

Characterization of Immobilized Cell Alginate Beads of Mudiak Sapan (MS) Isolates Producing Bioelectricity

Adinda Rizky Maulina¹ & Irdawati^{1*}

¹Program Studi Biologi, Universitas Negeri Padang, Indonesia;

Article History

Received : March 06th, 2025

Revised : March 20th, 2025

Accepted : April 17th, 2025

*Corresponding Author:

Irdawati, Program Studi
Biologi, Universitas Negeri
Padang, Indonesia;

Email:

irdawati.amor40@gmail.com

Abstract: Bacterial immobilization is the coating or capture of bacteria with organic or inorganic compounds, by binding to the matrix through chemical binding or physically holding it in the cavity of the supporting material, so that bacteria can survive better in less adaptive environmental conditions and can still carry out their metabolism. This study aims to see the characterization of beads produced from the immobilization of the best thermophilic bacterial isolates (MS 9, 12, 17, and 18) isolated from the Mudiak Sapan hot air source. Bacterial immobilization was carried out by the trapping method using 5% alginate and analyzed descriptively. Beads were made by mixing 5% Na-Alginate solution with bacterial isolates, then dripped into 0.2 M CaCl₂. Bead characteristics were observed based on shape, color, and diameter. The results showed that at a concentration of 5% alginate produced beads that tended to be round and rotten white in color with the number of bacterial colonies ranging from 10⁷ to 10⁸.

Keywords: Beads, immobilization, thermophilic bacteria.

Pendahuluan

Amobilisasi bakteri merupakan pelapisan atau penangkapan bakteri dengan senyawa organik atau anorganik, dengan cara pengikatan pada matriks melalui pengikatan kimia atau menahannya secara fisik pada rongga bahan pendukung, sehingga bakteri dapat lebih bertahan pada kondisi lingkungan yang kurang adaptif dan tetap dapat menjalankan metabolismenya. Salah satu metode amobilisasi yang banyak digunakan adalah metode entrapment pada alginat, kitosan dan kitin (Oktarina *et al.*, 2017).

Sel yang diimmobilisasi lebih stabil dalam bioreaktor dari pada dalam keadaan bebas karena imobilisasi ini dapat mencegah lepasnya sel bakteri dari matriks (Khalid *et al.*, 2018). Menurut Adinarayana *et al.*, (2005) alginat sebagai bahan yang seringkali digunakan dalam proses imobilisasi sel. Alginat merupakan polisakarida yang diperoleh dari hasil ekstraksi rumput laut coklat seperti *Eklonia*, *Laminaria*, *Fucus*, *Aschophyllum*, *Macrocytis*, *Sargassum*,

Turbinaria dan *Neroeytis*. Secara kimia, alginat merupakan polimer murni dari asam uronat yang tersusun dalam bentuk rantai linear yang Panjang (Tambunan *et al.*, 2013).

Hasil dari amobilisasi yaitu berupa *beads*, *beads* merupakan salah satu sediaan yang terbuat dari proses enkapsulasi. Proses enkapsulasi untuk sediaan *beads* menggunakan metode gelasi ionik dengan bahan polimer karbohidrat yaitu natrium alginat. Natrium alginat mempunyai sifat adhesi sehingga meningkatkan penyerapan obat dan memiliki sifat ideal sebagai polimer yaitu biokompatibel, *biodegradable*, non toksik dan murah (Tiyaboonchai, 2003).

Imobilisasi sel dapat dilakukan pada berbagai mikroorganisme, salah satunya bakteri termofilik. Bakteri termofilik adalah mikroba yang dapat tumbuh pada suhu 45-80°C (Fifendy *et al.*, 2015). Penelitian Irdawati *et al.*, 2018 mendapatkan 16 isolat bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Sapan sungai aro di Kabupaten Solok Selatan. Pada sumber air panas tersebut didapatkan 4 isolat bakteri termofilik terbaik untuk menghasilkan energi

listrik atau biolistrik yaitu MS 9, MS 12, MS 18 and MS 17 (Uthami *et al.*, 2024).

Hasil studi Ratnasari (2014) menjelaskan bahwa menggunakan natrium alginat sebagai penjerat sel dengan konsentrasi yang berbeda dapat mempengaruhi pH, suhu dan jumlah *beads*. Penelitian (Summaiati, 2024) menunjukkan bahwa konsentrasi Na-Alginat yang optimal yaitu 5% dengan hasil *beads* bulat dan berwarna kuning, dimana konsentrasi yang lebih tinggi mengakibatkan polimer alginat memiliki kemungkinan interaksi yang lebih kuat dan membentuk jaringan yang lebih padat. Oleh karena itu, *beads* yang dihasilkan cenderung memiliki diameter yang lebih besar. Saat ini penelitian mengenai karakteristik *beads* alginat masih terbatas. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk melihat bentuk karakterisasi *beads* menggunakan isolat terbaik MS 9,12,17, dan 18 sebagai bahan imobilisasi bakteri termofilik.

Bahan dan Metode

Tempat dan Waktu Penelitian

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

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *autoclave*, *beaker glass*, *erlenmeyer*, gelas ukur, timbangan digital, *magnetic stirrer*, pipet tetes, *petridish*, *hot plate*, label, jangka sorong, *colony counter* dan *incubator cooling*. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah isolat bakteri termofilik MS 9,12,17, dan 18, *aquadest*, alkohol 70%, NA Alginat, *Mc Farland* 1, dan CaCl_2 0.2M.

Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat yang terbuat dari kaca dan bahan yang digunakan seperti Na Alginat disterilisasi terlebih dahulu pada *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 gram bubuk Na-Alginat dengan aquadest sampai dengan 100 ml. Setelah itu larutan Na-Alginat disterilisasi dengan autoclave pada suhu 121°C selama 15 menit. Kemudian dicampurkan dengan isolat bakteri termofilik MS 9, 12, 17, dan 18 dengan konsentrasi 5%. Selanjutnya campuran Na-Alginat dan bakteri termofilik imobil isolat MS dituang ke dalam petridish lalu diambil dengan menggunakan pipet tetes dan diteteskan perlahan ke dalam wadah yang berisi CaCl_2 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* ditentukan berdasarkan bentuk, warna dan diameter yang dihasilkan dari tiap isolat. Diameter *beads* diukur menggunakan jangka sorong pada 2 perwakilan *beads* yang dihasilkan tiap isolat. Pada penelitian ini, pengamatan bentuk dan warna *beads* dilakukan secara visual.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dalam bentuk tabel dan gambar

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik *Beads* Isolat Mudiak Sapan (MS)

Karakteristik *beads* yang dihasilkan dari isolat Mudiak Sapan (MS) sangat dipengaruhi oleh konsentrasi alginat yang digunakan sebagai bahan imobilisasi. Konsentrasi ini mempengaruhi ukuran, bentuk, dan kekuatan *beads* secara signifikan (Summaiati & Irdawati, 2024). Selain itu, sifat fisik dan kimia dari *beads* juga bergantung pada proses pembentukan matriks alginat, yang berperan penting dalam menjaga viabilitas dan aktivitas mikroorganisme selama proses imobilisasi (Dewi, 2005).

Studi lain menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi alginat terhadap karakteristik *beads* sangat penting untuk mendapatkan hasil yang optimal, terutama dalam hal kekuatan dan stabilitas *beads* (Lotfipour, 2012). Viabilitas mikroorganisme dalam *beads* yang diimobilisasi juga sangat dipengaruhi oleh konsentrasi alginat,

sehingga pemilihan konsentrasi yang tepat menjadi faktor utama dalam keberhasilan proses ini (Mubarokah, 2018). Penelitian lain menegaskan bahwa karakteristik beads yang

optimal dapat dicapai dengan menyesuaikan konsentrasi alginat agar sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu (Novianti, 2021).

Tabel 1. Karakteristik *beads* isolat MS

Isolate	Diameter beads (mm)	Bentuk	Warna	Jumlah koloni bakteri
MS 9	1,08	Cenderung bulat	Putih kekuningan	107 x 10 ¹ CFU/ ml
MS 12	1,18	Cenderung bulat	Putih kekuningan	137 x 10 ¹ CFU/ ml
MS 17	1,16	Cenderung bulat	Putih kekuningan	132 x 10 ¹ CFU/ ml
MS 18	0,95	Cenderung bulat	Putih kekuningan	111 x 10 ¹ CFU/ ml

Rumus mengitung koloni dengan Colony Forming Units (CFU) :

$$CFU/ml = \frac{\text{jumlah koloni}}{\text{volume sampel} \times \text{faktor pengenceran}}$$

Keterangan:

1. Volume sampel= 1 ml
2. Factor pengenceran= 10⁻¹

Karakteristik beads isolate MS pada tabel 1 menunjukkan bahwa konsentarsi alginat 5% yang digunakan untuk amobilisasi menghasilkan beads yang cenderung bulat dan bewarna putih kekuningan. Hasil Penelitian ini didukung oleh penelitian (Summaiaati, 2024) yaitu *beads* yang dihasilkan dari konsentari alginat 5% berbentuk cenderung bulat. Menurut (Angsari, 2020) Na-alginat optimal untuk amobilisasi yaitu dengan konsentarsi 5%, hal ini terjadi karna keseimbangan antara efisiensi amobilisasi dan stabilitas mekanik. Apabila konsentarsi alginat >5% maka dapat meningkatkan kekuatan fisik tetapi mengurangi efektifitas biologis, menyebabkan pori-pori yang terbentuk lebih kecil, sehingga membatasi pergerakan molekul substrat menuju sel teramobilisasi.

Colony Forming Units (CFU) adalah metode kuantitatif untuk menentukan jumlah mikroorganisme hidup dalam sampel, seperti bakteri atau jamur, yang mampu berkembang biak dan membentuk koloni pada media kultur. Proses ini melibatkan penanaman sampel pada media agar, inkubasi, dan penghitungan koloni yang tumbuh, dengan hasil dinyatakan dalam satuan CFU per mililiter (CFU/mL) atau per gram (CFU/g).

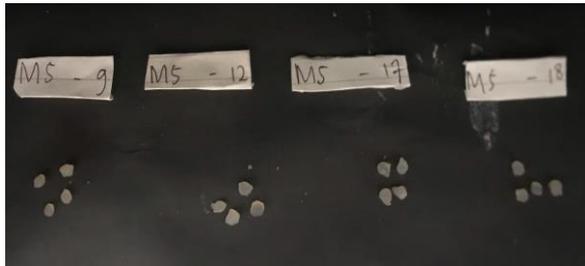
Setiap isolat bakteri dalam beads dengan konsentrasi 5% memiliki jumlah bakteri yang berbeda, hal ini dihitung menggunakan metode CFU. Perbedaan jumlah koloni bakteri dalam

beads disebabkan oleh berbagai faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan viabilitasnya. Salah satu faktor utama adalah karakteristik fisiologis dan genetik masing-masing isolat, seperti kemampuan adaptasi terhadap lingkungan mikro di dalam beads. Beads dengan konsentrasi alginat 5% memiliki porositas tertentu yang dapat memengaruhi difusi nutrisi dan oksigen ke dalam matriks.

Isolat bakteri aerob, misalnya, mungkin tumbuh lebih lambat jika bagian dalam beads menciptakan kondisi anaerob. Selain itu, metabolisme bakteri juga memainkan peran penting; beberapa isolat menghasilkan senyawa seperti asam laktat atau metabolit lain yang dapat mengubah pH lokal dan memengaruhi pertumbuhan bakteri lain di sekitarnya (Adrianto et al., 2016). Penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi alginat memengaruhi karakteristik fisik beads dan viabilitas bakteri terenkapsulasi, sehingga isolat dengan toleransi yang berbeda terhadap kondisi lingkungan akan menunjukkan hasil pertumbuhan yang bervariasi (Muchtadi & Sugiyono, 2024).

Faktor lain yang memengaruhi jumlah bakteri adalah teknik enkapsulasi dan distribusi sel dalam beads. Proses injeksi atau pencampuran selama pembuatan beads dapat menyebabkan distribusi sel yang tidak merata, sehingga beberapa bagian beads memiliki konsentrasi bakteri yang lebih tinggi daripada bagian lainnya. Selain itu, lingkungan mikro seperti suhu, pH, dan ketersediaan ion kalsium selama proses imobilisasi juga berpengaruh terhadap viabilitas bakteri (Christiane & Priyanto, 2016). Penelitian menunjukkan bahwa matriks alginat dengan konsentrasi tertentu dapat membatasi akses nutrisi atau oksigen bagi beberapa isolat, sementara isolat lain mungkin lebih toleran terhadap kondisi tersebut. Oleh

karena itu, perbedaan jumlah bakteri dalam beads mencerminkan interaksi kompleks antara sifat biologis isolat, karakteristik matriks beads, dan kondisi lingkungan selama proses enkapsulasi.



Gambar 1. Beads alginat isolat MS konsentrasi 5%

Konsentrasi alginat juga dapat mempengaruhi tingkat transparansi atau opasitas beads yang dihasilkan (Novianti et al., 2021). Hasil amobilisasi dengan alginat 5% berwarna kekuningan disebabkan oleh beberapa faktor, seperti konsentrasi pigmen yang lebih tinggi dalam matriks gel, reaksi kimia antara natrium alginat dan kalsium klorida (CaCl_2), serta interaksi dengan komponen lain seperti enzim atau sel mikroba selama proses imobilisasi.

Konsentrasi alginat yang tinggi menghasilkan struktur gel yang lebih padat dan kompak, sehingga intensitas warna menjadi lebih pekat. Selain itu, kadar air yang lebih rendah pada beads dengan konsentrasi alginat tinggi juga memengaruhi transparansi dan intensitas warna, membuat beads terlihat lebih kekuningan. Penelitian (Mubarokah, 2018) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi alginat berhubungan langsung dengan intensitas warna pada beads, sementara (Novianti et al., 2021) menjelaskan bahwa komposisi asam manuronik dan guluronic dalam alginat turut memengaruhi karakteristik fisik, termasuk perubahan warna.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian, konsentrasi alginat 5% untuk amobilisasi isolate MS 9, 12, 17, dan 18 menghasilkan beads berwarna kuning dan berbentuk cenderung bulat. Rata-rata ukuran beads yang terbentuk yaitu 1,18 cm dengan jumlah koloni bakteri yang tumbuh yaitu 137 koloni. Jumlah koloni dan ukuran beads yang terbentuk didasarkan pada penggunaan ukuran *syringe*.

Ucapan Terima Kasih

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

Referensi

- Adinarayana, K., Jyothi, B., & Ellaiah, P. (2005). Production Of Alkaline Protease With Immobilized Cells Of *Bacillus Subtilis* PE-11 In Various Matrices By Entrapment Technique. *AAPS Pharmscitech*. 10.1208/pt060348
- Adrianto, G. S., Widoeri Widyastutia, T. E., & Kuswardani, I. (2016). Pengaruh Konsentrasi Tepung Pepaya dan Lama Penyimpanan terhadap Sifat Fisik Beads dan Viabilitas *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 Terimobil. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 15(2), 26-33. 10.33508/jtgp.v15i2.1537
- Angsari, TF., Rudiana A. 2020. Pengaruh Variasi Konsentrasi Amilase Dari Kedelai (*Glycine Max* L.) Dan Natrium Alginat Sebagai Matriks Enzim Terhadap Efektivitas Imobilisasi. *UNESA Journal of Chemistry*. 9 (3): 203-211. <https://doi.org/10.26740/ujc.v9n3.p203-211>
- Christiane, A., & Priyanto, H. (2016). Pengaruh Kualitas Beads terhadap Viabilitas Bakteri Terimobilisasi. *Jurnal Bios Logos*, 7(1), 40-47.
- Dewi, R. (2005). Pengaruh konsentrasi alginat terhadap karakteristik beads. *Jurnal Bioteknologi*, 12(3), 45-52.
- Fifendy, M., Irdawati, I., & Yenti, N. (2015). Penapisan bakteri termofilik penghasil enzim amilase dari sumber air panas sapan sungai aro Kabupaten Solok Selatan. *Eksakta Berkala Ilmiah Bidang MIPA*. 1:73-81.
- Hassanzadeh, M., et al. (2017). Mikroorganisme dan matriks imobilisasi: Sebuah tinjauan. *Jurnal Mikrobiologi Industri*, 3(2), 89-97.
- Irdawati, I., Syamsuardi, S., Agustien, A., Dan Rilda, Y. 2018. Screening Of Thermophilic Bacteria Produce Xylanase From Sapan Sungai Aro Hot Spring South Solok. *In IOP Conference Series:*

- Materials Science And Engineering*. 335(1), P. 012021. IOP Publishing.
- Irdawati., Matondang, I., Advinda, L., Anhar, A., Yusrial. 2023. The Potential of Hot Water Mudiak Sapan Thermophilic Bactery Consortium Formulation in Producing Xylanase Enzyme. *Jurnal Biologi Tropis*. 23 (4): 551-558.
- Khalid, S., Han, J., Hashmi, I., Hasnain, G., Ahmed, M.A., Khan, S.J., dan Arshad, M. (2018). Strengthening calcium alginate microspheres using polysulfone and its performance evaluation: Preparation, characterization and application for enchanced biodegradation of chlorpyrifos. *Science of the Total Environment*. 631-632:1046-1058.
- Lotfipour, M. (2012). Sifat imobilisasi alginate dan pengaruhnya terhadap karakteristik beads. *Industri Kimia*, 8(4), 123-130.
- Mubarokah, I. (2018). Pengaruh konsentrasi alginate terhadap karakteristik sel *Pseudomonas fluorescens* (Disertasi). Universitas Brawijaya.
- Muchtadi, T., & Sugiyono. (2024). *Variations in Alginate Concentration as a Material for Beads*. *Jurnal Serambi Biologi*, 9(2), 187-192.
- Novianti, A. K., Nugrahani, P., & Moeljani, I. R. (2021). Pengaruh Konsentrasi Alginate Terhadap Viabilitas Tss (True Shallot Seed) Enkapsulasi Secara In Vitro. *In Seminar Nasional Agroteknologi UPN Veteran Jawa Timur*. pp: 109-115.
- Oktarina Eva, Rizki A, Ira S. (2017). Amobilisasi Bakteri pada Kitosan-Alginat dan Kitin-Alginat. *Majalah Teknologi Agro Industri (Tegi)*. 9 (2).
- Rasyid, A. (2005). Beberapa catatan tentang alginat. *Oseana*, 30(1), 9-14.
- Ratnasari, N., Netty, K dan Indah K. 2014. Pengaruh Konsentrasi Natrium Alginate Sebagai Penjerat Sel *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 Dan Lama Penyimpanan Terhadap Jumlah Sel Yang Terlepas dan Karakter Carrier. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi* . 13(2): 81-86.
- Summaiati, T., Irdawati. 2024. Variations in Alginate Concentration as a Material for Immobilizing Thermophilic Bacteria on the Characteristics of Bead. *Serambi Biologi* . 9(2): 187-192.
- Tambuanan, A., P., M., Rudiyanasyah, Harlia. 2013. Pengaruh Konsentrasi Na₂CO₃ Terhadap Rendamen Natrium Alginate Dari *Sargassum cristaefolium* Asal Perairan Lemukutan. *Jkk* . 2(2): 112 – 117.
- Tambuanan, et al. (2013). Jenis alga coklat di perairan Indonesia. *Jurnal Kelautan*, 5(1), 45-52.
- Tiyaboonchai, . (2003). Chitosan Nanoparticles : A Promising System for Drug Delivery. *Naresuan University J*. 11 (3): 51-66.
- Uthami, Feranis Nadia. 2024. Pengaruh Konsorsium Bikultur Bakteri Termofilik dari Aumber Air Panas Mudia Sapan Sebagai *Microbial Fuel Cell* (MFC) Untuk Menghasilkan Energi Listrik. *Skripsi*. Universitas Negeri Padang.