UJI POTENSI BAKTERI PENDEGRADASI MINYAK SOLAR DI PERAIRAN PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA

SKRIPSI

Oleh:

IKA NURJANAH

NIM. H94214018

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL

SURABAYA

2018

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Ika Nurjanah
NIM	:H94214018
Program Studi	:Ilmu Kelautan
Angkatan	:2014

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul : Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar di Perairan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan. Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 20 Juli 2018

Yang membuat pernyataan

METERAI TEMPEL
TGL. 20
FB0FBAFF253070176
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Ika Nurjanah

H94214018

PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI

Skripsi Oleh :

Nama : Ika Nurjanah

NIM : H94214018

Judul :Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar di Perairan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan

Surabaya, 20 Juli 2018

Pembimbing I	Pembimbing II
Misbakhul Munir, M.Kes	Mauludiyah, M.T
NIP. 198107252014031002	NUP. 201409003

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh Ika Nurjanah ini telah dipertahankan
didepan tim Penguji Skripsi
Surabaya, 20 Juli 2018
Mengesahkan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

Susunan Dewan Penguji

Penguji I	Penguji II
Misbakhul Munir, M.Kes	Mauludiyah, M.T
NIP. 198107252014031002	NUP. 201409003
Penguji III	Penguji IV
Rizqi Abdi Perdanawati, M.T	Noverma, M.Eng
NIP. 198809262014032002	NIP.198111182014032002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Eni Purwanti, M.Ag
NIP. 196512211990022001

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : IKA NURJANAH
NIM : H 94214018
Fakultas/Jurusan : SAINS / ILMU KELAUTAN
E-mail address : ikanur300596@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
☑ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :
UJI POTENSI BAKTERI PENDEGRADASI MINYAK SOLAR DI PERAIRAN PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 8 Agustus 2018

Penulis

(IKA NURJANAH)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

Pelabuhan Tanjung Perak terletak di wilayah utara kota Surabaya. Tingginya kepadatan trafik di pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dapat menimbulkan masalah baru yaitu bertambahnya jumlah kapal–kapal maka peningkatan kapasitas pengisian minyak solar pada kapal sehingga mengakibatkan volume buangan yang mengandung minyak (*oily waste*) cenderung meningkat. Pada kondisi over kapasitas, rawannya kecelakaan pelayaran akan beresiko terjadinya bencana tumpahan minyak (*oil spill*) yang berasal dari muatan kapal. Alternatif penanggulangan secara tepat dan tidak menganggu lingkungan yaitu dengan cara menggunakan bakteri yang mampu mendegradasi minyak solar.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bakteri yang berpotensi mendegradasi minyak solar di Pelabuhan Tanjung Perak dan dapat mengetahui kemampuan isolat bakteri tersebut dalam mendegradasi minyak solar.Penelitian ini menggunakan metode *purposive* sampling pada pengambilan sampel air laut dan menggunakan metode observasi di laboraturium terhadap isolasi bakteri pendegradasi minyak, karakterisasi pengamatan bakteri, dan uji biodegradasi minyak solar. Hasil penelitian pada perairan Pelabuhan Tanjung Perak diperoleh 7 isolat bakteri pendegradasi minyak solar, dimana 5 isolat terdapat pada Stasiun 1 yang berlokasi pada Pelabuhan Dermaga Jamrud Utara diperoleh isolat bakteri yaitu Genus *Pseudomonas*, Genus *Bacillus*, Genus *Klebsiella*, Genus *Enterobacter*, Genus *Citrobacter.* Sedangkan 2 isolat yaitu Genus *Bacillus* dan Genus *Klebsiella* diperoleh dari Stasiun 2 yang berlokasi Terminal Gapura Surya Nusantara. Hasil identifikasi bakteri yang mampu mendegradasi minyak solar secara signifikan adalah konsorsium (isolat campuran pada Genus *Pseudomonas*, Genus *Bacillus*, Genus Klebsiella, Genus *Enterobacter* dan Genus *Citrobacter*) dengan persentase biodegradasi sebesar 94.57%. Pada isolat tunggal, pada Stasiun 1 yang memiliki persentase biodegradasi tertinggi adalah Genus

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pseudomonas dan Genus *Bacillus* dengan persentase biodegradasi masing – masing sebesar 91.94 % dan 89.99%. Sedangkan pada Stasiun 2, bakteri pendegradasi yang memiliki persentase tertinggi adalah Genus *Bacillus* dengan persentase 88.61 %.

Kata kunci : Pelabuhan Tanjung Perak, Biodegradasi, Minyak Solar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

Tanjung Perak Harbor is located in the northern part of Surabaya city. The high density of traffic at Tanjung Perak Port in Surabaya can cause new problems, namely the increase in the number of ships, so that the increase in diesel oil filling capacity on ships can cause the volume of waste containing oil (oily waste) to increase. In conditions of over capacity, vulnerable shipping accidents will be at risk of oil spill disasters coming from ship loads. An alternative to correct and not disturb the environment is by using bacteria that can degrade diesel oil. The purpose of this study was to determine the bacteria that have the potential to degrade diesel oil at the Port of Tanjung Perak and can determine the ability of these bacterial isolates to degrade diesel oil.

This study used a purposive sampling method in seawater sampling and laboratory observation methods on the isolation of oil degrading bacteria. , characterization of bacterial observation, and diesel oil biodegradation test. The results of research on Tanjung Perak Port waters obtained 7 isolates of diesel oil degrading bacteria, where 5 isolates found at Station 1 located at the Port of North Jamrud Pier obtained bacterial isolates namely Genus *Pseudomonas*, Genus *Bacillus*, Genus *Klebsiella*, Genus *Enterobacter*, Genus *Citrobacter*. Whereas 2 isolates namely Genus *Bacillus* and Genus *Klebsiella* were obtained from Station 2 which is located at Gapura Surya Nusantara Terminal. The results of identification of bacteria that were able to degrade diesel oil significantly were the consortium (mixed isolates in Genus *Pseudomonas*, Genus *Bacillus*, Genus *Klebsiella*, Genus *Enterobacter* and Genus *Citrobacter*) with a percentage of biodegradation of 94.57%. In single isolates, at Station 1 which had the highest percentage of biodegradation were Genus *Pseudomonas* and Genus *Bacillus* with percentages of biodegradation of 91.94% and 89.99% respectively.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Whereas in Station 2, the degrading bacteria which had the highest percentage were Genus *Bacillus* with a percentage of 88.61%.
Keywords: Tanjung Perak Port, Biodegradation, Solar Oil

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

Halaman

PERNYATAAN KEASLIAN i
PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI iii
PERNYATAAN PUBLIKASI iv
ABSTRAK v
ABSTRACT vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv

1. PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Batasan Masalah 5
1.5 Hipotesis 6
1.6 Kegunaan 6

2. TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Komponen Minyak Bumi 7
2.1.1 Komponen Hidrokarbon 7
2.1.2 Komponen Non-Hidrokarbon 8
2.2 Solar 9
2.3 Pencemaran Laut oleh Minyak Bumi 10
2.4 Biodegradasi Minyak Bumi 11
2.5 Bakteri Hidrokarbonoklastik 15
2.6 Biosurfaktan 18
2.7 Dampak Pencemaran Minyak Bumi/Petroleum 19

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.8 Penelitian Terdahulu 19

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian 23

3.2 Alat dan Bahan Penelitian 24

3.2.1 Alat 24

3.2.2 Bahan 24

3.3 Metode Penelitian 25

3.4 Prosedur Penelitian 26

3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan 28

3.4.2 Sterilisasi Alat 28

3.4.3 Pengambilan Sampel Air Laut 28

3.4.4 Pembuatan Media Pertumbuhan Bakteri 29

3.4.5 Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak 29

3.4.6 Karakterisasi Pengamatan Bakteri 30

3.4.7 Biodegradasi Minyak Solar 37

3.4.8 Analisis Data 39

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya 41

4.1.1 Isolasi dan Pemurnian Bakteri dari Pelabuhan Tanjung Perak ... 41

4.1.2 Morfologi Bakteri Hidrokarbonoklastik dari perairan Pelabuhan Tanjung Perak 43

4.2 Uji Kemampuan Bakteri dalam Mendegradasi Minyak Solar 56

4.2.1 Hasil Pengamatan Visual Biodegradasi Minyak Solar 56

4.2.2 Pertumbuhan Bakteri dalam Mendegradasi Minyak Solar 65

4.2.3 Hasil Analisis Kuantitatif Biodegradasi Minyak Solar oleh Bakteri 83

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan 95

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.2 Saran 95
DAFTAR PUSTAKA..... 97
LAMPIRAN

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

Tabel 3.1 Pewarnaaan Gram Bakteri 34
Tabel 3.2 Hasil Standar Kekeruhan *Mc Farland* 37
Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Bakteri Pendegradasi Minyak Solar dari Perairan Pelabuhan Tanjung Perak pada Stasiun 1 45
Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Bakteri Pendegradasi Minyak Solar dari Perairan Pelabuhan Tanjung Perak pada Stasiun 2 46
Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Pseudomonas* 57
Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Bacillus* 58
Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Klebsiella* 58
Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Enterobacter* 59
Tabel 4.7 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Citrobacter* 60
Tabel 4.8 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Bacillus* 61
Tabel 4.9 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Klebsiella* 61
Tabel 4.10 Hasil Pengamatan Visual pada Media Konsorsium 62

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

Gambar 2.1 Kurva Pertumbuhan Bakteri 16
Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel di Pelabuhan Tanjung Perak 23
Gambar 3.2 Diagram Alir Prosedur Penelitian 26
Gambar 3.3 Diagram Alir Prosedur Penelitian Pendegradasi Minyak Solar 27
Gambar 3.4 Morfologi Koloni Bakteri 31
Gambar 3.5 Teknik Pembuatan Pulasan Bakteri 32
Gambar 3.6 Teknik Fiksasi 32
Gambar 3.7 Teknik Pewarnaan Bakteri 33
Gambar 3.8 Bentuk Sel Bakteri 35
Gambar 4.1 Media SMSSe Minyak Solar Awal 42
Gambar 4.2 Media SMSSe Minyak Solar setelah inkubasi selama 5 hari 43
Gambar 4.3 Pengamatan Genus *Pseudomonas* 48
Gambar 4.4 Pengamatan Genus *Bacillus* 49
Gambar 4.5 Pengamatan Genus *Klebsiella* 52
Gambar 4.6 Pengamatan Genus *Enterobacter* 54
Gambar 4.7 Pengamatan Genus *Citrobacter* 56
Gambar 4.8 Kurva Pertumbuhan Genus *Pseudomonas* berdasarkan nilai absorbansi 66
Gambar 4.9 Kurva Pertumbuhan Genus *Bacillus* berdasarkan nilai absorbansi 69
Gambar 4.10 Kurva Pertumbuhan Genus *Klebsiella* berdasarkan nilai absorbansi 73
Gambar 4.11 Kurva Pertumbuhan Genus *Enterobacter* berdasarkan nilai absorbansi 77
Gambar 4.12 Kurva Pertumbuhan Genus *Citrobacter* berdasarkan nilai absorbansi 79

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.13Kurva Pertumbuhan Konsorsium berdasarkan nilai absorbansi .. 81
Gambar 4.14Degradasi Minyak Solar dengan Penambahan Berbagai Isolat pada Stasiun 1 84
Gambar 4.15Diagram Persentase Biodegradasi Minyak Solar pada Bakteri Stasiun 1 88
Gambar 4.16 Degradasi Minyak Solar dengan Penambahan Berbagai Isolat pada Stasiun 2 89
Gambar 4.17Diagram Persentase Biodegradasi Minyak Solar pada Bakteri Stasiun 2 90
Gambar 4.18Degradasi Minyak Solar dengan Penambahan Konsorsium..... 92
Gambar 4.19Diagram Persentase Biodegradasi Minyak Solar pada Konsorsium..... 93

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar **Halaman**

Lampiran 1.Kegunaan dan gambar pada alat penelitian.....103
Lampiran 2. Daftar Nama Bahan yang digunakan pada Penelitian.....107
Lampiran 3. Metode Pengambilan Contoh Air Pemeriksaan Mikrobiologi (SNI 06-2412-1991).....111
Lampiran 4. Pengambilan Sampel pada Lapangan.....112
Lampiran 5. Komposisi Media.....113
Lampiran 6. Hasil Pengamatan Visual pada Bakteri Stasiun 1, Stasiun 2 dan Konsorsium.....115

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah Negara Kepulauan yang dua pertiga wilayahnya adalah perairan. Transportasi laut menjadi sarana yang mendominasi dan memiliki guna untuk mempermudah hubungan antar pulau maupun antar negara. Terletak pada kondisi strategis, maka Negara Kepulauan tersebut sebagai persinggahan rute dunia. Pelabuhan di Indonesia mempunyai fungsi yang sangat vital bagi aktivitas transportasi laut dan perdagangan. Fungsi dari Pelabuhan tersebut yaitu sebagai prasarana transportasi untuk keperluan singgah, pengisian bahan bakar, mengangkut dan menurunkan penumpang, bongkar muat barang serta pembuangan air *ballast* pada kapal.

Kapal-kapal yang masuk pada pelabuhan untuk melakukan rutinitas, cenderung meningkat tiap tahunnya baik yang datang dari dalam negeri maupun luar negeri. Pelabuhan yang terbesar di Indonesia, setelah Tanjung Priok Jakarta salah satunya adalah Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Pelabuhan ini juga menjadi salah satu pelabuhan pintu gerbang di Indonesia serta pelabuhan utama di wilayah Indonesia Timur**.** Saat ini Tanjung Perak Surabaya merupakan Kawasan Timur Indonesia yang menjadi pusat kolektor dan distributor khususnya untuk Propinsi Jawa Timur (Kompasiana, 2015).

Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya merupakan pelabuhan yang memiliki trafik yang cukup padat. Pelabuhan tersibuk kedua tersebut, pada tahun 2015 terdapat kapal luar negeri sebanyak 1.781 unit dengan memiliki volume 34,9 juta GT sedangkan kapal dalam negeri sebanyak 11.671 unit dengan jumlah berat volume 42,1 juta GT. Tahun 2016 di

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, mengalami kenaikan trafik pada kapal luar negeri sebanyak 2.009 unit dengan total volume angkutan 40,6 juta GT, dan pada kapal lingkup dalam negeri meningkat menjadi 12.482 unit dengan berat volume 51,9 GT. (Berita Trans.com, 2017).

Tingginya kepadatan trafik di pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dapat menimbulkan masalah baru yaitu bertambahnya jumlah kapal – kapal maka peningkatan kapasitas pengisian minyak (*bunkering)* pada kapal dan mengakibatkan volume buangan yang mengandung minyak (*oily waste*) cenderung meningkat. Kondisi pada sekitar perairan tersebut diperparah dengan aktivitas tumpahan minyak. Pada kondisi over kapasitas, maka akan berdampak pada rawannya kecelakaan pelayaran. Hal ini menyebabkan pada alur pelayaran akan beresiko terjadinya bencana tumpahan minyak (*oil spill*) yang berasal dari muatan kapal yang tumpah maupun dari bahan bakar kapal yang mengalami kecelakaan.

Salah satu peristiwa pada Pelabuhan Tanjung Perak, terjadi tumpahan minyak dari lambung kiri kapal MV Traveller Biglift yang diperkirakan mengangkut sebanyak 200 ton di dalam tangki kapal dengan berbobot sekitar 6.700 gwt dan mengenangi pada perairan Pelabuhan dermaga Jamrud Utara Tanjung Perak. Akibatnya minyak bahan bakar dari kapal tersebut meluber pada radius 10 meter dari bibir dermaga Jamrud Utara. Secara bersamaan kondisi cuaca yang memburuk, minyak residu yang keluar dari lambung kapal pada bagian belakang tersebut akhirnya menggenang hingga dermaga Jamrud Utara (ANTARA News, 2010).

Tumpahan minyak di laut akibat kecelakaan serta peningkatan volume buangan minyak (*oily waste*) yang dilakukan setiap harinya, akan menimbulkan dampak pencemaran pada perairan Pelabuhan secara signifikan. Dampak pencemaran tersebut akan dapat merusak kualitas suatu perairan serta biota yang ada pada badan perairan. Seperti yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

telah dijelaskan Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Ar- Ruum ayat 41 yang berbunyi :

ظَهَرَ ٱلْفَسَادُ فِى ٱلْبَرِّ وَٱلْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِى ٱلنَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعْضَ ٱلَّذِى عَمِلُوا۟ لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya :

"Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)." (Qs. Ar – Ruum (30): 41).

Menurut Ali (2009) dalam Tafsir Yusuf Ali kalimah "*La'allahum Yarji'un*" memiliki arti bahwa tujuan terakhir keadilan Tuhan dan hukuman-Nya adalah manusia diperintah memperbaiki dari kerusakan dan mengembalikannya kepada asalnya seperti halnya ketika diciptakan-Nya. Ayat tersebut menunjukkan bahwa manusia sangat dianjurkan setiap perbuatan/pekerjaan untuk berbuat baik, termasuk dalam menjaga bumi yang menjadi tempat tinggal manusia. Manusia hendaknya mengendalikan dirinya untuk tidak membuat kerusakan dibumi baik di darat maupun di laut . Allah SWT dalam Al-Qur'an surat al- A'raaf ayat 56 yang berbunyi :

وَلَا تُفْسِدُوا۟ فِى ٱلْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَٰحِهَا وَٱدْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا ۚ إِنَّ رَحْمَتَ ٱللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ ٱلْمُحْسِنِينَ

Artinya:

"*Dan janganlah kamu membuat kerusakan di bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada- Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik*". (QS. al-A'raaf (7): 56).

Agama Islam telah mengajarkan tentang pemeliharaan lingkungan hidup yang sesuai dengan konsep kembali ke alam, yaitu penyadaran manusia akan tugasnya sebagai hamba Allah, bahwa alam semesta dengan segala isinya adalah kepunyaan Allah. Oleh karena itu manusia dilarang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

melakukan pengrusakan sebagai wujud ketundukan dan kepatuhan kepada-Nya (Suriyani dan Kotijah, 2013).

Adanya aktivitas pada Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya yang terus berkelanjutan akan dapat mengakibatkan pencemaran minyak di perairan, upaya penanggulangan pencemaran minyak secara garis besar dapat dilakukan dengan berbagai cara baik secara fisik, kimiawi, biologis (Udiharto 1996). Alternatif teknologi penanggulangan pencemaran minyak secara biologis adalah teknik bioremediasi. Bioremediasi yaitu proses pemulihan suatu wilayah seperti tanah, air, atau pantai yang tercemar dengan memanfaatkan bakteri hidrokarbonoklastik (Mangkoedihardjo, 2005).

Menurut Nugroho (2007) bakteri hidrokarbonoklastik merupakan bakteri yang memiliki kemampuan senyawa hidrokarbon untuk keperluan metabolisme dan perkembangannya. Kelompok bakteri hidrokarbonoklastik merupakan kelompok bakteri yang mudah beradaptasi dengan lingkungan, sehingga dapat menggunakan residu minyak bumi sebagai sumber karbon dan energi (Harayama *et.al* 1999:67).

Saat ini bioremediasi telah menjadi salah satu cara pemulihan perairan terkontaminasi minyak yang tengah berkembang. Penelitian Hasyimuddin (2016) tentang Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Dari Perairan Teluk Pare-Pare diperoleh 3 isolat bakteri yang diisolasi yang dapat mendegradasi minyak solar yaitu *Bacillus* sp, *Psedomonas aeruginosa*, dan *Alkaligenes feacalis*.

Penelitian secara *ex situ*, dilakukan oleh Nasikhin (2013) dengan mengambil sampel air laut pada suatu pelabuhan, untuk melakukan penelitian yang berjudul Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Solar dan Bensin dari Perairan Pelabuhan Gresik, mikroba yang mampu mendegradasi solar dan bensin di perairan Pelabuhan tersebut adalah mikroba *Bacillus* sp. Hal itu menjadi dasar tentang perlunya dilakukan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penelitian uji potensi bakteri yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi minyak solar pada perairan Pelabuhan Tanjung Perak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah terdapat bakteri yang berpotensi mendegradasi minyak solar di Pelabuhan Tanjung Perak?
2. Bagaimana kemampuan isolat bakteri tersebut dalam mendegradasi minyak solar ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bakteri yang berpotensi mendegradasi minyak solar di Pelabuhan Tanjung Perak.
2. Untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri tersebut dalam mendegradasi minyak solar.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang telah disebutkan di atas, maka pembatasan masalah yang dapat dikemukakan dalam penelitian adalah :

1. Penelitian bioremediasi pencemaran minyak solar pada Pelabuhan Tanjung Perak dilakukan secara *ex situ* yaitu dalam skala laboraturium.
2. Air laut sampel yang digunakan berasal dari dua stasiun. Lokasi pertama Pelabuhan Dermaga Jamrud Utara (Pelabuhan bongkar muat barang), lokasi pengambilan sampel pada Stasiun 2 adalah Terminal Gapura Surya Nusantara pada Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya Provinsi Jawa Timur.
3. Bakteri yang digunakan adalah bakteri *indigenous* (bakteri asli) yang berasal dari perairan Pelabuhan Tanjung Perak yang telah dibiakkan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Minyak Solar yang yang digunakan adalah Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Pertamina wilayah Surabaya.

1.5 Hipotesis

Pada Pelabuhan Tanjung Perak terdapat bakteri yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi minyak solar.

1.6 Kegunaan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan kegunaan sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat bermanfaat untuk mengetahui isolat bakteri air laut yang mempunyai kemampuan untuk mendegradasi minyak solar pada aktivitas Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya.
2. Sebagai bahan pertimbangan salah satu upaya pemulihan lingkungan dari pencemaran minyak solar, akibat aktivitas-aktivitas Pelabuhan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komponen Minyak Bumi

Minyak bumi tersusun oleh komponen hidrokarbon sebesar 50-98% dan non-hidrokarbon, kandungan komponen senyawa hidrokarbon relatif lebih besar daripada kandungan komponen senyawa non-hidrokarbon. Minyak bumi mengandung senyawa karbon sebesar 83,9%-86,8%, hidrogen sebesar 11,4-14%, belerang sebesar 0,06-8,0%, nitrogen sebesar 0,11-1,7% , oksigen sebesar 0,5% dan logam (Fe,Cu,Ni) sebesar 0,03% (Mukhtasor, 2006).

Hidrokarbon yang terkandung dalam minyak bumi yaitu hidrokarbon n-paraffin (n-alkana) yang terdiri dari metana (CH_4), aspal yang memiliki atom karbon (C) yang rantainya lebih dari 25, hidrokarbon iso-paraffin (isoalkana) yang terdapat sedikit dalam komponen minyak bumi, hidrokarbon neptena (sikloalkana) yaitu merupakan komponen kedua terbanyak setelah n-alkana, dan hidrokarbon aromatik yang keberadaannya di dalam minyak bumi lebih sedikit dibandingkan n-alkana. Setiap komposisi senyawa pada hidrokarbon minyak bumi berbeda dan bergantung pada sumber penghasil minyak bumi tersebut (Mukhtasor , 2006).

2.1.1 Komponen Hidrokarbon

Minyak bumi sebagian besar adalah senyawa hidrokarbon. Menurut Udiharto (1999) senyawa hidrokarbon minyak bumi yang didegradasi oleh mikroorganisme dapat digolongkan berdasarkan atas 3 kelompok yaitu:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Hidrokarbon parifin (Alifatik)

   Senyawa hidrokarbon parifin atau sering disebut hidrokarbon alkana merupakan senyawa hidrokarbon jenuh yang terdiri dari normal parafin berupa rantai karbon panjang dan lurus, serta isoparafin terdapat cabang-cabang atom karbon. Hidrokarbon alkana (rangkaian parafin) mempunyai rumus C_nH_{2n+2}, dan tidak memiliki ikatan rangkap antar karbon penyusunnya. Senyawa ini merupakan fraksi terbesar pada komposisi minyak bumi.

2. Hidrokarbon Naftena (Alisiklik)

   Senyawa Naftena (Alisiklik) dicirikan oleh adanya struktur cincin tertutup yang sederhana dari atom karbon penyusunnya. Secara umum rumus kimiannya C_nH_{2n} dan tidak mempunyai ikatan rangkap antar atom karbonnya, serta senyawa hidrokarbon naftena (alisiklik) tidak larut dalama air dan merupakan fraksi kedua terbesar pada komposisi minyak bumi.

3. Hidrokarbon Aromatik

   Senyawa hidrokarbon aromatik dicirikan dengan adanya cincin yang mengandung enam atom karbon, dengan ikatan rangkap di antara setiap atom karbon lainnya, sehingga terdapat tiga ikatan ganda dalam cincin tersebut. Senyawa ini mempunyai rumus C_nH2_{n-6} untuk molekul cincin tunggal dan C_nH_{2n-12} untuk molekul cincin ganda dan berbau (beraroma). Benzena merupakan senyawa aromatik yang paling sederhana. Keberadaan hidrokarbon aromatik di dalam minyak bumi lebih sedikit dibandingkan dengan hidrokarbon Hidrokarbon parifin (alifatik).

2.1.2 Komponen Non-Hidrokarbon

Selain tersusun oleh komponen hidrokarbon, minyak bumi juga memiliki kandungan sejumlah kecil komponen non-hidrokarbon. Komponen non-hidrokarbon dapat berupa unsur-unsur logam atau

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang sifatnya menyerupai logam, serta komponen organik lainnya. Menurut Atlas dan Bartha (1992), komponen non-hirokarbon dalam minyak bumi yaitu :

1. Sulfur

   Senyawa sulfur merupakan komponen non-hidrokarbon terbesar pada minyak bumi. Sulfur memiliki bentuk senyawa seperti sulfida, tiofena, merkapta.

2. Oksigen

   Senyawa oksigen dalam minyak bumi memiliki konsentrasi rendah. Senyawa oksigen dapat berbentuk asam naftenik, fenol dan asam lemak.

3. Nitrogen

   Secara umum senyawa senyawa nitrogen terdapat sedikit dalam minyak bumi. Senyawa yang terdapat pada nitrogen ialah kuinolin, piridin, iso-kuinolin, pirol, karbazol dan indon.

4. Logam

   Senyawa logam pada minyak bumi antara lain berupa senyawa komplek logam organik dan garam inorganik. Senyawa komplek logam organik dalam minyak bumi mengandung logam seperti besi (Fe), kobal (Co), vanadil (Vo) dan nikel (Ni).

2.2 Solar

Minyak solar ialah bahan bakar minyak jenis distilat yang digunakan untuk mesin *Compression ignition* atau pada mesin diesel yang dikompresi pada langkah induksi adalah udara, udara yang dikompresi menimbulkan tekanan dan panas yang tinggi sehingga dapat membakar solar yang disemprotkan oleh injektor yang kualitas bakarnya ditunjukan dengan angka cetan (*Cetane Number)* (Pertamina.com, 2005). Pada Sifat utama pada solar memiliki karakteristik sebagai berikut :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Tidak berwarna atau bewarna kuning muda dan berbau.
2. Tidak terlalu mudah menguap pada suhu normal.
3. Suhu nyalanya (*flash point*) adalah 350 ^{o}C.
4. Titik nyalanya/suhu minimum mulai terbakar bila dekat api adalah 40°C-100°C. Angka ini cukup tinggi (lebih aman dalam pemakaian) dibandingkan dengan bensin pada suhu 10 ^{o}C-15 ^{o}C.
5. Berat jenis solar sekitar 0,82-0,86.
6. Tenaga panas yang dihasilkan adalah 10.170 kcal/kg.

2.3 Pencemaran Laut oleh Minyak Bumi

Menurut Konvensi Hukum Laut III (*United Nations Convemtiom on the Law of the Sea* = UNCLOS III), pencemaran laut adalah perubahan pada lingkungan laut termasuk muara sungai (estuaria) yang dapat menimbulkan akibat yang buruk sehingga dapat merugikam terhadap sumber daya laut hayati (*marine living resources*), bahaya terhadap kesehatan manusia, aktivitas pada laut serta hasil perikanan menjadi terganggu, turunnya kualitas air laut serta mutu kegunaan dan manfaatnya (Misran, 2002).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI Nomor 19 Tahun 1999, Pencemaran laut adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan laut oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air laut menjadi turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan laut tidak sesuai dengan baku mutu dan atau fungsinya. Pencemaran laut oleh hidrokarbon minyak bumi di suatu lingkungan dapat disebabkan oleh peristiwa seperti kecelakaan kapal tangker pembawa minyak bumi, kebocoran kapal tenker, kebocoran saluran minyak bumi dan kebocoran atau tumpahan selama operasi pemboran lepas pantai (Udiharto, 1994).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Laut yang ditumpahi oleh minyak bumi akan sulit dibersihkan sehingga dapat menyebabkan terhalangnya masuknya sinar matahari dan dapat mengurangi kadar oksigen terlarut. Dampak pencemaran minyak bumi terhadap organisme laut sulit diketahui karena pengaruhnya baru tampak dalam waktu yang lama.Pengaruh kontaminasi minyak pada komunitas organisme mulai dari kecil sekali (*neglibable)* bahkan sampai kemusnaan total (*catastrophic*) (Nugroho, 2006).

Komponen minyak yang tidak larut di dalam air akan mengapung pada permukaan air laut dan menyebabkan air laut berwarna hitam. Beberapa komponen minyak akan tenggelam dan terakumulasi di dalam sedimen sebagai deposit hitam pada pasir dan batu-batuan di pantai (Mukhtasor, 2006).

2.4 Biodegradasi Minyak Bumi

Biodegradasi didefinisikan sebagai pemecahan senyawa organik oleh mikroba membentuk biomassa dan senyawa yang lebih sederhana yang pada akhirnya menjadi air, karbondioksida atau metana (Andina, 2014). Senyawa hidrokarbon dalam minyak bumi sebagai sumber karbon bagi pertumbuhan mikroba, sehingga senyawa tersebut dapat di degradasi dengan baik oleh mikroba. Menurut Chater dan Somerville (1978) *dalam* Nugroho (2006), hasil degradasi akan mengubah komposisi minyak bumi menjadi fraksi ringan dalam minyak bumi, sehingga kerapatan massa (densitas) dan kekentalan (viskositas) minyak akan semakin kecil.

Bioremediasi adalah penggunaan mikroorganisme, khususnya mikroba untuk mendegradasi lingkungan yang berbahaya (*toxic*) menjadi bentuk yang tidak berbahaya (*less toxic*). Dalam aplikasinya, proses bioremediasi menggunakan bakteri dan jamur atau tanaman untuk mendegradasi substansi yang berbahaya, baik bagi kesehatan manusia dan /atau lingkungan. Mikroorganisme yang digunakan untuk mendegradasi, dapat berasal langsung dari daerah yang terkontaminasi (bakteri

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

indigenous) atau dapat pula mikroorganisme yang diisolasi dari tempat lain kemudian diaplikasikan pada daerah yan terkontaminasi (bakteri *endogenous*) (Vidali, 2001).

Bioremediasi merupakan optimasi dari proses biodegradasi. Hal ini diperlukan pengkondisian lingkungan tertentu dan perlakuan–perlakuan khusus untuk mengatasi faktor- faktor lingkungan yang dapat membatasi laju degradasi mikroba terhadap minyak bumi (Nugroho, 2006).

Aktivitas bakteri dalam mendegradasi minyak bumi di perairan, bergantung kepada fisiologi bakteri serta kondisi beberapa parameter lingkungan setempat seperti pH, suhu, ketersediaan nutrisi. Pemilihan inokulum yang sesuai dapat menciptakan kondisi optimal untuk laju bakteri mempercepat proses degradasi sehingga memungkinkan terjadinya, pengurangan konsentrasi hidrokarbon minyak bumi secara optimal (Udiharto, 1996). Faktor- faktor tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Keadaan Fisik pada Minyak Bumi

   Hidrokarbon yang digunakan oleh bakteri yaitu yang memiliki bentuk cair, sedangkan untuk hidrokarbon padat hanya dapat didegradasi jika dilarutkan dalam hidrokarbon cair (Nugroho, 2006). Luas permukaan minyak yang tersedia bagi kolonisasi bakteri pendegradasi minyak merupakan hal yang penting karena mikroba bekerja pada interfasa minyak air (Andina, 2014).

   Pertumbuhan mikroba dapat diamati pada keseluruhan permukaan sebuah tetesan minyak. Semakin besar luas permukaan tetesan, semakin banyak koloni bakteri yang mengalami pertumbuhan sehingga laju biodegradasi akan semakin cepat. Pada saat konsentrasi yang sangat rendah, hidrokarbon minyak bumi dapat dengan cepat larut di dalam air, sedangkan pada konsentrasi yang tinggi, laju biodegradasi menjadi sangat lambat karena mengalami keterbatasan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pengambilan nutrien dan oksigen, salah satu contohnya peristiwa tumpahan minyak di laut (Nugroho, 2006).

2. Nutrisi

Mikroba sangat bergantung pada nutrisi untuk bertahan hidup. Mampu atau tidaknya mikroba bertahan hidup akan terlihat dari kecukupan nutriennya. Menurut Gordon (1994) menjelaskan bahwa nutrien–nutrien merupakan pendukung untuk hidup, berkembang biak dan menghasilkan enzim-enzim untuk mendegradasi hidrokarbon. Nutrien yang dibutuhkan oleh mikroba bervariasi menurut jenis mikrobannya, namun seluruh mikroba memerlukan nitrogen, fosfor dan karbon.

Karbon merupakan elemen paling dasar untuk seluruh bentuk kehidupan dan karbon dibutuhkan dalam jumlah yang lebih besar daripada elemn-elemen lain, Karbon biasanya terikat dengan elemen H (Hidrogen), O (Oksigen) dan N (Nitrogen). Empat elemen ini menyusun hampir 95 % berat makhluk hidup (Nugroho, 2006).

Selain itu, ada beberapa mineral-mineral lain yang dibutuhkan dalam jumlah kecil seperti potassium, mangan, kalsium, besi, tembaga, kobalt dan seng. Senyawa-senyawa tersebut biasanya berbentuk garam-garam inorganik dan biasanya sudah terdapat dalam jumlah yang cukup di lingkungan perairan maupun tanah sehingga tidak memerlukan perhatian khusus pada perencanaan proses bioremediasi (Nugroho, 2006).

3. Suhu

Suhu merupakan faktor yang penting dalam biodegradasi senyawa hidrokarbon terutama pada proses metabolisme dan laju pertumbuhan bakteri. Menurut Nugroho (2006) *dalam* Andina (2014), pada suhu rendah hanya fraksi hidrokarbon tertentu yang di

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

degradasi, sedangkan pada suhu hangat berbagai fraksi dapat didegradsi pada kecepatan yang sama.

4. Oksigen

Oksigen dibutuhkan oleh mikroorganisme, baik oksigen yang terlarut dalam air maupun dalam bentuk oksigen bebas yang diperoleh melalui udara. Oksigen adalah kebutuhan terpenting dalam proses biodegradasi minyak bumi. Pada saat proses biodegradasi, oksigen digunakan untuk proses reaksi oksidasi dan respirasi mikroorganisme (Andina, 2014).

Mikroorganisme pendegradasi minyak bumi sebagian besar tergolong dalam mikroorganisme aerob. Menurut Baker dan Herson (2000) menjelaskan sejumlah suplai oksigen diperlukan untuk degradasi aerobik, karena pada prinsip reaksi adalah oksidasi-reduksi dengan oksigen sebagai elektron penerima.

Oksigen yaitu komponen penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba pada lingkungan hidrokarbon. Menurut Sharpley (1966), oksigen digunakan sebagai jalur mengaktifkan enzim oksigenase dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon. Pada saat oksigen terbatas maka pertumbuhan bakteri akan terhambat, untuk memenuhi kebutuhan oksigen dapat dipenuhi dengan aerasi yaitu dengan cara pengocokan dengan shaker (Silvia dan Jusfah, 2010).

5. Derajat Keasaman

Sebagian besar untuk mendukung pertumbuhan mikroba pada proses biodegradasi terjadi pada derajat keasaman (pH) netral. Nilai pH yang ekstrim akan berpengaruh negatif pada kecepatan laju degradasi hidrokarbon oleh bakteri (Andiana, 2014). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Dibble dan Bartha (1979), dalam biodegradasi endapan minyak menunjukkan bahwa nilai pH 7-8 menghasilkan biodegradasi yang mendekati nilai optimal (Nugroho, 2006).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.5 Bakteri Hidrokarbonoklastik

Proses bioremediasi pada pencemaran minyak bumi sangat dibutuhkan kehadiran mikroba hidrokarbonoklastik. Menurut Nugroho (2006), karakteristik bakteri hidrokarbonoklastik yang tidak dimiliki oleh mikroba lain adalah kemampuannya mengekspresikan enzim **ω-hidroksilase,** yaitu enzim pengoksidasi hidrokarbon, sehingga bakteri ini mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon minyak bumi sengan cara memotong rantai hidrokarbon tersebut menjadi lebih pendek. Selain itu, mikroba hidrokarbonoklastik memiliki kemampuan untuk menempel pada hidrokarbon, kesanggupan memproduksi *emulsifier*, serta memiliki mekanisme untuk membebaskan diri (*desorption*) dari hidrokarbon (Nugroho, 2006).

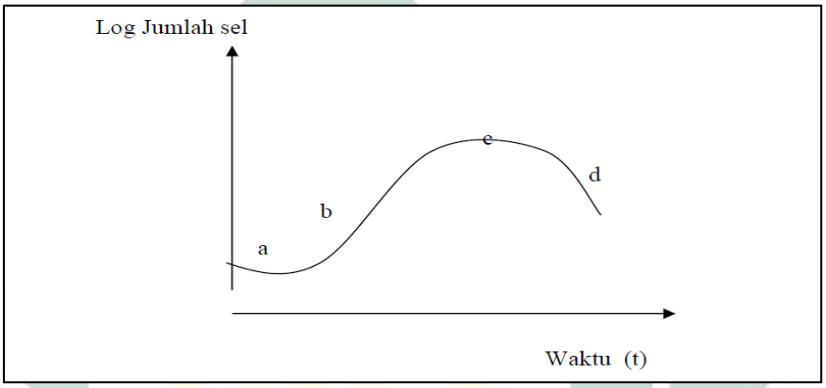
Menurut Nugroho (2006), mikroba hidrokarbonoklastik biasanya berjumlah kurang dari 1% dari populasi alami mikroba, tetapi mikroba hidrokarbonoklastik dapat berjumlah lebih tinggi dari 10% pada ekosistem tercemar minyak bumi. Pada penelitian Le Petit *et.al*, (1975) *dalam* Chater dan Somerville (1978) telah mengisolasi berbagai bakteri yang dapat tumbuh pada minyak yang diperoleh dari lingkungan perairan laut di daerah pesisir yang tercemar minyak bumi. Sebanyak 191 strain bakteri yang telah diisolasi tersebut diantarannya termasuk dalam genus *Pseudomonas Alcaligenes*, *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Corynebacterium*, *Flavovacterium*, dan B*revicbaterium*.

Genus bakteri pengguna hidrokarbon yang paling penting berdasarkan frekuensi isolasinya adalah *Achromobacter, Acinetobacter, Aeromonas, Alcaligenes, Arthrobacter, Bacillus, Benecdea, Brevibacterium, Corynebacterium, Flavobacterium, Methylobacter, Methvlobacterium, Methylococcus, Methylocystis, Methylomonas, Methylosinus, Micromonospora, Mycobacterium, Nocardia, Pseudomonas, Spi*rillum (Atlas dan Bartha, 1985 *dalam* Nugroho, 2006). Pada penelitian baru-baru ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

telah diisolasi genus lain bakteri pendegradasi alkana yaitu *Alcanivorax*, bakteri ini pertama kali diisolasi dari North Sea (Nugroho, 2006).

Menurut Purwako (2007) terdapat empat fase pertumbuhan bakteri yaitu fase adaptasi (*lag phase*), fase perbanyakan (*exponential phase*), fase statis (*stationer phase*), dan fase kematian (*death phase*). Dapat dilihat Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva Pertumbuhan Bakteri.
a= Fase Lag; b= Fase Eksponensial; c=Fase Stasioner; d= Fase Kematian
(*Sumber : Brock & Madigan, 1991 dalam Rohmah, 2017*)

1. Fase Adaptasi (*Lag Phase*)

   Pada fase adapatasi tidak terdapat pertumbuhan populasi pada bakteri. Proses adaptasi meliputi sintetis enzim baru yang sesuai dengan mediannya serta pemulihan terhadap metabolit yang bersifat toksik (alkohol, asam, basa) pada waktu media lama. Pada fase adaptasi tidak dijumpai pertambahan jumlah sel, sehingga terhindar dari fase perbanyakan (*exponential phase*) kecuali jika sel di media lama pada fase perbanyakan dan dipindahkan ke media baru dengan komposisi nutrisi yang sama (Purwoko, 2007).

2. Fase Perbanyakan (Lag Eksponensial)

   Pada fase eksponensial terjadi pembiakan bakteri yang berlangsung dengan cepat. Pada fase ini, bakteri memperoleh kondisi ideal dalam pertumbuhan sehingga sel terjadi pembelahan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pembelahan sel merupakan persamaan eksponensial, sehingga fase tersebut disebut juga fase eksponensial (Purwoko, 2007). Pada fase perbanyakan sel akan melakukan konsumsi nutrien pada media dan jumlah sel akan meningkat pada batas tertentu, dalam keadaan tertentu akan konstan sampai terjadi perubahan komposisi media yang cukup signifikan (Purwoko, 2007).

3. Fase Statis (Konstan)

Pada fase statis terjadi berkurangnya nutrisi serta penumpukan produk beracun. Fase statis ini terdapat beberapa sel yang tumbuh dan membelah dengan jumlah sel hidup menjadi tetap dan disisi lain terdapat sel yang mati (Pelczar, 2008 *dalam* Rohmah, 2017). Menurut Dwidjoseputro (1989) fase ini menunjukkan garis yang hampir horizontal, karena jumlah bakteri yang hidup sama dengan jumlah bakteri yang mati.

Bakteri pada fase statis tidak melakukan pembelahan sel karena faktor yang bermacam –macam, yaitu seperti nutrien dalam media tersebut habis, akumulasi metabolit toksik (asam, basa dan alkohol), penurunan kadar oksigen dan ketersediaan air pada media sehingga pada fase ini biasanya sel-sel akan mengalami adaptasi terhadap kondisi yang kurang menguntungkan (Purwoko, 2007).

4. Fase Kematian

Pada fase kematian, sel-sel akan mati lebih cepat dibandingkan dengan terbentuknya sel-sel baru. Laju kematian pada bakteri mengalami percepatan menjadi eksponensial bergantung dari spesies bakteri tersebut, semua sel akan mati dalam waktu beberapa hari, atau beberapa bulan (Pelczar, 2008 *dalam* Rohmah, 2017).

Menurut Purwoko (2007), bakteri akam mampu bertahan beberapa jam pada fase statis dan akhirnya masuk dalam fase kematian, disisi lain terdapat bakteri yang hanya mampu bertahan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sampai harian dan mingguan pada fase statis dan akhirnya memasuki fase kematian. Adapula bakteri yang mampu bertahan sampai puluhan tahun sebelum memasuki fase kematian, yaitu dengan, mengubah sel menjadi spora (Purwoko, 2007).

2.6 Biosurfaktan

Salah satu yang dihasilkan mikroba hidrokarbonoklastik untuk mendegradasi minyak yaitu berupa biosurfaktan (surfaktan). Biosurfaktan adalah hasil ekskresi mikroba yang memiliki karakteristik sama dengan surfaktan (Thavasi, 2009). Biosurfaktan dihasilkan pada permukaan sel mikroba atau diekskresikan pada lingkungan untuk membantu melepaskan senyawa hidrokarbon dalam senyawa organik dan dapat meningkatkan konsentrasi senyawa hidrokarbon dalam air melalui pelarutan (emulsifikasi) (Nababan, 2008). Biosurfaktan memiliki kandungan gugus hidrofilik dan hidrofobik yang dapat menurunkan tegangan permukaan molekul (Banat, 1995 *dalam* Nababan, 2008).

Mikroba yang memiliki penghasil biosurfaktan maka akan mampu menggunakan senyawa hidrokarbon sebagai substratnya. Biosurfaktan yang dihasilkan oleh mikroba dalam jumlah besar, pada umumnya memiliki kemampuan yang besar pula dalam menguraikan senyawa hidrokarbon, sehingga dengan demikian mikroba tersebut dapat berpotensi untuk digunakan dalam mengurangi pencemaran minyak di perairan (Nababan, 2008).

Kapasitas untuk meningkatkan kelarutan dan biodegradasi hidrokarbon tergantung pada struktur biosurfaktan sedangkan hasil dan struktur biosurfaktan dipengaruhi oleh kondisi pertumbuhan termasuk sumber karbon nutrien pada medium kultur (seperti nitrogen, fosfat, besi), suhu, pH, aerasi dan faktor faktor lingkungan lainnya (Nugroho, 2006).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.7 Dampak Pencemaran Minyak Bumi/Petroleum

Solar memiliki berat jenis lebih kecil dibandingkan dengan air. Apabila solar tumpah pada suatu perairan maka lapisan solar akan mengapung dan menutupi permukaan air. Peristiwa tersebut dapat menghalangi penetrasi cahaya matahari serta menghambat difusi oksigen. Oksigen merupakan hal yang utama dibutuhkan oleh biota air untuk respirasi dan cahaya matahari untuk proses fotosintesis.

Tumpahan minyak di darat dapat mengakibatkan masalah yang serius karena difusi oksigen dalam tanah akan terganggu. Beberapa mikroorganisme tanah akan mati, dapat mencemari air tanah serta dapat merusak perakaran tumbuhan (Merasbi *et al.,* 2003). Pencemaran bila tidak segera diatasi, akan berdampak besar serta merugikan biota air, serta biota darat.

Dampak pencemaran minyak selain mempengaruhi biota, akan memepengaruhi pula keselamatan jalur pelayaran pada pelabuhan atau dermaga. Berdasarkan hasil penyelidikan IMO (*Internasional Maritime Organization*) tahun (1975), pada dampak pencemaran minyak apabila tumpah ke suatu perairan salah satunya Pelabuhan, akan mempengaruhi terhadap perekonomian pada jalur laut, serta akan mempengaruhi keselamatan kerja kegiatan kapal dan bongkar muat salah satunya adalah mengalami resiko kebakaran dan gangguan lain yang sangat besar jika ada kapal yang melintas di atasnya.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan sebagai landasan penelitian yang terkait dengan uji potensi bakteri pendegradasi minyak solar. Pada penelitian Roksun Nasikhin dan Maya Shovitri yang berjudul *Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Solar dan Bensin dari Perairan Pelabuhan Gresik* pada tahun 2013, diperoleh 4 isolat. Media yang digunakan dalam mengisolasi bakteri pendegradasi solar dan bensin

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

adalah PCA, serta sumber karbon utama digantikan dengan *yeast extract* pada medium PCA karena solar dan bensin tidak bisa digunakan pada medium padat. Berdasarkan pengamatan makroskopis, mikroskopis dan uji biokimia diperoleh 4 isolat bakteri yaitu Genus *Bacillus* dan Genus *Vibrio* dari perairan Pelabuhan Gresik yang tercemar limbah minyak bumi.

Ni Putu Ristiati pada tahun (2013) telah melakukan penelitian *Uji Kemampuan Isolat Bakteri Pendegradasi Minyak Solar terhadap Limbah Oli Dari Perairan Pelabuhan Celukan Bawang.* Media yang digunakan dalam mengisolasi bakteri pendegradasi minyak solar adalah *Bushnell-Haas Mineral Salt Agar* dengan ditambahan ditambah zat anti jamur (*natrium tiosulfat*). Selanjutnya diamati morfologi serta diuji secara biokimia untuk mengetahui karakteristik bakteri pendegradasi oli tersebut.

Berdasarkan hasil pengamatan pada bakteri biodegradasi *oil*, yang pertama dapat dilihat melalui warna media kelompok media uji yang diberi perlakuan tidak mengalami perubahan warna (tetap bening), yang kedua dapat dilihat dari fisik kekeruhan diperoleh hasil media semakin lama semakin keruh. Hal ini disebabkan karena bakteri dalam media tersebut semakin banyak. Ketiga adalah Perubahan pH, dari hasil pH 7 menjadi 8. Setelah itu, pH akan kembali turun sampai kisaran 6. Semakin banyak biosurfaktan yang terbentuk maka pH akan semakin meningkat. Setelah minyak teremulsi hampir seluruhnya, pH akan terus menurun disebabkan oleh aktivitas bakteri yang membentuk metabolit-metabolit asam, terutama metabolit hasil degradasi hidrokarbon. Pada pengamatan keempat adalah Perubahan minyak, oli yang semula menyatu dan membentuk lapisan tersendiri dipermukaan larutan media, lama kelamaan terpecah menjadi butiran-butiran yang lebih kecil.

Bakteri yang diisolasi dari perairan Pelabuhan Celukan Bawang yang dapat mendegradasi minyak solar sekaligus mampu mendegradasi oli antara lain dari Genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Halomonas. Selanjutnya pada penelitian Hasyimuddin, M. Natsir djide, M. Farid Samawi telah melakukan penelitian *Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Dari Perairan Teluk Pare-Pare* pada tahun 2016.

Media yang digunakan dalam mengisolasi bakteri tersebut adalah media *Stone Mineral Salt Solutiont Extract Yeast* (SMSSe). Berdasarkan hasil isolasi yang dilakukan pada tiga lokasi berbeda yakni Pelabuhan Nusantara Pare-Pare, Pelabuhan Depot Pertamina Pare - Pare dan Pelabuhan nelayan, diperoleh 3 jenis bakteri pendegradasi minyak solar yang berbeda berdasarkan pengamatan morfologi meliputi warna koloni, bentuk koloni, tepi koloni, elevasi koloni, pewarnaan gram dan uji biokimia.

Isolat dengan kode ISL 1 didapatkan tumbuh pada setiap sampel yang diuji, isolat dengan kode ISL 2 diperoleh paling banyak tumbuh di Pelabuhan Depot Pertamina Pare-Pare, sedangkan isolat dengan kode ISL 3 diperoleh dari Pelabuhan Nusantara Pare-Pare dan Pelabuhan nelayan. Perbedaan jenis bakteri yang tumbuh pada setiap lokasi ini kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lingkungan di sekitarnya. Bakteri melakukan adaptasi terhadap lingkungan sehingga mempengaruhi bentuk morfologi serta struktur anatomi dari bakteri tersebut untuk mempertahankan hidupnya. Pada penelitian tersebut, di Perairan Teluk Pare- Pare diperoleh isolat ISL-1 yaitu *Bacillus sp,* isolat ISL-2 adalah *Psedomonas aeruginosa* dan isolat ISL-3 adalah *Alkaligenes*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

'Halaman Sengaja Dikosongkan'

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian

Lokasi pengambilan sampel penelitian ini dilakukan pada perairan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Sampel air laut diambil dengan metode *purposive sampling* pada dua stasiun. Lokasi pengambilan sampel air laut pada Stasiun 1 dilakukan pada Pelabuhan Dermaga Jamrud Utara (Pelabuhan bongkar muat barang), lokasi pengambilan sampel pada Stasiun 2 adalah Terminal Gapura Surya Nusantara (diperuntukkan untuk terminal penumpang). Titik pengambilan sampel penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1. Metode penelitian ini menggunakan metode observasi pada laboraturium Mikrobiologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya pada bulan Maret hingga bulan Juni 2018.

Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel di Pelabuhan Tanjung Perak
(A: Stasiun 1 yaitu Pelabuhan Dermaga Jamrud Utara dan B : Stasiun 2 yaitu Terminal Gapura Surya Nusantara)
(*Sumber : Earth Explorer.usgs.gov, 2018)*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian adalah GPS, kamera, botol sampel, DO meter, timbangan analitik, timbangan digital, gelas arloji, batang sendok tanduk, gelas ukur, gelas beaker, labu erlenmeyer, *hot plate*, batang pengaduk kaca (spatula), autoklaf, pipet, *Laminar Air Flow* (LAF), bunsen, *incubator shaker*, cawan petri, L *glass*, tabung reaksi, rak tabung, jarum ose, corong, corong pisah, pH meter, spektrofotometer, lemari inkubator, kaca preparat, mikroskop, kulkas, plastik *wrap*, alumunium *foil*, plastik tahan panas, kapas, kertas saring, kertas coklat pembungkus dan ruang lemari asam (Lampiran 1).

3.2.2 Bahan

Bahan- bahan yang digunakan pada penelitian meliputi, sampel air laut yang pernah tercemar minyak solar di Pelabuhan Tanjung Perak, minyak solar asal Pertamina, aquades, alkohol 70%, kloroform, HCL 3 N. Media pertumbuhan isolat yang digunakan adalah *Stone Mineral Salt Solution Extract Yeast* (SMSSe) yang terdiri dari $CaCO_3$, NH_4NO_3, $Na_2HPO_4.7H_2O$, KH_2PO_4, $MgSO_4.7H_2O$, $MnCl_2.7H_2O$, bahan tersebut untuk media cair SMSSe, sedangkan pada media padat SMSSe ditambahkan dengan *bacto agar* sebagai bahan pemadat media. Pada media uji biokimia, menggunakan media *Simon Citrate Agar* (SCA) untuk uji sitrat, media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) untuk uji TSIA, media Nutrien Gelatin untuk uji hidrolisis gelatin. Uji reagen pewarnaan gram menggunakan kristal violet, safranin, iodium, alkohol serta minyak imersi digunakan pada pengamatan menggunakan mikroskop (Lampiran 2).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

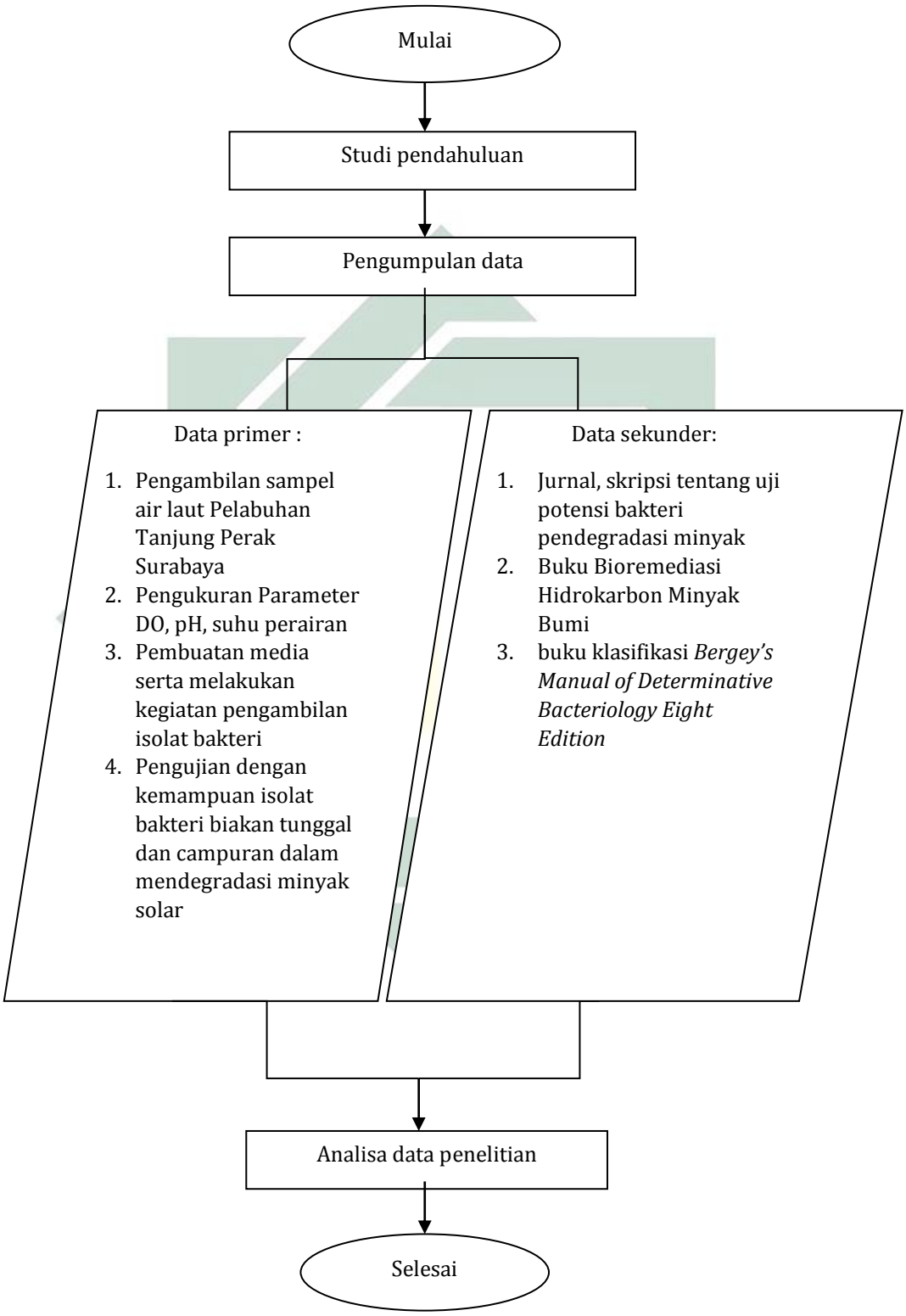
3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode observasi pada laboraturium. Pada alur penelitiannya yaitu diawali dengan menyiapkan alat dan bahan, melakukan sterilisasi pada alat, melakukan sampling air laut untuk mendapatkan bakteri *indigenous* di dua stasiun yaitu Pelabuhan Dermaga Jamrud Utara dan Terminal Gapura Surya Nusantara di Pelabuhan Tanjung Perak yang pernah mengalami tumpahan minyak solar serta volume pembuangan sisa yang mengandung minyak dari aktivitas kapal-kapal selanjutnya sampel tersebut untuk dibawa ke Laboraturium Mikrobiologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Langkah berikutnya adalah pembuatan media pertumbuhan bakteri, selanjutnya dilakukan isolasi bakteri yang mampu mendegradasi minyak sampai didapatkan biakan murni serta dilakukan pengamatan karakteristik bakteri dan melakukan identifikasi jenisnya dengan menggunakan uji biokimia, tahapan selanjutnya dilakukan uji kemampuan bakteri dalam melakukan biodegradasi minyak solar.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

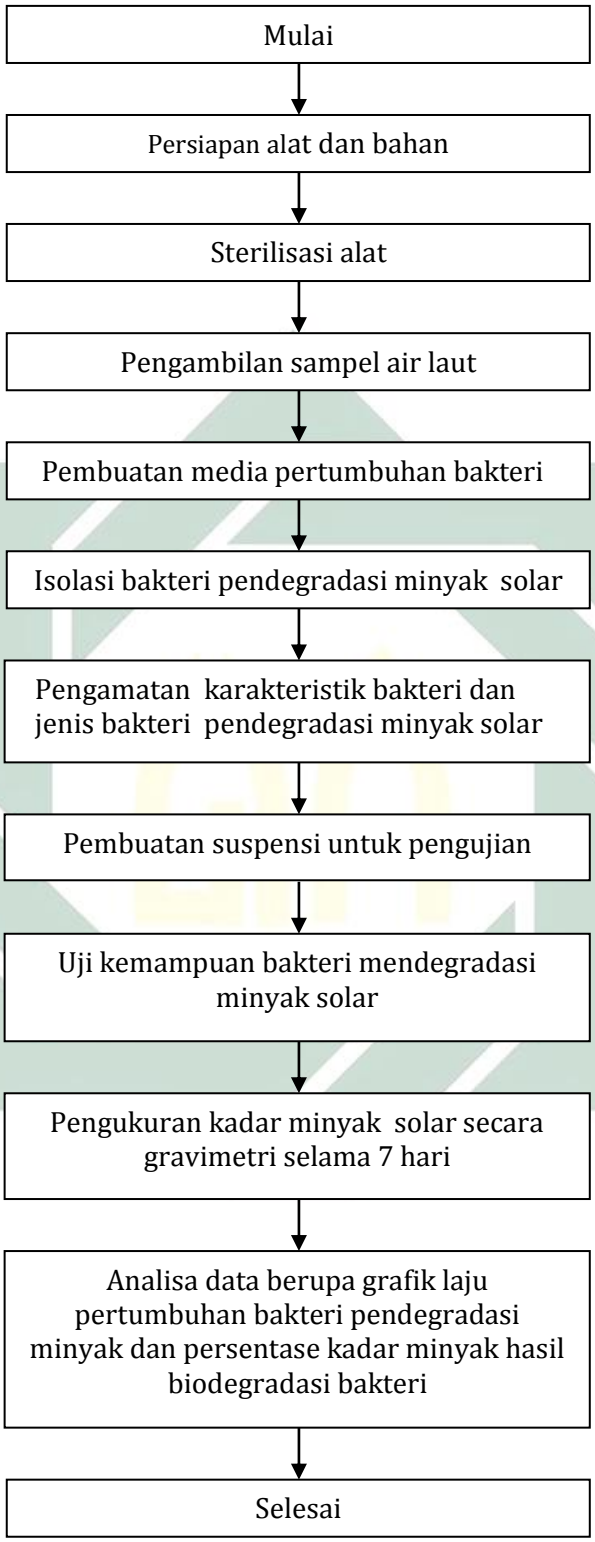
3.4 Prosedur Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Prosedur Penelitian

(*Sumber : Olah Data Penelitian, 2018*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.3 Diagram Alir Prosedur Penelitian Bakteri Pendegradasi Minyak Solar
(*Sumber : Olah Data Penelitian, 2018*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan penelitian dengan memastikan kondisi, keberadaan dan kebersihan dari alat dan bahan penelitian tersebut.

3.4.2 Sterilisasi Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian terlebih dahulu dicuci dan dikeringkan. Alat yang telah bersih, kemudian dibungkus dengan kertas pembungkus lalu dimasukkan ke dalam uap tahan panas. Langkah selanjutnya melakukan sterilisasi uap pada alat menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit.

3.4.3 Pengambilan Sampel Air Laut

Sampel air laut yang diambil berasal dari Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Sampel air masing –masing diambil dari 2 titik yang berbeda. Sampel pertama diambil pada lokasi Pelabuhan Dermaga Jamrud Utara dengan memiliki titik koordinat (7°11'55,45'' LS – 112°43'26,95'' BT), pada lokasi tersebut pernah mengalami tumpahan minyak solar, selanjutnya sampel kedua diambil pada lokasi Terminal Gapura Surya Nusantara dengan titik koordinat (7°11'50,08'' LS – 112°43'55,50'' BT), lokasi tersebut memiliki aktivitas melakukan pembuangan sisa yang mengandung minyak dari bahan bakar kapal yang digunakan.

Sampel air laut diambil dengan cara memegang botol bagian bawah yang telah disterilkan dan mencelupkan botol tersebut kedalam 20 cm di bawah permukaan air laut dengan posisi botol berlawanan dengan arah aliran air (Lampiran 3). Sampel air laut yang telah diambil menggunakan botol steril selanjutnya diberi label dan disimpan dalam kondisi dingin yang berada dalam *cool box* agar tidak terjadi degradasi jumlah bakteri dan kematian bakteri pada sampel air laut. Sampel air laut diperlakukan dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tenggang waktu tidak lebih dari 24 jam untuk melakukan pengisolasian.

3.4.4 Pembuatan Media Pertumbuhan Bakteri

Media yang digunakan dalam isolasi dan uji pendegradasi minyak solar dengan menggunakan media *Stone Mineral Salt Solutiont Extract Yeast* (SMSSe). Pembuatan media SMSSe pada pertumbuhan bakteri terdiri $CaCO_3$, NH_4NO_3, $Na_2HPO_4.7H_2O$, KH_2PO_4, $MgSO_4.7H_2O$, $MnCl_2.7\ H_2O$, dengan ditambahkan ekstrak ragi 0,01% (b/v) (Sharpley, 1966 *dalam* Andina, 2014). Pada media SMSS ditambahkan ekstrak ragi agar sebagai sumber nitrogen dalam bentuk asam amino dan *growth factor* sebagai tambahan pada media (Nababan, 2008).

Pada pembuatan media cair SMSSe terdiri dari 0,5 gram $CaCO_3$; 0,25 gram NH_4NO_3; 0,1 gram $Na_2HPO_4.7H_2O$; 0,05 gram KH_2PO_4; 0,05 gram $MgSO_4.7H_2O$; 0,02 gram $MnCl_2.7\ H_2O$ dengan ditambahkan ekstrak ragi sebanyak 0,01% (b/v) atau setara dengan 0,02 gram yang dilarutkan dalam 200 ml aquades steril. Sedangkan untuk media padat SMSSe ditambahkan 2% *bacto agar* sebagai bahan pemadat pada media. Dalam media tersebut ditambahkan dengan minyak solar sebagai media selektif sebanyak 2% (b/v) serta sebagai sumber karbon dan pH media tersebut sampai mencapai nilai 6,8 – 7 (Pikoli *et al*, 2000 *dalam* Nababan, 2008). Masing –masing media yang telah disiapkan, selanjutnya disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm dengan waktu selama 15 menit.

3.4.5 Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak

Pada tahap isolasi dilakukan pengenceran sampel pada isolasi dengan cara memasukkan sampel air laut sebesar 2% (b/v) kedalam media SMSSe cair yang mengandung minyak solar 2% (b/v) dan diinkubasi dengan suhu ruang dengan menggunakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

incubator shaker pada kecepatan 120 rpm selama 3 hari (Nababan, 2008).

Sampel yang telah di -*shaker*, untuk keperluan isolasi diambil sebanyak 1 ml untuk pengenceran dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah ditambahkan 9 ml aquades steril, lalu di *vortex* sebentar agar homogen. Selanjutnya, sebanyak 1 ml diambil dari tabung reaksi pertama kemudian dimasukkan ke dalam tabung pengencer kedua yang berisi 9 ml aquades steril, lalu tabung pengencer kedua di *vortex*, dan diambil 1 ml dari tabung kedua untuk dimasukkan kedalam tabung pengencer ketiga, begitu seterusnya hingga pengenceran kelima (10^{-5}).

Masing-masing dari pengenceran terakhir 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5} dengan air laut steril, diambil sebanyak 0,1 ml ditumbuhkan di atas lempeng media SMSSe yang mengandung minyak solar 2% (b/v) serta ditambahkan 2 % *bacto agar* sebagai bahan pemadat dengan metode cawan sebar dengan menggunakan L *glass*, selanjutnya diinkubasi pada suhu 35°C selama 24 jam (Andina, 2014). Bakteri yang tumbuh, dimurnikan kembali berdasarkan dengan karakteristik morfologi yang sama dengan metode goresan pada lempeng media SMSSe dan ditambahkan dengan *bacto agar* untuk didapatkan hasil koloni tunggal.

3.4.6 Karakterisasi Pengamatan Bakteri

Hasil isolat yang telah didapatkan, selanjutnya diidentifikasi dengan menggunakan pengamatan makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia dengan menggunakan buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Eight Edition (*Buchanan, R.E dan N.E Gibbons, 1974).

1. Pengamatan Makroskopik

   Menurut Dwijoseputro (1989), pengamatan makroskopik dilakukan untuk dapat mengamati karakteristik koloni bakteri adalah sebagai berikut :

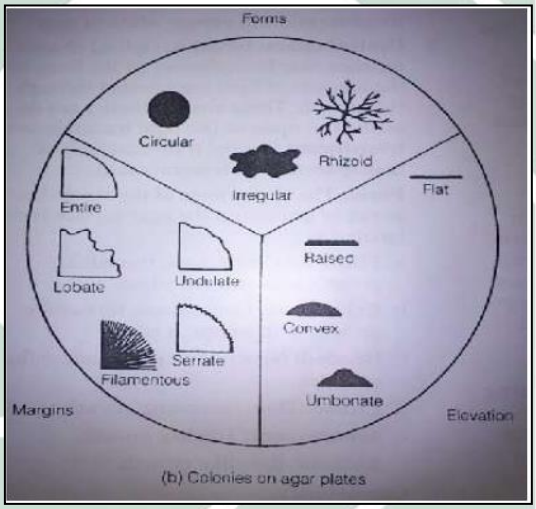
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

a. Warna koloni : keputih-putihan, kekuning-kuningan atau hampir bening, kelabu

b. Bentuk koloni (dilihat dari atas) : bulat bertepi (*circular*), tidak beraturan bertepi (*irregular*), seperti akar dan menyebar (*rhzoid*)

c. Tepian koloni/margin (dilihat dari atas) : rata/utuh (*entire*), berombak/berlekuk (*lobate*), bergerigi (*serrate*), benang (*filamentous*), keriting (*undulate*)

d. Permukaan koloni/elevasi (dilihat dari samping) : datar/nyaris dengan medium (*flat*), timbul-melekung (*convex*), timbul-datar (*raised*), membukit (*umbonate*)



Gambar 3.4 Morfologi Koloni Bakteri
(*Sumber : Cappuccino dan Sherman, 2008 dalam Andina, 2014*)

2. Pengamatan Mikroskopik

Pengamatan mikroskopik dilakukan untuk dapat melihat bentuk sel serta sifat bakteri. Pengamatan mikroskopis terdiri dari pewarnaan gram dan uji biokimia (Holt *et al.,* 1994 *dalam* Rohmah, 2017).

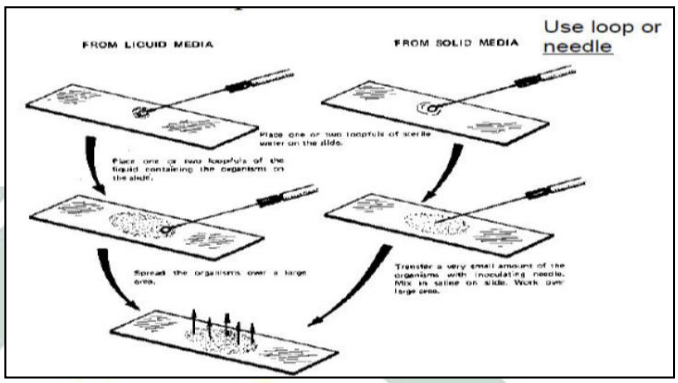
a. Pewarnaan Gram

Salah satu teknik pewarnaan differensial yang paling penting adalah pewarnaan gram yang dapat membedakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

bakteri yang bersifat gram positif dan gram negatif . Pada segi pewarnaan terdapat perbedaan antara gram positif dan gram negatif yang dapat diamati dengan jelas (Pelczar, 2008). Berikut langkah-langkah dari pewarnaan gram pada bakteri :

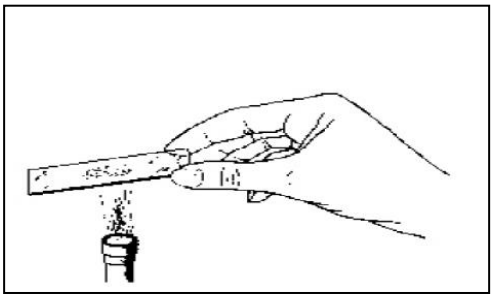
1) Pembuatan pulasan bakteri



Gambar 3.5 Teknik Pembuatan Pulasan Bakteri
(*Sumber : Pelczar, 2008*)

Biakan murni yang akan diidentifikasi pada media padat, diambil dengan menggunakan jarum ose yang telah disterilkan, lalu diletakkan pada objek gelas yang sebelumnya telah diberi aquades steril dan telah diratakan. Selanjutnya biakan tersebut diratakan dengan menggunakan jarum ose pada objek gelas. Kemudian dikeringkan.

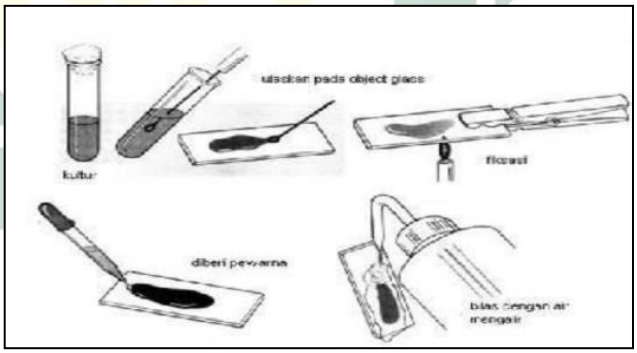
2) Objek gelas yang berisi biakan difiksasi dengan 3 kali melewati api.



Gambar 3.6 Teknik Fiksasi
(*Sumber : Pelczar, 2008*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3) Olesan bakteri yang telah menempel dengan posisi kering, kemudian ditetesi dengan kristal violet dan diratakan pada objek gelas, selanjutnya di diamkan selama 1 menit. Lalu zat warna yang berlebih dibuang dengan cara membilas menggunakan air mengalir.
4) Pewarnaan kedua dengan menetesi larutan iodium lugol dan diratakan pada objek gelas dan didiamkan selama 1-2 menit.
5) Selanjutnya dicuci dengan air mengalir, kemudian di decolorisasi (diberi larutan peluntur) dengan alkohol 96% sampai warna ungu hilang /selama 20 detik (jika berlebihan dapat mengakibatkan kesalahan hasil).
6) Pada tahap terakhir oleskan larutan safranin lalu diratakan di atas gelas objek dan dibiarkan hingga selama 1-2 menit, terakhir olesan dari bakteri dibilas dengan air mengalir dan dikeringkan.



Gambar 3.7 Teknik Pewarnaan Bakteri
(*Sumber : Pelczar, 2008*)

7) Kemudian dilakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop. Pengamatan di bawah mikroskop dilakukan dengan menambahkan 1 tetes minyak imersi di atas gelas objek untuk menghindari indeks bias pada pengamatan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

8) Selanjutnya pengamatan bentuk dan warna sel pada bakteri. Pada warna sel bakteri pada pewarnaan gram terdiri dari dua yaitu pewarnaan gram positif dan pewarnaan gram negatif dan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Pewarnaan Gram Bakteri

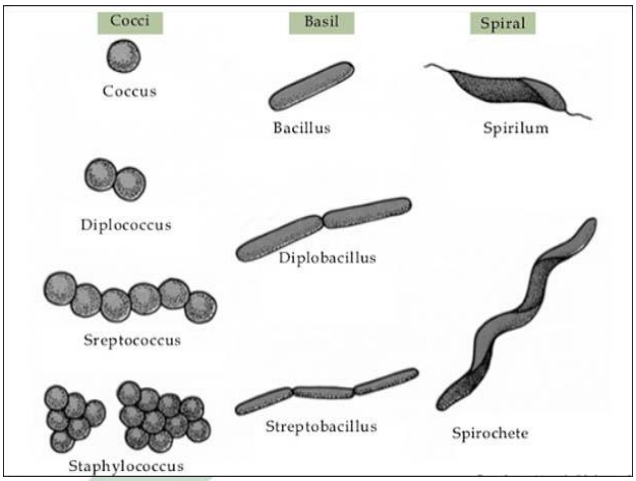
No	Larutan	Reaksi dan Tampang Bakteri	
		Gram Positif	**Gram Negatif**
1	Kristal Violet	Sel bewarna ungu	Sel bewarna ungu
2	Ioudium Lugol		
3	Alkohol	Kompleks kristal violet dan iodium lugol terbentuk di dalam sel, sel tetap berwarna ungu	Kompleks kristal violet dan iodium lugol terbentuk di dalam sel, sel tetap berwarna ungu
4	Safranin	Dinding sel mengalami dehidrasi, pori-pori menciut sehingga daya rembes dinding sel dan membran menurun, kristal violet dan iodium lugol tidak dapat keluar dari sel sehingga sel tetap bewarna ungu dan sel tidak akan berpengaruh	Lipid akan terekstrasi dari dinding sel, pori-pori akan mengembang. Kompleks kristal violet dan iodium lugol akan keluar dari sel sehingga sel menjadi tidak bewarna dan sel akan menyerap zat pewarna ini yaitu menjadi merah

(*Sumber : Pelczar, 2008*)

b. Pengamatan bentuk sel

Pada pengamatan bentuk sel bakteri pada mikroskop terdiri dari bulat (*coccus*), batang (*basil*) dan spiral (*spirilia*). Bentuk sel bakteri dapat dilihat pada Gambar 3.8.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.8. Bentuk Sel Bakteri

3. Uji Biokimia

Uji biokimia bakteri yaitu suatu cara yang dilakukan untuk mengidentifikasi dan mendeterminasi pada biakan murni bakteri. Proses biokimia erat kaitannya dengan metabolisme sel. Sifat metabolisme bakteri dalam uji biokimia biasanya dilihat dari interaksi metabolit-metabolit yang dihasilkan reagen-reagen kimia (MacFaddin, 1980).Uji biokimia yang akan diujikan yaitu uji TSIA, uji SCA dan uji 35nutrien gelatin (Lampiran 5).

a. Uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA)

Agar TSIA digunakan untuk mengamati kemampuan bakteri memfermentasi glukosa, laktosa dan sukrosa. Hal tersebut dapat ditandai dengan perubahan warna akibat timbulnya suasana asam pada media, serta terbentuknya H_2S yang ditandai perubahan warna media orange menjadi hitam.

Prosedur kerja dari uji TSIA yaitu mengambil biakan bakteri murni dengan menggunakan jarum ose steril. Selanjutnya di inokulasi ke dalam media TSIA dengan cara menusukan tegak lurus tepat pada media agar miring

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

TSIA dan selanjutnya digores. Lalu di inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dan melihat perubahan hasil fermentasi pada 2 tempat yaitu warna bagian miring dan bagian dasar pada media (Alexander, 2004).

b. Uji *Simon Citrate Agar* (SCA)

Agar SCA digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu bakteri dalam menggunakan natrium sitrat sebagai sumber utama metabolisme dan pertumbuhan. Apabila media sitrat yang semula bewarna hijau dengan suasana asam dan berubah warna menjadi biru dengan suasana basa maka bakteri menggunakan sitrat sebagai sumber karbon (Alexander, 2004).

Prosedur kerja dari uji SCA yaitu mengambil biakan bakteri murni dengan menggunakan jarum ose steril. Selanjutnya di inokulasi ke dalam media SCA dengan cara menusukan tegak lurus tepat pada media agar miring SCA dan selanjutnya digores. Lalu di inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam perubahan warna diamati pada *test tube slant* (miring) dan tusukan (tegak) pada media (Alexander, 2004).

c. Uji Nutrien Gelatin

Nutrien gelatin digunakan bakteri untuk menghidrolisi gelatin dengan mensekresi enzimatik proteolitik yang disebut gelatinase. Asam amino hasil hidrolisis ini kemudian digunakan oleh bakteri untuk hasil nutrisinya. Karena gelatin sudah terhidrolisis, gelatin tidak mampu membentuk gel (Cappucino dan Sherman, 1983).

Langkah kerja dari uji nutrien gelatin yaitu mengambil biakan bakteri murni dengan menggunakan jarum ose steril. Selanjutnya di inokulasi ke dalam media nutrien gelatin dengan cara menusukan tegak lurus tepat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pada media tersebut dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C, kemudian disimpan pada lemari es dengan suhu 4°C selama 30 menit. Diamati cair tidaknya medium. (Cappucino dan Sherman, 1983).

3.4.7 Biodegradasi Minyak Solar

1. Pembuatan Suspensi Isolat Bakteri 10^{-8} sel/ml untuk Pengujian

   Biakan bakteri yang telah dimurnikan dari media selektif SMSSe digunakan dalam pengujian dan dibuat dalam bentuk suspensi. Jarum ose steril digunakan untuk mengambil sekitar 1-2 ose biakan murni, selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung reaksi steril yang telah berisi larutan NaCl fisiologis/ NaCl 0,85%. Biakan dan larutan tersebut dihomogenkan dengan menggunakan *vortex*. Selanjutnya kekeruhan campuran tersebut dibandingkan dengan kekeruhan *Mac Farland* 0,5 *standard* yang dapat dilihat pada Tabel 3. (Nababan, 2008).

Tabel 3.2 Hasil Standar Kekeruhan *Mc Farland*

Skala	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
CFU(x10^{6}/mL)	<300	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400
Absorbansi	0,191	0,698	0,812	0,959	1,326	1,626	1,830	2,025	2,143

(*Sumber : Ernawati dan Verawaty, 2011*)

2. Uji Kemampuan Bakteri Murni dalam Mendegradasi Minyak Solar

   Setiap suspensi yang digunakan untuk pengujian, selanjutnya diambil sebanyak 1 ml dan ditambahkan ke dalam media SMSSe cair (150 ml) yang telah mengandung minyak solar sebesar 2% (3 ml) secara terpisah (Nababan, 2008). Kultur diinkubasi pada suhu ruang dan diaduk di atas inkubasi shaker dengan kecepatan 120 rpm selama 24 jam untuk menjaga agar proses berlangsung secara aerob (Andina, 2014). Selanjutnya dilakukan analisis kadar minyak solar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang tersisa dan estimasi kepadatan bakteri selama 7 x 24 jam.

Selama masa inkubasi, pada tahap perlakuan ini yaitu mengamati pertumbuhan kultur bakteri murni pada media SMSSe cair yang mengandung minyak solar, serta kultur bakteri murni pada media SMSSe cair tanpa minyak solar dan diukur berdasarkan kerapatan optik (OD) dengan panjang gelombang 620 nm setiap 24 jam (Ismail, 2015). Selanjutnya kultur bakteri murni dibuat duplo untuk pembuatan kurva pertumbuhan bakteri dan uji biodegradasi bakteri (Nababan, 2008).

3. Analisis Kadar Minyak secara Gravimetri

Analisis kadar minyak bumi secara gravimetri dapat dilakukan dengan cara media SMSSe cair yang mengandung minyak solar 2% (b/v) dari uji kemampuan bakteri murni dalam mendegradasi minyak solar dimasukkan ke dalam corong pisah. Media cair pada corong pisah tersebut selanjutnya ditambahkan 5 ml HCl 3 N hingga nilai pada media memiliki pH 2, (Greenberg, 1992) kemudian ditambahkan pelarut sebesar 30 ml kloroform.

Selanjutnya corong pisah dikocok dengan kuat selama 2 menit (dengan sekali-kali tutup pada corong pisah dibuka untuk mengeluarkan gas yang terbentuk). Setelah 2 menit, di diamkan corong pisah sampai terbentuk 2 lapisan memisah dan stabil, dan keluarkan lapisan air (SNI, 06-6989.10-2004). Lapisan kloroform dan minyak solar dari corong pisah dikeluarkan dan disaring dengan kertas saring yang telah diolesi 0,5 gram Na_2SO_4 ke dalam gelas beaker yang telah sebelumnya telah ditimbang.Kemudian gelas beaker berisi kloroform dan minyak dipanaskan pada suhu 60°C (sesuai titik didih kloroform) sampai kloroform habis, airnya habis menguap dan yang tersisa hanya minyak (APHA, 1981).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Selanjutnya gelas beaker yang berisi minyak tersebut diangkat dan didiamkan sampai dingin lalu ditimbang dan dicatat beratnya. Berdasarkan rumus SNI 06 6989.10-2004 kadar minyak dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Kadar Minyak (mg/L)} = \frac{(A-B)}{\text{mL contoh uji}} \times 1000 \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan : A = Berat labu + ekstrak (mg)

B = Berat labu kosong (mg)

Menurut Herdiyanto (2005), rumus untuk menentukan persentase biodegradasi minyak bumi yang terjadi dapat diketahui dengan cara :

$$\% B = \frac{(Bmo-Bmn)}{Bmo} X 100 \quad \text{.....(2)}$$

Keterangan : %B = Persentase Biodegradasi

Bmo = Bobot minyak bumi awal (g)

Bmn= Bobot minyak bumi akhir (g)

3.4.8 Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini adalah laju pertumbuhan bakteri pendegradasi minyak dan persentase kadar minyak hasil biodegradasi bakteri. Data yang ada kemudian dianalisis secara deskriptif dan ditampilkan dalam bentuk tabel dan gambar.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

'Halaman Sengaja Dikosongkan'

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar di Pelabuhan Tanjung Perak

Penggunaan bakteri *indigenous* hidrokarbonoklastik dari perairan Pelabuhan Tanjung Perak untuk mendegradasi minyak di lingkungan yang tercemar pada wilayah tersebut lebih baik, karena bakteri *indigenous* adalah bakteri yang berasal dari lokasi pencemaran terjadi. Bakteri tersebut akan memanfaatkan minyak yang tersebar luas di lingkungan sebagai sumber nutrisinya.

4.1.1 Isolasi dan Pemurnian Bakteri dari Pelabuhan Tanjung Perak

Bakteri dari perairan Pelabuhan Tanjung Perak ditemukan dalam bentuk populasi mikroba campuran. Bakteri yang berpotensi mendegradasi minyak dapat dikultur dengan menggunakan media selektif, penggunaan media tersebut untuk menumbuhkan bakteri tertentu dan menghambat pertumbuhan bakteri lain (bakteri non target). Media selektif yang digunakan untuk menumbuhkan media bakteri pendegradasi minyak (bakteri hidrokarbonoklastik) yaitu menggunakan media *Stone Mineral Salt Solution Extract Yeast* (SMSSe).

Pada isolasi bakteri hidrokarbonoklastik menggunakan media SMSSe diperkaya dengan nutrien yang dibutuhkan yaitu berupa $CaCO_3$, NH_4NO_3, $Na_2HPO_4.7H_2O$ senyawa-senyawa tersebut merupakan nutrien utama yang dibutuhkan untuk hidup, berkembang biak dan menghasilkan enzim-enzim untuk mendegradasi hidrokarbon. Selain itu pada media SMSSe terdapat mineral-mineral yaitu KH_2PO_4, $MgSO_4.7H_2O$, dan $MnCl_2.7\ H_2O$, mineral-mineral tersebut dibutuhkan dalam jumlah kecil sebagai nutrisinya, selanjutnya ditambahkan pula dengan ekstrak ragi sebagai sumber nitrogen dalam bentuk asan amino dan *growth*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

factor tambahan (Nababan, 2008). Pada media SMSSe ditambahkan pula minyak solar sebanyak 2% (b/v) sebagai sumber karbon pada mikroba.

Isolasi bakteri yaitu dengan memasukkan air sampel dari pelabuhan Tanjung Perak Surabaya yang pernah tercemar minyak sebanyak 2% (b/v) atau 4 ml ke dalam media cair SMSSe yang berisi 200 ml (Gambar 4.1) dan diinkubasi menggunakan *incubator shaker* pada suhu ruang dengan kecepatan 120 rpm.

Gambar 4.1 Media SMSSe minyak solar awal
(*Sumber : Data Primer Penelitian, 2018*)

Setelah bakteri diinkubasi selama 5 hari dalam media SMSSe, terjadi perubahan media yaitu perubahan warna dan keruh (Gambar 4.2) yang mengidikasikan bahwa populasi bakteri pendegradasi telah tumbuh dan dapat diisolasi ke media SMSSe padat. Pada Stasiun 1 mengalami perubahan media menjadi kuning pekat, sedangkan pada Stasiun 2 mengalami perubahan warna menjadi kecoklatan. Menurut Nugroho (2006), jika dilakukan dalam media buatan di laboraturium akan terjadi perubahan warna larutan medium, warna yang terbentuk pada media minyak yaitu antara kuning dan jingga tua. Perubahan warna pada media pada kultur bakteri dari sampel air laut terdapat pada Gambar 4.2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

a b

Gambar 4.2 Media SMSSe minyak solar setelah inkubasi selama 5 hari a= Stasiun 1; b= Stasiun 2
(*Sumber : Data Primer Penelitian, 2018*)

Populasi bakteri hidrokarbonoklastik yang telah tumbuh di dalam media cair SMSSe selanjutnya diinokulasikan pada media SMSSe padat pada cawan petri dengan metode *pour plate* (cawan sebar). Selanjutnya bakteri diinkubasi selama 2x 24 jam, bakteri yang tumbuh dan berbeda karakteristik morfologi (warna, elevasi, ukuran dan bentuk tepian). Agar dapat mendapatkan biakan bakteri murni, dimurnikan kembali dengan metode *streak plate* (metode gores) yaitu dengan cara mengambil biakan pada media SMSSe padat dengan menggunakan jarum ose steril, dan ditumbuhkan kembali pada media SMSSe padat steril, setiap koloni yang berbeda dimurnikan kembali pada media yang serupa untuk mendapatkan koloni tunggal. Setelah koloni pada media cawan petri serupa, menandakan bahwa koloni bakteri pada cawan telah murni.

4.1.2 Morfologi Bakteri Hidrokarbonoklatik dari perairan Pelabuhan Tanjung Perak

Hasil isolasi yang telah dilakukan memperoleh 5 isolat bakteri dari Stasiun 1 yang berlokasi pada Pelabuhan Dermaga Jamrud Utara dan diperoleh 2 isolat bakteri yang diperoleh dari Stasiun 2 pada lokasi Terminal Gapura Surya Nusantara. Banyaknya isolat yang berasal dari stasiun 1 adalah karena banyaknya aktifitas kapal yang ada di Pelabuhan Dermaga Jamrud Utara. Menurut

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kahumas Pelindo III Tanjung Perak bahwa kenaikan paling tinggi berasal dari bongkar muat barang naik sekitar 31 % sedangkan pada Terminal Gapura Surya Nusantara naik sekitar 2% di tahun 2017 (www. pelindo.co.id). Sehingga volume buangan yang mengandung minyak (*oil waste*) cenderung meningkat. Banyaknya isolat bakteri yang dihasilkan di stasiun 2 dikarenakan perairan tersebut lebih banyak mengandung sumber karbon untuk pertumbuhan bakteri.

Berdasarkan hasil isolasi, ditemukan koloni bakteri hidrokarbonoklastik. Morfologi koloni bakteri dari nampak luar terlihat sama namun selanjutnya diidentifikasi pengamatan secara makroskopik untuk ukuran, warna, bentuk, tepian dan elevasi, sedangkan secara mikroskopik yaitu dengan melakukan pewarnaan gram untuk dapat mengidentifikasi bakteri tersebut termasuk ke dalam Gram positif atau gram negatif. Menurut Andina (2014), pewarnaan gram dapat melihat kemurniaan bakteri yang telah diisolasi hingga tingkat sel. Pewarnaan gram dilakukan dengan menggunakan isolat bakteri yang berumur 24-48 jam. Biakan bakteri yang baru akan mengurangi terjadinya penyimpangan pada pewarnaan Gram karena pada biakan yang lama banyak sel yang mengalami kerusakan pada dinding sel nya sehingga bakteri Gram positif tidak dapat lagi mempertahankan kompleks warna kristal violet-iodium lugol sehingga akan terlihat menjadi Gram negatif (Waluyo, 2010). Uji biokimia menggunakan uji TSIA, SCA dan nutrien gelatin.

Hasil karakteristik dan identifikasi isolasi bakteri pendegradasi minyak dari Pelabuhan Tanjung Perak terdapat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.1 Hasil pengamatan bakteri pendegradasi minyak solar dari Perairan Pelabuhan Tanjung Perak pada Stasiun 1.

Pengamatan	Karakteristik	Sampel I (Kode Isolat)				
		SI.1	**SI.2**	**SI.3**	**SI.4**	**SI.5**
Makroskopik	Ukuran Koloni	Sedang	Kecil	Sedang	Sedang	Kecil
	Bentuk Koloni	*Circular*	*Circular*	*Circular*	*Irregular*	*Circular*
	Tepi Koloni	*Serrate*	*Entire*	*Entire*	*Undulate*	*Entire*
	Warna Koloni	Putih kekuningan	Putih	Putih	Putih	Putih
	Elevasi Koloni	*Raised*	*Raised*	*Convex*	*Raised*	*Raised*
Mikroskopik	Pewarnaan Gram	-	+	-	-	-
	Bentuk Sel	*Streptobacil*	*Diplococcus*	*Streptobacil*	*Streptobacil*	*Monobacil*
Uji Biokimia	Uji TSIA	-/-	-/-	-/+	-/+	-/+
	Uji SCA	+	+	+	+	+
	Uji Nutrien Gelatin	+	+	+	+	+
	Genus	*Pseudomonas*	*Bacillus*	*Klebsiella*	*Enterobacter*	*Citrobacter*

(*Sumber : Data Primer Penelitian, 2018)*

Keterangan :

Circular (bulat bertepi) TSIA +/+ → Lereng kuning/dasar kuning
Irregular (tidak beraturan bertepi) TSIA -/- → Lereng merah/dasar merah
Serrate (bergerigi) TSIA -/+ → Lereng merah/dasar kuning
Entire (rata/utuh) + → Reaksi positif
Undulate (keriting) - → Reaksi negatif
Raised (timbul-datar)
Convex (timbul-melengkung)
Streptobacil (Sel bakteri yang berbentuk batang yang membentuk rantai panjang)
Diplococcus (Sel bakteri yang berbentuk bulat yang bergandengan dua dua)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.2 Hasil pengamatan bakteri pendegradasi minyak solar dari Perairan Pelabuhan Tanjung Perak pada Stasiun 2.

Pengamatan	Karakteristik	Sampel II (Kode Isolat)	
		SII.1	**SII.2**
Makroskopik	Ukuran Koloni	Kecil	Sedang
	Bentuk Koloni	*Circular*	*Circular*
	Tepi Koloni	*Entire*	*Entire*
	Warna Koloni	Putih	Putih
	Elevasi Koloni	*Raised*	*Convex*
Mikroskopik	Pewarnaan Gram	+	-
	Bentuk Sel	*Diplococcus*	*Streptobacil*
Uji Biokimia	Uji TSIA	-/-	-/+
	Uji SCA	+	+
	Uji Nutrien Gelatin	+	+
	Genus	*Bacillus*	*Klebsiella*

(*Sumber : Data Primer Penelitian, 2018*)

Keterangan :

Circular	(bulat bertepi)	TSIA +/+ →	Lereng kuning/dasar kuning
Entire	(rata/utuh)	TSIA -/- →	Lereng merah/dasar merah
Serrate	(bergerigi)	TSIA -/+ →	Lereng merah/dasar merah
Raised	(timbul-datar)	+ →	Reaksi positif
Convex	(timbul-melengkung)	- →	Reaksi negatif

Diplococcus (Sel bakteri yang berbentuk bulat yang bergandengan dua dua)
Streptobacil (Sel bakteri yang berbentuk batang yang membentuk rantai panjang)

Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 menunjukkan bahwa isolat bakteri asal Pelabuhan Tanjung Perak yang telah diidentifikasi secara makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia adalah bakteri dari Genus *Pseudomonas,* Genus *Bacillus,* Genus *Klebsiella,* Genus *Enterobacter,* Genus *Citrobacter.*

1. Genus *Pseudomonas*

   Isolasi bakteri dengan kode SI.1 merupakan Genus bakteri dari *Pseudomonas*. Berdasarkan buku klasifikasi *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Eight Edition* klasifikasi bakteri *Pseudomonas* adalah Divisi : Schizophyta, Kelas : Schizomyctes, Ordo: Pseudomondales, Famili : Pseudomonadaceae, Genus : *Pseudomonas.*

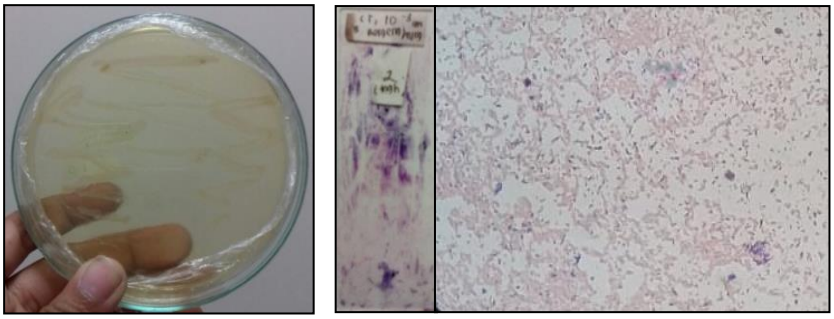
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hasil dari makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia pada bakteri *Pseudomonas* terdapat pada Gambar 4.3. Pada uji biokimia *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) terhadap Genus *Pseudomonas,* bakteri tersebut tidak mampu memfermentasikan semua karbohidrat (glukosa, laktosa dan sukrosa). Pada pengamatan penelitian ini uji glukosa terdapat pada bagian dasar (*butt*) media tersebut bewarna merah (basa) sedangkan untuk uji laktosa dan sukrosa berada di lereng media (*slant*) yang memiliki warna merah. Menurut Ismail (2015) jika media TSIA tidak mengalami perubahan warna kuning, maka bakteri tersebut tidak dapat memfermentasi karbohidrat.

Pada pengamatan Genus *Pseudomonas* dengan melakukan uji *Simon Citrate Agar* (SCA), menghasilkan reaksi positif, karena bakteri tersebut menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dalam metabolismenya yang ditunjukkan perubahan media awal berwarna hijau berubah menjadi biru. Menurut Azizah (2016), Reaksi positif, mikroba berkemampuan untuk menggunakan asam sitrat sebagai sumber karbon mikroba.

Pada uji hidrolisis nutrien gelatin, Genus *Pseudomonas* dapat menghidrolisis gelatin dengan enzim proteolitik yang disebut gelatinase. Bakteri memanfaatkan nutrien gelatin yaitu dengan dengan cara merusak jaringan kolagen, jaringan tersebut tersusun atas dua puluh asam amino. Sehingga asam amino hasil hidrolisis ini kemudian digunakan sebagai sumber nutrien bakteri (Mahmudah, 2016). Ketika gelatin telah terhidrolisis maka media nutrien gelatin tersebut tidak dapat kembali membentuk gel, sehingga media nutrien gelatin menjadi cair. Menurut Lay (1994), bakteri yang memiliki enzim gelatinase dan dapat mengidrolisis media gelatin, maka media gelatin tetap cair meskipun telah didinginkan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



a b

c d

Gambar 4.3 Pengamatan Genus *Pseudomonas :* a= makroskopik; b=mikroskopik; c =sebelum uji biokimia; d= setelah uji biokimia (*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

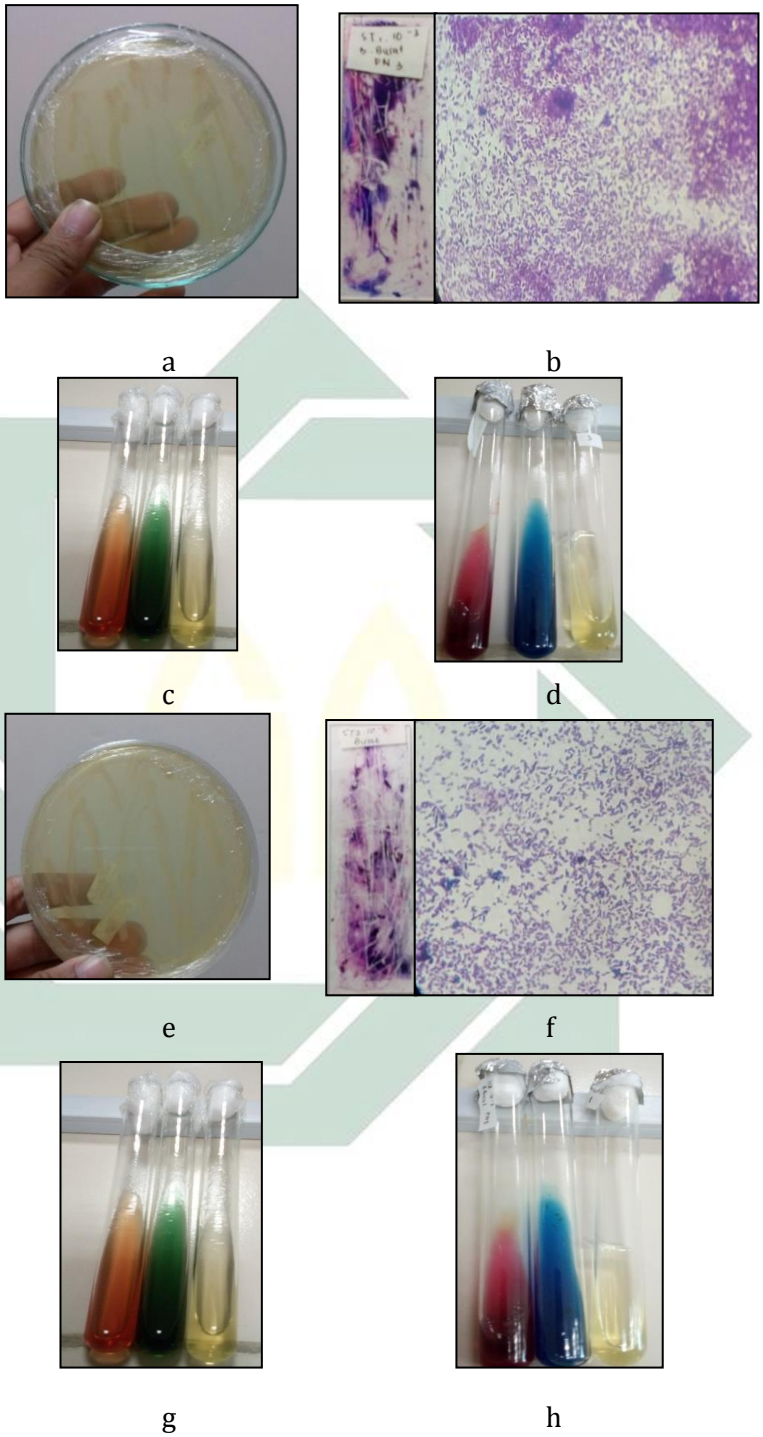
2. Genus *Bacillus*

Isolasi bakteri dengan kode SI.2 pada Stasiun 1 dan SII.1 pada Stasiun 2, merupakan Genus *Bacillus*. Pada kedua isolat tersebut secara makroskopik memiliki karakteristik yang sama, yaitu memiliki warna koloni putih, memiliki bentuk koloni bulat (*circular*), memiliki tepian rata (*entire*) dan memiliki *raised* (datar-timbul) pada elevasi koloni. Sedangkan secara mikroskopik memiliki morfologi bentuk sel *diplococcalus* dengan memiliki gram positif.

Berdasarkan buku klasifikasi *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Eight Edition* klasifikasi Genus *Bacillus* adalah Divisi : Schizophyta, Kelas: Schizomyctes, Ordo: Eubacteriales, Famili : Bacillaceae, Genus : *Bacillus.*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hasil dari makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia pada bakteri *Bacillus* terdapat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengamatan Genus *Bacillus* Stasiun 1 *:* a= makroskopik; b=mikroskopik; c =sebelum uji biokimia; d= setelah uji biokimia, Stasiun 2 *:* e= makroskopik; f=mikroskopik; g =sebelum uji biokimia; h= setelah uji biokimia (*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) terhadap Genus *Bacillus,* bakteri tersebut tidak mampu memfermentasikan semua karbohidrat (glukosa, laktosa dan sukrosa). Pada pengamatan uji glukosa terdapat pada bagian dasar (*butt*) media tersebut bewarna merah (basa) sedangkan untuk uji laktosa dan sukrosa berada di lereng media (*slant*) yang memiliki warna merah. Menurut Nugroho (2007), Genus *Bacillus* tidak dapat memfermentasikan glukosa, laktosa dan sukrosa, pada bagian dasar (*butt*) dan lereng media (*slant*).

Pada pengamatan Genus *Bacillus* pada uji *Simon Citrate Agar* (SCA), bakteri tersebut menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dalam metabolismenya yang ditunjukkan dengan perubahan warna hijau menjadi biru sehingga dapat bakteri tersebut mengalami reaksi positif pada uji SCA. Menurut Lay (1994) mikroba mampu menguraikan sitrat, maka asam akan dihilangkan pada media biakan sehingga dapat mengubah warna dari hijau menjadi biru.

Pada uji hidrolisis nutrien gelatin, Genus *Bacillus* dapat menghidrolisis gelatin dengan dengan enzim proteolitik yang disebut gelatinase, sehingga asam amino hasil hidrolisis ini kemudian digunakan sebagai sumber nutrien bakteri. Ketika gelatin telah terhidrolisis maka gelatin tersebut tidak dapat kembali membentuk gel, dan media tersebut menjadi cair. Media gelatin yang telah terhidrolisis tetap cair meskipun telah didinginkan.

3. Genus *Klebsiella*

Isolasi bakteri dengan kode SI.3 (Stasiun 1) dan SII.2 (Stasiun 2) merupakan bakteri dari Genus *Klebsiella*. Pada kedua isolat tersebut secara makroskopik memiliki karakteristik yang sama, yaitu memiliki warna koloni putih, memiliki bentuk koloni bulat (*circular*) dan memiliki tepian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

rata (*entire*). Sedangkan secara mikroskopik memiliki morfologi bentuk sel *Streptobacil* dengan memiliki Gram negatif.

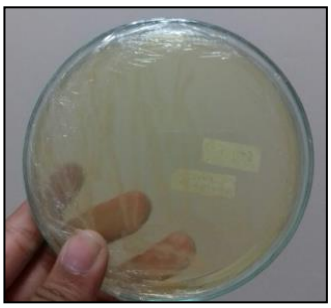
Berdasarkan buku klasifikasi *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Eight Edition* klasifikasi bakteri *Klebsiella* adalah Divisi : Schizophyta, Kelas : Schizomyctes, Ordo : Eubacteriales, Famili : Enterobacteriaceae, Genus : *Klebsiella.*

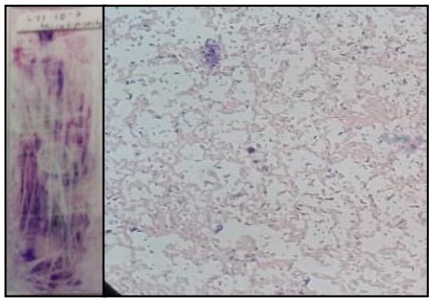
Hasil dari makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia pada bakteri *Klebsiella* terdapat pada Gambar 4.5. Pada uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) terhadap Genus *Klebsiella,* bakteri tersebut sebagian mampu memfermentasikan karbohidrat. Pada Pengamatan uji glukosa terdapat pada bagian dasar (*butt*) media tersebut bewarna kuning (asam) sedangkan untuk uji laktosa dan sukrosa berada di lereng media (*slant*) yang memiliki warna merah (basa), sehingga bakteri *Klebsiella* mampu memfermentasi glukosa sebagai sumber nutrisinya.

Pada pengamatan Genus *Klebsiella* pada uji *Simon Citrate Agar* (SCA), bakteri tersebut menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dalam metabolismenya yang ditunjukkan dengan perubahan warna hijau menjadi biru sehingga dapat bakteri tersebut mengalami reaksi positif pada uji SCA.

Pada uji hidrolisis nutrien gelatin, Genus *Klebsiella* dapat menghidrolisis gelatin dengan enzim proteolitik yang disebut gelatinase, kemudian bakteri memanfaatkan asam amino sebagai sumber nutrien bakteri. Ketika gelatin telah terhidrolisis maka gelatin tersebut tidak dapat kembali membentuk gel, dan media tersebut berubah menjadi cair. media gelatin yang telah terhidrolisis tetap cair meskipun telah didinginkan.

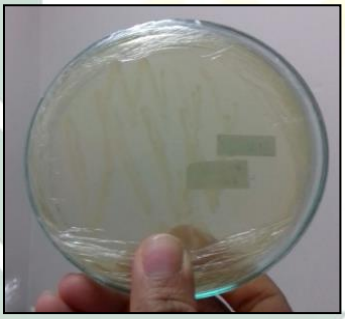
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

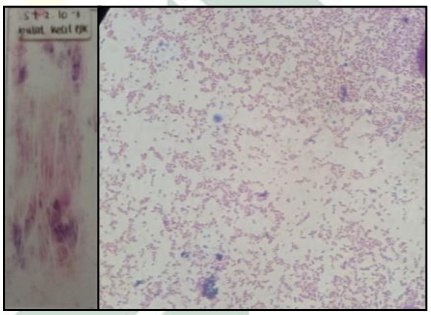




a b

c d





e f

g h

Gambar 4.5 Pengamatan Genus *Klebsiella* Stasiun 1 *:* a= makroskopik; b=mikroskopik; c =sebelum uji biokimia; d= setelah uji biokimia, Stasiun 2 *:* e= makroskopik; f=mikroskopik; g =sebelum uji biokimia; h= setelah uji biokimia (*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Genus *Enterobacter*

Isolasi bakteri dengan kode SI.4 merupakan bakteri dari Genus *Enterobacter*. Berdasarkan buku klasifikasi *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Eight Edition* klasifikasi bakteri *Enterobacter* adalah Divisi : Schizophyta, Kelas : Schizomyctes, Ordo: Eubacteriales, Famili : Enterobacteriaceae, Genus : *Enterobacter.*

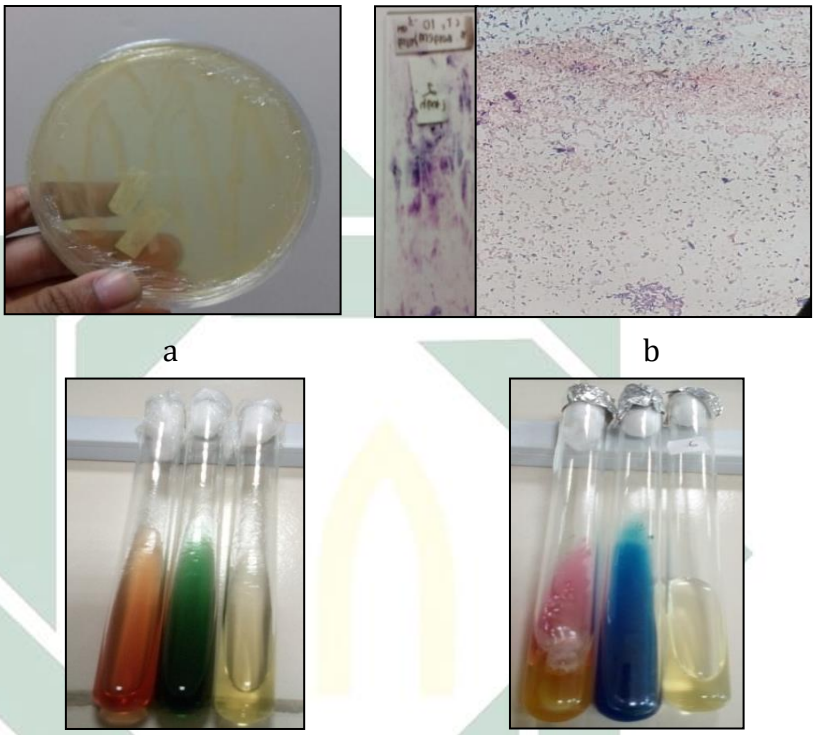
Hasil dari makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia pada Genus *Enterobacter* terdapat pada Gambar 4.6. Pada uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) terhadap Genus *Enterobacter,* bakteri tersebut hanya mampu memfermentasikan sebagian karbohidrat yaitu glukosa. Pada Pengamatan uji glukosa terdapat pada bagian dasar (*butt*) media tersebut bewarna kuning (asam) sedangkan untuk uji laktosa dan sukrosa berada di lereng media (*slant*) yang memiliki warna merah (basa), sehingga Genus *Enterobacter* mampu memfermentasi glukosa sebagai sumber nutrisinya.

Pengamatan Genus *Enterobacter* pada uji *Simon Citrate Agar* (SCA), menghasilkan reaksi positif, karena bakteri tersebut menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dalam metabolismenya yang ditunjukkan perubahan warna hijau menjadi biru. Menurut Azizah (2016), reaksi positif, mikroba berkemampuan untuk menggunakan asam sitrat sebagai sumber karbon mikroba.

Pada uji hidrolisis nutrien gelatin, Genus *Enterobacter* dapat menghidrolisis gelatin dengan enzim proteolitik yang disebut gelatinase. Bakteri memanfaatkan nutrien gelatin yaitu dengan dengan cara merusak jaringan kolagen, jaringan tersebut tersusun atas dua puluh asam amino. Sehingga asam amino hasil hidrolisis ini kemudian digunakan sebagai sumber nutrien bakteri (Mahmudah, 2016). Ketika gelatin

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

telah terhidrolisis maka gelatin tersebut tidak dapat kembali membentuk gel, sehingga media nutrien gelatin menjadi cair. Menurut Lay (1994), bakteri yang memiliki enzim gelatinase dan dapat mengidrolisis media gelatin, maka media gelatin tetap cair meskipun telah didinginkan.



Gambar 4.6 Pengamatan Genus *Enterobacter :* a= makroskopik; b=mikroskopik; c =sebelum uji biokimia; d= setelah uji biokimia (*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

5. Genus *Citrobacter*

Isolasi bakteri dengan kode SI.5 merupakan bakteri dari Genus *Citrobacter*. Berdasarkan buku klasifikasi *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Eight Edition* klasifikasi bakteri *Citrobacter* adalah Divisi : Schizophyta, Kelas : Schizomyctes, Ordo: Eubacteriales, Famili : Enterobacteriaceae, Genus : *Citrobacter.*

Hasil dari makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia pada bakteri *Citrobacter* terdapat pada Gambar 4.7. Pada uji

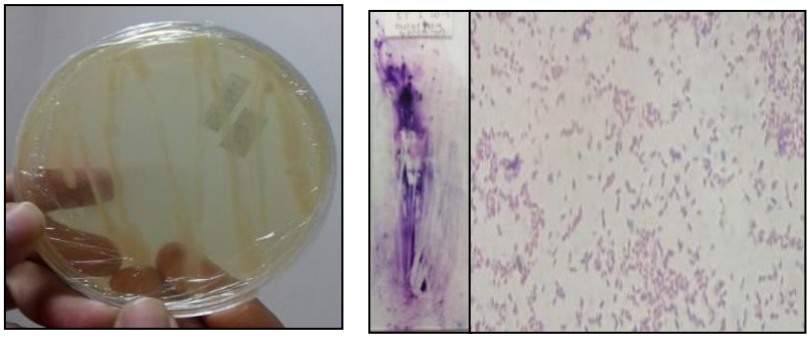
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Triple Sugar Iron Agar (TSIA) terhadap Genus *Citrobacter,* bakteri tersebut hanya mampu memfermentasikan sebagian karbohidrat yaitu glukosa. Pada Pengamatan uji glukosa terdapat pada bagian dasar (*butt*) media tersebut bewarna kuning (asam) sedangkan untuk uji laktosa dan sukrosa berada di lereng media (*slant*) yang memiliki warna merah (basa), sehingga Genus *Enterobacter* mampu memfermentasi glukosa sebagai sumber nutrisinya.

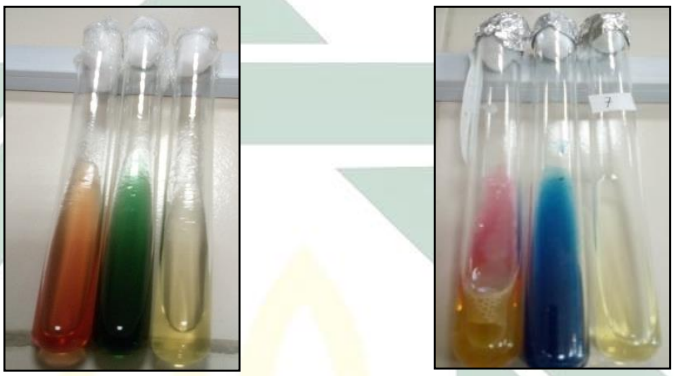
Pengamatan Genus *Citrobacter* pada uji *Simon Citrate Agar* (SCA), menghasilkan reaksi positif, karena bakteri tersebut menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dalam metabolismenya yang ditunjukkan perubahan warna hijau menjadi biru.

Pada uji hidrolisis nutrien gelatin, Genus *Citrobacter* dapat menghidrolisis gelatin dengan enzim proteolitik, sehingga asam amino hasil hidrolisis ini kemudian digunakan sebagai sumber nutrien bakteri. Ketika gelatin telah terhidrolisis maka gelatin tersebut tidak dapat kembali membentuk gel, sehingga media nutrien gelatin menjadi cair. Menurut Lay (1994), bakteri yang memiliki enzim gelatinase dan dapat mengidrolisis media gelatin, maka media gelatin tetap cair meskipun telah didinginkan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



a b



c d

Gambar 4.7 Pengamatan Genus *Citrobacter :* a= makroskopik; b=mikroskopik; c =sebelum uji biokimia; d= setelah uji biokimia (*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

4.2 Uji Kemampuan Bakteri dalam Mendegradasi Minyak Solar

Sebanyak 5 isolat bakteri diperoleh dari Stasiun 1 dan 2 isolat bakteri diperoleh dari Stasiun 2. Selanjutnya dilakukan pengujian kemampuan konsorsium (campuran bakteri), serta isolat bakteri dalam mendegradasi minyak solar. Pengujian tersebut dilakukan selama 7 hari dan dilakukan pengukuran bobot minyak selama 24 jam sekali. Menurut Andina (2014) hampir semua komponen pada minyak disusun oleh oleh unsur karbon (C), hidrogen (H) sehingga disebut hidrokarbon.

4.2.1 Hasil Pengamatan Visual Biodegradasi Minyak Solar

1. Hasil Pengamatan Visual pada media bakteri Stasiun 1

Pengamatan biodegradasi minyak solar pada Genus *Pseudomonas* ditunjukkan secara visual yang disajikan pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Lampiran 6. Pada selama pengamatan mulai mengalami perubahan warna media pada hari pertama. Minyak solar pada permukaan media SMSSe hari pertama mulai di degradasi oleh Genus *Pseudomonas* .

Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Pseudomonas*

Waktu inkubasi (Jam)	**Pengamatan**	
	Warna Media Kultur	**Kondisi Minyak Solar**
24 jam	Kuning bening dan mulai keruh	Kekentalan minyak solar mulai berkurang dan menyebar di permukaan sebagian melekat pada dinding Erlenmeyer
48 jam	Kuning dan keruh	Minyak solar berkurang, dan sebagian besar berada di pinggir dan melekat pada dinding erlenmeyer dengan butiran putih yang melekat
72 jam	Kuning keruh	Minyak solar berkurang serta terdapat butiran-butaran kecil pada tengah permukaan dan dinding Erlenmeyer
96 jam	Kuning tua	Minyak solar berkurang serta terdapat butiran-butaran kecil pada tengah permukaan dan dinding Erlenmeyer
120 jam	Kuning tua dan keruh	Pada permukaan, minyak solar mulai berkurang. Terdapat butiran – butiran kecil berada di dinding Erlenmeyer
144 jam	Kuning tua	Minyak solar berkurang, butiran – butiran kecil di pinggir dan dinding erlenmeyer
168 jam	Kuning tua	Butiran-butiran kecil sebagian besar di dinding Erlenmeyer

(*Sumber : Data Primer Penelitian, 2018)*

Pengamatan biodegradasi minyak solar pada Genus *Bacillus* ditunjukkan secara visual yang disajikan pada Lampiran 6. Pada selama pengamatan mulai mengalami perubahan warna media pada hari ketiga. Hari pertama pengamatan, minyak solar pada permukaan media SMSSe telah di degradasi oleh Genus *Bacillus*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Bacillus*

Waktu inkubasi (Jam)	Pengamatan	
	Warna Media Kultur	**Kondisi Minyak Solar**
24 jam	Bening	Kekentalan minyak solar mulai berkurang dan menyebar di permukaan
48 jam	Bening dan keruh	Minyak solar berkurang, dan terlihat kekentalan minyak solar berkurang
72 jam	Kuning bening dan mulai keruh	Minyak solar berkurang serta terdapat butiran-butaran kecil pada dinding Erlenmeyer
96 jam	Keruh bening	Terdapat butiran – butiran kecil berada di dinding Erlenmeyer
120 jam	Kuning bening tua dan keruh	Terdapat butiran – butiran kecil berada di permukaan dan di dinding Erlenmeyer
144 jam	Kuning bening tua dan keruh	Sebagian besar butiran – butiran kecil di pinggir dan dinding erlenmeyer
168 jam	Kuning bening tua dan keruh	Butiran-butiran kecil sebagian besar di dinding Erlenmeyer

(*Sumber : Data Primer Penelitian, 2018)*

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Klebsiella*

Waktu inkubasi (Jam)	Pengamatan	
	Warna Media Kultur	**Kondisi Minyak Solar**
24 jam	Bening	Minyak solar masih menggumpal namun kekentalan pada minyak mulai berkurang
48 jam	Putih susu	Minyak solar mulai terurai dan telah terlihat kekentalan minyak berkurang
72 jam	Putih susu keruh	Terlihat minyak solar di tengah permukaan terurai dan membuat butiran
96 jam	Keruh bening	Pada permukaan tidak ada minyak solar menggumpal, terdapat butiran butiran kecil di pinggir Erlenmeyer
120 jam	Bening tua dan keruh	Terdapat butiran – butiran kecil berada di pinggir dan dinding Erlenmeyer
144 jam	Bening tua dan keruh	Butiran –butiran kecil di pinggir dan dinding erlenmeyer
168 jam	Bening tua dan keruh	Butiran-butiran kecil sebagian besar di pinggir Erlenmeyer

(*Sumber : Data Primer Penelitian, 2018)*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pengamatan biodegradasi minyak solar pada Genus *Klebsiella* ditunjukkan secara visual yang disajikan pada Lampiran 6. Pada selama pengamatan Genus *Klebsiella* tidak memberi warna pigmen pada media SMSSe sehingga pertumbuhannya dilihat secara kekeruhan pada media. Sedangkan kondisi minyak solar diurai pada hari kedua oleh Genus *Klebsiella.*

Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Enterobacter*

Waktu inkubasi (Jam)	**Pengamatan**	
	Warna Media Kultur	**Kondisi Minyak Solar**
24 jam	Bening	Minyak solar terlihat menggumpal namun kekentalan pada minyak mulai berkurang
48 jam	Putih susu dan dan terlihat mengeruh	Minyak solar menggumpal dan telah terlihat kekentalan minyak berkurang
72 jam	Putih susu keruh	Terlihat minyak solar di tengah permukaan terurai dan membuat butiran
96 jam	Keruh bening	Pada permukaan tidak ada minyak solar menggumpal, terdapat butiran butiran kecil di pinggir Erlenmeyer
120 jam	Bening tua dan keruh	Terdapat butiran – butiran kecil berada di pinggir dan dinding Erlenmeyer
144 jam	Bening tua dan keruh	Butiran –butiran kecil di pinggir dan dinding erlenmeyer
168 jam	Bening tua dan keruh	Butiran-butiran kecil sebagian besar di pinggir Erlenmeyer

(*Sumber : Data Primer Penelitian, 2018)*

Pengamatan biodegradasi minyak solar pada Genus *Enterobacter* ditunjukkan secara visual yang disajikan pada Lampiran 6. Pada selama pengamatan Genus *Enterobacter,* bakteri tersebut tidak memberi warna pigmen pada media SMSSe sehingga pertumbuhannya dilihat secara kekeruhan pada media. Kondisi minyak solar mulai terurai pada hari ketiga.

Pada pengamatan biodegradasi minyak solar pada Genus *Citrobacter* ditunjukkan secara visual yang disajikan pada Lampiran 6. Pada selama pengamatan Genus *Citrobacter* tidak

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

memberi warna pigmen pada media SMSSe sehingga pertumbuhannya dilihat secara kekeruhan pada media. Kondisi minyak solar mulai diurai oleh Genus *Citrobacter* pada hari ketiga.

Tabel 4.7 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Citrobacter*

Waktu inkubasi (Jam)	**Pengamatan**	
	Warna Media Kultur	**Kondisi Minyak Solar**
24 jam	Kecoklatan	Minyak solar menggumpal
48 jam	Kecoklatan	Minyak solar sedikit mengurai
72 jam	Kecoklatan keruh	Terlihat minyak solar terurai dan kekentalan minyak mulai berkurang
96 jam	Keruh bening	Minyak solar terurai dan telah terlihat kekentalan minyak berkurang
120 jam	Keruh bening	Minyak solar terurai dan telah terlihat kekentalan minyak berkurang
144 jam	Bening tua dan keruh	Minyak solar mulai di pinggir dinding Erlenmeyer dan terdapat butiran-butiran kecil sedikit
168 jam	Bening tua dan keruh	Minyak solar mulai di pinggir dinding Erlenmeyer dan terdapat butiran-butiran kecil sedikit

(*Sumber : Data Primer Penelitian, 2018)*

2. Hasil Pengamatan Visual Bakteri pada Stasiun 2

Pada pengamatan biodegradasi minyak solar, Genus *Bacillus* ditunjukkan secara visual yang disajikan pada Lampiran 6. Pada selama pengamatan Genus *Bacillus,* bakteri tersebut tidak memberi warna pigmen pada media SMSSe sehingga pertumbuhannya dilihat secara kekeruhan pada media. Kondisi minyak solar pada permukaan media SMSSe telah diurai oleh Genus *Bacillus* pada hari pertama.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.8 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Bacillus*

Waktu inkubasi (Jam)	Pengamatan	
	Warna Media Kultur	**Kondisi Minyak Solar**
24 jam	Putih bening dan mulai keruh	Kekentalan minyak solar mulai berkurang dan menyebar di permukaan
48 jam	Putih bening kekuningan dan keruh	Minyak solar berkurang, dan sebagian besar berada di pinggir Erlenmeyer membentuk butiran-butiran kecil
72 jam	Putih keruh	Butiran butiran yang berada di permukaan dan melekat pada dinding erlenmeyer
96 jam	Putih keruh	Terdapat butiran-butaran kecil pada pinggir dan dinding Erlenmeyer
120 jam	Putih keruh	Terdapat butiran – butiran kecil pada permukaan dan berada di dinding Erlenmeyer
144 jam	Putih keruh	Terdapat butiran – butiran kecil pada permukan dan berada di dinding Erlenmeyer
168 jam	Putih keruh	Terdapat butiran – butiran kecil pada permukaan dan berada di dinding Erlenmeyer

(*Sumber : Data Primer Penelitian, 2018)*

Tabel 4.9 Hasil Pengamatan Visual pada Media Genus *Klebsiella*

Waktu inkubasi (Jam)	Pengamatan	
	Warna Media Kultur	**Kondisi Minyak Solar**
24 jam	Putih bening	Minyak solar terlihat menggumpal namun kekentalan pada minyak bekurang
48 jam	Putih bening dan mulai keruh	Minyak solar terurai dan kekentalan pada minyak mulai
72 jam	Putih susu dan mulai keruh	Minyak solar terurai pada permukaan dan kekentalan berkurang
96 jam	Putih susu dan mulai keruh	Terdapat butiran-butaran kecil pada pinggir Erlenmeyer
120 jam	Putih keruh	Terdapat butiran – butiran kecil pada permukan dan berada di dinding Erlenmeyer
144 jam	Putih keruh	Terdapat butiran – butiran kecil pada permukaan dan berada di dinding Erlenmeyer
168 jam	Putih keruh	Terdapat butiran – butiran kecil pada permukan dan berada di dinding Erlenmeyer

(*Sumber : Data Primer Penelitian, 2018)*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pengamatan biodegradasi minyak solar, pada Genus *Klebsiella* ditunjukkan secara visual yang disajikan pada Lampiran 6.Pada saat pengamatan Genus *Klebsiella,* bakteri tersebut tidak memberi warna pigmen pada media SMSSe sehingga pertumbuhannya dilihat secara kekeruhan pada media. Kondisi minyak solar pada permukaan media SMSSe telah diurai oleh Genus *Klebsiella* pada hari kedua

3. Hasil Pengamatan Visual Bakteri Konsorsium

Pada pengamatan biodegradasi minyak solar dengan menggunakan konsorsium ditunjukkan secara visual yang disajikan pada Lampiran 6. Selama pengamatan konsorsium, dalam mendegradasi minyak, konsorsium memberi warna pigmen pada media SMSSe sehingga pertumbuhannya dilihat secara warna dan kekeruhan pada media..

Tabel 4.10 Hasil Pengamatan Visual pada Media Konsorsium

Waktu inkubasi (Jam)	**Pengamatan**	
	Warna Media Kultur	**Kondisi Minyak Solar**
24 jam	Putih bening dan mulai keruh	Minyak solar terurai pada permukaan dan kekentalan pada minyak berkurang
48 jam	Putih bening kekuningan dan keruh	Butiran – butiran kecil di pinggir Erlenmeyer
72 jam	Putih bening kekuningan dan keruh	Butiran butiran kecil melekat pada dinding erlenmeyer
96 jam	Putih bening kekuningan dan keruh	Terdapat butiran-butaran kecil pada pinggir dan dinding erlenmeyer
120 jam	Putih bening kekuningan dan keruh	Terdapat butiran-butaran kecil pada pinggir dan dinding erlenmeyer
144 jam	Putih bening kekuningan dan keruh	Terdapat butiran – butiran kecil pada permukan dan berada di dinding Erlenmeyer
168 jam	Putih bening kekuningan dan keruh	Terdapat butiran – butiran kecil pada permukan dan berada di dinding Erlenmeyer

(*Sumber : Data Primer Penelitian, 2018)*

Kondisi minyak solar pada permukaan media SMSSe telah diurai pada hari pertama oleh campuran isolat yaitu Genus

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pseudomonas, Genus *Bacillus*, Genus *Klebsiella*, Genus *Enterobacter*, Genus *Citrobacter*

Berdasarkan pengamatan selama biodegradasi berlangsung, bakteri hidrokarbonoklastik dapat tumbuh pada media SMSSe + minyak solar, isolat-isolat tersebut memanfaatkan hidrokarbon dari minyak solar sebagi sumber karbonnya. Menurut Nugroho (2006), bakteri hidrokarbonoklastik dalam aktivitas hidupnya memerlukan molekul karbon sebagai salah satu sumber nutrisi dan energi untuk melakukan metabolisme dan perkembangbiakannya. Hasil yang diperoleh dari pengamatan visual pada bakteri dalam mendegredasi minyak solar selama 7 hari adalah :

a. Warna Media

Menurut Nugroho (2006) bakteri perombak hidrokarbon akan segera memanfaatkan hidrokarbon setelah komponen ini berada dalam perairan. Batas antara lapisan minyak dan air disebut *biofilm,* merupakan tempat bakteri biasa hidup. Perombakan yang terjadi, secara visual pada media buatan di laboraturium akan terjadi perubahan warna larutan medium. Warna yang terbentuk pada medium minyak yaitu antara kuning hingga jingga tua.

Pada pengamatan selama 7 hari warna media pada konsorsium, SI.2 (Genus *Bacillus*), SI.3 (Genus *Klebsiella*), isolat bakteri SI.4 (Genus *Enterobacter*), isolat bakteri SI.5 (Genus *Citrobacter*), isolate bakteri SII.1(Genus *Bacillus*) dan isolate bakteri SII.2 (Genus *Klebsiella*) tidak terlihat perubahan warna pada media SMSSe hanya warna tersebut menjadi bening kekuningan. Sedangkan pada isolat bakteri SI.1 (Genus *Pseudomonas*) mengalami perubahan warna media menjadi kuning.

Menurut Ristati (2013) dalam penelitian *Uji Kemampuan Isolat Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Terhadap Limbah Oli*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dari Perairan Pelabuhan Celukan Bawang berdasarkan hasil pengamatannya warna media yang berasal dari bakteri laut dapat memproduksi pigmen dengan variasi warna, pigmen tersebut berguna untuk perlindungan bakteri dari sinar matahari dan yang dapat membunuh bakteri dan pigmen tersebut larut dalam air. Adapula bakteri yang tidak menghasilkan pigmen yang larut dalam air.

b. Kekeruhan

Berdasarkan pengamatan setiap hari selama 7 hari, pada uji bakteri pendegradasi minyak, pada media tiap pengamatan setelah 24 jam selama 5 hari, media pada bakteri lama-kelamaan mengalami kekeruhan, sedangkan pada hari ke-6 dan ke-7 tidak mengalami perubahan kekeruhan (tetap). Kekeruhan terjadi karena populasi bakteri pada media tersebut semakin banyak. Kekeruhan pada media yang diinokulasikan bakteri merupakan hasil metabolit –metabolit sekunder hasil perombakan hidrokarbon minyak bumi dan melimpahnya jumlah total sel bakteri (Astuti, 2012).

c. Perubahan pH

Pada pengamatan bakteri dalam mendegradasi minyak solar dari semua isolat, berdasarkan hasil pengamatan pada awal pada hari pertama proses terjadinya reaksi terjadi memiliki nilai pH sekitar 7,5. Menurut Ristiati (2013), peningkatan pH yang terjadi pada masa inkubasi diduga bakteri memiliki kemampuan melakukan respon toleransi asam dengan mekanisme pompa hidrogen. Selain itu peningkatan pH terjadi karena hasi samping dari prosen degradasi dan akibat adanya penambahan nutrien NH_4NO_3 dan $KHPO_4$ pada media SMSSe degredasi minyak solar. Adanya senyawa NO_3 sebagai sumber nitrogen akan menghasilkan OH^- sehingga terjadi peningkatan pH. NO^{3-} oleh

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sel bakteri akan diubah ke dalam bentuk NH^4 agar dapat digunakan.

Sedangkan pada hari ke-7 di akhir proses pengamatan , media memiliki nilai rata rata 6. Perubahan pH yang terjadi dalam media degradasi diduga menunjukkan adanya aktivitas bakteri dalam merombak senyawa hidrokarbon. Penurunan nilai pH pada akhir inkubasi disebabkan oleh aktivitas metabolisme isolat bakteri selama proses degradasi hidrokarbon minyak bumi yang membentuk metabolit-metabolit asam (Nugroho, 2006).

d. Perubahan minyak solar

Pada pengamatan pertama, minyak solar menyatu dan membentuk lapisan sendiri di permukaan larutan media dan lama-kelamaan terpecah menjadi butiran-butiran yang lebih kecil. Pada hari ke-4 butiran-butiran kecil tersebut semakin terlihat di permukaan media. Menurut Tarigan (2010) terbentuknya butiran-butiaran kecil pada permukaan disebabkan oleh adanya biosurfaktan yang diperoleh oleh isolat bakteri. Semakin banyak butiran –butiran minyak yang terbentuk menandakan semakin banyak biosurfaktan yang menyelimuti minyak tersebut (Ristiati, 2013).

4.2.2 Kurva Pertumbuhan Bakteri dalam Mendegradasi Minyak Solar

Kurva pertumbuhan bakteri digunakan untuk mempelajari respon bakteri terhadap minyak solar yang ada di dalam media pertumbuhan. Setiap bakteri memiliki kurva standar pertumbuhan bakteri. Metode perhitungan menggunakan spektrofotometer untuk melihat tingkat kekeruhan (*Optical Density*) yang terbaca melalui nilai absorbansi yang dihasilkan. Pada penelitian ini , panjang gelombang yang akan digunakan yaitu sebesar 620 nm. Menurut Yunita (2012) panjang

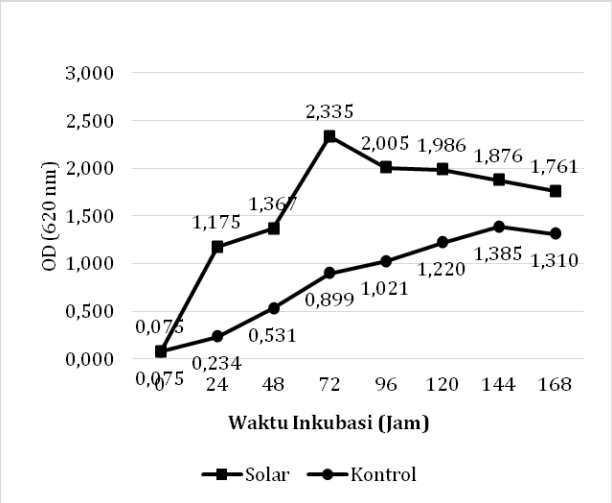
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

gelombang 600 nm-625 nm digunakan untuk melihat kekeruhan yang berwarna kuning sampai coklat.

Pertumbuhan bakteri diamati dengan mengukur kekeruhan sel kultur bakteri (OD $_{620nm}$). Jika media SMSSe kultur dengan penambahan minyak solar kekeruhan lebih tinggi dibandingkan pada media SMSSe kultur tanpa penambahan minyak solar. Hal ini menunjukkan terjadinya degradasi hidrokarbon serta penggunaan hidrokarbon sebagai sumber energi bagi bakteri. Kurva pertumbuhan konsorsium, isolat –isolat bakteri pada Stasiun 1 dan Stasiun 2, dilakukan dengan dua perlakuan selama kultivasi, yaitu dengan menggunakan media SMSSe tanpa minyak solar dan media SMSSe yang mengandung minyak solar.

1. Kurva Pertumbuhan Genus *Pseudomonas*

   Pada kurva laju pertumbuhan Genus *Pseudomonas* (Gambar 4.8), telah teramati bahwa pertumbuhan Genus *Pseudomonas* disajikan dengan 2 perlakuan yaitu dengan menggunakan media pertumbuhan SMSSe + minyak solar dan perlakuan kedua yaitu Genus *Pseudomonas* menggunakan media pertumbuhan SMSSe tanpa solar (kontrol).



Gambar 4.8 Kurva Pertumbuhan Genus *Pseudomonas* berdasarkan nilai absorbansi
(*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pertumbuhan Genus *Pseudomonas* mengalami pertumbuhan yang paling cepat dibandingkan dengan isolat bakteri lainnya. Genus *Pseudomonas* merupakan bakteri Gram negatif, bersifat aerob dan dikenal sebagai salah satu bakteri yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi minyak bumi (Aditiawati, 2001). Hasil pengamatan inkubasi 24 jam menunjukkan bahwa kurva pertumbuhan Genus *Pseudomonas* pada media SMSSe + minyak solar terjadi peningkatan kekeruhan dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,175, dibandingkan dengan laju pertumbuhan Genus *Pseudomonas* pada media SMSSe tanpa solar yang memiliki nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,234.

Pada pengamatan Genus *Pseudomonas* menunjukkan bahwa dimana fase lag memerlukan waktu adaptasi yang relatif pendek pada media SMSSe + minyak solar, sehingga Genus *Pseudomonas* memiliki kemampuan dalam mendegradasi minyak solar. Sedangkan pada media SMSSe tanpa minyak solar memerlukan waktu adaptasi terjadi sampai jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,986.

Fase eksponensial, Genus *Pseudomonas* pada media SMSSe + minyak solar terjadi selama 2 hari yaitu pada inkubasi jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,367, selanjutnya meningkat secara tajam pada inkubasi jam ke-72 sebesar 2,335. Peningkatan tersebut terjadi karena Genus *Pseudomonas* memiliki nutrisi pada media SMSSe yang mengandung minyak solar untuk pertumbuhannya. Sedangkan pada media SMSSe tanpa solar memasuki fase eksponensial dengan laju statis (konstan) pada inkubasi jam ke- 72 hingga jam ke-168, yaitu dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

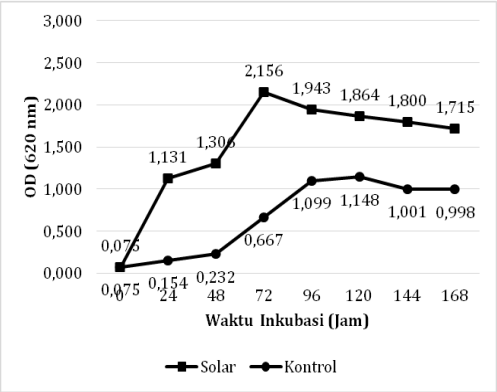
dengan nilai absorbasi berturut- turut sebesar 0,899; 1,021; 1,220 ; 1.385; 1.310.

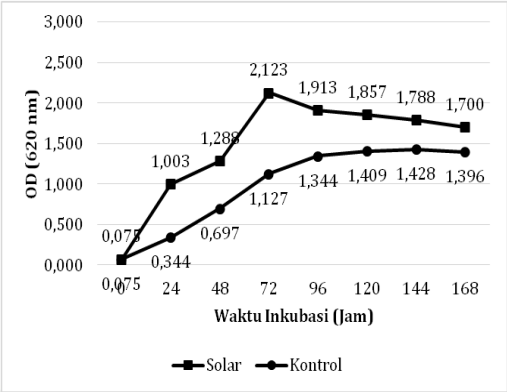
Pada inkubasi jam ke-96 hingga jam ke-168, pertumbuhan Genus *Pseudomonas* pada media SMSSe + minyak solar telah memasuki fase statis (konstan), dimana fase ini terjadi karena berkurangnya nutrisi serta penumpukan produk beracun. Isolat bakteri pada inkubasi jam ke-96 memiliki nilai absorbansi sebesar 2,005, dan diikuti pada inkubasi jam ke-120 yang memiliki nilai absorbansi sebesar 1,986 . Selanjutnya pada laju pertumbuhan Genus *Pseudomonas* pada inkubasi jam ke-144 dengan nilai sebesar 1,876 dan pada inkubasi jam ke-168 memiliki nilai absorbansi sebesar 1,761.

2. Kurva Pertumbuhan Genus *Bacillus*

Pada kurva laju pertumbuhan Genus *Bacillus* terdapat dua kurva, yaitu pada Stasiun 1 dan Stasiun 2 (Gambar 4.9). Pada pengamatan pertumbuhan Genus *Bacillus* disajikan dengan 2 perlakuan yaitu dengan menggunakan media pertumbuhan SMSSe + minyak solar dan perlakuan kedua yaitu Genus *Bacillus* menggunakan media pertumbuhan SMSSe tanpa solar (kontrol). Genus *Bacillus* merupakan bakteri yang kedua yang memiliki pertumbuhan yang cepat pula. Bakteri aerobik tersebut memiliki sifat fisiologis menarik karena tiap tiap jenis memiliki kemampuan yang berbeda-beda diantaranya dapat mendegradasi senyawa organik seperti protein, pati, selulosa, dan hidrokarbon (Nasikhin, 2013).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id





a b

Gambar 4.9 Kurva Pertumbuhan Genus *Bacillus* :a= Stasiun 1; b= Stasiun 2 berdasarkan nilai absorbansi
(*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

Pada Gambar 4.9a, Genus *Bacillus* berasal dari Stasiun 1 hasil pengamatan pada inkubasi 24 jam menunjukkan bahwa laju kurva pertumbuhan Genus *Bacillus* (SI.1) pada media SMSSe + minyak solar terjadi peningkatan kekeruhan dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,131, dibandingkan dengan laju pertumbuhan Genus *Bacillus* (SI.1) pada media SMSSe tanpa solar yang memiliki nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,154. Pada pengamatan Genus *Bacillus* (SI.1) menunjukkan bahwa dimana fase lag memerlukan waktu adaptasi yang relatif pendek pada media SMSSe + minyak solar, sehingga bakteri Genus *Bacillus* (SI.1) memiliki kemampuan dalam memanfaatkan minyak solar sebagai sumber karbon untuk nutrisinya. Sedangkan pada media SMSSe tanpa minyak solar memerlukan waktu adaptasi terjadi sampai jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,232.

Fase eksponensial, Genus *Bacillus* (SI.1) pada media SMSSe + minyak solar terjadi selama 2 hari yaitu pada inkubasi jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,306, selanjutnya meningkat secara

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tajam pada inkubasi jam ke-72 sebesar 2,156. Peningkatan tersebut terjadi karena bakteri Genus *Bacillus* (SI.1) telah beradaptasi pada lingkungannya dan memiliki nutrisi yang cukup pada media SMSSe + minyak solar untuk pertumbuhannya. Sedangkan pada media SMSSe tanpa solar memasuki fase eksponensial dengan laju statis (konstan) pada inkubasi jam ke- 72 hingga jam ke-168, yaitu dengan dengan nilai absorbasi berturut- turut sebesar 0,667; 1,009; 1,148; 1,001; 0,998.

Pada inkubasi jam ke-96 hingga jam ke-168, pertumbuhan Genus *Bacillus* (SI.1) pada media SMSSe + minyak solar telah memasuki fase statis (konstan), dimana fase ini terjadi karena berkurangnya nutrisi serta penumpukan produk beracun. Isolat bakteri pada inkubasi jam ke-96 memiliki nilai absorbansi sebesar 1,943, dan diikuti pada inkubasi jam ke-120 yang memiliki nilai absorbansi sebesar 1,864. Selanjutnya pada laju pertumbuhan Genus *Bacillus* (SI.1) pada inkubasi jam ke-144 dengan nilai sebesar 1,001 dan pada inkubasi jam ke-168 memiliki nilai absorbansi sebesar 0,998. Faktor lain yang mempengaruhi berkurangnya kepadatan sel bakteri yaitu mengalami kekurangan nutrisi seperti N, P dan C yang ada tidak sesuai lagi bagi pertumbuhan Genus *Bacillus* (SI.1).

Berdasarkan kurva pertumbuhan Genus *Bacillus* (Gambar 4.9 b). Pada hasil pengamatan inkubasi 24 jam menunjukkan bahwa kurva laju pertumbuhan Genus *Bacillus* (SII.1) pada media SMSSe + minyak solar terjadi peningkatan kekeruhan dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,003, dibandingkan dengan laju pertumbuhan Genus *Bacillus* pada media SMSSe tanpa solar yang memiliki nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,344. Pada pengamatan Genus *Bacillus* (SII.1) menunjukkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

bahwa dimana fase lag memerlukan waktu adaptasi yang relatif pendek pada media SMSSe + minyak solar, sehingga bakteri Genus *Bacillus* (SII.1) memiliki kemampuan dalam memanfaatkan minyak solar sebagai sumber karbon untuk nutrisinya.

Sedangkan pada media SMSSe tanpa minyak solar memerlukan waktu adaptasi sampai jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,697. Pada media tanpa minyak solar, Genus *Bacillus* (SII.1) memasuki pertumbuhan pada fase lag. Fase tersebut terlihat jumlah populasi bakteri cukup rendah, hal tersebut terjadi karena bakteri membutuhkan proses adaptasi secara alamiah. Menurut Madigan (2012) bahwa fase lag suatu populasi mikroba dapat berlangsung cepat atau lambat tergantung pada karakteristik mikroba.

Pada fase eksponensial, Genus *Bacillus* (SII.1) pada media SMSSe + minyak solar terjadi selama 2 hari yaitu pada inkubasi jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,288, selanjutnya meningkat secara tajam pada inkubasi jam ke-72 sebesar 2,123. Peningkatan tersebut terjadi karena bakteri Genus *Bacillus* (SII.1) telah beradaptasi pada lingkungannya dan memiliki nutrisi yang cukup pada media SMSSe + minyak solar untuk pertumbuhannya sehingga diperoleh jumlah populasi bakteri yang tinggi pula. Sedangkan pada media SMSSe tanpa solar memasuki fase eksponensial dengan laju statis (konstan) pada inkubasi jam ke- 72 hingga jam ke-168, yaitu dengan dengan nilai absorbasi berturut- turut sebesar 1,127;1,344, 1,409; 1,428;1,396.

Pada inkubasi jam ke-96 hingga jam ke-168, pertumbuhan Genus *Bacillus* (SII.1) pada media SMSSe + minyak solar telah memasuki fase statis (konstan), dimana

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

fase ini terjadi karena berkurangnya nutrisi serta penumpukan produk beracun. Isolat bakteri pada inkubasi jam ke-96 memiliki nilai absorbansi sebesar 1,913, dan diikuti pada inkubasi jam ke-120 yang memiliki nilai absorbansi sebesar 1,857. Selanjutnya pada laju pertumbuhan Genus *Bacillus* (SII.1) pada inkubasi jam ke-144 dengan nilai sebesar 1,788 dan pada inkubasi jam ke-168 memiliki nilai absorbansi sebesar 1,700. Faktor lain yang mempengaruhi berkurangnya kepadatan sel bakteri yaitu mengalami kekurangan nutrisi seperti N, P dan C yang ada tidak sesuai lagi bagi pertumbuhan Genus *Bacillus* (SII.1).

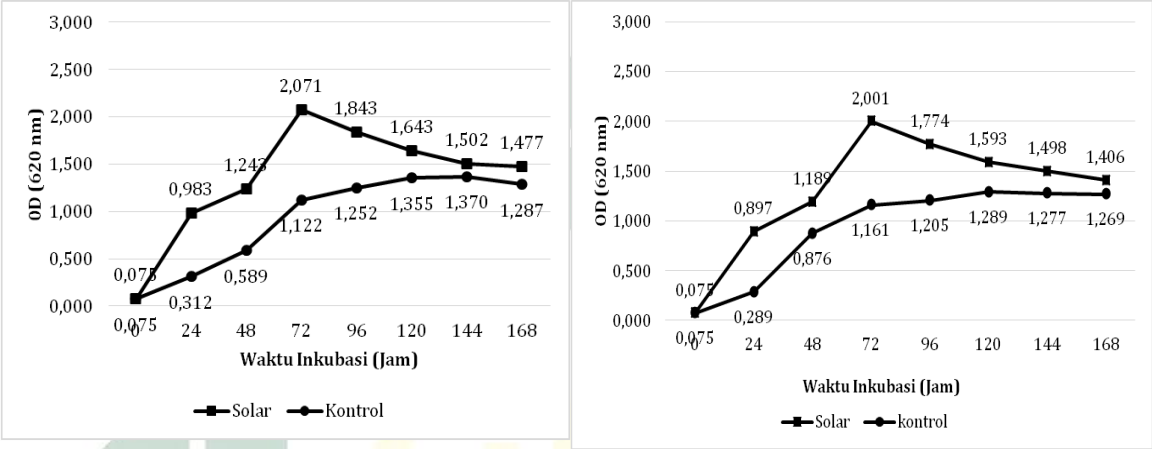
Pada Stasiun 1 dan Stasiun 2 ditemukan bakteri Genus *Bacillus*, dari dua Stasiun bakteri Genus *Bacillus* hampir memiliki pertumbuhan yang sama dan mengalami kenaikan yang tajam pada media kultur SMSSe dengan tambahan minyak solar. Namun pada kondisi media kultur SMSSe tanpa minyak solar, Bakteri Genus *Bacillus* pada Stasiun 1 mengalami pertumbuhan lebih cepat dibandingkan dengan Stasiun 2. Perbedaan yang ada pada pertumbuhan bakteri Genus *Bacillus* dipengaruhi oleh faktor-faktor abiotik (fisik dan kimia) lingkungan sekitarnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya perbedaan sifat bakteri *indigenous* tersebut karena dipengaruhi suhu, oksigen , pH, nutrisi, salinitas, pergerakan air, cahaya, dan kekeruhan/kecerahan sehingga mempengaruhi laju pertumbuhan bakteri itu sendiri.

3. Kurva Pertumbuhan Genus *Klebsiella*

Kurva laju pertumbuhan yang mampu mendegradasi minyak adalah isolat Genus *Klebsiella* (Gambar 4.10), laju pertumbuhan Genus *Klebsiella* disajikan dengan 2 perlakuan yaitu dengan menggunakan media pertumbuhan SMSSe +

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

minyak solar dan perlakuan kedua yaitu Genus *Klebsiella* menggunakan media pertumbuhan SMSSe tanpa solar (kontrol). Genus *Klebsiella* adalah bakteri Gram negatif yang merupakan berbentuk basil dan memiliki bakteri aerob. Genus *Klebsiella* diketahui memiliki kemampuan untuk hidup pada kondisi tercemar minyak bumi (Feliatra, 2001).



a b

Gambar 4.10 Kurva Pertumbuhan Genus *Klebsiella* :a= Stasiun 1; b= Stasiun 2 berdasarkan nilai absorbansi
(*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

Pada (Gambar 4.10a), Genus *Klebsiella* berasal dari Stasiun 1, hasil pengamatan pada inkubasi 24 jam menunjukkan bahwa laju pertumbuhan Genus *Klebsiella* (SI.3) pada media SMSSe + minyak solar terjadi peningkatan kekeruhan dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,983, dibandingkan dengan laju pertumbuhan Genus *Klebsiella* (SI.3) pada media SMSSe tanpa solar yang memiliki nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,312. Pada pengamatan Genus *Klebsiella* (SI.3) menunjukkan bahwa memerlukan waktu adaptasi (fase lag) pada media SMSSe + minyak solar maupun media SMSSe tanpa minyak solar (kontrol), namun bakteri Genus *Klebsiella* (SI.3) memiliki kemampuan dalam memanfaatkan minyak solar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sebagai sumber karbon untuk nutrisinya walaupun pertumbuhannya lambat. Sedangkan pada media SMSSe tanpa minyak solar memerlukan waktu adaptasi terjadi sampai jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,589.

Fase eksponensial, Genus *Klebsiella* (SI.3) pada media SMSSe + minyak solar terjadi selama 2 hari yaitu pada inkubasi jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,243, selanjutnya meningkat secara tajam pada inkubasi jam ke-72 sebesar 2,071. Peningkatan tersebut terjadi karena bakteri Genus *Klebsiella* (SI.3) telah melakukan adaptasi serta sel bakteri melakukan pembelahan diri dan memiliki nutrisi yang cukup pada media SMSSe + minyak solar untuk pertumbuhannya. Sedangkan pada media SMSSe tanpa solar memasuki fase eksponensial dengan laju statis (konstan) pada inkubasi jam ke- 72 hingga jam ke-144, yaitu dengan dengan nilai absorbasi berturut- turut sebesar 1,122, 1,252, 1,355, 1,370.

Pada inkubasi jam ke-96 pertumbuhan Genus *Klebsiella* (SI.3) pada media SMSSe + minyak solar telah memasuki fase statis (konstan), dimana fase ini terjadi karena berkurangnya nutrisi serta penumpukan produk beracun. Isolat bakteri pada inkubasi jam ke-96 memiliki nilai absorbansi sebesar 1,843. Sedangkan fase kematian, terjadi pada media SMSSe + minyak solar, karena ketersediaan nutrien sebagai sumber karbon yang ada pada minyak solar, nutrisi N, P dan C untuk pertumbuhan bakteri mulai berkurang. Fase tersebut terjadi pada inkubasi jam ke- 144 dengan nilai absorbansi sebesar 1,502 dan mengalami penurunan secara signifikan pada inkubasi jam ke-168 sebesar 1,477. Penurunan tersebut diduga ketersediaan nutrien yang semakin berkurang. Menurut (Astuti, 2012),

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Penurunan jumlah sel dapat diakibatkan nutrien yang mulai berkurang tetapi jumlah total sel bakteri tinggi sehingga menyebabkan kompetisi.

Pada pengamatan pertumbuhan bakteri Genus *Klebsiella* (Gambar 4.10b) mengalami fase lag (adaptasi) pada inkubasi jam ke–24. Fase tersebut waktu yang diperlukan sel bakteri untuk melakukan adaptasi serta sel bakteri tidak melakukan pembelahan diri. Pengukuran pada fase lag setelah inkubasi selama 24 jam diperoleh kerapatan dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,525 pada media SMSSe + minyak solar. Sedangkan pada media SMSSe tanpa menggunakan solar diperoleh nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,289.

Selanjutnya pada bakteri Genus *Klebsiella* (SII.2) mengalami populasi sel yang meningkat, sehingga bakteri tersebut mulai telah memasuki fase eksponensial. Fase tersebut merupakan tahapan setelah akhir dari fase lag yang ditandai dengan membelahnya sel bakteri Genus *Klebsiella* (SII.2). Fase eksponensial meningkat selama inkubasi 120 jam, pada media kultur SMSSe tanpa minyak solar dengan nilai sebesar 1,289. Sedangkan pada media kultur media SMSSe + minyak solar pada inkubasi jam ke- 120 yaitu dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,398.

Pada inkubasi jam ke-144 pertumbuhan Genus *Klebsiella* (SII.2) pada media kultur SMSSe + minyak solar mengalami penurunan dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,389. Sedangkan penurunan tanpa menggunakan minyak solar pada inkubasi jam ke-144 sebesar 2,277. Penurunan tersebut diduga ketersediaan nutrien yang semakin berkurang. Menurut (Astuti, 2012), Penurunan jumlah sel dapat diakibatkan nutrien yang mulai berkurang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

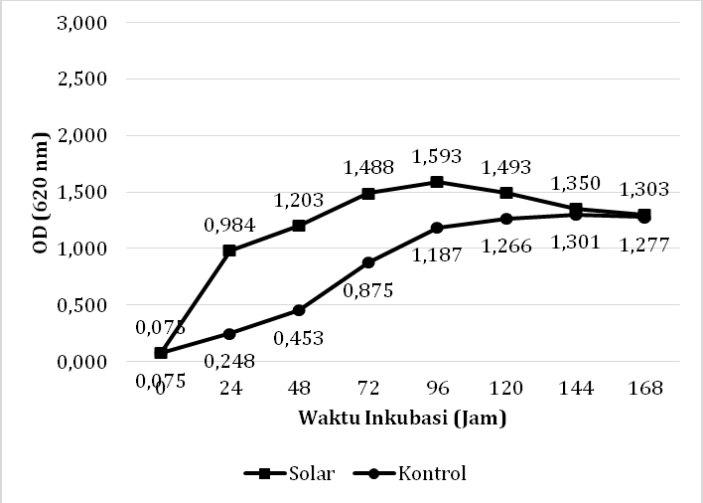
tetapi jumlah total sel bakteri tinggi sehingga menyebabkan kompetisi.

Pada Stasiun 1 dan Stasiun 2 ditemukan bakteri Genus *Klebsiella*, dari dua Stasiun bakteri Genus *Klebsiella* hampir memiliki pertumbuhan yang sama dan mengalami kenaikan yang tajam pada media kultur SMSSe dengan tambahan minyak solar. Namun pada kondisi media kultur SMSSe tanpa minyak solar, Bakteri Genus *Klebsiella* pada Stasiun 1 mengalami pertumbuhan lebih cepat dibandingkan dengan Stasiun 2. Perbedaan yang ada pada pertumbuhan bakteri Genus *Klebsiella* dipengaruhi oleh faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya perbedaan sifat bakteri *indigenous* tersebut karena dipengaruhi suhu, oksigen, pH, nutrisi, salinitas, pergerakan air, cahaya, dan kekeruhan/kecerahan sehingga mempengaruhi laju pertumbuhan bakteri itu sendiri.

4. Kurva Pertumbuhan Genus *Enterobacter*

Kurva pada Stasiun 1 selanjutnya adalah laju pertumbuhan yang mampu mendegradasi minyak solar adalah Genus *Enterobacter* (Gambar 4.11). Laju kurva pertumbuhan Genus *Enterobacter* disajikan dengan 2 perlakuan yaitu dengan menggunakan media pertumbuhan SMSSe + minyak solar dan perlakuan kedua yaitu Genus *Enterobacter* menggunakan media pertumbuhan SMSSe tanpa solar (kontrol). Bakteri Genus *Enterobacter* merupakan bakteri Gram negatif dan bersifat aerobik. Menurut Nur Hidayat dkk (2006) dan Feliatra (2001), bakteri Genus *Enterobacter* dapat dijadikan sebagai sebagai agen pendegradasi hidrokarbon pada minyak bumi dengan cara menggunakan salah satu sumber karbon dalam pertumbuhan dan perkembangannya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.11 Kurva Pertumbuhan Genus *Enterobacter* berdasarkan nilai absorbansi
(*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

Hasil pengamatan inkubasi 24 jam menunjukkan bahwa laju pertumbuhan Genus *Enterobacter* pada media SMSSe + minyak solar terjadi peningkatan kekeruhan dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0.984, dibandingkan dengan laju pertumbuhan Genus *Enterobacter* pada media SMSSe tanpa solar yang memiliki nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,248.

Sedangkan pada media SMSSe tanpa minyak solar memerlukan waktu adaptasi terjadi sampai jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,453. Pada pengamatan Genus *Enterobacter* menunjukkan bahwa bakteri tersebut memerlukan waktu adaptasi (fase lag) pada media SMSSe + minyak solar maupun media SMSSe tanpa minyak solar (kontrol).

Fase eksponensial, pada fase tersebut isolat mengalami laju pertumbuhan tidak signifikan. Bakteri Genus *Enterobacter* pada media SMSSe + minyak solar terjadi pertumbuhan selama 3 hari yaitu pada inkubasi jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1.203,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

inkubasi jam ke-72 sebesar 1.488 selanjutnya pada inkubasi jam ke-96 memiliki nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,593. Peningkatan tersebut terjadi karena bakteri Genus *Enterobacter* telah melakukan adaptasi serta sel bakteri melakukan pembelahan diri.

Sedangkan pada media SMSSe tanpa solar memasuki fase eksponensial dengan laju statis (konstan) pada inkubasi jam ke- 72 hingga jam ke-144, yaitu dengan dengan nilai absorbasi berturut- turut sebesar 0,875, 1,187, 1,266, 1,301.Pada inkubasi jam ke-96 pertumbuhan Genus *Enterobacter* pada media SMSSe + minyak solar telah memasuki fase statis (konstan), dimana fase ini terjadi karena berkurangnya nutrisi serta penumpukan produk beracun. Isolat bakteri pada inkubasi jam ke-96 memiliki nilai absorbansi sebesar 1,493.

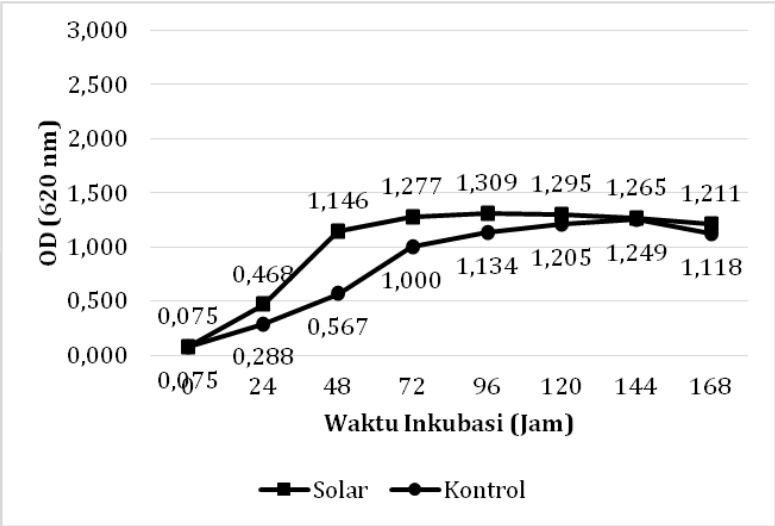
Pada fase kematian, terjadi pada media SMSSe + minyak solar, karena ketersediaan nutrien sebagai sumber karbon yang ada pada minyak solar, nutrisi N, P dan C untuk pertumbuhan bakteri mulai berkurang. Fase tersebut terjadi pada inkubasi jam ke- 144 dan inkubasi jam ke-168 dengan nilai absorbansi sebesar 1,350 dan1,303. Sedangkan pada media SMSSe tanpa minyak solar mengalami fase kematian terjadi pada inkubasi jam ke-168 yaitu dengan nilai absorbansi 1,277. Penurunan tersebut diduga ketersediaan nutrien yang semakin berkurang. Menurut (Astuti, 2012), Penurunan jumlah sel dapat diakibatkan nutrien yang mulai berkurang tetapi jumlah total sel bakteri tinggi sehingga menyebabkan kompetisi.

5. Kurva Pertumbuhan Genus *Citrobacter*

Kurva pada laju pertumbuhan yang mampu mendegradasi minyak adalah Genus *Citrobacter* (Gambar 4.12), laju pertumbuhan Genus *Citrobacter* disajikan dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2 perlakuan yaitu dengan menggunakan media pertumbuhan SMSSe + minyak solar dan perlakuan kedua Genus *Citrobacter* menggunakan media pertumbuhan SMSSe tanpa solar (kontrol).



Gambar 4.12. Kurva Pertumbuhan Genus *Citrobacter* berdasarkan nilai absorbansi
(*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

Hasil pengamatan inkubasi 24 jam menunjukkan bahwa laju pertumbuhan Genus *Citrobacter* pada media SMSSe + minyak solar terjadi peningkatan kekeruhan dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,468, dibandingkan dengan laju pertumbuhan Genus *Citrobacter* pada media SMSSe tanpa solar yang memiliki nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,288.

Pada pengamatan Genus *Citrobacter* menunjukkan bahwa dimana fase lag memerlukan waktu adaptasi pada media SMSSe + minyak solar, sehingga bakteri Genus *Citrobacter* memiliki kemampuan dalam mendegradasi minyak solar. Sedangkan pada media SMSSe tanpa minyak solar memerlukan waktu adaptasi terjadi sampai jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,567.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Memasuki fase eksponensial, Genus *Citrobacter* pada media SMSSe + minyak solar terjadi selama 3 hari yaitu pada inkubasi jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,146, selanjutnya pada inkubasi jam ke-72 sebesar 1,277 dan mengalami peningkatan pada inkubasi jam ke- 96 dengan nilai optikal densitas sebesar 1,309. Peningkatan tersebut terjadi karena Genus *Citrobacter* memiliki nutrisi pada media SMSSe yang mengandung minyak solar untuk pertumbuhannya. Sedangkan pada media SMSSe tanpa solar memasuki fase eksponensial dengan laju statis (konstan) pada inkubasi jam ke- 72 hingga jam ke-168, yaitu dengan dengan nilai absorbasi berturut- turut sebesar 1,000;1,134; 1,205; 1,249;1,118.

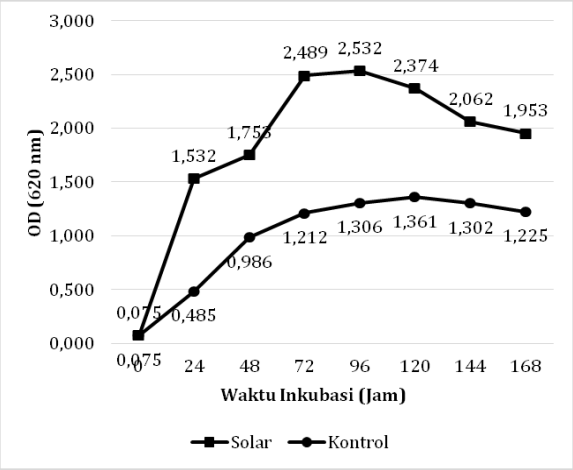
Pada inkubasi jam ke-120, pertumbuhan Genus *Citrobacter* pada media SMSSe + minyak solar telah memasuki fase statis (konstan), dimana fase ini terjadi karena berkurangnya nutrisi serta penumpukan produk beracun. Isolat bakteri tersebut pada inkubasi jam ke-144 memiliki nilai absorbansi sebesar 1,295.

Pada fase kematian, terjadi pada media SMSSe + minyak solar, karena ketersediaan nutrien sebagai sumber karbon yang ada pada minyak solar, nutrisi N, P dan C untuk pertumbuhan bakteri mulai berkurang. Fase tersebut terjadi pada inkubasi jam ke- 144 dan inkubasi jam ke-168 dengan nilai absorbansi sebesar 1,265 dan 1,211. Penurunan tersebut diduga ketersediaan nutrien yang semakin berkurang. Menurut (Astuti, 2012), Penurunan jumlah sel dapat diakibatkan nutrien yang mulai berkurang tetapi jumlah total sel bakteri tinggi sehingga menyebabkan kompetisi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6. Kurva Pertumbuhan Konsorsium

Pada kurva pertumbuhan konsorsium bakteri (Gambar 4.13) teramati bahwa pertumbuhan konsorsium disajikan dengan 2 perlakuan yaitu dengan menggunakan media pertumbuhan SMSSe + minyak solar dan perlakuan kedua yaitu konsorsium menggunakan media pertumbuhan SMSSe tanpa solar (kontrol). Menurut Jadhav *et.al* (2008) konsorsium adalah campuran populasi mikroba dalam bentuk komunitas yang mempunyai hubungan mutualistik, kooperatif dan komensal. Pada konsorsium bakteri pada penelitian ini terdiri dari beberapa isolat yaitu Genus *Pseudomonas*, Genus *Bacillus*, Genus *Klebsiella*, Genus *Enterobacter*, Genus *Citrobacter*.



Gambar 4.13. Kurva Pertumbuhan Konsorsium berdasarkan nilai absorbansi
(*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

Hasil pengamatan inkubasi 24 jam menunjukkan bahwa laju pertumbuhan konsorsium pada media SMSSe + minyak solar terjadi peningkatan kekeruhan dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,532, dibandingkan dengan laju pertumbuhan konsorsium pada media SMSSe tanpa

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

solar yang memiliki nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,485.

Pada pengamatan konsorsium menunjukkan bahwa dimana fase lag memerlukan waktu adaptasi yang relatif pendek pada media SMSSe + minyak solar, hal tersebut menandakan bahwa konsorsium bakteri mampu aktif pada lingkungan yang mengandung minyak sehingga konsorsium memiliki kemampuan dalam mendegradasi minyak solar. Sedangkan pada media SMSSe tanpa minyak solar memerlukan waktu adaptasi terjadi sampai jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 0,986.

Fase eksponensial, konsorsium pada media SMSSe + minyak solar terjadi selama 2 hari yaitu pada inkubasi jam ke-48 dengan nilai optikal densitas (absorbansi) sebesar 1,753, selanjutnya meningkat secara tajam pada inkubasi jam ke-72 sebesar 2,489. Peningkatan tersebut terjadi karena konsorsium mampu memanfaatkan unsur-unsur pada media SMSSe yang mengandung minyak solar untuk pertumbuhannya. Sedangkan pada media SMSSe tanpa solar memasuki fase eksponensial pada inkubasi jam ke- 72, yaitu dengan nilai absorbasi sebesar 1,212.

Pada inkubasi jam ke-96, pertumbuhan konsorsium pada media SMSSe + minyak solar telah memasuki fase statis (konstan) yang memiliki nilai absorbansi sebesar 2,532, dan diikuti pada inkubasi jam ke-120 yang memiliki nilai absorbansi sebesar 2,374. Sedangkan pada laju pertumbuhan konsorsium pada media SMSSe tanpa minyak solar, fase statis (konstan) berlangsung lama yaitu pada inkubasi jam ke- 96 dengan nilai sebesar 1,306. Laju pertumbuhan konstan tersebut, masih terjadi pada inkubasi jam ke-120, dengan nilai absorbansi 1,361, inkubasi jam ke-

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

144 dengan nilai absorbansi 1,302, dan pada inkubasi jam ke-168 dengan nilai absorbansi 1,225.

Fase kematian, terjadi pada media SMSSe + minyak solar, terjadi karena ketersediaan nutrien sebagai sumber karbon yang ada pada minyak solar, nutrisi N, P dan C untuk pertumbuhan bakteri mulai berkurang. Fase tersebut terjadi pada inkubasi jam ke- 144 dengan nilai absorbansi sebesar 2,062 dan mengalami penurunan secara signifikan pada inkubasi jam ke-168 sebesar 1,953.

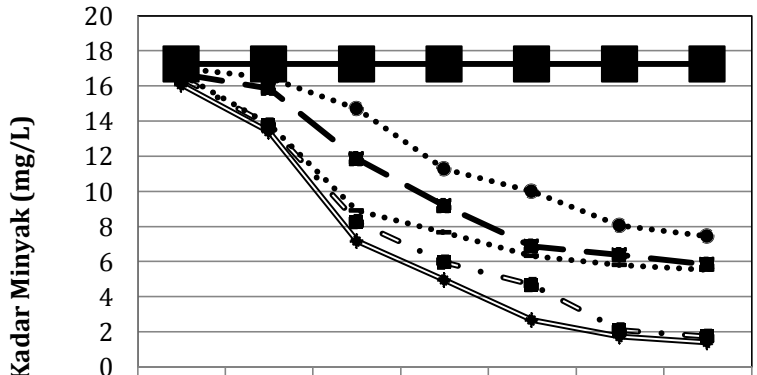
4.2.3 Hasil Analisis Kuantitatif Biodegradasi Minyak Solar oleh Bakteri

Biodegradasi minyak solar selain dapat diketahui melalui pertumbuhan bakteri yang mendegradasinya, dapat pula diketahui cara menghitung kadar minyak sisa degradasi menggunakan gravimetri. Hasil uji biodegradasi pada minyak solar menunjukkan semua isolat bakteri memiliki kemampuan dalam mendegradasi minyak yang dapat dilihat dari adanya penurunan kadar minyak setelah pengujian.

1. Degradasi Minyak Solar oleh bakteri pada Stasiun 1

   Pengujian kemampuan isolat bakteri dalam mendegradasi minyak solar diperoleh penurunan kadar minyak yang bervariasi pada Gambar 4.14. Pada Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa seluruh isolat pada Stasiun 1 menunjukkan kemampuan dalam mendegradasi minyak solar. Masing-masing isolat bakteri mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam mendegradasi minyak solar. Sebelum dimasukkan isolat, kadar minyak solar pada seluruh media SMSSe yaitu sebesar 17,238 mg/L.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



	24 Jam	48 Jam	72 Jam	96 Jam	120 Jam	144 Jam	168 Jam
Minyak Solar awal	17.238	17.238	17.238	17.238	17.238	17.238	17.238
Pseudomonas	16.067	13.389	7.161	4.943	2.661	1.729	1.390
Bacillus	16.472	13.771	8.272	5.948	4.661	2.088	1.726
Klebsiella	16.639	13.827	8.884	7.661	6.322	5.787	5.517
Entereobacter	16.659	15.858	11.833	9.171	6.872	6.382	5.832
Citrobacter	17.011	16.466	14.688	11.262	9.987	8.049	7.438

Gambar 4.14 Degradasi Minyak Solar dengan Penambahan Berbagai Isolat pada Stasiun 1
(*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

a. Hasil Degradasi Minyak Solar oleh Genus *Pseudomonas*

Media SMSSe yang telah memiliki kadar minyak solar, selanjutnya dilakukan penambahan isolat berupa Genus *Pseudomonas*. Setelah penambahan isolat Genus *Pseudomonas* dan diinkubasi selama 24 jam, kadar pada minyak solar mengalami penurunan menjadi 16,067 mg/L. Pada inkubasi selama 48 jam, minyak solar mengalami penurunan sebesar 13,389 mg/L.

Pada inkubasi jam ke-72 mengalami penurunan signifikan, sehingga kadar minyak solar menjadi 7,161 mg/L, pada inkubasi jam ke-96 mengalami penurunan, hingga kadar minyak mempunyai berat sebesar 4,943 mg/L. Pada inkubasi jam ke-120 mulai, terjadi penurunan hingga berat minyak solar menjadi 2,661 mg/L, selanjutnya pada inkubasi jam ke-144 berat minyak solar menjadi 1,729 mg/L. Pada inkubasi akhir

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(jam ke-168) berat akhir minyak solar berubah menjadi 1,390 mg/L.

b. Hasil Degradasi Minyak Solar oleh Genus *Bacillus*

Media SMSSe yang telah memiliki kadar minyak solar, selanjutnya dilakukan penambahan isolat berupa bakteri Genus *Bacillus*. Setelah penambahan isolat bakteri Genus *Bacillus* dan diinkubasi selama 24 jam, kadar pada minyak solar mengalami penurunan menjadi 16,472 mg/L. Pada inkubasi selama 48 jam, minyak solar mengalami penurunan sebesar 13,771 mg/L.

Pada inkubasi jam ke-72 mengalami penurunan signifikan, sehingga kadar minyak solar menjadi 8,272 mg/L, pada inkubasi jam ke-96 mengalami penurunan, hingga kadar minyak mempunyai berat sebesar 5,948 mg/L. Pada inkubasi jam ke-120 mulai terjadi penurunan hingga berat minyak solar menjadi 4,661 mg/L, selanjutnya pada inkubasi jam ke-144 berat minyak solar menjadi 2,088 mg/L. Pada inkubasi akhir (jam ke-168) berat akhir minyak solar berubah menjadi 1,726 mg/L.

c. Hasil Degradasi Minyak Solar oleh Genus *Klebsiella*

Media SMSSe yang telah memiliki kadar minyak solar, selanjutnya dilakukan penambahan isolat berupa Genus *Klebsiella*. Setelah penambahan isolat bakteri Genus *Klebsiella* dan diinkubasi selama 24 jam, kadar pada minyak solar mengalami penurunan menjadi 16,639 mg/L. Pada inkubasi selama 48 jam, minyak solar mengalami penurunan sebesar 13,827 mg/L.

Pada inkubasi jam ke-72 mengalami penurunan signifikan, sehingga kadar minyak solar menjadi 8,884 mg/L, pada inkubasi jam ke-96 mengalami penurunan, hingga kadar minyak mempunyai berat sebesar 7,661

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mg/L. Pada inkubasi jam ke-120 mulai terjadi sedikit penurunan berat minyak solar hingga menjadi 6,322 mg/L, selanjutnya pada inkubasi jam ke-144 berat minyak solar menjadi 5,787 mg/L. Pada inkubasi akhir jam ke-168 berat akhir minyak solar berubah menjadi 5,517 mg/L.

d. Hasil Degradasi Minyak Solar oleh Genus *Enterobacter*

Media SMSSe yang telah memiliki kadar minyak solar, selanjutnya dilakukan penambahan isolat berupa Genus *Enterobacter*. Setelah penambahan isolat bakteri Genus *Enterobacter* dan diinkubasi selama 24 jam, kadar pada minyak solar mengalami penurunan menjadi 16,659 mg/L. Pada inkubasi selama 48 jam, minyak solar mengalami penurunan sebesar 15,858 mg/L.

Pada inkubasi jam ke-72 mengalami penurunan signifikan, sehingga kadar minyak solar menjadi 11,833 mg/L, pada inkubasi jam ke-96 mengalami penurunan, hingga kadar minyak mempunyai berat sebesar 9,171 mg/L. Pada inkubasi jam ke-120 mulai terjadi penurunan hingga berat minyak solar menjadi 6,872 mg/L, selanjutnya pada inkubasi jam ke-144 berat minyak solar menjadi 6,382 mg/L. Pada inkubasi akhir (jam ke-168) berat akhir minyak solar berubah menjadi 5,832 mg/L.

e. Hasil Degradasi Minyak Solar oleh Genus *Citrobacter*

Media SMSSe yang telah memiliki kadar minyak solar, selanjutnya dilakukan penambahan isolat berupa Genus *Citrobacter*. Setelah penambahan isolat bakteri Genus *Citrobacter* dan diinkubasi selama 24 jam, kadar pada minyak solar mengalami penurunan menjadi 17,011 mg/L. Pada inkubasi selama 48 jam, minyak solar mengalami penurunan sebesar 16,466 mg/L.

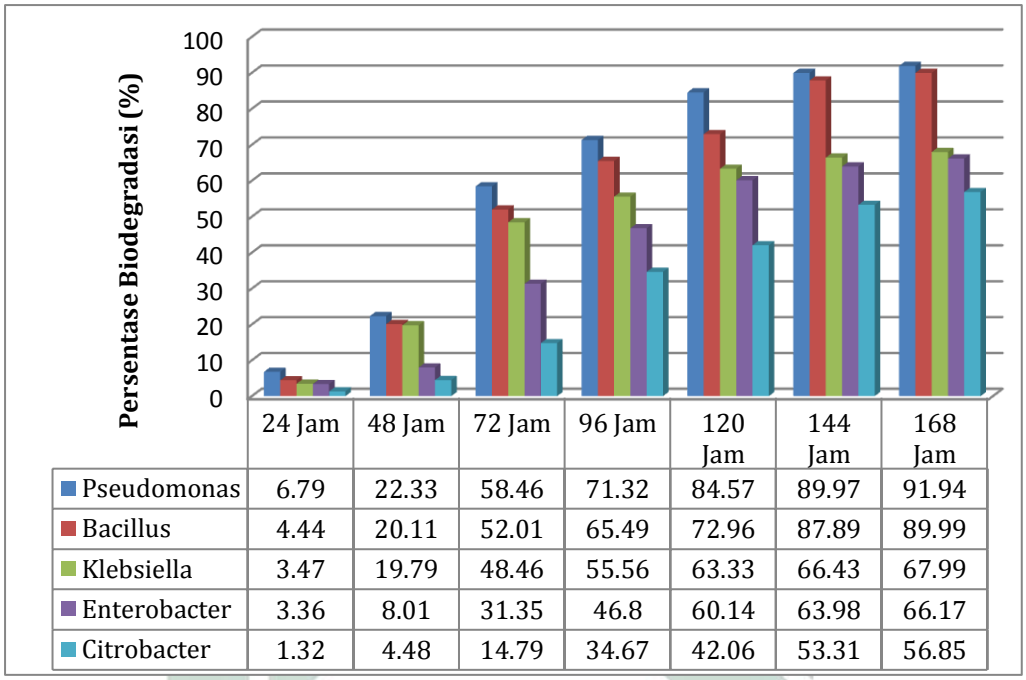
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada inkubasi jam ke-72 mengalami penurunan signifikan, sehingga kadar minyak solar menjadi 14,688 mg/L, pada inkubasi jam ke-96 mengalami penurunan, hingga kadar minyak mempunyai berat sebesar 11,262 mg/L. Pada inkubasi jam ke-120 mulai terjadi penurunan hingga berat minyak solar menjadi 9,987 mg/L, selanjutnya pada inkubasi jam ke-144 berat minyak solar menjadi 8,049 mg/L. Pada inkubasi akhir jam ke-168 berat akhir minyak solar berubah menjadi 7,438 mg/L .

Berdasarkan Gambar 4.15 memperlihatkan bahwa bakteri Genus *Pseudomonas* memiliki kemampuan yang paling besar dalam mendegradasi minyak solar. Hal ini terlihat persentase biodegradasi yaitu sebesar 91.94 %. Genus *Bacillus* merupakan bakteri pendegradasi kedua yang baik dengan persentase mendegradasi minyak sebesar 89,99%, dibandingkan dengan bakteri Genus *Klebsiella* memiliki persentase pendegradasi sebesar 67.99%,Genus *Enterobacter* sebesar 66.17 %, Genus *Citrobacter* sebesar 56.85%.

Menurut Harayama *et.al* (1995), Genus *Pseudomonas* merupakan salah satu kelompok bakteri yang memiliki kemampuan yang tinggi dalam mendegradasi minyak bumi. Bakteri ini memiliki kemampuan mendegradasi fraksi alifatik, aromatik dan resin, dimana Genus *Pseudomonas* dapat memiliki kemampuan dalam mendegradasi dari komponen keseluruhan jenis produk minyak dari yang mudah terdegradasi hingga sulit terdegradasi. Sehingga tidak semua bakteri hidrokarbonoklastik dapat mendegradasi keseluruhan penyusun minyak.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

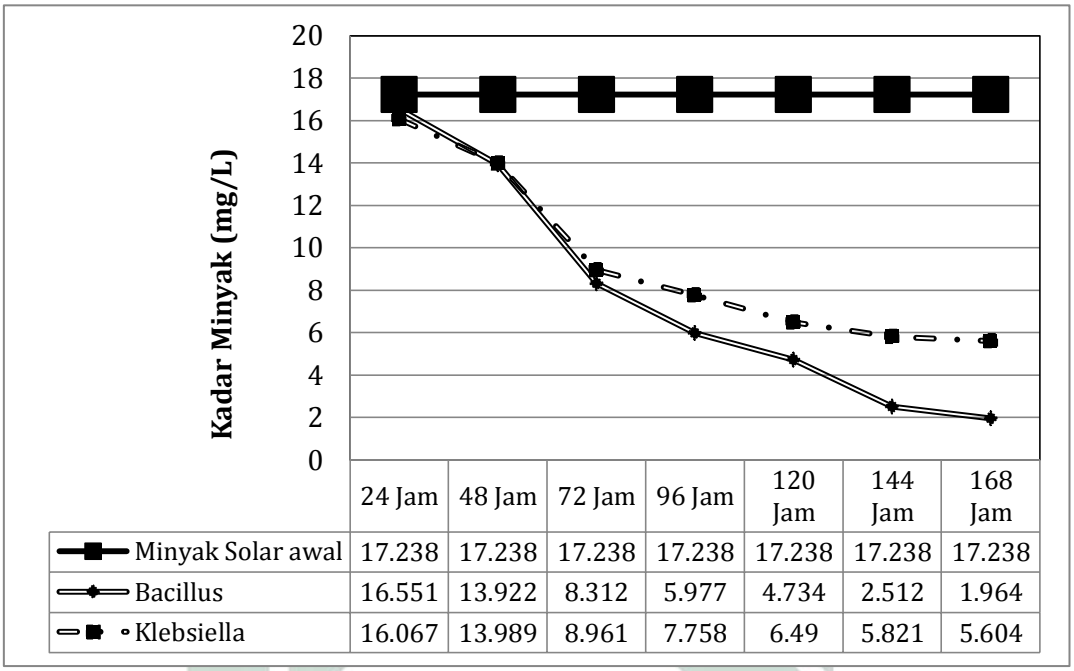


Gambar 4.15 Diagram Persentase Biodegradasi Minyak Solar pada Bakteri Stasiun 1
(*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

2. Degradasi Minyak Solar oleh Bakteri pada Stasiun 2

Pengujian kemampuan isolat bakteri dalam mendegradasi minyak solar diperoleh penurunan kadar minyak yang bervariasi pada Gambar 4.16. Pada Gambar 4.16. dapat dilihat bahwa seluruh isolat pada Stasiun 2 menunjukkan kemampuan dalam mendegradasi minyak solar. Masing-masing isolat bakteri mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam mendegradasi minyak solar. Sebelum dimasukkan isolat, kadar minyak solar pada seluruh media SMSSe yaitu sebesar 17,238 mg/L.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.16 Degradasi Minyak Solar dengan Penambahan Berbagai Isolat pada Stasiun 2
(*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

a. Hasil Degradasi Minyak Solar oleh Genus *Bacillus*

Media SMSSe yang telah memiliki kadar minyak solar, selanjutnya dilakukan penambahan isolat berupa bakteri Genus *Bacillus*. Setelah penambahan isolat bakteri Genus *Bacillus* dan diinkubasi selama 24 jam, kadar pada minyak solar mengalami penurunan menjadi 16,551 mg/L. Pada inkubasi selama 48 jam, minyak solar mengalami penurunan sebesar 13,922 mg/L.

Pada inkubasi jam ke-72 mengalami penurunan signifikan, sehingga kadar minyak solar menjadi 8,312 mg/L, pada inkubasi jam ke-96 mengalami penurunan, hingga kadar minyak mempunyai berat sebesar 5,977 mg/L. Pada inkubasi jam ke-120 mulai terjadi penurunan hingga berat minyak solar menjadi 4,734 mg/L, selanjutnya pada inkubasi jam ke-144 berat minyak solar menjadi 2,512 mg/L. Pada inkubasi akhir

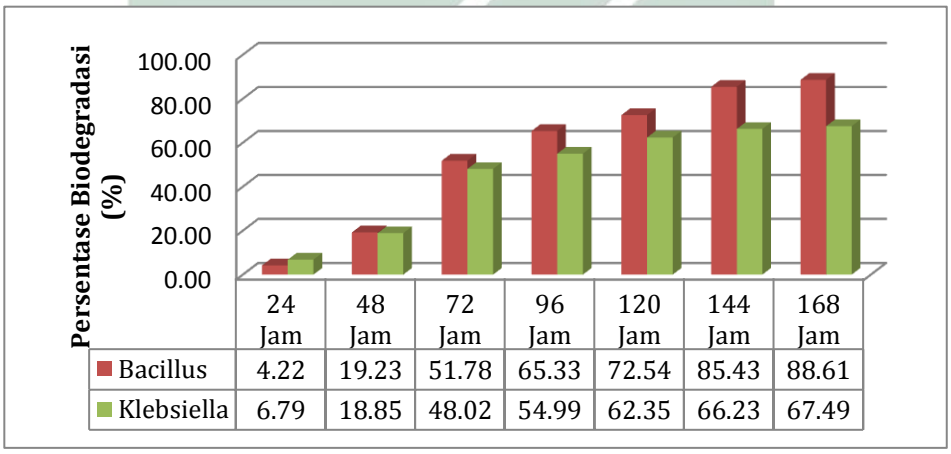
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(jam ke-168) berat akhir minyak solar berubah menjadi 1,964 mg/L.

b. Hasil Degradasi Minyak Solar oleh Genus *Klebsiella*

Media SMSSe yang telah memiliki kadar minyak solar, selanjutnya dilakukan penambahan isolat berupa bakteri Genus *Klebsiella*. Setelah penambahan isolat bakteri Genus *Klebsiella* dan diinkubasi selama 24 jam, kadar pada minyak solar mengalami penurunan menjadi 16,067 mg/L. Pada inkubasi selama 48 jam, minyak solar mengalami penurunan sebesar 13,989 mg/L.

Pada inkubasi jam ke-72 mengalami penurunan signifikan, sehingga kadar minyak solar menjadi 8,961 mg/L, sedangkan pada inkubasi jam ke-96 mengalami penurunan, hingga kadar minyak mempunyai berat sebesar 7,757 mg/L. Pada inkubasi jam ke-120 mulai terjadi penurunan hingga berat minyak solar menjadi 6,490 mg/L, selanjutnya pada inkubasi jam ke-144 berat minyak solar menjadi 5,821 mg/L. Pada inkubasi akhir (jam ke-168) berat akhir minyak solar berubah menjadi 5,604 mg/L.



	24 Jam	48 Jam	72 Jam	96 Jam	120 Jam	144 Jam	168 Jam
Bacillus	4.22	19.23	51.78	65.33	72.54	85.43	88.61
Klebsiella	6.79	18.85	48.02	54.99	62.35	66.23	67.49

Gambar 4.17 Diagram Persentase Biodegradasi Minyak Solar pada Bakteri Stasiun 2
(*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan Gambar 4.17 memperlihatkan bahwa bakteri Genus *Bacillus* memiliki kemampuan yang paling besar dalam mendegradasi minyak solar. Hal ini terlihat persentase biodegradasi yaitu sebesar 88.61% dibandingkan dengan bakteri Genus *Klebsiella* memiliki persentase pendegradasi sebesar 67.49%, Menurut Trinanda (2015) Genus *Bacillus* merupakan kelompok bakteri yang banyak digunakan sebagai agen bioremediasi pada lingkungan yang tercemar minyak bumi. Genus *Bacillus* menunjukkan kemampuan dalam mendegrdasi senyawa Poli Aromatik Hidrokarbon (PAH) seperti penantren, dibenzontipen dan florin di limbah minyak berat.

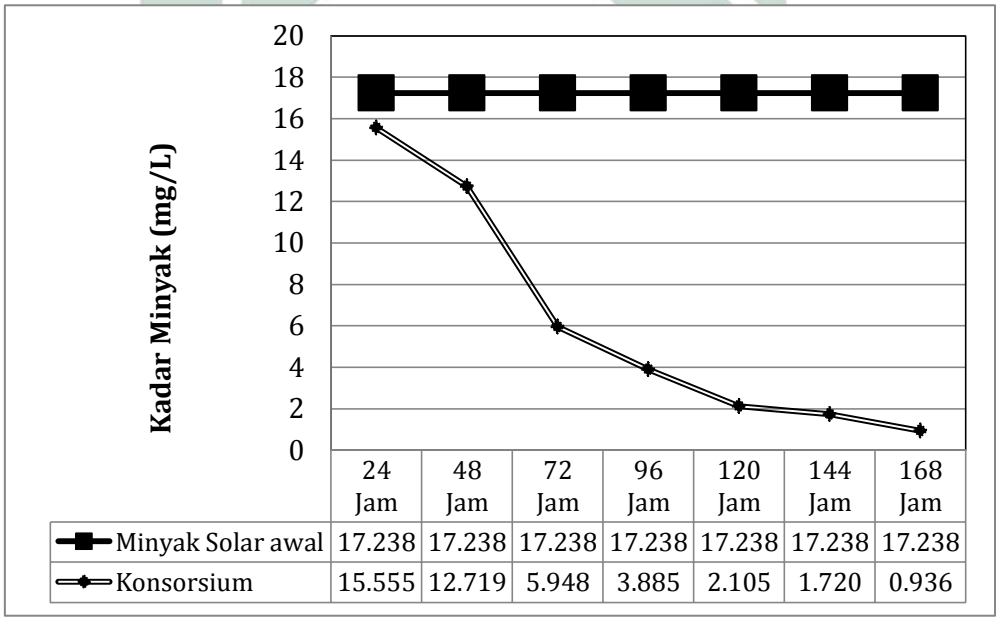
Proses biodegradasi senyawa hidrokarbon oleh isolat bakteri sangat bergantung pada komposisi komunitas dan respon adaptif terhadap kehadiran hidrokarbon (Leahy and Colwell, 1990). Pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa setiap isolat bakteri dari hari pertama hingga hari ketujuh memiliki kemampuan degradasi. Hal ini karena isolat pendegradasi minyak solar adalah Genus *Pseudomonas,* Genus *Bacillus,* Genus *Klebsiella,*Genus *Enterobacter,* Genus *Citrobacter*. Menurut (Bitton, 1984 *dalam* Nugroho, 2006) bakteri-bakteri tersebut adalah kelompok senyawa alkana / yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi fraksi alifatik. Menurut Siregar (2009) alkana merupakan komponen terbesar dalam minyak solar (76%) sehingga mudah didegradasi oleh bakteri karena memiliki rantai karbon lurus.

Menurut Siregar (2009) mikroba mendegradasi minyak dengan cara mengeluarkan enzim yang mampu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

memecah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Bakteri mendegradasi minyak solar dengan cara mengoksidasi substrat hidrokarbon dengan menggunakan enzim monoksigenase yang mengoksidasin n-alkana menjadi alkohol. Selanjutnya alkohol dioksidasi menjadi aldehid kemudian dihidroksilasi menjadi asam lemak. Hasil akhir tersebut asam lemak kemudian ke jalur β oksidasi yang akan memecah dua fragmen atom karbon yang berurutan (Hajar, 2012).

3. Degradasi Kadar Minyak Solar oleh Konsorsium



	24 Jam	48 Jam	72 Jam	96 Jam	120 Jam	144 Jam	168 Jam
Minyak Solar awal	17.238	17.238	17.238	17.238	17.238	17.238	17.238
Konsorsium	15.555	12.719	5.948	3.885	2.105	1.720	0.936

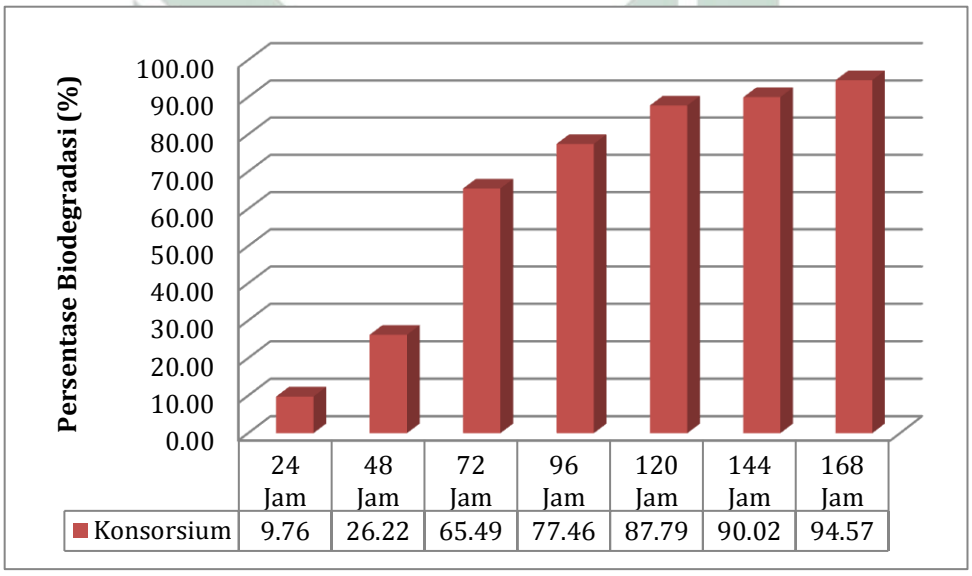
Gambar 4.18 Degradasi Minyak Solar dengan Penambahan Konsorsium
(*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

Pada konsorsium memiliki kemampuan mendegradasi minyak solar secara signifikan. Pada berat kondisi awal minyak solar sebesar 17,238 mg/L, isolat campuran tersebut mampu menurunkan kadar minyak sebesar 16,302 mg/L. Hasil akhir minyak solar dari inkubasi jam ke-168 sebesar 0,936 mg/L. Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tersebut menunjukkan, fraksi-fraksi hidrokarbon minyak solar dapat didegradasi oleh konsorsium. Konsorsium akan mengubah komposisi minyak menjadi fraksi ringan dalam minyak solar sehingga kekentalan (viskositas) akan menurun.

Berdasarkan Gambar 4.19 memperlihatkan bahwa konsorsium dapat mendegradasi minyak solar sebesar 94.57%. Konsorsium merupakan pendegradasi minyak solar paling tinggi dibandingkan dengan isolat isolat tunggal lainnya. Menurut Zhu *et.al* (2001), biodegradasi minyak bumi secara alamiah tidak hanya didegradasi oleh satu isolat bakteri, namun melibatkan beberapa isolat bakteri (konsorsium). Adanya isolat campuran tersebut maka degradasi hidrokarbon lebih efektif. Jumlah bakteri yang cukup akan menghasilkan enzim yang bervariasi dalam mendegradasi minyak secara cepat dibandingkan dengan isolat bakteri tunggal (Nugroho, 2006).



Gambar 4.19 Diagram Persentase Biodegradasi Konsorsium
(*Sumber : Olah Data Primer Penelitian, 2018*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

'Halaman Sengaja dikosongkan'

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V
PENUTUP

1.1 Kesimpulan

Pada pembahasan yang telah diuraikan diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada Pelabuhan Tanjung Perak diperoleh 7 isolat bakteri pendegradasi minyak solar, dimana 5 isolat terdapat pada Stasiun 1 yang berlokasi pada Pelabuhan Dermaga Jamrud Utara diperoleh isolat bakteri yaitu Genus *Pseudomonas*, Genus *Bacillus*, Genus *Klebsiella*, Genus *Enterobacter*, Genus *Citrobacter.* Sedangkan 2 isolat yaitu Genus *Bacillus* dan Genus *Klebsiella* diperoleh dari Stasiun 2 yang berlokasi Terminal Gapura Surya Nusantara.
2. Pada uji potensi bakteri pendegradasi minyak solar, semua isolat mampu mendegradasi dengan baik. Hasil identifikasi bakteri yang mampu mendegradasi minyak solar secara signifikan adalah konsorsium (isolat campuran pada Genus *Pseudomonas*, Genus *Bacillus*, Genus Klebsiella, Genus *Enterobacter* dan Genus *Citrobacter*) dengan persentase biodegradasi sebesar 94.57%. Pada isolat tunggal, pada Stasiun 1 yang memiliki persentase biodegradasi tertinggi adalah Genus *Pseudomonas* dan Genus *Bacillus* dengan persentase biodegradasi masing – masing sebesar 91.94 % dan 89.99%. Sedangkan pada Stasiun 2, bakteri pendegradasi yang memiliki persentase tertinggi adalah Genus *Bacillus* dengan persentase 88.61 %.

1.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan, maka saran pada penelitian kedepannya adalah

1. Dapat melakukan penelitian uji biosurfaktan yang dihasilkan oleh bakteri pendegradasi minyak.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Bagi peneliti selanjutnya dapat melakukan uji biodegradasi minyak solar dengan menggunakan kondisi suhu dan pH pada setiap media kultur isolat bakteri hidrokarbonoklastik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Aditiawati, Pingkan dan Dea Indriani Astuti. 2001. Isolasi Bertahap Bakteri Pendegradasi Minyak Bumi dari Sumur Bangko. Proceeding Simposium Nasional IATMI 2001. Yogyakarta.

Alexander, Steve L. Strete, D. Niles, M.J .2004. *Laboratory Exercise In Organismal and molekuler Microbiology*. New York : The Mc. Graw Hill.

Ali, Abdullah Yusuf. 2009. Tafsir Yusuf Ali Teks, Terjemahan Dan Tafsir Qur'an 30 Juz. Bogor : Litera Antarnusa.

Andina, Fika.2014. Biodegradasi Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) dengan Bakteri Penghasil Biosurfaktan Asal Air Laut dan Sedimen Pantai Karangsong Kabupaten Indramayu Jawa Barat. Skripsi. Universitas Padjadjaran Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Program Studi Ilmu Kelautan Jatinangor.

Anonim E. 2004. SNI 06-6989.10-2004 : Cara Uji Minyak dan Lemak. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta. Halaman: 2.

APHA. 1981. *Standart and Methoda.7th Edition*. California:Cumming Publishing Company Inc.

Astuti, Dwi.2012.Pengaruh Variasi Jumlah Inokulum Konsorsium Bakteri Terhadap degradasi Hidrokarbon Minyak Bumi. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Program Studi Biologi. Universitas Indonesia.Depok.

Atlas ,R.M. dan Bartha, R. (1992) *Microbial Ecology : Fundamentals and Application*. Redwood City, California. Third Ed. The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc. 393-399.

Azizah.M.N.L.2016.Isolasi dan Identifikasi Bakteri Yang Toleran Terhadap Insektisida Chlorpyrofos dan Fungisida Mancozep pada Tanah Pertanian Tomat di Desa Kutabawa Kecamatan karangreja Kabupaten Purbalingga. Skripsi.FKIP Program Studi Pendidikan Biologi. Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Baker, C dan Herson, D. 1994. *Bioremediation*. USA. McGraw-Hill, Inc.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Cappucino, JG dan Sherman N. 1983. *Microbiology a Laboratory Manual 4th ed Menlo Park* : Addison-Wesley Publ. Company, Inc.

Chater,K.W.A. dan Somerville, H.J. 1978. *The Oil Industry and Microbial Ecosystems. Proceeding of meeting organized by the Institute of Petroleum. London*. Heyden and Son Ltd. 1978. 80-106.

De Cassia, Rita. 2007. *Biodegradation of Diesel Oil by Yeast Isolatd from the Vicinity of Suape Port in the State of Pernambuco, Brazil*. Brazil: Departemento de Antibióticos, Universidade Federal de Pernambuco.

Dwidjoseputro, D. 1989. Dasar-Dasar Mikrobiologi. Surabaya: Djambatan.

Ernawati dan Saharnauli J. Verawaty S. 2011. Kultur Jaringan.

Feliatra. 2001. Buku Ajar Mikrobiologi Laut. Pusat Penelitian Kawasan Pantai dan Perairan. Universitas Riau. Pekanbaru.

Gordon, Ray. 1994.*Bioremediation and Its Application to Exxon Valdez Oil Spill in Alaska*. http://www.geocities.com/capecanaveral/Lab/2094.

Greenberg, E. A., Clescert, S. L., and Eaton, D. A. 1992. Examination of Water and Wastewater. *Standard Methods 18th Edition*. 412-418.Washington : American Public Health Association.

Hajar,Dachniar.2012. Isolasi, Identifikasi dan Analisis Kemampuan Degradasi Hidrokarbon Bakteri Tanah Sampel B, Cilegon, Banten. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Biologi.Universitas Indonesia. Depok.

Harayama, S., Sigiura K., Asaumi M., Shimauchi T., Goto M., Sasaki S. and Ishihara M. 1995. Biodegradation of Crude Oil, dalam *Program and Abstratcs in the First Asia-Pasific Marine Biotechnology Conference, Shimizu, Shizuoka, Japan*, page 19-24.

Harayama,S.,H.Kishira.,Y.Kasai &K.Shutsubo.1999.*Petroleum Biodegradation In Marine Environments*.Marine Biotechnology Institute l (1) :63-70.

Hasyimuddin, Natsir.2016. Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Dari Perairan Teluk Pare-Pare. *ISSN 2302-1616. Vol 4, No. 1, Juni 2016, hal 41-46.*

Herdiyantoro, D. 2005. Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi oleh *Bacillus* sp. Galur ICBB 7859 dan ICBB 7865 dari Ekosistem Air Hitam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kalimantan Tengah dengan Penambahan Surfaktan.Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Ismail, Hadija Enryani, Nursia La Nafie, dan Seniwati Dali. 2015. Isolasi Bakteri Pendegradasi Senyawa Piren dari Perairan Pelabuhan Paotere. Jurnal Techno Vol.04 No.02 .Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.Universitas Hasanuddin. Makassar.

Jadhav, S.U., Jadhav,U.U.,Dawkar,V.V., dan Govindwar, S.P. 2008. Biodegradation of Disperse Dye Brown 3REL by Microbial Consortium of Galactomyces geotrichum TCC 1360 and Bacillus sp. VUS. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*. Vol 13. pp 232-239.

Lay, Bibiana, W. 1994. Analisis Mikroba di Laboratorium. Jakarta: PT Grasindo Persada.

Leahy, J.G. dan R.R Colwell.1990.*Microbial Degradation of Hydrocarbons in the Environments* : Microbiological Reviews 54 (3),305-315

Mahmudah, Rafiah; Maswati Baharuddin dan Sappewali. 2016. Identifikasi Isolat Bakteri Termofilik dari Sumber Air Panas Lejja, Kabupaten Soppeng. Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknlogi. UIN Aluddin Makassar. Makassar.

Mangkoedihardjo S. 2005. Seleksi Teknologi Pemulihan untuk Ekosistem Laut Tercemar Minyak. Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan ITS, Surabaya. p. 1-9.

Merasbi M.R. 2003. Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons in Soil. *Iranian Health Public Journal : 28-32*.

Misran, Erni.2002. Aplikasi Teknologi Berbasiskan Membran dalam Bidang Bioteknologi Kelautan : Pengendalian Pencemaran. Program Studi Teknik Kimia. Universitas Sumatera Utara.

Mukhtasor. 2006. Pencemaran Pesisir dan Laut. PT Paradnya Paramita, Jakarta.

Nababan, B. 2008. Isolasi dan Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar dari Laut Belawan. Tesis. Universitas Sumatera Utara, Medan.

Nasikhin, Maya.2013. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Solar dan Bensin dari Perairan Pelabuhan Gresik. *Jurnal Sains Dan Seni*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pomits Vol. 2, No.2, (2013) 2337-3520 (2301-928x Print). Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Nugroho, A1. 2006. Bioremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi. Penerbit Graha Ilmu dan FTI Universitas Trisakti. Jakarta Barat. 159 hlm.

Nugroho, Astri. 2007. Dinamika Populasi Konsorsium Bakteri Hidrokarbonoklastik : Studi Kasus Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Skala Laboraturium.*Jurnal Ilmu Dasar.Vol.8 No.1,2007:13-23*.

Nur Hidayat, Masdiana C. Padaga dan Sri Suhartini. 2006. Mikrobiologi Industri. ANDI. Yogyakarta.

Pelczar, Michael J. ESC. Chan. 2008. Dasar-Dasar Mikrobiologi. Jakarta. UI Press.

Peraturan Pemerintah Rebuplik Indonesia (PP).1999. Peraturan Pemerintah Rebuplik Indonesia Nomor 19 tentang Pengendalian Pencemaran dan /atau Perusakan Laut.2 hlm.

Pertamina, 2005*. Industrial Diesel Oil (Minyak Diesel).* Diakses tanggal 17 Oktober 2017. http://www.pertamina.com/indonesia/head-office/hilir-ppdn/product/prdsolar.html.

Purwoko, T. 2007. Fisiologi Mikroba. Jakarta : Bumi Aksara.

R.E.Bunchanan dan N.E. Gibbons. 1974. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Eight Edition*.

Ristiati, Ni Putu. 2013. Uji Kemampuan isolat Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Terhadap Limbah Oli dari Perairan Pelabuhan Celukan Bawang. Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA Undiksha Singaraja. Bali.

Rohmah, Nita Shilfiani. 2017. Isolasi dan Identifikasi Bakteri yang Berpotensi Sebagai Agen Bioremediasi Timbal (Pb) dari Lumpur Lapindo. Skripsi . Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi . Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.

Sharpley, J.M. 1996. *Elementary Petroleum Microbiology*. Texas. Gulf Publishing Company.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Silvia, S. dan J. Jusfah. 2010. Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Menggunaan Isolat Bakteri dari Limbah Minyak Bumi PT Cevron Pacific Indonesia. Universitas Andalas, Padang.

Siregar, Sri Rahmawaty .2009. Isolasi dan Uji Potensi Khamir Pendegradasi Minyak Solar dari Air Laut Belawan. Tesis. Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.Medan.

Suriyani, Irma dan Kotijah, Siti. 2013. Kajian Islam Dalam Masalah Lingkungan Hidup Di Kota Samarinda*. Risalah Hukum Fakultas Hukum Unmul. Vol. 9. No. 1. Kalimantan Timur: Hal. 71-78.*

Tarigan, Joko Gitoyo.2010. Biodegradasi Limbah Minyak Berat Menggunakan Isolat Tunggal Dan Campuran Dengan Tambahan Alkilbenzena Sulfonat Linear. *Skripsi*. Departemen Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Thavasi, R., M.S Nabaru., S. Jayalakshmi., T. Balasubramanian., I.M Banat. 2009. Biosurfactant Production by Azobacter chroococcum Isolated from the Marine Environment. *Marine Biotechnology,Vol 11 No. 5: 551-556*.

Trinanda, Ricky.2015.Efektivitas Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Minyak Berat Yang Diisolasi Dari Ekosistem Air Hitam Tanjung Jabung Timur, Jambi. Skripsi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Udiharto, M. 1996. Bioremediasi Minyak Bumi. *Prosiding Pelatihan dan Lokakarya. Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan*. Cibinong 24-28 Juni 1996. LIPI-BPPT-HSF.

Udiharto,M.1994. Aktivitas Mikroba Dalam Degradasi Minyak Bumi. Dalam Proceeding : *Diskusi Ilmiah VII Hasil Penelitian Lemigas.Lemigas. Jakarta. Hal 464-476.*

Udiharto. 1999. Penanganan Minyak Buangan Secara Bioteknologi. Makalah

Umar, Faiqah. 2000. Biodegradasi Petroleum dan Hidrokarbon Eikosana Oleh Isolat Bakteri. Skripsi. Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin. Makassar.

Vidali, M..2001. *Bioremediation. An Overview*. Pure Appl.Chem., Vol. 73, No. 7, hal 1163-1172.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Waluyo, L. 2010. Teknik Metode Dasar Mikrobiologi. Umm Press, Malang. 305 hlm.

Yunita, Rasti.2012.Studi Biodegradasi Surfaktan Linear Alkylbenzene Sulfonates (LAS) Menggunakan Isolat Bakteri Dari Situ Universitas Indonesia. Skripsi. Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. Depok.

Zhu, X., A. D. Venosa., M. T. Suidan dan K. Lee. 2001. *Guidelines for Bioremediation of Marine Shorelines and Freshwater Wetlands*. Cincinnati, OH 45268.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id