

# PENANGGULANGAN PENCEMARAN TELUK JAKARTA UNTUK MENURUNKAN EMISI KARBON

Falih Alghoniy Taftazani

Departemen Teknik Kelautan, Universitas Hasanuddin

Email: [falihalghoniyt@gmail.com](mailto:falihalghoniyt@gmail.com)

## Abstrak

Emisi Karbon merupakan pembakaran senyawa yang memiliki kandungan karbon, seperti solar, LPJ, CO<sub>2</sub>, dan bahan bakar lainnya. Dari pembakaran tersebut membuat terkeluarnya gas yang apabila berlebihan mengakibatkan perubahan iklim yang diikuti dengan emisi gas rumah kaca. Tidak bisa dipungkiri emisi karbon menjadi penyebab suhu bumi menjadi lebih panas. Untuk mengetahui jumlah emisi karbon dilakukan pengukuran jejak karbon dengan cara pelaporan kegiatan individu atau entitas lain contohnya perusahaan, negara, bangunan dan lain-lain. Laut merupakan penyokong vital dalam iklim yang berubah, menyerap sekitar seperempat dari semua emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh makhluk hidup. Laut juga menyerap hampir 100% suhu panas bumi. Dalam penyerapan karbon dioksida terbagi menjadi dua yaitu diserap secara aktif dan pasif. Namun pada penyerapan pasifnya apabila laut terlalu banyak menyerap karbon mengakibatkan laut tidak dapat bisa lagi menampung karbon sehingga laut melepaskan karbon yang kemudian dibantulah penyerapan karbon dengan penyerapan aktif menggunakan fitoplankton yang didukung juga oleh cahaya matahari tapi tetap saja ada halangan dalam fitoplankton menyerap karbon seperti pencemaran logam berat dan sampah plastik. Untuk menanggulangi pencemaran tersebut hadirlah teknologi bioremediasi dengan cara mengedalikan logam berat dari kontaminan air laut. Selain itu, adanya mangrove dapat memnghalang sampah plastik agar tidak hanyuk ke laut tetapi sampah plastik yang terlalu banyak di mangrove membuat ekosistem mangrove menjadi mati. Oleh karena itu, perlunya kesadaran masyarakat untuk ikut andil dalam menanggulangi pencemaran air laut karena ketika masyarakat tetap membuat pencemaran air laut teknologi tidak selalu menjadi solusi untuk mengatasi hal tersebut yang disebabkan keterbatasan teknologi dalam menanggulangi pencemaran air laut.

**Kata Kunci** : *Fitoplankton, Karbon, Laut*

## Abstract

*Carbon emissions are the combustion of compounds that have carbon content, such as diesel, LPJ, CO<sub>2</sub>, and other fuels. The combustion causes the release of gases which, when excessive, cause climate change followed by greenhouse gas emissions. It is undeniable that carbon emissions are the cause of the earth's temperature becoming hotter. To determine the amount of carbon emissions, carbon footprint measurements are made by reporting the activities of individuals or other entities, such as companies, countries, buildings and others. The ocean is a vital support in a changing climate, absorbing about a quarter of all carbon dioxide emissions produced by living things. The ocean also absorbs nearly 100% of the Earth's heat, and carbon dioxide absorption is divided into two: active and passive absorption. However, in passive absorption, if the sea absorbs too much carbon, the sea can no longer accommodate carbon so that the sea releases carbon which is then helped by active absorption of carbon using phytoplankton which is also supported by sunlight but there are still obstacles in phytoplankton absorbing carbon such as heavy metal pollution and plastic waste. To overcome this pollution comes bioremediation technology by controlling heavy metals from seawater contaminants. In addition, the presence of mangroves can block plastic waste from drifting into the sea but too much plastic waste in mangroves makes the mangrove ecosystem die. Therefore, the need for public awareness to take part in tackling seawater pollution because when people continue to pollute seawater technology is not always the solution to overcome this due to technological limitations in tackling seawater pollution.*

**Keywords**: *Phytoplankton, Carbon, Marine*

## PENDAHULUAN

Emisi Karbon merupakan pembakaran senyawa yang memiliki kandungan karbon, seperti solar, LPJ, CO<sub>2</sub>, dan bahan bakar lainnya. Dari pembakaran tersebut membuat terkeluarnya gas yang apabila berlebihan mengakibatkan perubahan iklim yang diikuti dengan emisi gas rumah kaca. Tidak bisa dipungkiri emisi karbon menjadi penyebab suhu bumi menjadi lebih panas. Untuk mengetahui jumlah emisi karbon dilakukan pengukuran jejak karbon dengan cara pelaporan kegiatan individu atau entitas lain contohnya perusahaan, negara, bangunan dan lain-lain. Jejak karbon Bersumber dari jejak ekologis yang merupakan besar dampak lingkungan yang dianggap sebagai bagaimana dipertahakannya sumber daya alam dengan cara menghitung kebutuhan lahan yang diperlukan. Selain itu, pembakaran bahan bakar fosil pada bidang manufaktur, kendaraan, dan pemanasan, serta pemakaian listrik untuk keperluan barang



dan jasa yang dikonsumsi menyebabkan emisi karbon. Emisi karbon telah menjadi pusat perhatian banyak penemu karena emisi karbon ikut andil dalam perubahan iklim secara global dan penemu telah berhasil menemukan bahwasanya peningkatan suhu global sebesar dua derajat Celcius disebabkan oleh emisi antropogenik [1,2].

Laut merupakan penyokong vital dalam iklim yang berubah, menyerap sekitar seperempat dari semua emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh makhluk hidup. Laut juga menyerap hampir 100% suhu panas bumi. Dalam penyerapan karbon dioksida terbagi menjadi dua yaitu diserap secara aktif dan pasif. Pada penyerapan aktif ini mengadakan makhluk hidup berukuran kecil bernama *fitoplankton* yang hidup dekat dengan permukaan air untuk bisa mendapatkan cahaya matahari yang kemudian digunakan oleh *fitoplankton* sebagai energi untuk bertahan hidup. Dengan klorofil yang terkandung pada *fitoplankton* dan adanya sinar mata dalam memanfaatkan gas karbondioksida maka terjadilah proses fotosintesis dan menghasilkan karbohidrat  $H_2O + CO_2 + \text{cahaya} + \text{klorofil} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ . Sedangkan pada penyerapan pasif, gas karbondioksida secara alami dan cepat akan larut dalam air serta membentuk asam karbonat ( $H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$ ). Namun dalam penyerapannya terdapat kendala apabila ada pencemaran air laut yaitu polusi sampah plastik dan logam berat yang salah satu tempat dari polusi tersebut adalah Teluk Jakarta [3].

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini saya menggunakan metode gabungan yaitu penelitian kuantitatif dan kualitatif dimana pada penelitian kuantitatif saya mengumpulkan dan menampilkan data dalam bentuk angka sedangkan penelitian kualitatif saya menyatukan teori dari beragam sumber baik situs internet maupun jurnal sebagai penunjang dalam penulisan artikel ini.

Penelitian ini menggunakan pendekatan gabungan kuantitatif dan kualitatif untuk menginvestigasi polusi logam berat di Teluk Jakarta dan upaya penanggulangannya. Berikut adalah detail metode penelitian yang digunakan:

1. Desain Penelitian: Penelitian ini menggunakan desain campuran kuantitatif dan kualitatif untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif tentang polusi logam berat di Teluk Jakarta.
2. Populasi dan Sampel: Populasi yang diteliti adalah area perairan Teluk Jakarta yang terkena dampak polusi logam berat. Sampel diambil secara acak dari beberapa lokasi yang mewakili kondisi polusi yang berbeda di Teluk Jakarta.
3. Pengumpulan Data:
  - Kuantitatif: Data kuantitatif dikumpulkan melalui survei lapangan dan pengukuran langsung konsentrasi logam berat di perairan Teluk Jakarta menggunakan peralatan analitik yang sesuai.
  - Kualitatif: Data kualitatif diperoleh melalui wawancara dengan para ahli lingkungan, pejabat pemerintah terkait, dan masyarakat lokal untuk memahami persepsi dan upaya penanggulangan yang telah dilakukan.
4. Analisis Data:
  - Data kuantitatif akan dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk menggambarkan distribusi konsentrasi logam berat di Teluk Jakarta.
  - Data kualitatif akan dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi pola, tema, dan kesimpulan utama dari wawancara.
5. Validitas dan Reliabilitas: Validitas data kuantitatif akan dijamin melalui penggunaan peralatan kalibrasi yang teruji dan prosedur pengukuran yang konsisten. Validitas data kualitatif akan diperkuat melalui triangulasi data dari berbagai sumber.
6. Etika Penelitian: Penelitian ini dilakukan dengan memperhatikan prinsip-prinsip etika penelitian, termasuk mendapatkan izin dari otoritas terkait dan menjaga kerahasiaan informasi yang diperoleh dari responden.

Dengan menggunakan pendekatan campuran kuantitatif dan kualitatif serta mengikuti prosedur pengumpulan data yang teliti, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berharga dalam pemahaman dan penanggulangan polusi logam berat di Teluk Jakarta.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Polusi yang berada di Teluk Jakarta

Studi yang terdapat pada Teluk Jakarta tentang polusi logam berat yang memiliki judul '*Heavy metal pollution and its relation to the malformation of green mussels cultured in muara kamal water, Jakarta bay, Indonesia*,' dijelaskan bahwa Teluk Jakarta terdapat polutan organik dan non organik, termasuk logam berat. Studi yang ada di *National*



*Library of Medicine* menerbitkan pernyataan bahwa terdapat konsentrasi tinggi logam berat seperti Kromium (Cr), Kadmium (Cd), timbal atau timah hitam (Pb), air raksa (Hg), dan Sodium sulfida atau timah putih (Sn) pada perairan Teluk Jakarta. Manusia yang mengonsumsi biota di perairan Teluk Jakarta yang telah tercemar logam berat memiliki efek tidak baik. Kematian Fitoplankton tidak terlepas dari penumpukan di dalam sel oleh kandungan konsentrasi logam berat yang akan semakin banyak terakumulasi [4].



**Gambar 1.** Kontaminasi logam berat pada kerang hijau [5].



**Gambar 2.** Kondisi pesisir Teluk Jakarta yang dipenuhi sampah plastik [6].

Sedangkan pada sungai yang bermuara di Teluk Jakarta terdapat 13 sungai yaitu Sungai Jati Kramat, Sungai Buaran, Sungai Sunter, Sungai Cipinang, Sungai Baru Timur, Sungai Ciliwung, Sungai Baru Barat, Sungai Krukut, Sungai Grogol, Sungai Pesanggrahan, Sungai Angke, Sungai Mookevert, dan Sungai Cakung Ternyata membawa polusi sampah plastik yang hanyut juga di pesisir Jakarta. Sedikitnya ada 10ton sampah yang diangkut di 13 sungai setiap harinya. Sampah yang telah masuk ke laut dari 13 sungai tersebut sebagian terempas ombak lalu kemudian menggunung di tepi pantai, dan sebagian lagi terjebak di dasar laut bersama endapan lumpur. Sinar matahari yang diterima oleh *fitoplankton* akan terhalangi sampah plastik yang mengalami degradasi menjadi mikroplastik. Pada *fitoplankton* Untuk bisa melakukan fotosintesis (proses pengambilan sinar matahari), mengubah karbon dioksida menjadi karbon organik (gula) dan menghasilkan oksigen sebagai produk sampingan dibutuhkan sinar matahari. Seluruh jaringan makanan laut akan terpengaruh apabila *fitoplankton* yang menyerap karbon dioksida dihalangi mikroplastik [7].

## Teknologi yang digunakan dalam Upaya Penanggulangan Bioremediasi

### 1. Biopsorpsi

Biosorpsi merupakan prosedur terikatnya organisme dengan logam agar menjadi kompleks yang tidak *toxic*, dalam penyelidikan dan pertimbangannya diperlukan kriteria tertentu untuk bisa tercapainya biosorpsi yang potensial misalnya seperti efektivitas biaya proses biosorpsi, persentase perolehan kembali logam, kemampuan regenerasi sorben, kinetika penyerapan, kapasitas penyerapan, sifat biosorben, dan fleksibilitas pemisahan kompleks biosorben-logam. Dalam penggunaan biosorpsi terdapat dua kategori penting dalam proses bioremediasi. Biosorpsi terbagi menjadi dua:

#### Biosorpsi yang tidak bertumpu pada metabolisme

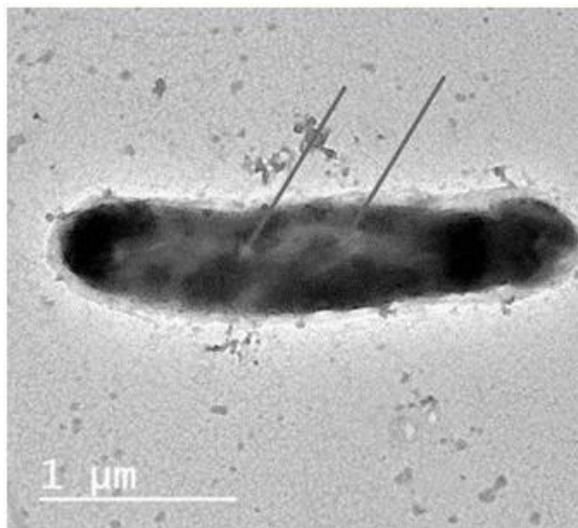
Varian biosorpsi ini berfokus pada karakter fisik dan kimia sel apakah itu sel mati atau sel hidup, kategori ini meliputi hal-hal berikut:

Adsorpsi biasa disebut juga dengan sebutan sekuestrasasi ekstraseluler yang bergantung pada afinitas antara komponen ion logam dan seluler plasma. Dalam adsorpsi logam peran *Extracellular polymeric substance* (EPS) perannya begitu penting karena berasosiasi dengan bagian dinding sel bakteri. EPS memiliki kandungan seperti protein, mukopolisakarida, dan polisakarida. Selain itu juga terdiri banyak gugus fungsi (gugus fosfat, hidroksil, karboksil)

yang membantu dalam penyerapan logam berat. Air limbah tekstil yang terdapat pada perairan dapat melepaskan polusi logam berat maka dari itu bisa diatasi dengan *cunninghamella* yang memiliki keunggulan mengikat logam berat, berikutnya metode pertukaran ion digunakan untuk menurunkan Zn dan Cd dengan memakai *Saccharomyces cerevisiae*. Organisme menggunakan Sistem Efux sebagai varian sekuestri ekstraseluler yang merupakan salah satu metode terpenting untuk dapat kebal dalam melawan efek racun logam berat dengan cara mengeluarkan ion logam dari sitoplasma menuju daerah periplasma dan terbentuknya bahan pelindung luar. Efux dan transformasi adalah resistensi bakteri terhadap logam berat dalam menggunakan metode dasar [8].

### Biosorpsi yang bertumpu pada metabolisme

Prosedur ini mengaitkan kegiatan metabolisme mikroorganisme yang aktif dan tidak sejalan dengan biosorpsi yang tidak bertumpu pada metabolisme. Proses terbentuknya kompleks logam sel di dalam sitoplasma disebut dengan Sequestering intraseluler (Biokumulasi). Diilustrasikan pada gambar 3 dengan memakai *Transmission Electron Microscope* (TEM) yang berfungsi memeriksa *Salipaludibacillus Agaradhaerens* strain NRC-R ditunjukkan adanya penumpukan kromium yang berada di dalam sel dan juga telah dibenarkan dengan analisis EDX, Penumpukan logam dilakukan dengan cara melengkutkan di permukaan sel yang mengikuti lambat penetrasi periplasma kemudian mengarah ke sitoplasma sel melewati proses yang terlihat contohnya pada serapan nutrisi. Logam berat yang terdiri dari Zn, Cd, dan Cu ternyata memiliki kemampuan bertahan pada kadmium *Pseudomonas putida* tapi adanya protein yang kaya sistein memiliki peran penting dalam mengasingkan Zn, Cd, dan Cu, bagi Cd juga dapat diasingkan dengan memakai glutathione. dalam proses dekontaminasi terdapat peran penting dinding sel kaku yang dimiliki fungi dalam berfungsi sebagai ligan yang kemudian digunakan untuk eliminasi logam anorganik. Biosorpsi yang diwakili oleh siderofor biasa disebut agen pengkhelat, Pada tanah aerobik yang dibuat oleh sejumlah mikroorganisme siderofor yang memediasi kesanggupan mikroorganisme untuk memanfaatkan logam yang mempunyai kelarutan rendah dalam cairan berupa air digunakan proses yang berpegang pada energi. Siderofor digunakan untuk menemukan *Microbacterium flavescensm* yang berfungsi menyerap kebutuhan nutrisi zat besi dan untuk berikatan dengan besi, uranium, dan plutonium digunakan *siderofor desferrioxamine*-(DF) dari organisme tersebut [8].



**Gambar 3.** Ilustrasi adanya Cr (VI) yang terdapat pada sel [8].

## 2. Biotransformasi

Biotransformasi merupakan prosedur yang mengadakan operasi metabolisme seluler mikroorganisme melalui prosedur redoks, reduksi logam dengan mengganti bilangan oksidasi logam adalah hal yang biasa terjadi di alam contohnya reduksi uranium, kromium, dan merkuri. Terdapat 3 kategori Biotransformasi:

### Oksidasi dan reduksi

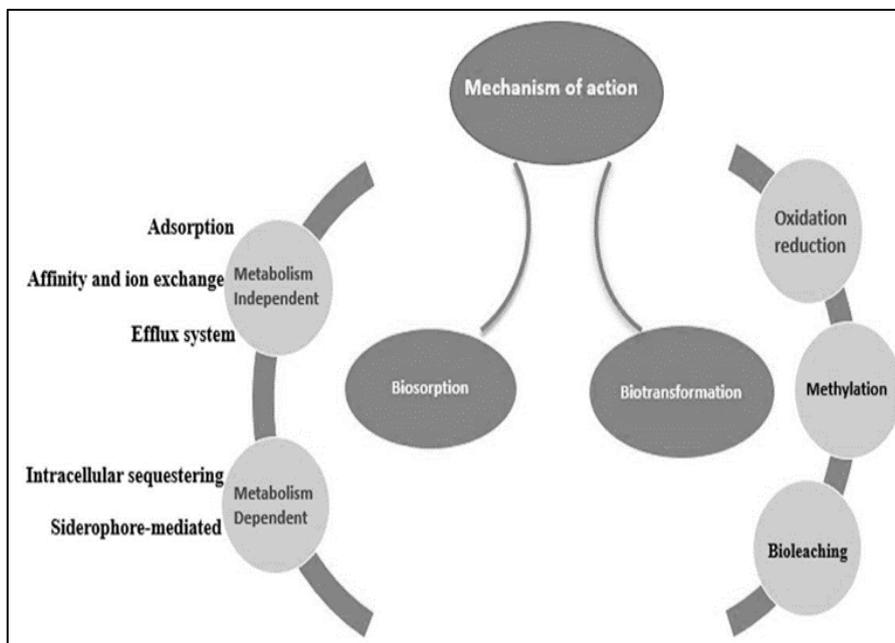
Dalam prosedurnya mikroorganisme berperan sebagai oksidator dengan membuang elektron yang bereaksi bersama anion di tanah yang terkontaminasi, prosedur yang sama juga digunakan untuk mendekontaminasi senyawa organik dalam kondisi anaerobik. Namun, ditemukan bahwa proses degradasi dirangsang oleh keberadaan besi (III). Reduksi dapat terjadi secara langsung dengan menggunakan diinokulasi dengan menggunakan konsorsium mikroba yang sesuai, (pompa dan pengolahan) atau setelah penggalian tanah, bioreaktor, atau secara tidak langsung dengan digunakannya bakteri pereduksi sulfat yang berfungsi penting dalam keteraturan ekologi dengan secara tidak langsung yaitu melewati pembentukan biofilm dan secara langsung yaitu melewati reduksi sulfat. Prosedur secara tidak langsung lebih diuntungkan karena dalam penggunaannya yang ramah lingkungan serta ongkos dikeluarkan hanya sedikit. Desulfosporosinus spp. Dan *Closteridium* spp dalam Dekontaminasi uranium adalah contoh penerapan manfaat bakteri pereduksi sulfat [8].

### Metilasi logam

Metilasi logam merupakan menguapnya logam melewati metilasi mikroba dengan memiliki peran penting dalam remediasi logam, contohnya Se, As, Hg (II) dapat diubah oleh *Bacillus* spp., *Clostridium* spp., *Escherichia* spp., *Pseudomonas* spp., menjadi bentuk gas termetilasi [8].

### Bioleaching

Bioleaching merupakan sekresi senyawa dengan beban molekul yang tidak tinggi untuk membantu transformasi bentuk logam dari yang beracun berubah jadi tidak beracun melewati prosedur pengedapan atau pelarutan. Pengedapan lapisan logam fosfat disebabkan oleh organisme *Citrobacter* yang memproduksi fosfat aorganik [8].



Gambar 4. Diagram bagaimana prosedur bioremediasi yang berbeda [8].

### Mangrove

Mangrove merupakan tumbuhan yang biasanya berlokasi di perairan garis pantai dan memiliki bermacam manfaat bagi lingkungan. Tumbuhan mangrove telah lama dipandang sebagai tembok untuk mencegah abrasi. Tumbuhan ini juga menjadi tempat bertelur, berlindung dan berkembangbiakan bagi ikan. Masyarakat juga mendapatkan keuntungan ekonomis yang diberikan oleh batang mangrove. Selain itu mangrove berfungsi sebagai penanggulangan banjir dan pelindung pantai serta membentengi kesuburan sumber daya hayati di perairan. Fungsi yang tidak kalah bergunanya dari tumbuhan ini adalah sebagai tembok alami dan saringan bagi sampah serta racun agar amblas dan merusak laut. Terbuangnya sampah plastik ke laut dapat dicegah oleh bantuan dari tanaman mangrove. Hal tersebut diakibatkan sampah plastik yang baik terbawa arus pantai maupun ombak dari laut akan terfilter di akar tumbuhan mangrove. Dalam penggunaannya mangrove dapat menghasilkan oksigen bagi makhluk hidup dan menyerap karbon dioksida sehingga suhu bumi menjadi tidak panas. Meskipun mangrove dapat beradaptasi dengan sampah plastik, jumlah sampah yang terlalu banyak dapat membinasakan ekosistem mangrove yang berdampak buruk pada lingkungan sekitarnya [9,10].

### KESIMPULAN

Emisi karbon tidak terlepas dari aktivitas manusia, dari aktivitas manusia tersebut membuat suhu bumi menjadi naik. Adanya laut dapat menyerap emisi karbon dengan cara aktif dan pasif. Namun pada penyerapan pasifnya apabila laut terlalu banyak menyerap karbon mengakibatkan laut tidak dapat bisa lagi menampung karbon sehingga laut melepaskan karbon yang kemudian dibantulah penyerapan karbon dengan penyerapan aktif menggunakan *fitoplankton* yang didukung juga oleh cahaya matahari tapi tetap saja ada halangan dalam fitoplankton menyerap karbon seperti pencemaran logam berat dan sampah plastik. Untuk menanggulangi pencemaran tersebut hadirlah teknologi bioremediasi dengan cara mengedalikan logam berat dari kontaminan air laut. Selain itu, adanya mangrove dapat menghalang sampah plastik agar tidak hanyuk ke laut tetapi sampah plastik yang terlalu banyak di mangrove membuat ekosistem mangrove menjadi mati. Oleh karena itu, perlunya kesadaran masyarakat untuk ikut andil dalam menanggulangi pencemaran air laut karena ketika masyarakat tetap membuat pencemaran air laut teknologi tidak selalu menjadi solusi untuk mengatasi hal tersebut yang disebabkan keterbatasan teknologi dalam menanggulangi pencemaran air laut.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kristina. (2021, November 4). Apa Itu Emisi Karbon? Kenali Penyebab, Dampak, dan Cara Mengurangnya [online]. Available: <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5796741/apa-itu-emisi-karbon-kenali-penyebab-dampak-dan-cara-mengurangnya>
- [2] DMDCDOMPETDHUAFa. (2022, Juli 12). Laut Sedang Tidak Baik-Baik Saja!!! [online]. Available: <https://dmcdompetdhuafa.org/laut-sedang-tidak-baik-baik-saja/#:~:text=Lautan%20adalah%20penyanga%20penting%20terhadap,dari%2090%20persen%20suhu%20panas.>
- [3] Radja, Aditia Maruli. (2009, Mei 12). Laut Bukan Lagi Penyerap Karbon [online]. Available: <https://www.antaranews.com/berita/140775/laut-bukan-lagi-penyerap-karbon#:~:text=Laut%20akan%20menyerap%20karbon%20bilamana,tinggi%20dari%20tekanannya%20di%20atmosfer.>
- [4] CNN Indonesia, (2021, Oktober 11). Tak Cuma Paracetamol, Polusi Teluk Jakarta Logam Berat-Amonia [online]. Available: <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20211011141341-199-706142/tak-cuma-paracetamol-polusi-teluk-jakarta-logam-berat-amonia>
- [5] medcom.id. (2019, Januari 22). Cacat Berat Kerang Hijau Teluk Jakarta [online]. Available: <https://www.medcom.id/nasional/metro/0Kv9v0rk-cacat-berat-kerang-hijau-teluk-jakarta>
- [6] Fathurrahman W, Hilman. (2022, Agustus 3). Pencemaran Sampah Mikroplastik di Teluk Jakarta Meningkatkan 10 kali Lipat Semasa Pandemi [online]. Available: <https://metro.tempo.co/read/1618931/pencemaran-sampah-mikroplastik-di-teluk-jakarta-meningkat-10-kali-lipat-semasa-pandemi>
- [7] Atina Arbi, Ivany. (2023, Januari 13). Waspada! Sampah Plastik dari 13 Aliran Sungai Bermuara di Teluk Jakarta [online]. Available: <https://megapolitan.kompas.com/read/2023/01/13/23305921/waspada-sampah-plastik-dari-13-aliran-sungai-bermuara-di-teluk-jakarta>
- [8] I. Abo-Alkasem, Mohammed, Ne'mat H. Hassan, Mostafa Mostafa Abo Elsound, "Microbial bioremediation as atool for the removal of heavy metals", hal. 6-7, 2023.
- [9] Aqua Lestari, (2017, Maret 27). Menghalau Sampah dengan Mangrove [online]. Available: <https://megapolitan.kompas.com/read/2023/01/13/23305921/waspada-sampah-plastik-dari-13-aliran-sungai-bermuara-di-teluk-jakarta>
- [10] John, Julia. (2021, April 11). Hutan Mangrove Pesisir Utara Jawa Tengah Terancam Sampah Plastik [online]. Available: <https://www.mongabay.co.id/2021/04/11/hutan-bakau-pesisir-utara-jawa-tengah-terancam-sampah-plastik/>