



Volume 10, nomor 2, tahun 2025

Biogenerasi

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



POLA PRODUKSI BIOLISTRIK KONSORSIUM BAKTERI TERMOFILIK SUMBER AIR PANAS SAPAN SUNGAI ARO

Siti Annisa Fitri, Irdawati, Universitas Negeri Padang, Indonesia

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

Abstract

This study aims to investigate the bioelectricity production pattern of a thermophilic bacterial consortium from Sapan Sungai Aro. Thermophilic bacteria, which can survive at high temperatures, have the potential to generate electricity through their metabolic activity. Method on this research, the thermophilic bacterial consortium was isolated from Sapan Sungai Aro and tested for bioelectricity production at a 5% concentration with various consortium ratios (1:2, 2:1, 1:3, 3:1). The data show that the stationary phase at the 20th hour produced the highest voltage, which was 0.764 V, at the 3:1 ratio. These results indicate that the optimal composition of the bacterial consortium influences the efficiency of bioelectricity production. Moreover, this study also reveals that both the exponential and stationary phases play important roles in electricity generation, with the stationary phase providing the most ideal metabolic conditions.

Keywords: *Bioelectricity, thermophilic bacteria, ratio concentration, bacterial consortium.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pola produksi biolistrik konsorsium bakteri termofilik dari Sapan Sungai Aro. Bakteri termofilik, yang mampu bertahan hidup pada suhu tinggi, memiliki potensi untuk menghasilkan listrik melalui aktivitas metabolismenya. Metode penelitian ini, konsorsium bakteri termofilik diisolasi dari Sapan Sungai Aro dan diuji dalam produksi biolistrik pada konsentrasi 5% dengan variasi rasio konsorsium (1:2, 2:1, 1:3, 3:1). Data menunjukkan bahwa fase stasioner pada jam ke-20 menghasilkan voltase tertinggi, yaitu sebesar 0,764 V, pada rasio 3:1. Hasil ini menunjukkan bahwa komposisi optimal dari konsorsium bakteri memengaruhi efisiensi produksi biolistrik. Selain itu, penelitian ini juga mengungkapkan bahwa baik fase eksponensial maupun fase stasioner memiliki peran penting dalam produksi listrik, dengan fase stasioner menunjukkan kondisi metabolisme yang paling ideal.

Kata Kunci: *Biolistrik, bakteri termofilik, konsentrasi rasio, bakteri konsorsium.*

© 2025 Universitas Cokroaminoto palopo

Correspondence Author :
Universitas Negeri Padang

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

PENDAHULUAN

Bakteri termofilik adalah mikroorganisme yang mampu bertahan pada suhu tinggi, antara 45-70°C, dan memproduksi enzim termostabil melalui proses fermentasi (Susilowati, *et al.*, 2012). Mikroba ini dapat mendegradasi substrat dengan lebih efisien dan memiliki risiko kontaminasi yang lebih rendah (Dai, *et al.*, 2017). Dengan laju metabolisme yang cepat dan kemampuan beroperasi pada suhu tinggi, mikroba termofilik memiliki potensi besar dalam aplikasi ramah lingkungan, termasuk sebagai penghasil listrik. Maka dari itu, bakteri termofilik dapat meningkatkan produksi listrik karena laju reaksi biokimia dan transfer elektron yang lebih tinggi (Yadav, *et al.*, 2021; Dessi, *et al.*, 2018).

Bader (2010) menyatakan bahwa saat ini banyak proses biologis yang membutuhkan kehadiran berbagai bakteri dalam satu sistem (konsorsium), karena kerja sama antarspesies bakteri dapat meningkatkan efisiensi metabolisme dan produksi energi. Konsorsium adalah campuran komunitas mikroba yang berfungsi secara kooperatif, simbiosis, dan saling terkait. Konsorsium mikroorganisme cenderung menghasilkan hasil degradasi media hidup yang lebih cepat dibandingkan dengan penggunaan mikroorganisme individu (Siregar *et al.*, 2016).

Penggunaan konsorsium mikroba biasanya menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan isolat tunggal. Penelitian oleh Bai Xue *et al.* (2015) menggunakan konsorsium bikultur bakteri termofilik (*Saccharomyces cerevisiae* dan *Shewanella oneidensis*) yang lebih efektif, menghasilkan energi listrik sebesar 0,610 V dan mempertahankan tegangan stabil selama lebih dari 20 hari. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Safitri *et al.* (2023) menunjukkan bahwa penggunaan variasi rasio substrat 1:1, 1:2, dan 1:3 dalam MFC menghasilkan kuat arus paling tinggi pada rasio 1:3, yaitu sebesar 8,78 V.

Pola pertumbuhan bakteri umumnya terdiri dari empat fase utama, yaitu fase lag (adaptasi), fase eksponensial (pertumbuhan cepat), fase stasioner (pertumbuhan stabil), dan fase kematian (penurunan populasi). Pola ini menggambarkan siklus hidup bakteri dari awal adaptasi hingga penurunan jumlah sel (Kusnadi, 2009). Fase puncak terjadi pada fase stasioner dimana menghasilkan kuat arus yang paling

tinggi pada jam ke-20, sejalan dengan penelitian Saragib Veby (2018) bakteri mengalami fase stasioner pada jam ke-12 hingga jam ke-20. Pada jam ke-24 terjadi fase kematian dimana jumlah bakteri mulai mengalami penurunan. Pada saat bakteri aktif bermetabolisme, diharapkan akan ada banyak elektron dan proton yang dihasilkan sehingga biolistrik meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola pertumbuhan bakteri termofilik konsorsium Sapan Sungai Aro.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dimana data mengenai energi listrik yang dihasilkan oleh rasio konsorsium bakteri termofilik dengan variasi konsentrasi starter akan disajikan dan dianalisis melalui tabel dan grafik. Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2024 hingga Februari 2025, di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Alat dan Bahan Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Erlenmeyer, lampu Bunsen, spatula, *hot plate*, timbangan digital, jarum ose, pipet tetes, *oven*, *autoklav*, *shaker incubator*, lemari pendingin, *petri dish*, mikropipet dan inkubator. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu: bakteri termofilik, aquades, aquades steril, alcohol 70%, medium TMM cair (MgSO₄ · 7H₂O, K₂HPO₄, (NH₄)₂SO₄, NaCl, *Yeast* ekstrak, Pepton, Glukosa), KCL, kapas dan *tissue*.

Pembuatan Medium TMM dilakukan dengan melakukan penimbangan pada bahan komposisi TMM yaitu, MgSO₄ · 7H₂O 0,01%, K₂HPO₄ 0,1%, (NH₄)₂SO₄ 0,35%, NaCl 0,1%, *Yeast* ekstrak 0,05%, Pepton 0,05%, Glukosa 6%. Kemudian dilarutkan dengan alcohol 70% dan akuades steril hingga volume 100ml, lalu dipanaskan menggunakan *hot plate* dengan suhu 500 hingga homogen.

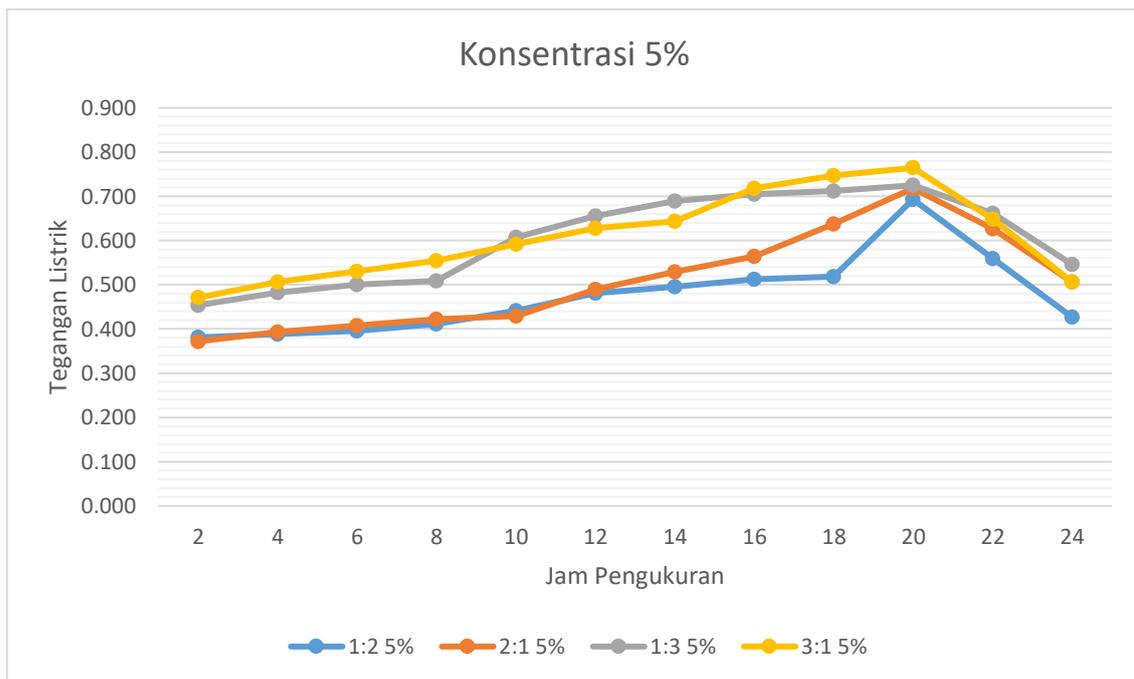
Aktivasi Bakteri Termofilik dilakukan melalui Isolat SSA 14 dan SSA 16 masing-masing diambil sebanyak 5 ose dari agar miring dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi garam fisiologis (NaCl 0,85%) sebanyak 10 ml, lalu disetarakan dengan larutan *Mc Farland* 1. Kemudian sebanyak 1 ml suspensi bakteri dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi medium TMM cair sebanyak 9 ml, lalu diinkubasi selama 24 jam di *incubator shaker* pada suhu 50°C untuk diaktivasi.

Konsentrasi Starter yang digunakan yaitu pada konsentrasi 5%, untuk rasio 1:2 Isolat SSA 14 dan SSA 16 yang sudah diaktivasi diambil masing-masing sebanyak 0,5 ml dan 1 ml kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi TMM sebanyak 28,5 ml lalu diinkubasi selama 24 jam di *incubator shaker* pada suhu 50°C untuk diaktivasi. Rasio 2:1 Isolat SSA 14 dan SSA 16 yang sudah diaktivasi diambil masing-masing sebanyak 1 ml dan 0,5 ml kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi TMM sebanyak 28,5 ml lalu diinkubasi selama 24 jam di *incubator shaker* pada suhu 50°C untuk diaktivasi. Sedangkan untuk rasio 1:3 Isolat SSA 14 dan SSA 16 yang sudah diaktivasi diambil masing-masing sebanyak 0,37 ml dan 1,12 ml kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi TMM sebanyak 28,51 ml lalu diinkubasi selama 24 jam di *incubator shaker* pada suhu 50°C untuk diaktivasi. Rasio 3:1 Isolat SSA 14 dan

SSA 16 yang sudah diaktivasi diambil masing-masing sebanyak 1,12 ml dan 0,37 ml kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi TMM sebanyak 28,51 ml lalu diinkubasi selama 24 jam di *incubator shaker* pada suhu 50°C untuk diaktivasi. Selanjutnya bakteri yang sudah diaktivasi diambil sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi TMM cair sebanyak 190 ml lalu dimasukkan ke dalam fermentor, berlaku untuk semua rasio dan dibuat dua ulangan. Pengukuran dilakukan setiap 2 jam selama 24 jam. Selanjutnya, tegangan listrik (*Volt*) yang dihasilkan dihitung menggunakan alat multimeter digital.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan grafik hasil pengamatan tegangan listrik yang dihasilkan oleh konsorsium bakteri termofilik SSA-14 dan SSA-16 dengan konsentrasi 5% yang menunjukkan pola produksi biolistrik dengan rasio 1:2, 2:1, 1:3, 3:1.



Gambar 1 Pola produksi biolistrik bakteri dengan konsentrasi 5%

Untuk menggambarkan pola produksi biolistrik dikenal adanya pola pertumbuhan yang terdiri dari empat tahapan utama: fase lag (adaptasi), fase eksponensial (pertumbuhan cepat), fase stasioner (pertumbuhan stabil), dan fase kematian. Keempat fase ini mencerminkan keseluruhan siklus hidup bakteri yang dimulai dari adaptasi sel terhadap lingkungan baru hingga akhirnya mengalami penurunan jumlah populasi. Fase lag merupakan tahap awal di

mana bakteri menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan dan belum menunjukkan pembelahan aktif. Fase eksponensial ditandai dengan pembelahan sel yang sangat cepat karena aktivitas metabolisme meningkat secara signifikan. Fase stasioner terjadi ketika nutrisi mulai menipis dan produk samping metabolisme terakumulasi, sehingga laju pertumbuhan sel menurun dan populasi menjadi stabil. Sementara itu, fase kematian

menunjukkan penurunan jumlah sel akibat kondisi lingkungan yang tidak lagi mendukung kelangsungan hidup (Madigan *et al.*, 2012).

Dalam penelitian ini, data voltase yang dihasilkan pada jam ke-20 dengan konsentrasi 5% menunjukkan perbedaan signifikan pada hasil produksi listrik berdasarkan variasi rasio konsorsium bakteri termofilik. Pada titik waktu tersebut, bakteri telah melewati fase lag dan eksponensial, dan berada pada fase stasioner. Fase ini ditandai dengan aktivitas metabolik yang tetap tinggi meskipun jumlah populasi sel tidak lagi bertambah. Menurut Cahyani (2013), fase stasioner merupakan tahap di mana sintesis komponen sel berlangsung secara intensif dan stabil, sehingga fase ini dianggap paling ideal untuk dimanfaatkan sebagai inokulum dalam berbagai aplikasi, termasuk produksi energi biolistrik.

Voltase tertinggi yang tercatat pada rasio 3:1, yaitu sebesar 0,764 V, mencerminkan performa maksimal komunitas bakteri dalam menghasilkan elektron. Hal ini menunjukkan bahwa rasio tertentu dari konsorsium bakteri dapat memengaruhi efektivitas metabolisme dan transfer elektron ke sistem anoda pada *Microbial Fuel Cell* (MFC). Konsorsium dengan rasio optimal diduga mampu meminimalkan kompetisi internal antarspesies dan memaksimalkan kerja sama dalam mengolah substrat organik menjadi aliran listrik.

Fase stasioner sendiri merupakan kondisi yang muncul setelah berakhirnya fase logaritmik. Pertumbuhan sel tidak lagi terjadi secara aktif karena dua faktor utama, yaitu menipisnya nutrisi dalam medium dan akumulasi produk metabolit yang bersifat toksik bagi pertumbuhan sel (Madigan *et al.*, 2002). Oleh karena itu, kondisi lingkungan menjadi faktor pembatas utama yang menentukan berapa lama bakteri dapat mempertahankan aktivitas metaboliknya sebelum memasuki fase kematian.

Sebelumnya, seluruh isolat mengalami fase adaptasi pada 0–2 jam pertama. Pada fase ini, bakteri belum menunjukkan pembelahan aktif karena masih melakukan penyesuaian fisiologis terhadap medium baru yang digunakan. Penyesuaian ini mencakup aktivasi gen-gen metabolik, sintesis enzim, dan perbaikan struktur internal sel (Madigan *et al.*, 2012). Fase lag merupakan tahap krusial dalam siklus hidup bakteri karena memengaruhi

kecepatan transisi menuju fase pertumbuhan cepat.

Sedangkan pada fase eksponensial ditandai oleh laju pembelahan sel yang sangat tinggi dan peningkatan aktivitas metabolisme yang signifikan, sehingga jumlah sel meningkat secara eksponensial. Rolfe *et al.* (2012) menjelaskan bahwa selama fase eksponensial, terjadi akumulasi logam transien yang mendukung berbagai aktivitas enzimatik dan metabolisme energi. Dalam konteks sistem MFC, fase ini berperan penting karena produksi elektron juga berlangsung secara intensif.

Dalam fase eksponensial, dua istilah utama yang digunakan untuk menggambarkan dinamika pertumbuhan bakteri adalah waktu generasi dan laju pertumbuhan spesifik. Waktu generasi merujuk pada lamanya waktu yang dibutuhkan sel untuk membelah menjadi dua, sedangkan laju pertumbuhan spesifik menggambarkan kecepatan maksimum pertumbuhan dalam kondisi lingkungan yang mendukung. Namun, ketika nutrisi menjadi terbatas atau produk samping metabolisme terakumulasi dalam jumlah tinggi, maka pertumbuhan mulai melambat dan bakteri masuk ke fase stasioner. Penurunan laju pertumbuhan spesifik ini merupakan respons terhadap tekanan lingkungan yang tidak lagi optimal (Maier, 2004).

Sebaliknya, rasio 1:2 menunjukkan voltase paling rendah, yaitu sebesar 0,693 V. Hal ini mengindikasikan bahwa pada rasio tersebut, komposisi konsorsium bakteri termofilik tidak mampu mendukung efisiensi produksi biolistrik secara optimal. Meskipun voltase yang dihasilkan masih mencerminkan aktivitas metabolik yang cukup stabil pada jam ke-20 yang menunjukkan bahwa bakteri berada dalam fase stasioner namun interaksi antarpopulasi dalam konsorsium tampaknya kurang sinergis. Menurut Timmis *et al.* (2014), dalam komunitas mikroba, interaksi sinergis antarspesies sangat penting untuk mempertahankan fungsi metabolisme bersama. Ketidakseimbangan dalam populasi dapat memicu dominasi mikroba yang kurang efisien atau bahkan mengganggu kinerja komunitas melalui produksi senyawa penghambat.

Hasil voltase yang diperoleh pada jam ke-20 dapat diinterpretasikan sebagai hasil dari aktivitas metabolik optimum pada fase stasioner. Perbedaan voltase yang dihasilkan antar rasio konsorsium bakteri menegaskan

pentingnya peran komposisi mikroba dalam menentukan efisiensi sistem MFC. Oleh karena itu, optimalisasi komposisi konsorsium menjadi salah satu strategi penting dalam pengembangan teknologi biolistrik berbasis bakteri.

SIMPULAN DAN SARAN

Pola produksi biolistrik oleh konsorsium bakteri termofilik dari mata air panas Sapan Sungai Aro menunjukkan bahwa fase stasioner merupakan tahap dengan aktivitas metabolik tertinggi, yang paling optimal untuk menghasilkan listrik. Rasio konsorsium 3:1 memberikan voltase tertinggi (0,764 V), menunjukkan bahwa komposisi bakteri sangat memengaruhi efisiensi produksi biolistrik. Saran untuk para pembaca adalah memperhatikan rekomendasi penelitian terhadap produksi Listrik.

DAFTAR RUJUKAN

- Bader, J., Mast-Gerlach, E., Popović, M. K., Bajpai, R., & Stahl, U. (2010). Relevance of microbial coculture fermentations in biotechnology. *Journal of Applied Microbiology*, 109(2), 371-387.
- Bai, X., Tong, L., Nan, L., Bing-Zhi, L., Hao, S., & Ying-jin, Y. (2021). Engineering synthetic microbial consortium for efficient conversion of lactate from glucose and xylose to generate electricity. *Biochemical Engineering Journal*, 172.
- Cahyani, L. (2013). *Pemanfaatan tepung cangkang udang sebagai media produksi kitinase oleh bakteri kitinolitik Isolat 26* [Bachelor thesis, University of Jember].
- C. D. Rolfe, M.D., Christopher, J.R., Sacha, L., Carmen, P., Arthur, T., Andrew, D.S., Cameron, M.A., Michael, F. S., Roy, P.B., Jozsef, B., Michael, W.P., dan Jay (2012). "Lag Phase Is a Distinct Growth Phase That Prepares Bacteria for Exponential Growth and Involves Transient Metal Accumulation," *International Journal of Bacteriology*, vol. 194, no. 3, pp. 686-701.
- Dai, K., Wen, J.-L., Zhang, F., Ma, X.-W., Cui, X.-Y., Zhang, Q., Zhao, T.-J., & Zeng, R. J. (2017). Electricity production and microbial characterization of thermophilic microbial fuel cells. *Bioresour. Technol.* <https://doi.org/10.1016/j.biortech.201.06.167>
- Dessi, P., Porca, E., Haavisto, J., Lakaniemi, A.-M., Collins, G., & Lens, P. N. L. (2018). Composition and role of the attached and planktonic microbial communities in mesophilic and thermophilic xylose-fed microbial fuel cells. *Royal Society of Chemistry*, 8, 3069-3080.
- D. P. Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl, D., & Clark. (2012). *Brock Biology of Microorganisms (13th Edition)*. New York: Pearson.
- 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.
- J. M. M. and J. P. Madigan, M.T. (2002). *Brock Biology of Microorganisms*. Prentice hall International Inc.
- Kusnadi. (2009). *Mikrobiologi: Buku Teks Umum*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl, D. A., & Clark, D. P. (2012). A brief journey to the microbial world. In *Brock biology of microorganisms*, 13th ed., 25-30.
- Saragih Veby. (2018). *PENGARUH EKSTERNAL RESISTANSI DAN PENAMBAHAN MOLASSES PADA LUMPUR LAPINDO UNTUK MENGHASILKAN BIOLISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN MICROBIAL FUEL CELLS*. Skripsi: INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER.
- Siregar, M., & Prayitno, S. B. (2016). Pengaruh Konsentrasi Konsorsium Bakteri K1, K2 Dan K3 Terhadap Status Kesehatan Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 5(1): 91-97.
- Susilowati, P. E., Raharjo, S., Kurniawati, D., Rahim, R., Sumarlin, A., & Ardiansyah, A. (2012). Produksi Xilanase dari Isolat Sumber Air Panas Sonai, Sulawesi Tenggara, menggunakan Limbah Pertanian. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(3): 1-6.
- Timmis, K.N., de Lorenzo, V., Verstraete, W., Ramos, J.L., Danchin, A., & Brüssow, H. (2014). *Microbiology and environmental biotechnology: facing the challenges of*

the Anthropocene. Environmental Microbiology, 16(5), 1228–1239.
Yadav, M., Sehrawat, N., Singh, M., Kumar, V., Sharma, A. K., & Kumar, S. (2021). Thermophilic microbes-based fuel cells:

an eco-friendly approach for sustainable energy production. *In Bioremediation for Environmental Sustainability*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820318-7.00011-3>