

SKRIPSI

**ISOLASI DAN UJI KEMAMPUAN BIODEGRADASI BAKTERI ASAL
DERMAGA KAYU BANGKOA MAKASSAR DALAM MENDEGRADASI
HIDROKARBON PETROLEUM**



**RAIHAN NUR KARIMAH
H041181015**

**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**ISOLASI DAN UJI KEMAMPUAN BIODEGRADASI BAKTERI ASAL
DERMAGA KAYU BANGKOA MAKASSAR DALAM MENDEGRADASI
HIDROKARBON PETROLEUM**

*Skripsi Ini Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Program Studi S1 Biologi Departemen Biologi Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin*

**RAIHAN NUR KARIMAH
H041181015**

**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ISOLASI DAN UJI KEMAMPUAN BIODEGRADASI BAKTERI ASAL
DERMAGA KAYU BANGKOA MAKASSAR DALAM MENDEGRADASI
HIDROKARBON PETROLEUM

Disusun dan diajukan oleh

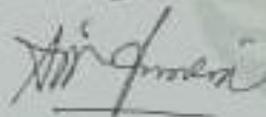
RAIHAN NUR KARIMAH

H041181015

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 16 Januari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

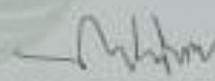
Menyetujui,

Pembimbing Utama



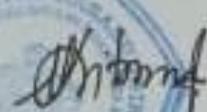
Prof. Dr. Dirayah R. Husain, DEA
NIP. 196005251986012001

Pembimbing Pertama



Dr. Nur Haedar, M.Si
NIP. 196801291997022001

Ketua Program Studi


Dr. Magdalena Litany, M.Sc
NIP. 196409291989032002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Raihan Nur Karimah

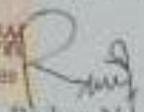
NIM : H041181015

Program Studi : Biologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul "Isolasi dan Uji Kemampuan Biodegradasi Bakteri asal Dermaga Kayu Bangkoa Makassar dalam Mendegradasi Hidrokarbon Petroleum" adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 16 Januari 2023

Yang Menyatakan

Raihan Nur Karimah

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Syukur *Alhamdulillah* penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya serta limpahan nikmat iman dan islam sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tidak lupa salam dan sholawat penulis hanturkan kepada baginda Rasulullah Shallallahu 'Alaihi Wassallam yang telah menggulung tikar-tikar kekafiran dan merentangkan permadani-permadani Islam serta membawa umat manusia dari zaman kebodohan ke zaman terang benderang yang penuh ilmu pengetahuan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul "Isolasi dan Uji Kemampuan Biodegradasi Bakteri asal Dermaga Kayu Bangkoa Makassar dalam Mendegradasi Hidrokarbon Petroleum".

Skripsi ini memuat hasil penelitian sebagai tugas akhir yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana program studi S1 biologi di Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat banyaknya bantuan serta doa yang diberikan kepada penulis. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua tercinta, ibunda Nuriaty dan ayahanda Baharuddin yang tidak henti-hentinya memberikan cinta, kasih sayang, doa dan dukungan kepada penulis. Terima kasih juga kepada bibi terkasih, Fatmah yang selalu mendoakan yang terbaik kepada penulis. Tak lupa pula terima kasih kepada saudaraku tersayang, Fahmi Shadiq atas kasih sayang, bantuan serta dukungannya selama ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga

Yohanis Nani yang senantiasa memberikan bantuan kepada penulis selama perkuliahan. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada diri sendiri yang telah mau bersabar dan tetap semangat dalam menjalani manis pahitnya perkuliahan.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ibu Prof. Dr. Dirayah Rauf Husain, DEA, selaku pembimbing utama dan ibu Dr. Nur Haedar, M.Si., selaku pembimbing pertama yang senantiasa bersedia meluangkan waktu dan tenaga dalam memberikan ilmu, nasihat, dukungan, bimbingan, masukan serta sarannya kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini. penulis juga berterima kasih sebesar-besarnya kepada:

- Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta staf dan jajarannya
- Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin beserta staf dan jajarannya.
- Dr. Magdalena Litaay, M.Sc selaku Ketua Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
- Dr. Eddy Soekendarsih, M.Sc. dan Dr. Nur Haedar, M.Si., selaku dosen Penasihat Akademik (PA) yang senantiasa memberi nasihat dan arahan kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
- Dosen dan pegawai Departemen Biologi atas segala ilmu dan bantuannya kepada penulis selama menjadi mahasiswa.
- Dr. Andi Masniawati, S.Si., M.Si. dan Dr. Syahribulan, S.Si., M.Si. selaku penguji yang telah memberikan saran untuk menyempurnakan skripsi ini.

- Fuad Gani, S.Si selaku Laboran Laboratorium Mikrobiologi atas segala ilmu, masukan, bimbingan dan bantuannya selama penulis melakukan penelitian di Laboratorium.
- Riuh Wardhani, S.Si., M.Si yang senantiasa meluangkan waktu dalam memberikan ilmu, kritik, saran serta bimbingan kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi.
- Tim penelitian, Musdalifah dan Andi Maipadiapati atas bantuan, motivasi, canda tawa serta kebersamaannya dalam menjalani penelitian.
- Shamad dan Farhansyah Rafli Pasolong yang rela meluangkan waktu dan tenaganya dalam membantu proses pengambilan sampel sehingga penelitian ini dapat terlaksana.
- A.Annisa Salim Kantao, Nur Usriani, Sabaria, Nur Amalia, dan Andi Saripada Ardillah atas bantuan dan kebersamaan selama proses perkuliahan.
- Teman-teman Biologi 2018 yang tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan terima kasih karena senantiasa memberikan bantuan, semangat, dukungan, dan tawa selama menjalani lika-liku perkuliahan.

Penulis berharap semoga segala bantuan dan kebaikan dari semua pihak akan mendapatkan balasan dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala serta semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarokatuh

Makassar, November 2022

Raihan Nur Karimah

ABSTRAK

Minyak bumi (petroleum) merupakan bahan bakar fosil yang mengandung senyawa hidrokarbon yang apabila masuk ke lingkungan akan berdampak negatif bagi ekosistem. Salah satu upaya dalam menangani pencemaran ini adalah dengan memanfaatkan bakteri yang mampu mendegradasi hidrokarbon minyak bumi tersebut. Bakteri ini secara alamiah terdapat pada lingkungan tercemar seperti Dermaga Kayu Bangkoa yang dicemari oleh tumpahan minyak berasal dari bahan bakar kapal. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh isolat bakteri pendegradasi hidrokarbon minyak bumi asal Dermaga Kayu Bangkoa dan mengetahui kemampuannya dalam mendegradasi hidrokarbon minyak bumi. Kemampuan biodegradasi bakteri dilakukan dengan mengukur penurunan tegangan permukaan menggunakan alat tensiometer Du Novy dan perhitungan persentase biodegradasi berdasarkan prinsip gravimetri. Hasil dari penelitian ini adalah diperoleh 2 isolat bakteri Gram positif yaitu KB 1 yang berbentuk batang serta KB 2 yang berbentuk bulat. Kedua isolat bakteri ini mampu mendegradasi hidrokarbon minyak bumi, dilihat dari terbentuknya zona bening pada uji sebaran minyak yang mengindikasikan adanya aktivitas senyawa biosurfaktan. Senyawa ini mampu menurunkan tegangan permukaan sebesar 16,76 mN/m untuk KB 1 dan 22,23 mN/m untuk KB 2. Adapun persentase biodegradasi hidrokarbon petroleum oleh isolat bakteri KB 1 dan KB 2 adalah masing-masing sebesar 33,96% dan 52,97%.

Kata kunci : hidrokarbon, tegangan permukaan, biosurfaktan, biodegradasi

ABSTRACT

Crude oil (petroleum) is a fossil fuel that contains hydrocarbon compounds that if they enter the environment will harm the ecosystem. One of the efforts to deal with this pollution is to utilize bacteria that can degrade petroleum hydrocarbons. These bacteria are naturally found in polluted environments such as the Kayu Bangkoa Pier which is polluted by oil spills from ship fuel. Therefore, the purpose of this study was to obtain isolates of petroleum hydrocarbon-degrading bacteria from Kayu Bangkoa Pier and to determine their ability to degrade petroleum hydrocarbons. The biodegradability of bacteria was carried out by measuring the decrease in surface tension using a Du Novy tensiometer and calculating the proportion of biodegradation based on gravimetric principles. The results of this study were obtained two isolates of gram-positive bacteria, namely KB 1 which was rod-shaped, and KB 2 which was round. These two bacterial isolates were able to degrade petroleum hydrocarbons, as seen from the formation of a clear zone in the oil distribution test which indicated the activity of biosurfactant compounds. This compound was able to reduce the surface tension of 16.76 dyne/cm for KB 1 and 22.23 dyne/cm for KB 2. The percentage of petroleum hydrocarbon biodegradation by bacterial isolates KB 1 and KB 2 was 33.96% and 52.97%.

Keywords: hydrocarbons, surface tension, biosurfactants, biodegradation

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	4
I.3 Manfaat Penelitian.....	5
I.4 Waktu dan Tempat Penelitian.....	5
BAB II DASAR TEORI	6
II.1 Klasifikasi Hidrokarbon.....	6
II.2 Minyak Bumi.....	7
II.3 Degradasi Minyak Bumi secara Fisik, Kimia dan Biologi.....	8
II.4 Mekanisme Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi oleh Bakteri.....	10
II.5 Biosurfaktan	13
II.6 Faktor yang Mempengaruhi Biodegradasi.....	16

II.7 Dermaga Kayu Bangkoa.....	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
III.1 Alat dan Bahan.....	20
III.1.1 Alat.....	20
III.1.2 Bahan.....	20
III.2 Prosedur Penelitian.....	20
III.2.1 Pengambilan Sampel.....	20
III.2.2 Sterilisasi Alat.....	21
III.2.3 Pembuatan Media Pertumbuhan.....	21
III.2.4 Pembuatan Nutrisi Tambahan.....	21
III.2.5 Pertumbuhan pada Media Cair ditambah Petroleum.....	22
III.2.6 Isolasi Bakteri Pendegradasi Petroleum.....	22
III.2.7 Pemurnian Bakteri Pendegradasi Petroleum	22
III.2.8 Karakterisasi.....	23
III.2.9 Uji Sebaran Minyak (Oil Spread).....	24
III.2.10 Kurva Pertumbuhan Bakteri.....	24
III.2.11 Uji Tegangan Permukaan.....	25
III.2.12 Perhitungan Persentasi Biodegradasi Hidrokarbon.....	26
III.3 Analisis Data.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
IV. 1 Pengambilan Sampel.....	27
IV.2 Pertumbuhan pada Media Cair ditambah Petroleum.....	28
IV.3 Isolasi Bakteri Pendegradasi Petroleum	30
IV.4 Pemurnian dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Petroleum	32

IV.5 Uji Sebaran Minyak (<i>Oil Spread</i>).....	35
IV.6 Kurva Pertumbuhan Bakteri.....	36
IV.7 Uji Tegangan Permukaan.....	39
IV.8 Perhitungan Persentase Biodegradasi Hidrokarbon.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
V.1 Kesimpulan.....	48
V.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jenis biosurfaktan yang diproduksi oleh mikroorganisme.....	14
2. Pengamatan isolasi bakteri pendegradasi hidrokarbon petroleum.....	30
3. Pengamatan morfologi koloni bakteri pendegradasi hidrokarbon.....	33
4. Hasil perhitungan TPH dan persentase biodegradasi hidrokarbon.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Reaksi enzimatik monooksigenase dan dioksigenase	13
2. Keterlibatan biosurfaktan dalam penyerapan hidrokarbon.....	15
3. Layout Dermaga Kayu Bangkoa.....	18
4. Lokasi pengambilan sampel titik pertama dan titik kedua	27
5. Pertumbuhan pada media ALS sebelum inkubasi (T0).....	29
6. Pertumbuhan pada media ALS saat inkubasi (T4).....	29
7. Pertumbuhan pada media ALS setelah inkubasi (T7).....	29
8. Pertumbuhan isolat KB 1 pada media padat ditambah petroleum selama 8 hari inkubasi	31
9. Pertumbuhan isolat KB 2 pada media padat ditambah petroleum selama 8 hari inkubasi	31
10. Morfologi koloni bakteri pendegradasi hidrokarbon petroleum diamati menggunakan mikroskop stereo).....	33
11. Morfologi sel bakteri pendegradasi hidrokarbon petroleum menggunakan mikroskop elektron dengan pembesaran 100x	34
12. Hasil uji sebaran minyak menggunakan supernatan isolat murni KB 1 (atas) dan KB 2 (bawah).....	35
13. Grafik kurva pertumbuhan bakteri isolat murni KB 1 yang diperoleh menggunakan nilai DO pada λ 610 nm dan diplot pada kertas semilogaritma	37
14. Grafik kurva pertumbuhan bakteri isolat murni KB 2	

yang diperoleh menggunakan nilai DO pada λ 610 nm dan diplot pada kertas semilogaritma 2.....	38
15. Hasil penurunan tegangan permukaan oleh isolat KB 1 menggunakan supernatan pada berbagai variasi jumlah.....	40
16. Hasil penurunan tegangan permukaan oleh isolat KB 2 menggunakan supernatan pada berbagai variasi jumlah.....	41
17. Pertumbuhan bakteri isolat KB 1 (atas) dan KB 2 (bawah) sebelum diinkubasi (T0) dan setelah diinkubasi (T11) pada media cair ALS ditambah petroleum.....	43
18. Pertumbuhan bakteri isolat KB 1 (atas) dan KB 2 (bawah) saat hari pertama inkubasi (T1) dan hari terakhir inkubasi (T14) pada media padat MA ditambah petroleum.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema kerja penelitian.....	57
2. Kondisi Pertumbuhan pada Media Cair ALS ditambah Petroleum.....	58
3. Kondisi Pertumbuhan pada Media Padat MA ditambah Petroleum.....	60
4. Hasil pengukuran uji tegangan permukaan.....	62
5. Hasil perhitungan persentase biodegradasi hidrokarbon.....	63
6. Foto prosedur penelitian.....	64

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Minyak bumi yang disebut juga *crude oil* merupakan bahan bakar fosil serta sumber energi yang paling hemat biaya dalam ekonomi global saat ini (Thompson *and* Nathanail, 2003; Kadri *et al.*, 2018). Berdasarkan pernyataan Zhang *et al.* (2015), minyak bumi telah mendominasi konsumsi energi dunia sejak abad kedua puluh. Adapun di negara kita Indonesia, minyak bumi telah menjadi salah satu komoditas ekspor dan impor, sebab merupakan salah satu sumber utama yang banyak digunakan hampir di setiap negara.

Minyak bumi berasal dari minyak mentah yang sebagian besar merupakan campuran hidrokarbon (Thompson *and* Nathanail, 2003). Malik *and* Ahmed (2012) menyatakan bahwa hidrokarbon minyak bumi (*petroleum*) ini dapat masuk ke lingkungan melalui tumpahan minyak, sumur minyak yang bocor, situs penyulingan minyak yang terbengkalai, pembakaran bahan bakar fosil yang tidak sempurna dan pembuangan yang tidak disengaja selama pengangkutan di tangki serta kegagalan kapal. Masuknya minyak bumi ke lingkungan ini dapat menyebabkan pencemaran yang tentunya berdampak negatif bagi ekosistem. Tumpahan minyak di laut adalah salah satu contoh pencemaran yang saat ini marak terjadi. Kecelakaan di laut yang menyebabkan tumpahan minyak pernah terjadi di Laut Timor akibat meledaknya ladang minyak PTTEP Australasia di Platform Montara (Meinarni, 2016). Kemudian tumpahan minyak juga terjadi di Brasil pada awal September 2019, dimana minyak mentah mulai membasuh pantai-pantai

tropis Brasil dan menjadikan tumpahan minyak ini sebagai bencana lingkungan yang paling luas dan parah yang pernah tercatat dalam sejarah Brasil (Soares *et al.*, 2020). Terdapatnya komponen minyak mentah di lingkungan ini telah menimbulkan ancaman serius bagi komunitas laut karena dapat menjadi racun bagi biota laut. Toksisitas minyak sebagian besar dari hidrokarbon aromatik, khususnya *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH) (Neff, 2002; Yuewen *and* Adzigbli, 2018) yang mampu mempengaruhi kerusakan habitat, kematian massal, dan gangguan fungsi fisiologis dari organisme laut baik vertebrata maupun invertebrata (Yuewen *and* Adzigbli, 2018). Di samping itu menurut Sakari *et al.* (2008), PAH juga telah terbukti memiliki efek karsinogenik dan mutagenik terhadap organisme serta dapat mengganggu sistem endokrin manusia.

Makassar merupakan salah satu kota di Indonesia yang terletak di daerah pesisir. Di kota ini terdapat Dermaga Kayu Bangkoa yang menyediakan jasa penyeberangan jika ingin mengunjungi pulau-pulau kecil di sekitar kota Makassar (Tonapa *et al.*, 2018). Sejak dermaga ini digunakan yakni pada tahun 1970 hingga sekarang, Dermaga Kayu Bangkoa telah menjadi gerbang arus masuk dan keluarnya masyarakat penghuni pulau-pulau di Makassar yang beraktifitas memenuhi kebutuhan sehari-hari. Akibatnya, puluhan kapal kayu ukuran besar dan kecil silih berganti, keluar masuk dermaga setiap waktu (Nisa *et al.*, 2019). Kondisi ini menyebabkan pencemaran terus terjadi akibat tumpahan minyak dari perahu yang bersandar, berasal dari bahan bakar solar maupun bensin yang mengandung hidrokarbon poliaromatik (Mirnawati *et al.*, 2015).

Tindakan yang dapat dilakukan dalam mengatasi polusi hidrokarbon ini bisa secara fisik, kimia dan biologi. Namun penanggulangan secara fisik dan kimia

dianggap kurang efektif serta mahal karena memerlukan teknologi dan peralatan canggih untuk menarik kembali bahan kimiawi dari lingkungan agar tidak menimbulkan dampak negatif yang lain (Baker *and* Herson, 1994; Nugroho, 2006). Oleh karena itu, diperlukan metode pengelolaan limbah hidrokarbon yang lebih efektif, yakni secara biologis (bioremediasi). Sebagaimana yang dinyatakan oleh Borah *and* Yadav (2017) bahwa metode ini diakui sebagai tindakan yang paling disukai untuk menghilangkan hidrokarbon minyak bumi karena umumnya hemat biaya dan ramah lingkungan, salah satunya dengan memanfaatkan mikroorganisme (Yolantika *et al.*, 2015).

Mikroorganisme memiliki kemampuan untuk mendegradasi sebagian besar komponen hidrokarbon alami terutama alkana dan hidrokarbon polisiklik aromatik (Ward *et al.*, 2003; Mikolajczyk *et al.*, 2015). Hal ini juga diperkuat oleh Wang *et al* (2018), bahwa mikroorganisme yang berasal dari tumpahan minyak di laut Bohai, Cina, sangat efektif sebagai bioremediasi polutan hidrokarbon. Bioremediasi telah terbukti berhasil dan ramah lingkungan dalam mineralisasi dan penghilangan kontaminan hidrokarbon minyak bumi di berbagai habitat, seperti air dan tanah. Saat ini pun telah diketahui bahwa beberapa spesies bakteri mampu mendegradasi hidrokarbon. Contohnya dapat dilihat dalam penelitian Husain *et al.* (1997), bahwa bakteri *Pseudomonas nautica* strain 617 mampu mendegradasi hidrokarbon eikosane sebesar 53-59%. Menurut Kadri *et al.* (2018), spesies ini disebut bakteri hidrokarbonoklastik dan mereka memainkan peran kunci dalam menghilangkan hidrokarbon dari lingkungan yang tercemar.

Mengingat banyaknya senyawa pencemar hidrokarbon dari tumpahan minyak di Dermaga Kayu Bangkoa Makassar yang berdampak negatif bagi

ekosistem, maka diperlukan suatu metode pendegradasian hidrokarbon yang mudah, murah serta ramah lingkungan, yaitu dengan menggunakan bakteri pendegradasi hidrokarbon. Bakteri pendegradasi hidrokarbon secara alamiah terdapat pada lingkungan yang telah tercemar, baik dalam keadaan bersaing maupun berkonsorsium dengan mikroba lainnya (Suyasa, 2006; Puspitasari *et al.*, 2020). Kemudian, penggunaan bakteri pendegradasi hidrokarbon pada lingkungan yang tercemar minyak akan lebih efektif apabila bakteri tersebut berasal dari sumbernya (Mirnawati *et al.*, 2015).

Beberapa tahun terakhir telah banyak penelitian yang dilakukan dalam mencari bakteri pendegradasi hidrokarbon sebagai upaya mengatasi pencemaran minyak bumi. Penelitian semacam ini harus terus dilakukan untuk mendapatkan bakteri pendegradasi hidrokarbon dengan kemampuan yang jauh lebih unggul. Hal ini dapat dilakukan dengan mengeksplorasi berbagai tempat tercemar minyak bumi yang diindikasikan mengandung bakteri pendegradasi hidrokarbon, seperti Dermaga Kayu Bangkoa. Oleh karena itu penelitian ini perlu dilakukan untuk memperoleh isolat bakteri pendegradasi hidrokarbon yang berasal dari Dermaga Kayu Bangkoa serta untuk mengetahui kemampuannya dalam mendegradasi hidrokarbon.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk:

1. Memperoleh isolat bakteri dari Dermaga Kayu Bangkoa Makassar yang mampu mendegradasi hidrokarbon.
2. Mengetahui kemampuan biodegradasi hidrokarbon oleh bakteri yang berasal dari Dermaga Kayu Bangkoa Makassar.

I.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah memberikan informasi terkait kemampuan bakteri asal Dermaga Kayu Bangkoa dalam menurunkan tegangan permukaan dan mendegradasi senyawa hidrokarbon petroleum.

I.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juli 2022 hingga November 2022, bertempat di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Klasifikasi Hidrokarbon

Hidrokarbon adalah senyawa yang hanya mengandung atom karbon dan hidrogen (Solomons *and* Fryhle, 2011). Berdasarkan penyusunannya dalam struktur hidrokarbon dibedakan menjadi hidrokarbon alifatik, alisiklik, dan aromatik. Hidrokarbon alifatik adalah senyawa organik yang tersusun oleh karbon dan hidrogen dalam rantai terbuka. Hidrokarbon alifatik dapat berupa alifatik jenuh dan tidak jenuh. Alifatik jenuh apabila di dalam struktur molekulnya hanya mempunyai ikatan tunggal, yaitu alkana. Sedangkan alifatik tidak jenuh apabila di dalam strukturnya terdapat ikatan rangkap, yaitu alkena dan alkuna. Hidrokarbon alisiklik adalah senyawa organik yang tersusun dalam suatu cincin atau rantai tertutup, yaitu sikloalkana. Senyawa aromatik merupakan hidrokarbon yang tersusun dalam cincin yang memiliki ketidakjenuhan yang tinggi dan memiliki aroma atau bau yang khas (Wardiyah, 2016).

Alkana adalah hidrokarbon yang tidak memiliki ikatan rangkap antara atom karbon (Solomons *and* Fryhle, 2011), hanya memiliki ikatan tunggal C–C dan C–H (McMurry, 2011). Alkena adalah hidrokarbon yang mengandung ikatan rangkap karbon-karbon, C=C, dan alkuna adalah hidrokarbon yang mengandung ikatan rangkap tiga karbon-karbon, C≡C (McMurry, 2011). Selanjutnya, sikloalkana adalah alkana yang semua atau sebagian atom karbonnya tersusun dalam sebuah cincin (Solomons *and* Fryhle, 2011). Adapun senyawa aromatik memiliki ikatan rangkap dan tunggal berselang-seling dalam cincin atom karbon beranggota enam

(Mcmurry, 2011). Jadi, senyawa aromatik mengandung jenis cincin khusus, contoh yang paling umum adalah cincin benzena (Solomons *and* Fryhle, 2011).

Secara umum, senyawa seperti alkana, yang molekulnya hanya mengandung ikatan tunggal, disebut sebagai senyawa jenuh karena senyawa ini mengandung jumlah atom hidrogen maksimum yang dapat dimiliki oleh senyawa karbon. Adapun senyawa dengan ikatan rangkap seperti alkena, alkuna dan hidrokarbon aromatik, disebut senyawa tak jenuh karena mereka memiliki jumlah atom hidrogen lebih sedikit dari jumlah maksimum dan mereka mampu bereaksi dengan hidrogen dalam kondisi yang tepat. Di samping itu, sejauh ini sumber utama hidrokarbon adalah minyak bumi yang sebagian besar berupa alkana dan hidrokarbon aromatik (Solomons *and* Fryhle, 2011).

II.2 Minyak Bumi

Minyak bumi adalah campuran kompleks hidrokarbon alami yang berasal dari dekomposisi materi tumbuhan dan hewan (Mcmurry, 2011), yang sebagian besar adalah alkana dan hidrokarbon aromatik serta mengandung sejumlah kecil senyawa yang mengandung oksigen, nitrogen dan belerang (Solomons *and* Fryhle, 2011). Dengan demikian, hampir semua produk minyak bumi merupakan campuran kompleks dari sejumlah besar komponen kimia. Selain itu, banyak yang beracun dan tahan terhadap lingkungan (Thompson *and* Nathanail, 2003).

Beberapa tahun terakhir ini, polusi hidrokarbon minyak bumi menjadi perhatian yang terus meningkat karena penggunaannya yang luas sebagai sumber energi di sebagian besar negara industri dan berkembang. Hidrokarbon minyak bumi yang dihasilkan dari proses industri dan aktivitas manusia merupakan

kontaminan yang tersebar luas dan menyebabkan masalah lingkungan yang serius karena sifat toksik, mutagenik dan karsinogeniknya, persistensi dan bioakumulasi (Neff 1979; Sakari *et al.*, 2008). Hidrokarbon minyak bumi dapat masuk ke lingkungan melalui tumpahan minyak, sumur minyak yang bocor atau tercabut, kolam pembuangan produk limbah minyak bumi, situs penyulingan minyak yang terbengkalai, pipa putus, pembakaran bahan bakar fosil yang tidak sempurna dan pembuangan yang tidak disengaja selama pengangkutan di tangki dan kegagalan kapal (Malik *and* Ahmed, 2012).

Secara umum minyak bumi yang ditemukan berupa hidrokarbon alifatik dan *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH). *United Nation Environmental Program* (UNEP 1995) memperkenalkan pedoman untuk mengidentifikasi tingkat hidrokarbon alifatik berbahaya (>10 g/g) dan tidak berbahaya (<10 g/g) di lingkungan sedimen laut. Adapun *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH) adalah kelas lain dari polusi hidrokarbon minyak bumi selain alifatik, biasanya mengandung 2-7 cincin benzena yang beberapa di antaranya telah terbukti mengganggu sistem endokrin manusia. Beberapa PAH juga telah terbukti memiliki efek karsinogenik dan mutagenik terhadap organisme (Sakari *et al.*, 2008).

II.3 Degradasi Minyak Bumi secara Fisik, Kimia dan Biologi

Proses degradasi untuk menanggulangi limbah hidrokarbon dari minyak bumi dapat dilakukan secara fisik, kimia dan biologi.

a. Degradasi Minyak Bumi secara Fisik

Penanggulangan secara fisik dapat dilakukan dengan penjarangan lapisan minyak yang mengapung, pengendapan dan penyaringan serta evaporasi (Husain,

2006; Mas'ud, 2018). Penanggulangan secara fisik umumnya digunakan pada langkah awal penanganan, terutama apabila minyak belum tersebar ke mana-mana (Baker *and* Herson, 1994; Nugroho, 2006). Namun yang menjadi kelemahannya adalah cara fisik memerlukan biaya yang sangat tinggi untuk pengangkutan dan pengadaan energi guna membakar materi yang tercemar (Aliyanta *et al.*, 2011).

b. Degradasi Minyak Bumi secara Kimia

Penganggulangan dengan cara kimiawi dapat dilakukan dengan menambahkan bahan kimia sebagai pengemulsi (surfaktan) yang menimbulkan terjadinya emulsifikasi (Husain, 2006; Mas'ud, 2018). Namun, penggunaan senyawa kimia juga memakan biaya yang cukup besar. Selain itu, metode ini memerlukan teknologi dan peralatan canggih untuk menarik kembali bahan kimiawi dari lingkungan agar tidak menimbulkan dampak negatif yang lain (Baker *and* Herson, 1994; Nugroho, 2006).

c. Degradasi Minyak Bumi secara Biologi

Penanggulan limbah minyak bumi secara biologi dapat dilakukan menggunakan tanaman (Suryati, 2020) maupun mikroorganisme (Sunaryanto, 2017). Penggunaan tumbuhan sebagai metode penghilangan cemaran minyak bumi disebut fitoremediasi. Secara rinci fitoremediasi adalah penggunaan tanaman, termasuk pohon-pohonan, rumput-rumputan dan tanaman air, untuk menghilangkan atau memecahkan bahan-bahan berbahaya baik organik maupun anorganik dari lingkungan tercemar baik di perairan maupun daratan seperti tanah, *sludge*, kolam, maupun sungai (Suryati, 2020). Adapun penanganan limbah minyak bumi menggunakan mikroorganisme dikenal dengan istilah bioremediasi. Saat bioremediasi terjadi, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme

memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut menjadi struktur yang tidak kompleks dan akhirnya menjadi senyawa yang tidak berbahaya (Sunaryanto, 2017). Mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon dapat berupa bakteri, *cyanobacteria*, jamur, dan alga (Kurniawan *et al.*, 2018). Namun mikroba yang banyak hidup dan berperan di lingkungan hidrokarbon sebagian besar adalah bakteri (Kadarwati *et al.* 1994; Sunaryanto, 2017).

Berdasarkan beberapa pernyataan di atas, maka metode yang baik dan sering digunakan adalah bioremediasi karena merupakan teknologi lingkungan yang berkelanjutan dan hemat biaya untuk pembersihan tanah dan pantai yang tercemar hidrokarbon (Fuentes *et al.*, 2014). Bioremediasi merupakan cara penghilangan senyawa berbahaya pada lingkungan dengan proses yang mengikutkan peran serta mikroba secara alami guna merombak bahan-bahan organik yang berbahaya menjadi hasil yang tidak berbahaya (Wignyanto, 2020). Mikroorganisme yang berperan dalam bioremediasi mampu mendegradasi hidrokarbon menjadi karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O) sebagai hasil akhir (Atlas, 1992; Mas'ud, 2018). Sehingga, bioremediasi, terutama oleh bakteri asli telah dianggap sebagai cara yang efektif untuk menangani polusi minyak bumi setelah kecelakaan tumpahan minyak (Wang *et al.*, 2018).

II.4 Mekanisme Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi oleh Bakteri

Pengolahan limbah secara biologi dapat dilakukan dengan biodegradasi yang merupakan suatu proses alami dalam mentransformasikan bahan pencemar yang umumnya memiliki molekul lebih besar (kompleks) menjadi bentuk sederhana (Fidiastuti, 2014). Biodegradasi ini dipilih karena efektif dalam

mengolah limbah organik terlarut dan hanya membutuhkan biaya yang sedikit (Doraja *et al.*, 2012). Selain mengolah limbah organik, biodegradasi juga efektif dalam mendegradasi senyawa anorganik melalui potensi bakteri pendegradasi. Bakteri pendegradasi diketahui memiliki aktifitas enzimatis yang dapat merombak senyawa dengan susunan yang kompleks menjadi lebih sederhana sehingga berkurang toksisitasnya. Oleh karena itu, menurut Fidiastuti (2014), biodegradasi dapat dijadikan sebagai upaya rehabilitasi perairan yang tercemar.

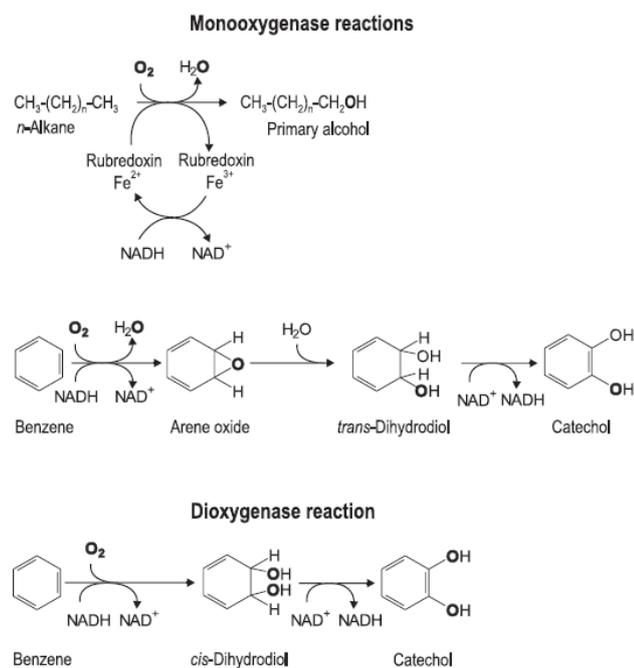
Bakteri yang mampu mendegradasi minyak bumi terutama yang mengandung senyawa hidrokarbon disebut sebagai bakteri hidrokarbonoklastik (Nursyirwani *and* Amolle, 2007). Bakteri pendegradasi hidrokarbon secara alamiah terdapat pada lingkungan yang telah tercemar, baik dalam keadaan bersaing maupun berkonsorsium dengan mikroba lainnya (Suyasa, 2006; Puspitasari *et al.*, 2020). Biodegradasi hidrokarbon seperti senyawa minyak bumi biasanya memerlukan kerjasama lebih dari satu spesies bakteri (berkonsorsium), hal ini karena minyak bumi terbentuk dari banyak senyawa hidrokarbon yang berbeda dan bakteri hanya dapat menggunakan hidrokarbon dalam kisaran tertentu. Adanya perbedaan kemampuan bakteri dalam pemanfaatan senyawa hidrokarbon dapat dimanfaatkan untuk memaksimalkan proses biodegradasi (Sayuti *et al.*, 2018).

Pada penelitian Chen *et al.* (2017), diperoleh bakteri pendegradasi minyak yaitu *Exiguobacterium* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Alcaligenes* sp. serta *Bacillus* sp yang diisolasi dari sampel air laut tercemar minyak di dekat pantai Zhejiang di Cina. Konsorsium dari beberapa strain bakteri ini menunjukkan efisiensi degradasi hidrokarbon minyak bumi sebesar 75,1%. Selanjutnya pada penelitian Kumari *et al.* (2018), melaporkan kemampuan *Stenotrophomonas*

maltophilia, *Ochrobactrum anthropi*, *Pseudomonas mendocina*, *Microbacterium esteraromaticum* dan *Pseudomonas aeruginosa* dalam mendegradasi beberapa *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) yang diperoleh dari kilang minyak Digboi, India yang diperkirakan berupa naftalena, fluorena, fenantrena dan benzo(b)fluoranthene. Konsorsium bakteri ini menunjukkan peningkatan biodegradasi 89,1%-naftalena, 63,8%-fluorena, 81% fenantrena dan 72,8% benzo(b)fluoranten dalam minyak mentah. Hasil ini menunjukkan bahwa konsorsium bakteri yang dikembangkan memiliki potensi yang signifikan dalam remediasi PAH (Kumari *et al.*, 2018). Al-Dhabaan (2018) menyatakan bahwa, bakteri dari genus *Bacillus* dan *Pseudomonas* merupakan bakteri pendegradasi hidrokarbon yang paling banyak ditemukan.

Mekanisme biodegradasi minyak bumi oleh bakteri yaitu bakteri akan memecahkan rantai hidrokarbon, diawali dengan pelarutan hidrokarbon dalam fase cair oleh surfaktan yang dihasilkan mikroorganisme tersebut (Rosenberg *et al.*, 1992; Zam, 2010). Secara umum terdapat 3 cara transpor hidrokarbon dalam sel bakteri, yaitu interaksi sel dengan hidrokarbon yang terlarut dalam fase air, kontak langsung dengan (perlekatan) sel dengan permukaan tetesan hidrokarbon, dan interaksi sel dengan tetesan hidrokarbon yang teremulsi atau tersolubilisasi oleh bakteri (Lumbanraja, 2014; Chanif *et al.*, 2017). Selanjutnya, dalam mendegradasi hidrokarbon bakteri akan mengubah bahan toksik tersebut menjadi bahan yang tidak toksik dengan bantuan enzim. Enzim yang dikeluarkan setiap bakteri tidak sama, tergantung dari jenis bakteri dan polutan yang akan didegradasi oleh bakteri tersebut (Chanif *et al.*, 2017). Beberapa bakteri bisa mengoksidasi hidrokarbon alifatik dengan bantuan enzim monooksigenase dan menghasilkan produk akhir

berupa asetil Ko-A yang akan dikatabolisis melalui siklus asam sitrat. Sedangkan hidrokarbon aromatik akan dikatalisis menggunakan beberapa enzim diantaranya monooksigenase, dioksigenase dan sekuensial dioksigenase yang membentuk beberapa senyawa yang lebih sederhana diantaranya catechol atau cis-cis muconate. Pada tahap selanjutnya dua senyawa ini akan didegradasi menjadi suksinat, piruvat, atau asetil Ko-A sehingga bisa dikatabolisis melalui siklus asam sitrat (Nasikhin *and* Shovitri, 2013). Berikut ini adalah reaksi enzimatik monooksigenase dan dioksigenase dalam mendegradasi hidrokarbon alifatik dan aromatik :



Gambar 1. Monooksigenase menggabungkan satu atom dioksigen (O_2) ke dalam substrat, atom oksigen kedua direduksi menjadi H_2O dengan cara ekuivalen reduksi. Dioksigenase menggabungkan kedua atom O_2 ke dalam substrat. (sumber : Fritsche *and* Hofrichter, 2004)

II.5 Biosurfaktan

Bakteri pendegradasi hidrokarbon diketahui memiliki kemampuan untuk memproduksi biosurfaktan yang akan memudahkan dalam mendegradasi

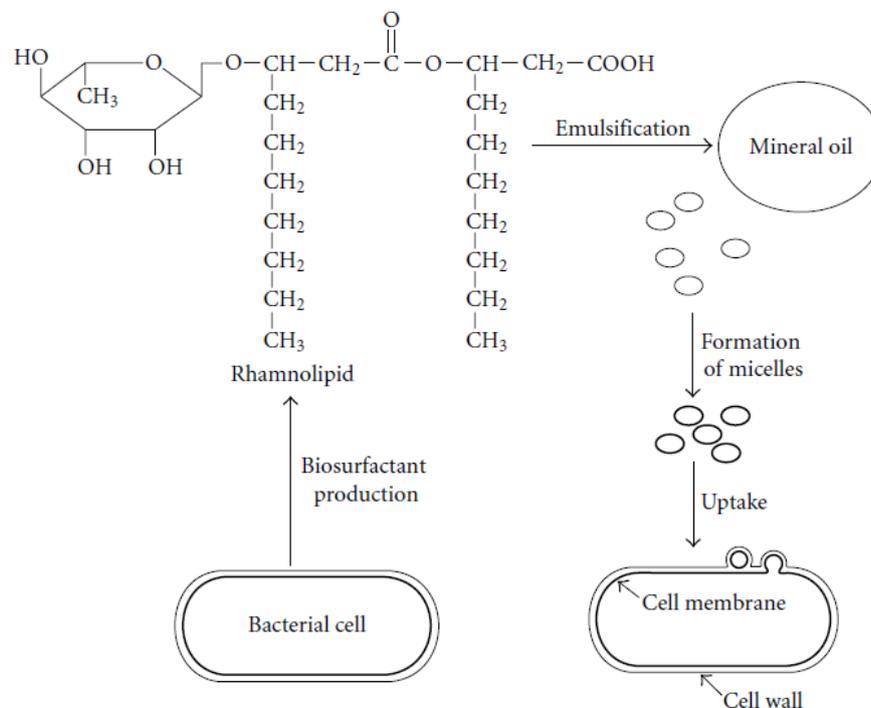
hidrokarbon. Biosurfaktan dihasilkan jika kondisi lingkungan seperti suhu dan pH sesuai dengan pertumbuhan mikroorganisme (Abha *and* Swaranjit, 2012; Chanif *et al.*, 2017). Biosurfaktan juga dikenal sebagai senyawa tensi-aktif yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Varjani *and* Upasani, 2017). Biosurfaktan adalah molekul yang terdiri dari bagian hidrofilik dan lipofilik (Fritsche *and* Hofrichter, 2004) sehingga dapat bertindak sebagai agen pengemulsi dengan menurunkan tegangan permukaan dan membentuk misel. Biosurfaktan meningkatkan luas permukaan minyak agar dapat dimanfaatkan oleh bakteri (Das *and* Chandran, 2011).

Berdasarkan struktur biosurfaktan diklasifikasikan lima jenis: (a) glikolipid, (b) lipoprotein atau lipopeptida, (c) fosfolipid, asam lemak atau lipid alami, (d) biosurfaktan polimer dan (e) biosurfaktan partikulat. Biosurfaktan glikolipid yang paling terkenal adalah rhamnolipids, sophorolipids dan trehalolipids. Surfaktin, viscosin dan lichenysin adalah contoh biosurfaktan lipopeptida. Adapun biosurfaktan fosfolipid, lipid alami dan beberapa asam lemak contohnya adalah gramicidin dan polymixin. Sedangkan biosurfaktan polimer yang paling banyak dipelajari adalah emulsi, alasan dan liposan (Varjani *and* Upasani, 2017). Berikut ini adalah kumpulan jenis biosurfaktan dari beberapa jenis mikroorganisme :

Tabel 1. Jenis biosurfaktan yang diproduksi oleh mikroorganisme

Biosurfaktan	Mikroorganisme	Sumber
Surfactin	<i>Bacillus velezensis</i> KLP2016	Meena <i>et al.</i> , (2021)
Sophorolipids	<i>Candida bombicola</i>	Daverey <i>and</i> Pakshirajan (2009)
Rhamnolipids	<i>Pseudomonas fluorescent</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Tonkova <i>et al.</i> , (2011) Kumar <i>et al.</i> , (2008)
Glycolipid	<i>Aeromonas spp.</i> <i>Bacillus sp.</i>	Ilori <i>et al.</i> , (2005) Tabatabaee <i>et al.</i> , (2005)

Pseudomonas adalah bakteri paling terkenal yang mampu memanfaatkan hidrokarbon sebagai sumber karbon dan energi serta memproduksi biosurfaktan. Di antara *Pseudomonas*, spesies *P. aeruginosa* dipelajari secara luas untuk produksi biosurfaktan tipe glikolipid (Das and Chandran, 2011). Rhamnolipid adalah salah satu biosurfaktan glikolipid, yang terutama diproduksi oleh *Pseudomonas aeruginosa* yang telah mendapatkan banyak minat untuk berbagai aplikasi industri dan bersifat ramah lingkungan (Armendariz *et al.*, 2019). Selain *P. aeruginosa*, biosurfaktan tipe glikolipid juga dilaporkan dari beberapa spesies lain seperti *P. putida* dan *P. chlororaphis* (Das and Chandran, 2011). Berikut ini adalah keterlibatan biosurfaktan (rhamnolipids) yang dihasilkan oleh *Pseudomonas sp.* dan mekanisme pembentukan misel dalam penyerapan hidrokarbon.



Gambar 2. Keterlibatan biosurfaktan (rhamnolipid) yang dihasilkan oleh *Pseudomonas sp* dalam penyerapan hidrokarbon (sumber : Das and Chandran, 2011)

II.6 Faktor yang Mempengaruhi Biodegradasi

Proses biodegradasi senyawa hidrokarbon minyak bumi dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia dan biologi (Zam, 2010).

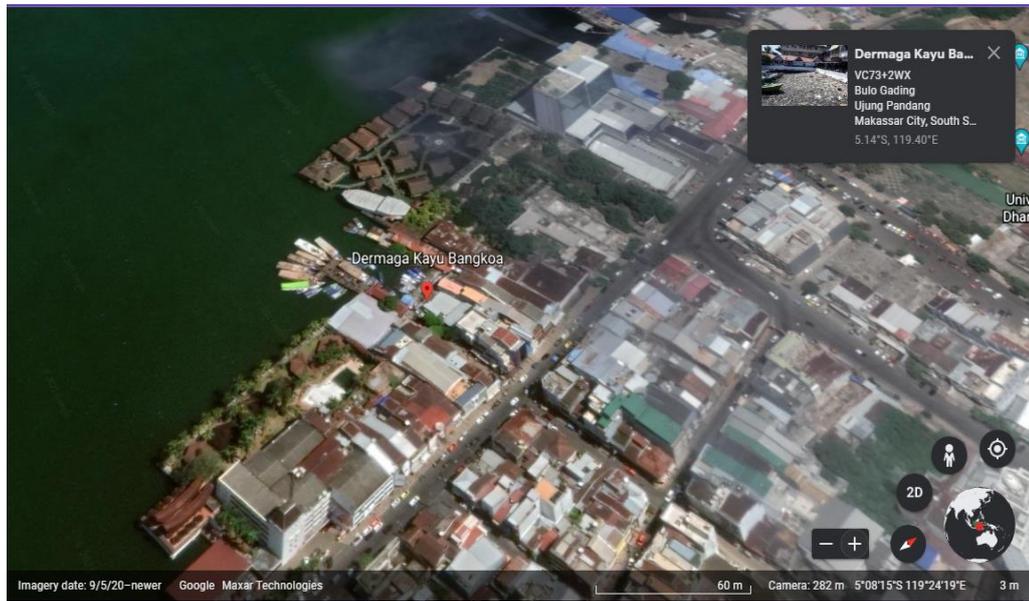
- a. Konsentrasi minyak mentah. Dalam proses bioremediasi, konsentrasi polutan mempengaruhi degradasi mikroba dan konsentrasi yang terlalu tinggi atau terlalu rendah menyebabkan penurunan efisiensi degradasi mikroba (Chen *et al.*, 2017). Selain itu, biodegradasi juga bergantung pada struktur senyawa hidrokarbon. Biodegradasi hidrokarbon minyak bumi oleh mikroba terjadi pada hidrokarbon jenuh terlebih dahulu dan diikuti dengan hidrokarbon aromatik (Rijal, 2017).
- b. Suhu. Suhu tidak hanya mempengaruhi aktivitas bakteri, tetapi juga mempengaruhi sifat fisik dan kimia minyak mentah di laut dan kemampuan degradasi bakteri (Chen *et al.*, 2017). Umumnya kecepatan degradasi minyak bumi oleh bakteri aerob berlangsung optimum pada suhu berkisar antara 15-30⁰C (Englert, 1993; Zam, 2010). Di samping itu, peningkatan suhu berpengaruh terhadap aktivitas enzim. Diluar temperatur optimum pertumbuhan bakteri menjadi lambat atau tidak ada pertumbuhan (Lay, 1999; Rijal, 2017).
- c. pH (derajat keasaman). pH merupakan salah satu faktor lingkungan penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan kemampuan degradasi bakteri (Chen *et al.*, 2017). Hal ini karena pH menentukan optimalnya aktivitas enzim. Bakteri secara umum memiliki pH sekitar 7 (Lay, 1994; Rijal, 2017).
- d. Oksigen. Mikroorganisme pendegradasi minyak bumi umumnya tergolong dalam mikroorganisme aerob, sehingga adanya oksigen sangat penting

dalam proses degradasi (Tuhuloula, 2020). Oksigen digunakan untuk mengaktifkan enzim oksigenase dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon (Sharpley, 1966; Rijal, 2017). Pertumbuhan bakteri akan terhambat pada kondisi oksigen yang terbatas (Rijal, 2017). Mikroorganisme dapat memperoleh oksigen dalam bentuk oksigen bebas yang terdapat di udara dan tanah, serta oksigen yang terlarut dalam air (Tuhuloula, 2020). Selain itu kebutuhan oksigen dapat dipenuhi dengan aerasi yaitu dengan cara pengocokan dengan shaker (Alpetri, 1999; Rijal, 2017).

- e. Nutrisi. Unsur karbon yang terdapat pada minyak bumi digunakan mikroorganisme untuk pertumbuhannya. Selain nutrisi dari sumber karbon, mikroorganisme juga membutuhkan nutrisi tambahan berupa nitrogen dan fosfor yang dapat menstimulasi biodegradasi minyak bumi (Sinta Silvia, 2009; Rijal, 2017). Nitrogen berperan dalam pembentukan asam amino, enzim dan pembentukan sel. Adapun fosfor berperan untuk pembentukan asam amino, transport energi dan pembentukan senyawa antara dalam reaksi metabolisme dalam sel mikroorganisme tersebut (Yojana, 1995; Rijal, 2017).

II.7 Dermaga Kayu Bangkoa

Makassar merupakan salah satu kota di Indonesia yang terletak di daerah pesisir. Di kota ini terdapat Dermaga Kayu Bangkoa yang menyediakan jasa penyeberangan jika ingin mengunjungi pulau-pulau kecil di sekitar kota Makassar (Tonapa *et al.*, 2018). Dermaga Kayu Bangkoa berada pada titik koordinat 5°08'15"LS 119°24'19"BT dan dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3. Layout Dermaga Kayu Bangkoa
(sumber : Google Earth)

Dermaga Kayu Bangkoa berada tepat di tengah keramaian pantai Losari Makassar dan lokasinya terjepit di antara gedung-gedung yang berhimpit rapat sepanjang jalan pantai. Sekalipun berada di tengah kawasan kelas satu kota Makassar, pelabuhan ini jauh dari kesan eksklusif dan minim fasilitas sehingga lebih ideal disebut sebagai pelabuhan rakyat (Nisa *et al.*, 2019). Asal mula penamaan Dermaga Kayu Bangkoa ini berasal dari masyarakat sekitar yang banyak menemukan tumpukan kayu bakau (dalam bahasa Makassar disebut bangko) yang dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari. Adapun konstruksi bangunan dari dermaga ini hanya berupa kayu dan mulai mengalami kerusakan (Tonapa *et al.*, 2018).

Dermaga Kayu Bangkoa yang telah digunakan sejak tahun 1970 hingga sekarang menyebabkan dermaga ini telah menjadi gerbang arus masuk dan keluarnya masyarakat penghuni pulau-pulau di Makassar yang beraktifitas memenuhi kebutuhan sehari-hari. Akibatnya, puluhan kapal kayu ukuran besar dan

kecil silih berganti, keluar masuk dermaga setiap waktu (Nisa *et al.*, 2019). Kondisi ini menyebabkan pencemaran terus terjadi akibat tumpahan minyak dari perahu yang bersandar, berasal dari bahan bakar solar maupun bensin yang mengandung hidrokarbon poliaromatik (Mirnawati *et al.*, 2015).