

Comparison of Lignolytic Bacteria in Sago Pith, Wet Sago Flour, and Sago Hampas

Eka Pratiwi Tenriawaru^{1*}, Ulfah Zakiyah², Hilda Rahmawati³

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains, Universitas Cokroaminoto Palopo, Kota Palopo, Indonesia;

²Program Studi Kimia, Fakultas Sains, Universitas Cokroaminoto Palopo, Kota Palopo, Indonesia;

³Program Studi Fisika, Fakultas Sains, Universitas Cokroaminoto Palopo, Kota Palopo, Indonesia;

Article History

Received : September 08th, 2024

Revised : September 19th, 2024

Accepted : October 13th, 2024

*Corresponding Author:

Eka Pratiwi Tenriawaru,

Program Studi Biologi, Fakultas Sains, Universitas Cokroaminoto Palopo, Kota Palopo, Indonesia;

Email: epa86@gmail.com

Abstract: Lignin is a component of crude fiber found in sago stems and is difficult to degrade. The aim is to compare lignolytic bacteria in sago pith, wet sago flour, and sago hampas in three (3) layers of waste piles. Samples were obtained from a traditional sago factory in Palopo City. Lignolytic bacteria were isolated using an M9 minimum agar supplemented with 1% lignin. The research parameters were the total lignolytic bacteria and the number of different colonies in each sample. The results showed that the most lignolytic bacteria and different colonies were found in the sago pith and the least in the middle layer of the sago hampas pile. The research results conclude that the sago pith can be an alternative source of lignolytic bacterial isolates. However, the ability of these lignolytic bacteria still needs to be tested and selected to obtain potential isolates.

Keywords: Lignolytic bacteri, sago pith, sago flour, sago hampas.

Pendahuluan

Tepung sagu merupakan salah satu hasil perkebunan di Sulawesi Selatan, khususnya di wilayah Kabupaten Bone, Kota Palopo, Kabupaten Luwu, Luwu Utara, dan Luwu Timur (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2022). Tepung sagu umumnya diperoleh dari hasil ekstraksi empulur sagu dengan bantuan air (Direktorat Penyerasian Pemanfaatan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 2022). Proses ekstraksi tersebut masih dilakukan secara tradisional. Selain memperoleh tepung sagu, ekstraksi empulur sagu juga menghasilkan produk samping berupa ampas dan limbah cair sagu (Wardono *et al.*, 2021).

Ampas sagu merupakan serat yang diperoleh dari empulur batang sagu yang telah dipisahkan dari pati sagunya (Hammado *et al.*, 2018). Ampas sagu yang baru umumnya dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai pakan unggas, sedangkan sebagian besar ditumpuk dan dibiarkan begitu saja. Tumpukan ampas sagu yang dibiarkan dalam waktu lama akan dibuang ke badan air di sekitar pabrik sehingga berpotensi menjadi sumber pencemaran.

Ampas sagu yang dibiarkan dalam waktu lama juga menyebabkan bau asam yang menyengat (Yehekiel *et al.*, 2023). Oleh karena itu, diperlukan solusi pemanfaatan ampas sagu tersebut untuk meminimalisir dampak pencemaran yang ditimbulkan.

Ampas sagu tersusun atas lignoselulosa, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Serli *et al.*, 2022). Kandungan selulosa ampas sagu sebesar 20% dan lignin 21% (Latuconsina, 2015). Selain itu, ampas sagu mengandung 10,5% protein kasar (Syadik *et al.*, 2022). Ampas sagu juga mengandung 22,58% serat kasar (Serli *et al.*, 2022) atau 31,53% serat kasar (Syadik *et al.*, 2022), 65,70% pati, dan 4,1% abu (Serli *et al.*, 2022). Kandungan nutrisi pada ampas sagu tersebut sangat berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi beragam produk, seperti pakan ternak, pupuk, maupun material industri. Akan tetapi, keberadaan serat kasar, khususnya lignin menjadi faktor pembatas dalam pemanfaatan tersebut (Sutini *et al.*, 2019; Jagadeesh & Muthuraju, 2022).

Lignin merupakan komponen ampas sagu yang paling sulit dicerna oleh ternak.

Keberadaan lignin dalam pakan ternak akan menurunkan kualitas pakan (Serli *et al.*, 2022). Demikian halnya dengan industri kertas, keberadaan lignin dalam kertas akan menurunkan kualitas kertas tersebut. Sementara itu, lignin yang telah dipisahkan dari lignoselulosa memiliki banyak manfaat dalam bidang medis, yaitu sebagai antioksidan, antimikroba, anti UV, dan bioimaging (Sugiarto *et al.*, 2022). Oleh karena itu, diperlukan pengolahan awal untuk memisahkan komponen-komponen lignoselulosa tersebut. Pemecahan lignin dapat dilakukan melalui proses kimia maupun proses biologi (Hammado *et al.*, 2020; Rismanto *et al.*, 2020). Proses kimia meliputi proses kraft, organosolv, soda, dan sulfit (Sugiarto *et al.*, 2022). Pemecahan lignin dengan proses biologi umumnya melibatkan mikroba lignolitik, seperti bakteri (Rahayu *et al.*, 2010) dan jamur (Prakoso *et al.*, 2014).

Bakteri lignolitik merupakan bakteri yang dapat menguraikan lignin. Bakteri lignolitik dapat diperoleh dari saluran pencernaan rayap atau bakteri ruminansia (Hanafi *et al.*, 2018; Mulyani *et al.*, 2021). Selain itu, bakteri lignolitik juga memungkinkan ditemukan pada ampas sagu yang telah mengalami fermentasi. Tenriawaru *et al.* (2022) melaporkan bahwa berdasarkan hasil analisis metagenomik dengan pendekatan *next generation sequencing* (NGS), dalam empulur sagu terdapat bakteri lignoselulolitik dan lignolitik dengan kelimpahan yang cukup tinggi (top 10 bakteri dominan). Hasil penelitian tersebut memungkinkan ditemukannya bakteri lignolitik pada ampas sagu. Akan tetapi, penelitian tentang bakteri lignolitik pada ampas sagu masih terbatas. Penelitian ini, akan dibandingkan jumlah bakteri lignolitik dalam empulur sagu, tepung sagu basah, dan ampas sagu. Ampas sagu yang digunakan ada tiga (3) jenis, yaitu ampas sagu lapisan atas, lapisan tengah, dan lapisan bawah. Hasil penelitian dapat menjadi acuan untuk penentuan jenis sampel yang dapat digunakan sebagai sumber isolat bakteri lignolitik.

Bahan dan Metode

Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung reaksi, Erlenmeyer, rak tabung

reaksi, cawan Petri, autoklaf, bunsen, *blue tip*, mikropipet, neraca analitik, *handtolii*, dan *cool box*. Bahan yang digunakan antara lain media minimal M9 agar yang mengandung 1% lignin, larutan garam fisiologis.

Pengambilan sampel

Sampel diperoleh dari pabrik sagu tradisional di Kota Palopo. Sampel empulur sagu, tepung sagu basah, dan ampas sagu diambil dengan menggunakan kantong plastik steril dan ditutup rapat. Ampas sagu yang digunakan ada tiga jenis, yaitu ampas sagu lapisan atas (ampas yang baru saja diekstraksi), ampas sagu bagian tengah tumpukan, dan ampas sagu lapisan bawah berbatasan dengan lantai pabrik serta mulai terdegradasi. Sampel disimpan dalam *cool box* dan dibawa menuju ke Laboratorium Sel dan Jaringan Fakultas Sains Universitas Cokroaminoto Palopo untuk dianalisis.

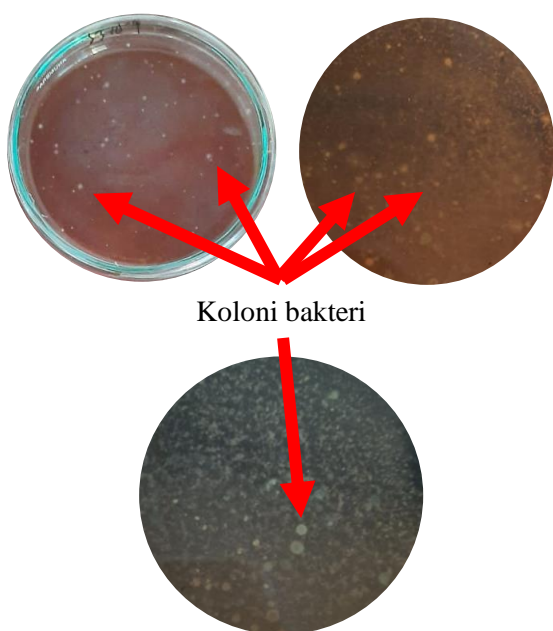
Sebanyak 25 gram masing-masing sampel dilarutkan dalam 225 mL garam fisiologis steril (pengenceran 10^{-1}) dan dihomogenkan. Sebanyak 1 mL larutan suspensi pengenceran 10^{-1} dilarutkan dalam 9 mL garam fisiologis steril dan dihomogenkan (pengenceran 10^{-2}). Sebanyak 1 mL larutan suspensi pengenceran 10^{-2} dilarutkan dalam 9 mL garam fisiologis steril untuk memperoleh suspensi larutan pengenceran 10^{-3} . Larutan seri pengenceran dibuat hingga pengenceran 10^{-5} . Seri pengenceran dibuat dalam 3 kali pengulangan untuk masing-masing sampel. Masing-masing sebanyak 0,1 mL larutan dari setiap pengenceran diinokulasi ke dalam cawan Petri steril dan ditambahkan medium agar minimal M9 yang mengandung 1% lignin dan dihomogenkan. Cawan Petri yang telah mengandung sampel dan media diinkubasi pada suhu ruang selama 72 jam dan posisi terbalik. Semua koloni bakteri pada setiap cawan Petri dihitung sebagai bakteri lignolitik. Jumlah koloni dalam cawan yang berada pada rentang 30-300 digunakan untuk menghitung angka lempeng total bakteri. Data total bakteri yang diperoleh dianalisis dengan uji anova dan uji lanjut Tukey menggunakan SPSS versi 20,0.

Hasil dan Pembahasan

Total bakteri lignolitik pada empulur sagu, tepung sagu basah dan ampas sagu

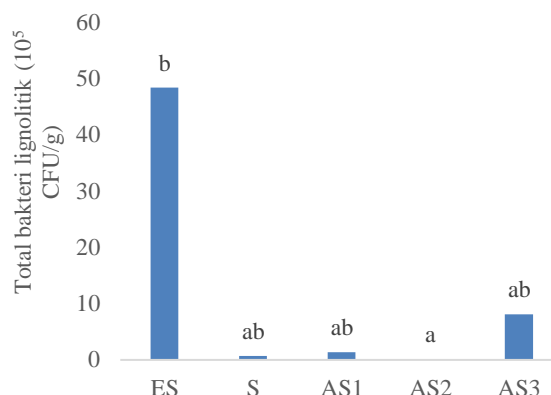
Pengamatan total bakteri lignolitik

dilaksanakan setelah inkubasi 72 jam pada medium minimal M9 yang mengandung 1% lignin. Komposisi medium M9 + 1% lignin mengacu pada Arimurti & Muzakhar, 2015. Medium minimalis M9 tidak berwarna, penambahan lignin ke dalam medium menyebabkan medium tersebut berwarna merah kecokelatan. Koloni bakteri ditandai dengan bintik berwarna putih atau krem pada medium agar (Gambar 1). Menurut Jagadeesh & Muthuraju, 2022), isolat bakteri yang dapat tumbuh dengan baik pada medium lignin alkali merupakan isolat yang dapat mendegradasi lignin.



Gambar 1. Koloni bakteri lignolitik pada medium minimal M9 yang mengandung 1% lignin

Gambar 2 menunjukkan bahwa bakteri lignolitik terbanyak terdapat pada empulur sagu ($4,84 \times 10^6$ CFU/g) dan terendah terdapat pada ampas sagu pada lapisan tengah ($7,17 \times 10^4$ CFU/g). Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan total bakteri lignolitik yang signifikan antar sampel. Total bakteri lignolitik pada ampas sagu lapisan tengah berbeda nyata dengan total bakteri lignolitik pada empulur sagu. Total bakteri lignolitik pada tepung sagu basah tidak berbeda nyata dengan ampas sagu lapisan atas dan lapisan bawah.



Gambar 2. Grafik perbandingan total bakteri pada empulur sagu (ES), tepung sagu basah (S), ampas sagu (AS). Notasi pada bagan batang (*bar chart*) menunjukkan beda nyata antar sampel

Jumlah isolat bakteri lignolitik pada empulur sagu, tepung sagu basah, dan ampas sagu

Bakteri lignolitik selanjutnya dikarakterisasi dan diperoleh jumlah koloni yang memiliki morfologi yang berbeda (isolate). Jumlah isolat yang berbeda pada setiap sampel disajikan pada Tabel 1. Jumlah isolat pada empulur sagu lebih banyak daripada sampel lainnya, sedangkan ampas sagu lapisan tengah yang paling sedikit.

Tabel 1. Jumlah isolat yang berbeda pada setiap sampel

Sampel	Jumlah Koloni yang berbeda
Empulur Sagu (ES)	9
Tepung Sagu Basah (S)	7
Ampas Sagu Lapisan Atas (AS1)	8
Ampas Sagu Lapisan tengah (AS2)	5
Ampas Sagu Lapisan Bawah (AS3)	7

Pembahasan

Total Bakteri lignolitik pada empulur sagu, tepung sagu basah dan ampas sagu

Lignin salah satu komponen kayu yang bernilai. Pemisahan lignin dapat dilakukan secara biologi dengan memanfaatkan bakteri lignolitik, jamur, dan actinomycetes. Bakteri lignolitik tersebut dapat memecah lignin menjadi senyawa yang lebih sederhana (Jagadeesh & Muthuraju, 2022). Bakteri lignolitik berpotensi besar untuk mengubah limbah pertanian dan industri menjadi

produk bermanfaat melalui proses dekomposting (Simol *et al.*, 2021). Pada penelitian ini, isolasi dilaksanakan pada medium minimalis M9 agar yang diberi penambahan lignin 1%. Lignin tersebut merupakan satu-satunya sumber karbon dalam media. Oleh karena itu, bakteri yang dapat tumbuh dengan baik pada medium tersebut merupakan bakteri lignolitik (Jagadeesh & Muthuraju, 2022).

Koloni bakteri lignolitik ditandai dengan titik berwarna putih atau krem dalam medium agar (Gambar 1). Koloni bakteri tersebut menunjukkan jumlah bakteri dalam sampel. Setiap sel bakteri dalam sampel diharapkan dapat memperbanyak diri selama masa inkubasi. Massa sel yang berasal dari 1 sel bakteri yang membelah berkali-kali pada akhirnya akan kasat mata dan disebut sebagai koloni bakteri. Pemisahan dan penyebaran sel-sel bakteri tersebut dilakukan dengan cara mengencerkan sampel secara berseri. Pengenceran ini juga bertujuan untuk mengurangi kepadatan sel (Kadri *et al.*, 2015). Berdasarkan hasil pengamatan, bakteri lignolitik membutuhkan waktu 72 jam untuk dapat terlihat koloninya dan dapat dikarakterisasi. Oleh karena itu, masa inkubasi dalam penelitian ini dilaksanakan selama 72 jam. Menurut Eliza *et al.* (2015), kemampuan bakteri dalam menggunakan sumber karbon berbeda-beda dan terlihat dari pertumbuhannya. Sumber karbon yang sesuai akan menyebabkan bakteri tumbuh optimal, sedangkan pada kondisi sebaliknya menjadi lambat.

Hasil perhitungan total bakteri lignolitik sebagaimana disajikan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa bakteri terbanyak adalah pada empulur sagu ($4,84 \times 10^6$ CFU/g). Hal tersebut disebabkan karena kandungan nutrisi dalam empulur sagu masih sangat banyak, yaitu 0,44% gula total, 0,16% gula reduksi, 25,01% pati, dan 96,32% vitamin C (Tenriawaru *et al.*, 2022). Kandungan nutrisi yang tersedia cukup melimpah akan menyebabkan bakteri tumbuh dengan pesat. Total bakteri dalam empulur sagu yang lebih banyak daripada sampel lainnya juga diimbangi dengan jumlah isolat berbeda dalam empulur sagu yang lebih tinggi daripada sampel lain, yaitu 9 isolat (Tabel 1). Tenriawaru *et al.* (2022) melaporkan bahwa bakteri yang dominan dalam empulur sagu berdasarkan uji metagenomik adalah *Dysgonomonas* dan *Tolumonas*. Bakteri *Dysgonomonas* dikenal sebagai bakteri pendegradasi lignoselulosa dan polisakarida, sedangkan bakteri *Tolumonas* dikenal sebagai bakteri pendegradasi lignin.

Produk utama dari hasil ekstraksi empulur sagu adalah pati sagu atau dikenal sebagai tepung sagu basah. Tepung sagu basah mengandung banyak nutrisi yang dibutuhkan oleh bakteri. Akan tetapi, total bakteri lignolitik menurun drastis pada tepung sagu basah ($7,17 \times 10^4$ CFU/g). Hal ini diduga karena sebagian besar bakteri lignolitik dalam empulur sagu tercuci bersama limbah cair sagu ataupun berasosiasi dengan serat empulur (ampas). Hal tersebut ditunjukkan dengan jumlah bakteri lignolitik dalam ampas sagu lapisan atas lebih banyak daripada di tepung sagu basah, yaitu sebanyak $1,39 \times 10^5$ (Gambar 2). Ampas sagu merupakan serat empulur yang mengandung lignin (Latuconsina, 2015; Serli *et al.*, 2022). Bakteri lignolitik dapat bebas ataupun berasosiasi dengan serat empulur, sehingga diduga beberapa bakteri dalam empulur sagu ikut bersama ampas sagu. Jumlah isolat yang berbeda dari ampas sagu lapisan atas dan tepung sagu (Tabel 1) juga menunjukkan bahwa kekayaan jenis bakteri dalam ampas sagu lebih banyak dari pada tepung sagu.

Hasil penelitian ini juga diamati perbedaan antara bakteri lignolitik pada variasi ampas sagu, yaitu ampas sagu lapisan atas, lapisan tengah dan lapisan bawah. Ampas sagu lapisan atas merupakan ampas sagu yang baru saja selesai diekstraksi. Sementara itu, ampas sagu lapisan tengah merupakan ampas sagu yang sudah tertumpuk cukup lama dan ampas sagu lapisan bawah merupakan ampas sagu berbatasan dengan lantai pabrik dan mulai hancur akibat proses degradasi. Hasil penelitian pada ampas sagu menunjukkan bahwa jumlah bakteri pada ampas sagu lapisan bawah merupakan ampas sagu dengan total bakteri lignolitik yang lebih banyak dibandingkan jenis ampas lainnya (Gambar 2). Hal ini disebabkan karena pada ampas sagu lapisan bawah sedang mengalami proses degradasi. Proses degradasi serat membutuhkan bantuan bakteri selulolitik dan lignolitik (Jagadeesh & Muthuraju, 2022). Sementara itu, total bakteri lignolitik dalam ampas sagu lapisan atas lebih banyak daripada ampas sagu lapisan tengah. Hal ini diduga disebabkan karena beberapa bakteri ampas sagu pada lapisan tengah sedang dalam masa adaptasi atau komponen lignin belum didegradasi pada tahap ini.

Jumlah isolat bakteri lignolitik pada empulur sagu, tepung sagu basah, dan ampas sagu

Jumlah isolat yang berbeda pada ampas sagu bervariasi untuk setiap lapisan. Jumlah bakteri

lignolitik terbanyak ditemukan pada ampas sago lapisan bawah dan terendah pada ampas sago lapisan tengah. Sedangkan apabila dibandingkan dengan empulur sago dan tepung sago basah, terbanyak pada empulur sago, yaitu 9 koloni (Tabel 1). Hal tersebut menunjukkan bahwa total bakteri lignolitik yang banyak tidak selalu berarti bahwa kekayaan jenisnya lebih banyak.

Hasil penelitian ini menunjukkan fluktuasi bakteri lignolitik dari empulur sago dan produk hasil ekstraksi empulur sago, yaitu tepung sago basah dan empulur sago. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sampel yang berasal dari satu tanaman yang sama yang diproses hingga menghasilkan tepung sago. Isolat yang diperoleh dari hasil ekstraksi ini akan diuji lebih jauh untuk mengetahui isolat yang memiliki potensi tertinggi dalam proses pemecahan lignin. Hammad *et al.* (2020) melaporkan bahwa degradasi lignin dan hemiselulosa secara biologi (menggunakan mikroba) dapat menurunkan kadar lignin dan hemiselulosa secara signifikan. Hasil tersebut lebih tinggi daripada proses degradasi dengan menggunakan teknik kimia dan fisika. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Rismanto *et al.* (2020) yang menemukan bahwa penggunaan EM4 pada jerami padi dapat menurunkan kandungan lignin jerami lebih baik daripada cara kimia.

Eksplorasi bakteri lignolitik memiliki posisi strategis untuk mewujudkan industri *sago zero waste*. Isolat yang memiliki potensi tertinggi dalam mendegradasi lignin dapat menjadi alternatif prosedur untuk mengekstraksi lignin dari empulur sago. Lignin yang diekstraksi dalam diamfaatkn lebih lanjut menjadi bahan bakar, senyawa aromatik, karbon aktif (Rahayu *et al.*, 2019), inhibitor korosi pada baja lunak (Nadiyah *et al.*, 2023; Sartika *et al.*, 2023), adsorben logam Cu (Deritawati *et al.*, 2017), serta perekat untuk mempercepat pengeringan dan pengerasan material (Susilowati *et al.*, 2013). Selain itu, proses pelepasan lignin dari komponen hemiselulosa dapat meningkatkan kualitas pakan ternak maupun kertas. Pemanfaatan bakteri *indigenous*, yaitu bakteri yang berasal dari sago untuk digunakan pada sago diharapkan dapat menjadi alternatif pemanfaatan limbah produksi sago yang murah dan efisien.

Kesimpulan

Bakteri lignolitik memiliki kelimpahan tertinggi dan jumlah koloni berbeda yang lebih

banyak dari tepung sago basah maupun ampas sago. Oleh karena itu, untuk memperoleh isolat bakteri yang lignolitik dapat dilakukan dari empulur sago. Pemanfaatan bakteri lignolitik yang berasal dari sago dapat menjadi alternatif pemanfaatan limbah ampas sago untuk menghasilkan berbagai produk bernilai.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi sebagai penyanggah dana kegiatan penelitian ini melalui Hibah Penelitian Dosen pemula (PDP) tahun 2024. Terima kasih juga disampaikan kepada Nur Faizah, S.Si., Febyana Angelica Rose, Saghita Wintira, Nilam Cahya Ningsi, Aprionin, S.Si., Rosmalah Yanti, S.Pd., M.Pd., dan Irwan, S.P. yang telah membantu pengumpulan data penelitian, serta Dekan Fakultas Sains dan Kepala Laboratorium Sains Universitas Cokroaminoto Palopo atas kerjasama dan kesediaan memberi izin pelaksanaan penelitian.

Referensi

- Arimurti, S. & Muzakhar, K. (2015). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Lignoselulolitik Toleran Kafein sebagai Agen Biodegradasi Limbah Kulit Buah Kopi. Unpublished abstrak dan eksekutif summary hibah fundamental, Fakultas MIPA Universitas Negeri Jember.
- Deritawati, D., Waliyadin, W., Rasyid, R. & Nurjannah, N. (2017). Pemanfaatan Lignin dari Limbah Kulit Buah Cokelat sebagai Adsorben Logam (Cu) dengan Penambahan CaCO₃. *Journal of Chemical Process Engineering*, 2 (2): 33-40. DOI: <https://doi.org/10.33536/jcpe.v2i2.164>.
- Direktorat Jenderal Perkebunan (2022). Statistik Perkebunan Jilid I 2022-2024. Kementerian Pertanian Republic Indonesia. pp: 805. https://drive.google.com/file/d/1ZG4frZzyjyGObGZp_jVuvH4a5A_xwfY1/view
- Direktorat Penyerasian Pemanfaatan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. (2022). Buku Saku Panduan Pengelolaan

- Sagu untuk Peningkatan kapasitas SDM. Kementerian Desa, GU, Pembangunan Desa Tertinggal dan Transmigrasi. pp: 26-28. <https://anyflip.com/acvek/uxrg/basic>.
- Elyza, F., Gofar, N. & Munawar (2015). Identifikasi dan Uji Potensi Bakteri Lipolitik dari Limbah SBE (*Pent Belaching Earth*) sebagai Agen Bioremediasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 13 (1): 12-18.
- Hammado, N., Utomo, S. & Budiyo (2018). Physicochemical Characteristic of Sago Hampas and Sago Wastewater in Luwu Regency. *E3S Web of Conference*, 73 (07007), pp: 1-3. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201873070077007>.
- Hammado, N., Utomo, S. & Budiyo. (2020). Characteristic Lignocellulose of Sago Solid Waste for Biogas Production. *Journal of Applied Engineering Science*, 18 (2), 627: 157-164. doi: 10.5937/jaes18-24711.
- Hanafy, N. D., Tafsin, M. & Purba, D. R. (2018). Isolasi dan Karakteristik Bakteri Lignoselulolitik Rumen Kerbau sebagai Pendegradasi Komponen Serat. *Talenta Conference Series*, 01, pp: 101-108. Doi: 10.32734/st.v1i1.287.
- Jagadeesh, U. & Muthuraju, R. (2022). Isolation and Screening of Potential Lignocellulolytic Microorganism from Different Ecosystems. *Mysore J. Agric. Sci.*, 56 (4): 201-208. Doi:
- Kadri, A. N., Gelgel, K. T. P., Suarjana, I. G. K. (2015). Perbedaan cara Penyebaran Suspensi terhadap Jumlah Bakteri pada Media Eosin Methylene Blue Agar. *Indonesia Medicus Veterinus*, 4 (3): 205-212.
- Mulyani, P. D., Albab, M. R. U. & Purwestri, Y. A. (2021). Characterization of Lignocellulolytic bacteria from Gut of Termite (Isoptera: Rhinotermitidae and Termitidae). *Jurnal Biologi Tropis*, 21 (2): 543-550. Doi: <https://dx.doi.org/10.29303/jbt.v21i2.2737>.
- Nadiyah, U., Emriadi & Stiadi, Y. (2023). Pemanfaatan Ekstrak Lignin dari Pelelepah Aren (*Arenga pinnata*) sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak dalam Medium Asam klorida. *Thesis*, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang.
- Prakoso, H. T., Widiastuti, H., Suharyanto & Siswanto (2014). Eksplorasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Lignolitik seta Aplikasinya untuk Pengomposan Tandan kosong Kelapa Sawit. *Menara Perkebunan*, 82 91): 15-24.
- Rahayu, F., Sudjindro, Budi, U. S. (2010). Seleksi dan Pengujian Bakteri Indigenous Air Rendaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) sebagai Bakteri Selulolitik, Pektinolitik, dan Lignolitik. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 2 (2): 81-87. <https://media.neliti.com/media/publications/53766-ID-seleksi-dan-pengujian-potensi-bakteri-in.pdf>.
- Rahayu, F., Murianingrum, M. & Nurindah, N. (2019). Pemanfaatan Lignin dari Biomassa Tanaman Serat untuk Sumber Bioenergi. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 11 (2): 73-85. DOI: 10.21082/btsm.v11n2.2019.73-85.
- Rismanto, Ngangi, J. & Moko, E. (2020). Analisis Komponen Serat Jerami Padi Menggunakan *Pretreatment* secara Biologis dan Kimiawi. *Jurnal Nukleus Biosains*, 1 (1): 26-30. <http://ejurnal.unima.ac.id/index.php/nukleus-biosains/article/view/525/266>.
- Sartika, U., Emriadi & Stiadi, Y. (2023). Pemanfaatan Ekstrak Lignin dari Pelelepah Nipah (*Nypa fruticans* Wurmb) sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak dalam Medium Asam klorida. *Thesis*, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang.
- Serli, Syadik, F. & Marhayani (2022). Kandungan protein dan Serat Ampas Sagu dengan Metode Biologi sebagai Alternatif Pakan Berkualitas ternak Ruminansia. *Jago Tolis: jurnal Agrokompleks Tolis*, 2 (3): 56-60. Doi: <https://dx.doi.org/10.56630/jago.v2i3.236>
- Simol, C. F., Chubo, J. K., King, P. J. H., Ong, K. H., Chew, C. & Nawi, K. (2021). Qualitative and Molecular Screening of Potential Lignolytic Microbes from Termite (*Coptotermes curvignathus*) Gut.

- Borneo Journal of Resource Science and Technology*, 11 (1): 335-42. Doi: <https://doi.org/10.33736/bjrst.2879.2021>.
- Sugiaro, S., Leow, Y., Tan, C. L., Wang, G. & Kai, D. (2022). How Far is Lignin from being a Biomedical Material? *Biactive Materials*, 8: 71-94. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.06.023>.
- Susilowati, Munandar, S. & Edahwati, L. (2013). Pemanfaatan Lignin dari Limbah kulit Buah Kakao menjadi Perikat. *Jurnal teknik Kimia*, 8 (1): 22-26. DOI: https://doi.org/10.33005/jurnal_tekkim.v8i1.710.
- Sutini, Widiastuty, Y. R. & Ramadhani, A. N. (2019). Review: Hidrolisis Lignoselulosa dari *Agricultural Waste* sebagai Optimasi Produksi *fermentable Sugar*. *Equilibrium*, 3 (2): 59-68. <https://jurnal.uns.ac.id/equilibrium/article/view/42788>.
- Syadik, F., Satria & oulandari (2022). Kandungan Protein dan Serat Kasar Ampas Sagu (*Metroxylon sago*) dengan Metode Kimia sebagai Alternatif Pakan Ruminansia. *Jurnal Sains dan Teknologi Peternakan*, 3 (2): 49-54. Doi:
- Tenriawaru, E. P., Suharjo, Ardyati, T. & Zubaidah, E. (2022). Bacterial Community Structure in Sago Pith and Sago Waste Water and Its Potential Uses as Organic Acids Producer. *Journal of Tropical Life Science*, 12 (2): 173-182. Doi: <http://dx.doi.org/10.11594/jtls.12.02.03>.
- Wardono, H. P., Agus, A., Astuti, A., Ngadiyono, N. & Suhartanto, B. (2021). Potential of Sago Hampas for Ruminants Feed. *E3S Web of Conferences*, 306, 05012. Doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130605012>.
- Yeheskiel, W., Hammado, N. & Hala, Y. (2023). Potensi Ampas Sagu Sebagai Media Tumbuh Ulat Sagu. *Filogeni, Jurnal Mahasiswa Biologi*, 3 (3): 154-159. DOI <https://doi.org/10.24252/filogeni.v3i3.39215>.