

**ISOLASI BAKTERI PENDEGRADASI SENYAWA
HIDROKARBON DI TANAH TERCEMAR
DI BALAI YASA PT. KAI YOGYAKARTA**

**The Isolation Of Hydrocarbon Degrading Bacteria On Contaminated
Land In Balai Yasa PT. Kai Yogyakarta**

Afiat Dzulfiqar Kristinanda

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia

Jalan Kaliurang Km. 14,5 D.I. Yogyakarta – 55584

e-mail : 14513095@students.uii.ac.id

ABSTRAK

Solar merupakan salah satu bahan bakar yang sering digunakan oleh PT. KAI sebagai bahan bakar untuk mesin lokomotif. Penelitian ini meneliti kemungkinan bioremediasi tanah tercemar solar menggunakan bakteri asli yang ada di lokasi, menguji kemampuan bakteri dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon.. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan sampling tanah secara purposive sampling. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri yang terdapat pada tanah sample di Balai Yasa PT. KAI Yogyakarta dapat mendegradasi senyawa hidrokarbon tertentu yaitu minyak goreng, benzene, dan solar, hal itu dibuktikan dengan munculnya halozone pada koloni bakteri. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri yang ada pada tanah sampel secara alamiah memiliki kemampuan dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon.

Kata Kunci : Solar, tanah tercemar, bakteri, halozone

ABSTRACT

Diesel fuel is one of the fuels often used by PT. KAI as fuel for locomotive engines. This research examines the possibility of solar polluted bioremediation using native bacteria in the site, testing the ability of bacteria to degrade hydrocarbons. This research was conducted by purposive sampling. The results showed that the bacteria found in the sample soil at Balai Yasa, PT. KAI Yogyakarta can degrade certain hydrocarbon compounds namely cooking oil, benzene and diesel fuel, this is evidenced by the emergence of halozone in bacterial colonies. This shows that bacteria that are present in soil samples naturally have the ability to degrade hydrocarbons.

Keywords : Diesel fuel, polluted land, bacteria, halozone

1. Pendahuluan

PT. KAI adalah satu-satunya perusahaan yang menyediakan dan mengatur transportasi kereta api di Indonesia. Hampir seluruh kereta api produksi atau yang digunakan oleh PT. KAI merupakan kereta api bermesin diesel. Sebagaimana diketahui kereta api diesel menggunakan minyak solar sebagai bahan bakar utama untuk hampir seluruh kereta lokomotifnya. Minyak solar adalah salah satu produk destilasi minyak bumi yang khusus digunakan untuk bahan bakar mesin *compression ignition* (udara yang dikompresi menimbulkan tekanan dan panas yang tinggi sehingga membakar solar yang disemprotkan *Injector*) dan di Indonesia minyak solar ditetapkan dalam peraturan Dirjend Migas No. 002/P/DM/MIGAS/2007.

Penggunaan solar sebagai bahan bakar berpotensi menimbulkan beberapa pencemaran baik pencemaran udara akibat hasil pembakaran maupun pencemaran tanah yang biasanya terjadi akibat tetesan solar yang jatuh ke tanah. Produk minyak bumi berpotensi menjadi sumber pencemaran tanah dan air karena penggunaannya. Pencemaran dapat terjadi akibat kebocoran pipa penyalur minyak bumi dan/atau tetesan minyak bumi dari kendaraan, salah satunya dari kereta api diesel. Pencemaran tanah oleh senyawa

hidrokarbon dapat mengakibatkan kerusakan pada ekosistem lokal karena terjadi akumulasi senyawa tersebut di dalam tubuh hewan atau tumbuhan di sekitar lokasi tercemar. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu usaha untuk mengatasi permasalahan pencemaran tanah oleh minyak bumi, salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan metode bioremediasi.

Bioremediasi merupakan metode pendegradasian suatu kontaminan pada medium tertentu dengan menggunakan kemampuan mikroorganisme atau makroorganisme untuk diubah menjadi bentuk senyawa lain yang tidak beracun dan berbahaya. Di alam bebas mikroorganisme hidup secara berkoloni atau berkumpul di dalam suatu medium misalnya, di dalam tanah, air, udara, kotoran hewan, sampah, tumbuhan, hewan, dan manusia.

Contoh bakteri yang dapat mendegradasi senyawa hidrokarbon antara lain *Pseudomonas*, *Camamonas*, *Acinetobacter*, *Sphingomoas* (Chung & King, 2001), *Bacillus* sp., *Rhodococcus* sp., *Providencia* sp., *Citrobacter* sp., dan *Micrococcus* sp. Mikroorganisme mempunyai peranan penting dalam proses alami yang diperlukan untuk proses bertahan hidupnya binatang, tumbuhan, serta mikroorganisme itu sendiri. Untuk

bertahan hidup, mikroorganisme akan melakukan interaksi atau kontak dengan lingkungannya..

2. Metode

2.1. Lokasi Sampel

Sampel yang digunakan berasal dari tanah tercemar oli dan solar yang berlokasi di Balai Yasa PT. KAI Yogyakarta tepatnya di lokasi penampungan limbah sisa pencucian lokomotif.

2.2. Lokasi Pengujian

Sedangkan, penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

2.3 Pembuatan Media

2.3.1 Media CFMM (*Carbon Free Minimum Media*)

Media CFMM (*Carbon Free Minimum Media*) digunakan sebagai media tumbuh bakteri. Langkah pembuatan media CFMM adalah sebagai berikut, larutkan secara berurutan 3,0 g NH_4NO_3 ; 2,2 g Na_2HPO_4 ; 0,8 g KH_2PO_4 ; 0,01 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,005 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; 0,005 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dengan aquades 1.000 ml. Sesuaikan pH larutan menjadi pH 7,5 dengan menambah NaOH 0,1 N, lalu tambahkan 15 g agar. Sterilisasi medium pada suhu 121°C , tekanan 0,1 MPa selama 20 menit. Dinginkan medium lalu tambahkan substrat PAH (fenantrena,

antrakena, fluorena, atau dibenzotiofena) dengan konsentrasi akhir 100 mg/L.

2.3.2 Media *Phenol Red Broth*

Media *Phenol Red Broth* digunakan sebagai media tumbuh bakteri yang akan diuji kemampuannya dalam memfermentasi karbohidrat. Langkah pembuatan media adalah sebagai berikut, larutkan secara berurutan 10 g *Proteose Peptone*; 1 g *Beef Extract*; 5 g *Sodium Chloride*; 0,0018 g *Phenol Red* dengan aquades sebanyak 1000 ml dan pH akhir adalah 7,4.

Bakteri yang akan diuji diinokulasikan kedalam media dan diinkubasi selama 24 jam dalam suhu ruang. Setelah inkubasi selama 24 jam maka akan timbul reaksi, jika reaksi positif maka ditandai dengan perubahan warna media dari merah menjadi warna kuning. Sedangkan jika reaksi negatif yang muncul akan ditandai dengan tidak adanya perubahan warna pada media

2.3.3 Media Glukosa Fosfat Broth

Media Glukosa Fosfat *Broth* digunakan sebagai media tumbuh bakteri yang akan diuji kemampuannya dalam memfermentasi metilen glikol. Langkah pembuatan media adalah sebagai berikut, larutkan secara berurutan 10 g *Peptone*; 5 g K_2HPO_4 ; 5 g Glukosa dengan aquades sebanyak 1000 ml.

Bakteri yang akan diuji diinokulasikan kedalam media dan diinkubasi selama 24 jam dalam suhu ruang. Setelah inkubasi selama 24 jam media kemudian ditetesi dengan *Methyl Red* sebanyak 4-5 tetes. Reaksi yang akan timbul adalah jika reaksi positif maka ditandai dengan perubahan warna pada permukaan media dari kuning menjadi warna merah. Sedangkan jika reaksi negatif yang muncul akan ditandai dengan tidak adanya perubahan warna pada media

2.4. Isolasi Bakteri

Tanah yang telah diambil kemudian diencerkan dengan aquades dengan rasio 1 gr tanah diencerkan dengan 10 ml aquades. Pengenceran dilakukan selama lima kali untuk menghasilkan koloni bakteri yang tidak terlalu banyak. Kemudian, Mikroba pendegradasi polutan diisolasi kedalam media pengkayaan berupa medium garam minimal yang disuplementasi dengan sumber C jenis poli hidrokarbon aromatik (PAH) atau senyawa xenobiotik tertentu sebagai substrat selektif.

2.5. Karakteristik Bakteri

2.5.1 Karakteristik Morfologi Bakteri

1. Ukuran Koloni

Ukuran koloni bakteri diklasifikasikan dalam 4 ukuran yaitu bentuk titik, kecil, moderat atau sedang dan besar.

2. Warna Koloni

Koloni bakteri memiliki warna tersendiri yang berbeda dengan beberapa koloni bakteri lainnya seperti warna putih, kuning, merah, ungu dan lain sebagainya.

3. Bentuk Koloni

Koloni bakteri memiliki ciri khas yaitu Bentuk Koloninya. Klasifikasi bentuk koloni antara lain Sirkulet (bulat, bertepi), Ireguler (tidak beraturan, bertepi), dan Rhizoid (bentuk seperti akar, pertumbuhan menyebar).

4. Tepi (*Margin*)

Tepi Koloni Bakteri diklasifikasikan menjadi beberapa kategori yaitu *Entire* (tepi rata), *Lobate* (tepi berlekuk), *Undulate* (tepi bergelombang), *Serrate* (tepi bergerigi), dan *Filamentous* (tepi seperti benang).

5. Elevasi

Elevasi koloni bakteri dikategorikan menjadi *Flat* (ketinggian sukar terukur, nyaris rata dengan medium), *Raised* (ketinggian nyata terlihat, namun rata pada seluruh permukaan), *Convex* (bentuk cembung seperti tetesan air), dan *Umbonate* (bentuk cembung dibagian tengah lebih menonjol).

2.4.2 Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram pada bakteri dapat membedakan bakteri menjadi dua kelompok yaitu bakteri gram negatif dan bakteri gram positif. Bakteri *Pseudomonas* dan *Acinetobacter*

merupakan dua bakteri yang memiliki gram negatif.

2.6. Karakteristik Biokimia

2.6.1. Uji Katalase

Gelas objek yang telah dibersihkan ditetesi beberapa tetes larutan H₂O₂ 3%. Satu ose biakan bakteri yang berumur 24 jam diletakkan di dalam tetesan tersebut. Reaksi dinyatakan positif jika timbul gelembung-gelembung udara.

2.6.2. Uji Methyl Red

Secara aseptis diinokulasikan biakan kuman dari media Mac Conkey ke media Methyl red, diinkubasikan 37°C selama 24 jam, kemudian ditambah 3 – 4 tetes reagen Methyl Red. Hasil positif berwarna merah. *Pseudomonas aeruginosa* pada Uji Methyl Red hasil positif, sedangkan *Acinetobacter* memiliki hasil negatif.

2.6.3. Uji Fermentasi Glukosa

Secara aseptis diinokulasikan biakan kuman dari media ke media Tryptophan broth, inkubasikan 37°C kemudian ditambah 3–4 tetes reagen Kovacs' melalui dinding tabung reaksi. Hasil positif ditandai terbentuknya cincin merah. *Pseudomonas aeruginosa* dan *Acinetobacter* pada uji indol negative.

2.6. Uji Kemampuan Isolat Bakteri dalam Mendegradasi Hidrokarbon

Uji terhadap isolat yang memiliki aktivitas pendegradasian senyawa carbon

dilakukan dengan mengukur diameter *halozone* yang berwarna keunguan atau kuning. Terbentuknya *halozone* yang berdiameter besar menunjukkan koloni tersebut memiliki aktivitas atau kemampuan mendegradasi senyawa carbon. Isolat yang mampu menghasilkan *halozone* yang cukup besar ditumbuhkan kembali pada medium padat pada cawan petri. Efektifitas pendegradasian dapat diukur dengan membandingkan diameter koloni dengan diameter halozone yang terbentuk.

Derajat kemampuan bakteri dalam mendegradasi hidrokarbon dapat diukur menggunakan *Solubilization Index* (SI), dengan persamaan

$$SI = \frac{\text{Diameter Halozone} + \text{Diameter Koloni}}{\text{Diameter Koloni}}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Isolasi Bakteri dari Tanah Tercemar Hidrokarbon

Sebanyak 6 isolat bakteri berhasil diisolasi dari tanah tercemar hidrokarbon di Balai Yasa PT. KAI. Isolat bakteri yang diperoleh merupakan isolat bakteri yang dapat tumbuh pada media selektif CFMM (*Carbon Free Minimum Media*). Isolat yang tumbuh pada media diperkirakan merupakan bakteri yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa hidrokarbon. Kemungkinan tersebut terjadi karena media CFMM merupakan media

selektif yang kemudian ditambahkan senyawa hidrokarbon sebagai sumber nutrisi bakteri.

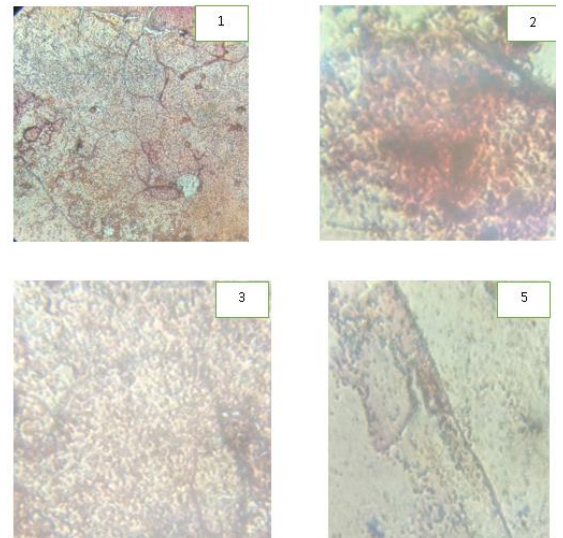
Tabel 3.1. Isolat Bakteri yang didapat dari tanah tercemar di Balai Yasa Setelah Diisolasi kedalam media CFMM selama 24 jam dalam suhu ruang

Isolat	Pengenceran Tanah Sampel	Warna Koloni
Isolat 1	10 ⁻⁵	Krem
Isolat 2	10 ⁻⁵	Krem
Isolat 3	10 ⁻⁵	Krem
Isolat 4	10 ⁻⁵	Krem
Isolat 5	10 ⁻⁵	Krem
Isolat 6	10 ⁻⁵	Krem

Koloni yang tumbuh pada media CFMM memiliki warna putih pucat, berbentuk lingkaran, dan tepi berbentuk *entire*. Kemudian koloni-koloni tersebut diinokulasi ke medium CFMM lain secara terpisah antara koloni satu dengan koloni lainnya. Media CFMM sebelumnya telah ditambahkan sumber karbon berupa senyawa *Benzene*. Isolat yang didapat diberi kode 1—6.

3.2. Pewarnaan Gram

Pada pengujian pewarnaan gram pada isolat 1, hasil yang ditunjukkan adalah isolat 1 merupakan bakteri gram negatif karena menghasilkan warna merah. Pengujian yang sama dilakukan pada isolat 2, isolat 3, isolat 5, dan isolat 6 hasilnya adalah isolat-isolat tersebut memiliki sifat bakteri negatif.



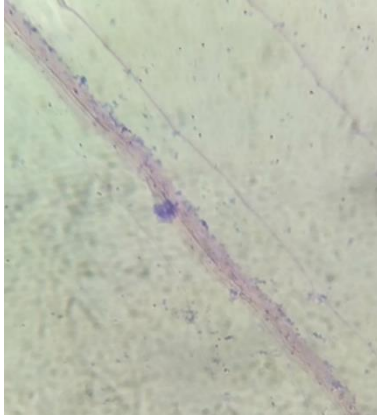
Gambar 3.1. Isolat 1, 2, 3, dan 5 setelah dilakukan pewarnaan gram (perbesaran 400x)

Namun isolat 6 memiliki tepi koloni yang berbeda dari seluruh isolat. Tepi koloni dari isolat 6 dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 3.2 Isolat 6 setelah dilakukan pewarnaan gram (perbesaran 400x)

Dari seluruh isolat yang telah di uji pewarnaan gram, hanya isolat 4 yang menunjukkan warna biru atau ungu yang berarti bahwa isolat 4 adalah bakteri dengan sifat bakteri gram positif.



Gambar 3.3. Isolat 4 setelah dilakukan pewarnaan gram (perbesaran 400x)

3.3. Uji Reaksi Biokimia Bakteri

Pada pengujian reaksi biokimia bakteri hasil yang muncul diidentifikasi menggunakan Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Volume 1 (Krieg, 1984). Untuk pengujian biokimia digunakan tiga acuan tes biokimia yaitu Uji Katalase, Uji Methyl Red, dan Uji Fermentasi Glukosa..

3.3.1. Uji Katalase

Tujuan dilakukannya uji katalase adalah untuk membedakan antara bakteri *Pseudomonas* dan *Acinetobacter*, karena kelompok bakteri *Pseudomonas* dan *Acinetobacter* bersifat katalase positif. Isolat bakteri yang berumur 24 jam kemudian ditetesi dengan senyawa Hidrogen Peroksida, hasil positif reaksi ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung udara. Katalase merupakan enzim yang mengkatalisa penguraian hidrogen peroksida menjadi H_2O dan O_2 . Hidrogen peroksida bersifat toksik

terhadap sel karena bahan ini menginaktifkan enzim dalam sel. Hidrogen peroksida terbentuk sewaktu metabolisme aerob, sehingga mikroorganisme yang tumbuh dalam lingkungan aerob pasti menguraikan bahan tersebut. Isolat 1—6 semuanya menghasilkan reaksi positif saat pengujian katalase dilakukan .

3.3.2. Uji Fermentasi Karbohidrat

Uji Fermentasi Karbohidrat digunakan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam memfermentasikan berbagai macam bentuk karbohidrat. Media yang digunakan dalam uji fermentasi karbohidrat adalah media Phenol Red Broth. Isolat yang ada diinokulasikan kedalam media dan diinkubasi selama 24 jam dalam suhu ruang. Isolat yang memiliki kemampuan memfermentasi karbohidrat akan ditandai dengan perubahan warna media dari merah menjadi kuning serta dengan munculnya udara didalam tabung durham.

Setelah diinkubasi selama 24 jam dalam suhu ruang, isolat 1—6 tidak menunjukkan reaksi positif yaitu tidak terjadi perubahan warna media dan tidak muncul udara didalam tabung durham

3.3.3. Uji Methyl Red

Uji *Methyl Red* dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam melakukan fermentasi metilen glikol.

Media yang digunakan dalam uji *methyl red* adalah media Glukosa Pospat. Isolat yang akan diuji, diinokulasikan kedalam media dan diinkubasi selama 24—48 jam dalam suhu ruang. Setelah diinkubasi selama 48 jam, media glukosa pospat kemudian ditetaskan dengan 4-5 tetes indikator *methyl red*. Reaksi positif ditandai dengan terjadinya perubahan warna menjadi warna merah pada permukaan media.

Setelah melakukan beberapa rangkaian pengamatan identifikasi bakteri, hasil yang didapat menunjukkan bahwa isolat 1, 2, 3, 5, dan 6 berkemungkinan termasuk ke dalam genus *Pseudomonas* sesuai dengan data identifikasi yang terdapat didalam *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Volume 1*.

Tabel 3.2. Hasil pengujian reaksi biokimia bakteri dengan metode uji katalase, uji methyl red, dan uji fermentasi karbohidrat terhadap 6 isolat yang diisolasi dari tanah tercemar Balai Yasa

Isolat	Uji Katalase	Uji <i>Methyl Red</i>	Uji Fermentasi Karbohidrat
1	+	+	-
2	+	+	-
3	+	+	-

4	+	+	-
5	+	+	-
6	+	+	-

3.4. Uji Kemampuan Bakteri Dalam Mendegradasi Senyawa Hidrokarbon

3.4.1. Pengamatan Pertumbuhan Koloni dan Halozone

Uji terhadap isolat yang memiliki aktivitas pendegradasian senyawa carbon dilakukan dengan mengukur diameter *halozone*. Terbentuknya *halozone* yang berdiameter besar menunjukkan koloni tersebut memiliki aktivitas atau kemampuan mendegradasi senyawa karbon. Isolat yang mampu menghasilkan *halozone* yang cukup besar ditumbuhkan kembali pada medium padat pada cawan petri. Efektifitas pendegradasian dapat diukur dengan membandingkan diameter koloni dengan diameter halozone yang terbentuk. Dalam melakukan pengujian kemampuan bakteri digunakan tiga macam jenis senyawa hidrokarbon yaitu minyak goreng, benzene, dan minyak solar.

Media tumbuh isolat menggunakan Media CFMM yang telah ditambahkan tiga macam senyawa hidrokarbon sebanyak 1ml per media/cawan petri. Kemudian isolat yang akan diuji kemampuannya

diinokulasikan kedalam media. setelah itu, inkubasi isolat selama 24-48 jam dalam suhu ruang. Pengamatan dilakukan setiap dua hari sekali dan pengamatan terakhir pada hari ke-delapan. Pada hari ke-dua, beberapa isolat terlihat berhasil tumbuh pada setiap media yang telah ditambahkan senyawa hirdokarbon. Beberapa isolat sudah ada yang menghasilkan *halozone* namun masih tidak terlihat jelas, sedangkan beberapa isolat berhasil hidup namun belum memperlihatkan adanya *halozone*.

Pada media dengan sumber karbon berupa minyak goreng, terjadi persebaran pertumbuhan pada permukaan media. Hal ini terjadi karena minyak goreng yang sukar tercampur dengan media menggenang dipermukaan yang akhirnya menyebarkan isolate bakteri yang telah diinokulasi kan di tengah media menyebar ke sekeliling media.



Gambar 3.4 Pertumbuhan Halozone yang mulai dapat terlihat jelas pada media CFMM dengan sumber karbon minyak tanah pada 8 hari setelah insulasi.

Pengamatan terakhir dilakukan pada hari ke-8. Pada hari terakhir pertumbuhan *halozone* sudah terlihat jelas. Beberapa isolat yang tidak terlihat memiliki *halozone* dari pengamatan sebelumnya mulai terlihat memproduksi *halozone* walau sangat sukar dilihat

. Karena setiap isolat masih memiliki tiga nilai SI untuk setiap sumber karbon yang digunakan, maka nilai-nilai SI yang ada dirata-ratakan, dan hasil rata-rata dari setiap nilai SI isolat dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Nilai rata-rata Solubilizatin Index untuk setiap isolat dan setiap sumber karbon yang diujikan

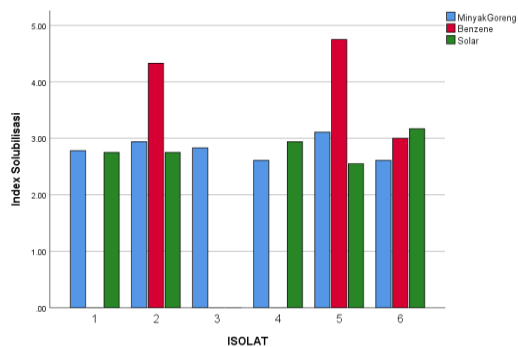
Isolat	SI		
	Minyak Tanah	Benzene	Solar
1	2.78	0.00	2.75
2	2.94	4.33	2.75
3	2.83	0.00	0.00
4	2.61	0.00	2.94
5	3.11	4.75	2.55
6	2.61	3.00	3.17

Nilai nol (0) pada tabel menunjukan bahwa isolate tersebut tidak dapat hidup dalam media tertentu atau dengan arti lain isolate tersebut tidak dapat mendegradasi jenis senyawa karbon tersebut

3.4. Grafik Perbandingan Nilai Index Solubilisasi

Pada gambar 4.14, terlihat isolate 5 memiliki nilai SI tertinggi dalam mendegradasi Minyak Tanah. Selain hal

tersebut isolate nomor 5 memiliki nilai SI tertinggi dalam mendegradasi Benzene. Isolate 1, 3, dan 4 tidak dapat tumbuh di media dengan benzene, sehingga tidak ada nilai SI dari ketiga isolate tersebut. Grafik diatas memeperlihatkan nilai SI dari Isolat 6 adalah nilai SI tertinggi dibandingkan dengan nilai SI isolate lainnya. Pada media dengan solar, hanya isolate 3 yang tidak dapat tumbuh sehingga nilai SI pada penelitian ini adalah 0 (nol).



Gambar 3.5 Perbandingan nilai SI pada tiap isolat dengan sumber larbon berbeda

Dari hasil seluruh pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan tanah tercemar sampel mengandung bakteri yang dapat mendegradasi senyawa hidrokarbon. Dari seluruh isolate yang ditemukan yaitu isolate 1—6 hanya isolate 5 dan isolate 6 yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa hidrokarbon yang berbeda sesuai dengan senyawa hidro karbonyang digunakan dalam penelitian ini. Serta isolate 5 memiliki kemungkinan besar merupaka bakteri dengan genus *Pseudomonas* berdasarkan pengujian karakteristik bakteri dan

kemampuannya dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Setelah melakukan beberapa pengujian dalam penelitian maka kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Sesuai dengan panduan yang ada di dalam *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* Isolat nomor 1, 2, 3, dan 5 merupakan bakteri yang memenuhi karakteristik morfologi dan warna gram yang sesuai dengan genus *Pseudomonas*
2. Dari hasil pengujian hanya Isolat nomor 5 (*Pseudomonas*) dan nomor 6 yang mampu mendegradasi tiga sumber karbon yang berbeda yaitu minyak tanah, solar, dan benzene yang ditunjukan dengan nilai *Solubilization Index* berkisar antara 2.33—3 untuk Isolat 5 (*Pseudomonas*) dan 3—3.5 untuk Isolat 6

4.2. Saran

Dari penelitian ini penulis dapat memberikan beberapa saran, antara lain:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam identifikasi bakteri, agar dapat mengetahui dengan pasti spesies bakteri tersebut.

2. Perlu dilakukan uji kemampuan dengan menggunakan sumber hidrokarbon lain agar didapatkan data yang lebih banyak lagi.
3. Remediasi tanah tercemar pada lokasi sampel supaya tidak terjadi akumulasi polutan yang semakin besar.
4. Pemanfaatan lebih lanjut bakteri sebagai salah satu upaya meremediasi tanah tercemar senyawa hidrokarbon

5. Daftar Pustaka

- Adebusoye, S. A., Ilori, M. O., Amund, O., Teniola, O. D., & Olatope, S. O. (2007). **Microbialdegradation of petroleum hydrocarbons in polluted tropical stream. *Word Journal of Microbiology & Biotechnology***, 1149--1159.
- Atlas, R. M., & Bartha, R. (1998). ***Microbial Ecology Fundamentals and Applications 4th Ed.*** Menlo: Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Becker, J. G., & Seagren, E. A. (2010). ***Bioremediation of Hazardous Organics.*** New Jersey: Wley-Blackwell.
- Gandjar, I., Sjamsuridzal, W., & Ariyanti, O. (2006). ***Mikologi Dasar dan Terapan.*** Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Hogg, S. (2005). ***Essential microbiology.*** Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Ilyina, A., Castillo, S. M., & Villarreal, S. J. (2003). ***Isolation of Soil Bacteria for Bioremediaton of Hydrocarbon Contamination.*** Bulletin of Moskow University, 88--94.
- Madsen, E. L. (2008). ***Environment Microbiology from Genomes to Biogeochemistry.*** Malden: Blackwell Publisher.
- Meier, M. T., Pepper, I. L., & Gerba, C. P. (2000). ***Environmentak Microbiology.*** San Diego: Academic Press.
- Muhammad, A. (2013). ***Identifikasi Molekular Bakteri Patogen dan Desain Primer PCR.*** 44.
- Saraswati, R. (2007). ***Metode Analisis Biologi Tanah.*** Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan.
- Setyorini, D., Saraswati, R., & Anwar, E. (2009). ***Pupuk Organik dan Pupuk Hayati.*** Departemen Kehutanan.
- Wongsa, P., Tanaka, M., Ueno, A., Hasanuzzaman, M., Yumoto, I., & Okuyama, H. (2004). ***Isolation and Characterization of Novel Strains of Pseudomonas aeruginosa and Serratia marcescens possessing high efficiency to Degrade Gasoline, Kerosine, Diesel Oil, dan Lubricating Oil.*** Current Microbiology.
- Wongsa, P., Tanaka, M., Ueno, A., Hasanuzzaman, M., Yumoto, I., & Okuyama, H. (2004). ***Isolation of caracterization of novel strain of Pseudomonas aeruginosa and Serratian marcescens possessing high eficiency to degrade gasoline, kerosene, diesel oil, and lubricating oil.*** Current Microbiology, 415--422.
- Yulipriyanto, H. (2010). ***Biologi Tanah dan Strategi Pengelolaanya.*** Yogyakarta: Graha Ilmu.