

PERBANDINGAN UJI ANTIMIKROBA MINYAK HASIL PENGOLAHAN LIMBAH MEDIS PADAT TANPA JARUM SUNTIK PASCA STERILISASI SECARA PIROLISIS TERHADAP *Bacillus subtilis* DAN *Staphylococcus aureus*

Novi Fitria¹, Raflina Mahmudah², Agie Adhitya Gunawan², Tiny Agustini Koesmawati², Isti Sofia Insani³, Amin Kanda⁴

1. Pusat Riset Teknologi Lingkungan dan Teknologi Bersih, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jalan Sangkuriang, Bandung, 40135, Indonesia
2. Program Studi S1 Kimia, Sekolah Tinggi Analis Bakti Asih, Jalan Padasuka, Bandung, 40192, Indonesia
3. Program Studi D3 Analis Kesehatan, Sekolah Tinggi Analis Bakti Asih, Jalan Padasuka, Bandung, 40192, Indonesia
4. Biofarma, Jalan Pasteur No. 28 Bandung, 40161, Indonesia

E-mail: novi.fitria@brin.go.id

Abstrak

Pengelolaan limbah medis yang belum ideal dari fasilitas pelayanan kesehatan dikarenakan jumlah dan kapasitas limbah medis yang dihasilkan tidak seimbang dengan pengelola limbah medis. Proses pengolahan limbah medis memiliki beragam proses, salah satunya yang banyak diaplikasikan adalah pirolisis. Pirolisis adalah sebuah dekomposisi kimia dan dekomposisi termal dari molekul pada kondisi tanpa oksigen. Pada proses pirolisis akan menghasilkan minyak kemudian dilakukan uji antimikroba pada *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus* dengan metode sumuran. Tujuan penelitian ini adalah menentukan dan membandingkan zona hambat *Bacillus subtilis* yang bersifat hidrokarbonoklastik dan *Staphylococcus aureus* yang bersifat non-hidrokarbonoklastik terhadap minyak hasil pirolisis limbah padat medis tanpa jarum suntik. Hasil menunjukkan zona hambat *Bacillus subtilis* 13 ± 0.4 mm (kategori kuat) dan zona hambat *Staphylococcus aureus* 23.7 ± 0.6 mm (kategori sangat kuat). Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis* mampu mendegradasi minyak hasil pirolisis limbah padat medis tanpa jarum suntik. Namun *Bacillus subtilis* dengan karakteristik bakteri hidrokarbonoklastik memberikan perbedaan signifikan dengan p -value $< 0,05$.

Abstract

The management of medical waste from healthcare facilities is still suboptimal due to the imbalance between the quantity and capacity of the waste generated and the capacity of waste handlers. Medical waste treatment involves various processes, one of which that is widely applied is pyrolysis. Pyrolysis is a chemical decomposition and thermal decomposition of molecules under oxygen-free conditions. The pyrolysis process produces oil, which is then tested for antimicrobial activity against *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus* using the well diffusion method. The objective of this study is to determine and compare the inhibition zones of *Bacillus subtilis* (which is hydrocarbonoclastic) and *Staphylococcus aureus* (which is non-hydrocarbonoclastic) against pyrolytic oil from solid medical waste without needles. The results show an inhibition zone for *Bacillus subtilis* of 13 ± 0.4 mm (strong category) and for *Staphylococcus aureus* of 23.7 ± 0.6 mm (very strong category). Based on these findings, it can be concluded that both *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis* are capable of degrading the pyrolytic oil from solid medical waste without needles. However, *Staphylococcus aureus*, characterized as a hydrocarbonoclastic bacterium, shows a significant difference with a p -value < 0.05 .

Keywords: medical waste pyrolysis, pyrolytic oil, antimicrobial activity, inhibition zone, *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus*

1. Pendahuluan

Rumah sakit menghasilkan limbah medis padat yang dapat membahayakan petugas yang menangani limbah tersebut dan pengunjung serta masyarakat sekitar rumah sakit (Adrian dan Sabri, 2023). Menurut Kementerian Kesehatan RI (2021), disebutkan bahwa jumlah rumah sakit di Indonesia sebanyak 1.090, dengan 121.996 tempat tidur. Hasil kajian terhadap 100 rumah sakit di Pulau Jawa dan Bali menunjukkan bahwa rata-rata

produksi limbah sebesar 3,2 kg per tempat tidur per hari. Analisis lebih jauh menunjukkan produksi limbah (limbah padat) berupa limbah domestik sebesar 76,8 kg dan berupa limbah infeksius sebesar 23,2 %. Diperkirakan secara nasional produksi limbah padat rumah sakit sebesar 376.089 ton per hari dan produksi air limbah sebesar 48.985,70 ton per hari. Jumlah limbah medis padat yang timbul betapa besar potensi rumah sakit untuk mencemari lingkungan dan kemungkinan menimbulkan kecelakaan serta

penularan penyakit (Kementerian Kesehatan RI, 2021), Pengelolaan limbah medis yang belum ideal dari fasilitas pelayanan kesehatan dikarenakan jumlah dan kapasitas limbah medis yang dihasilkan tidak seimbang dengan pengelola limbah medis. Oleh karena itu, perlu pengolahan limbah medis yang efektif dan tidak berbahaya dari perspektif perlindungan lingkungan serta pengendalian dan pencegahan penyakit sangat penting (Arisma, N, 2021).

Limbah medis adalah limbah yang berasal dari kegiatan pelayanan medis. Berbagai jenis limbah medis yang dihasilkan dari kegiatan pelayanan di pelayanan kesehatan dapat membahayakan dan menimbulkan gangguan kesehatan terutama pada saat pengumpulan, pemilahan, penampungan, penyimpanan, pengangkutan dan pemusnahan serta pembuangan akhir (Rahno dkk.,2015). Limbah medis ini terdiri dari limbah medis padat, cair, dan gas. Limbah medis padat adalah limbah padat yang meliputi limbah infeksius, limbah patogen, limbah benda tajam, limbah farmasi, limbah sitotoksik, limbah kimia, limbah radioaktif, limbah peralatan bertekanan, dan limbah logam berat (PermenLHK, 2021).

Dalam beberapa penelitian, terdapat beberapa karakteristik fisika dan kimia yang sering diuji dalam minyak hasil pirolisis, diantaranya warna, berat jenis, viskositas, titik nyala, serta nilai kalor. Selain parameter fisika dan kimia, tentunya diperlukan uji karakteristik parameter biologi dari minyak hasil pirolisis. Salah satu parameter biologi, yaitu salah satunya uji antimikroba Tes antimikroba menggunakan bakteri dalam minyak dan residu dengan katalis yang berbeda dengan pirolisis, yang berfungsi sebagai kontrol hasil pengolahan limbah medis dengan pirolisis, mereduksi residu karbon hasil pirolisis, dan menguji ketahanan antimikroba bakteri hidrokarbon.digunakan yaitu *Bacillus subtilis* (Fauziati dan Samepana, 2021). Bakteri hidrokarbon merupakan kelompok mikroba yang dapat memanfaatkan sumber karbon sebagai sumbernya.

Uji antimikroba menggunakan bakteri pada minyak dengan variasi katalisator hasil pirolisis berfungsi sebagai pengontrol hasil pengolahan limbah medis dengan cara pirolisis, pengurangan residu karbon dalam pirolisis, serta pengujian resistensi antimikroba bakteri hidrokarbonoklastik yang digunakan, yaitu *Bacillus subtilis*. Bakteri ini mampu menguraikan minyak dan karbon. (Fauziati & Samepana, 2021). Lasari (2010) menyatakan bahwa bakteri yang mampu mendegradasi senyawa yang terdapat di dalam hidrokarbon minyak bumi disebut bakteri 15 hidrokarbonoklastik. Bakteri ini mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon dengan memanfaatkan senyawa tersebut sebagai sumber

karbon dan energi yang diperlukan bagi pertumbuhannya. Bakteri yang tergolong ke dalam bakteri hidrokarbonoklastik diantaranya adalah *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Brevibacterium*, *Brevibacillus*, dan *Bacillus*. Bakteri-bakteri tersebut banyak tersebar di alam, termasuk dalam perairan atau sedimen yang tercemar oleh minyak bumi atau hidrokarbon. Sedangkan bakteri yang tidak mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon bakteri non hidrokarbonoklastik merupakan bakteri yang tidak memiliki kemampuan untuk menghancurkan senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam minyak bumi (Hasyimuddin, dkk, 2016). Penelitian terkait tentang pemanfaatan limbah plastik menjadi bahan bakar dengan menggunakan metode pirolisis sudah beberapa kali dilakukan salah satunya yaitu penelitian yang dilakukan oleh (Dzaky, A, 2023). Tujuan penelitian untuk Konversi limbah Plastik melalui proses pirolisis merubah wujud plastik menjadi fase liquid, gas dan padat (residu). Namun untuk penelitian uji antimikroba pada hasil pirolisis dari limbah medis masih sangat terbatas. Oleh karena itu, peneliti melakukan uji antimikroba minyak hasil pengolahan limbah medis padat tanpa jarum suntik pasca sterilisasi secara pirolisis terhadap *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus*.

2. Metode Penelitian

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak hasil pirolisis limbah medis tanpa jarum suntik yang disampling pasca sterilisasi di RS Dustira Cimahi.

Pada penelitian ini data yang digunakan merupakan data primer dan data sekunder. Sampel yang diperoleh dianalisa dan dilakukan perlakuan sehingga menghasilkan data, kemudian data tersebut dianalisis sehingga didapat kesimpulan. Data primer pada penelitian ini merupakan data zona bening yang diukur setelah sampel yang dikontakan oleh bakteri hidrokarbonoklastik *Bacillus subtilis*. Dengan jumlah pengulangan dilakukan sebanyak 4 kali. Kemudian data akan diuji signifikansinya menggunakan Uji T.

Persiapan, Alat dan bahan untuk uji antimikroba:

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, alat sterilisasi, autoklaf, batang drugalsky, bunsen, cawan petri, erlenmeyer, gelas kimia, gelas ukur, hotplate, inkubator, kaca preparat, kertas timbang, label, LAF (Laminar Air Flow), mikropipet, mikroskop, ose, penggaris, penjepit kayu, pinset, pipet, spatula, sumbat, sumuran (cork borer), tabung reaksi, timbangan analitik, tip mikropipet.

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah akuades, alkohol, bakteri *Bacillus subtilis* dan

bakteri *Staphylococcus aureus*, kristal violet, lugol, media agar NA, safranin, sampel minyak hasil pirolisis.

Tahapan : Sterilisasi alat dan bahan (Tia, 2023), pembuatan media natrium agar (Lestari dkk., 2010), Uji Penegasan dan pewarnaan gram (Sujaya, 2016), Pengujian Total Plate Count (TPC) (J.Cavallito, 2007). Data sebelum di uji T dilakukan perhitungan distribusi normal dan uji homogenitas. Perhitungan zona hambat Menurut Warbung dkk., (2014), rumus untuk menghitung zona hambat adalah sebagai berikut :

$$(d1+d2)/2-x$$

Keterangan :

d1 = diameter vertikal zona bening pada media

d2 = diameter horizontal zona bening pada media

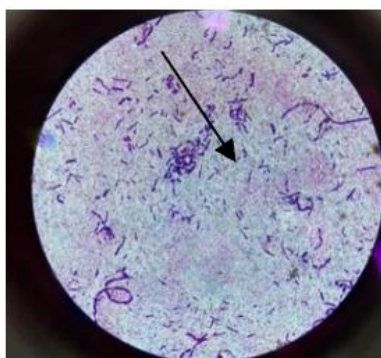
X = lubang sumuran (6 mm)

Kategori daya hambat dilakukan berdasarkan penelitian Surjowardo dkk., (2016) dan Susanto dkk., (2012) kategori Daya hambat:

Diameter	Kekuatan Daya Hambat
<5 mm	Lemah
6-10 mm	Sedang
11-20 mm	Kuat
>20 mm	Sangat kuat

3. Hasil dan Pembahasan

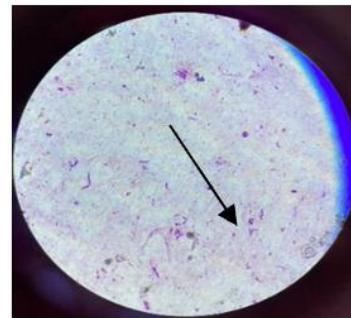
Pada hasil pemeriksaan bakteri *Bacillus subtilis* menunjukkan bahwa sel bakteri berwarna ungu (bakteri gram positif) dan morfologi berbentuk batang (basil). Menurut (Sendo dkk., 2022) *Bacillus subtilis* adalah bakteri aerobik Gram-positif yang tumbuh cepat dengan sel berbentuk batang biasanya berukuran panjang 2–6 µm dan diameter kurang dari 1 µm. Suhu pertumbuhan optimal adalah sekitar 30–35°C, memberikan waktu penggandaan paling sedikit 20 menit. Hasil pewarnaan bakteri dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pewarnaan Gram *Bacillus subtilis*

Sel bakteri berwarna ungu (bakteri gram positif) dan morfologi berbentuk coccus (bulat bergerombol). Hal ini sesuai dengan pendapat Brooks (2013) bahwa bakteri gram positif mengandung peptidolikan yang lebih banyak yang membuat warna pertama (kristal violet) tidak akan

luntur ketika dihilangkan. Hasil pewarnaan gram bakteri dapat dilihat pada Gambar 2.



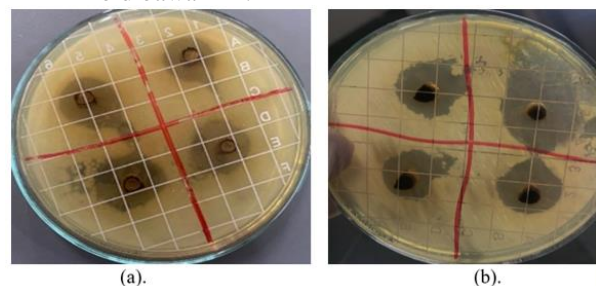
Gambar 2. Pewarnaan Gram *Staphylococcus aureus*

3.1 Hasil Total Plate Count (TPC)

Pada hasil uji TPC bakteri *Bacillus subtilis* menunjukkan bahwa koloni yang tumbuh dan dapat dihitung pada pengenceran 10⁻⁵ karena koloni yang tumbuh sekitar 70 koloni per cawan. Pada hasil uji TPC bakteri *Staphylococcus aureus* menunjukkan bahwa koloni yang tumbuh dan dapat dihitung pada pengenceran 10⁻⁴ dan 10⁻⁵ karena koloni yang tumbuh sekitar masing-masing 115 dan 70 koloni per cawan.

3.2 Uji Antimikroba Minyak Pirolisis terhadap *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus*.

Pada hasil uji antimikroba sampel minyak kontrol hasil pirolisis limbah medis tanpa jarum suntik terhadap bakteri *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus*. Hasil perolehan zona hambat dapat dilihat pada gambar 3 a dan b dibawah ini.



Gambar 3. Uji Antimikroba terhadap a) *Bacillus subtilis* dan b) *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa terbentuknya zona hambat disekitar koloni bakteri yang menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan bakteri uji yang berarti bakteri uji dapat mendegradasi. Pada bakteri *Bacillus subtilis* (bakteri uji) dan bakteri *Staphylococcus aureus* (bakteri kontrol). Zona hambat yang dihasilkan memiliki diameter berbeda-beda dan tidak beraturan. vertikal yang terbentuk diantara sumuran. Kedua diameter tersebut dimasukkan kedalam rumus untuk mencari nilai rata-rata

zona hambat. Semakin kecil zona hambat yang terbentuk menunjukkan semakin efektif bakteri mengdegradasi minyak. Hasil perolehan zona hambat dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Hasil Perhitungan Zona Hambat (mm) terhadap *Bacillus subtilis*

R	D1	D2	D1+D2	(D1+D2)/2-
1	20	18	19	13
2	20	19	19,5	13,5
3	18	19	18,5	12,5
4	19	19	19	13
Rata-rata±SD				13±0,4

Tabel 2 Hasil Perhitungan Zona Hambat (mm) terhadap *Staphylococcus aureus*

R	D1	D2	D1+D2	(D1+D2)/2-
1	35	37	36	30
2	27	30	28,5	22,5
3	32	25	28,5	22,5
4	26	26,1	26,05	20,05
Rata-rata±SD				23,8±4

Hasil yang didapat menunjukkan perolehan zona hambat. Pada bakteri *Bacillus subtilis* didapatkan rata-rata diameter zona hambat sebesar 13±0,4 mm dan pada bakteri *Staphylococcus aureus* rata-rata diameter zona hambat sebesar 23,8±4 mm. Maka kategori zona hambat yang didapat pada *Bacillus subtilis* yaitu kuat dan *staphyococcus aureus* sangat kuat. Hasil uji T menunjukkan p-value 0,000 < 0,05 terdapat perbedaan signifikan.

Hasil penelitian yang menunjukkan zona hambat lebih kecil pada *Bacillus subtilis* hidrokarbonoklastik dibandingkan *Staphylococcus aureus* non-hidrokarbonoklastik merupakan temuan yang sangat signifikan dan memberikan wawasan baru mengenai interaksi kompleks antara bakteri dengan kemampuan metabolik berbeda dan senyawa hidrokarbon kompleks. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme kunci yang saling berkaitan. Pertama, kemampuan *Bacillus* sebagai bakteri hidrokarbonoklastik memungkinkannya untuk mendetoksifikasi atau bahkan memanfaatkan komponen tertentu dari minyak pirolisis plastik. Sistem enzimatis seperti alkane hydroxylase (AlkB) dan cytochrome P450 yang dimilikinya dapat mengubah senyawa hidrokarbon menjadi metabolit yang kurang toksik atau bahkan memasukkan hasil degradasi ke dalam jalur metabolisme sentral untuk produksi energi. Adaptasi ini mengurangi akumulasi senyawa toksik intraseluler sehingga efek penghambatan pertumbuhan menjadi lebih rendah.

Kedua, *Staphylococcus* sebagai bakteri non-hidrokarbonoklastik menghadapi minyak pirolisis sebagai senyawa xenobiotik asing

tanpa memiliki jalur metabolisme khusus untuk mendetoksifikasinya. Ketiadaan sistem enzimatis spesifik menyebabkan senyawa hidrofobik dari minyak pirolisis terakumulasi dalam membran sel, mengganggu integritas dan fungsi membran secara lebih parah. Gangguan ini dapat menyebabkan kebocoran ion esensial, kehilangan gradien elektrokimia, dan akhirnya kematian sel. Tanpa mekanisme detoksifikasi yang efisien, *Staphylococcus* lebih rentan terhadap efek toksik langsung dari komponen minyak, yang tercermin dari zona hambat yang lebih besar. Selain itu, struktur membran *Staphylococcus* yang kaya asam lipoteikoat mungkin memiliki afinitas lebih tinggi terhadap komponen hidrofobik minyak pirolisis, memperparah kerusakan membran. Perbedaan karakteristik dinding sel juga berperan penting. Meskipun sama-sama Gram-positif, *Bacillus* memiliki struktur S-layer yang sangat teratur di atas lapisan peptidoglikan. S-layer ini dapat berfungsi sebagai barier fisika tambahan yang memperlambat difusi komponen aktif minyak pirolisis menuju membran sitoplasma. Sebaliknya, *Staphylococcus* tidak memiliki S-layer, sehingga komponen toksik dapat mencapai membran target dengan lebih cepat dan efisien. Lebih lanjut, kemampuan *Bacillus* untuk membentuk endospora dalam kondisi stres dapat menjadi faktor dalam percobaan ini. Sel vegetatif yang terpapar mungkin menginisiasi proses sporulasi, dan endospora yang terbentuk sangat resisten terhadap stres kimia. Dalam uji difusi seperti metode sumuran, pengamatan zona hambat hanya menilai penghambatan sel vegetatif, tetapi tidak membedakan apakah sel mati atau berubah menjadi endospora yang dormant. Hal ini bisa menyebabkan underestimasi efek toksik sebenarnya terhadap populasi *Bacillus*. Temuan ini memiliki implikasi penting dalam bidang ekologi mikroba dan bioremediasi. Keberhasilan relatif *Bacillus* dalam bertahan menghadapi senyawa kompleks minyak pirolisis mendukung peran ekologisnya sebagai pioneer degrader di lingkungan yang terkontaminasi limbah hidrokarbon. Kemampuannya untuk mentoleransi dan memetabolisme senyawa-senyawa ini memberikan keunggulan kompetitif di niche tersebut. Sebaliknya, sensitivitas *Staphylococcus* mengkonfirmasi statusnya sebagai bakteri yang kurang teradaptasi dengan lingkungan terkontaminasi bahan kimia industri kompleks (Wan dkk, 2022).

Kesimpulannya, zona hambat yang lebih kecil pada *Bacillus* dibanding *Staphylococcus* merefleksikan interaksi dinamis antara kapabilitas metabolik bawaan dan ketahanan

seluler. *Bacillus* yang teradaptasi mampu mengurangi toksisitas melalui biotransformasi dan mungkin mekanisme sporulasi, sementara *Staphylococcus* menderita efek toksik langsung akibat ketiadaan mekanisme detoksifikasi spesifik. Penelitian ini menyoroti bahwa potensi antimikroba dari suatu senyawa kompleks seperti minyak pirolisis sangat bergantung pada profil fisiologis dan genetik bakteri target, dan tidak dapat diprediksi hanya berdasarkan kategori Gram atau morfologi selnya saja. Temuan ini membuka jalan untuk penelitian lanjutan mengenai mekanisme molekuler toleransi spesifik pada bakteri hidrokarbonoklastik dan potensi pemanfaatan senyawa kompleks lain untuk aplikasi pengendalian mikroba yang selektif (Warbung dkk, 2014).

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan zona hambat *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus* memberikan perbedaan yang signifikan, hal ini membuktikan jenis bakteri hidrokarbonoklastik *Bacillus subtilis* lebih efektif mendegradasi minyak hasil pirolisis.

5. Daftar Acuan

- Adrian, F., & Sabri, F. (2023). Pertanggungjawaban Pidana Rumah Sakit Terhadap Pengelolaan Limbah Medis B3 Penanganan Pandemi Covid-19 Di Indonesia. *Delicti : Jurnal Hukum Pidana Dan Kriminologi*, 1(1), 27–41. <https://doi.org/10.25077/delicti.v.1.i.1.p.27-41.2023>.
- Kementerian Kesehatan RI. (2021). Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2020. Jakarta.
- Arisma, N. (2021). GAMBARAN PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS PADAT DI RUMAH SAKIT Hi MUHAMMAD YUSUF KALIBALANGAN KOTABUMI TAHUN 2019. *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 15(2), 85. <https://doi.org/10.26630/rj.v15i2.2808>
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 Tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun. Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia, April, 5–24
- Fauziati, F., & Sampepana, E. (2021). Kajian Karakteristik Kimia Asap Cair Cangkang Sawit, Tandan Kosong Sawit sebagai Bahan Antibakteri dan Aplikasinya. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 15(2), 338. <https://doi.org/10.26578/jrti.v15i2.7294>
- Lasari, D.P. 2010. Bakteri Pengolah Limbah Minyak Bumi yang Ramah Lingkungan. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. www.esdm.go.id. 09 Juni 2020
- Sendo, M. L., Mantiri, F. R., & Rumondor, M. J. (2022). Isolation and Characterization of Potential Bacteria Degrading Used Machine Oil from Several Workshop Locations in Manado City. *Pharmacon*, 11(1), 1222–1230
- Brooks GF, Carroll KC, Butel JS, Morse SA. dan Mietzner, T.A. *Mikrobiologi Kedokteran Jawetz, Melnick, & Adelberg*. Ed.25. Jakarta: Buku Kedokteran EGC: 2013
- Hasyimuddin, Djide, M.N. & Samawi, M.F. 2016. Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar dari Perairan Teluk Pare-Pare. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 4(1):41-46. DOI: 10.24252/bio. V 4i1.1119
- Dzaky Amany, M. (2023). Pengolahan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Proses Pirolisis. *Prosiding SANITEK*, 2(1), 501
- Tia Fitria. (2023). Pemanfaatan Limbah Medis Padat Pasca Sterilisasi Sebagai Bahan Bakar Minyak Alternatif dengan Metode Pirolisis Menggunakan Variasi Katalisator. *Skripsi*, 1–125
- Sujaya, I. N. (2014). *Petunjuk Praktikum Biologi Dasar*. UNUD Press, 5(2), 40–51
- J.Cavallito (2007) *Antimicrobial Susceptibility Testing: Methods and Practices*.
- Wan Mahari, W. A., Kee, S. H., Foong, S. Y., Amelia, T. S. M., Bhubalan, K., Man, M., Yang, Y. F., Ong, H. C., Vithanage, M., Lam, S. S., & Sonne, C. (2022). Generating alternative fuel and bioplastics from medical plastic waste and waste frying oil using microwave co-pyrolysis combined with microbial fermentation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 153(October 2021), 111790. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111790>
- Warbung, Y. Y., Vonny, N. S. W., & Jimmy. (2014). Daya Hambat Ekstrak Spons Laut. *J Ternak Tropika*, 2(1), 1–15