

Optimization of Starter Concentration of Thermophilic Bacteria Consortium from Mudiak Sapan to Produce Bioelectricity

Manja Francantika¹ & Irdawati^{1*}

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;

Article History

Received : April 15th, 2025

Revised : April 29th, 2025

Accepted : May 01th, 2025

*Corresponding Author:

Irdawati, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;

Email:

irdawati.amor40@gmail.com

Abstract: The increasing problem of the electrical energy crisis encourages the need for efforts to develop environmentally friendly energy sources, for example, MFC. MFC using a consortium of thermophilic bacteria can provide advantages because it increases the reaction kinetics on the anode which contributes to the performance of the fuel cell. This study aims to optimize the concentration of thermophilic bacteria consortium as a starter in MFC. This study used thermophilic bacterial consortium MS 12 and MS 18 isolates from Mudik Sapan hot spring, and tested five different starter concentrations (3%, 6%, 9%, 12%, and 15%). The bacterial cultures were fermented in a two-chamber bioreactor of the MFC system with voltage measurements every 2 hours for 24 hours. Results showed the 9% concentration produced the highest average voltage output of 0.8043 V, indicating optimal electrogenic performance. This study highlights the important role of starter concentration in improving MFC efficiency.

Keywords: Mfc, starter concentration, thermophilic bacteria.

Pendahuluan

Permasalahan krisis energi listrik yang semakin meningkat, maka dari itu diperlukan upaya pemanfaatan dan pengembangan sumber energi ramah lingkungan (Tumpu *et al.*, 2022). Salah satu bentuk penerapan energi ramah lingkungan adalah *Microbial Fuel Cell* (MFC). MFC adalah sel bahan bakar (*Fuel Cell*) yang berasal dari katalis bakteri dengan cara mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik (Fitriani *et al.*, 2017).

Penerapan MFC dapat menggunakan bakteri sebagai sumber energi, salah satunya dengan menggunakan bakteri termofilik. Pelaksanaan MFC dengan menggunakan bakteri termofilik dapat memberikan keunggulan karena meningkatkan kinetika reaksi pada anoda (Choi *et al.*, 2004). Bakteri termofilik adalah bakteri yang bisa bertahan hidup di lingkungan yang memiliki temperatur suhu sebesar 45°C-80°C (Irdawati *et al.*, 2015). Bakteri termofilik juga dapat hidup dalam keadaan basa, yaitu dengan pH sekitar 7-8

(Tuntun & Huda, 2014). Bakteri termofilik bisa hidup dan berkembang pada berbagai tempat di alam yang memiliki lingkungan ekstrem seperti pada sumber air panas, daerah gunung berapi, dan juga pada sumber mata air panas di dasar laut (Sianturi, 2008). Salah satu daerah penghasil bakteri termofilik adalah sumber air panas sungai Mudik Sapan yang memiliki suhu 93°C dan pH 8. Pada sungai Mudik sapan didapatkan 4 isolat bakteri termofilik terbaik yang menghasilkan konsorsium terbaik (Irdawati *et al.*, 2023).

Pemanfaatan MFC dalam bentuk konsorsium dapat menghasilkan potensi listrik yang lebih optimal (Aprilia & Aini, 2022). Penambahan bakteri termofilik secara konsorsium dapat menghasilkan potensi listrik yang lebih baik, karena dapat mengoksidasi senyawa organik dengan lebih cepat dan dapat meningkatkan laju produksi elektron (Komarawidjaja & Lysiastuti, 2009). penelitian yang dilakukan oleh Uthami (2024), menggunakan konsorsium isolat bakteri termofilik Mudik Sapan MS 9, MS 12, MS 17,

dan MS 18, menunjukkan hasil tegangan energi listrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan isolat bakteri termofilik secara monokultur. Hasil tegangan listrik tertinggi yang didapatkan MS 12-17 dan MS 12-18 adalah sebesar 1,2085 *Volt* dan 0,9360 *Volt*.

Pemanfaatan konsorsium bakteri sistem MFC, variasi konsentrasi antara bakteri dengan medium dapat dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan titik optimal kinerja bakteri. Potensial listrik (*Volt*) yang dihasilkan oleh mikroorganisme dipengaruhi oleh jumlah starter dari mikroorganisme (Fitriani *et al.*, 2017). Konsentrasi inokulum awal atau yang disebut starter merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan sel karena keseimbangan antara jumlah inokulum mikroba awal dengan ketersediaan nutrisi didalam substrat dapat mempengaruhi aktivitas enzim yang optimal sehingga bisa menghasilkan produksi yang maksimal (Cai *et al.*, 2008).

Penelitian yang dilakukan oleh Fitriani *et al.*, (2017) mengenai produksi tegangan listrik (*Volt*) pada variasi konsentrasi starter maltosa 3-7%, menunjukkan hasil bahwa potensial listrik maksimum dihasilkan oleh konsentrasi 3% sebesar 0,57 *Volt* dan 4% sebesar 0,51 *Volt*. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Fu *et al.*, (2015) mengenai konsentrasi starter konsorsium bakteri termofilik antara bakteri *Caldanaerobacter subterraneus* dengan bakteri *Komune Thermodesulfobacterium* menunjukkan tegangan listrik sebesar 0,146 *Volt* dengan menggunakan konsentrasi 11.11% dan perbandingan 1:1. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui optimasi starter pada konsorsium MS 12-MS 18 dalam menghasilkan biolistrik.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2024 sampai Januari 2025, di Laboratorium Mikrobiologi, Biologi, Fakultas Departemen Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian deskriptif.

Populasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini menggunakan isolat MS 12 dan MS 18 (isolat konsorsium bikultur terbaik koleksi Dr. Irdawati, M. Si) yang dikonsorsiumkan dengan 5 perlakuan yaitu 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15%. Penelitian dilakukan dengan cara menghitung rasio konsentrasi antara media hidup bakteri dengan banyak jumlah bakteri.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah jarum ose, tabung reaksi, gelas ukur, mikropipet, timbangan digital, erlenmeyer, elektroda (plat tembaga dan plat zinc), beaker glass, bunsen, vortex, stirrer, hot plate, oven, autoclave, shaker incubator, magnetic stirrer, lemari pendingin, lakban hitam, petridish, label, kabel jepit buaya, botol plastik, multimeter digital, dan tali sumbu kompor. Bahan-bahan yang digunakan adalah isolat konsorsium bikultur bakteri termofilik MS (Mudiak Sapan) yaitu isolat MS 12 dan MS 18 (isolat konsorsium bikultur terbaik koleksi Dr. Irdawati, M. Si) dari laboratorium Mikrobiologi FMIPA UNP, bubuk Natrium Agar (NA), bubuk medium TMM cair dengan komposisi (NaCl, yeast extract, pepton, glukosa, MgSO₄.7H₂O, (NH₄)₂SO₄, K₂HPO₄), alkohol 70%, label, plastik kaca, plastik wrapping, toples, akuades, aluminium foil, kapas, tisu, NaCl.

Prosedur Penelitian

Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat-alat berbahan kaca akan disterilisasi didalam autoclave yang bersuhu 121°C dan tekanan 15 psi, sedangkan untuk alat yang terbuat dari logam seperti jarum ose sterilisasi menggunakan pijar api sampai bewarna merah.

Pembuatan Medium TMM

Medium untuk menumbuhkan bakteri termofilik menggunakan medium Thermophilic Minimum Media (TMM) yang terdiri dari 0,01% MgSO₄.7H₂O; 0,1% K₂HPO₄; 0,1% NaCl, 0,35% (NH₄)₂SO₄; 0,05% ekstrak kapang, 0,05% pepton, 6% glukosa (Zilda *et al.*, 2008). Dilarutkan dengan aquades sampai dengan 1000 ml dan dipanaskan sehingga homogen, lalu dimasukkan ke dalam autoclave untuk disterilisasikan.

Konstruksi bioreaktor MFC

Konsorsium bakteri termofilik akan difermentasikan dengan bioreaktor yang dirangkai oleh 2 tabung plastik (reactor dual chamber). Pada rangkaian ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu kompartemen katoda yang berisikan larutan akuades, lalu kompartemen anoda yang berisikan variasi konsentrasi starter. Kedua kompartemen ini dirancang menggunakan wadah (toples) yang berukuran 500 ml (Nugroho *et al.*, 2020). Material elektroda yang digunakan adalah lempeng *zinc* (Zn) untuk bagian anoda dan tembaga (Cu) untuk bagian katoda dengan ukuran 2 x 5 cm yang memiliki fungsi yang berbeda-beda, lalu dihubungkan dengan kabel dan jepit buaya sebagai penghubung elektroda ke alat multimeter.

Aktivasi Bakteri

Isolat MS 12 dan MS 18 yang ada pada agar miring diambil sebanyak 5 ose dan dimasukkan kedalam tabung reaksi berisi 5 ml garam fisiologis (NaCl 0,85%), lalu disetarakan dengan larutan Mc Farland 1. Masing-masing suspensi bakteri MS 12 dan MS 18 yang sudah disetarakan dipindahkan sebanyak 3 ml kedalam erlenmeyer yang berbeda yang berisikan medium TMM cair 27 ml dan akan diinkubasi menggunakan *incubator shaker* selama 24 jam dengan 60°C dan tekanan sebesar 150 *rpm*. Setelah 24 jam dilakukan aktivasi kedua dengan menggunakan medium TMM.

Konsentrasi 3% dimasukkan masing-masing medium aktivasi MS 12 dan MS 18 sebanyak 1,5 ml kedalam 27 ml TMM, konsentrasi 6% dimasukkan masing-masing medium aktivasi MS 12 dan MS 18 sebanyak 2,5 ml kedalam 45 ml TMM, konsentrasi 9% dimasukkan masing-masing medium aktivasi MS 12 dan MS 18 sebanyak 3 ml kedalam 54 ml TMM, konsentrasi 12% dimasukkan masing-masing medium aktivasi MS 12 dan MS 18 sebanyak 4 ml kedalam 72 ml TMM, dan untuk konsentrasi 15% dimasukkan masing-masing medium aktivasi MS 12 dan MS 18 sebanyak 5 ml kedalam 90 ml TMM, lalu diaktivasi dengan menggunakan *incubator shaker* selama 24 jam dengan tekanan 150 *rpm* dan suhu 60°C.

Pembuatan Konsorsium Bikultur Bakteri Termofilik dengan Menggunakan Variasi Konsentrasi Starter

Konsentrasi starter dibuat tiga ulangan (triplo) dengan rasio 1:1 dengan total 200 ml. Pada Konsentrasi 3% diambil sebanyak 6 ml medium aktivasi dan dimasukkan kedalam tabung anoda yang berisikan 194 ml TMM. Pada konsentrasi 6% diambil sebanyak 12 ml medium aktivasi dan dimasukkan kedalam tabung anoda yang berisikan 188 ml TMM. Pada konsentrasi 9% diambil sebanyak 18 ml medium aktivasi dan dimasukkan kedalam tabung anoda yang berisikan 182 ml TMM. Pada konsentrasi 12% diambil sebanyak 24 ml medium aktivasi dan dimasukkan kedalam tabung anoda yang berisikan 176 ml TMM. Lalu, pada konsentrasi 15% diambil sebanyak 30 ml medium aktivasi dan dimasukkan kedalam tabung anoda yang berisikan 170 ml TMM.

Pengukuran Kinerja MFC

Pengukuran tegangan listrik (*Volt*) yang dihasilkan oleh konsorsium bakteri termofilik MS 12 – MS 18 akan dilakukan selama 24 jam dengan pengukuran setiap 2 jam sekali menggunakan alat digital multimeter (Sulistiyawati *et al.*, 2020).

Analisis Data Penelitian

Data hasil energi tegangan listrik (*Volt*) yang diperoleh akan dianalisis dan ditampilkan secara deskriptif dalam bentuk tabel, grafik dan gambar.

Hasil dan Pembahasan

Produksi Biolistrik Konsorsium Bakteri Termofilik MS 12 – MS 18 Pada Berbagai Konsentrasi

Pengukuran tegangan listrik yang dihasilkan oleh variasi starter isolat konsorsium bakteri termofilik MS 12 – MS 18 dilihat pada tabel 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsorsium mikroba dengan variasi starter yang berbeda mampu menghasilkan tegangan listrik dengan rata-rata yang berbeda. Pada konsentrasi starter 3% dan 6% memiliki tegangan listrik yang tergolong cukup tinggi untuk konsentrasi starter yang kecil. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri termofilik masih cukup aktif dalam mengoksidasi substrat dan menghasilkan elektron, namun kapasitas degradasi bahan organik mungkin terbatas karena jumlah mikroorganisme yang relatif sedikit yang dapat

membatasi transfer elektron lebih lanjut. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kusuma *et al.*, (2018), menyatakan bahwa konsentrasi starter substrat pada MFC akan berpengaruh pada potensial sel yang dihasilkan. Pada konsentasi yang lebih rendah, akan menyebabkan hanya sedikit elektron hasil metabolisme yang melakukan kontak dengan elektroda karena semakin sedikit jumlah elektron maka akan semakin kecil potensial yang dihasilkan.

Tabel 1. Produksi Tegangan Listrik (*Volt*) Isolat MS 12-MS18

No	Konsentrasi Starter	Rata-Rata Volt
1.	3%	0,7583
2.	6%	0,7623
3.	9%	0,8043
4.	12%	0,767
5.	15%	0,7646

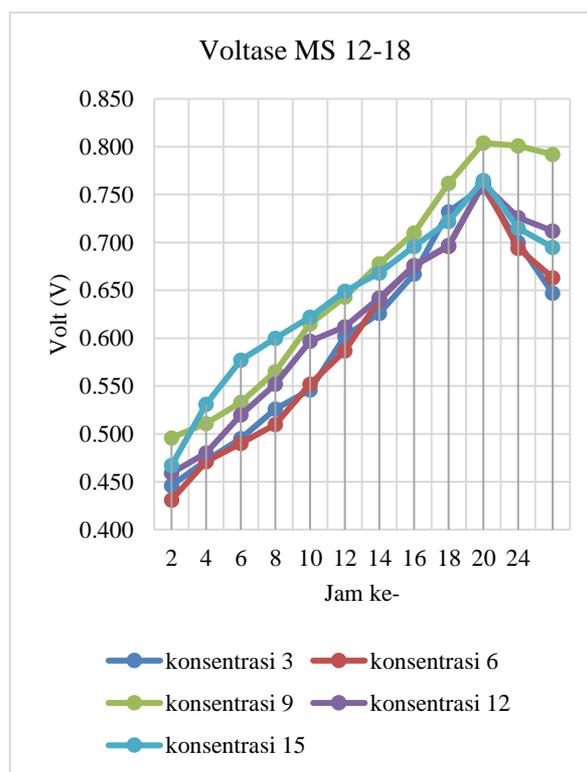
Konsentrasi starter 9% merupakan penghasil tegangan listrik paling optimum pada penelitian yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi mikroorganisme dan laju oksidasi substrat sebanding, hal ini didukung oleh pendapat Siswanti & Sanjaya (2013) yang menyatakan bahwa efisiensi dari proses transfer elektron menuju ke elektroda akan selalu berbanding lurus dengan banyaknya jumlah bakteri yang bersentuhan langsung dengan elektroda. Oleh karena itu, apabila bakteri dapat tumbuh dengan baik di media substrat, maka konsentrasi bakteri yang paling tinggi akan memberikan tegangan listrik (*Voltase*) yang paling optimal. Lalu, hal ini sejalan dengan penelitian Fitriani *et al.*, (2017) mengenai konsentrasi starter maltosa 3-7%, dimana hasil penelitian menunjukkan pengukuran tegangan listrik (*Volt*) yang paling baik pada konsentrasi 3% sebesar 0,57 *Volt* dan 4% sebesar 0,51 *Volt*, menunjukkan bahwa konsentasi 3% dan 4% memiliki konsentasi yang optimal.

Konsentrasi yang melebihi substrat dapat menyebabkan tidak lagi meningkatnya produksi listrik secara signifikan karena keterbatasan nutrisi, ruang, atau kondisi lingkungan. Hal ini terjadi pada konsentrasi 12% dan 15% yang memiliki tegangan listrik (*volt*) yang menurun dibandingkan dengan angka tegangan listrik pada konsentrasi 9%. Sejalan dengan Penelitian Kusuma *et al.*, (2018) pada konsentasi yang lebih

tinggi, akan terjadi peningkatan jumlah bakteri sehingga menyebabkan kerapatan bakteri menjadi lebih tinggi. Selain itu, Reiny, (2012) juga menyatakan hal yang berdampingan, bahwa jumlah konsentrasi starter mikroba dapat mempengaruhi dalam menghasilkan tegangan listrik. Menurut Irdawati *et al.*, (2021), penentuan konsentrasi starter optimum dalam produksi mikroba sangat diperlukan karena peningkatan konsentrasi starter menyebabkan penurunan aktivitas mikroba akibat menipisnya nutrisi oleh peningkatan biomassa yang menyebabkan berkurangnya aktivitas metabolisme mikroba.

Pola Produksi Biolistrik Konsorsium Bakteri Termofilik MS 12 – MS 18

Kurva pertumbuhan menunjukkan pola hidup pada bakteri. Pada awal pengukuran, bakteri akan mengalami fase lag yang merupakan awal pertumbuhan bakteri di mana mereka beradaptasi dengan medium tumbuh, suhu, dan pH lingkungan, dan pertumbuhan bakteri belum signifikan. Pada saat jam ke 20, semua bakteri berada dalam keadaan konstan dalam memproduksi energi listrik yang memperlihatkan jumlah sel bakteri dalam keadaan puncak dan tertinggi.



Gambar 1. Grafik voltase MS 12-MS 18

Jam ke-20 hingga 24 bakteri mengalami penurunan pada pertumbuhannya dikarenakan fase ini terjadi ketika bakteri menggunakan sebagian besar sumber daya yang tersedia di lingkungan mereka, fase ini dikenal dengan fase stasioner. Sejalan ini Saha et al., (2019) menyatakan bahwa produksi listrik secara bertahap meningkat seiring dengan pertumbuhan bakteri dan akan menurun seiring berjalannya waktu karena menipisnya nutrisi yang didapatkan oleh bakteri tersebut.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi starter memberikan pengaruh terhadap tegangan listrik yang dihasilkan. Isolat konsorsium dengan variasi konsertasi starter 9% merupakan konsentrasi paling baik dalam menghasilkan energi listik yaitu dengan hasil tegangan listrik sebesar 0,8043 Volt.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian penulis.

Referensi

- Aprilia, A. D., dan Aini, L. Q. (2022). Pengujian Konsorsium Bakteri Antagonis untuk Mengendalikan Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) di Kecamatan Dampit, Kabupaten Malang. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*, 10(1), 29-38. <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2022.010.1.4>.
- Cai, C. G., Lou, B. G., & Zheng, X. D. (2008). Keratinase Production and Keratin Degradation by A Mutant Strain of *Bacillus subtilis*. *Journal of Zhejiang University Science B*, 9(1), 60-67. DOI: 10.1631/jzus.B061620
- Choi, Y., Jung, E., Park, H., Paik, S. R., Jung, S., & Kim, S. (2004). Construction of Microbial Fuel Cells Using Thermophilic Microorganisms, *Bacillus licheniformis* and *Bacillus thermo-glucosidasius*. *Bulletin-Korean Chemical Society*, 25, 813–818.

- Fitriani, F. Z., Suyati, L., & Rahmanto, W. H. (2017). Pengaruh Konsentrasi Substrat Maltosa terhadap Potensial Listrik Baterai *Lactobacillus bulgaricus* (MFC). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20 (2), 74 – 78. <https://doi.org/10.14710/jksa.20.2.74-78>.
- Fu, Q., Fukushima, N., Maeda, H., Sato, K., & Kobayashi, H. (2015). Analysis Bioelectrochemical Analysis of Hyperthermophilic Microbial Fuel Cells that Electricity Generation at Temperatures Above 80 C. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 79 (7), 1200-1206. DOI: 10.1080/09168451.2015.1015952
- Irdawati, Matondang, I., Advinda, L., Anhar, A., & Yusrizal, Y. (2023). Compatibility Test Consortium of Thermophilic Bacteria Producing Xylanase Enzym from The Hot Water of Mudiak Sapan (MS18, MSS15, MSS11, MS16). *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 198–202. DOI:10.29303/jbt.v23i2.4761
- Irdawati, Rahma, E., Advinda, L., Alicia, F. S., Salvia, S., Syamsuardi, S., Agustien, Rilda, Y., & Yahya, Y. (2021). The Activity Xylanase Enzyme Thermophilic Bacteria SSA 2 in Starter Variation. *Serambi Biologi*, 6(1).
- Irdawati., Fifendy, Madess., & Yenti, N. (2015). Penapisan Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Amilase Dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro Kabupaten Salok Selatan. *Eksakta*, 1, 1-15. DOI: 10.21776/ub.jurnalhpt.2022.010.1.4.
- Komarawidjaja, W., & Lysiasuti, E. (2009). Status Konsorsium Mikroba Lokal Pendegradasi Minyak. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 10(3): 347-354.
- Kusuma, R., A., Rahmanto W. H. & Suyati, L. (2018). Effect of Lactose Concentration as *Lactobacillus bulgaricus* Substrate on Potential Cells Produced in Microbial Fuel Cell Systems. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 21(3) (2018): 144–148. e-ISSN: 2597-9914. <https://doi.org/10.14710/jksa.21.3.144-148>.
- Nugroho, I., Amaliyah R.I.U., Kirom. (2020). Pengaruh Lama Pembusukan Nasi Basi Dan Rasio Volume Variasi Substrat

- Terhadap Produksi Energi Listrik Pada Sistem MFC. *e-Proceeding of Engineering*. 7 (1), 1230-1236.
- Reiny, S.S. (2012). Potensi *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4796 sebagai biopreservatif pada rebusan daging ikan tongkol. *Jurnal IJAS*, II (2): 604–613. <https://doi.org/10.24198/ijas.v2i2.2734>.
- Saha, TC, Protity, AT, Zohora, FT, Shaha, M., Ahmed, I., Barua, E., & Salimullah, M. (2019). Aplikasi sel Bahan Bakar Mikroba (MFC) Untuk Pembangkitan Listrik Dari Pembuangan Sampah dan Identifikasi Bakteri Elektrogenik Potensial. *Adv. Ind. Bioteknologi*. DOI:10.24966/AIB-5665/100010
- Sianturi, D.C. (2008). *Isolasi Bakteri dan Uji Aktivitas Amilase Termofil Kasar dari Sumber Air Panas Penen Sibirubiru Sumatera Utara*. Tesis. USU Medan.
- Siswanti, A.C. dan Sanjaya, I G.M. (2013). Pengaruh Variasi Optical Density Bakteri *Bacillus subtilis* Terhadap Efisiensi Listrik Microbial Fuel Cell. *Unesa Journal of Chemistry*, 2(2).
- Sulistiyawati, I., Rahayu, N. L., & Purwitaningrum, F. S. (2020). Produksi Biolistrik Menggunakan Microbial Fuel Cell (MFC) *Lactobacillus bulgaricus* dengan Substrat Limbah Tempe dan Tahu. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 37(2), 112-117. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2020.37.2.1147>.
- Tumpu, M., Lopian, F. E., Mansyur, Pasanda, O.S., Muliawan, I. W., Indrayani, P & Yasa, I. G. M. (2022). Energi Hijau. Makassar: CV. Tohar Media.
- Tuntun, M., & Huda, M. 2010. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofilik Dari Sumber Air Panas Way Panas Bumi Natar Lampung Selatan. *Jurnal Analis Kesehatan*, 3(1), 297–304. DOI:10.31957/jbp.474
- Uthami, F. N. (2024). Pengaruh Konsorsium Bikultur Bakteri Termofilik dari Sumber Air Panas Mudiak Sapan Sebagai Microbial Fuel Cell (MFC) untuk Menghasilkan Energi Listrik. *Skripsi*.
- Zilda, D. S., Kusumarini, A., Chasanah, E. (2008). Penapisan dan Karakterisasi Protease dari Bakteri Termo-Asidofilik P5-A dari Sumber Air Panas Tambarana. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 3(2), 113 – 121. <http://dx.doi.org/10.15578/jpbkp.v3i2.17>.