



Volume 10, nomor 2, tahun 2025

Biogenerasi

Jurnal Pendidikan Biologi

<https://e-journal.my.id/biogenerasi>



KARAKTERISTIK BEADS ISOLAT KONSORSIUM BAKTERI TERMOFILIK PENGHASIL BIOLISTRIK

Fathma Dwi Fatiha, Irdawati, Universitas Negeri Padang, Indonesia

*Corresponding author E-mail: irdawati.amor40@gmail.com

Abstract

Alginate matrix in the form of beads plays an important role in the process of immobilizing bacteria and maintaining their viability and stability in Microbial Fuel Cell (MFC) systems. The use of beads contributes to increasing the efficiency of electron transfer from bacteria to electrodes, thus supporting more optimal bioelectricity production. This study aims to assess the characteristics of beads resulting from the immobilization of isolates of bioelectric-producing thermophilic bacterial consortium. The research method used was descriptive with visual observation of the color, shape, diameter, and number of bacterial colonies on the beads. Beads were synthesized from 5% sodium alginate solution mixed with six combinations of bacterial isolates (MS 9&12, MS 9&17, MS 9&18, MS 12&17, MS 12&18, and MS 17&18). The results showed that all beads had a round shape, yellowish white color, and diameter between 3.0 mm to 4.0 mm. The largest diameter was produced by the combination of MS 12&18 and MS 17&18 isolates, while the largest number of colonies was found in the combination of MS 12&17.

Keywords: *Alginate, Thermophilic bacteria, Immobilization, Consortium, Microbial Fuel Cell.*

Abstrak

Matriks alginat dalam bentuk beads berperan penting dalam proses imobilisasi bakteri serta menjaga viabilitas dan kestabilannya dalam sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC). Penggunaan beads berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi transfer elektron dari bakteri ke elektroda, sehingga mendukung produksi biolistrik yang lebih optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik beads hasil imobilisasi isolat konsorsium bakteri termofilik penghasil biolistrik. Metode penelitian yang digunakan bersifat deskriptif dengan pengamatan visual terhadap warna, bentuk, diameter, dan jumlah koloni bakteri pada beads. Beads disintesis dari larutan natrium alginat 5% yang dicampurkan dengan enam kombinasi isolat bakteri (MS 9&12, MS 9&17, MS 9&18, MS 12&17, MS 12&18, dan MS 17&18). Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh beads memiliki bentuk cenderung bulat, warna putih kekuningan, serta diameter antara 3,0 mm hingga 4,0 mm. Diameter terbesar dihasilkan oleh kombinasi isolat MS 12&18 dan MS 17&18, sedangkan jumlah koloni terbanyak ditemukan pada kombinasi MS 12&17.

Kata Kunci: *Alginat, Bakteri termofilik, Imobilisasi, Konsorsium, Microbial Fuel Cell.*

© 2025 Universitas Cokroaminoto palopo

Correspondence Author :
Universitas Negeri Padang

p-ISSN 2573-5163
e-ISSN 2579-7085

PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan modern, namun penggunaan energi fosil sebagai sumber utamanya menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu solusi yang dikembangkan adalah teknologi bioelektrik melalui Microbial Fuel Cell (MFC), yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menghasilkan listrik sambil menguraikan limbah organik (Obileke *et al.*, 2021). Bakteri termofilik menjadi fokus penelitian karena kemampuannya bekerja pada suhu tinggi, yang dapat meningkatkan efisiensi dan kestabilan sistem. Penelitian Shrestha *et al.* (2020) melaporkan bahwa strain *Geobacillus* sp. WSUCF1 mampu menghasilkan listrik langsung dari biomassa lignoselulosa tanpa bantuan enzim tambahan maupun mediator redoks. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri termofilik berpotensi besar untuk diterapkan dalam pengembangan teknologi MFC.

Konsorsium bakteri termofilik, yang terdiri atas beberapa spesies dengan fungsi metabolik saling mendukung, terbukti lebih efektif dalam menguraikan substrat kompleks dibandingkan dengan bakteri tunggal. Keanekaragaman ini mendukung proses dekomposisi biomassa secara lebih efisien serta meningkatkan kestabilan sistem. D'haeseleer *et al.* (2013) melaporkan bahwa konsorsium termofilik dari kompos memiliki aktivitas glikosida hidrolase yang tinggi saat mendegradasi switchgrass pada suhu tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa konsorsium bakteri termofilik berpotensi besar dalam pengembangan energi berbasis bioteknologi.

Salah satu cara untuk meningkatkan kinerja MFC yaitu dengan mengimobilisasi sel bakteri dalam matriks seperti alginat agar membentuk beads. Beads ini dapat meningkatkan jumlah sel serta menjaga kestabilan proses. Imobilisasi juga membantu memperbaiki kontak antara sel dan elektroda, serta memudahkan pemisahan dan pemulihan sel setelah digunakan. Andriani dan Irdawati (2025) menyatakan bahwa beads alginat yang mengandung bakteri elektrogenik memiliki bentuk dan warna yang bervariasi, yang dapat memengaruhi efisiensi dalam menghasilkan listrik. Oleh karena itu, karakterisasi beads penting dilakukan untuk mengoptimalkan rancangan dan kinerja MFC berbasis bakteri termofilik.

Bakteri termofilik memiliki kemampuan khusus untuk hidup dan bekerja pada suhu tinggi. Kemampuan ini didukung oleh struktur protein yang stabil dan membran sel yang tahan panas (Lehman *et al.*, 2023). Adaptasi tersebut meningkatkan efisiensi metabolisme dan memungkinkan bakteri memanfaatkan limbah kompleks seperti lignoselulosa. Salah satu contoh adalah *Caldicellulosiruptor bescii*, yaitu bakteri termofilik yang dapat menguraikan selulosa serta menghasilkan hidrogen dan etanol pada suhu tinggi (Scott *et al.*, 2019). Kemampuan ini membuatnya berpotensi digunakan dalam bidang bioenergi dan produksi listrik biologis.

Struktur seperti pili tipe IV pada bakteri termofilik berperan dalam transfer elektron eksternal yang sangat penting dalam proses produksi listrik pada sel bahan bakar mikroba (MFC). Pili ini memungkinkan elektron berpindah dari sel ke elektroda, sehingga meningkatkan efisiensi konversi energi. Ekspresi pili tipe IV pada bakteri termofilik dapat ditingkatkan melalui rekayasa genetika, yang membuka peluang untuk mengoptimalkan kinerja MFC (Uemura & Nakane, 2025). Pemahaman yang mendalam tentang struktur dan fungsi pili ini sangat diperlukan dalam pengembangan teknologi bioelektrik berbasis bakteri termofilik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi beads yang mengandung isolat konsorsium bakteri termofilik, mengingat potensi besar bakteri tersebut dalam produksi biolistrik. Karakterisasi mencakup aspek morfologi, warna, ukuran, dan aktivitas elektrogenik beads. Diharapkan hasil penelitian ini dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi MFC yang efisien dan berkelanjutan, serta pemanfaatan limbah organik sebagai sumber energi terbarukan. Dengan demikian, penelitian ini memiliki nilai ilmiah dan relevansi praktis dalam bidang energi dan lingkungan.

METODE

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

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya yaitu, *autoclave*, *erlenmeyer*, *timbangan digital*, *magnetic stirrer*, *beaker glass*, *petridish*, gelas ukur, *hot plate*, label,

incubator cooling, colony counter, pipet tetes dan jangka sorong. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat konsorsium bakteri termofilik Mudiak Sapan (MS) 9 & 18, 9 & 12, 9 & 17, 17 & 18, 12 & 18, 12 & 17, aquadest, alkohol 70%, NA alginat, Mc Farland 1, dan CaCl 0.2 M.

Alat yang terbuat dari kaca dan bahan yang digunakan seperti NA alginat disterilisasi terlebih dahulu menggunakan *autoclave* dengan suhu 121°C, tekanan 15 psi selama 15 menit.

Pembuatan *Beads* Alginat disiapkan larutan NA-alginat dengan konsentrasi 5%. Larutan NA-alginat 5% dibuat dengan mencampurkan 5 gr bubuk NA-alginat dengan *aquadest* sampai dengan 100 ml. setelah itu larutan NA-alginat disterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121 selama 15 menit. Kemudian dicampurkan dengan isolat bakteri konsorsium (MS 9 dan MS 12; MS 9 dan MS 18; MS 9 dan MS 17; MS 17 dan MS 18; MS

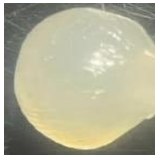
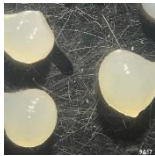
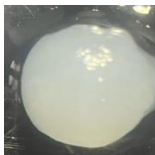
12 dan MS 18; MS 12 dan MS 17) kemudian dituang ke dalam *petridish* lalu diambil dengan menggunakan *syringe* steril dan ditetaskan perlahan ke dalam wadah yang berisi CaCl₂ 0,2 M sehingga terbentuk *beads* (butiran) alginat. Butiran alginat disimpan pada suhu 4°C selama 1 jam kemudian dicuci dengan aquadest steril sebanyak 3 kali, lalu disimpan dalam cooling incubator selama 24 jam.

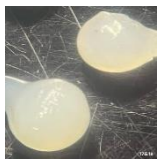
Pengamatan Karakterisasi *Beads* Karakteristik *beads* dinilai berdasarkan bentuk, warna, dan ukuran diameter yang dihasilkan oleh masing-masing isolat. Pengukuran diameter dilakukan dengan jangka sorong pada dua *beads* perwakilan dari setiap isolat. Sementara itu, bentuk dan warna *beads* diamati secara visual.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dalam bentuk tabel dan gambar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Table 1 Karakteristik *Beads* Isolat Konsorsium Bakteri Termofilik MS

Isolat	Diameter Beads (mm)	Bentuk	Warna	Gambar	Jumlah Koloni Bakteri (CFU/ml)
MS 9&12	3,0	Cenderung bulat	Putih kekuningan		226 x 10 ¹
MS 9&17	3,3	Cenderung bulat	Putih kekuningan		246 x 10 ¹
MS 9&18	3,5	Cenderung bulat	Putih kekuningan		244 x 10 ¹
MS 12&17	3,5	Cenderung bulat	Putih kekuningan		278 x 10 ¹
MS 12&18	4,0	Cenderung bulat	Putih kekuningan		265 x 10 ¹

MS 17&18	4,0	Cenderung bulat	Putih kekuningan		259×10^1
----------	-----	-----------------	------------------	---	-------------------

Berdasarkan hasil pengamatan, beads dari isolat konsorsium bakteri termofilik yang dihasilkan umumnya cenderung bulat. Bentuk tersebut dipengaruhi oleh penggunaan alginat dengan konsentrasi 5%. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Summaiati (2024), yang menunjukkan bahwa penggunaan alginat 5% menghasilkan beads dengan bentuk cenderung bulat. Bentuk beads ini juga dipengaruhi oleh viskositas. Tingkat viskositas yang berlebihan berpotensi mengganggu proses pembentukan beads sehingga tidak menghasilkan bentuk bulat yang sempurna (Lee *et al.*, 2013). Fu *et al.*, (2011) menyatakan bahwa viskositas yang tinggi berhubungan dengan meningkatnya kekuatan gel alginat. Viskositas larutan alginat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti konsentrasi, pH, bobot molekul, suhu, serta keberadaan ion logam polivalen. Oleh karena itu, penyesuaian konsentrasi polimer dan rasio campuran bakteri diperlukan guna memperoleh viskositas yang optimal dalam membentuk beads yang stabil, simetris, dan mendukung viabilitas sel yang tinggi. Pengendalian parameter tersebut menjadi hal yang penting, khususnya dalam penerapan beads pada sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC), karena efisiensi transfer elektron sangat bergantung pada struktur serta distribusi sel mikroba di dalam beads.

Diameter beads yang terbentuk dalam penelitian ini berada pada kisaran 3,0 mm hingga 4,0 mm. Diameter terbesar ditemukan pada kombinasi isolat MS 12&18 dan MS 17&18, yaitu sebesar 4,0 mm, sedangkan diameter terkecil tercatat pada isolat MS 9&12 sebesar 3,0 mm. Perbedaan ukuran beads antar perlakuan disebabkan juga oleh adanya variasi viskositas larutan yang digunakan. Semakin tinggi viskositas larutan, semakin besar gaya tarik-menarik antar partikel, yang menyebabkan terbentuknya tetesan lebih besar dan menghasilkan beads dengan diameter yang lebih besar (Palupi *et al.*, 2014). Selain itu, selama proses penyimpanan, diameter beads dapat mengalami peningkatan akibat

penyerapan cairan pembawa (carrier) oleh matriks gel. Sel bakteri yang terjebak di dalam beads menghasilkan metabolit berupa asam laktat, yang jumlahnya terus bertambah seiring dengan waktu penyimpanan. Akumulasi metabolit ini dapat memengaruhi struktur matriks beads, sehingga menyebabkan diameter beads menjadi lebih besar (Purba *et al.*, 2016).

Seluruh beads menunjukkan warna putih kekuningan dengan morfologi yang cenderung bulat. Warna tersebut mencerminkan karakteristik umum dari campuran larutan alginat dengan biomassa bakteri termofilik. Menurut Sun *et al.*, (2023) perubahan warna beads biasanya dipengaruhi oleh jenis biomassa yang terimobilisasi dan kondisi lingkungan saat pembentukan.

Jumlah koloni tertinggi terdapat pada isolat konsorsium bakteri termofilik MS 12&17 (278×10^1 CFU/ml), sedangkan yang terendah pada MS 9&12 (226×10^1) CFU/ml. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa interaksi antara isolat MS 12&17 bersifat sinergis dalam mempertahankan viabilitas dan kemampuan pertumbuhan selama proses imobilisasi. Perbedaan jumlah koloni antar isolat juga dapat dipengaruhi oleh suhu, pH, dan ketersediaan ion kalsium sebagai bagian dari lingkungan mikro selama proses imobilisasi (Christiane & Priyanto, 2016). Viabilitas bakteri dalam beads hasil imobilisasi dipengaruhi secara signifikan oleh konsentrasi alginat. Konsentrasi tersebut dapat menentukan karakteristik fisik matriks, seperti porositas dan kekuatan struktur. Oleh karena itu, memilih konsentrasi alginat yang tepat penting untuk keberhasilan proses imobilisasi (Mubarokah, 2018).

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa imobilisasi konsorsium bakteri termofilik dalam matriks alginat menghasilkan beads yang seragam dengan bentuk cenderung bulat dan warna putih kekuningan. Diameter beads berkisar antara 3,0 mm hingga 4,0 mm, dan ukuran terbesar dihasilkan oleh konsorsium

isolat MS 12&18 serta MS 17&18. Kombinasi isolat MS 12&17 menghasilkan jumlah koloni tertinggi, yang mencerminkan viabilitas dan kemampuan menghasilkan listrik yang lebih baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Andriani, P., & Irdawati, I. (2025). Characterization of Alginate Beads from Bioelectric Producing Thermophilic Bacterial Cells. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(2), 1502-1507.
- Christiane, A., & Priyanto, H. (2016). Pengaruh Kualitas Beads terhadap Viabilitas Bakteri Terimobilisasi. *Jurnal Bios Logos*, 7(1), 40-47.
- D'haeseleer, P., Gladden, J. M., Allgaier, M., Chain, P. S., Tringe, S. G., Malfatti, S. A., ... & Singer, S. W. (2013). Proteogenomic analysis of a thermophilic bacterial consortium adapted to deconstruct switchgrass. *PLoS One*, 8(7), e68465.
- Fu, S., Thacker, A., Sperger, D. M., Boni, R. L., Buckner, I. S., Velankar, S., ... & Block, L. H. (2011). Relevance of rheological properties of sodium alginate in solution to calcium alginate gel properties. *Aaps Pharmscitech*, 12, 453-460.
- Lee, B. B., Ravindra, P., & Chan, E. S. (2013). Size and shape of calcium alginate beads produced by extrusion dripping. *Chemical Engineering & Technology*, 36(10), 1627-1642.
- Lehmann, M., Prohaska, C., Zeldes, B., Poehlein, A., Daniel, R., & Basen, M. (2023). Adaptive laboratory evolution of a thermophile toward a reduced growth temperature optimum. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1265216.
- Mubarokah, I. (2018). Pengaruh konsentrasi alginat terhadap karakteristik sel *Pseudomonas fluorescens*. *Disertasi: Universitas Brawijaya*.
- Obileke, K., Onyeaka, H., Meyer, E. L., & Nwokolo, N. (2021). Microbial fuel cells, a renewable energy technology for bio-electricity generation: A mini-review. *Electrochemistry Communications*, 125, 107003.
- Palupi, N. W., Setiadi, P. K. J., & Yuwanti, S. (2014). Enkapsulasi cabai merah dengan teknik coacervation menggunakan alginat yang disubstitusi dengan tapioka terfotooksidasi. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 3(3).
- Purba, G. S., Widyastuti, T. E. W., & Kuswardhani, I. (2016). Pengaruh konsentrasi tepung pepaya dan lama penyimpanan terhadap sifat fisik beads dan viabilitas *Lactobacillus acidophilus* fnc 0051 terimobil. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi (Journal of Food Technology and Nutrition)*, 15(2), 79-86.
- Scott, I. M., Rubinstein, G. M., Poole, F. L., Lipscomb, G. L., Schut, G. J., Williams-Rhaesa, A. M., ... & Adams, M. W. (2019). The thermophilic biomass-degrading bacterium *Caldicellulosiruptor bescii* utilizes two enzymes to oxidize glyceraldehyde 3-phosphate during glycolysis. *Journal of Biological Chemistry*, 294(25), 9995-10005.
- Shrestha, N., Tripathi, A. K., Govil, T., Sani, R. K., Urgun-Demirtas, M., Kasthuri, V., & Gadhamshetty, V. (2020). Electricity from lignocellulosic substrates by thermophilic *Geobacillus* species. *Scientific Reports*, 10(1), 17047.
- Summaiaty, T., & Irdawati, I. (2024). Variations in Alginate Concentration as a Material for Immobilizing Thermophilic Bacteria on the Characteristics of Beads. *Jurnal Serambi Biologi*, 9(2), 187-192.
- Sun, Q., Yin, S., He, Y., Cao, Y., & Jiang, C. (2023). Biomaterials and encapsulation techniques for probiotics: Current status and future prospects in biomedical applications. *Nanomaterials*, 13(15), 2185.
- Uemura, N. A., & Nakane, D. (2025). Type IV Pili in Thermophilic Bacteria: Mechanisms and Ecological Implications. *Biomolecules*, 15(4), 459.