
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGASAKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Juli Anggarima. S

NIM : 200702057

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) Dari Limbah Septik Tank Dalam Menghasilkan Energi Biolistrik Pada Lampu LED Studi Kasus: Persepsi Masyarakat Di Desa Tungkop

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penelitian skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan Mempertanggung jawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;

Bila kemudian hari ada tuntutan dari lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenakan sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negri Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 10 Januari 2026

Yang Menyatakan,



Muhammad Juli Anggarima. S

جامعة الرانري
AR-RANIRY

ABSRAK

Nama : Muhammad Juli Anggarima. S

NIM : 200702057

Program Studi : Teknik Lingkungan

Judul : Pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) Dari Limbah Septik Tank Dalam Menghasilkan Energi Biolistrik Pada Lampu LED Studi Kasus: Persepsi Masyarakat Di Desa Tungkop

Tanggal Sidang : 28 Januari 2026

Jumlah Halaman :

Pembimbing I : Husnawatiyahya, M.Sc.

Pembimbing II : Muhammad DaudSyah, S. T, M. Ling.

Kata Kunci :*Microbial Fuel Cell*, limbah septik tank, energi terbarukan, lampu LED, penerimaan Masyarakat.

Penelitian ini mengkaji potensi limbah septik tank sebagai sumber energi listrik melalui penerapan sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) yang dirangkai seri untuk menyalakan lampu LED. Penelitian difokuskan pada perancangan reaktor MFC, kinerja listrik yang dihasilkan, serta persepsi masyarakat terhadap teknologi tersebut. Reaktor MFC *dual chamber* diaplikasikan di Gampong Tungkop, Kabupaten Aceh Besar. Sampel limbah diambil menggunakan metode *grab sampling*, dengan 30 responden yang dipilih secara *purposive sampling*. Data dikumpulkan melalui observasi, kuesioner, dokumentasi, dan pengukuran daya hantar listrik, kemudian dianalisis berdasarkan nilai tegangan, arus, dan daya listrik serta skala Likert. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem MFC menghasilkan tegangan 2,78–3,02 V dengan arus 10 mA, yang mampu menyalakan lampu LED. Penggunaan anoda Cu dan Zn menjaga kestabilan aliran elektron. Persepsi masyarakat menunjukkan tanggapan positif terhadap penerapan teknologi MFC. Temuan ini menunjukkan bahwa limbah septik tank berpotensi sebagai sumber energi terbarukan skala rumah tangga sekaligus alternatif pengelolaan limbah domestik yang ramah lingkungan.

ABSTRACT

Name	*: Muhammad Juli Anggarima. S*
Student ID	*:200702057*
Study Program	*: Environmental Engineering*
Title	*: Utilization of Microbial Fuel Cell (MFC) from Septic Tank Waste to Generate Bioelectric Energy for LED Lighting: A Case Study on Community Perceptions in Tungkob Village*
Defense Date	*:*
Number of Pages	*:*
Supervisor I	*: Husnawatiyahya, M.Sc.*
Supervisor II	*: Muhammad Daud Syah, S.T., M.Ling.*
Keywords	*: Microbial Fuel Cell, septic tank waste, renewable energy, LED lighting, community acceptance*

This study examines the potential of septic tank waste as a source of electrical energy through the application of a series-configured Microbial Fuel Cell *(MFC) system to power an LED lamp. The research focuses on MFC reactor design, electrical performance, and community perception of the technology. A series-connected dual-chamber MFC reactor was implemented in Gampong Tungkop, Aceh Besar Regency. Waste samples were collected using the grab sampling method, and 30 respondents were selected through purposive sampling. Data were obtained through observation, questionnaires, documentation, and electrical conductivity measurements, and analyzed in terms of voltage, current, power output, and community perception using a Likert scale. The results show that the* MFC *system generated a voltage of 2.78–3.02 V with a current of 10 mA, sufficient to power an LED lamp. The use of Cu and Zn anodes contributed to stable electron flow. Overall, respondents expressed positive perceptions of MFC technology. These findings indicate that septic tank waste has potential as a household-scale renewable energy source and that MFC is an effective and environmentally friendly option for domestic wastewater management.*

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT yang telah memberikan nikmat yang tak bisa terhitung, nikmat itu adalah nikmat iman dan Islam. Juga shalawat dan salam terucap selalu kepada junjungan kita nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat, dan juga semua umat yang mengikuti jejak langkah beliau hingga akhir zaman. Alhamdulillah, berkat Rahmat dan Karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berjudul "Pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) Dari Limbah Septik Tank Dalam Menghasilkan Energi Biolistrik Pada Lampu LED Studi Kasus: Persepsi Masyarakat Di Desa Tungkop" ini sebagai salah satu syarat kelulusan dalam menempuh mata kuliah tugas akhir pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Selama proses penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tidak akan mudah menyelesaikan tugas akhir ini tanpa bantuan, bimbingan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M.T., IPU., Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., Selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan sekaligus dosen pembimbing proposal tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan, dukungan dan bimbingan dalam menyusun proposal ini.
3. Bapak Aulia Rohendi S.T., M.Sc., Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry BandaAceh
4. Bapak Arief Rahman, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing akademik atas arahan dan masukan yang telah diberikan kepada penulis selama masa studi.
5. Seluruh Dosen dan Staf Akademik Prodi Teknik Lingkungan yang telah banyak memberikan ilmu bermanfaat kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh sahabat dan teman yang selalu memberikan do'a dan semangat kepada penulis.

Do'a penulis semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang sudah membantu penulis dalam penyusunan dan penulisan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca umum dan penulis pada umumnya. Penulis sadar bahwa dalam proses pengerjaan dan penulisan tugas akhir masih terdapat kekurangan. Kritik dan saran dari semua pihak adalah hal yang utama bagi penulis. Demikian tugas akhir ini disusun. Terima kasih.

DAFTAR ISI

ABSRAK ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGASAKHIR ..... **iii**
KATA PENGANTAR ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **vi**
DAFTAR TABEL ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 4
1.4. Manfaat Penelitian 4
1.5. Batasan Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1. *Microbial Fuel Cell* (MFC) 5
2.2. Limbah Septik Tank 5
2.3. Karakteristik Limbah Septik Tank 6
2.4. *Fuell Cell* 7
2.5. Pengertian MFC 8
2.5.1. Prinsip Kerja MFC 8
2.5.2. Jenis – jenis MFC 9
2.5.3. Faktor yang Mempengaruhi Kinerja MFC 10
2.6. Teknik Pembuatan MFC 11
2.7. Penelitian Terdahulu 13
BAB III METODE PENELITIAN **20**
3.1. Lokasi Penelitian 20
3.2. Kerangka Perencanaan 21
3.3. Metode Pengumpulan Data 22

جامعة الرانري
AR-RANIRY

3.3.1. Data Primer 22
3.3.2. Data Skunder 22
3.3.3. Kondisi Eksisting Septik Tank di Lokasi Penelitian 23
3.5. Metode Pengambilan Sampel 24
3.5.1. Sampel Limbah Septik Tank 24
3.5.2. Proses Penggunaan Limbah Septik Tank 25
3.6. Alat dan Bahan 26
3.6.1. Alat 26
3.6.2 Bahan 27
3.7. Desain Raktor MFC 27
3.8. Rancangan Rangkain Seri 28
3.5. Penetuan Sampel Responden 29
3.6. Prosedur Penelitian 31
3.7. Metode Analisis Data 31
3.7.1. Analisis Data Persepsi Masyarakat 31
3.8.2. Analisis Data Parameter Kelistrikan Sistem MFC 33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1. Hasil Penelitian 35
4.1.1. Perancangan dan Perakitan Sistem MFC 35
4.1.2. Pengukran Tegangan Kinerja Listrik MFC 36
4.2. Pengaruh Jenis Anoda (Cu dan Zn) terhadap Tegangan MFC 37
4.3. Hasil Kinerja Listrik Sistem MFC 38
4.3.1. Tegangan, Arus, dan Kerapatan Daya (*Power Density*) 40
4.3.2. Hasil Nilai Optimasi Tegangan Sistem MFC 40
4.4. Analisis Persepsi dan Kesediaan Partisipasi Masyarakat 40
4.4.1. Kondisi Sosial Ekonomi dan Sanitasi Masyarakat Desa Tungkop 41
4.4.2. Karakteristik Responden 41
4.5. Persepsi Masyarakat terhadap Sanitasi dan Dampak Limbah Septik Tank . 44
4.6. Persepsi Masyarakat terhadap sanitasi Aman di Desa Tungkop 49
4.7. Persepsi Masyarakat Terhadap Dampak Limbah di Desa Tungkop 50

4.8. Persepsi masyarakat terhadap Potensi Pemanfaatan di desa Tungkop..... 50
4.9. Persepsi masyarakat terhadap Inovasi MFC di Desa Tungkop 51
BAB V PENUTUP..... 54
5.1. Kesimpulan 54
5.2. Saran 54
DAFTAR PUSTAKA 56
Lampiran 1. Lembar Persetujuan Menjadi Responden 61
Lampiran 2. Lembar Kuesioner 63
Lampiran 3 Gambar Penelitian MFC 66
Lampiran 4. Gambar Kegiatan pengisian kuesioner oleh Masyarakat 69
Lampiran 5. Dokumentasi Pengisian Kuesioner oleh Responden 74
Lampiran 6. Perhitungan 96

جامعة الرانري
AR-RANIRY

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel 3. 1 Penelitian Terdahulu 13
Tabel 3.2 Alat Eksperimen 26
Tabel 3.3 Bahan Eksperimen..... 27
Tabel 3.4 Daftar Responden (*Purposive Sampling*) 30
Tabel 3.5 Skla *Likert*..... 32
Tabel 3.6 Tingkat persepsi..... 33
Tabel 4.1 Pengukuran Nilai Tegangan Jenis Anoda (Cu dan Zn)..... 37
Tabel 4.2 Pengukuran Tegangan MFC 38
Tabel 4.3 Skor Persepsi Masyarakat terhadap Sanitasi, Dampak Limbah, dan Teknologi MFC 44
Tabel 4.4 Persepsi Responden Berdasarkan Kelompok Usia 45
Tabel 4.5 Persepsi Berdasarkan Pendidikan..... 46
Tabel 4.6 Persepsi Berdasarkan Pekerjaan..... 48
Tabel 4.7 Persepsi masyarakat terhadap Sanitasi Aman di desa Tungkop 49
Tabel 4.8 Persepsi masyarakat terhadap Dampak Limbah Septik Tank di desa Tungkop 50
Tabel 4.9 Persepsi masyarakat terhadap Potensi Pemanfaatan di desa Tungkop 51
Tabel 4.10 Persepsi masyarakat terhadap Inovasi MFC di Desa Tungkop..... 51

جامعة الرانري
AR-RANIRY

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja MFC 9
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian 20
Gambar 3.2 Diagram Alir Perencanaan 21
Gambar 3.3 Kondisi eksisting septik tank di lokasi penelitian 23
Gambar 3.4 Sampel Limbah Septik tank Pada Tanki Septik Tank Desa Tungko……..…….24
Gambar 3.5 Penampakan Ruang Katoda dan Substrat Limbah Septik Tank 25
Gambar 3.6 Pengukuran Volume Substrat Limbah Septik Tank 25
Gambar 3.7 Desain Skema MFC *Dual Chamber* 28
Gambar 3.8 Skema MFC Rangkaian Seri 29
Gambar 4.1 Hasil Rangkaian MFC. 35
Gambar 4.2 Pengukuran tegangan listrik pada sistem MFC. 36
Gambar 4.3 Pengukuran Waktu Tegangan MFC dan jenis Anoda (Cu dan Zn). . 37
Gambar 4.4 Grafik Tegangan MFC**.** 39
Gambar 4.5 Jenis Kelamin Responden 41
Gambar 4.6 Usia Responden 42
Gambar 4.7 Pendidikan Terakhir Responden. 43
Gambar 4.8 Pekerjaan Responden. 43
Gambar 4.9 Persepsi Pemanfaatan Teknologi MFC. 45
Gambar 4.10 Persepsi Responden Berdasarkan Kelompok Usia. 46
Gambar 4.11 Persepsi Berdasarkan Pendidikan. 47
Gambar 4.12 Persepsi Berdasarkan Pekerjaan 48

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemerintah Indonesia menargetkan peningkatan akses masyarakat terhadap sanitasi layak hingga 80%, dengan 13% di antaranya merupakan sanitasi aman pada tahun 2026. Akses sanitasi layak di Provinsi Aceh saat ini telah mencapai 75,55%, sedangkan sanitasi aman baru mencapai 14,44%. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan sekitar 19% yang perlu segera diatasi karena kekurangan tersebut berpotensi meningkatkan risiko terjadinya buang air besar sembarangan (BABS). Hingga kini kurang dari 10% Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) di Aceh belum berfungsi secara optimal, sehingga permasalahan pencemaran lingkungan dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat belum terselesaikan sepenuhnya (Yayasan Aceh Hijau, 2025). Dari perspektif lingkungan, black water merupakan air limbah domestik yang memiliki potensi pencemar tinggi terhadap ekosistem karena berasal dari toilet dan mengandung campuran urin, feses, serta air pembilas dengan kadar bahan organik dan mikroorganisme patogen yang tinggi (Tilley dkk., 2014).

Terdapat dampak negatif yang cukup signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Cairan hasil dekomposisi limbah toilet dalam tangki septik mengandung nitrogen sebesar 5,1 g/kg dan fosfor sebesar 3,1 g/kg, yang berpotensi mencemari air tanah melalui perembesan nitrat serta menyebabkan eutrofikasi akibat limpasan unsur hara berlebih ke perairan. Selain itu, *black water* juga dapat membawa mikroorganisme patogen dan gen resistensi antibiotik yang membahayakan kesehatan manusia serta mengganggu keseimbangan ekosistem. Black water tersebut berasal dari hasil proses dekomposisi limbah toilet di dalam tangki septik (Zhang dkk., 2022).

Septic tank pada dasarnya berfungsi sebagai tempat pengolahan limbah cair domestik yang mengandung kadar senyawa organik tinggi. Kandungan organik tersebut dapat dimanfaatkan melalui teknologi pengolahan yang inovatif. Salah satu inovasi dalam pengolahan limbah cair adalah MFC, yaitu sistem yang mampu mengubah energi kimia dari degradasi bahan organik oleh mikroorganisme dalam

limbah septik tank menjadi elektron yang dialirkan melalui rangkaian listrik untuk menghasilkan energi biolistrik. Penerapan teknologi ini berpotensi mengurangi dampak pencemaran dari limbah domestik sekaligus memberikan nilai tambah berupa energi terbarukan yang ramah lingkungan (Prayogo dkk., 2017).

Penelitian mengenai MFC telah dilakukan oleh beberapa peneliti, salah satunya oleh Prayogo (2017) yang merancang sistem MFC dengan substrat limbah septik tank dan menggunakan bakteri *Bacillus subtilis* sebagai bioaktivator. Penelitian tersebut membahas proses pembangkitan energi listrik dari limbah domestik dengan tujuan mengukur tegangan, arus, dan *power density*. Hasil penelitian menunjukkan sistem MFC mampu menghasilkan tegangan maksimum 299,70 mV dengan arus 0,2997 mA pada konsentrasi inokulum 3% (v/v). Nilai arus dan tegangan tersebut masih tergolong kecil sehingga energi yang dihasilkan belum cukup untuk diaplikasikan secara langsung pada beban listrik.

Prayogo (2017) menyatakan bahwa penelitian dilakukan untuk mengoptimalkan sistem MFC yang sebelumnya menghasilkan tegangan dan arus relatif rendah. Dengan penerapan rangkaian, sistem MFC dapat menghasilkan arus dan daya listrik yang lebih tinggi serta lebih stabil. Penelitian Ananto (2023) menjadi acuan utama karena menggunakan MFC berbahan feses sapi yang dirangkai secara seri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi rangkaian seri mampu menghasilkan tegangan hingga 2,17 V dengan arus maksimum 0,621 mA, meskipun pengukuran masih dilakukan tanpa beban nyata.

Penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan limbah septik tank sebagai substrat utama dalam sistem MFC yang dirangkai secara seri, dengan orientasi langsung menghubungkan energi listrik yang dihasilkan untuk menyalakan lampu LED sebagai bukti nyata konversi energi biolistrik. Penelitian ini juga memiliki urgensi sosial karena masyarakat umumnya belum mengetahui potensi limbah septik tank sebagai sumber energi terbarukan, sehingga hasil penelitian diharapkan memberikan nilai tambah bagi pemanfaatan limbah domestik secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Persepsi sosial menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan penerapan teknologi ini. Viendyasari dkk. (2022) menyatakan bahwa penerimaan masyarakat terhadap teknologi energi terbarukan dipengaruhi oleh tingkat

pengetahuan, kesadaran lingkungan, dan pemahaman terhadap manfaat teknologi tersebut. Alam dkk. (2022) menunjukkan bahwa cara pandang masyarakat terhadap pemanfaatan limbah sebagai sumber energi, seperti biogas, menentukan tingkat partisipasi mereka dalam program energi alternatif. Vishwanathan dkk. (2021) menegaskan bahwa dukungan masyarakat merupakan kunci utama keberhasilan penerapan MFC dalam pengolahan air limbah domestik.

Penting untuk mengetahui persepsi masyarakat terhadap pemanfaatan limbah septik tank sebagai sumber energi biolistrik melalui sistem MFC. Persepsi masyarakat dalam penelitian ini meliputi pandangan terhadap kondisi sanitasi dan fungsi fasilitas septik tank, pemahaman terhadap dampak limbah septik tank, serta penilaian terhadap potensi pemanfaatannya sebagai sumber energi alternatif. Selain itu, persepsi masyarakat juga dikaji terkait tingkat pengetahuan dan penilaian terhadap inovasi teknologi MFC sebagai solusi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan. Kajian ini diharapkan memberikan gambaran mengenai persepsi masyarakat dalam mendukung sistem sanitasi yang berkelanjutan di Aceh.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang yang telah disampaikan, pertanyaan yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perancangan MFC yang memanfaatkan air limbah septik tank dalam menyalakan lampu LED?
2. Bagaimana tegangan dan daya hantar listrik yang dihasilkan oleh reaktor MFC berupa Listrik dengan memanfaatkan limbah septik tank sebagai substrat?
3. Bagaimana persepsi masyarakat dalam memanfaatkan air limbah dari tangki septik menjadi energi listrik?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk merancang dan menguji desain MFC yang dapat menghasilkan energi listrik dari limbah septik tank
2. Untuk mengetahui kapasitas jumlah produksi tegangan, DHL yang dihasilkan oleh limbah septik tank dengan metode reaktor MFC *dual chamber* rangkaian seri.
3. Untuk mengetahui dan menganalisis persepsi serta kesediaan partisipasi masyarakat terhadap pemanfaatan limbah septik tank menjadi energi biolistrik.

1.4. Manfaat Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi sederhana ramah lingkungan dalam pemanfaatan limbah domestik.
2. Menjadi bahan informasi bagi masyarakat dan akademisi mengenai potensi MFC sebagai solusi ganda pengolahan limbah sekaligus penyediaan energi alternatif.

1.5. Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian difokuskan pada rancangan dan uji coba MFC menggunakan limbah cair septik tank.
2. Parameter yang diamati terbatas pada daya listrik (tegangan dan arus) serta kemampuan menyalakan lampu LED.
3. Kajian masyarakat dibatasi pada persepsi dan kesediaan partisipasi, tanpa mengevaluasi perubahan perilaku jangka panjang.
4. Parameter kualitas septik tank yang diukur hanya Daya Hantar Listrik.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Microbial Fuel Cell* (MFC)

Secara umum, MFC merupakan inovasi di bidang bioelektrokimia yang menggabungkan pengolahan limbah dengan produksi energi listrik secara bersamaan. Teknologi ini memanfaatkan aktivitas mikroorganisme elektrogenik yang mampu menguraikan senyawa organik dalam kondisi anaerob, sehingga menghasilkan elektron dan proton. Elektron dialirkan melalui sirkuit eksternal menuju elektroda katoda, sedangkan proton bergerak melalui membran menuju katoda dan bereaksi dengan oksigen membentuk molekul air. Proses ini menghasilkan arus listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan (Roy dkk., 2023).

MFC telah diterapkan dengan menggunakan limbah domestik, seperti lumpur dari septik tank, sebagai substrat. Limbah ini mengandung senyawa organik seperti protein, lemak, dan karbohidrat yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme elektrogenik, antara lain *Shewanella* dan *Geobacter*. MFC dengan substrat lumpur septik tank mampu menghasilkan energi listrik yang cukup untuk menyalakan lampu LED bertegangan rendah (Akatah dkk., 2019). Teknologi ini efektif mengubah limbah domestik menjadi energi listrik untuk kebutuhan sederhana melalui aktivitas mikroorganisme yang menguraikan senyawa organik secara anaerob, menghasilkan elektron dan proton yang kemudian membentuk arus listrik melalui reaksi elektrokimia (Pandit dkk., 2022).

2.2. Limbah Septik Tank

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya atau beracun. Sifat, konsentrasi, dan volume limbah dapat menyebabkan pencemaran atau kerusakan lingkungan serta membahayakan kesehatan manusia. Pengelolaan limbah mencakup perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum di bidang lingkungan. Oleh karena itu, identifikasi jenis

limbah beserta dampaknya menjadi langkah awal penting dalam menentukan pendekatan pengelolaan yang tepat dan berkelanjutan (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009).

Limbah dari septik tank merupakan air limbah domestik hasil penguraian biologis bahan organik dalam sistem sanitasi tertutup. Limbah ini mengandung protein, karbohidrat, lemak, serta mikroorganisme anaerob alami. Secara fisik, limbah septik tank berwarna abu-abu, berbau menyengat akibat senyawa sulfur, dan memiliki pH netral hingga sedikit basa. Kandungan organik yang tinggi dan keberadaan mikroorganisme alami menjadikannya potensial sebagai medium bioelektrokimia tanpa penambahan inokulum eksternal. Dengan demikian, limbah septik tank dapat dimanfaatkan sebagai sumber senyawa organik untuk konversi energi berbasis mikroba (Rathinavel, 2025).

2.3. Karakteristik Limbah Septik Tank

Limbah Septik Tank yang merupakan bagian dari lumpur tinja *faecal sludge* (FS) memiliki karakteristik fisik, kimia, dan biologis yang sangat bervariasi tergantung pada usia limbah, jenis sistem sanitasi, serta campuran limbah lain seperti *greywater*. Studi kasus di kota semi-perkotaan Pilani, India, menganalisis karakteristik limbah Septik Tank secara menyeluruh untuk memahami parameter penting dalam perancangan sistem pengolahan (Jothinathan, 2024).

a. Sifat fisika dan kimia

   Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa parameter fisik dan kimia limbah septik memiliki rentang nilai yang cukup luas, dengan pH antara 4,64–7,93, suhu 20,6–27,5 °C, konduktivitas listrik 1,857–6,315 mS/cm, total padatan (TS) 3.430–95.393 mg/L, padatan tersuspensi (TSS) 1.098–90.400 mg/L, serta COD 4.406–160.000 mg/L dan rasio BOD/COD rata-rata 0,1896. Rasio BOD/COD yang rendah menandakan bahwa semakin lama lumpur tinja tersimpan, semakin sedikit kandungan organik yang mudah terurai akibat proses mineralisasi. Kandungan TDS juga menunjukkan korelasi tinggi dengan nilai konduktivitas listrik, menandakan adanya senyawa ionik terlarut.

b. Secara biologis

Limbah Septik Tank mengandung koliform feses seperti *Escherichia coli* (10^5–10^9 CFU/mL), *Klebsiella pneumoniae* (10^4–10^8 CFU/mL), dan *Salmonella enteritidis* (10^3–10^9 CFU/mL). Tingginya tingkat kontaminasi bakteri tersebut menunjukkan risiko kesehatan yang besar apabila limbah tidak diolah dengan baik sebelum dibuang (Jothinathan, 2024).

2.4. *Fuell Cell*

Sel bahan bakar (*fuel cell*) adalah perangkat elektrokimia yang mengubah energi kimia dari bahan bakar, seperti hidrogen, oksigen, atau biogas, menjadi energi listrik secara langsung melalui reaksi oksidasi-reduksi tanpa pembakaran. Proses ini menghasilkan arus searah (DC) dengan produk sampingan air dan panas. Teknologi ini ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah berbahaya, bekerja senyap, dan tidak memiliki bagian mekanis yang bergerak sehingga lebih efisien dan jarang mengalami gangguan teknis. Efisiensi energinya dapat mencapai 90% apabila panas yang dihasilkan dimanfaatkan secara optimal (Hiền, 2019).

Fuel cell bekerja berdasarkan reaksi redoks elektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Secara struktur, perangkat ini terdiri atas elektroda anoda dan katoda yang dipisahkan oleh membran elektrolit. Pada anoda, hidrogen terurai menjadi proton dan elektron; elektron mengalir melalui rangkaian luar menghasilkan arus listrik, sementara proton bergerak melalui membran menuju katoda. Di katoda, proton dan elektron bereaksi dengan oksigen membentuk air sebagai produk samping. Dengan mekanisme ini, *fuel cell* dapat menghasilkan energi secara berkelanjutan selama bahan bakar dan oksigen tersedia (Qasem dkk., 2024).

Keunggulan lain adalah efisiensi konversi energi yang tidak terikat siklus termodinamika mesin pembakaran, sehingga prosesnya lebih optimal. *Fuel cell* mampu mengubah energi kimia menjadi listrik dengan emisi rendah, mendukung sistem energi ramah lingkungan dan berkelanjutan. Teknologi ini berpotensi menggantikan bahan bakar fosil yang terbatas dan berdampak buruk terhadap lingkungan (Jamal dkk., 2023; Sazali dkk., 2020).

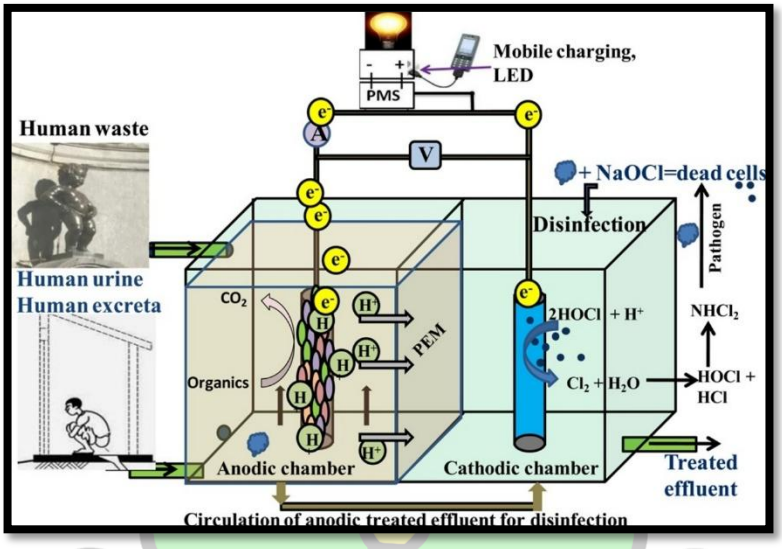
2.5. Pengertian MFC

MFC merupakan teknologi yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menghasilkan energi listrik melalui degradasi bahan organik secara *bioelektrokimia*. Berbagai jenis mikroorganisme, baik aerob maupun anaerob, berperan sesuai desain dan kondisi sistem. Teknologi ini efisien, sederhana, tidak memerlukan energi eksternal, dan cocok diterapkan di wilayah dengan keterbatasan listrik. Selain itu, MFC berpotensi mengurangi polusi lingkungan, misalnya dalam pengolahan limbah perikanan dengan mikroorganisme sedimen yang mendegradasi bahan organik sekaligus menghasilkan energi listrik (Syamsuri dkk., 2021).

MFC bergantung pada kemampuan mikroorganisme memecah senyawa organik melalui metabolisme yang menghasilkan *carbon dioxide* (CO_2), proton (H^+), dan *electron* (e^-). Elektron dialirkan melalui rangkaian eksternal menuju elektroda katoda, sedangkan proton bergerak melalui *proton exchange membrane* atau PEM. Di katoda, elektron dan proton bereaksi dengan *electron acceptor* dalam larutan *electrolyte* sehingga menghasilkan arus listrik. Anoda berperan sebagai tempat penguraian *substrate* oleh mikroorganisme, sedangkan katoda menjadi lokasi reaksi *reduction* yang menghasilkan aliran listrik dalam sistem MFC (Zulfikar, 2021).

2.5.1. Prinsip Kerja MFC

Secara umum, MFC terdiri atas dua bagian utama, yaitu anoda dan katoda yang dipisahkan oleh *proton exchange membrane*. Mikroorganisme pada anoda menguraikan bahan organik menjadi *electron* dan *proton*. Elektron mengalir ke katoda melalui rangkaian eksternal, sedangkan proton melewati membran. Di anoda terjadi *oxidation substrate*, sedangkan di katoda elektron bereaksi dengan *oxygen* atau *nitrate* membentuk air. *Metal catalyst*, seperti *platinum* atau logam non-mulia, digunakan untuk mempercepat *reduction reaction* (Maulina, 2024). Prinsip kerja MFC ditunjukkan pada **Gambar 2.1.**



Gambar 2.1. Prinsip Kerja MFC

Sumber: (Dipak dkk., 2020)

2.5.2. Jenis – jenis MFC

MFC dapat dibedakan ke dalam beberapa jenis berdasarkan desain ruang reaktor dan penggunaannya. Tiga jenis utama MFC yang umum digunakan adalah *Single Chamber* MFC, *Double Chamber* MFC, dan Stack MFC (Syafaati dkk., 2019).

a. *Single Chamber* MFC

Pada tipe *Single Chamber*, sistem hanya memiliki satu ruang reaktor sehingga substrat dan larutan elektrolit berada dalam wadah yang sama, dengan atau tanpa membran penukar proton.

b. *Double Chamber* MFC

Double Chamber terdiri atas dua ruang terpisah yang dipisahkan oleh membran penukar proton atau jembatan garam, sehingga transfer proton dan elektron berlangsung lebih efisien.

c. Model *Stack* MFC

Jenis *Stack* MFC merupakan gabungan beberapa unit MFC yang dihubungkan secara seri, paralel, atau kombinasi keduanya untuk meningkatkan kapasitas daya. Desain ini banyak digunakan pada skala besar, seperti pengolahan limbah cair, karena menghasilkan energi listrik lebih tinggi dibandingkan MFC tunggal (Syafaati dkk., 2019).

2.5.3. Faktor yang Mempengaruhi Kinerja MFC

Kinerja MFC dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal yang berperan dalam efisiensi produksi listrik, penguraian bahan organik, dan stabilitas reaktor. Faktor-faktor tersebut meliputi karakteristik substrat, aktivitas mikroba elektrogenik, material elektroda, kondisi lingkungan, desain sistem, serta resistansi listrik (Ritesh dkk., 2025). Faktor-faktor yang memengaruhi performa MFC meliputi aspek biologis, kimia, fisika, dan desain sistem sebagai berikut.

1. Substrat

   Konsentrasi substrat dan komponen pencemar (*sulfida*) Nilai konsentrasi substrat organik dan kandungan senyawa seperti *sulfida* memengaruhi aktivitas mikroba elektrogenik. Tingginya kandungan sulfida dalam limbah dapat mereduksi aktivitas mikroba dan menurunkan performa listrik apabila tidak sesuai dengan toleransi mikroba

2. Komposisi mikroba dan fungsi

   Mikroba yang terdapat dalam sistem perlu memiliki kemampuan yang baik dalam metabolisme substrat, toleransi terhadap kondisi toksik, dan kemampuan transfer elektron. Modifikasi komposisi komunitas mikroba (*modulating microbial function*) terbukti dapat meningkatkan efisiensi listrik dalam penelitian tersebut.

3. Tahanan internal dan eksternal system

   Resistansi internal yang rendah dan pengaturan rangkaian eksternal yang sesuai membantu meminimalkan kehilangan energi. Hambatan listrik ini mencakup resistansi antar-elektroda, resistansi membran, dan hambatan dalam medium elektrolit.

4. pH dan kondisi kimia air limbah

   pH substrat dan parameter kimia seperti kandungan ion atau senyawa toksik, misalnya (*sulfida*), dapat mempengaruhi aktivitas enzim mikroba dan kestabilan biofilm. Kondisi kimia yang optimal, misalnya pH netral atau mendekati netral, biasanya mendukung performa yang lebih baik.

5. Desain reactor dan faktor fisik lainnya

   Termasuk luas permukaan elektroda, konfigurasi elektroda, jarak antar elektroda, serta tata letak dan volume reaktor. Faktor-faktor fisik ini

mempengaruhi seberapa efisien elektron dan proton bisa berpindah, serta seberapa banyak biofilm mikroba yang dapat menempel dan aktif (Sriwichai dkk., 2024).

2.6. Teknik Pembuatan MFC

Pembuatan MFC umumnya diawali dengan pemilihan jenis limbah sebagai bahan bakar, pemilihan elektroda yang sesuai, serta perancangan bentuk reaktor yang tepat. Limbah organik seperti limbah tangki septik, feses sapi, dan limbah cair tempe memiliki potensi besar karena mengandung bahan organik tinggi dan mikroorganisme alami yang mampu menghasilkan listrik (Purwono dkk., 2015).

Beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan hasil yang menjanjikan. Ananto dkk. (2024) menggunakan feses sapi dalam sistem MFC dua ruang dengan elektroda *copper* dan *zinc* yang dirangkai secara seri, menghasilkan tegangan tertinggi 2,17 V dengan *substrate* 450 gram (Ananto dkk., 2024). Febrya dkk. (2024) memanfaatkan limbah domestik rumah tangga dan air limbah selokan sebagai *substrate* MFC dan memperoleh tegangan puncak 560 mV pada limbah selokan (Febrya dkk., 2024). Sementara itu, Syahri dkk. (2024) menggunakan limbah cair tempe sebagai bahan baku MFC dengan volume 800 mL dan mendapatkan *power density* tertinggi 244,11 mW/cm² pada jam ke-2 (Syahri dkk., 2024).

Secara umum, pembuatan MFC di Indonesia dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain:

1. Menggunakan feses Sapi dengan Rangkaian Seri
   a. Siapkan feses sapi sebanyak 250–450 gram.
   b. Rakit reaktor dengan dua ruang yang menggunakan elektroda tembaga dan seng.
   c. Hubungkan beberapa reaktor secara seri.
   d. Operasikan hingga stabil, lalu ukur besarnya listrik yang dihasilkan
   e. Dengan substrat 450 gram, tegangan tertinggi yang tercatat adalah 2,17 V. (Ananto,2023).

2. Menggunakan Limbah Cair Tempe

a. Gunakan limbah cair tempe dengan volume 400–800 mL.
b. Pasang elektroda berdiameter 0,4 cm di dalam reaktor.
c. Biarkan mikroba alami membentuk *biofilm*.
d. Lakukan pengukuran listrik setelah reaktor berjalan beberapa jam.
e. Hasil terbaik diperoleh dengan volume 800 mL, yaitu menghasilkan daya maksimum 244,11 mW/cm² (Syahri dkk, 2024)

2.7. Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Hal	Judul	Tahun	Nama Peneliti	Metode Pengolahan yang Digunakan	Pengjujian	Hasil
Penelitian 1	MFC menggunakan bakteri Bacillus subtilis dengan substrat limbah septic tank serta pengaruhnya terhadap kualitas limbah	2017	Fitra Adi Prayogo, dkk	Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi inokulum Bacillus subtilis (0%, 1%, 2%, dan 3% v/v) pada limbah septic tank sebagai substrat dalam sistem MFC. Konfigurasi yang digunakan adalah double chamber dengan elektroda karbon.	Pengujian dilakuka terhadap tegangan listrik, arus listrik, power density, serta parameter kualitas air seperti COD, BOD, DO, dan pH.	Hasil menunjukkan konsentrasi inokulum 3% menghasilkan tegangan 299,7 mV, arus 0,2997 mA, dan power density 8,98 mW/cm². Terjadi penurunan COD sebesar 31,18%, BOD 25,03%, dan DO 34,25%. Menunjukkan bahwa MFC dapat menurunkan pencemar sekaligus menghasilkan listrik

Penelitian 2	Bioelectricity of Cocoa Pod Waste as a Substrate in a Double Chamber Microbial Fuel Cell	2023	Fitriana, dkk.	Penelitian ini memanfaatkan limbah kulit kakao sebagai substrat pada system MFC double chamber. Substrat difermentasi secara alami oleh mikroorganisme dan dihubungkan dengan elektroda untuk menghasilkan listrik.	Dilakukan pengukuran tegangan, arus, dan power density secara berkala	Daya listrik yang dihasilkan berfluktuasi, dengan nilai maksimum tegangan 36 mV, arus 0,19 mA, dan power
Penelitian 3	Optimasi Energi Listrik Berbasis Microbial Fuel Cell Berbahan Feses Sapi Menggunakan Rangkaian Seri	2023	Irvan Rachmad Ananto, dkk	Sistem MFC dual chamber dirangkai seri menggunakan elektroda tembaga dan seng dengan substrat berupa feses sapi dalam dua variasi jumlah, yaitu 250 gram dan 450 gram	Tegangan dan arus diukur secara periodik untuk mengetahui pengaruh jumlah substrat terhadap energi listrik yang dihasilkan.	Hasil menunjukkan tegangan optimal sebesar 2,17 V diperoleh pada substrat 450 g. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar jumlah substrat organik, semakin besar pula energi listrik yang dapat dihasilkan.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Penelitian 4	Use of Wastewater and Electrogenic Bacteria to Generate Eco-Friendly Electricity through Microbial Fuel Cells	2023	Magaly De La Cruz-Noriega, dkk	Penelitian ini menggunakan sistem MFC double chamber dengan substrat limbah PTARC serta menambahkan bakteri elektrogenik Stenotrophomonas maltophilia, Acinetobacter bereziniae, dan Achromobacter xylosoxidans sebagai biokatalis.	Parameter yang diuji meliputi tegangan, arus, power density, BOD, serta identifikasi mikroba dominan menggunakan analisis metagenomik	Achromobacter xylosoxidans menghasilkan tegangan tertinggi 1,01 V, arus 0,71 mA, dan power density 195.493 mW/m². Analisis mikroba menunjukkan dominasi Proteobacteria yang berperan penting dalam transfer elektron.
Penelitian 5	Recent Progress in Microbial Fuel Cells Using Substrates from Diverse Sources	2022	Jayesh, dkk	Studi ini berupa review yang membandingkan penggunaan berbagai jenis substrat pada MFC, mulai dari limbah domestik, industri, pertanian, hewan, hingga farmasi	Analisis dilakukan terhadap parameter kinerja MFC seperti tegangan, arus, COD removal, Coulombic Efficiency (CE), dan Power Density (PD).	MFC terbukti mampu menurunkan COD hingga 98% dan menghasilkan listrik dengan variasi tergantung substrat. Substrat acetate dilaporkan paling efisien dalam menghasilkan energi.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Hal	Judul	Tahun	Nama Peneliti	Metode Pengolahan yang Digunakan	Pengjujian	Hasil
Penelitian 6	Pemanfaatan Limbah Tahu untuk Menghasilkan Energi Listrik dengan Sistem MFC Menggunakan Bakteri Lactobacillus bulgaricus	2024	Nurul Mufidah, dkk	Eksperimen dilakukan dengan memanfaatkan limbah cair tahu sebagai substrat pada sistem MFC. Volume substrat divariasikan menjadi 1000 ml dan 1500 ml.	Parameter yang diuji meliputi arus listrik, tegangan listrik, dan daya listrik yang dihasilkan dari masing-masing volume substrat.	Substrat 1000 ml menghasilkan arus 0,5305 mA, tegangan 1,0247 V, dan daya 0,546 mW. Sedangkan substrat 1500 ml menghasilkan arus 0,3951 mA, tegangan 0,9799 V, dan daya 0,388 mW. Volume substrat yang lebih besar tidak selalu menghasilkan energi lebih tinggi.

Penelitian 7	Pengaruh Penambahan Bakteri Escherichia coli O157:H7 terhadap Produksi Energi Listrik pada Sel Bahan Bakar Urine	2014	Subur Pramono, Dkk	Sistem MFC dual chamber digunakan dengan substrat urine 850 ml pada kompartemen anoda. Ditambahkan bakteri E. coli O157:H7 dengan variasi Optical Density (OD) 0,2–0,6.	Parameter yang diuji meliputi kuat arus, tegangan, power density, dan efisiensi sistem.	Tegangan maksimum 453 mV dicapai pada OD 0,6 dengan arus 0,149 mA dan power density 8003 mW/m². Efisiensi tertinggi sebesar 27,76%. Penambahan bakteri terbukti meningkatkan performa MFC.

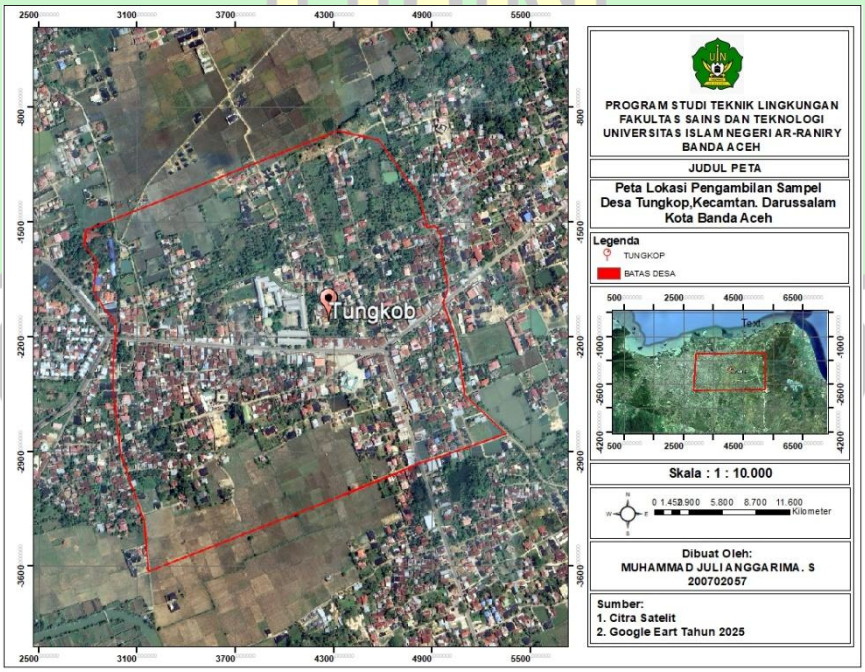
Penelitian 8	Analisis Variasi Substrat Air Cucian Beras dan Kulit Pisang Microbial Fuel Cell terhadap Arus Listrik	2023	Andy Nugraha, dkk	Sistem MFC menggunakan variasi substrat berupa air cucian beras, limbah kulit pisang, serta campuran keduanya (50:50). Inkubasi dilakukan selama 3, 5, dan 7 hari.	Dilakukan pengukuran arus listrik pada setiap variasi substrat dan waktu inkubasi.	Substrat campuran menghasilkan arus tertinggi sebesar 0,262 mA pada inkubasi 5 hari. Umumnya terjadi kenaikan arus pada hari ke-3 hingga ke-5 dan penurunan pada hari ke-7.
Penelitian 9	Enhanced Methane and Energy Generation from Sewage Water Using MFC with Paddy Field Soil Substrate	2025	Zeshan Abbas, dkk	Penelitian ini mengembangkan MFC dual chamber dengan substrat kombinasi air limbah domestik dan tanah sawah.	Penelitian ini mengembangkan MFC dual chamber dengan substrat kombinasi air limbah domestik dan tanah sawah.	

Penelitian 10	Treatment of domestic wastewater using microbial fuel cell for simultaneous electricity generation and pollutant removal	2018	Rahmat dkk	Penelitian menggunakan sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) dua ruang (*dual-chamber MFC)* dengan elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn). Substrat yang digunakan berupa limbah cair domestik tanpa penambahan elektrolit tambahan.	Parameter yang diuji meliputi tegangan listrik (V), arus (I), daya (P), serta kualitas air (BOD, COD, TSS).	Hasil menunjukkan MFC mampu menghasilkan tegangan maksimum sebesar 0,85 V dengan efisiensi penurunan COD sebesar 78% dan BOD sebesar 73%. Peningkatan tegangan terjadi pada fase pertumbuhan logaritmik mikroba (hari ke-4).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

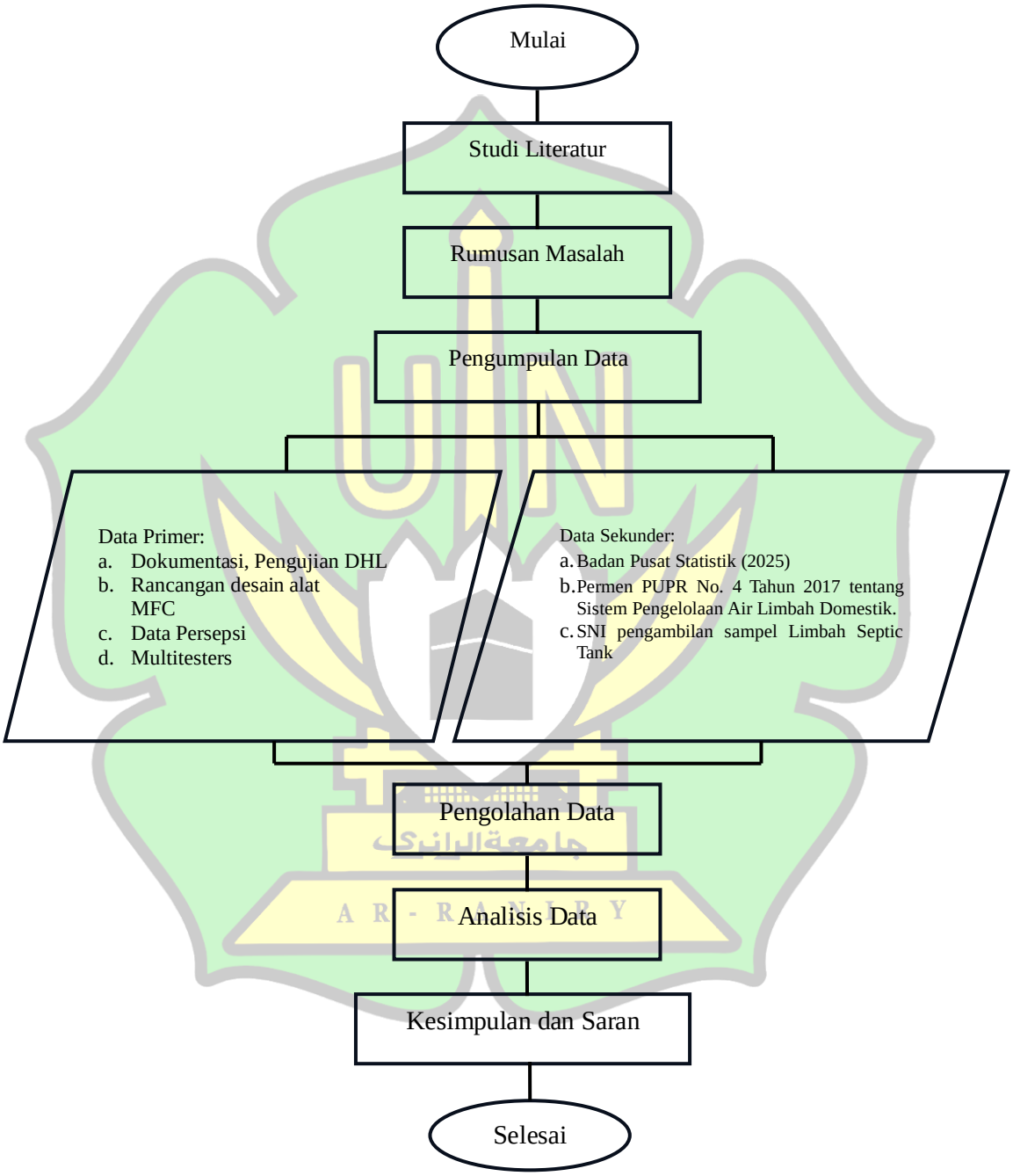
Penelitian ini dilaksanakan di Gampong Tungkop, Kecamatan Darussalam, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Gampong Tungkop memiliki luas wilayah sekitar 381 hektar dan dikenal sebagai kawasan dengan karakteristik agraris. Lokasi penelitian berjarak kurang lebih 3,2 km dari Kantor Camat Darussalam dan sekitar 3,8 km dari Kantor Camat Syiah Kuala. Secara geografis, Gampong Tungkop berbatasan dengan Gampong Barueh di sebelah utara. Secara administratif, Gampong Tungkop berada dalam wilayah pemerintahan Kecamatan Darussalam, Kabupaten Aceh Besar. Peta lokasi penelitian disajikan pada **Gambar 3.1.**



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian

3.2. Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan tugas akhir disusun untuk mempermudah alur berpikir dan mengatur tahapan penelitian secara terarah dan sistematis. Proses perencanaan tersebut disajikan dalam bentuk diagram alir pada **Gambar 3.2.**



Gambar 3.2. Diagram Alir Perencanaan

3.3. Metode Pengumpulan Data

3.3.1. Data Primer

Data Primer diperoleh langsung dari lapangan melalui:

a. Observasi

   Observasi lapangan dilakukan untuk meninjau kondisi tangki septik di Desa Tungkop yang akan digunakan sebagai bahan penelitian MFC.

b. Eksperimen

   Eksperimen dilakukan dengan mengukur daya hantar listrik (DHL air limbah septik tank untuk menilai kemampuannya dalam menghantarkan arus listrik pada sistem MFC. Nilai DHL mencerminkan jumlah ion terlarut yang berperan dalam perpindahan elektron antara anoda dan katoda, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan konduktivitas larutan yang lebih baik dalam mendukung kinerja listrik MFC.

c. Dokumentasi

   Metode dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data melalui penelusuran dan kajian terhadap dokumen tertulis, gambar, atau sumber lain yang berkaitan dengan objek penelitian. Metode ini digunakan untuk memperoleh data sekunder yang mendukung hasil wawancara, observasi, dan kuesioner (Sugiyono, 2013).

d. Survei

   metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mengajukan sejumlah pertanyaan kepada responden untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik, pengetahuan, sikap, dan persepsi responden terhadap suatu permasalahan tertentu (Arikunto, 2010).

3.3.2. Data Skunder

Data sekunder dalam penelitian ini berasal dari berbagai sumber literatur, seperti buku, jurnal, laporan resmi, dokumen dari instansi, publikasi ilmiah yang relevan, serta penelitian sebelumnya yang membahas tentang sarana sanitasi, pengelolaan air limbah, septik tank dan teknologi MFC. Beberapa peraturan juga digunakan sebagai acuan dasar dalam melakukan penelitian ini antara lain:

a. Permen PUPR No. 4 Tahun 2017 tentang Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik.
b. Badan Pusat Statistik (BPS) (2025).
c. SNI 6989.59:2008. Metode pengambilan contoh air limbah

3.3.3. Kondisi Eksisting Septik Tank di Lokasi Penelitian

Berdasarkan hasil observasi lapangan, septik tank di lokasi penelitian berada di bawah permukaan tanah dan ditutup dengan pelat beton, serta dilengkapi lubang inspeksi sebagai akses pemeliharaan. Limbah di dalam septik tank belum disedot secara rutin sehingga fungsinya masih terbatas sebagai penampungan limbah domestik. Kondisi lingkungan sekitar yang ditumbuhi vegetasi liar menunjukkan bahwa pengelolaan septik tank masih bersifat konvensional dan belum dimanfaatkan sebagai sumber energi biolistrik.



Gambar 3.3. Kondisi eksisting septik tank di lokasi penelitian

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa septik tank masih berfungsi secara konvensional dan belum dimanfaatkan sebagai sumber energi biolistrik, sehingga diperlukan perancangan sistem MFC sebagai alternatif pemanfaatan limbah domestik.



Gambar 3.4. Sampel Limbah Septik tank Pada Tanki Septik Tank Desa Tungkop

3.5. Metode Pengambilan Sampel

3.5.1. Sampel Limbah Septik Tank

Pengambilan sampel limbah Septik Tank dilakukan dengan metode grab sampling atau pengambilan sesaat. Metode ini dipilih karena sederhana, praktis, dan mampu merepresentasikan kondisi limbah pada waktu tertentu sesuai dengan SNI 6989.59:2008. Metode Pengambilan contoh air limbah

1. Lokasi Pengambilan
   - Septik tank rumah tangga berada di Desa Tungkop, dan pengurasan dilakukan di lokasi tersebut.
   - Selang pembuangan dari truk penyedot septik tank digunakan pada lokasi layanan yang berada di Kecamatan Darussalam.
2. Waktu Pengambilan
3. Pengambilan sampel dilakukan pada pukul 09.00 WIB dengan durasi pengambilan selama 30 menit.
4. Alat dan Wadah
   - Sampel diambil menggunakan gayung bertangkai sebagai alat pengambilan.
   - Sampel kemudian ditampung dalam jeriken yang bersih dengan kapasitas 5 liter.

5. Pemanfaatan Sampel
    - Sampel yang telah diperoleh digunakan langsung sebagai substrat dalam reaktor MFC.

3.5.2. Proses Penggunaan Limbah Septik Tank

Sebelum digunakan sebagai substrat pada MFC, limbah septik tank didiamkan beberapa menit dan dimasukkan ke dalam Wadah plastik. Substrat kemudian diaduk hingga homogen dan volumenya diukur untuk menyesuaikan kapasitas ruang anoda. Tahap ini dilakukan untuk memastikan kesesuaian jumlah substrat serta menjaga kestabilan proses pengukuran pada MFC. Selanjutnya, substrat dimasukkan ke dalam bejana anoda.



Gambar 3.5. Penampakan Ruang Katoda dan Substrat Limbah Septik Tank



Gambar 3.6. Pengukuran Volume Substrat Limbah Septik Tank

3.6. Alat dan Bahan

3.6.1. Alat

Berikut ini adalah alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 Alat Eksperimen

No	Alat	Kegunaan
1	Reactor MFC	Reaktor MFC menampung substrat dan elektrolit sebagai media reaksi
2	Multimeter digital	Mengukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dari MFC
3	Timbangan	Menimbang bahan seperti garam, agar, atau substrat sesuai kebutuhan
4	Wadah Pencampur	Tempat mencampur larutan KcL dan agar sebelum dibuat jembatan garam
5	Gelas ukur	Mengukur volume air atau larutan agar sesuai takaran
6	Sendok	Mengaduk larutan hingga homogen
7	pipet	Memindahkan larutan dalam jumlah kecil
8	Kabel Tembaga	Menghubungkan elektroda dengan multimeter atau LED
9	LED merah/putih	Beban praktis untuk menguji apakah listrik dari MFC mampu menyalakan lampu

Sumber : Irvan Rachmad Ananto dkk., (Jurnal Rekayasa Energi dan Lingkungan, 2024).

جامعة الرانري
AR-RANIRY

3.6.2 Bahan

Berikut ini adalah bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 3.2**

Tabel 3.2 Bahan Eksperimen

NO	Bahan	Satuan (Jumlah)	Kegunaan
1	Limbah septic tank	300 mL dan 400 mL perreaktor	Substrat utama sebagai sumber mikroba dan bahan organik
2	Air biasa	300 mL dan 400 per ruang (katoda)	Pelarut dalam reaktor MFC
3	Agar-agar bubuk	Setengah sendok makan atau ± 3 g / 100 mL larutan	Media gel untuk pembuatan jembatan garam
4	KaCl	Satu sendok makan atau ± 7 g / 100 mL	Elektrolit dalam jembatan garam untuk menghantarkan ion. (Katolit tambahan)
5	Seng (Zn)	1 lempeng ± 2 x 5	Anoda tempat terjadinya oksidasi
6	Seng (CU)	1 lempeng ± 2 x 5	Katoda tempat terjadinya reduksi
7	Aguades	100 mL	Pelarut untuk pembuatan Jembatan garam

Sumber : Irvan Rachmad Ananto dkk., (Jurnal Rekayasa Energi dan Lingkungan, 2024).

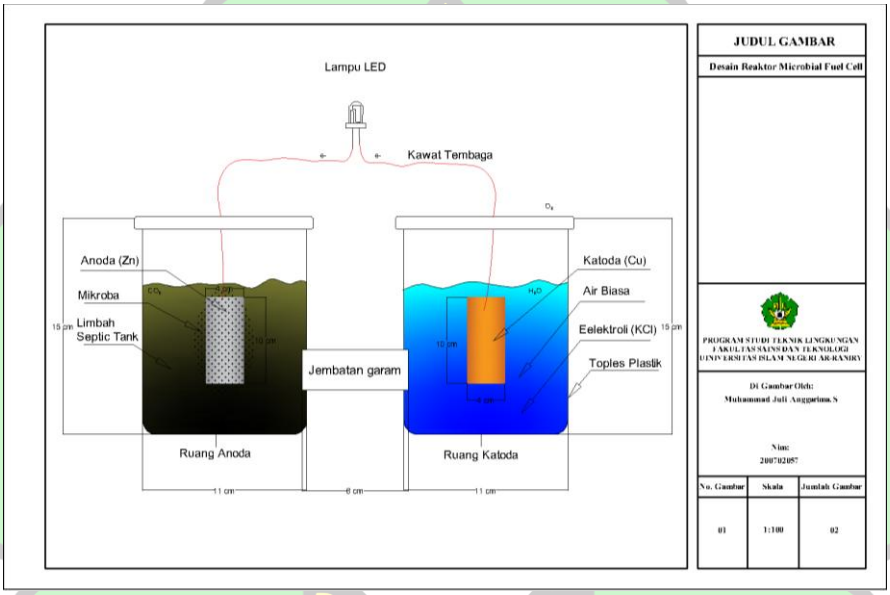
3.7. Desain Raktor MFC

Alat MFC yang digunakan dalam penelitian ini bekerja berdasarkan prinsip sel elektrokimia dengan sistem *dual chamber* yang terdiri atas ruang anoda dan katoda, masing-masing berkapasitas 1.500 mL. Kedua ruang tersebut dipisahkan oleh jembatan garam yang berfungsi sebagai media pertukaran ion untuk mendukung proses elektrokimia, sekaligus menjaga kondisi berbeda pada masing-masing ruang agar kinerja MFC tetap optimal.

Desain MFC menggunakan membran penukar proton yang memungkinkan perpindahan ion H^+ dari ruang anoda ke katoda serta mencegah masuknya oksigen ke dalam ruang anoda. Jembatan garam dibuat dari pipa PVC berdiameter ¾ inci dengan panjang 5 cm yang diisi agar-agar mengandung larutan KCl dalam air aquades. Sambungan pipa direkatkan menggunakan lem silikon untuk mencegah kebocoran dan menjaga kestabilan sistem selama pengoperasian. Luas area kontak

membran dengan larutan diperkirakan sebesar 3 cm², yang mendukung efisiensi transfer proton antar ruang.

Sebelum digunakan, jembatan garam dipersiapkan dengan mengisi pipa PVC menggunakan agar-agar sebagai matriks pembawa larutan KCl untuk meningkatkan luas efektif pertukaran proton. Seluruh bagian kemudian dilapisi lem silikon guna memastikan posisi membran tetap stabil selama proses penelitian. Skema desain MFC yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.7.**



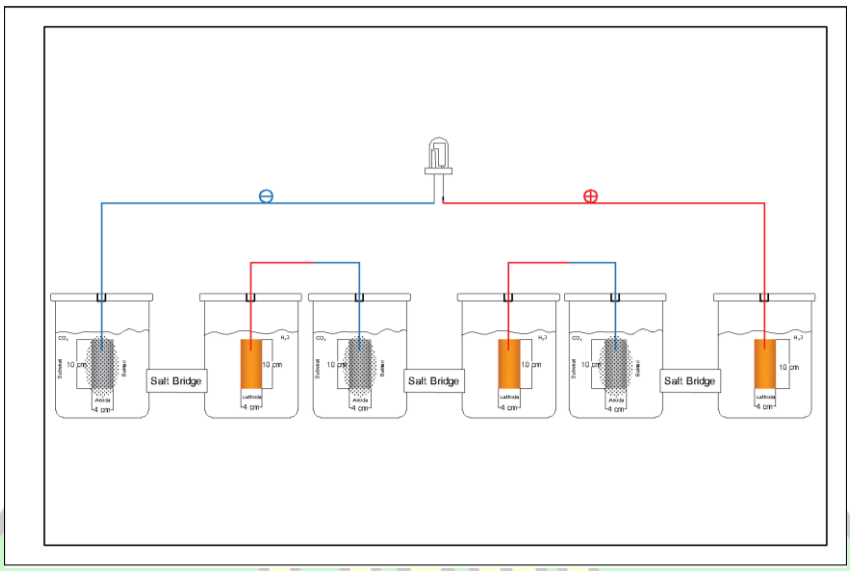
Gambar 3.7. Desain Skema MFC Dual Chamber

Sumber: Irvan Rachmad Ananto dkk., *(Jurnal Rekayasa Energi dan Lingkungan, 2024).*

3.8. Rancangan Rangkain Seri

Sebelum pengoperasian, reaktor MFC disusun dalam rangkaian seri sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 3.8** untuk meningkatkan tegangan yang dihasilkan dari limbah septik tank. Penerapan limbah septik tank pada sistem MFC dengan konfigurasi seri masih terbatas, sehingga informasi mengenai susunan rangkaian yang paling optimal belum banyak tersedia. Pada rangkaian ini, lampu LED dihubungkan dengan elektroda tembaga dan seng sebagai indikator visual keluaran listrik sistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui

kemampuan produksi tegangan dan daya listrik limbah septik tank melalui sistem MFC *dual chamber* dengan konfigurasi seri.



Gambar 3.8. Skema MFC Rangkaian Seri

Sumber : Irvan Rachmad Ananto dkk., (Jurnal Rekayasa Energi dan Lingkungan, 2024)

3.5. Penetuan Sampel Responden

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Tungkop, Kota Banda Aceh, pada periode April hingga November 2025. Penentuan responden dilakukan secara sengaja menggunakan metode *purposive sampling*. Menurut Sugiyono (2013), *purposive sampling* merupakan teknik penentuan sampel berdasarkan pertimbangan atau kriteria tertentu agar sampel yang dipilih sesuai dengan tujuan penelitian.

Dalam penelitian ini, responden dipilih dengan pertimbangan bahwa masyarakat telah memperoleh informasi atau memiliki pengetahuan mengenai pengelolaan limbah domestik dan teknologi energi terbarukan, khususnya pemanfaatan limbah septik tank melalui sistem MFC. Informasi tersebut diperoleh melalui kegiatan sosialisasi, penyuluhan, maupun media informasi seperti televisi, Youtube, dan media sosial (Machmuddin, 2019).

Jumlah responden yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 30 orang, yang dianggap mampu mewakili kondisi masyarakat di Desa Tungkop serta memberikan data yang relevan sesuai dengan tujuan penelitian. Penentuan jumlah

sampel tersebut mengacu pada pendapat Walpole (1995) yang menyatakan bahwa sampel dengan jumlah minimal 30 responden secara empiris telah memenuhi asumsi distribusi normal dan dinilai cukup untuk mewakili populasi yang bersifat homogen. Pada populasi dengan karakteristik yang relatif seragam, penggunaan jumlah sampel yang relatif terbatas masih dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah karena variasi antarindividu cenderung rendah (Zuhdirabbani dkk., 2023). Daftar responden penelitian disajikan pada **Tabel 3.3.**

Tabel 3.3 Daftar Responden (*Purposive Sampling*)

No	Kelompok	Jumlah Per kelompok	Kriteria Pemilihan (*Purposive*)
1	Perangkat Desa	5	Perangkat desa yang mengetahui terlibat dalam pengelolaan lingkungan atau sanitasi desa
2	Kelompok Ibu Rumah Tangga	8	Ibu rumah tangga yang bertanggung jawab pengelolaan sampahatau limbah rumah tangga
3	Pemuda	9	Pemuda aktif yang berpotensi menjadi agen perubahan
4	Masyarakat Umum	8	Warga umum setempat yang berpotensi memanfaatkan teknologi
Total			**30**

Sumber: Zuhdirabbani (2023)

Persepsi masyarakat terhadap pemanfaatan septik tank dengan MFC diukur menggunakan skala Likert dengan pendekatan skoring pada setiap indikator yang telah ditetapkan. Skala Likert digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi individu maupun kelompok terhadap suatu fenomena atau peristiwa tertentu (Sianturi, 2019). Skor diperoleh dari penggabungan beberapa butir pertanyaan yang mewakili aspek pengetahuan, sikap, dan perilaku responden (Budiaji, 2013).

3.6. Prosedur Penelitian

Perancangan MFC pada penelitian ini dilakukan dengan membuat reaktor tipe *dual chamber* yang disusun secara seri untuk meningkatkan tegangan keluaran. Reaktor dibuat dari toples plastik berukuran 15 × 11 cm yang berfungsi sebagai ruang anoda dan katoda. Kedua ruang dihubungkan oleh jembatan garam dari pipa PVC berdiameter ¾ inci dan panjang 5 cm, yang diisi campuran 2 gram agar-agar dan 7 gram KCl. Campuran dipanaskan hingga larut, kemudian dituangkan ke dalam pipa dan dibiarkan memadat sebagai media perpindahan ion.

Elektroda yang digunakan pada setiap ruang terdiri atas lempeng seng (Zn) berukuran 10 × 4 cm dan kawat tembaga (Cu). Sebelum digunakan, elektroda diamplas untuk membersihkan permukaan dan meningkatkan luas area aktif. Ruang anoda diisi limbah septik tank sebanyak 400 mL, sedangkan ruang katoda diisi campuran air biasa 400 mL dan aquades 100 mL. Pada bagian atas ruang katoda disediakan lubang ventilasi untuk menjaga suplai oksigen selama reaksi berlangsung.

Setelah seluruh komponen terpasang, dua unit reaktor MFC dihubungkan secara seri melalui rangkaian eksternal antara elektroda Cu dan Zn. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan menggunakan multimeter dan menghubungkan lampu LED sebagai beban. Pengamatan dilakukan pada hari ke-3 dan ke-4, saat aktivitas mikroorganisme meningkat dan pembentukan arus listrik berlangsung lebih optimal. Lampu LED digunakan sebagai indikator keberhasilan sistem dalam menghasilkan energi listrik dari limbah domestik.

3.7. Metode Analisis Data

3.7.1. Analisis Data Persepsi Masyarakat

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif berdasarkan metode Sugiyono (2013). Pendekatan ini digunakan untuk memproses data dari kuesioner responden dengan tujuan mendapatkan gambaran terukur mengenai tingkat pengetahuan dan persepsi masyarakat terhadap variabel penelitian yang telah ditentukan.

Menurut Sugiyono (2013), analisis data kuantitatif adalah proses pengolahan data berbentuk angka dengan teknik statistik, baik deskriptif maupun inferensial,

untuk menjawab rumusan masalah penelitian dan menguji hipotesis yang telah dibuat.

Pengukuran persepsi masyarakat menggunakan skala Likert, di mana setiap jawaban responden dikaitkan dengan pernyataan yang mencerminkan tingkat persetujuan terhadap aspek yang dinilai.

Data dianalisis menggunakan skala Likert untuk mengukur tingkat pengetahuan, sikap, dan persepsi responden terhadap fenomena sosial yang menjadi fokus penelitian. Skala Likert disusun berdasarkan lima alternatif jawaban dengan bobot skor seperti pada **Tabel 3.5**

Tabel 3. 4 Skla Likert

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat Setuju (SS)	5
Setuju (S)	4
Netral (N)	3
Tidak Setuju (TS)	2
Sangat Tidak Setuju (STS)	1

Setiap jawaban responden diberikan skor sesuai dengan tingkat persetujuannya terhadap pernyataan yang diajukan. Data yang diperoleh dari 30 responden kemudian dijumlahkan untuk memperoleh total skor persepsi masyarakat.

Skor tertinggi diperoleh apabila seluruh responden memberikan jawaban "Sangat Setuju", yaitu:

$$\text{Skor Tertinggi} = 5 \times 30 = 150$$

Skor terendah diperoleh apabila seluruh responden menjawab "Sangat Tidak Setuju",

$$\text{Skor terendah} = 1 \times 30 = 30$$

Selanjutnya, hasil penjumlahan total skor responden dihitung untuk memperoleh persentase indeks persepsi dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Indeks } (\%) = \frac{\text{Total Skor}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100$$

Hasil indeks yang diperoleh kemudian dikelompokkan ke dalam tiga tingkatan, yaitu tinggi, sedang, dan rendah, berdasarkan rentang nilai 150. Penentuan batas antar kategori menggunakan rumus interval kelas sebagaimana dikemukakan oleh Asriani (2020):

$$I = \frac{D}{C}$$

Keterangan:

- I = Interval kelas
- D = Rentang (100%)
- C = Banyaknya kategori (3 kategori: tinggi, sedang, rendah)

Hasil yang didapatkan kemudian dikelompokkana ke tiga tingkatan skor dan rentang 100 dengan kriteria persepsi yakni tinggi, sedang dan rendah. Keputusan kriteria ini diperoleh melalui rumus interval sebagaimana dalam kajian (Asriani dkk., 2020) sebagai berikut:

Tabel 3.5 Tingkat persepsi

Rentang Indeks (%)	Kategori Perseps
1% – 33%	Rendah
34% – 66%	Sedang
67% – 100%	Tinggi

Dengan demikian, nilai persentase indeks yang diperoleh dari hasil kuesioner digunakan untuk menentukan tingkat persepsi masyarakat terhadap pemanfaatan teknologi MFC dari limbah septik tank dalam menghasilkan energi biolistrik.

3.8.2. Analisis Data Parameter Kelistrikan Sistem MFC

Analisis data dilakukan untuk mengetahui besarnya parameter kelistrikan yang dihasilkan oleh sistem sel bahan bakar mikroba dengan limbah septik tank sebagai substrat dan elektroda tembaga (Cu) serta seng (Zn). Analisis mencakup tegangan, arus, daya, dan kerapatan daya yang dihasilkan oleh reaktor.

Data pengukuran arus dan tegangan diperoleh menggunakan multimeter digital, kemudian dianalisis dengan persamaan dasar kelistrikan sebagai berikut:

1. Menentukan Tegangan Listrik

   Tegangan listrik pada rangkaian diukur menggunakan multimeter digital dan dianalisis dengan persamaan berikut:

$$V = I \times R$$

Di mana:

- V = Tegangan listrik (Volt)
- I = Kuat arus (Ampere)
- R = Hambatan (Ohm)

2. Menentukan Tegangan Total pada Rangkaian Seri

   Tegangan total pada sistem rangkaian seri diperoleh dengan menjumlahkan nilai tegangan dari setiap sel MFC:

$$V_{total} = V1 + V2 + V3$$

di mana:

- V_{total} = Tegangan total (Volt)
- *V1*, *V2*, *V3* = Tegangan masing-masing sel

Hasil pengukuran, baik tegangan maupun arus, dicatat secara berkala dalam tabel data untuk dianalisis lebih lanjut.

3. Menentukan Arus Listrik Arus listrik dalam rangkaian diukur menggunakan multimeter digital pada mode amperemeter yang dihubungkan secara seri. Seluruh data arus dicatat dalam satuan miliampere (mA) sesuai bacaan alat (Ananto dkk., 2023).

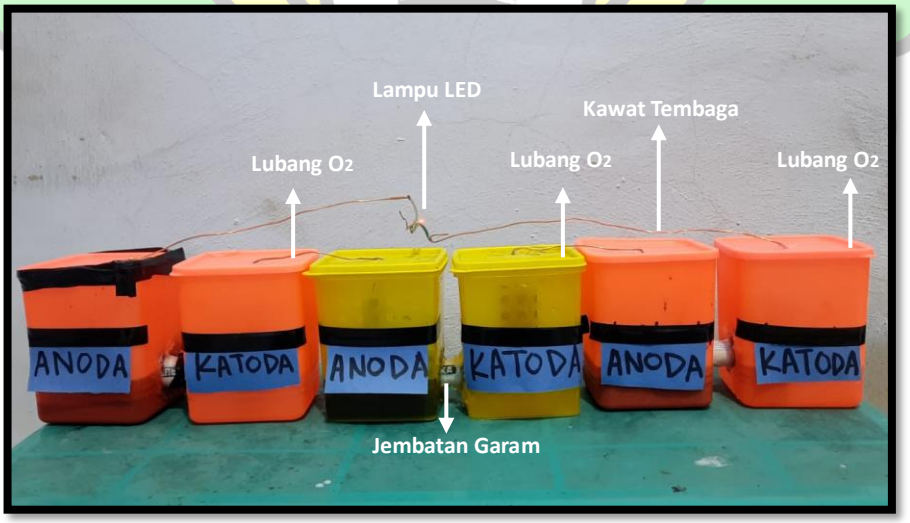
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Perancangan dan Perakitan Sistem MFC

Sistem MFC menggunakan air limbah septik tank sebagai substrat utama dengan memanfaatkan bahan daur ulang sederhana. Reaktor dua kompartemen anoda–katoda ditutup rapat untuk menjaga stabilitas aktivitas mikroorganisme, sedangkan kompartemen katoda dilengkapi dengan lubang kecil sebagai saluran masuk oksigen. Elektroda dihubungkan secara seri menggunakan kabel tembaga dengan tujuan meningkatkan tegangan keluaran dan dirangkai dengan lampu LED sebagai beban Seprti ditunjukan pada **Gambar 4.1.** Setelah seluruh sambungan dipastikan aman, sistem MFC siap untuk dioperasikan.

Sebelum dilakukan pengoperasian, perlakuan kontrol tidak digunakan dalam penelitian ini karena fokus penelitian diarahkan pada pemanfaatan limbah septik tank sebagai sumber energi listrik untuk menyalakan lampu dengan menggunakan konfigurasi sistem MFC yang telah terbukti menghasilkan tegangan tertinggi.



Gambar 4.1. Hasil Rangkaian MFC.

4.1.2. Pengukran Tegangan Kinerja Listrik MFC

Pengukuran tegangan pada sistem MFC bertujuan mengetahui besarnya energi listrik yang dihasilkan dari air limbah septik tank. Sistem pengukuran memakai multimeter digital yang terhubung ke rangkaian seri MFC melalui kabel penghantar, seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.2** Pengambilan data dilakukan setelah sistem beroperasi dan lampu LED terpasang sebagai beban. Kondisi ini memastikan nilai tegangan yang tercatat mencerminkan kinerja sistem saat digunakan secara nyata.



Gambar 4.2. Pengukuran tegangan listrik pada sistem MFC.

Berdasarkan hasil pengukuran, sistem MFC menghasilkan tegangan sebesar 3,02 V. Nilai ini menunjukkan bahwa penyusunan seri tiga unit reaktor MFC mampu meningkatkan tegangan keluaran hingga cukup untuk menyalakan lampu LED. Kondisi ini sejalan dengan temuan Abazarian (2023) yang melaporkan bahwa rangkaian seri MFC berbahan wastewater septik efektif meningkatkan tegangan untuk aplikasi sederhana seperti LED melalui aktivitas mikroba yang mengonversi energi kimia menjadi listrik. Tegangan yang dihasilkan mencerminkan aliran elektron dari ruang anoda ke katoda melalui rangkaian eksternal berlangsung stabil selama sistem bekerja dengan beban nyata. Narasi ini menegaskan bahwa konfigurasi seri memberi kontribusi langsung terhadap peningkatan kinerja listrik MFC pada skala aplikasi sederhana (Abazarian dkk., 2023).

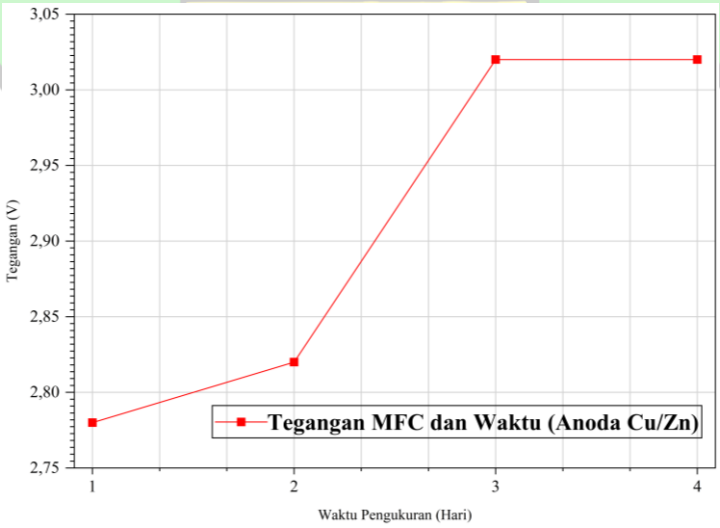
4.2. Pengaruh Jenis Anoda (Cu dan Zn) terhadap Tegangan MFC

Berdasarkan pengujian kinerja sistem MFC, penelitian ini menghasilkan data tegangan listrik dari proses yang menggunakan limbah septik tank sebagai substrat. Pengukuran tegangan membandingkan dua jenis anoda, yaitu tembaga (Cu) dan seng (Zn), untuk melihat perbedaan kinerja listrik yang dihasilkan. Penelitian berlangsung selama empat hari guna memantau perubahan nilai tegangan selama proses reaksi elektrokimia di dalam reaktor. Variasi jenis anoda digunakan untuk mengevaluasi pengaruh material elektroda terhadap tegangan keluaran MFC. Perbandingan nilai tegangan antara anoda Cu dan Zn menunjukkan respons sistem yang berbeda selama periode pengamatan. Seluruh hasil pengukuran tegangan dan pengaruh jenis anoda terhadap kinerja MFC disajikan pada **Tabel 4.1.**

Tabel 4. 1 Pengukuran Nilai Tegangan Jenis Anoda (Cu dan Zn)

Pengkuran (Hari)	Jenis Anoda	Tegangan (V)
1	Cu/Zn	2.78
2	Cu/Zn	2.82
3	Cu/Zn	3,02
4	Cu/Zn	3.02

Sumber: Hasil Penelitian, 2026



Gambar 4.3. Pengukuran Waktu Tegangan MFC dan jenis Anoda (Cu dan Zn).

Berdasarkan **Gambar 4.3**, penggunaan anoda (Cu) dan (Zn) memengaruhi nilai tegangan sistem MFC selama empat hari pengamatan. Tegangan meningkat dari 2,78 V pada hari pertama menjadi 2,82 V pada hari kedua, lalu mencapai 3,02 V pada hari ketiga dan tetap pada nilai yang sama hingga hari keempat. Pola ini menunjukkan peningkatan kinerja sistem pada fase awal operasi, kemudian mencapai kondisi stabil. Kenaikan tegangan terjadi seiring meningkatnya aktivitas mikroorganisme di ruang anoda yang menguraikan substrat organik dan menghasilkan elektron. Elektron tersebut mengalir menuju katoda melalui rangkaian eksternal sehingga membentuk beda potensial. Pengukuran tegangan menggunakan multimeter digital dalam satuan *volt* (V). Hasil ini menegaskan bahwa sistem MFC mampu mempertahankan tegangan yang stabil selama periode pengamatan.

Tegangan listrik pada sistem MFC muncul akibat perpindahan elektron melalui rangkaian eksternal yang dipicu oleh perbedaan potensial antara anoda dan katoda (Zhang dkk., 2020). Besarnya tegangan bergantung pada nilai beda potensial yang terbentuk selama reaksi berlangsung. Jenis anoda berperan penting karena karakteristik material elektroda memengaruhi efisiensi transfer elektron dari mikroorganisme ke rangkaian eksternal. Anoda dengan kemampuan transfer elektron yang lebih baik menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dan lebih stabil. Temuan ini mendukung hasil pengamatan bahwa kombinasi anoda (Cu) dan (Zn) berkontribusi langsung terhadap kestabilan dan peningkatan tegangan pada sistem MFC yang diuji (Li dkk., 2022).

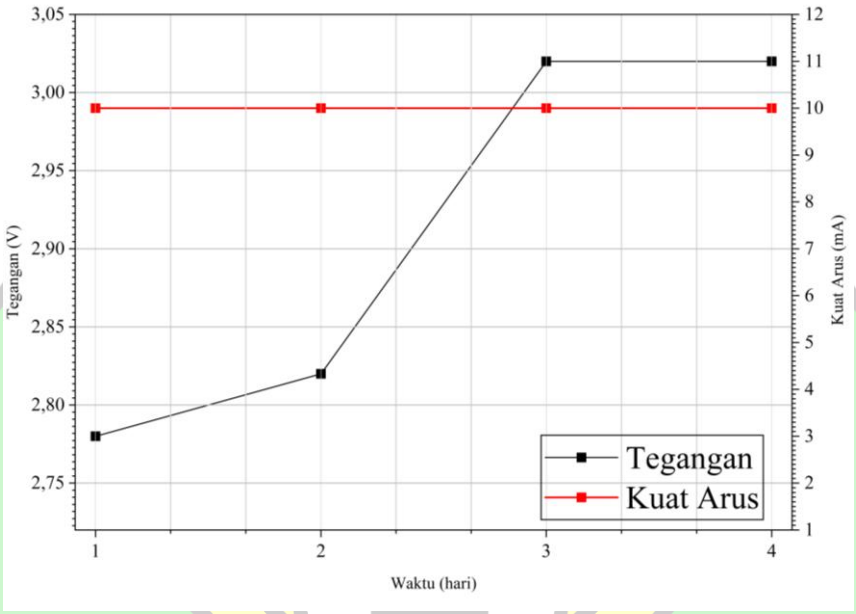
4.3. Hasil Kinerja Listrik Sistem MFC

Tabel 4.2 Pengukuran Tegangan MFC

No	Waktu hari ke	Tegangan(V)	Kuat Arus (mA)
1	1	2.78	10
2	2	2.82	10
3	3	3.02	10
4	4	3.02	10

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Hasil pengukuran pada **Tabel 4.2** menunjukkan peningkatan nilai tegangan sistem MFC selama empat hari pengamatan, dari 2,78 V pada hari pertama menjadi 2,82 V pada hari kedua, lalu mencapai 3,02 V pada hari ketiga dan tetap pada hari keempat. Selama pengujian, nilai kuat arus berada pada angka 10 mA dan tidak mengalami perubahan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem MFC menghasilkan keluaran listrik yang stabil selama periode pengamatan.



Gambar 4.4.Grafik Tegangan MFC.

Gambar 4.4 menunjukkan perubahan tegangan sistem MFC selama empat hari pengamatan dengan komposisi sistem yang tetap. Tegangan tercatat sebesar 2,78 V pada hari pertama dan meningkat menjadi 2,82 V pada hari kedua dengan nilai kuat arus yang sama, yaitu 10 mA. Pada hari ketiga dan keempat, tegangan mencapai 3,02 V dan tetap stabil dengan arus sebesar 10 mA. Pola peningkatan diikuti kestabilan tegangan ini menunjukkan bahwa aktivitas mikroorganisme dan pembentukan *biofilm* di dalam reaktor berkembang dengan baik. *Biofilm* yang terbentuk pada permukaan elektroda mendukung transfer elektron secara konsisten, sehingga sistem MFC mampu mempertahankan keluaran listrik yang stabil selama operasi. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menegaskan peran biofilm elektroda dalam menjaga kestabilan tegangan pada sistem MFC selama proses reaktor berlangsung (Chakma dkk., 2025).

4.3.1. Tegangan, Arus, dan Kerapatan Daya (Power Density)

Sistem MFC yang disusun secara seri menghasilkan kerapatan daya sebesar 1.258,33 mW/m². Nilai ini berasal dari tegangan maksimum 3,02 V dan kuat arus 10 mA yang terukur selama pengujian. Reaktor MFC menggunakan substrat air limbah septik tank dengan jembatan garam berbasis larutan KCl yang dipadatkan menggunakan agar. Daya listrik total sistem mencapai 0,0302 W, hasil perkalian antara tegangan dan arus listrik. Perhitungan kerapatan daya menggunakan luas permukaan elektroda total sebesar 0,024 m², yang berasal dari enam elektroda anoda dan katoda dengan ukuran masing-masing 10 cm × 4 cm. Nilai kerapatan daya ini menunjukkan bahwa sistem MFC mampu menghasilkan energi biolistrik secara efektif dari limbah septik tank berdasarkan luas elektroda yang digunakan.

4.3.2. Hasil Nilai Optimasi Tegangan Sistem MFC

Berdasarkan hasil pengukuran MFC berbahan limbah septik tank yang dirangkai secara seri, tegangan optimum berada pada rentang 2,82 V hingga 3,02 V. Rentang ini menunjukkan bahwa proses biodegradasi oleh mikroorganisme di dalam reaktor menghasilkan beda potensial yang stabil selama pengujian. Penyusunan beberapa unit MFC secara seri meningkatkan tegangan keluaran tanpa menurunkan kestabilan potensial tiap unit. Temuan ini sejalan dengan laporan sebelumnya yang menyatakan bahwa aktivitas mikroorganisme mampu menghasilkan tegangan yang stabil dan konfigurasi seri efektif meningkatkan tegangan keluaran sistem MFC (Chakma dkk., 2025).

4.4. Analisis Persepsi dan Kesediaan Partisipasi Masyarakat

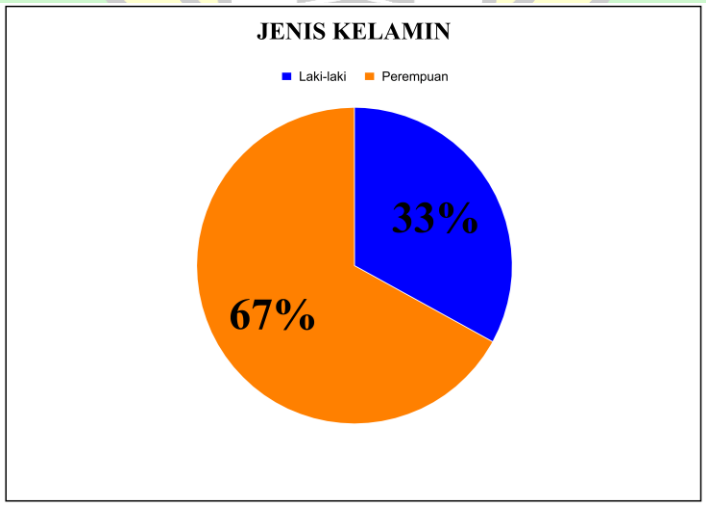
Mengacu pada hasil analisis persepsi dan kesediaan partisipasi masyarakat, tingkat penerimaan terhadap teknologi MFC berada pada kategori sedang hingga tinggi. Responden menunjukkan penilaian positif terhadap penggunaan limbah septik tank sebagai sumber energi biolistrik di Desa Tungkop, Kecamatan Darussalam, Kabupaten Aceh Besar. Temuan ini menunjukkan bahwa masyarakat menerima penerapan teknologi MFC dan membuka peluang penerapan pada skala lingkungan permukiman.

4.4.1. Kondisi Sosial Ekonomi dan Sanitasi Masyarakat Desa Tungkop

Masyarakat Desa Tungkop, Kecamatan Darussalam, Kabupaten Aceh Besar, memiliki kondisi sosial ekonomi yang beragam. Mata pencaharian penduduk didominasi sektor pertanian dan pekerjaan informal seperti buruh bangunan, pedagang, wiraswasta, serta ibu rumah tangga. Data sekunder menunjukkan sekitar 65% penduduk bekerja di sektor pertanian dan informal, dengan tingkat pendidikan yang umumnya berada pada jenjang dasar hingga menengah sekitar 70%.

Kondisi sosial ekonomi ini memengaruhi ketersediaan dan pengelolaan sarana sanitasi. Sebagian besar rumah tangga masih menggunakan septik tank individu yang dikelola secara mandiri. Keterbatasan pendapatan dan rendahnya pengetahuan teknis menyebabkan sebagian sistem sanitasi belum memenuhi standar teknis yang direkomendasikan. Sekitar 70% rumah tangga masih mengandalkan septik tank individu, sementara sistem sanitasi komunal atau terpusat masih terbatas (BPS Aceh Besar, 2023).

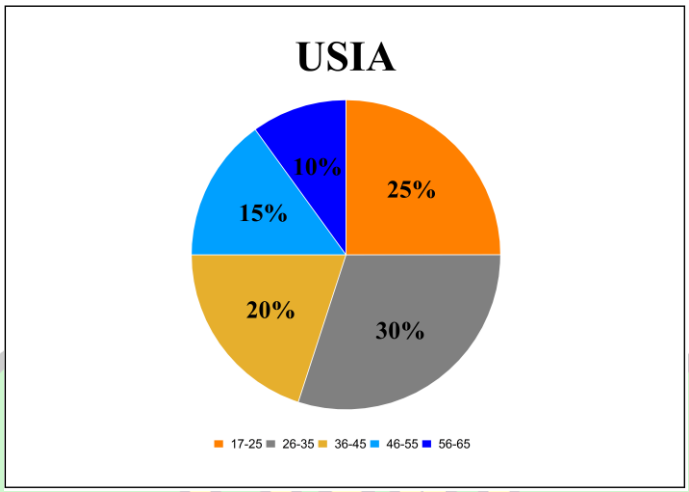
4.4.2. Karakteristik Responden



Gambar 4.5. Jenis Kelamin Responden.

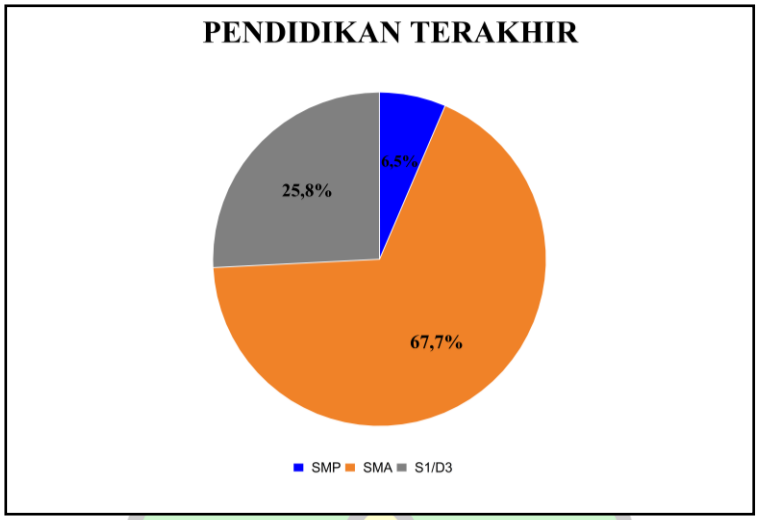
Jumlah responden dalam penelitian ini sebanyak 30 orang. Komposisi responden didominasi perempuan sebanyak 20 orang atau 67%, sedangkan responden laki-laki berjumlah 10 orang atau 33%. Distribusi jenis kelamin

responden ditampilkan pada **Gambar 4.5**. Dominasi responden perempuan menunjukkan peran aktif perempuan, terutama ibu rumah tangga, dalam pengelolaan sanitasi dan lingkungan pada tingkat rumah tangga.



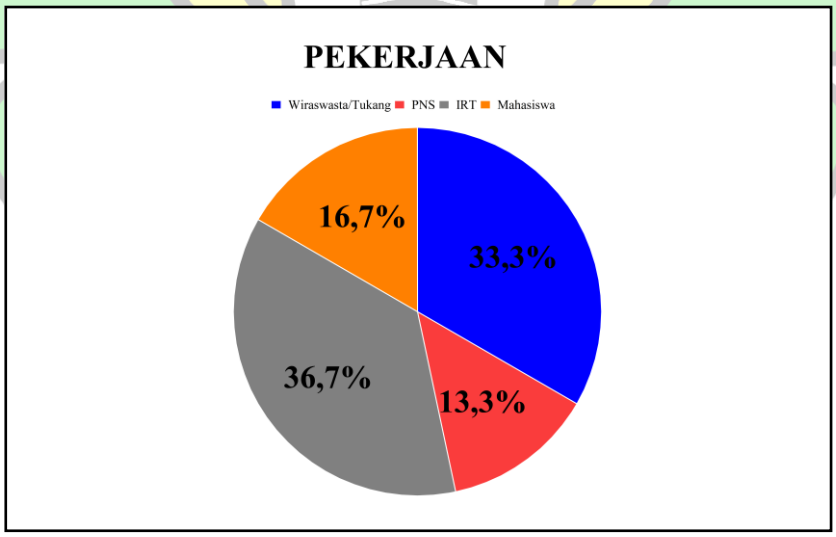
Gambar 4.6. Usia Responden.

Ditinjau dari kelompok usia, sebagian besar responden berada pada usia produktif. Kelompok usia 26–35 tahun menjadi responden terbanyak dengan persentase 30%, diikuti usia 17–25 tahun sebesar 25%, usia 36–45 tahun sebesar 20%, usia 46–55 tahun sebesar 15%, dan usia 56–65 tahun sebesar 10%. Distribusi usia responden ditampilkan pada **Gambar 4.6**. Komposisi usia ini menunjukkan bahwa mayoritas responden berada pada rentang usia aktif yang berpotensi mendukung penerapan inovasi teknologi lingkungan.



Gambar 4.7. Pendidikan Terakhir Responden.

Berdasarkan dari tingkat pendidikan, mayoritas responden memiliki pendidikan terakhir SMA atau sederajat dengan persentase 67,7%. Responden dengan pendidikan D3 atau S1 sebesar 25,8%, sedangkan pendidikan SMP sebesar 6,5%. Distribusi tingkat pendidikan responden ditampilkan pada **Gambar 4.7**. Komposisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki latar belakang pendidikan menengah.



Gambar 4.8. Pekerjaan Responden.

Berdasarkan dari jenis pekerjaan, responden didominasi oleh ibu rumah tangga sebesar 36,7% atau 11 orang. Responden dengan pekerjaan wiraswasta atau tukang mencapai 33,3% atau 10 orang, diikuti mahasiswa sebesar 16,7% atau

5 orang, serta PNS sebesar 13,3% atau 4 orang. Distribusi pekerjaan responden ditampilkan pada **Gambar 4.8**. Komposisi ini menunjukkan bahwa mayoritas responden berasal dari kelompok pekerjaan nonformal dan rumah tangga.

4.5. Persepsi Masyarakat terhadap Sanitasi dan Dampak Limbah Septik Tank

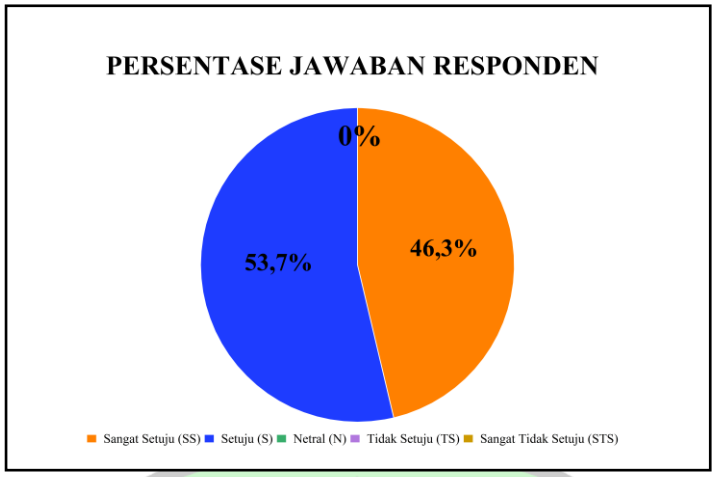
Secara umum, persepsi masyarakat Desa Tungkop terhadap sanitasi, dampak limbah septik tank, dan pemanfaatan teknologi MFC menunjukkan kecenderungan positif. Gambaran persepsi ini diperoleh dari hasil pengolahan kuesioner yang disajikan pada **Tabel 4.3**, yang memuat distribusi jawaban responden untuk seluruh pernyataan yang diajukan.

Tabel 4.3 Skor Persepsi Masyarakat terhadap Sanitasi, Dampak Limbah, dan Teknologi MFC

Kategori Jawaban	Jumlah Jawaban	Persentase (%)
Sangat Setuju (SS)	193	53,6%
Setuju (S)	167	46,4%
Netral (N)	0	0%
Tidak Setuju (TS)	0	0%
Sangat Tidak Setuju (STS)	0	0%
Total	**360**	**100%**

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Tabel 4.3 menunjukkan dominasi jawaban Sangat Setuju sebesar 54% dan Setuju sebesar 46%. Tidak terdapat jawaban pada kategori Ragu-ragu, Tidak Setuju, maupun Sangat Tidak Setuju. Pola ini menunjukkan bahwa sikap responden cenderung mendukung isu sanitasi, kesadaran terhadap dampak limbah septik tank, serta penerapan teknologi MFC.



Gambar 4.9. Persepsi Pemanfaatan Teknologi MFC.

Gambar 4.9 menampilkan gambaran visual kecenderungan persepsi masyarakat. Diagram tersebut menunjukkan dominasi jawaban Setuju dan Sangat Setuju yang menegaskan adanya persepsi positif terhadap pemanfaatan teknologi MFC. Tingginya tingkat persetujuan responden berkaitan dengan penjelasan awal yang diberikan sebelum pengisian kuesioner. Kondisi ini menunjukkan bahwa hasil pada subbab ini merepresentasikan persepsi masyarakat setelah menerima informasi dasar mengenai teknologi MFC.

Analisis persepsi masyarakat disusun berdasarkan karakteristik responden yang diklasifikasikan berdasarkan**:**

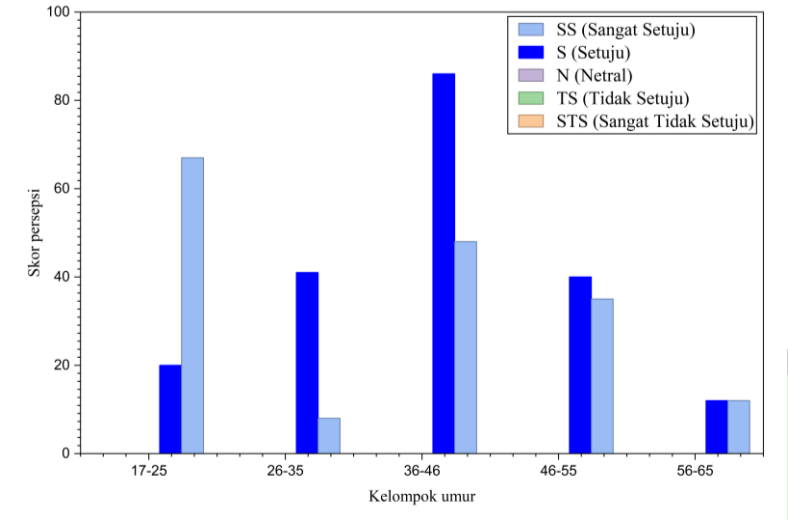
a. Persepsi Berdasarkan Usia

Tabel 4.4 Persepsi Responden Berdasarkan Kelompok Usia

Usia	STS	TS	N	S	SS	Persentase (%)
17-25	0	0	0	20	67	23,58
26-35	0	0	0	41	8	13,28
36-46	0	0	0	86	48	36,31
46-55	0	0	0	40	35	20,33
56-65	0	0	0	12	12	6,50
Total						100,00%

Sumber: Hasil Penelitian, 2025.

Berdasarkan Persepsi responden terhadap pemanfaatan MFC didominasi oleh kelompok usia 36–46 tahun dengan persentase sebesar 36,31%. Nilai rata-rata persepsi responden berada pada kategori setuju hingga sangat setuju, yang menunjukkan tingkat penerimaan yang tinggi terhadap teknologi MFC.



Gambar 4.10. Persepsi Responden Berdasarkan Kelompok Usia.

Diagram persepsi responden berdasarkan kelompok usia menunjukkan dominasi respon Setuju dan Sangat Setuju terhadap pemanfaatan MFC pada seluruh kelompok usia. Kelompok usia 36–46 tahun menunjukkan tingkat penerimaan tertinggi, diikuti kelompok usia 17–25 tahun dan 46–55 tahun. Kelompok usia 26–35 tahun serta 56–65 tahun memiliki tingkat penerimaan yang lebih rendah, tetapi tetap berada pada kategori positif. Pola ini menunjukkan bahwa teknologi MFC dapat diterima oleh seluruh kelompok usia responden.

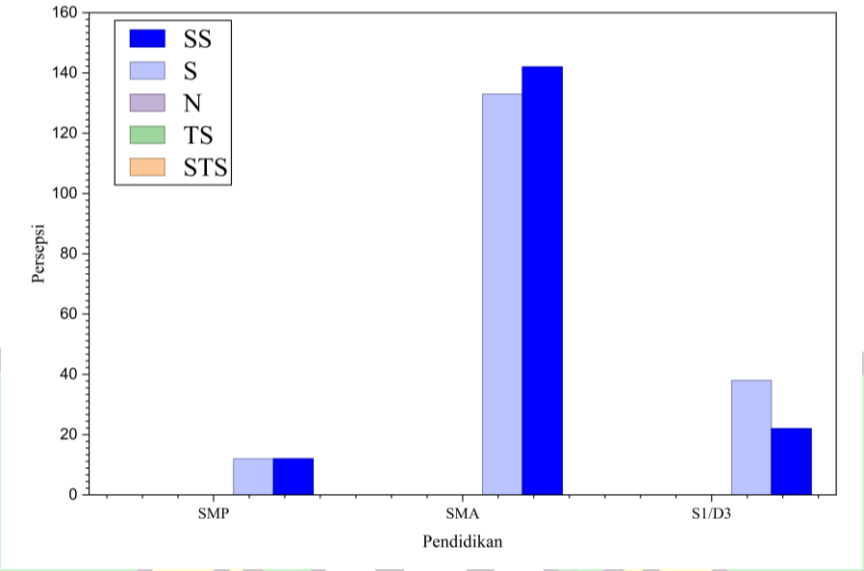
b. Persepsi Berdasarkan Pendidikan

Tabel 4. 5 Persepsi Berdasarkan Pendidikan

Pendidikan	**STS**	**TS**	**N**	**S**	**SS**	**Persentase (%)**
SMP	0	0	0	12	12	6,69%
SMA	0	0	0	133	142	76,60%
S1/D3	0	0	0	38	22	16,71%
Total						**100,00%**

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Berdasarkan tabel persepsi responden berdasarkan tingkat pendidikan, tanggapan terhadap pemanfaatan MFC berada pada kategori Setuju dan Sangat Setuju pada seluruh tingkat pendidikan. Responden dengan pendidikan SMA memiliki persentase terbesar sebesar 76,60%, diikuti D3/S1 sebesar 16,71% dan SMP sebesar 6,69%.



Gambar 4.11. Persepsi Berdasarkan Pendidikan.

Diagram menunjukkan bahwa persepsi responden terhadap pemanfaatan MFC didominasi oleh kelompok pendidikan SMA dengan persentase 76,60%, diikuti D3/S1 sebesar 16,71% dan SMP sebesar 6,69%. Secara umum, seluruh tingkat pendidikan menunjukkan kecenderungan penilaian pada kategori Setuju dan Sangat Setuju. Temuan ini menegaskan bahwa tingkat pendidikan tidak menjadi penghambat dalam penerimaan pemanfaatan MFC oleh responden.

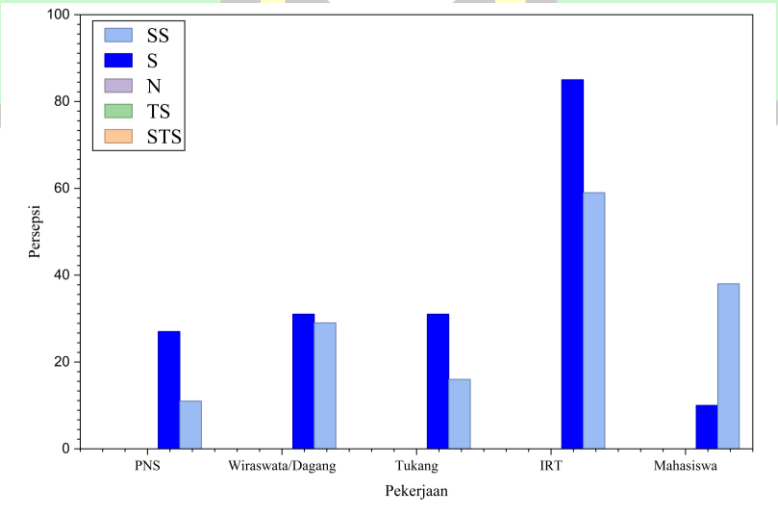
c. Persepsi Berdasarkan Pekerjaan

Tabel 4.6 Persepsi Berdasarkan Pekerjaan

Pekerjanaan	STS	TS	N	S	SS	Persentase (%)
PNS	0	0	0	27	11	11,27%
Wiraswata/Dagang	0	0	0	31	29	17,80%
Tukang	0	0	0	31	16	13,94%
IRT	0	0	0	85	59	42,73%
Mahasiswa	0	0	0	10	38	14,25%
Total						**100,00%**

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Kelompok ibu rumah tangga menyumbang 42,7% responden dengan jumlah 144 orang, sejalan dengan profil responden di Desa Tungkop yang didominasi oleh ibu rumah tangga. Kelompok mahasiswa sebesar 14,2% dan wiraswasta atau pedagang sebesar 17,8% menunjukkan keterlibatan responden dari rentang usia muda hingga dewasa. Komposisi pekerjaan ini mencerminkan keragaman latar belakang responden yang relevan untuk menilai penerimaan teknologi MFC di wilayah Aceh Besar, khususnya pada konteks rumah tangga dan aktivitas ekonomi sehari-hari.



Gambar 4.12. Persepsi Berdasarkan Pekerjaan.

Diagram persepsi responden menurut jenis pekerjaan menunjukkan pola dukungan yang kuat terhadap pemanfaatan limbah septik tank sebagai sumber energi biolistrik. Kelompok ibu rumah tangga mendominasi dengan persentase 42,7% dan proporsi Sangat Setuju tertinggi sekitar 41%. Kelompok mahasiswa sebesar 14,2% serta wiraswasta atau pedagang sebesar 17,8% juga menunjukkan dukungan terhadap pemanfaatan limbah septik tank sebagai sumber energi biolistrik. Tidak ditemukan respon negatif pada seluruh kelompok pekerjaan, yang menunjukkan pola persepsi yang konsisten dan positif.

4.6. Persepsi Masyarakat terhadap sanitasi Aman di Desa Tungkop

Masyarakat Desa Tungkop menunjukkan persepsi sangat positif terhadap sanitasi aman. Seluruh responden menyatakan setuju atau sangat setuju bahwa sanitasi lingkungan aman dan kesadaran sanitasi tinggi, dengan rata-rata skor 4,46 pada kedua indikator. Persepsi terhadap fungsi septic tank mencatat nilai tertinggi dengan rata-rata 4,52 dan tingkat persetujuan 100%. Hasil ini menunjukkan bahwa infrastruktur sanitasi yang ada telah memenuhi harapan masyarakat dan mendukung praktik hidup bersih dalam kegiatan sehari-hari.

Tabel 4.7 Persepsi masyarakat terhadap Sanitasi Aman di desa Tungkop

No	Pernyataan	STS (1)	TS (2)	N (3)	S (4)	SS (5)	Rata-rata	Kategori
A. Sanitasi Aman								
1	Sanitasi lingkungan aman	0	0	0	18	12	4.46	Tinggi
2	Kesadaran sanitasi tinggi	0	0	0	18	12	4.46	Tinggi
3	Septic tank berfungsi baik	0	0	0	16	14	4.52	Tinggi

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

4.7. Persepsi Masyarakat Terhadap Dampak Limbah di Desa Tungkop

Persepsi masyarakat Desa Tungkop terhadap dampak limbah septik tank berada pada tingkat sangat tinggi di seluruh aspek yang dinilai. Seluruh responden menyatakan setuju atau sangat setuju bahwa limbah septik tank mencemari air tanah dengan skor tertinggi 4,61 dan menimbulkan dampak kesehatan dengan skor 4,48. Kesadaran terhadap pentingnya pengelolaan limbah juga menunjukkan nilai tinggi dengan rata-rata skor 4,52. Temuan ini menunjukkan bahwa masyarakat memiliki pemahaman yang kuat mengenai risiko lingkungan akibat limbah septik tank serta kebutuhan akan solusi pengolahan yang berkelanjutan.

Tabel 4.8 Persepsi masyarakat terhadap Dampak Limbah Septik Tank di desa Tungkop

No	Pernyataan	STS (1)	TS (2)	N (3)	S (4)	SS (5)	Rata-rata	Kategori
B. Dampak Limbah								
4	Limbah cemari air tanah	0	0	0	16	14	4.61	Tinggi
5	Dampak kesehatan limbah	0	0	0	16	14	4.48	Tinggi
6	Peduli pengelolaan limbah	0	0	0	17	13	4.52	Tinggi

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

4.8. Persepsi masyarakat terhadap Potensi Pemanfaatan di desa Tungkop

Persepsi masyarakat terhadap potensi pemanfaatan limbah septic tank berada pada kategori tinggi secara konsisten. Potensi limbah sebagai sumber energi alternatif dan sebagai upaya pengurangan pencemaran masing-masing memperoleh skor rata-rata 4,48. Dukungan terhadap inovasi pengolahan limbah mencatat nilai tertinggi dengan skor 4,67. Temuan ini menunjukkan kesiapan masyarakat untuk menerima penerapan teknologi pengolahan limbah yang memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan.

Tabel 4.9 Persepsi masyarakat terhadap Potensi Pemanfaatan di desa Tungkop

No	Pernyataan	STS (1)	TS (2)	N (3)	S (4)	SS (5)	Rata-rata	Kategori
C. Potensi Pemanfaatan								
7	Potensi energi alternatif	0	0	0	20	10	4.48	Tinggi
8	Kurangi pencemaran	0	0	0	18	12	4.48	Tinggi
9	Dukung inovasi limbah	0	0	0	10	20	4.67	Tinggi

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

4.9. Persepsi masyarakat terhadap Inovasi MFC di Desa Tungkop

Persepsi masyarakat terhadap inovasi MFC di Desa Tungkop menunjukkan tingkat dukungan yang sangat tinggi. Seluruh responden menyatakan telah mengetahui MFC dengan skor rata-rata 4,58 dan meyakini kemampuannya dalam menghasilkan listrik dengan skor 4,55. Dukungan terhadap penerapan MFC mencatat nilai tertinggi dengan skor 4,59. Temuan ini menunjukkan bahwa masyarakat memiliki pemahaman yang baik terhadap teknologi MFC dan kesiapan untuk mengadopsinya pada skala rumah tangga.

Tabel 4.10 Persepsi masyarakat terhadap Inovasi MFC di Desa Tungkop

No	Pernyataan	STS (1)	TS (2)	N (3)	S (4)	SS (5)	Rata-rata	Kategori
D. Inovasi MFC								
10	Pernah dengar MFC	0	0	0	14	16	4.58	Tinggi
11	MFC hasilkan listrik	0	0	0	14	16	4.55	Tinggi
12	Dukung penerapan MFC	0	0	0	11	18	4.59	Tinggi

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

AR-RANIRY

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menekankan peran persepsi masyarakat dalam penerimaan teknologi berbasis limbah. Persepsi yang positif terbukti mendorong penerimaan teknologi energi dari limbah setelah masyarakat memahami cara kerja dan manfaat yang dihasilkan. Kondisi serupa terlihat pada masyarakat Desa Tungkop, yang menunjukkan dukungan terhadap penerapan MFC setelah memperoleh informasi dasar mengenai teknologi tersebut. Pola ini juga konsisten dengan temuan pada inovasi desa di wilayah yang sama, yang menunjukkan bahwa keberhasilan penerapan teknologi sangat bergantung pada edukasi dan keterlibatan aktif masyarakat lokal (Alam dkk., 2022; Wartin, 2024).

Tinjauan persepsi masyarakat berdasarkan kelompok usia, tingkat pendidikan, dan jenis pekerjaan menunjukkan variasi pandangan terhadap pemanfaatan teknologi MFC. Analisis berikut merangkum pola persepsi pada setiap kelompok responden:

a. Persepsi Berdasarkan Kelompok Usia

   Seluruh kelompok usia menunjukkan tanggapan positif terhadap pemanfaatan teknologi MFC, tanpa jawaban netral atau negatif. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi MFC dipahami dan dinilai secara konsisten di berbagai rentang usia.

b. Persepsi Berdasarkan Tingkat Pendidikan

   Tingkat pendidikan tidak memengaruhi persepsi masyarakat, karena semua responden menilai pemanfaatan teknologi MFC secara positif. Temuan ini menunjukkan bahwa pengetahuan atau latar belakang pendidikan tidak menjadi hambatan dalam memahami teknologi MFC.

c. Persepsi Berdasarkan Jenis Pekerjaan

   Setiap kelompok pekerjaan memberikan tanggapan positif terhadap pemanfaatan teknologi MFC, tanpa adanya tanggapan negatif. Hasil ini mengindikasikan bahwa persepsi terhadap teknologi MFC seragam di berbagai latar belakang pekerjaan.

Analisis persepsi masyarakat terhadap pemanfaatan limbah septik tank sebagai sumber energi biolistrik melalui sistem MFC ilakukan berdasarkan karakteristik responden, yaitu usia, pekerjaan, dan tingkat pendidikan. Hasil

menunjukkan bahwa secara umum masyarakat memiliki persepsi positif terhadap pemanfaatan limbah septik tank dan teknologi MFC. Karakteristik usia, pekerjaan, dan pendidikan memberikan gambaran tambahan mengenai latar belakang responden dalam menilai potensi pemanfaatan limbah sebagai sumber energi dan penerapan teknologi ramah lingkungan. Analisis ini bersifat deskriptif untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai pandangan masyarakat. (Santoro dkk.,2022).

BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian mengenai pemanfaatan teknologi MFC dengan limbah septik tank sebagai substrat untuk menghasilkan energi biolistrik dalam menyalakan lampu LED menunjukkan beberapa kesimpulan berikut:

1. Sistem MFC tipe dual chamber yang memanfaatkan 400 mL limbah septik tank dan 400 mL air sebagai substrat, serta dirangkai secara seri, terbukti mampu menghasilkan energi listrik yang cukup untuk menyalakan lampu LED. Hal ini menunjukkan potensi limbah septik tank sebagai sumber energi alternatif
2. Reaktor MFC dengan substrat limbah septik tank mampu menghasilkan tegangan listrik yang relatif stabil pada kisaran 2,78–3,02 V dengan arus sebesar 10 mA, sehingga menghasilkan daya listrik sebesar 0,0302 W dan kerapatan daya sebesar 1.258,33 mW/m². Nilai tersebut menunjukkan bahwa kinerja sistem MFC telah memadai untuk pengoperasian beban listrik sederhana.
3. Hasil uji *t* satu sampel menunjukkan nilai signifikansi < 0,05, sehingga persepsi dan kesediaan partisipasi masyarakat terhadap pemanfaatan limbah septik tank melalui teknologi MFC tergolong sangat tinggi dengan nilai rata-rata 4,46–4,67.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan kesimpulan yang diperoleh, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan konfigurasi serta menambah jumlah sel MFC guna meningkatkan kinerja listrik yang dihasilkan.
2. Perlu dilakukan analisis kualitas limbah septik tank sebelum dan sesudah proses pengolahan menggunakan MFC untuk menilai efektivitas sistem dalam mengolah limbah.

3. Kajian lanjutan terkait jenis, material, dan luas permukaan elektroda perlu dilakukan guna meningkatkan efisiensi transfer elektron dan kinerja listrik sistem MFC.
4. Pengujian MFC dalam jangka waktu yang lebih panjang diperlukan untuk mengevaluasi kestabilan dan keberlanjutan kinerja sistem.
5. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah perlakuan pada sistem MFC dan mengukur karakteristik limbah septik tank secara lebih rinci guna meningkatkan kinerja dan akurasi data produksi listrik.
6. Sosialisasi serta pendampingan kepada masyarakat perlu ditingkatkan guna mendukung penerapan teknologi MFC di tingkat rumah tangga.

DAFTAR PUSTAKA

Abazarian, E., Gheshlaghi, R., & Mahdavi, M. A. (2023). *Interactions between sediment microbial fuel cells and voltage loss in series connection in open channels. Fuel, 331,* Article 125852.

Adinda Rizky Maulina. (2024). Analisis prinsip kerja *Microbial Fuel Cell* (MFC) dan potensinya dalam pengolahan limbah cair domestik. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, *15*(2), 112–120.

Advances. (2018). *Modeling the kinetics of microbial growth and electricity generation in microbial fuel cells. Royal Society of Chemistry.*

Akatah, Chukwuma., Ibrahim, Musa., & Adamu, Suleiman. (2019). Electricity generation from septic sludge using microbial fuel cell technology. *Renewable Energy Research Journal*, *7*(4), 265–273.

Ananto, Irvan Rachmad., Rahmawati, Siti., & Zulkifli, Ahmad. (2024). Optimasi energi listrik berbasis *Microbial Fuel Cell* berbahan feses sapi menggunakan rangkaian seri. *Jurnal Rekayasa Energi dan Lingkungan*, *8*(3), 201–209.

Arikunto, Suharsimi. (2010). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.

Badan Pusat Statistik (BPS). (2025*). Data sanitasi dan akses air bersih Provinsi Aceh 2024*. Banda Aceh: BPS Provinsi Aceh.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2008*). SNI 6989.59:2008 – Air dan air limbah: Metoda pengambilan contoh air limbah*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).

Chakma, R., Hossain, M. K., Paramasivam, P., Bousbih, R., Amami, M., Toki, G. F. I., Haldhar, R., & Karmaker, A. K. (2025). *Recent applications, challenges, and future prospects of microbial fuel cells: A review*. *Global Challenges*, *9*(5), 2500004.

Erwin Satria Zulfikar. (2021). Kajian mikroorganisme elektrogenik dalam *Microbial Fuel Cell* dan aplikasinya untuk pengolahan limbah. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, *9*(2), 145–153.

Febrya, Nurul., Rahmadani, Putri., & Sulastri, Dina. (2024). Pemanfaatan limbah domestik dan air limbah selokan untuk produksi energi listrik menggunakan sistem MFC. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, *5*(1), 55–64.

Fitriana, Novi., Wahyuni, Sri., & Lestari, Dwi. (2023). Bioelectricity of cocoa pod waste as a substrate in a double chamber microbial fuel cell. *International Journal of Renewable Energy Studies*, *11*(4), 298–307.

Harishvar Jothinathan. (2024). Characterization of septic tank wastewater for sustainable faecal sludge management. *Environmental Engineering Journal*, 14(1), 54–63.

Jamal, Ahmad., Rahman, Luthfi., & Nuraini, Putri. (2023). Fuel cell technology for sustainable energy systems: A review. *Energy Conversion and Management, 296*, 117–128.

Jayesh, Rajesh., Patel, Sunil., & Kumar, Deepak. (2022). Recent progress in microbial fuel cells using substrates from diverse sources. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, *168, 112801*.

López Zavala, Miguel Ángel., & Avilés, Ana Belem. (2023). Microbial fuel cells: Principles and performance. *Environmental Technology & Innovation*, *29, 102943*.

Machmuddin, Nurlela., Mubarak, Ahmad., Jafar, Rayhana., & Jufriadi, Jufriadi. (2021). Persepsi masyarakat terhadap penerapan teknologi hidroponik dalam mendukung ekonomi masyarakat mandiri di Kota Tarakan Kalimantan Utara. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa dan Pertanian*, *6*(5), 158–164.

Nguyễn Thị Lê Hiền. (2019). Fuel cell system design and performance optimization. *International Journal of Green Energy*, *16*(9), 611–621.

Nugraha, Andy., Saputra, Reza., & Hadi, Yusuf. (2023). Analisis variasi substrat air cucian beras dan kulit pisang terhadap arus listrik pada *Microbial Fuel Cell*. *Jurnal Energi Terbarukan Nusantara*, *3*(1), 33–41.

Ojha, Deepak., Sharma, Amit., & Kumar, Raj. (2025). Stack microbial fuel cells: Design, performance, and scale-up challenges. *Renewable Energy Technology Journal*, *45*(1), 15–27.

Pandit, Sanjay., Kumar, Rajesh., & Singh, Manoj. (2022). Electricity generation from domestic wastewater using MFC technology. *Environmental Technology Reports*, *8*(3), 201–209.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup / Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2025). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun 2025 tentang Baku Mutu dan Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup / BPLH RI.

Purwono, Purwono., Raharjo, Suryo., & Wahyudi, Subur. (2015). Kinerja *Microbial Fuel Cell* dengan variasi hambatan eksternal dalam menghasilkan energi listrik dan pengolahan limbah cair. *Jurnal Presipitasi*, *12*(2), 90–97.

Qasem, Mohammad., Ahmed, Salim., & Noor, Yasir. (2024). Fuel cell fundamentals and applications in renewable energy systems. *Sustainable Energy Advances*, *8*(2), 145–153.

Rathinavel, Rajkumar. (2025). Potential of septic wastewater as a bioenergy substrate. *Journal of Environmental Biotechnology*, *18*(1), 24–33.

Rizky Riscahya Pratama Syamsuri., Alfiansyah, Muhammad., & Nuraini, Dinda. (2021). Aplikasi *Microbial Fuel Cell* pada limbah perikanan sebagai sumber energi listrik alternatif. *Jurnal Teknologi Lingkungan Indonesia*, *7*(3), 177–185.

Roy, Subham., Patel, Ankit., & Ramesh, Rohit. (2023). Microbial fuel cells: Mechanisms, applications, and future perspectives. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, *159*, *112275*.

Sahrul Alam., Ridwan., Faizah, Laila., & Zainuddin, Rahma. (2022). Persepsi masyarakat terhadap pemanfaatan limbah sebagai energi alternatif di Indonesia. *Jurnal Sosial dan Energi Terbarukan*, *5*(2), 102–110.

Sazali, Nurul., Mohamad, Zaki., & Yusuf, Amin. (2020). Fuel cell: A review of principles and applications for clean energy. *International Journal of Hydrogen Energy*, *45*(5), 3364–3380.

Sugiyono. (2013). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Syafaati, Rina., Mulyani, Dewi., & Santosa, Agus. (2019). Perancangan dan kinerja *Microbial Fuel Cell* dengan variasi desain reaktor. *Jurnal Rekayasa Proses*, *13*(2), 97–106.

Syahri, Muhammad., Rahmad, Irfan., & Nuraini, Siti. (2024). Pemanfaatan limbah cair tempe sebagai substrat *Microbial Fuel Cell* untuk energi biolistrik. *Jurnal Keteknikan dan Energi Terbarukan*, *9*(1), 83–92.

Thulasinathan, Raj., Balamurugan, Jaya., & Vignesh, Kumar. (2021). Electricity generation from septic tank wastewater using microbial fuel cells. *Journal of Environmental Engineering and Science*, *38*(3), 120–129.

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., & Zurbrügg, C. (2014). *Compendium of sanitation systems and technologies (2nd revised ed.). Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag)*.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140*.

Viendyasari, Amalia., Sari, Nisa., & Rahman, Fadli. (2022). Studi persepsi masyarakat terhadap penerapan energi terbarukan di wilayah perkotaan. *Jurnal Sosial dan Energi Baru*, 4(3), 188–197.

Vishwanathan, Suresh., Kumar, Ravi., & Nair, Anita. (2021). Community acceptance and social factors in decentralized wastewater-to-energy systems. *Energy Reports*, 7, 193–203.

Wang, Liang., Zhao, Hui., & Chen, Rong. (2024). Enhanced power generation of microbial fuel cells using nano α-Fe_2O_3 electrodes. *Bioresource Technology*, 389, 123–131.

Yayasan Aceh Hijau. (2025*). Laporan akses sanitasi dan pengelolaan lumpur tinja di Provinsi Aceh 2025*. Banda Aceh: Yayasan Aceh Hijau.

Zeshan Abbas., Abdul Rahman., & Kamal, Hassan. (2025). Enhanced methane and energy generation from sewage water using MFC with paddy field soil substrate. *Applied Energy Journal, 329, 120176.*

Zuhdirabbani, Genadi., & Sapanli, Kastana. (2023). Analisis persepsi dan kelayakan finansial pengolahan sampah menggunakan maggot *Black*

Soldier Fly. *Indonesian Journal of Agricultural, Resource and Environmental Economics*, **2**(1), 53–63.

Zhang, Ruikai., Lin, Yufan., & Chen, Wei. (2025). Recent developments in microbial fuel cell electrode materials and configurations. *Journal of Environmental Science and Technology*, *59*(2), 221–230

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Lampiran 1. Lembar Persetujuan Menjadi Responden

LEMBAR PERSETUJUAN MENJADI RESPONDEN

(*Informed Consent*)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh:

Nama : Mahammad Juli Anggarima. S

Nim : 200702057

Akan melakukan penelitian dengan judul "Pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) Dari Septik Tank Dalam Menghasilkan Energi Biolistrik Studi Kasus: Persepsi Masyarakat di Desa Tungkop".

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data terkait persepsi masyarakat terhadap penerapan teknologi MFC sebagai inovasi pengolahan limbah domestik yang ramah lingkungan. Sehubungan dengan hal tersebut, saya memohon kesediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi responden dalam penelitian ini dengan cara mengisi kuesioner yang telah disiapkan.

Semua informasi yang diberikan akan dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk kepentingan akademik. Partisipasi Bapak/Ibu/Saudara bersifat sukarela, tanpa paksaan dari pihak mana pun, dan dapat mengundurkan diri kapan saja tanpa konsekuensi apa pun.

Demikian surat persetujuan ini saya sampaikan. Atas perhatian dan kerja samanya, saya ucapkan terima kasih.

Peneliti,

(.....)

Muhammad Juli Anggarima. S

LEMBAR PERSETUJUAN MENJADI RESPONDEN
(*Informed Consent*)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : .....
Umur : .....
Jenis Kelamin : Laki-laki / Perempuan (*coret yang tidak perlu*)

Dengan ini menyatakan bersedia menjadi responden dalam penelitian yang dilakukan oleh **Muhammad Juli Anggarima**. **S** (200702057) mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan judul **"**Pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) Dari Septik Tank Dalam Menghasilkan Energi Biolistrik Studi Kasus: Persepsi Masyarakat di Desa Tungkop"

Saya menyatakan setuju untuk berpartisipasi secara sadar dan sukarela tanpa paksaan dari pihak mana pun. Peneliti telah menjelaskan maksud dan tujuan penelitian ini serta menjamin bahwa data pribadi saya akan dirahasiakan dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian.

Apabila terdapat hal-hal yang ingin saya tanyakan terkait penelitian ini, saya dapat menghubungi peneliti di nomor HP: 085275412350

Banda Aceh, ...2025

.....
(Tanda tangan responden)

Lampiran 2. Lembar Kuesioner

KUESIONER PENELITIAN

PEMANFAATAN *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC) DARI SEPTIK TANK DALAM MENGHASILKAN ENERGI BIOLISTRIK PADA LAMPU LED STUDI KASUS: PERSEPSI MASYARAKAT DI DESA TUNGKOP

Petunjuk Pengisian :

Kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui persepsi Masyarakat mengenai pemanfaatan limbah septic tank menajdi sumber energi Listrik melalui teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC). Bacalah setiap pernyataan di bawah ini, kemudian berilah tanda **(✓)** pada kolom yang sesuai dengan persepsi anda.

Keterangan Skala :

1. Sangat Tidak Setuju (STS)
2. Tidak Setuju (TS)
3. Netral (N)
4. Setuju (S)
5. Sangat Setuju (SS)

Bagian A. Identitas Responden

1. Nama: .....
2. Jenis Kelamin: ☐ Laki-laki ☐ Perempuan
3. Umur: ..... tahun……..
4. Pekerjaan: .....
5. Pendidikan Terakhir: ☐ SD ☐ SMP ☐ SMA ☐ D3/S1 ☐ Lainnya
6. Alamat / Desa: .....

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Bagian B. Persepsi Masyarakat terhadap Pemanfaatan Limbah Septic Tank Menjadi Energi Biolistrik Melalui Teknologi MFC

No	Aspek Persepsi	Pernyataan	STS	TS	N	S	SS
A.	**Sanitasi Aman**						
1		Kondisi sanitasi di lingkungan tempat tinggal saya sudah tergolong aman dan terjaga.					
2		Masyarakat di lingkungan saya memiliki kesadaran tinggi terhadap pentingnya sanitasi yang aman.					
3		Fasilitas sanitasi (seperti septic tank) di rumah saya berfungsi dengan baik dan tidak mencemari lingkungan					
B.	**Dampak Limbah Septik Tank**						
4		Limbah septic tank yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari air tanah dan lingkungan.					
5		Saya mengetahui dampak negatif limbah septic tank terhadap kesehatan masyarakat.					
6		Masyarakat di sekitar saya peduli terhadap pengelolaan limbah septic tank agar tidak menimbulkan dampak buruk.					
C.	**Potensi Pemanfaatan Limbah Septik Tank**						
7		Limbah septic tank memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.					
8		Pemanfaatan limbah septic tank dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan.					
9		Saya mendukung adanya inovasi pemanfaatan limbah septic tank agar lebih bermanfaat.					

D.	**Inovasi Teknologi MFC**						
10		Saya pernah mendengar atau mengetahui tentang teknologi Microbial Fuel Cell (MFC).					
11		Teknologi MFC berpotensi menghasilkan energi listrik dari limbah septic tank.					
12		Saya mendukung penerapan inovasi MFC sebagai solusi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan					

Sumber: (Fanani, 2021; Machmuddin dkk., 2021; Sugiyono, 2013)

Bagian C. Terima Kasih

Terima kasih atas waktu dan kesediaan Anda mengisi kuesioner ini. Data yang Anda berikan akan digunakan hanya untuk kepentingan penelitian dan dijamin kerahasiaannya.

Lampiran 3 Gambar Penelitian MFC

No	Gambar	Keterangan
1		Penimbangan bahan untuk pembuatan jembatan garam.
2		Penimbangan bubuk agar-agar.
3		Penimbangan garam KCl.
4		Pengukuran volume substrat limbah septik tank.
5		Pengisian substrat dan air ke dalam ruang anoda dan katoda.
6		Persiapan bahan-bahan (MFC).

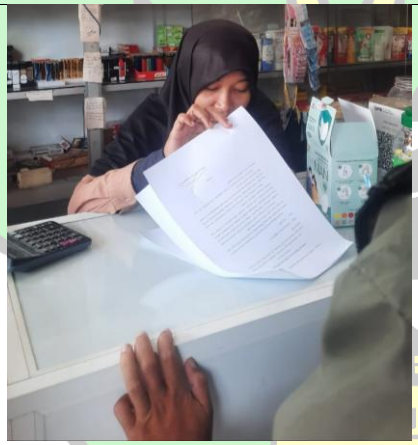
7		Persiapan peralatan (MFC).
8		Pengisian air ke dalam wadah pemanas.
9		Penambahan garam KCl ke dalam larutan.
10		Penambahan bubuk agar-agar ke dalam larutan.
11		Pengisian larutan jembatan garam ke dalam pipa PVC
12		Perakitan reaktor Microbial Fuel Cell (MFC).
13		Pengamplasan pelat elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn).
14		Pemasangan kabel pada rangkaian MFC.

15		Pemasangan lampu LED sebagai beban listrik.
16		Lampu LED menyala sebagai hasil energi biolistrik.
17		Pengukuran tegangan dan kuat arus listrik.
18		Hasil pengukuran tegangan dan arus menggunakan multimeter.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Lampiran 4. Gambar Kegiatan pengisian kuesioner oleh Masyarakat

No	Gambar	Keterangan
1		Pengisian kuesioner oleh responden dengan pendampingan peneliti
2		Pendampingan peneliti saat pengisian kuesioner
3		Pengisian kuesioner di teras rumah responden
4		Pengisian kuesioner responden

5		Pengisian kuesioner responden
6		Pengisian kuesioner di lokasi
7		Pembacaan informed consent
8		Pemberian penjelasan tambahan

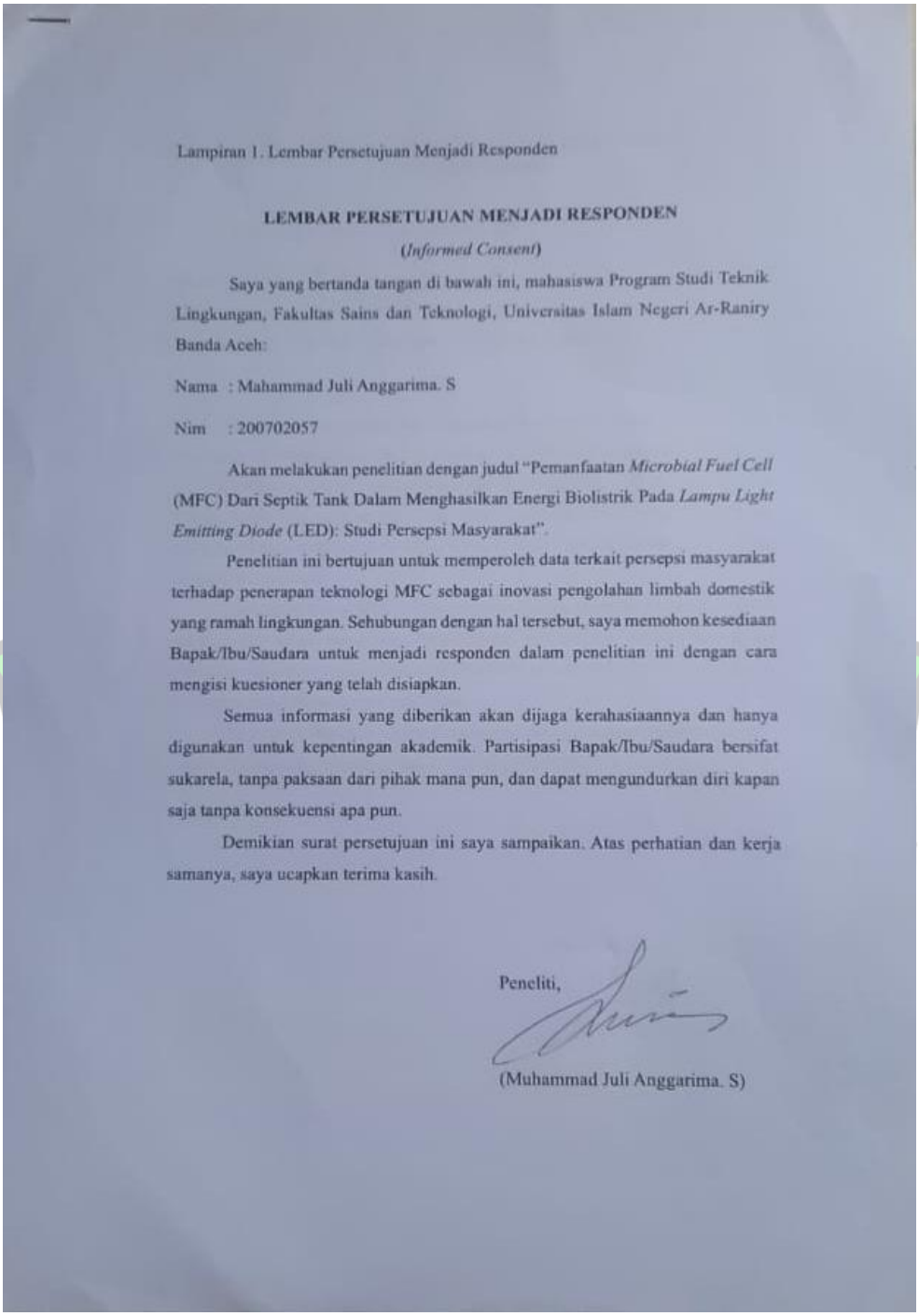
9		Interaksi peneliti dan responden
10		Pengisian kuesioner responden perempuan
11		Pengisian kuesioner responden laki-laki
12		Pemeriksaan kelengkapan kuesioner
13		Penandatanganan informed consent

14		Pemberian penjelasan tambahan
15		Suasana survei masyarakat
16		Pengisian kuesioner di lokasi
17		Pengumpulan kuesioner

18		Dokumentasi akhir kegiatan

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Lampiran 5. Dokumentasi Pengisian Kuesioner oleh Responden



Lampiran 1. Lembar Persetujuan Menjadi Responden

LEMBAR PERSETUJUAN MENJADI RESPONDEN

(*Informed Consent*)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh:

Nama : Mahammad Juli Anggarima. S

Nim : 200702057

Akan melakukan penelitian dengan judul "Pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) Dari Septik Tank Dalam Menghasilkan Energi Biolistrik Pada *Lampu Light Emitting Diode* (LED): Studi Persepsi Masyarakat".

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data terkait persepsi masyarakat terhadap penerapan teknologi MFC sebagai inovasi pengolahan limbah domestik yang ramah lingkungan. Sehubungan dengan hal tersebut, saya memohon kesediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk menjadi responden dalam penelitian ini dengan cara mengisi kuesioner yang telah disiapkan.

Semua informasi yang diberikan akan dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk kepentingan akademik. Partisipasi Bapak/Ibu/Saudara bersifat sukarela, tanpa paksaan dari pihak mana pun, dan dapat mengundurkan diri kapan saja tanpa konsekuensi apa pun.

Demikian surat persetujuan ini saya sampaikan. Atas perhatian dan kerja samanya, saya ucapkan terima kasih.

Peneliti,

(Muhammad Juli Anggarima. S)

LEMBAR PERSETUJUAN MENJADI RESPONDEN
(*Informed Consent*)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raihanum, S.IP
Umur : 40 Tahun
Jenis Kelamin : ~~Laki-laki~~/ Perempuan (*coret yang tidak perlu*)

Dengan ini menyatakan bersedia menjadi responden dalam penelitian yang dilakukan oleh **Muhammad Juli Anggarima. S** (200702057) mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan judul "Pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) Dari Septik Tank Dalam Menghasilkan Energi Biolistrik Pada *Lampu Light Emitting Diode* (LED): Studi Persepsi Masyarakat"

Saya menyatakan setuju untuk berpartisipasi secara sadar dan sukarela tanpa paksaan dari pihak mana pun. Peneliti telah menjelaskan maksud dan tujuan penelitian ini serta menjamin bahwa data pribadi saya akan dirahasiakan dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian.

Apabila terdapat hal-hal yang ingin saya tanyakan terkait penelitian ini, saya dapat menghubungi peneliti di nomor HP: 085275412350

Banda Aceh, ...2025

Raihanum

(Raihanum, S.IP)

Lampiran 2. Lembar Kuesioner

KUESIONER PENELITIAN

PEMANFAATAN *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC) DARI LIMBAH SEPTIK TANK DALAM MENGHASILKAN ENERGI BIOLISTRIK PADA LAMPU *LIGHT EMITTING DIODE* (LED):

(Studi Kasus: Persepsi Masyarakat)

Petunjuk Pengisian :

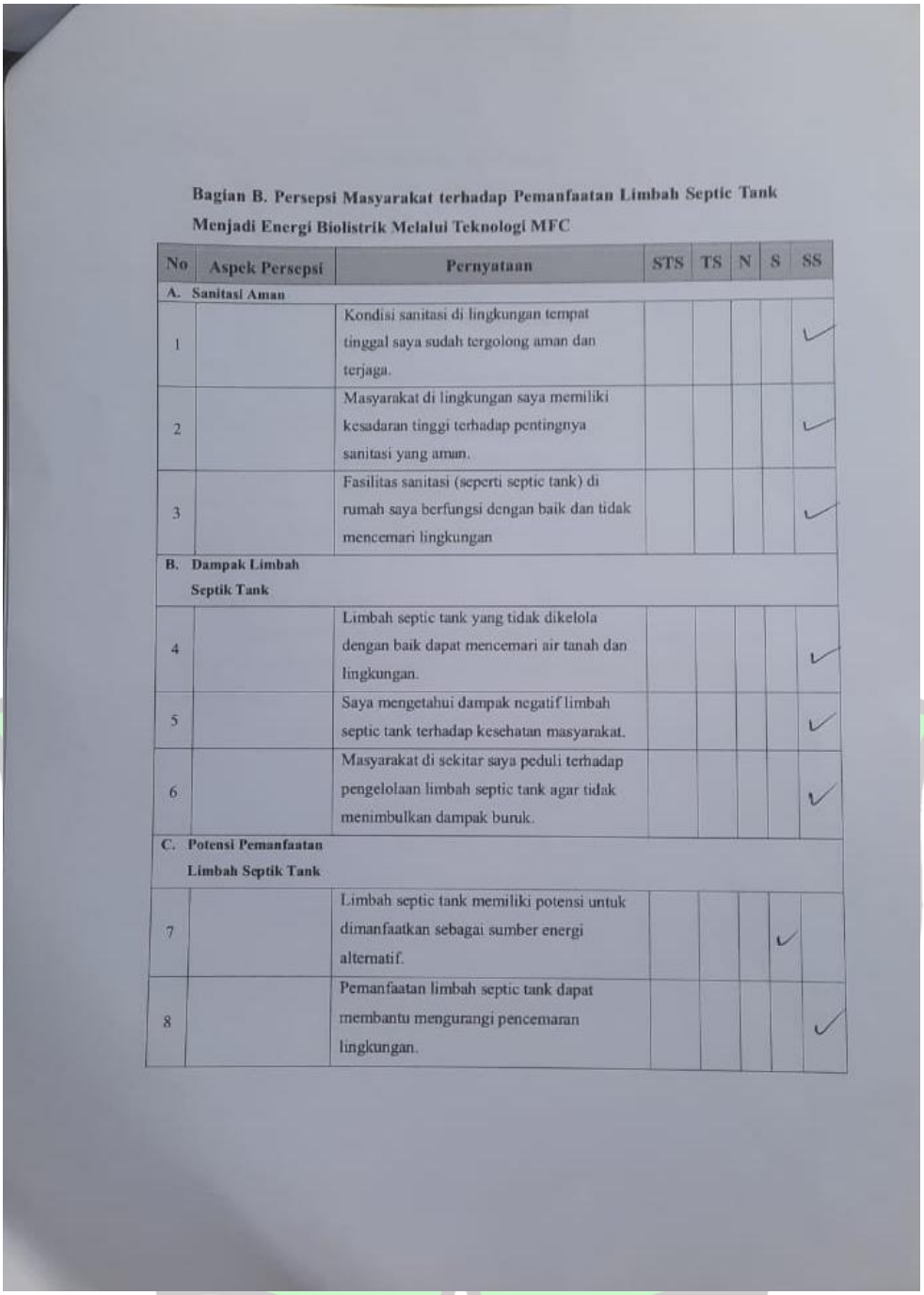
Kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui persepsi Masyarakat mengenai pemanfaatan limbah septic tank menajdi sumber energi Listrik melalui teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC). Bacalah setiap pernyataan di bawah ini, kemudian berilah tanda (✓) pada kolom yang sesuai dengan persepsi anda.

Keterangan Skala :

1. Sangat Tidak Setuju (STS)
2. Tidak Setuju (TS)
3. Netral (N)
4. Setuju (S)
5. Sangat Setuju (SS)

Bagian A. Identitas Responden

1. Nama: Raihanum .V. IP
2. Jenis Kelamin: ☐ Laki-laki ☑ Perempuan
3. Umur: 40 tahun
4. Pekerjaan: Pustakawan
5. Pendidikan Terakhir: ☐ SD ☐ SMP ☐ SMA ☐ D3/S1 ☑ Lainnya
6. Alamat / Desa: Lamkeunung



Bagian B. Persepsi Masyarakat terhadap Pemanfaatan Limbah Septic Tank Menjadi Energi Biolistrik Melalui Teknologi MFC

No	Aspek Persepsi	Pernyataan	STS	TS	N	S	SS
A.	**Sanitasi Aman**						
1		Kondisi sanitasi di lingkungan tempat tinggal saya sudah tergolong aman dan terjaga.					✓
2		Masyarakat di lingkungan saya memiliki kesadaran tinggi terhadap pentingnya sanitasi yang aman.					✓
3		Fasilitas sanitasi (seperti septic tank) di rumah saya berfungsi dengan baik dan tidak mencemari lingkungan					✓
B.	**Dampak Limbah Septik Tank**						
4		Limbah septic tank yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari air tanah dan lingkungan.					✓
5		Saya mengetahui dampak negatif limbah septic tank terhadap kesehatan masyarakat.					✓
6		Masyarakat di sekitar saya peduli terhadap pengelolaan limbah septic tank agar tidak menimbulkan dampak buruk.					✓
C.	**Potensi Pemanfaatan Limbah Septik Tank**						
7		Limbah septic tank memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.				✓	
8		Pemanfaatan limbah septic tank dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan.					✓

9		Saya mendukung adanya inovasi pemanfaatan limbah septic tank agar lebih bermanfaat.					✓
D.	**Inovasi Teknologi MFC**						
10		Saya pernah mendengar atau mengetahui tentang teknologi Microbial Fuel Cell (MFC).				✓	
11		Teknologi MFC berpotensi menghasilkan energi listrik dari limbah septic tank.				✓	
12		Saya mendukung penerapan inovasi MFC sebagai solusi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan				✓	

Sumber: (Fanani, 2021; Machmuddin dkk., 2021; Sugiyono, 2013)

Bagian C. Terima Kasih

Terima kasih atas waktu dan kesediaan Anda mengisi kuesioner ini. Data yang Anda berikan akan digunakan hanya untuk kepentingan penelitian dan dijamin kerahasiaannya.

LEMBAR PERSETUJUAN MENJADI RESPONDEN
(Informed Consent)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ummah
Umur : 35 Tahun
Jenis Kelamin : Laki-laki / Perempuan (*coret yang tidak perlu*)

Dengan ini menyatakan bersedia menjadi responden dalam penelitian yang dilakukan oleh **Muhammad Juli Anggarima. S** (200702057) mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan judul "Pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) Dari Septik Tank Dalam Menghasilkan Energi Biolistrik Pada *Lampu Light Emitting Diode* (LED): Studi Persepsi Masyarakat"

Saya menyatakan setuju untuk berpartisipasi secara sadar dan sukarela tanpa paksaan dari pihak mana pun. Peneliti telah menjelaskan maksud dan tujuan penelitian ini serta menjamin bahwa data pribadi saya akan dirahasiakan dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian.

Apabila terdapat hal-hal yang ingin saya tanyakan terkait penelitian ini, saya dapat menghubungi peneliti di nomor HP: 085275412350

Banda Aceh, 15 - 11 - 2025

(Ummah)

LEMBAR PERSETUJUAN MENJADI RESPONDEN
(Informed Consent)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ummah
Umur : 35 Tahun
Jenis Kelamin : Laki-laki / Perempuan (*coret yang tidak perlu*)

Dengan ini menyatakan bersedia menjadi responden dalam penelitian yang dilakukan oleh **Muhammad Juli Anggarima. S** (200702057) mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan judul "Pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) Dari Septik Tank Dalam Menghasilkan Energi Biolistrik Pada *Lampu Light Emitting Diode* (LED): Studi Persepsi Masyarakat"

Saya menyatakan setuju untuk berpartisipasi secara sadar dan sukarela tanpa paksaan dari pihak mana pun. Peneliti telah menjelaskan maksud dan tujuan penelitian ini serta menjamin bahwa data pribadi saya akan dirahasiakan dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian.

Apabila terdapat hal-hal yang ingin saya tanyakan terkait penelitian ini, saya dapat menghubungi peneliti di nomor HP: 085275412350

Banda Aceh, 15 - 11 - 2025

(Ummah)

Bagian B. Persepsi Masyarakat terhadap Pemanfaatan Limbah Septic Tank Menjadi Energi Biolistrik Melalui Teknologi MFC

No	Aspek Persepsi	Pernyataan	STS	TS	N	S	SS
A.	**Sanitasi Aman**						
1		Kondisi sanitasi di lingkungan tempat tinggal saya sudah tergolong aman dan terjaga.				✓	
2		Masyarakat di lingkungan saya memiliki kesadaran tinggi terhadap pentingnya sanitasi yang aman.				✓	
3		Fasilitas sanitasi (seperti septic tank) di rumah saya berfungsi dengan baik dan tidak mencemari lingkungan				✓	
B.	**Dampak Limbah Septik Tank**						
4		Limbah septic tank yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari air tanah dan lingkungan.					✓
5		Saya mengetahui dampak negatif limbah septic tank terhadap kesehatan masyarakat.					✓
6		Masyarakat di sekitar saya peduli terhadap pengelolaan limbah septic tank agar tidak menimbulkan dampak buruk.					✓
C.	**Potensi Pemanfaatan Limbah Septik Tank**						
7		Limbah septic tank memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.				✓	
8		Pemanfaatan limbah septic tank dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan.				✓	

Bagian B. Persepsi Masyarakat terhadap Pemanfaatan Limbah Septic Tank Menjadi Energi Biolistrik Melalui Teknologi MFC

No	Aspek Persepsi	Pernyataan	STS	TS	N	S	SS
A.	**Sanitasi Aman**						
1		Kondisi sanitasi di lingkungan tempat tinggal saya sudah tergolong aman dan terjaga.				✓	
2		Masyarakat di lingkungan saya memiliki kesadaran tinggi terhadap pentingnya sanitasi yang aman.				✓	
3		Fasilitas sanitasi (seperti septic tank) di rumah saya berfungsi dengan baik dan tidak mencemari lingkungan				✓	
B.	**Dampak Limbah Septik Tank**						
4		Limbah septic tank yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari air tanah dan lingkungan.					✓
5		Saya mengetahui dampak negatif limbah septic tank terhadap kesehatan masyarakat.					✓
6		Masyarakat di sekitar saya peduli terhadap pengelolaan limbah septic tank agar tidak menimbulkan dampak buruk.					✓
C.	**Potensi Pemanfaatan Limbah Septik Tank**						
7		Limbah septic tank memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.				✓	
8		Pemanfaatan limbah septic tank dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan.				✓	

9		Saya mendukung adanya inovasi pemanfaatan limbah septic tank agar lebih bermanfaat.					✓
D. Inovasi Teknologi MFC							
10		Saya pernah mendengar atau mengetahui tentang teknologi Microbial Fuel Cell (MFC).				✓	
11		Teknologi MFC berpotensi menghasilkan energi listrik dari limbah septic tank.				✓	
12		Saya mendukung penerapan inovasi MFC sebagai solusi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan				✓	

Sumber: (Fanani, 2021; Machmuddin dkk., 2021; Sugiyono, 2013)

Bagian C. Terima Kasih

Terima kasih atas waktu dan kesediaan Anda mengisi kuesioner ini. Data yang Anda berikan akan digunakan hanya untuk kepentingan penelitian dan dijamin kerahasiaannya.

LEMBAR PERSETUJUAN MENJADI RESPONDEN
(*Informed Consent*)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Misriani
Umur : 50 Tahun
Jenis Kelamin : ~~Laki-laki~~ / Perempuan (*coret yang tidak perlu*)

Dengan ini menyatakan bersedia menjadi responden dalam penelitian yang dilakukan oleh **Muhammad Juli Anggarima**. S (200702057) mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan judul "Pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) Dari Septik Tank Dalam Menghasilkan Energi Biolistrik Pada *Lampu Light Emitting Diode* (LED): Studi Persepsi Masyarakat"

Saya menyatakan setuju untuk berpartisipasi secara sadar dan sukarela tanpa paksaan dari pihak mana pun. Peneliti telah menjelaskan maksud dan tujuan penelitian ini serta menjamin bahwa data pribadi saya akan dirahasiakan dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian.

Apabila terdapat hal-hal yang ingin saya tanyakan terkait penelitian ini, saya dapat menghubungi peneliti di nomor HP: 085275412350

Banda Aceh, ...2025

(Misriani)

Lampiran 2. Lembar Kuesioner

KUESIONER PENELITIAN

PEMANFAATAN *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC) DARI LIMBAH SEPTIK TANK DALAM MENGHASILKAN ENERGI BIOLISTRIK PADA LAMPU *LIGHT EMITTING DIODE* (LED):

(Studi Kasus: Persepsi Masyarakat)

Petunjuk Pengisian :

Kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui persepsi Masyarakat mengenai pemanfaatan limbah septic tank menajdi sumber energi Listrik melalui teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC). Bacalah setiap pernyataan di bawah ini, kemudian berilah tanda (✓) pada kolom yang sesuai dengan persepsi anda.

Keterangan Skala :

1. Sangat Tidak Setuju (STS)
2. Tidak Setuju (TS)
3. Netral (N)
4. Setuju (S)
5. Sangat Setuju (SS)

Bagian A. Identitas Responden

1. Nama: Miswani
2. Jenis Kelamin: ☐ Laki-laki ☑ Perempuan
3. Umur: 42 tahun 1975
4. Pekerjaan: IRT
5. Pendidikan Terakhir: ☐ SD ☐ SMP ☑ SMA ☐ D3/S1 ☐ Lainnya
6. Alamat / Desa: Lam Gawee

Bagian B. Persepsi Masyarakat terhadap Pemanfaatan Limbah Septic Tank Menjadi Energi Biolistrik Melalui Teknologi MFC

No	Aspek Persepsi	Pernyataan	STS	TS	N	S	SS
A.	**Sanitasi Aman**						
1		Kondisi sanitasi di lingkungan tempat tinggal saya sudah tergolong aman dan terjaga.					✓
2		Masyarakat di lingkungan saya memiliki kesadaran tinggi terhadap pentingnya sanitasi yang aman.					✓
3		Fasilitas sanitasi (seperti septic tank) di rumah saya berfungsi dengan baik dan tidak mencemari lingkungan					✓
B.	**Dampak Limbah Septik Tank**						
4		Limbah septic tank yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari air tanah dan lingkungan.					✓
5		Saya mengetahui dampak negatif limbah septic tank terhadap kesehatan masyarakat.					✓
6		Masyarakat di sekitar saya peduli terhadap pengelolaan limbah septic tank agar tidak menimbulkan dampak buruk.					✓
C.	**Potensi Pemanfaatan Limbah Septik Tank**						
7		Limbah septic tank memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.					✓
8		Pemanfaatan limbah septic tank dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan.					✓

9		Saya mendukung adanya inovasi pemanfaatan limbah septic tank agar lebih bermanfaat.					✓
D. Inovasi Teknologi MFC							
10		Saya pernah mendengar atau mengetahui tentang teknologi Microbial Fuel Cell (MFC).					✓
11		Teknologi MFC berpotensi menghasilkan energi listrik dari limbah septic tank.					✓
12		Saya mendukung penerapan inovasi MFC sebagai solusi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan					✓

Sumber: (Fanani, 2021; Machmuddin dkk., 2021; Sugiyono, 2013)

Bagian C. Terima Kasih

Terima kasih atas waktu dan kesediaan Anda mengisi kuesioner ini. Data yang Anda berikan akan digunakan hanya untuk kepentingan penelitian dan dijamin kerahasiaannya.

LEMBAR PERSETUJUAN MENJADI RESPONDEN
(Informed Consent)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : WAKIAH
Umur : 67
Jenis Kelamin : ~~Laki-laki~~ / Perempuan (*coret yang tidak perlu*)

Dengan ini menyatakan bersedia menjadi responden dalam penelitian yang dilakukan oleh **Muhammad Juli Anggarima. S** (200702057) mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan judul "Pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) Dari Septik Tank Dalam Menghasilkan Energi Biolistrik Pada *Lampu Light Emitting Diode* (LED): Studi Persepsi Masyarakat"

Saya menyatakan setuju untuk berpartisipasi secara sadar dan sukarela tanpa paksaan dari pihak mana pun. Peneliti telah menjelaskan maksud dan tujuan penelitian ini serta menjamin bahwa data pribadi saya akan dirahasiakan dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian.

Apabila terdapat hal-hal yang ingin saya tanyakan terkait penelitian ini, saya dapat menghubungi peneliti di nomor HP: 085275412350

Banda Aceh, ...2025

(WAKIAH)

Lampiran 2. Lembar Kuesioner

KUESIONER PENELITIAN

PEMANFAATAN *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC) DARI LIMBAH SEPTIK TANK DALAM MENGHASILKAN ENERGI BIOLISTRIK PADA LAMPU *LIGHT EMITTING DIODE* (LED):

(Studi Kasus: Persepsi Masyarakat)

Petunjuk Pengisian :

Kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui persepsi Masyarakat mengenai pemanfaatan limbah septic tank menajdi sumber energi Listrik melalui teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC). Bacalah setiap pernyataan di bawah ini, kemudian berilah tanda (✓) pada kolom yang sesuai dengan persepsi anda.

Keterangan Skala :

1. Sangat Tidak Setuju (STS)
2. Tidak Setuju (TS)
3. Netral (N)
4. Setuju (S)
5. Sangat Setuju (SS)

Bagian A. Identitas Responden

1. Nama: WAKIAH
2. Jenis Kelamin: ☐ Laki-laki ☑ Perempuan
3. Umur: 67 tahun 1995 1958
4. Pekerjaan: Pensiunan PNS
5. Pendidikan Terakhir: ☐ SD ☐ SMP ☐ SMA ☑ D3/S1 ☐ Lainnya
6. Alamat / Desa: Tungkop

Bagian B. Persepsi Masyarakat terhadap Pemanfaatan Limbah Septic Tank Menjadi Energi Biolistrik Melalui Teknologi MFC

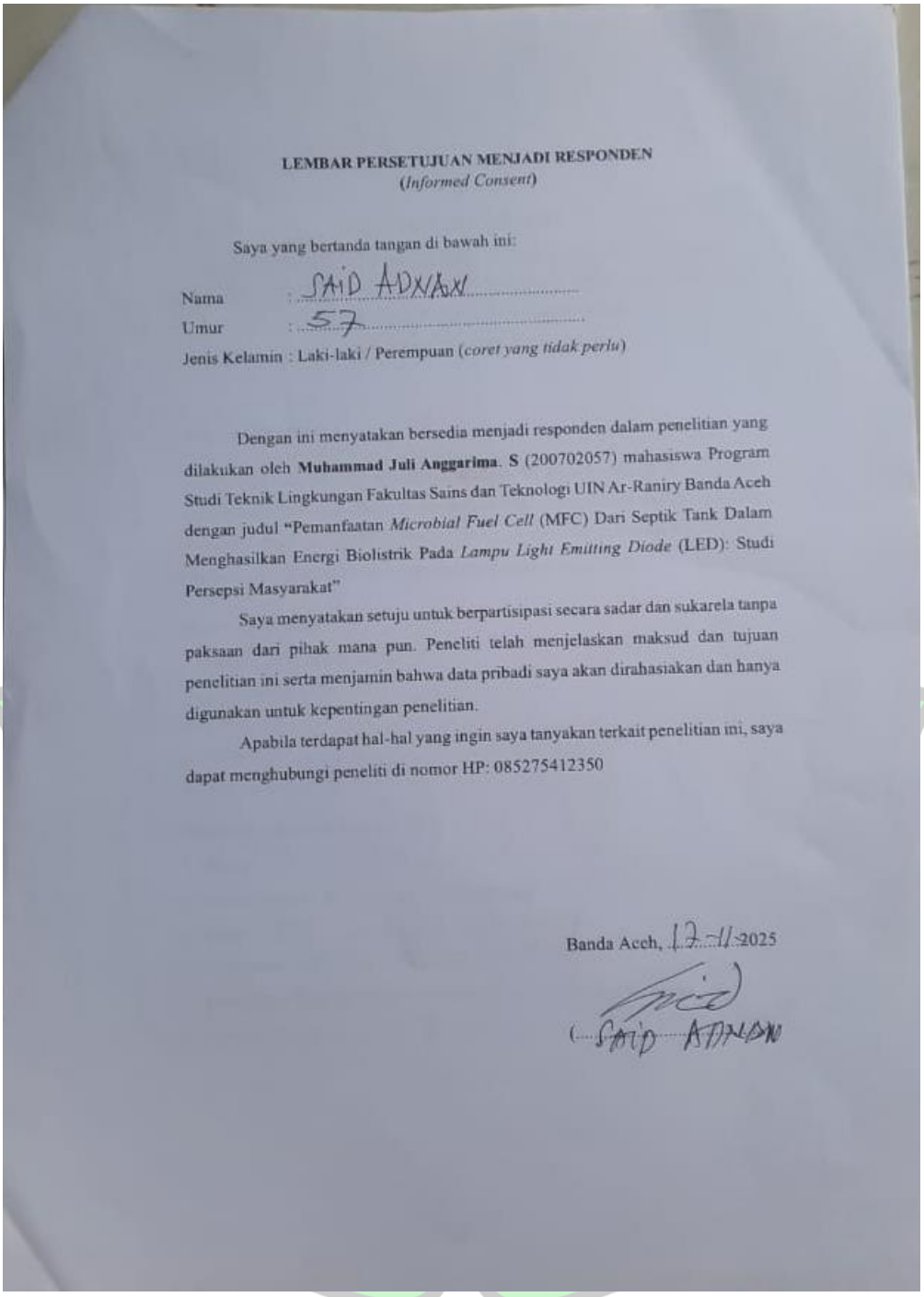
No	Aspek Persepsi	Pernyataan	STS	TS	N	S	SS
A.	**Sanitasi Aman**						
1		Kondisi sanitasi di lingkungan tempat tinggal saya sudah tergolong aman dan terjaga.				✓	
2		Masyarakat di lingkungan saya memiliki kesadaran tinggi terhadap pentingnya sanitasi yang aman.				✓	
3		Fasilitas sanitasi (seperti septic tank) di rumah saya berfungsi dengan baik dan tidak mencemari lingkungan				✓	
B.	**Dampak Limbah Septik Tank**						
4		Limbah septic tank yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari air tanah dan lingkungan.				✓	
5		Saya mengetahui dampak negatif limbah septic tank terhadap kesehatan masyarakat.				✓	
6		Masyarakat di sekitar saya peduli terhadap pengelolaan limbah septic tank agar tidak menimbulkan dampak buruk.				✓	
C.	**Potensi Pemanfaatan Limbah Septik Tank**						
7		Limbah septic tank memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.				✓	
8		Pemanfaatan limbah septic tank dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan.				✓	

9		Saya mendukung adanya inovasi pemanfaatan limbah septic tank agar lebih bermanfaat.				✓	
D. Inovasi Teknologi MFC							
10		Saya pernah mendengar atau mengetahui tentang teknologi Microbial Fuel Cell (MFC).				✓	
11		Teknologi MFC berpotensi menghasilkan energi listrik dari limbah septic tank.				✓	
12		Saya mendukung penerapan inovasi MFC sebagai solusi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan				✓	

Sumber: (Fanani, 2021; Machmuddin dkk., 2021; Sugiyono, 2013)

Bagian C. Terima Kasih

Terima kasih atas waktu dan kesediaan Anda mengisi kuesioner ini. Data yang Anda berikan akan digunakan hanya untuk kepentingan penelitian dan dijamin kerahasiaannya.



LEMBAR PERSETUJUAN MENJADI RESPONDEN
(Informed Consent)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SAID ADNAN
Umur : 57
Jenis Kelamin : Laki-laki / Perempuan (*coret yang tidak perlu*)

Dengan ini menyatakan bersedia menjadi responden dalam penelitian yang dilakukan oleh **Muhammad Juli Anggarima. S** (200702057) mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan judul "Pemanfaatan *Microbial Fuel Cell* (MFC) Dari Septik Tank Dalam Menghasilkan Energi Biolistrik Pada *Lampu Light Emitting Diode* (LED): Studi Persepsi Masyarakat"

Saya menyatakan setuju untuk berpartisipasi secara sadar dan sukarela tanpa paksaan dari pihak mana pun. Peneliti telah menjelaskan maksud dan tujuan penelitian ini serta menjamin bahwa data pribadi saya akan dirahasiakan dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian.

Apabila terdapat hal-hal yang ingin saya tanyakan terkait penelitian ini, saya dapat menghubungi peneliti di nomor HP: 085275412350

Banda Aceh, 12-11-2025

(SAID ADNAN)

Lampiran 2. Lembar Kuesioner

KUESIONER PENELITIAN

PEMANFAATAN *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC) DARI LIMBAH SEPTIK TANK DALAM MENGHASILKAN ENERGI BIOLISTRIK PADA LAMPU *LIGHT EMITTING DIODE* (LED):

(Studi Kasus: Persepsi Masyarakat)

Petunjuk Pengisian :

Kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui persepsi Masyarakat mengenai pemanfaatan limbah septic tank menajdi sumber energi Listrik melalui teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC). Bacalah setiap pernyataan di bawah ini, kemudian berilah tanda (✓) pada kolom yang sesuai dengan persepsi anda.

Keterangan Skala :

1. Sangat Tidak Setuju (STS)
2. Tidak Setuju (TS)
3. Netral (N)
4. Setuju (S)
5. Sangat Setuju (SS)

Bagian A. Identitas Responden

1. Nama: SAID ADNAN
2. Jenis Kelamin: ☑ Laki-laki ☐ Perempuan
3. Umur: 57 tahun 27-03-1967
4. Pekerjaan: Wiraswasta (techik)
5. Pendidikan Terakhir: ☐ SD ☐ SMP ☑ SMA ☐ D3/S1 ☐ Lainnya
6. Alamat / Desa: Lam Bawee

Bagian B. Persepsi Masyarakat terhadap Pemanfaatan Limbah Septic Tank Menjadi Energi Biolistrik Melalui Teknologi MFC

No	Aspek Persepsi	Pernyataan	STS	TS	N	S	SS
A.	**Sanitasi Aman**						
1		Kondisi sanitasi di lingkungan tempat tinggal saya sudah tergolong aman dan terjaga.					✓
2		Masyarakat di lingkungan saya memiliki kesadaran tinggi terhadap pentingnya sanitasi yang aman.					✓
3		Fasilitas sanitasi (seperti septic tank) di rumah saya berfungsi dengan baik dan tidak mencemari lingkungan					✓
B.	**Dampak Limbah Septik Tank**						
4		Limbah septic tank yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari air tanah dan lingkungan.					✓
5		Saya mengetahui dampak negatif limbah septic tank terhadap kesehatan masyarakat.				✓	
6		Masyarakat di sekitar saya peduli terhadap pengelolaan limbah septic tank agar tidak menimbulkan dampak buruk.					✓
C.	**Potensi Pemanfaatan Limbah Septik Tank**						
7		Limbah septic tank memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.					✓
8		Pemanfaatan limbah septic tank dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan.					✓

9		Saya mendukung adanya inovasi pemanfaatan limbah septic tank agar lebih bermanfaat.					✓
D. Inovasi Teknologi MFC							
10		Saya pernah mendengar atau mengetahui tentang teknologi Microbial Fuel Cell (MFC).					✓
11		Teknologi MFC berpotensi menghasilkan energi listrik dari limbah septic tank.					✓
12		Saya mendukung penerapan inovasi MFC sebagai solusi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan					✓

Sumber: (Fanani, 2021; Machmuddin dkk., 2021; Sugiyono, 2013)

Bagian C. Terima Kasih

Terima kasih atas waktu dan kesediaan Anda mengisi kuesioner ini. Data yang Anda berikan akan digunakan hanya untuk kepentingan penelitian dan dijamin kerahasiaannya.

Lampiran 6. Perhitungan

A. Perhitungan Power Density Harian

Hari 1:

$$P_1 = V_1 \times I = 2{,}78 \times 10 = 27{,}8\text{Mw}$$

$$PD_1 = \frac{27{,}8}{0{,}024} = 1158{,}33\text{mW/m}^2$$

Hari 2:

$$P_2 = 2{,}82 \times 10 = 28{,}2\text{Mw}$$

$$\text{PD}_2 = \frac{0{,}02428{,}2}{0{,}024} = 1175\text{mW/m}^2$$

Hari 3:

$$P_3 = 3{,}02 \times 10 = 30{,}2\text{mW}$$

$$PD_3 = \frac{30{,}2}{0{,}024} = 1258{,}33\text{mW/m}^2$$

Hari 4:

$$P_4 = 3{,}02 \times 10 = 30{,}2\text{mW}$$

$$PD_4 = \frac{30{,}2}{0{,}024} = 1258{,}33\text{mW/m}^2$$

B. Perhitungan Tegangan dan Power Rangkaian Seri 4 MFC

Rangkaian seri:

$$V_{total} = \text{V1} + \text{V2} + \text{V3} + \text{V4}$$

$$V_{total} = 2{,}78 + 2{,}82 + 3{,}02 + 3{,}02 = 11{,}64\text{V}$$

Arus tetap: $I = 10mA$

Power total:

$$P_{total} = V_{total} \times \text{I} = 11{,}64 \times 10 = 116{,}4\text{Mw}$$

Power Density seri:

$$PD_{seri} = \frac{P_{total}}{V}\frac{116{,}4}{0{,}024} = 4850\text{mW/m}^2$$

B. Tegangan Total Seri

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_{total} = 0{,}8 + 1{,}0 + 1{,}2 = 3{,}0\text{V}$$

$$V_{total} = 3{,}02\text{V}$$

جامعة الرانري
AR-RANIRY

D. Power Total

$$P_{total} = \mathrm{V} \times \mathrm{I} = 3{,}02 \times 10 = 30{,}2\mathrm{mW}$$

$$PD = \frac{P_{total}}{A} = \frac{3{,}02}{0{,}024} = 1258{,}33\mathrm{mW/m^2}$$

E. Berdasarkan Kategori Jawaban (Skala Likert)

Langkah Perhitungan:

1. Hitung Total Skor

$$\text{Total Skor} = (\mathrm{SS} \times 5) + (\mathrm{S} \times 4) + (\mathrm{N} \times 3) + (\mathrm{TS} \times 2) + (\mathrm{STS} \times 1)$$

$$\text{Total Skor} = (193 \times 5) + (167 \times 4) + (0 \times 3) + (0 \times 2) + (0 \times 1)$$

$$\text{Total Skor} = 965 + 668 = 1633$$

2. Hitung Skor Tertinggi

$$\text{Skor Tertinggi} = \text{Jumlah Jawaban} \times 5 = 360 \times 5 = 1800$$

3. Hitung Indeks Persepsi (%)

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{1633}{1800} \times 100 \approx 90{,}72\%$$

4. Kategori Persepsi

$$90{,}72\% \Rightarrow \text{Tinggi}$$

F. Berdasarkan Usia

Rumus Skor: S = 4, SS = 5

Perhitungan per kelompok usia:

1. 17–25 tahun

$$\text{Total Skor} = (20 \times 4) + (67 \times 5) = 80 + 335 = 415$$

$$\text{Skor Tertinggi} = 87 \times 5 = 435$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{415}{435} \times 100 \approx 95{,}40\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

2. 26–35 tahun

$$\text{Total Skor} = (41 \times 4) + (8 \times 5) = 164 + 40 = 204$$

$$\text{Skor Tertinggi} = 49 \times 5 = 245$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{204}{245} \times 100 \approx 83{,}27\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

3. 36–46 tahun

$$\text{Total Skor} = (86 \times 4) + (48 \times 5) = 344 + 240 = 584$$

$$\text{Skor Tertinggi} = 134 \times 5 = 670$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{584}{670} \times 100 \approx 87{,}16\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

4. 46–55 tahun

$$\text{Total Skor} = (40 \times 4) + (35 \times 5) = 160 + 175 = 335$$

$$\text{Skor Tertinggi} = 75 \times 5 = 375$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{335}{375} \times 100 \approx 89{,}33\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

5. 56–65 tahun

$$\text{Total Skor} = (12 \times 4) + (12 \times 5) = 48 + 60 = 108$$

$$\text{Skor Tertinggi} = 24 \times 5 = 120$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{108}{120} \times 100 \approx 90{,}00\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

G. Berdasarkan Pendidikan

Perhitungan:

1. SMP

$$\text{Total Skor} = (12 \times 4) + (12 \times 5) = 48 + 60 = 108$$

$$\text{Skor Tertinggi} = 24 \times 5 = 120$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{108}{120} \times 100 \approx 90{,}00\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

جامعة الرانري
AR-RANIRY

2. SMA

$$\text{Total Skor} = (133 \times 4) + (142 \times 5) = 532 + 710 = 1242$$

$$\text{Skor Tertingg} = 275 \times 5 = 1375$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{1242}{1375} \times 100 \approx 90{,}29\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

3. S1/D3

$$\text{Total Skor} = (38 \times 4) + (22 \times 5) = 152 + 110 = 262$$

$$\text{Skor Tertinggi} = 60 \times 5 = 300$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{262}{300} \times 100 \approx 87{,}33\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

H. Berdasarkan Pekerjaan

Perhitungan:

1. PNS

$$\text{Total Skor} = (27 \times 4) + (11 \times 5) = 108 + 55 = 163$$

$$\text{Skor Tertinggi} = 38 \times 5 = 190$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{163}{190} \times 100 \approx 85{,}79\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

2. Wiraswasta/Dagang

$$\text{Total Skor} = (31 \times 4) + (29 \times 5) = 124 + 145 = 269$$

$$\text{Skor Tertinggi} = 60 \times 5 = 300$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{269}{300} \times 100 \approx 89{,}67\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

3. Tukang

$$\text{Total Skor} = (31 \times 4) + (16 \times 5) = 124 + 80 = 204$$

$$\text{Skor Tertinggi} = 47 \times 5 = 235$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{204}{235} \times 100 \approx 86{,}81\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

4. IRT

$$\text{Total Skor} = (85 \times 4) + (59 \times 5) = 340 + 295 = 635$$

$$\text{Skor Tertinggi} = 144 \times 5 = 720$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{635}{720} \times 100 \approx 88{,}19\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

5. Mahasiswa

$$\text{Total Skor} = (10 \times 4) + (38 \times 5) = 40 + 190 = 230$$

$$\text{Skor Tertinggi} = 48 \times 5 = 240$$

$$\text{Indeks (\%)} = \frac{163}{190} \times 100 \approx 95{,}83\%$$

$$\text{Kategori: Tinggi}$$

جامعة الرانري
AR-RANIRY