

## The Potential of Hot Water Sapan Sungai Aro Thermophilic Bacteria Consortium in Producing Bioethanol

Inayatul Fatia<sup>1</sup>, Irdawati<sup>1\*</sup>, Linda Advinda<sup>1</sup>, Azwir Anhar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

\*Correspondence author : [irdawati.amor40@gmail.com](mailto:irdawati.amor40@gmail.com)

**ABSTRACT.** Biofuel is a potentially renewable alternative fuel in Indonesia. Bioethanol is one example of the most commonly used biofuel. Microorganisms of thermophilic bacteria are known to contribute to the production of bioethanol. Thermophilic bacteria are efficient against high temperature conditions so as to minimize contamination. Production of bioethanol can also use joint culture (consortium). Bioethanol production using a microbial biculture consortium is known to significantly increase the level of bioethanol production. The purpose of this study was to determine the compatibility and to determine the optimum potential of the thermophilic bacterial biculture consortium of Sapan Sungai Aro hot water for bioethanol production. This research is a type of descriptive research. To test the cooperation between consortium isolates of thermophilic bacteria producing bioethanol, a compatibility test was carried out using the disk diffusion method. Then the consortium isolates were fermented in liquid TMM (Thermophilic Minimum Media) medium, the bioethanol content was measured after distillation using a pycnometer. The results of the bacterial compatibility test showed that there was one pair of isolates that were not compatible, namely SSA 8 & SSA 14 due to the presence of a clear zone. On research results. The production of bioethanol by a consortium of thermophilic bacteria gives more optimal results compared to a single isolate. The best thermophilic bacterial biculture consortium from the Sapan Sungai Aro hot spring in producing biofuels is SSA 14 & SSA 16 which is 3.009%.

**Keywords:** Bacterial consortium, thermophilic bacteria, biofuel, bioethanol

**ABSTRAK.** Biofuel merupakan bahan bakar alternatif terbarukan yang berpotensi di Indonesia. Bioetanol merupakan salah satu contoh biofuel yang paling umum digunakan. Mikroorganisme jenis bakteri termofilik diketahui dapat berkontribusi dalam produksi bioetanol. Bakteri termofilik efisien terhadap keadaan suhu tinggi sehingga dapat meminimalisir kontaminasi. Produksi bioetanol juga dapat menggunakan kultur bersama (konsorsium). Produksi bioetanol dengan menggunakan konsorsium bikultur mikroba diketahui secara signifikan dapat meningkatkan tingkat produksi bioetanol. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kompatibilitas dan mengetahui potensi konsorsium bikultur bakteri termofilik air panas Sapan Sungai Aro yang optimum terhadap produksi bioetanol. Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif. Untuk menguji kerja sama antar isolat konsorsium bakteri termofilik penghasil bioetanol, dilakukan uji kompatibilitas dengan metode

*disk diffusion*. Kemudian isolat konsorsium difermentasi pada medium TMM (*Thermophilic Minimum Media*) cair, kadar bioetanol diukur setelah destilasi menggunakan piknometer. Hasil penelitian uji kompatibilitas bakteri diketahui terdapat satu pasangan isolat yang tidak kompatibel yaitu SSA 8 & SSA 14 karena terdapatnya zona bening. Pada hasil penelitian. Produksi bioetanol konsorsium bakteri termofilik memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan isolat tunggal. Konsorsium bikultur bakteri termofilik terbaik dari sumber air panas Sapan Sungai Aro dalam menghasilkan biofuel yaitu SSA 14 & SSA 16 yaitu 3,009%.

**Kata kunci:** Konsorsium bakteri, bakteri termofilik, biofuel, bioetanol



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2023 by author.

## 1. PENDAHULUAN

Bahan bakar fosil (batubara, minyak, gas) selalu memiliki peran besar dalam konsumsi energi primer global (Ali, 2019). Bahan bakar fosil menjadi penggerak utama dalam hal mobilitas, kebutuhan dapur, hingga dalam skala besar sebagai bahan bakar mesin-mesin pada pabrik (Amalia, 2019).

Saat ini keberadaan bahan bakar khususnya yang berasal dari fosil sangat memprihatinkan. Jumlahnya yang sudah tidak sebanyak dulu tidak bisa mengimbangi kebutuhan masyarakat yang dapat dikatakan sangat banyak (Amalia, 2019). Dengan semakin menipisnya cadangan atau sumber bahan bakar fosil, manusia terdorong mencari dan mengembangkan sumber energi alternatif pengganti bahan bakar dari fosil (Serevina *et al.*, 2021). Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mencari bahan bakar alternatif yang terbarukan (*renewable energy*) (Utomo, 2015).

Bahan bakar alternatif terbarukan yang berpotensi di Indonesia salah satunya adalah biofuel. Biofuel adalah bahan bakar terbarukan cair atau gas yang dihasilkan dari biomassa. (Meskal, 2007). Bioetanol semakin mendapat perhatian sebagai alternatif bahan bakar fosil karena beberapa alasan, salah satunya potensinya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi (Khanna *et al.*, 2011).

Mikroorganisme jenis bakteri termofilik diketahui dapat berkontribusi dalam produksi bioetanol (Riyanti, 2011). Bakteri termofilik dapat diisolasi dari sumber air panas, salah satunya sumber air panas Sapan Sungai Aro yang terletak di Kabupaten Solok Selatan (Irdawati, 2018). Bakteri termofilik memiliki aktivitas metabolisme yang cepat dan tingkat fermentasi yang tinggi dengan output produk yang tinggi (Strobel, 2015). Selain itu beberapa bakteri termofilik secara alami mendegradasi karbohidrat kompleks yang beroperasi pada suhu yang meminimalkan resiko kontaminasi mesofilik (Scully dan Johann, 2015). Penelitian mengenai penggunaan

bakteri termofilik dalam produksi bioetanol salah satunya yaitu penelitian yang dilakukan Vaizi (2022) yaitu produksi bioetanol dari bakteri termofilik Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro.

Kultivasi dari satu jenis kultur bakteri (monokultur) telah banyak digunakan dalam bioteknologi, tetapi saat ini banyak proses biologis membutuhkan kehadiran banyak bakteri dalam satu sistem (konsorsium) (Bader et al., 2010). Salah satu bentuk konsorsium mikroba adalah bikultur, yaitu isolat yang menggunakan dua populasi mikroba berbeda. Untuk menentukan kombinasi isolat yang memiliki potensi aditif dan efek sinergis untuk hasil etanol yang lebih baik, diperlukan uji kompatibilitas (Irabor et al., 2017).

Konsorsium bikultur bakteri banyak keuntungan esensial yaitu memungkinkan untuk memanfaatkan substrat yang lebih luas dan kompleks termasuk sumber daya terbarukan yang melimpah dari biomassa lignoselulosa di alam serta meningkatkan hasil produk bioetanol (Du et al., 2020). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Park et al., (2012) diketahui bahwa proses produksi bioetanol dengan menggunakan konsorsium bikultur mikroba secara signifikan dapat meningkatkan tingkat produksi etanol.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya penelitian tentang potensi konsorsium bikultur Bakteri Termofilik Sapan Sungai Aro penghasil bioetanol belum pernah dilakukan dan penting untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana potensi bioetanol yang dihasilkan konsorsium bikultur bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro.

## **2. METODE**

### **2.1 Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu petridish, tabung reaksi, rak tabung reaksi, jarum ose, gelas ukur, erlenmeyer, *hot plate*, batang pengaduk, *vortex stirrer*, mikropipet, *tips*, *beaker glass*, spatula, timbangan digital, alat destilasi, labu penyulingan, piknometer, *autoclave*, *incubator*.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu isolat konsorsium bakteri termofilik SSA (Sungai Sapan Aro) yaitu isolat SSA 8, SSA 16, SSA 14, dan SSA 1 (koleksi Dr. Irdawati, M.Si) dari laboratorium Mikrobiologi FMIPA UNP, bubuk medium NA, label, plastik kaca, aquades, Alkohol 70%, medium TMM cair dengan komposisi ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $K_2HPO_4$ ,  $(NH_4)_2SO_4$ , NaCl, *yeast extract*, pepton, glukosa, bakto agar), NaOH 3N, kapas, tisu, plastik kaca, label, *aluminium foil*.

## 2.2 Regenerasi Isolat Murni

Biakan bakteri Sapan Sungai Aro (SSA 8, SSA 16, SSA 14 & SSA 1) masing – masing diambil sebanyak 1 ose, kemudian diinokulasikan ke dalam *nutrient agar* (NA) miring. Kemudian inkubasi pada suhu 50°C selama 2-5 hari.

## 2.3 Uji Kompatibilitas Bakteri Termofilik

Uji kompatibilitas isolat bakteri SSA menggunakan metode *disk diffusion*. Pasangan isolat dalam uji kompatibilitas isolat bakteri yaitu: SSA 1 & SSA 8, SSA 1 & SSA 16, SSA 1 & SSA 14, SSA 8 & SSA 16, SSA 8 & SSA 14 dan SSA 14 & SSA 16. Uji kompatibilitas isolat SSA 8 & SSA 16 dilakukan dengan cara: mengambil 5 ose SSA 8, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 5mL akuades steril dan sesuaikan kepadatan populasinya dengan skala 1 Mc. Farland's (populasi  $3 \times 10^8$  sel/mL). Lakukan hal yang sama pada SSA 16. 1 mL suspensi isolat SSA16 (skala 1 Mc Farland's) dimasukkan ke dalam petri steril. Selanjutnya dituangkan dengan medium NA, dihomogenkan dengan cara memutar petri seperti angka delapan dan biarkan sampai medium dingin. Selanjutnya diambil 4 lembar kertas cakram steril, diletakkan di dalam cawan petri steril kemudian ditetesi dengan 0,1 mL isolat SSA 8. Diamkan beberapa saat. Selanjutnya cakram tersebut diletakkan di tengah medium yang telah diinokulasi suspensi isolat SSA16 dan inkubasi selama 2 x 24 jam pada suhu ruang (Jovanita & Advinda, 2022). Prosedur yang sama juga dilakukan untuk kombinasi isolat lainnya. Isolat yang kompatibel ditunjukkan dengan tidak adanya zona hambatan yang terbentuk, sedangkan isolat yang tidak kompatibel ditunjukkan dengan adanya zona hambatan yang terbentuk (Irdawati, 2023).

## 2.4 Aktivasi Isolat Bakteri Termofilik

Aktivasi 4 isolat bakteri termofilik Isolat SSA 8, SSA 16, SSA 14, dan SSA 1 masing-masing dilakukan dengan mengambil sebanyak 5 ose dari agar miring dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi medium TMM sebanyak 25 ml, lalu diinkubasi selama 24 jam untuk diaktivasi di inkubator pada suhu 60°C dan agitasi 150rpm. Kemudian jumlah sel mikroba dihitung dengan absorbansi range OD (*Optical Density*) 0,08-0,1 menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm yang setara dengan larutan Mac Farland 0,5 (Septiani *et al.*, 2017). Inokulum siap untuk di inokulasikan pada medium TMM cair untuk produksi bioetanol.

## 2.5 Produksi Bioetanol dari Konsorsium Bikultur Bakteri Termofilik

Pembuatan isolat konsorsium bikultur diambil dari isolat tunggal yang sudah di aktivasi sebelumnya sebanyak 10 ml (10% dari isolat monokultur) sebagai inokulum bikultur dengan

rasio 1:1 dilakukan secara duplo yaitu: SSA 8, SSA 16, SSA 14, SSA 1, SSA 1 & SSA 8, SSA 1 & SSA 16, SSA 1 & SSA 14, SSA 8 & SSA 16, SSA 8 & SSA 14 dan SSA 14 & SSA 16. Kemudian masukkan ke dalam erlenmeyer 150 ml yang berisi 90 ml medium TMM cair, kemudian di inkubasi pada suhu 60°C dan agitasi 150 rpm selama 24 jam. Selanjutnya menghitung kadar bioetanol dengan melakukan destilasi menggunakan piknometer (Safari *et al.*, 2022; Vinotha *et al.*, 2019).

## 2.6 Analisis Data

Data hasil uji kompatibilitas SSA dianalisis secara deskriptif yang ditampilkan dalam bentuk tabel.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengamatan

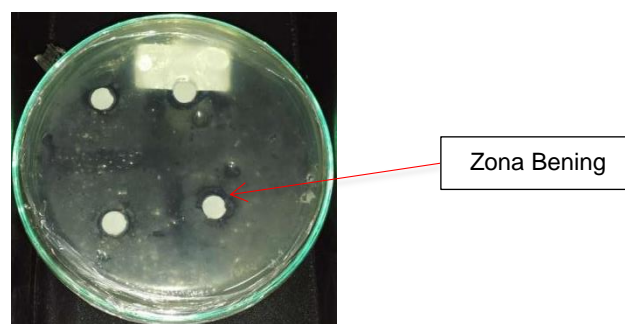
#### 3.1.1. Uji kompatibilitas Konsorsium Bakteri Termofilik

Berdasarkan uji kompatibilitas dari pasangan isolat yang dikultur bersama pada media NA, terdapat satu pasangan isolat yang tidak kompatibel (Tabel 1), hal ini karena pasangan isolat membentuk zona hambat atau zona bening (Gambar 1).

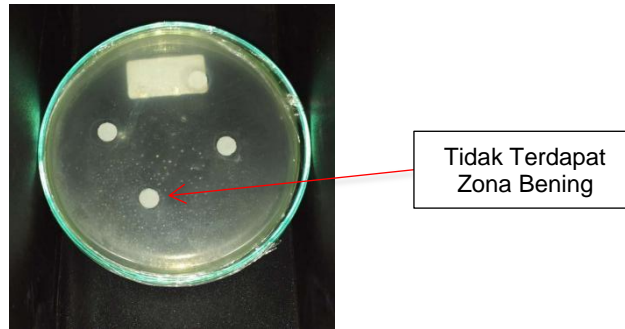
Tabel 1. Hasil uji kompatibilitas kombinasi isolat SSA

Isolat Uji	Keterangan
SSA 8 & SSA 16	+
SSA 8 & SSA 14	-
SSA 1 & SSA 8	+
SSA 14 & SSA 16	+
SSA 1 & SSA 16	+
SSA 1 & SSA 14	+

Keterangan : (+): kompatibel (-): tidak kompatibel



Gambar 1. Hasil Uji Kompatibilitas Isolat SSA yang tidak kompatibel



Gambar 2. Hasil Uji Kompatibilitas Isolat SSA yang tidak kompatibel

### 3.1.2. Uji kompatibilitas Konsorsium Bakteri Termofilik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat konsorsium bikultur SSA yang menghasilkan bioetanol tertinggi adalah perlakuan 9 (konsorsium SSA 14 & SSA 16) yaitu dengan kadar bioetanol 3,009%. Sedangkan kadar bioetanol terendah dihasilkan oleh monokultur SSA 14.

Tabel 2. Kadar bioetanol dari isolat konsorsium bikultur (%berat)

No	Perlakuan	Rata-rata (%)
1	SSA 14	0,505
2	SSA 1 & SSA 8	0,850
3	SSA 1	0,863
4	SSA 1 & SSA 14	0,863
5	SSA 8	1,296
6	SSA 1 & SSA 16	1,601
7	SSA 16	1,608
8	SSA 8 & SSA 16	1,743
9	SSA 14 & SSA 16	3,009

## 3.2 Pembahasan

### 3.2.1. Uji kompatibilitas Konsorsium Bakteri Termofilik

Berdasarkan uji kompatibilitas dari isolat bikultur bakteri termofilik sumber air panas Sapan Sungai Aro, isolat SSA 8 & SSA 14 tidak kompatibel satu sama lain dengan indikasi terdapatnya zona hambat atau zona bening, dapat dilihat dari Tabel 1, Gambar 1. Uji kompatibilitas antara isolat bikultur lainnya yaitu; SSA 8 & SSA 16, SSA 1 & SSA 8, SSA 14 & SSA 16, SSA 1 & SSA 16, SSA 1 & SSA 14 tumbuh bersama dengan baik tanpa saling menghambat pertumbuhan atau kompatibel satu sama lain (Gambar 2).

Konsorsium bakteri merupakan kumpulan bakteri yang bekerja sama membentuk suatu komunitas. Dalam komunitas tersebut terdapat interaksi mikroba yang sinergis atau kompatibel di mana kedua atau semua populasi mikroba yang terlibat mendapat manfaat, dengan mendukung pertumbuhan dan proliferasi satu sama lain (Sarsan *et al.*, 2021).

Konsorsium bakteri dapat berinteraksi dan bersinergi, serta berbagi sumber nutrisi yang sama. Hal ini menunjukkan perilaku kooperatif antar bakteri dalam suatu habitat dalam bentuk konsorsium (Asri *et al.*, 2016). Konsorsium mikroba cenderung memberikan hasil kerja yang lebih cepat dalam mendegradasi media hidupnya dibandingkan dengan kerja mikroba tunggal (Irdawati, *et al.*, 2023).

Mikroorganisme tumbuh dengan berbagai variasi asosiasi dengan organisme lain, salah satunya adalah sifat antagonisme dengan berbagai mekanisme untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme lainnya. Mekanisme tersebut dapat berupa produksi toksin atau racun, antibiotik maupun siderofor (Hibbing *et al.*, 2010). Isolat bakteri yang menunjukkan adanya aktivitas antagonisme ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat yang terlihat antarisolat (Fitriasari *et al.*, 2020).

### **3.2.2. Fermentasi Konsorsium Bikultur Bakteri Termofilik dalam Produksi Bioetanol**

Hasil penelitian mengenai fermentasi konsorsium bikultur bakteri termofilik dalam produksi bioetanol dapat dilihat pada Tabel 2. Diketahui bahwa isolat konsorsium SSA 14 & SSA 16 menghasilkan nilai rata-rata kadar bioetanol tertinggi yaitu sebesar 3,009%. Kadar bioetanol yang dihasilkan konsorsium ini meningkat 2 kali lipat hingga 5 kali lipat dibandingkan dengan monokulturnya.

Pada Tabel 2 membuktikan bahwa hasil konsorsium bikultur yang didapatkan lebih tinggi dibandingkan dengan hasil monokultur yang digunakan sebagai kontrol. Sejalan dengan pendapat Sihan *et al.*, (2013) yang mengatakan penggunaan konsorsium mikroba cenderung memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan penggunaan isolat tunggal, karena kerja enzim dari tiap jenis dari tiap jenis mikroba saling melengkapi untuk dapat bertahan hidup menggunakan sumber nutrisi yang tersedia dalam media yang digunakan.

Menurut Chen (2019) meningkatnya hasil produksi bioetanol dalam proses bioproduksi disebabkan hubungan asosiasi antar mikroba seperti mutualisme atau komensalisme. Asosiasi mutualisme menggambarkan di mana dua atau lebih spesies saling menguntungkan, misalnya dengan bertukar metabolit.

Tingginya hasil produk akhir dalam konsorsium ini juga dapat terjadi karena selama proses bioproduksi, strain (A) dapat mengolah substrat menjadi suatu produk yang dapat menghambat pertumbuhannya sendiri. Namun, dalam hal ini strain kedua (B) tidak dapat

memetabolisme substrat, tetapi menggunakan produk mikroorganisme A sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan. Akibatnya, konsentrasi produk sampingan dalam medium berkurang, sehingga menyebabkan pengurangan efek penghambatan pada strain A. Jenis komensalisme ini menghasilkan hasil produk akhir yang lebih tinggi karena strain B menghilangkan produk sampingan secara terus menerus dari media. Untuk mensintesis produk akhir (Zhou, 2015).

Menurut Wang (2020), tingginya produksi bioetanol dari konsorsium dapat terjadi karena strain (A) bertanggung jawab untuk mengambil substrat, mengubahnya menjadi produk perantara, dan akhirnya mensekresikannya ke dalam media. Strain (B) kemudian menghasilkan produk dengan memproses lebih lanjut antar molekul. Jalur produksi ini memungkinkan pengurangan beban metabolisme untuk kedua isolat dan dengan demikian produksi bioetanol menjadi lebih efisien.

Isolat yang menunjukkan produksi bioetanol terendah adalah monokultur SSA 14, konsorsium SSA 1 & SSA 8, monokultur SSA 1, dan konsorsium SSA 1 & SSA 14. Dari keempat perlakuan ini terdapat 2 perlakuan yang merupakan konsorsium. Hal ini menunjukkan bahwa kedua konsorsium tersebut kompatibel satu sama lain namun tidak dapat bekerja sama dengan baik secara fisiologis sehingga memproduksi bioetanol dengan kadar yang rendah. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa hal, misalnya secara metabolik salah satu isolat bakteri asinkron dalam degradasi, yang disebabkan karena kecenderungan dalam memilih glukosa, sehingga menurunkan produktivitas (Zaldivar *et al.*, 2001). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Vu (2022), hasil fermentasi bisa menjadi tidak maksimal ketika salah satu isolat memproduksi senyawa yang dapat menurunkan produktivitas.

Produksi bioetanol yang rendah pada konsorsium dapat terjadi karena terdapat asosiasi parasitisme, kompetisi, dan amensalisme. Interaksi negatif tersebut tidak diinginkan di sebagian besar bioproses. Interaksi amensalisme, di mana satu populasi mendapatkan kerugian, sementara yang lain tidak berpengaruh; parasitisme, di mana interaksinya menguntungkan satu populasi dan merugikan populasi lainnya; dan parasitisme yang mengarah ke predasi, di mana antagonisme antara populasi menyebabkan kepadatan populasi yang beresilasi (Brenner, 2008).

Sedangkan rendahnya kadar bioetanol dari monokultur menurut Wu *et al.*, (2016) terjadi karena konsumsi sumber daya seluler yang berlebihan dan beban metabolisme yang berlebihan sehingga menyebabkan gangguan pertumbuhan dan perilaku biosintetik yang



buruk dari monokultur tersebut. Pada monokultur, sebagian besar isolat memiliki kondisi individu yang sesuai untuk pertumbuhannya. Jika kondisi kultur berubah, pertumbuhan dan metabolisme isolat tersebut akan terpengaruh, dalam kata lain monokultur cenderung tidak dapat bertahan di lingkungan yang berubah-ubah (Ding *et al.*, 2016).

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil uji kompatibilitas konsorsium bikultur bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro terdapat satu pasangan isolat yang tidak kompatibel yaitu SSA 8 & 14. Sedangkan isolat bikultur lainnya yaitu SSA 8 & SSA 16, SSA 1 & SSA 8, SSA 14 & SSA 16, SSA 1 & SSA 16, SSA 1 & SSA 14 adalah kompatibel. Konsorsium bikultur bakteri termofilik sumber air panas Sapan Sungai Aro yang optimum adalah SSA 14 & SSA 16 yaitu dengan produksi bioetanol mencapai 3,009%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Ibu Dr. Irdawati, M. Si, selaku kepala laboratorium mikrobiologi yang telah memberikan izin dan dukungan fasilitas untuk melakukan penelitian di laboratorium mikrobiologi. Terimakasih juga kami ucapkan kepada Ibu Elva Rahmi, S. Pd, yang telah membantu secara teknis dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### REFERENSI

- Ali, M., *et al.* 2019. The Use Of Crop Residues for Biofuel Production. *Biomass, Biopolymer-Based Materials, and Bioenergy*, 369–395.
- Asri, A. C., & Zulaika, E. (2016). Sinergisme antar isolat Azotobacter yang dikonsorsiumkan. *Jurnal sains dan seni ITS*, 5(2). DOI: 10.12962/j23373520.v5i2.20693
- Bader, J., Mast-Gerlach, E., Popoviæ, M. K., Bajpai, R., and Stahl, U. (2010). Relevance of microbial coculture fermentations in biotechnology. *J. Appl. Microbiol* 109, 371–387. doi: 10.1111/j.1365-2672.2009.04659.x
- Brenner, K., You, L., & Arnold, F. H. (2008). Engineering microbial consortia: a new frontier in synthetic biology. *Trends in biotechnology*, 26(9), 483-489.
- Du, Y., Zou, W., Zhang, K., Ye, G., & Yang, J. (2020). Advances and Applications of Clostridium Co-Culture Systems in Biotechnology. *Frontiers in Microbiology*, 11, 560223. DOI: 10.3389/fmicb.2020.560223
- Fitriasari, P. D., Amalia, N., & Farkhiyah, S. (2020). Isolasi dan uji kompatibilitas bakteri hidrolitik dari tanah tempat pemrosesan akhir Talangagung, Kabupaten Malang. *Berita Biologi*, 19(1), 151-156. pp. 151-156. ISSN 2337-8751

- Hibbing, M.E., Fuqua, C., Parsek, M.R. and Peterson, S.B., (2010). Bacterial competition: Surviving and thriving in the microbial jungle. *Nature Review Microbiology*, 8(1), 15–25. DOI: 10.1038/nrmicro2259
- Irabor, Afona dan Mmbaga, M. T. (2017). Evaluation of Selected Bacterial Endophytes for Biocontrol Potential against Phytophthora Blight of Bell Pepper (*Capsicum annum* L.). *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 8(10), 2-7. DOI: 10.4172/2157-7471.1000424
- Irdawati, I., Syamsuardi, S., Agustien, A., & 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), 1-2. DOI:10.1088/1757-899X/335/1/012021
- Irdawati, Matondang, I., Advinda, L. ., Anhar, A., & Yusrizal, Y. (2023). Compatibility Test Consorciun 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.
- Jovanita, L., & Advinda, L. (2022). Compatibility Test of Fluorescent Pseudomonad Isolated from Plant Rhizosphere. *Jurnal Serambi Biologi*, 7(1), 65-69. e-ISSN: 2722-2829
- Khanna, M., Crago, C. L., and Black, M. 2011. Can Biofuels be a Solution to Climate Change? The Implications of Land use Change-Related Emissions for Policy. *Interface Focus*, 1(2).
- Meskal, M.M., 2018. Biomass as a Source of Renewable Energy and its Impact on The Air Quality. *Presentation at MENAREC*, 4.
- Riyanti, E. I. 2011. Beberapa Gen pada Bakteri Yang Bertanggung Jawab Terhadap Produksi Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(2).
- Safari, W. F., & Syafaat, M. 2022. Effect of Pretreatment and Composition of *Trichoderma Viride* and *Zymomonas Mobilis* Consortium on Bioethanol Production from Leaf Litter. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 6(2).
- Sarsan, S., Pandiyan, A., Rodhe, A. V., & Jagavati, S. (2021). Synergistic Interactions Among Microbial Communities. *Microbes in Microbial Communities: Ecological and Applied Perspectives*: Springer 1-37. DOI: 10.1007/978-981-16-5617-0\_1
- Scully, S. M., and Johann, O. 2015. Recent Advances in Second Generation Ethanol Production by Thermophilic Bacteria. *Energies*. 8(1).
- Septiani, V., Choirunnisa, A., & Syam, A. K. 2017. Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etanol Daun Karuk (*Piper sarmentosum roxb.*) terhadap *Streptococcus mutans* dan *Candida albicans*. *Kartika: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 5(1).
- Serevina, V., Pambudi, R.D. and Nugroho, D.A., 2021. The Usaha Briket Biomassa Sebagai Sarana Pengurangan Bahan Bakar Fosil Dan Mengurangi Limbah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains dan Aplikasinya (JPMSA)*, 1(1).
- Strobel, G.A., 2015. Bioprospecting—fuels from fungi. *Biotechnology letters*, 37.
- Utomo, T.P., 2015. Kajian Potensi Produksi Biofuel Di Kabupaten Tulang Bawang, Lampung. Inovasi Pembangunan: *Jurnal Kelitbangan*, 3(1).

- Vaizi. 2022. Potensi Bakteri Termofilik dalam Menghasilkan Bioetanol pada Variasi Ph Inkubasi. *Skripsi*. Padang: FMIPA UNP.
- Vinotha, T., & Umamaheswari, N. 2019. Bioethanol Production Using Bacterial Consortia from Waste Cellulosic Waste. *Think India Journal*, 22(10).
- Vu, V., Farkas, C., Riyad, O., Bujna, E., Kilin, A., Sipiczki, G., & Nguyen, Q. D. 2022. Enhancement of the enzymatic hydrolysis efficiency of wheat bran using the Bacillus strains and their consortium. *Bioresource Technology*, 343, 126092.
- Wu, G., Yan, Q., Jones, J.A., Tang, Y.J., Fong, S.S. and Koffas, M.A., 2016. Metabolic burden: cornerstones in synthetic biology and metabolic engineering applications. *Trends in biotechnology*, 34(8).
- Zaldivar GJ, Vicille and Savchenko. 1998. Thermozyms: Bioetchnology and Structur function. *Journal of Extremophiles* 2, 179-183
- Zhou, K., Qiao, K., Edgar, S. and Stephanopoulos, G., 2015. Distributing a metabolic pathway among a microbial consortium enhances production of natural products. *Nature biotechnology*, 33(4).