

PROPOSAL



HYBRID-BIOCELL: Teknologi Biophotofuel and Microbial Fuel Cell
Terintegrasi IoT untuk Pengelolaan Limbah dan Energi Terbarukan di
Pernakan Desa Kemuning Lor Jember

NAMA TIM PENGUSUL: VertiGrowth

- | | |
|------------------------------------|-----------|
| 1. Nandita Putri Hanifa Jannah | (Ketua) |
| 2. Aji Seto Arifianto, S.ST., M.T. | (Anggota) |
| 3. Aqshal Nur Ikhsan S.Si., M.Si | (Anggota) |
| 4. Syahmi Naufal Saputra | (Anggota) |
| 5. Nandini Putri Hanifa Jannah | (Anggota) |
| 6. Saka Karna Bramasta | (Anggota) |
| 7. Moch. Arifin Hidayatullah | (Anggota) |
| 8. M. Anang Ma'ruf | (Anggota) |
| 9. Nashwa Putri Ayesha | (Anggota) |
| 10. Saiful Rizal | (Anggota) |
| 11. Alya Rachma Kamila | (Anggota) |
| 12. Rahmat Rendy Prayogo | (Anggota) |

Kompetisi Inovasi Teknologi & Energi
PFsains
Kategori Ideation
2025

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Nandita Putri Hanifa Jannah

NIK : 3509094707040001

Institusi : Politeknik Negeri Jember

Dengan ini menyatakan bahwa karya dengan judul **"HYBRID-BIOCELL: Teknologi Biophotofuel and Microbial Fuel Cell Terintegrasi IoT untuk Pengelolaan Limbah dan Energi Terbarukan di Peternakan Desa Kemuning Lor Jember"** adalah *original* (tidak mengandung unsur plagiat di dalamnya) serta belum pernah memenangkan dan atau mendapatkan pendanaan dalam perlombaan atau kompetisi sejenis.

Jika di kemudian hari ditemukan ketidakbenaran informasi, maka saya bersedia didiskualifikasi ataupun dibatalkan dari status pemenang serta tidak berhak mendapatkan pendanaan dalam kompetisi PFsains 2025.

Jember, (25) (07) (2025)

Yang menyatakan,



Nandita Putri Hanifa Jannah
E41231216

**SURAT PERNYATAAN KESEDIAAN MENGIKUTI KOMPETISI
PFSains 2024**

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Ketua Team : Nandita Putri Hanifa Jannah

Institusi : Politeknik Negeri Jember

Lokasi Implementasi : Peternakan Rembangan Dairy Desa Kemuning Lor, Kecamatan
Arjasa, Kabupaten Jember

Nama Anggota :

Nama Anggota	No HP/WA	Institusi
Aji Seto Arifianto, S.ST., M.T.	08121622323	Politeknik Negeri Jember
Aqshal Nur Ikhsan S.Si., M.Si	081703093737	Politeknik Negeri Jember
Syahmi Naufal Saputra	082228048797	Politeknik Negeri Jember
Nandini Putri Hanifa Jannah	082271212462	Politeknik Negeri Jember
Saka Karna Bramasta	085760199917	Politeknik Negeri Jember
Moch. Arifin Hidayatullah	081559549825	Politeknik Negeri Jember
M. Anang Ma'ruf	085812749419	Politeknik Negeri Jember
Nashwa Putri Ayesha	082147147274	Politeknik Negeri Jember
Saiful Rizal	082225675196	Politeknik Negeri Jember
Alya Rachma Kamila	082113844655	Politeknik Negeri Jember
Rahmat Rendy Prayogo	085954270137	Politeknik Negeri Jember

Dengan ini menyatakan bahwa proposal kompetisi Inovasi Energi PFSains 2025 dengan judul: **HYBRID-BIOCELL: Teknologi Biophotofuel and Microbial Fuel Cell Terintegrasi IoT untuk Pengelolaan Limbah dan Energi Terbarukan di Peternakan Desa Kemuning Lor Jember** merupakan karya orisinal kami yang dikerjakan secara berkelompok/tim.

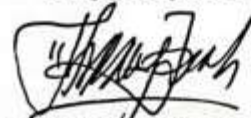
Bahwasannya tim kami tidak akan bubar selama proses pelaksanaan kompetisi ini berlangsung hingga tahap - implementasi prototipe/purwarupa di lapangan selesai.

Apabila di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka kami bersedia dituntut dan diproses dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penugasan yang sudah diterima ke Pertamina Foundation.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Jember, (25) (07) (2025)

Yang menyatakan,



Nandita Putri Hanifa Jannah
E41231216

ABSTRAK

Permasalahan limbah kotoran sapi dan tingginya kebutuhan energi di sektor peternakan menjadi tantangan serius, terutama di wilayah pedesaan seperti Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember. Rembangan Dairy Farm, salah satu peternakan sapi perah milik pemerintah daerah, menghasilkan sekitar 400–500 kg limbah kotoran sapi setiap hari. Tanpa pengelolaan yang tepat, limbah ini dapat mencemari udara, air tanah, dan berdampak negatif terhadap kesehatan masyarakat sekitar. Di sisi lain, peternakan juga membutuhkan pasokan energi listrik yang stabil dan efisien untuk mendukung operasional harian.

Sebagai solusi atas dua permasalahan tersebut, diusulkan HYBRID-BIOCELL, sebuah inovasi teknologi pengolahan limbah berbasis gabungan sistem *Biophotofuel Cell* (BPFC) dan *Microbial Fuel Cell* (MFC), yang dilengkapi sistem kendali dan monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT). Melalui reaksi bioelektrokimia dan fotodekomposisi, limbah kotoran sapi dikonversi menjadi energi listrik terbarukan yang dapat digunakan untuk kebutuhan peternakan. Sistem ini dirancang agar dapat bekerja secara otomatis, hemat biaya, dan ramah lingkungan. Pemnfaatan sensor dan mikrokontroler memungkinkan pemantauan suhu, kelembapan, serta arus dan tegangan secara real-time melalui aplikasi Android/Web.

Penerapan HYBRID-BIOCELL diharapkan mampu mengurangi emisi gas rumah kaca seperti metana (CH_4) dan hidrogen sulfida (H_2S), menekan biaya listrik operasional peternakan, serta meningkatkan literasi teknologi di kalangan peternak. Selain berkontribusi dalam penyelesaian masalah lingkungan, inovasi ini juga mendukung pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan, pendampingan, dan keterlibatan aktif warga desa dalam pengelolaan energi. Dengan desain yang sederhana, fleksibel, dan dapat menggunakan bahan lokal, HYBRID-BIOCELL berpotensi direplikasi secara luas di berbagai wilayah peternakan Indonesia. Inovasi ini mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab), dan SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim).

Kata Kunci: limbah kotoran sapi, energi terbarukan, *Microbial Fuel Cell*, *Biophotofuel Cell*, IoT, peternakan, Jember.

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I. Latar Belakang	1
II. Rumusan Masalah	2
III. Tujuan	2
IV. Manfaat.....	3
BAB II REFERENSI & PENJABARAN INOVASI	3
II.I Landasan Teori	3
II.II Inovasi Energi.....	5
BAB III RENCANA PELAKSANAAN	8
III.I Lokasi Proyek	8
III.II Jadwal Kegiatan	9
III.III Rincian Kegiatan	9
BAB IV RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB).....	10
V.I Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	10
BAB V KESIMPULAN & PENUTUP	10
V.II Kesimpulan.....	10
V.III Penutup	10

BAB I PENDAHULUAN

I. Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan dasar dalam kehidupan *modern* yang menopang berbagai sektor. Namun, hingga akhir 2023 masih terdapat sekitar 185.662 rumah tangga di Indonesia yang belum memiliki akses listrik, atau sekitar 742.648–928.310 individu hidup tanpa energi (Kementerian ESDM, 2024). Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan distribusi energi, terutama di wilayah pedesaan dan sektor produktif seperti peternakan.

Salah satu wilayah yang menghadapi tantangan serupa adalah Rembangan Dairy Farm, yang berlokasi di Desa Rembangan, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Peternakan ini merupakan unit kerja di bawah naungan Dinas Ketahanan Pangan dan Peternakan Kabupaten Jember, dengan populasi sapi perah aktif sekitar 50 ekor. Produk utama peternakan ini adalah susu segar dengan berbagai varian rasa yang dipasarkan secara lokal, sekaligus menjadi destinasi wisata edukatif bagi masyarakat. Meski memiliki potensi ekonomi dan edukatif, pengelolaan lingkungan di peternakan ini masih menghadapi tantangan, khususnya terkait limbah kotoran sapi yang dihasilkan setiap harinya.

Rata-rata satu ekor sapi menghasilkan 8–10 kg kotoran per hari (Huda & Wikanta, 2016), sehingga total limbah padat di peternakan dapat mencapai 400–500 kg per hari. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini berpotensi mencemari udara melalui gas metana (CH_4) dan hidrogen sulfida (H_2S), mencemari air tanah, serta menimbulkan risiko penyakit seperti diare, infeksi pernapasan, dan penyakit kulit. Dampaknya tidak hanya pada lingkungan, tetapi juga kenyamanan dan kesehatan masyarakat serta wisatawan (Sari *dkk*, 2024).

Permasalahan tersebut semakin kompleks karena belum tersedianya sistem pengelolaan limbah yang tepat guna, murah, dan dapat diakses secara luas oleh peternakan skala menengah seperti Rembangan *Dairy Farm*. Padahal, berdasarkan prinsip hukum lingkungan yang tercantum dalam Pasal 28H ayat (1) dan Pasal 33 ayat (4) UUD 1945 serta Pasal 60 jo Pasal 104 UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, setiap usaha yang berpotensi mencemari wajib memiliki sistem pengelolaan limbah yang bertanggung jawab (Romansah, 2020).

Di sisi lain, limbah kotoran sapi sebenarnya memiliki potensi besar sebagai sumber energi alternatif. Kandungan organik dan mikroorganisme elektroaktif di

dalamnya dapat dikonversi menjadi listrik melalui pendekatan bio-elektrokimia. Sayangnya, teknologi ini belum banyak diterapkan di peternakan skala kecil hingga menengah.

Berdasarkan kondisi tersebut, kami menawarkan solusi berupa HYBRID-BIOCELL, yaitu teknologi pengolahan limbah kotoran sapi menjadi energi listrik terbarukan melalui gabungan sistem *Biophotofuel Cell* (BPFC) dan *Microbial Fuel Cell* (MFC). Limbah difermentasi dalam ruang anaerob untuk menghasilkan elektron dan proton, lalu dikonversi menjadi energi listrik. Efisiensi ditingkatkan melalui proses fotodekomposisi oleh cahaya matahari (BPFC). Sistem ini dikendalikan secara *real-time* menggunakan *Internet of Things* (IoT) untuk monitoring dan pengaturan daya secara otomatis.

Dengan diterapkannya HYBRID-BIOCELL di Rembangan Dairy Farm diharapkan dapat mengurangi pencemaran, menekan biaya operasional, serta menyediakan energi mandiri yang ramah lingkungan. Inovasi ini juga berpotensi menjadi model teknologi bioenergi terapan yang mendukung pencapaian SDGs, khususnya SDG 7, SDG 12, dan SDG 13).

II. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengatasi permasalahan pengelolaan limbah kotoran sapi yang menumpuk dan mencemari lingkungan di Rembangan Dairy Farm?
2. Bagaimana penerapan teknologi HYBRID-BIOCELL (*Biophotofuel and Microbial Fuel Cell Fusion*) berbasis IoT untuk mengubah limbah kotoran sapi menjadi energi listrik terbarukan?
3. Bagaimana efektivitas sistem HYBRID-BIOCELL dalam meningkatkan kemandirian energi dan mewujudkan lingkungan peternakan yang bersih dan berkelanjutan?

III. Tujuan

Adapun tujuan dari kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Mengatasi pencemaran akibat limbah kotoran sapi di Rembangan Dairy Farm, Jember.
2. Menerapkan teknologi HYBRID-BIOCELL berbasis *Biophotofuel and Microbial Fuel Cell Fusion* yang terintegrasi IoT.

3. Mewujudkan sistem peternakan yang mandiri energi, ramah lingkungan, dan berkelanjutan sesuai dengan prinsip ekonomi sirkular.
4. Memberikan edukasi dan pelatihan kepada peternak lokal terkait pemanfaatan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan.

IV. Manfaat

a. Manfaat Bagi Masyarakat Di Lokasi Proyek

1. Mengurangi pencemaran udara, air, dan tanah akibat limbah kotoran sapi.
2. Menyediakan sumber energi alternatif yang murah, bersih, dan berkelanjutan untuk kebutuhan peternakan.
3. Meningkatkan pengetahuan dan keterampilan peternak dalam mengelola limbah dan menerapkan teknologi energi terbarukan.

b. Manfaat Bagi Pertamina Foundation

1. Mendukung misi Pertamina dalam pengembangan energi bersih dan inovasi teknologi yang berdampak sosial dan lingkungan.
2. Menjadi bukti nyata kontribusi terhadap target *Net Zero Emission* dan pencapaian SDGs melalui aksi kolaboratif dengan generasi muda.
3. Menambah portofolio proyek berbasis komunitas yang berkelanjutan dan dapat direplikasi di wilayah lain.

c. Manfaat Bagi Dunia Industri dan Perusahaan

1. Menjadi model awal pengembangan teknologi bioenergi skala kecil yang aplikatif dan ekonomis.
2. Memberikan peluang riset dan pengembangan lanjutan untuk integrasi limbah sektor peternakan dengan energi terbarukan.
3. Membuka potensi kerja sama antara sektor pendidikan, peternakan, dan industri dalam inovasi teknologi ramah lingkungan.

BAB II REFERENSI & PENJABARAN INOVASI

II.1 Landasan Teori

a. Limbah Kotoran Sapi sebagai Sumber Energi Terbarukan

Energi merupakan kebutuhan dasar dalam kehidupan dan pembangunan. Ketergantungan pada bahan bakar fosil berdampak negatif terhadap lingkungan, seperti emisi gas rumah kaca dan perubahan iklim. Karena itu, energi terbarukan menjadi solusi keberlanjutan.

Salah satu sumber potensial adalah biogas dari limbah kotoran sapi. Melalui proses anaerobik, mikroorganisme menguraikan bahan organik dan menghasilkan gas metana (CH_4) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar listrik ramah lingkungan. Teknologi ini juga membantu mengurangi pencemaran dan menghasilkan pupuk organik. Namun, penerapannya masih terkendala biaya awal, perawatan rutin, serta faktor teknis seperti suhu, jenis pakan, dan desain reaktor (Perdana Putra & Seniari, 2024).

b. Microbial Fuel Cell (MFC)

Microbial Fuel Cell (MFC) adalah teknologi bioelektrokimia yang memanfaatkan mikroorganisme untuk mengubah senyawa organik menjadi energi listrik dalam kondisi anaerob. Mikroba di anoda menguraikan bahan organik, menghasilkan elektron dan proton. Elektron mengalir ke katoda melalui sirkuit eksternal, menciptakan arus listrik, sementara proton bergerak melalui membran untuk menyelesaikan reaksi redoks.

MFC berpotensi sebagai sumber energi terbarukan sekaligus solusi pengolahan limbah organik, seperti kotoran sapi, yang kaya akan senyawa organik kompleks. Teknologi ini ramah lingkungan, tidak bergantung pada bahan bakar fosil, serta tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca secara langsung. Karena dapat diterapkan dalam skala kecil dengan biaya dan perawatan rendah, MFC sangat cocok untuk daerah pedesaan atau wilayah tanpa akses listrik konvensional (Prabowo & Dewi Chusniasih, 2023).

c. Biophotofuel Cell (BPFC)

BPFC menjadi salah satu teknologi utama yang dikombinasikan dalam alat ini. Cara kerjanya yaitu ketika kandungan elektron dalam larutan yang mengandung *E. coli* pada medium organik mengubah bahan organik menjadi energi listrik, khususnya saat mendapatkan tambahan energi dari sinar matahari. Proses dekomposisi dalam medium ini disebut fotodekomposisi, yang berfungsi untuk menguraikan medium organik (enrichment media) dalam larutan biomassa sehingga menghasilkan ion elektron dan proton. Ion-ion tersebut menciptakan perbedaan potensial listrik yang kemudian menghasilkan energi. Pada teknologi BPFC, larutan biomassa memanfaatkan fotodekomposisi TiO_2 dengan katoda O_2 -reduktor, sehingga terjadi dekomposisi fotoelektrokimia. Energi listrik dari proses ini dapat disimpan dalam baterai maupun aki (Dewi, 2025).

d. Internet of Things (IoT)

Internet of Things adalah konsep integrasi perangkat fisik yang dilengkapi sensor, jaringan, dan perangkat lunak untuk bertukar data secara otomatis melalui internet. Teknologi ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem secara *real-time* tanpa intervensi langsung. Dalam konteks energi terbarukan di peternakan, IoT digunakan untuk memantau performa sistem bioenergi seperti MFC dan BPFC, termasuk suhu, kelembapan, kadar gas, dan produksi energi. Arsitektur IoT mencakup lapisan sensor, jaringan, layanan, dan antarmuka pengguna secara terpadu (Khan, 2019).

II.II Inovasi Teknologi

a. Deskripsi Inovasi Teknologi

HYBRID-BIOCELL adalah inovasi teknologi berbasis bioelektrokimia yang memanfaatkan limbah kotoran sapi untuk menghasilkan energi listrik terbarukan. Sistem ini menggabungkan dua pendekatan utama: *Microbial Fuel Cell* (MFC) dan *Biophotofuel Cell* (BPFC). MFC memproses bahan organik secara biologis untuk menghasilkan arus listrik, sedangkan BPFC meningkatkan efisiensi sistem melalui fotodekomposisi dengan cahaya matahari. Seluruh sistem dikendalikan secara *real-time* menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pemantauan dan pengaturan otomatis melalui aplikasi *mobile*.

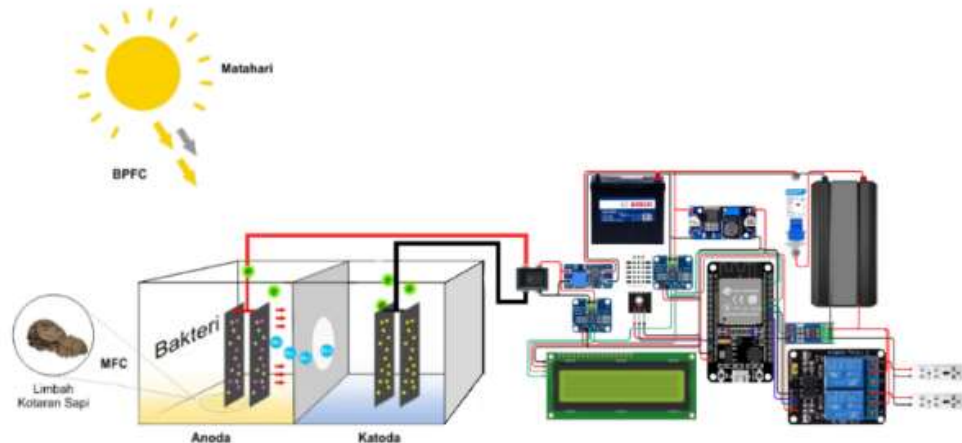
Visualisasi desain sistem HYBRID-BIOCELL, baik dalam bentuk model 3D perangkat maupun antarmuka aplikasi *mobile*, disajikan pada **Lampiran 5**.

b. Tingkat Kesiapan Teknologi Inovasi

Saat ini, inovasi teknologi HYBRID-BIOCELL berada pada TKT 3, yang mencerminkan tahap pembuktian konsep dan karakteristik teknologi melalui uji analitis dan eksperimental awal. Prinsip ilmiah dasar dari teknologi, yaitu penggabungan *Microbial Fuel Cell* (MFC) dan *Biophotofuel Cell* (BPFC) untuk mengonversi limbah kotoran sapi menjadi energi listrik, tidak hanya telah dikaji melalui studi literatur tetapi juga telah diuji secara laboratorium. Pengujian skala laboratorium menghasilkan tegangan listrik awal sekitar 2–5 V DC, yang kemudian berhasil ditingkatkan melalui proses konversi hingga 220V AC, serta telah dibuat purwarupa bioelektrokimia awal.

Tahapan selanjutnya diarahkan menuju TKT 4, yaitu validasi teknologi di lingkungan laboratorium yang lebih mendekati kondisi nyata dan peningkatan stabilitas sistem, sebelum dilakukan uji coba lapangan secara langsung.

c. Gambar/Rancang Bangun Inovasi Teknologi



d. Cara/Prinsip Kerja Inovasi Teknologi

Sistem HYBRID-BIOCELL menggabungkan teknologi Microbial Fuel Cell (MFC) dan Biophotofuel Cell (BPFC) untuk mengubah limbah kotoran sapi dan energi cahaya menjadi listrik terbarukan. Dalam MFC, kotoran sapi dimasukkan ke ruang anoda anaerob, di mana mikroba mengurai senyawa organik dan menghasilkan elektron (e^-) serta proton (H^+). Elektron dialirkan ke katoda melalui rangkaian luar untuk membentuk arus listrik, sementara proton melintasi jembatan garam dan bereaksi dengan oksigen menghasilkan air.

BPFC meningkatkan efisiensi sistem dengan menyinari elektroda TiO_2 menggunakan cahaya UV, yang menimbulkan eksitasi elektron dan mempercepat transfer muatan. Tegangan awal 2–5V DC diperkuat dengan boost converter, disimpan dalam baterai, lalu dikonversi menjadi arus AC 220V menggunakan inverter.

Kontrol sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor DHT22, INA219, PZEM-004T, dan relay. Data suhu, kelembapan, arus, dan tegangan ditampilkan secara real-time melalui aplikasi Android/Web. Sistem juga dilengkapi MCB sebagai proteksi listrik. Operasi berlangsung otomatis setelah ruang anoda diisi campuran kotoran sapi dan air. Integrasi IoT memungkinkan pemantauan

dan pengendalian praktis, serta mendukung efisiensi energi di peternakan secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Penjelasan teknis secara lebih mendalam mengenai mekanisme kerja masing-masing komponen serta alur integrasi sistem disajikan pada **Lampiran 3**.

e. Teknis Pengoperasian dan Skema Perawatan

Sistem HYBRID-BIOCELL dioperasikan dengan mengisi ruang anoda menggunakan campuran kotoran sapi dan air. Selanjutnya, sistem bekerja otomatis menghasilkan listrik melalui reaksi bioelektrokimia. Pemantauan suhu, kelembapan, arus, dan tegangan dilakukan secara *real-time* melalui aplikasi IoT berbasis ESP32, yang juga memungkinkan kontrol perangkat elektronik.

Skema Perawatan:

No	Kegiatan	Frekuensi	Tujuan
1	Penggantian substrat kotoran	10–14 hari sekali	Menjaga efisiensi reaksi mikroorganisme
2	Kalibrasi sensor IoT	1 bulan sekali	Menjamin akurasi data suhu, tegangan, arus
3	Pembersihan elektroda	1 bulan sekali	Menghindari kerak/endapan
4	Pemeriksaan koneksi kabel/sirkuit	2 minggu sekali	Mencegah korsleting dan tegangan drop
5	Penggantian filter udara (jika ada)	1 bulan atau sesuai kondisi	Menjaga suplai oksigen di ruang katoda

f. Kelebihan dan Kekurangan dibanding Teknologi Konvensional

Berikut adalah perbandingan antara teknologi HYBRID-BIOCELL dengan dua inovasi sejenis berbasis MFC yang telah dikembangkan sebelumnya:

No	Fitur	DELETE (Syarifuddin & Fernanda, 2019)	MFC RPH (Widodo & Ali, 2019)	HYBRID-BIOCELL
1	Menggunakan limbah lokal	✓	✓	✓
2	Teknologi Microbial Fuel Cell (MFC)	✓	✓	✓
3	Teknologi Biophotofuel Cell (BPFC)	X	X	✓
4	Efisiensi dari 2 sumber bioenergi	X	X	✓
5	Pemanfaatan energi cahaya	X	X	✓
6	Integrasi Internet of Things (IoT)	✓	X	✓
7	Monitoring sistem secara real-time	✓	X	✓

8	Sistem dual-chamber	✓	✓	✓
---	---------------------	---	---	---

g. Penyelesaian Permasalahan di Lokasi Proyek

HYBRID-BIOCELL menjadi solusi atas dua permasalahan utama di Rembangan Dairy Farm: penumpukan limbah kotoran sapi dan tingginya biaya operasional listrik. Inovasi ini memungkinkan konversi limbah menjadi energi terbarukan secara mandiri, sekaligus mendukung kebersihan lingkungan dan efisiensi biaya secara berkelanjutan.

h. Proyeksi Hasil dan Dampak Positif

Realisasi HYBRID-BIOCELL diperkirakan membawa dampak signifikan dalam berbagai aspek. Dari sisi lingkungan, inovasi ini membantu mengurangi emisi gas rumah kaca seperti metana (CH_4) dan hidrogen sulfida (H_2S), sekaligus meningkatkan kebersihan pengelolaan limbah peternakan (Naimah et al., 2022). Secara ekonomi, teknologi ini menghilangkan biaya listrik tahunan hingga Rp12.000.000. Setelah memperhitungkan investasi dan operasional, sistem ini menghasilkan laba bersih sekitar Rp80.000.000 dalam 10 tahun. Perhitungan rinci dapat dilihat pada Lampiran 8. Dari segi teknis sebanyak 20 kg kotoran sapi dapat menghasilkan energi listrik sebesar 0,89 kWh per hari (Hamri et al., 2024). Dampak sosial juga terlihat melalui meningkatnya keterlibatan masyarakat dan literasi teknologi dalam pengelolaan energi (Indriyani et al., 2022). Sebagai bagian dari kajian teknis, kami telah melakukan perhitungan estimasi energi yang dihasilkan oleh kombinasi sistem MFC dan BPFC, yang diperkirakan mencapai 181 kJ dari 1 kg kotoran sapi, dan perhitungan rinci dapat dilihat pada Lampiran 4.

i. Penjelasan Replikasi dan Komersialisasi

Teknologi ini berpotensi direplikasi di wilayah pedesaan lain yang memiliki peternakan sapi perah atau sapi potong. Skema replikasi dapat dilakukan melalui program CSR, inkubasi UMKM, atau kemitraan dengan pemerintah daerah. Ke depan, alat ini dapat dikembangkan menjadi produk komersial yang murah, modular, dan ramah lingkungan.

BAB III RENCANA PELAKSANAAN

III.1 Lokasi Proyek

Proyek ini akan dilaksanakan di Rembangan Dairy Farm, peternakan sapi perah milik Dinas Ketahanan Pangan dan Peternakan Kabupaten Jember, yang juga berfungsi sebagai kawasan wisata edukasi. Lokasinya berada di Dusun

Darungan, Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember, Jawa Timur (Koordinat: -8.08439, 113.69018).

Peternakan ini memiliki sekitar 50 ekor sapi perah dan menempati lahan 11–12 hektar, mencakup area kandang, hijauan, pengolahan susu, dan edukasi. Sebanyak 10–15 petugas menjadi penerima manfaat langsung, ditambah ratusan pengunjung edukatif setiap bulan.

Mayoritas warga sekitar bekerja sebagai petani atau peternak, dengan pendidikan SMP–SMA dan pendapatan rata-rata di bawah Rp2.000.000 per bulan. Lokasi yang berada di dataran tinggi dengan sinar matahari optimal sangat mendukung penerapan teknologi MFC, BPFC, dan IoT. Area untuk instalasi HYBRID-BIOCELL diperkirakan seluas 1.000–1.500 m².

III.II Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Minggu											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Persiapan dan Koordinasi												
2	Studi Lokasi & Survei												
3	Perakitan HYBRID-BIOCELL												
4	Uji Alat di Lab												
5	Kalibrasi & Penyempurnaan												
6	Sosialisasi ke Mitra												
7	Instalasi Alat di Lokasi												
8	Pelatihan Penggunaan Alat												
9	Pendampingan Intensif												
11	Evaluasi dan Wawancara Mitra												
12	Dokumentasi & Pelaporan												

III.III Rincian Kegiatan

A. Skema Realisasi Inovasi

1. Perancangan & Pengadaan Komponen : Menyusun desain alat dan mengadakan komponen seperti elektroda, fotokatalis, mikrokontroler, dan sensor.
2. Perakitan dan Uji Coba Alat : Merakit sistem MFC-BPFC, mengintegrasikan IoT, dan menguji efisiensi serta stabilitas output listrik.
3. Instalasi di Lokasi : Pemasangan alat di peternakan mitra dan pengujian langsung menggunakan limbah lokal.

B. Pemberdayaan Masyarakat

1. Sosialisasi Teknologi : Edukasi dasar tentang pengelolaan limbah dan pemanfaatan energi terbarukan.
2. Pelatihan Operasional Alat : Penggunaan dan perawatan alat serta pemantauan sistem via IoT.
3. Pendampingan dan Evaluasi : Monitoring berkala, *troubleshooting*, dan pengukuran dampak terhadap lingkungan dan efisiensi energi.

BAB IV RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

V.I Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rekapitulasi Anggaran Biaya

No	Jenis Pengeluaran	Sub Total
1	Investasi Alat	Rp 49.446.600
2	Pemberdayaan Masyarakat	Rp 6.000.000
3	Transportasi dan Akomodasi	Rp 10.870.000
4	Administrasi dan Kesekretariatan	Rp 3.320.000
TOTAL		Rp 69.636.600

BAB V KESIMPULAN & PENUTUP

V.II Kesimpulan

Permasalahan limbah kotoran sapi dan tingginya biaya listrik di Rembangan Dairy Farm membutuhkan solusi berkelanjutan. HYBRID-BIOCELL, yang menggabungkan teknologi Microbial Fuel Cell (MFC), Biophotofuel Cell (BPFC), dan Internet of Things (IoT), menawarkan konversi limbah organik menjadi energi listrik terbarukan secara efisien, murah, dan ramah lingkungan. Teknologi ini berpotensi menekan emisi gas rumah kaca, mengurangi biaya operasional, serta meningkatkan literasi teknologi masyarakat. Sistem ini juga mendorong kemandirian energi lokal berbasis bioelektrokimia, menjadikannya model inovasi yang aplikatif, mudah direplikasi, dan relevan bagi pengembangan peternakan berkelanjutan di pedesaan Indonesia.

V.III Penutup

Implementasi teknologi HYBRID-BIOCELL di Rembangan Dairy Farm diharapkan menjadi model inovasi energi terbarukan skala komunitas yang mampu mengatasi permasalahan limbah dan mendukung pencapaian SDGs, khususnya energi bersih dan ketahanan lingkungan. Ke depan, inovasi ini berpotensi direplikasi

di wilayah serupa melalui kerja sama lintas sektor, program CSR, maupun kemitraan daerah. Semoga langkah ini menjadi kontribusi nyata menuju masa depan energi yang lebih hijau dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia novinda sari, Mufarida, N. A., & Kosjoko, K. (2024). Pengaruh Produksi Gas Metan dari Kotoran Sapi dan Kotoran Kambing dengan Jerami Jagung dan Efektifitas Mikroorganisme-4 (EM4). *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*, 8(2), 77–85. <https://doi.org/10.32528/jp.v8i2.619>
- Dewi, E. L. (2025). *Development of Local Components*. 57–66.
- Hamri, H., Kamil, K., Atim, M. Z., & Efendi, R. (2024). Analisis Potensi Biogas Kotoran Sapi. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 10(2), 546. <https://doi.org/10.35308/jmkn.v10i2.9590>
- Huda, S., & Wikanta, W. (2016). Pemanfaatan Limbah Kotoran Sapi Menjadi Pupuk Organik Sebagai Upaya Mendukung Usaha Peternakan Sapi Potong di Kelompok Tani Ternak Mandiri Jaya Desa Moropelang Kecamatan Babat Kabupaten Lamongan. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 26. <https://doi.org/10.30651/aks.v1i1.303>
- Indriyani, L., Gandri, L., Teke, J., & Rahmatiah, E. (2022). *Pemanfaatan Kotoran Sapi Menjadi Biogas Sebagai Upaya Kemandirian Energi Desa Lambakara Kecamatan Laeya, Konawe Selatan*. 16(1), 1–23.
- Khan, J. Y. (2019). Introduction to IoT Systems. *Internet of Things (IoT)*, January, 1–24. <https://doi.org/10.1201/9780429399084-1>
- Mineral, K. E. dan S. D. (2024). *Tren Penjualan Listrik di Indonesia Terus Naik, Ini Strategi Pemerintah Penuhi Demand*. Kementerian ESDM. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/tren-penjualan-listrik-di-indonesia-terus-naik-ini-strategi-pemerintah-penuhi-demand>
- Naimah, K., Zen, M. R., Arirohman, I., Fahmi, A. G., Handayani, K. Y., Khanafi, M., Hadi, F. S., Julio, A., Simanjuntak, H., & Muslimah, S. (2022). Produksi dan Manajemen Energi Biogas dari Kotoran Sapi sebagai Pengganti LPG di Kampung Totokaton, Lampung Tengah. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 2(6), 1913–1922. <https://doi.org/10.54082/jamsi.562>
- PERDANA PUTRA, I. K., & SENIARI, N. M. (2024). Analisis Potensi Limbah Kotoran Sapi Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Electrician : Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 18(3), 348–353. <https://doi.org/10.23960/elc.v18n3.2738>
- Prabowo, R. D., & Dewi Chusniasih. (2023). Mini Review: Microbial Fuel Cell Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Jurnal Energi Dan Ketenagalistrikan*, 1(2), 192–196. <https://doi.org/10.33322/juke.v1i2.25>
- Romansah, F. (2020). Law Enforcement Against Pollution of Beef Cattle Livestock Waste. *Administrative and Environmental Law Review*, 1(1), 25–32. <https://doi.org/10.25041/aclr.v1i1.2081>

LAMPIRAN

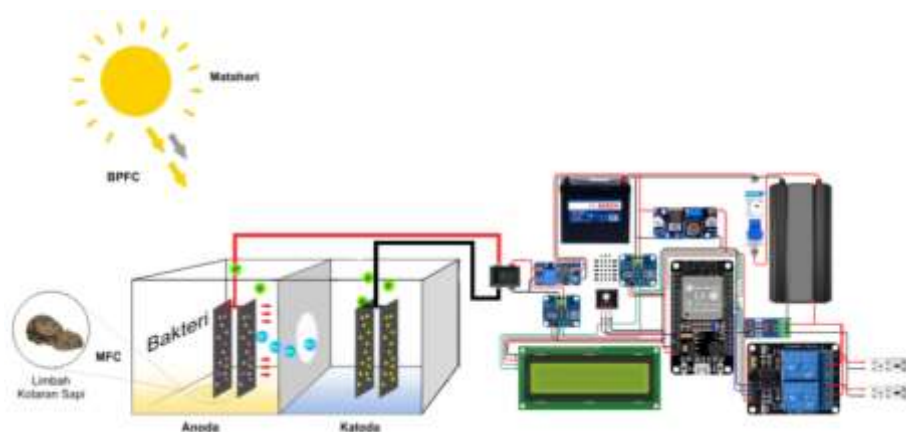
Lampiran 1. Dokumentasi Calon Lokasi Proyek



Lampiran 2. Survei dan Wawancara Dengan Mitra

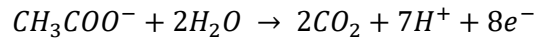


Lampiran 3. Reaksi Redoks HYBRID-BIOCELL

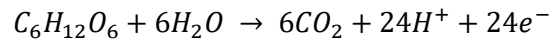


Sistem HYBRID-BIOCELL bekerja dengan memanfaatkan limbah kotoran sapi yang dimasukkan ke dalam ruang anoda anaerob pada *Microbial Fuel Cell* (MFC). Di ruang ini, mikroba seperti *E. coli* menguraikan senyawa organik (misalnya asetat dan glukosa) sehingga menghasilkan elektron (e^-) dan proton (H^+). Elektron mengalir ke

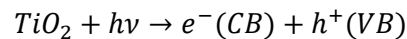
katoda melalui rangkaian luar, membentuk arus listrik, sementara proton bergerak menuju katoda melalui jembatan garam dan bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan air. Proses ini melibatkan reaksi oksidasi biologis, seperti oksidasi asetat:



dan oksidasi glukosa:



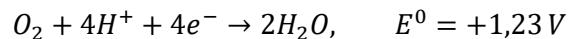
Sementara itu, pada bagian *Biophotofuel Cell* (BPFC), permukaan elektroda TiO_2 (anoda) disinari cahaya UV yang menyebabkan eksitasi elektron sesuai reaksi:



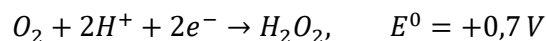
di mana elektron (e^-) pada pita konduksi akan bergerak dan mempercepat transfer elektron ke rangkaian luar, sedangkan *hole* (h^+) pada pita valensi bertindak sebagai oksidator kuat. Proses fotokatalitik ini membantu meningkatkan tegangan sistem bioelektrokimia.

Pada bagian katoda (O_2 reduktor), terjadi reaksi reduksi dengan tiga kemungkinan jalur pembentukan energi:

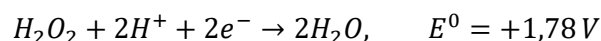
1. Jalur 4 elektron:



2. Jalur 2 elektron (perantara H_2O_2):



3. Reduksi oleh hidrogen peroksida:



Tegangan awal yang dihasilkan (sekitar 2–5 V DC) diperkuat menggunakan *Boost Converter* sebelum disimpan di baterai. Energi ini kemudian diubah menjadi arus AC 220V melalui inverter sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan listrik di peternakan.

Lampiran 4. Perhitungan Energi pada Sistem HYBRID-BIOCELL

Perhitungan dilakukan berdasarkan nilai Chemical Oxygen Demand (COD) dari kotoran sapi, jumlah mol elektron yang dihasilkan, serta efisiensi sistem MFC dan BPFC. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa 1 kg kotoran sapi mampu menghasilkan energi sekitar 181 kJ, dengan rincian langkah-langkah perhitungan, faktor efisiensi, dan kontribusi energi dari MFC maupun BPFC yang dijabarkan secara detail berikut ini.

1. Chemical Oxygen Demand (COD)

COD digunakan untuk mengukur jumlah oksigen yang diperlukan dalam oksidasi senyawa organik. Pada 1 kg kotoran sapi, nilai COD rata-rata adalah sekitar **100 g COD/kg** (rentang 80–120 g COD/kg).

$$COD = \frac{80 + 120}{2} = 100 \text{ g COD/kg}$$

2. Perhitungan Mol Elektron (n)

$$100 \text{ g COD/kg} \approx \frac{100 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 3,125 \text{ mol}$$

Jumlah mol elektron:

$$n = 3,125 \text{ mol } e^- \times 4 \text{ mol } e^-/\text{mol} = 12,5 \text{ mol } e^-$$

3. Total Muatan (Q_t)

$$Q_t = n \times F$$

$$Q_t = 12,5 \text{ mol } e^- \times 96.485 \text{ C/mol } e^- = 1.206.062 \text{ C}$$

4. Energi Maksimum (E)

$$E = Q \times V = 1.206.062 \text{ C} \times 1,1 \text{ V} = 1.326.668 \text{ J} \approx 1.327 \text{ kJ}$$

5. Efisiensi Sistem

- Efisiensi faktor MFC (EF) $\approx 40\%$
- Efisiensi Tegangan (VE) $\approx 0,49 \text{ V}$
- Efisiensi Substrat (ES) $\approx 60\%$

6. Energi yang Direalisasikan (ER)

$$ER = ET \times EF \times VE \times ES$$

Muatan aktual:

$$Q_r = Q_t \times EF = 1.206.062 \text{ C} \times 40\% = 289.455 \text{ C}$$

Energi realisasi MFC:

$$E_r = Q_r \times VE = 289.455 \text{ C} \times 0,49\text{V} = 115.782 \text{ J} \approx 116 \text{ kJ}$$

7. Kontribusi BPFC

BPFC memberikan tambahan efisiensi sekitar 75%.

$$Q_{BPFC} = Q_t \times 75\% = 452.273 \text{ C}$$

Energi realisasi BPFC:

$$E_{BPFC} = 452.273 \text{ C} \times 0,49 \text{ V} = 1382 \text{ kJ}$$

Jika volume kotoran sapi didapatkan 500 kg

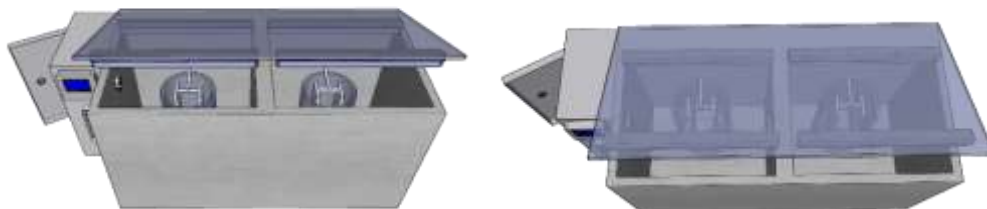
$$E_{total} \times V_{total} = 1382 \times 500 = 192 \text{ kWh}$$

Kesimpulan: Total energi gabungan MFC-BPFC dari 500 kg kotoran sapi menghasilkan 192kWh.

Lampiran 5. Desain 3D dan Aplikasi Mobile

1. Desain 3D

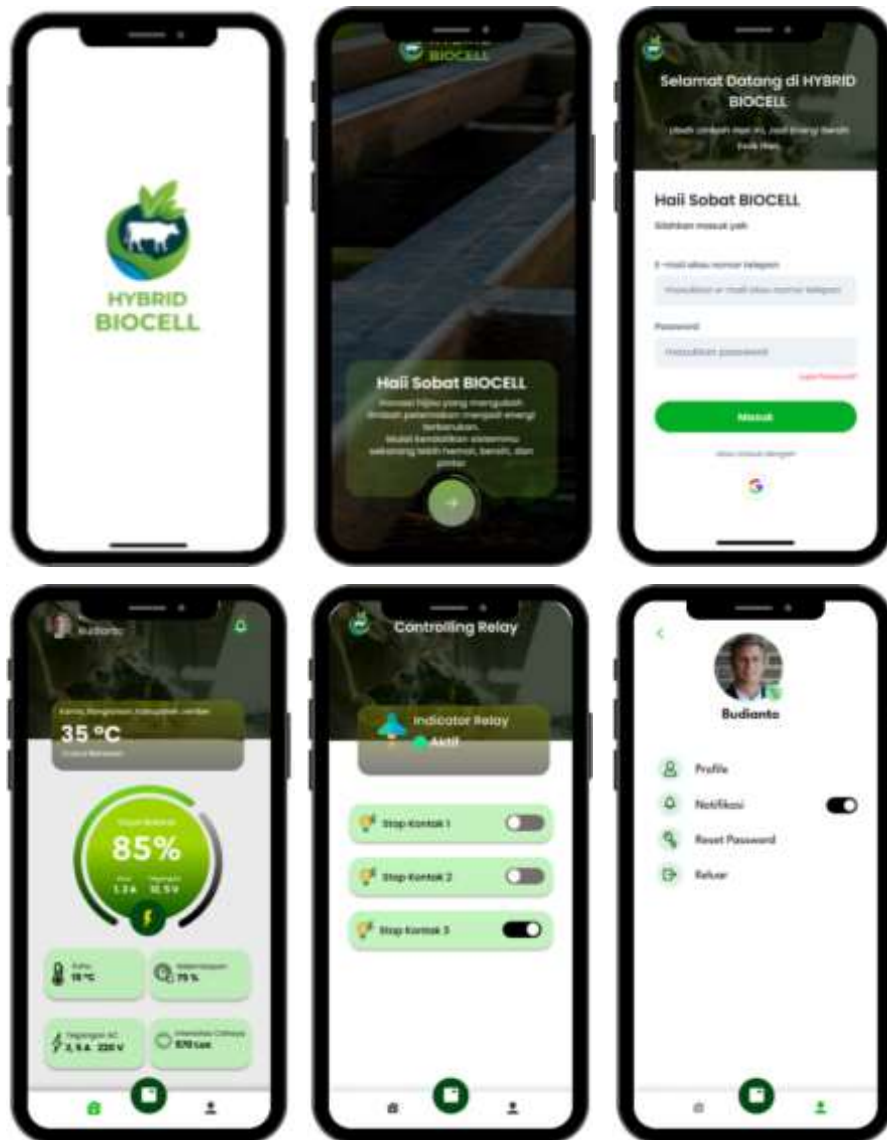
Berikut ini merupakan perancangan prototipe HYBRID-BIOCELL: Teknologi *Biophotofuel* and *Microbial Fuel Cell* Terintegrasi IoT untuk Pengelolaan Limbah dan Energi Terbarukan di Peternakan Desa Kemuning Lor Jember dalam bentuk desain 3D.





2. Aplikasi *Mobile*

Berikut ini merupakan perancangan aplikasi HYBRID-BIOCELL: Teknologi *Biophotofuel* and *Microbial Fuel Cell* Terintegrasi IoT untuk Pengelolaan Limbah dan Energi Terbarukan di Peternakan Desa Kemuning Lor Jember.



Aplikasi HYBRID-BIOCELL merupakan *platform* berbasis IoT yang dirancang untuk mendukung teknologi *Biophotofuel* dan *Microbial Fuel Cell* dalam pengelolaan limbah peternakan menjadi energi terbarukan. Aplikasi ini menyediakan fitur monitoring *real-time* terhadap berbagai parameter penting seperti kapasitas daya baterai, arus, tegangan, suhu, kelembapan, intensitas cahaya, serta informasi cuaca. Selain itu, aplikasi ini dilengkapi dengan fitur *controlling relay* yang memungkinkan pengguna mengendalikan perangkat listrik dari jarak jauh secara praktis. Dengan tampilan antarmuka yang *modern* dan mudah digunakan, HYBRID-BIOCELL bertujuan untuk membantu peternak dalam mengelola energi secara efisien, ramah lingkungan, dan mendukung konsep *smart farming* berbasis teknologi hijau.

Lampiran 6. Pembagian Jobdesk Anggota

No	Nama	Pembagian Tugas
1	Nandita Putri Hanifa Jannah	Bertanggung jawab sebagai ketua tim: menyusun dan mengoordinasikan proposal, penjadwalan kegiatan, komunikasi dengan mitra, serta pengelolaan luaran berupa publikasi dan media sosial.
2	Aji Seto Arifianto, S.ST., M.T.	Memberikan bimbingan teknis terkait integrasi sistem dan pendekatan rekayasa energi dalam perancangan alat.
3	Aqshal Nur Ikhsan, S.Si., M.Si.	Memberikan arahan dalam aspek fisika dasar, analisis parameter kelistrikan, serta reaksi elektrokimia MFC-BPFC.
4	Syahmi Naufal Saputra	Bertugas dalam perakitan dan pengujian alat, pengolahan data sensor IoT, serta dokumentasi hasil pengukuran.
5	Nandini Putri Hanifa Jannah	Menyusun bagian proposal, khususnya latar belakang, tujuan, serta Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan membantu dokumentasi administratif.
6	Saka Karna Bramasta	Bertugas dalam pembuatan desain antarmuka aplikasi mobile/web untuk sistem monitoring dan visualisasi data.
7	Moch. Arifin Hidayatullah	Membantu perancangan dan penyusunan jadwal kegiatan, serta pelaksanaan sosialisasi dan pelatihan mitra.
8	M. Anang Ma'ruf	Membantu pada bagian penyiapan alat dan bahan, serta mendukung kegiatan uji coba dan instalasi lapangan.
9	Nashwa Putri Ayesha	Mendokumentasikan seluruh tahapan kegiatan, serta menyusun laporan kegiatan dan logbook tim.
10	Saiful Rizal	Membantu pengukuran hasil (daya listrik), serta pengolahan data untuk keperluan evaluasi dan laporan akhir.
11	Alya Rachma Kamila	Mendukung penyusunan proposal, penulisan artikel ilmiah, serta membantu kegiatan komunikasi dan publikasi.
12	Rahmat Rendy Prayogo	Bertanggung jawab pada bagian desain poster, presentasi, dan publikasi visual kegiatan tim.

Lampiran 7. Justifikasi Anggaran Kegiatan

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Perhitungan	Volume	Harga Satuan	Jumlah
A	Investasi Alat (minimal 65%)					
1	Nutrient Broth	paket	x	1	1.960.000	1.960.000
2	Dual-chamber	paket	x	1	1.290.000	1.290.000
3	Lempengan Katoda dan Anoda	paket	x	8	96.500	772.000
4	Microcontroller ESP32 ESP-WROOM-32	pcs	x	1	245.000	245.000
5	Solder	paket	x	1	168.000	168.000
6	Timah Solder	paket	x	2	89.000	178.000
7	Desoldering Pump	pcs	x	1	78.000	78.000
8	Pemotong Kabel	paket	x	1	275.000	275.000
9	Peralatan tangan	paket	x	1	589.000	589.000
10	Lampu LED	pcs	x	5	194.000	970.000
11	Fitting Lampu	pcs	x	5	34.000	170.000
12	Resistor	paket	x	1	349.000	349.000
13	Relay 2 Channel	pcs	x	5	47.000	235.000
14	Stop Kontak	pcs	x	2	80.000	160.000
15	Kabel Listrik	roll	x	1	646.000	646.000
16	Kabel Jumper	paket	x	2	28.000	56.000
17	Pure Sine Wave Inverter	pcs	x	1	1.265.000	1.265.000
18	MCB	pcs	x	1	550.000	550.000
19	Saklar	pcs	x	5	13.000	65.000
20	Boost Converter	pcs	x	1	450.000	450.000
21	Box Pelindung	paket	x	3	480.000	1.440.000
22	Multimeter AC DC	pcs	x	1	285.000	285.000
23	Testpen	pcs	x	1	204.500	204.500
24	Baterai LiFePO4 12V 100Ah	pcs	x	1	899.000	899.000
25	Sensor PZEM-004T Meter AC 100A 80-260V	pcs	x	1	470.000	470.000
26	Sensor DHT22	pcs	x	5	110.000	550.000
27	Sekop Kotoran Hewan	pcs	x	2	179.000	358.000
28	Mika Akrilik Transparan	pcs	x	5	25.000	125.000
29	Selang Bakar (Solasi)	paket	x	1	103.000	103.000

30	Sekrup	set	x	1	285.000	285.000
31	LCD KWH Meter	pcs	x	1	1.750.000	1.750.000
32	Lampu LED Indikator (Merah Kuning Hijau)	paket	x	1	26.700	26.700
33	Beaker Glass berbagai ukuran	set	x	1	250.000	250.000
34	Thermometer digital	pcs	x	1	69.800	69.800
35	Terminal Block	pcs	x	2	48.200	96.400
36	Sarung Tangan Nitrile/Latex	box	x	4	70.000	280.000
37	Masker & Kacamata Safety	set	x	10	75.000	750.000
38	Alat Labeling Kabel	pcs	x	1	75.000	75.000
39	Lem Tembak + Glue Stick	set	x	1	45.000	45.000
40	Pinset Logam Antistatik	set	x	1	60.000	60.000
41	Kabel Serabut Tembaga	roll	x	1	120.000	120.000
42	Kotak Kompartemen Kecil	pcs	x	2	50.000	100.000
43	USB to TTL Converter	pcs	x	1	78.000	78.000
44	Switch ON/OFF Panel	pcs	x	2	25.000	50.000
45	DO Meter (Dissolved Oxygen)	pcs	x	1	2.500.000	2.500.000
46	pH Meter Digital	pcs	x	1	780.000	780.000
47	Magnetic Stirrer + Stir Bar	set	x	1	1.200.000	1.200.000
48	Aquarium Heater	pcs	x	1	370.000	370.000
49	Aerator + Selang Udara	set	x	1	300.000	300.000
50	Clamp Meter (Tang Ampere)	pcs	x	1	850.000	850.000
51	Etnanol 96%	botol	x	2	95.000	190.000
52	Sensor Ultrasonik HC-SR04	pcs	x	6	60.000	360.000
53	Katup Penutup (Solenoid Valve)	pcs	x	6	268.000	1.608.000
54	Termostat Digital	pcs	x	2	60.000	120.000
55	Microcontroller ESP32 GPRS Module	pcs	x	1	290.000	290.000
56	IC 4047 + MOSFET IRFZ44	set	x	1	96.700	96.700

57	TiO ₂ (Titanium Dioxide)	buah	x	4	78.000	312.000
58	Nafion PEM Membrane	buah	x	2	250.700	501.400
59	Ose bulat	buah	x	2	18.000	36.000
60	Ose lurus	buah	x	2	18.000	36.000
61	Tabung reaksi	buah	x	10	13.000	130.000
62	Rak tabung reaksi	buah	x	1	35.500	35.500
63	Pipet	buah	x	15	22.000	330.000
64	Larutan EM4	botol	x	3	60.000	180.000
65	Disinfektan Lab	botol	x	2	50.000	100.000
66	Timer Digital	buah	x	1	60.000	60.000
67	pH Strip	box	x	2	75.200	150.400
68	Air aquadest	liter	x	10	10.000	100.000
69	Tang kombinasi	pcs	x	1	75.000	75.000
70	Gunting kawat	pcs	x	2	65.900	131.800
71	Lampu Neon UV LED (20W High Intensity)	pcs	x	2	225.000	450.000
72	Voltmeter Digital Panel	pcs	x	1	106.000	106.000
73	Amperemeter Digital Panel	pcs	x	2	105.000	210.000
74	Modul RTC DS3231	pcs	x	2	69.500	139.000
75	Breadboard besar	pcs	x	1	23.400	23.400
76	Firestore (Cloud Hosting + Realtime DB)	paket	x	1	1.500.000	1.500.000
77	Pengembangan Flutter	aplikasi	x	1	4.500.000	4.500.000
78	Desain UI/UX	paket	x	1	500.000	500.000
79	API Backend	paket	x	1	2.000.000	2.000.000
80	Tangki penampung limbah	pcs	x	5	485.500	2.427.500
81	Baju Kerja Peternakan	pcs	x	11	270.000	2.970.000
82	Cap Peternak	pcs	x	11	56.000	616.000
83	Handuk Kecil	pcs	x	11	27.000	297.000
84	Apron Plastik Tebal	pcs	x	11	65.000	715.000
85	Kacamata Safety	pcs	x	11	14.000	154.000
86	Kunci Inggris	pcs	x	1	86.500	86.500

	87	Timbangan Digital 150kg	pcs	x	1	675.000	675.000
	88	Tool Box	pcs	x	2	156.000	312.000
	89	Filter kasar	pcs	x	3	188.000	564.000
	90	Jasa Pengelasan Rangka	kali	x	1	350.000	350.000
	91	Pipa Hollow	pcs	x	10	62.000	620.000
	92	Cat	pcs	x	1	285.000	285.000
	93	Isolat bakteri E. Coli	unit	x	1	162.000	162.000
	Sub Jumlah						49.446.600
B Pemberdayaan Masyarakat (maksimal 10%)							
	1	Pelatihan Penggunaan Alat	sesi	x	2	400.000	800.000
	2	Cetak Buku Panduan & SOP Penggunaan Aplikasi	eks	x	10	20.000	200.000
	3	Spanduk Sosialisasi & Branding Mitra	pcs	x	2	240.000	480.000
	4	Pembuatan & Manajemen Media Sosial	paket	x	1	200.000	200.000
	5	Sertifikat Peserta Pelatihan	lembar	x	20	20.000	400.000
	6	Dokumentasi Kegiatan Pelatihan	sesi	x	1	250.000	250.000
	7	Konsumsi Tim saat Sosialisasi Program	pax	x	11	30.000	330.000
	8	Konsumsi peserta Sosialisasi Program	pax	x	20	30.000	600.000
	9	Konsumsi tim saat pelatihan	pax	x	11	30.000	330.000
	10	Konsumsi peserta pelatihan	pax	x	20	30.000	600.000
	11	Sewa Tempat Pelatihan	sesi	x	1	250.000	250.000
	12	Goodie Bag atau Souvenir Peserta	pcs	x	20	20.000	400.000
	13	ID Card dan lanyard Peserta & Tim	pcs	x	31	35.000	1.085.000
	14	ATK untuk Pelatihan (alat tulis peserta)	sesi	x	1	75.000	75.000
	Sub Jumlah						6.000.000

C	Transportasi & Akomodasi (maksimal 15-20%)					
	1	Transportasi Survey Lokasi	perjalanan	x	2	200.000 400.000
	2	Transportasi Pembuatan Alat	perjalanan	x	4	300.000 1.200.000
	3	Transportasi Pengangkutan Alat	perjalanan	x	1	300.000 300.000
	4	Transportasi Tim Implementasi / Penyuluhan	perjalanan	x	3	150.000 450.000
	5	Konsumsi Tim 2 hari di lapangan	orang	x	22	40.000 880.000
	6	Uang Saku Implementasi Lapangan 2 hari	orang	x	22	70.000 1.540.000
	7	Penginapan Tim 2 malam	kamar	x	4	450.000 1.800.000
	8	Bahan Bakar Kendaraan Operasional	kendaraan	x	4	300.000 1.200.000
	9	Logistik Tambahan di Lokasi (Air, Snack)	hari	x	2	500.000 1.000.000
	10	Sewa LCD Proyektor	hari	x	2	500.000 1.000.000
	11	Sewa sound mic	hari	x	2	250.000 500.000
	12	Sewa meja kursi	hari	x	2	300.000 600.000
Sub Jumlah						10.870.000
D	Administrasi & Kesekretariatan (maksimal 5%)					
	1	Software Testing Tools	paket	x	1	370.000 370.000
	2	Biaya Komunikasi (Pulsa/Internet Tim)	orang	x	11	50.000 550.000
	3	ATK (Map, Kertas, Pulpen)	paket	x	1	100.000 100.000
	4	Cetak x banner	kali	x	2	185.000 370.000
	5	Biaya Cetak & Penggandaan surat menyurat	eks	x	1	80.000 80.000
	6	Legalitas/Materai & Dokumen Surat Menyurat	lembar	x	10	10.000 100.000
	7	Pendaftaran HKI	kali	x	1	300.000 300.000
	8	Publikasi Playstore	aplikasi	x	1	450.000 450.000

	9	Publikasi media massa	kali	x	2	500.000	1.000.000
	Sub Jumlah						3.320.000
	TOTAL						69.636.600

Lampiran 8. Proyeksi Keuangan dan Penghematan Biaya Listrik dengan Sistem HYBRID-BIOCELL



Jenis Penggunaan Listrik	Biaya Tanpa HYBRID-BIOCELL (Rp)	Biaya dengan HYBRID-BIOCELL (Rp)	Penghematan (Rp)
Pompa Air & Aerator	300.000	0	300.000
Pendingin Susu	250.000	0	250.000
Penerangan Kandang	200.000	0	200.000
Peralatan Lain (alat pakan, sensor, dll.)	250.000	0	250.000
Total	1.000.000	0	1.000.000

- Proyeksi Keuntungan:
Penghematan Listrik: Rp 1.000.000 / bulan $\rightarrow 12 \times 1.000.000 = \text{Rp } 12.000.000 / \text{tahun}$
Biaya Investasi Awal: Rp 49.446.600
Biaya Operasional dan Perawatan Tahunan: Rp 500.000 / tahun
- Net Annual Saving:
Laba Kotor - Biaya Operasional = $12.000.000 - 500.000 = \text{Rp } 11.500.000 / \text{tahun}$
- Payback Period:
Biaya Investasi Awal / Net Annual Saving = $49.446.600 / 11.500.000 \approx 4,3 \text{ tahun}$
- ROI Tahunan:

Net Annual Saving / Biaya Investasi Awal x 100% = $(11.500.00/49.446.600) \times 100\% = 23,25\%$

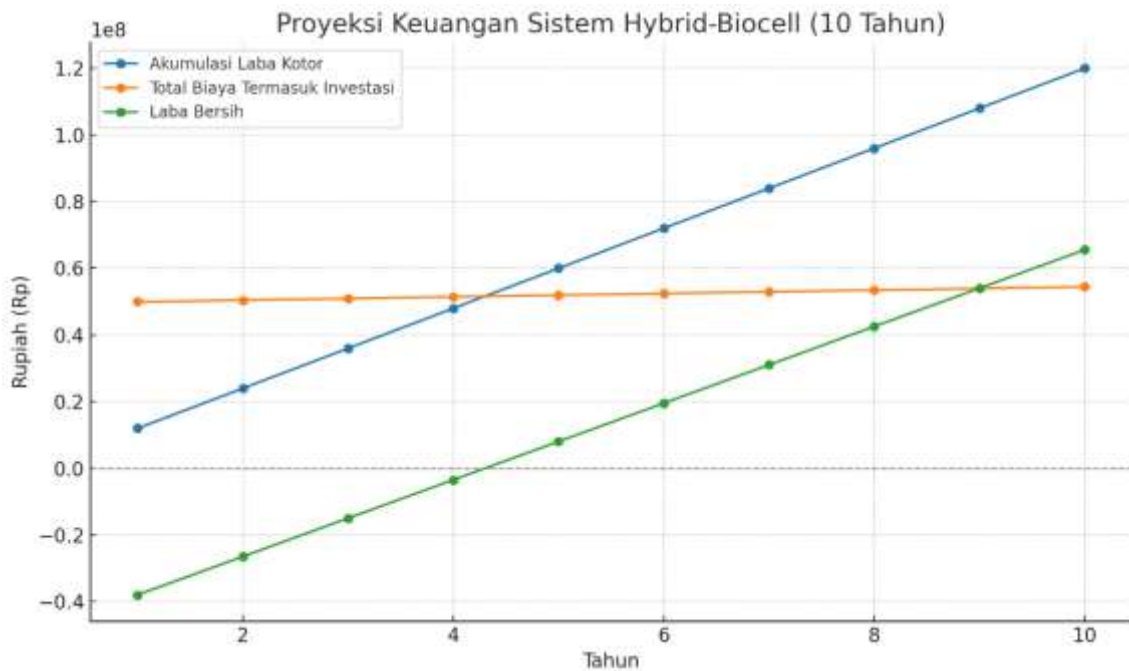
- Proyeksi Keuntungan dalam 10 Tahun:

Laba Kotor: $12.000.000 \times 10 = \text{Rp } 120.000.000$

Biaya Operasional: $500.000 \times 10 = \text{Rp } 5.000.000$

Total Biaya (Investasi + Operasional): $49.446.600 + 5.000.000 = \text{Rp } 54.446.600$

Laba Bersih: $120.000.000 - 54.446.600 = \text{Rp } 65.553.400$



Tahun Ke	Laba Kotor (Rp)	Biaya Operasional (Rp)	Akumulasi Laba Kotor (Rp)	Akumulasi Biaya Operasional (Rp)	Total Biaya Termasuk Investasi (Rp)	Laba Bersih (Rp)
1	12.000.000	500.000	12.000.000	500.000	50.446.600	-38.446.600
2	12.000.000	500.000	24.000.000	1.000.000	50.946.600	-26.946.600
3	12.000.000	500.000	36.000.000	1.500.000	51.446.600	-15.446.600
4	12.000.000	500.000	48.000.000	2.000.000	51.946.600	-3.946.600
5	12.000.000	500.000	60.000.000	2.500.000	52.446.600	7.553.400
6	12.000.000	500.000	72.000.000	3.000.000	52.946.600	19.053.400
7	12.000.000	500.000	84.000.000	3.500.000	53.446.600	30.553.400
8	12.000.000	500.000	96.000.000	4.000.000	53.946.600	42.053.400
9	12.000.000	500.000	108.000.000	4.500.000	54.446.600	53.553.400
10	12.000.000	500.000	120.000.000	5.000.000	54.946.600	65.053.400