

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Lingkungan**

Fenomena pencemaran lingkungan disebabkan oleh adanya kontaminasi komponen fisik dan biologis yang masuk ke dalam lingkungan sehingga menyebabkan kualitas lingkungan menurun hingga tingkat tertentu. Penurunan kualitas lingkungan berdampak pada kurang maupun tidak berfungsinya dengan baik sesuai penggunaannya (Rafly, 2016). Dalam abad modern ini banyak aktivitas manusia yang rendah kesadaran dan kesyukuran dalam menjaga keseimbangan lingkungan sehingga mengakibatkan kerusakan alam. Hal ini dibuktikan dengan terjadinya pencemaran antara lain di darat, laut maupun di udara. Proses buangan industri serta meningkatnya pengguna transportasi pribadi menjadi salah satu pemicu pencemaran lingkungan.

Masih banyak manusia belum sadar bahwa yang telah mereka lakukan seperti penebangan pohon secara berlebihan untuk proses industri dapat mengakibatkan bencana seperti tanah longsor. Pembuangan limbah industri maupun limbah rumah tangga dan limbah aktivitas lainnya ke sungai akan memicu terjadinya pencemaran air sungai, sedangkan air sungai merupakan sumber air dalam kegiatan masyarakat sehari-hari diantaranya untuk aktivitas pertanian dan pertambakan.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (2021), pencemaran yang terjadi pada air diakibatkan oleh masuknya zat, energi, makhluk hidup, serta unsur lain ke dalam air karena kegiatan manusia yang melampaui standar baku mutu.

Dampak pencemaran air Sungai diantaranya yakni biota laut terganggu, kurangnya sumber air baku, serta kehidupan manusia terganggu karena kurangnya sumber air baku. Upaya untuk menanggulangi pencemaran air sungai dapat dilakukan dengan proses biologi yakni bioremediasi. Bioremediasi adalah pemanfaatan proses biologi dengan menggunakan mikroorganisme dalam mengendalikan pencemaran. Bioremediasi bisa menggunakan dua cara diantaranya dengan biakkan bakteri tersuspensi dan biakkan bakteri melekat. Dari kedua cara tersebut biakkan melekat dinilai efektif digunakan dalam proses bioremediasi sebab memiliki keunggulan yakni enzim yang dihasilkan kuat, tidak mudah terbawa arus dan menghasilkan biofilm in situ (Jin, et al., 2011).

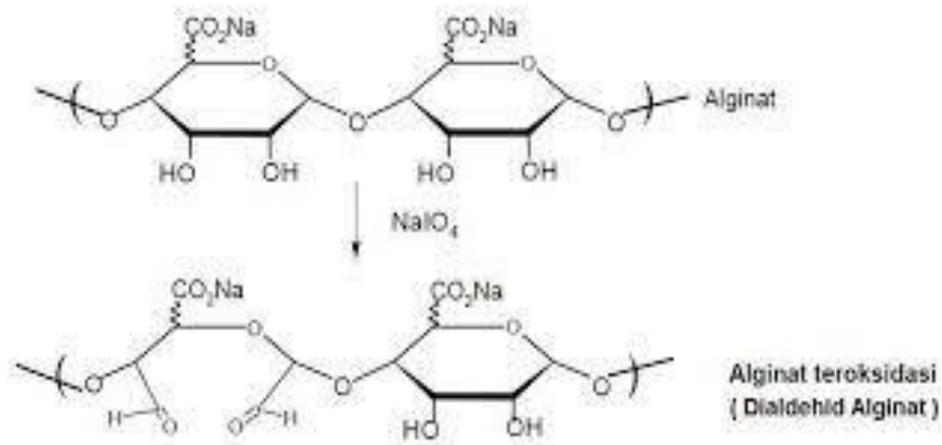
## **2.2 Bakteri *Pseudomonas sp.***

Mikroorganisme memainkan peran penting dalam pertukaran energi di dalam suatu ekosistem. Mikroorganisme berperan sebagai pengurai senyawa makromolekul menjadi mikromolekul yang selanjutnya dapat digunakan mikroorganisme atau organisme lain. Salah satu mikroorganisme yang biasa digunakan dalam proses mendegradasi polutan atau senyawa dalam pencemaran lingkungan adalah bakteri *Pseudomonas sp.* (Harfan, et al., 2019).

*Pseudomonas sp.* merupakan jenis bakteri patogen oportunistik bergram negatif. Bakteri ini diketahui dapat menggunakan substrat organik seperti minyak sayur dalam proses pertumbuhannya (Harfan, et al., 2019). Proses biodegradasi *Pseudomonas sp.* dipengaruhi oleh nutrient yang digunakan dalam medium pertumbuhannya. Bakteri ini diketahui juga mampu menurunkan kadar minyak dan lemak dengan cara diproduksi melalui biosurfaktan (Harfan, et al., 2019).

### 2.3 Enkapsulasi Alginat

Metode yang dapat digunakan untuk melindungi bakteri dan membawa mikroorganisme yaitu metode Enkapsulasi. Fungsi mikroenkapsulasi yaitu untuk meningkatkan stabilitas dan memperpanjang umur simpan bakteri. Alginat sering digunakan untuk membantu proses mikroenkapsulasi bakteri, dimana alginat dapat meningkatkan ketahanan hidup sel sebesar 80-95%. Alginat adalah polimer alami (*Phaeophyta*) yang berasal dari alga (Wulandari, et al. 2019). Struktur blok alginat dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



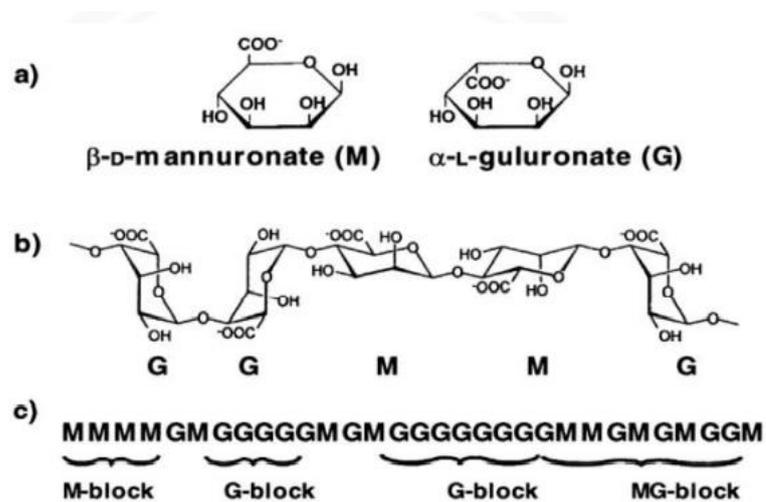
Gambar 2. 1 Struktur Blok Alginat

Sumber: (Suryani, et al., 2019)

Alginat dalam bentuk gel memiliki sifat yang stabil terhadap panas sehingga dapat disimpan pada suhu ruang (Suryani, et al., 2019). Manfaat alginat berdasarkan sifat utamanya yaitu menaikkan viskositas larutan dalam air, kemampuan alginat membentuk gel dalam garam Ca. Terbentuknya gel disebabkan oleh reaksi kimia dimana Ca menggantikan posisi natrium alginat dan kemudian berikatan dengan molekul panjang alginat. Reaksi kimia ini tidak memerlukan panas, sehingga gel

yang dihasilkan tidak akan meleleh jika dipanaskan. Berbeda dengan agar-gel yang memerlukan panas untuk membentuk gel, air yang digunakan harus dipanaskan hingga suhu 80°C hingga terbentuk pembengkakan (gelatinisasi) dan gel akan terbentuk pada suhu di bawah 40° di bawah suhu di bawah 40°C.

Kemampuan alginat selanjutnya adalah mampu membentuk lapisan film natrium atau kalsium alginat. Ciri-ciri Natrium alginat berupa serbuk berwarna putih sampai kuning kecoklatan, tidak berbau, tidak berasa, dapat berbentuk koloid, alginat dengan konsentrasi 1% mempunyai pH 5 – 7,5, tidak mempunyai batasan titik didih dan titik leleh, namun pada suhu > 200 0C, Natrium alginat larut dalam kondisi asam tetapi tidak larut dalam kondisi basa. Alginat yang telah melalui proses pemurnian mengandung komponen rantai asam manuronat (blok M) dan rantai panjang asam guluronat (blok G). Blok rantai panjang yang terbentuk dapat bersifat homogen (GG, MM) atau heterogen (MG, GM). Sifat kimia dan fisik alginat dipengaruhi oleh panjang jenis bloknnya untuk ion logam yang relatif kaku atau fleksibel (Draget, et al., 2005). Selain itu penggunaan alginat dalam proses pengendalian pencemaran lingkungan cukup baik dan aman digunakan karena bahan dasar dari pembuatan alginat sendiri bersifat alami dan tidak mengandung bahan kimia sehingga tidak membawa sifat toksik. Natrium alginat dapat dihasilkan dari rumput laut seperti jenis rumput laut *Sargassum Sp.* yang melalui proses ekstraksi padat-cair.



Gambar 2. 2 Karakteristik struktur alginat: A. Monomer Alginat, B. Bentuk C. Bentuk Blok

Sumber: (Mubarokah, 2018)

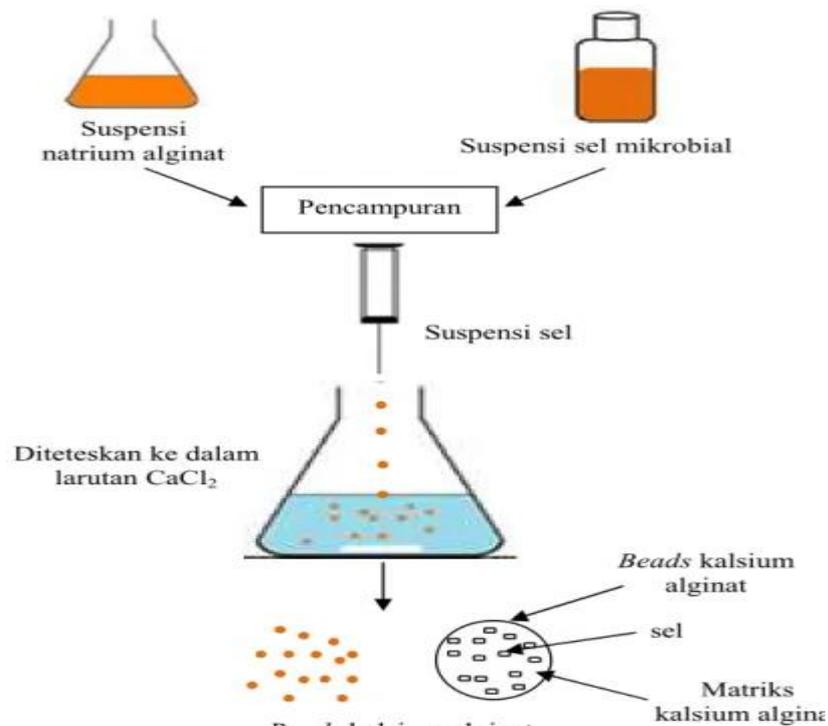
Metode ekstruksi dan emulsi dapat digunakan untuk preparasi mikrokapsul alginat sebagai matrik bakteri.

Tabel 2. 1 Kelebihan dan Kelemahan teknik ekstrusi serta emulsi

Nama Teknik	Kelebihan	Kelemahan
Ektrusi	1. Biaya murah 2. Mudah prosesnya 3. Ketahanan mikroorganuisme 80-95%	Sulit untuk meningkatkan skala produksi
Emulsi	Dapat diproduksi dalam skala besar	1. Biaya mahal 2. Prosesnya sulit

Sumber: (Elakkiya, dkk., 2016)

Dalam melihat tabel perbedaan diatas maka bisa disimpulkan penggunaan teknik ekstrusi lebih efisien diterapkan. Berikut merupakan diagram alur dari metode ekstrusi:



Gambar 2. 3 Diagram skematis dari metode enkapsulasi ekstrusi

Sumber: (Mubarokkah, 2018).

Metode yang paling umum dalam pembuatan kapsul dengan hidrokoloid (misalnya alginat dan karagenan) dimulai dengan menyiapkan larutan hidrokoloid, menambahkan dan membentuk tetesan dengan mengekstrusi suspensi melalui semprit ke dalam larutan pengerasan (misalnya  $\text{CaCl}_2$ ) atau dengan menambahkan mikroba probiotik ke dalam larutan hidrokoloid alginat, kemudian diteteskan ke dalam larutan pengeras ( $\text{CaCl}_2$ ) menggunakan spuit. Jarak antara nosel dan  $\text{CaCl}_2$  larutan mempengaruhi ukuran dan bentuk mikro kapsul yang terbentuk.

Metode ini mempunyai kelebihan yaitu sederhana, hemat biaya, tidak menyebabkan kerusakan sel, dan menghasilkan viabilitas sel yang tinggi, tidak menggunakan pelarut yang berbahaya serta dapat dilakukan pada kondisi aerobik dan anaerobik. (Krasaekoopt, et al., 2003). Alginat juga bisa dijadikan sebagai

bahan dalam mengimobilisasi suatu bakteri untuk mengatasi pencemaran air sungai (Zhao, et al., 2015).

#### **2.4 Aplikasi Imobilisasi Bakteri**

Imobilisasi secara umum didefinisikan sebagai proses pemerangkapan sel atau enzim dalam suatu, matriks pada proses imobilisasi berada dalam fase padat. Matriks dibagi menjadi dua yaitu polimer alami terdiri atas alginat, selulosa, kitin, agar. Polimer sintetik terdiri atas poliakrilamit dan vinil (Nedovic, et al., 2004). Dapat mempertahankan konsentrasi biomassa yang tinggi dalam suatu perangkap polimer merupakan salah satu kelebihan dari aplikasi imobilisasi. Difusi toksin menjadi sedikit akibat dari konsentrasi biomassa yang tinggi, selain itu konsentrasi biomassa yang tinggi juga membuat aktifitas metabolisme akan meningkat sehingga mampu bertahan terhadap temperature, pH serta bahan kimia (Elakkiya, et al., 2016).

Aplikasi imobilisasi bisa digunakan secara berulang kali sehingga dapat meningkatkan teknis peforma proses industri dan ekonomis dalam pengimplementasiannya (Jose, 2013). Kontruksi matrik membran harus memiliki pori pori yang cukup besar sehingga molekul bisa terdifusi, namun tidak terlalu besar sehingga sel tetap tertahan dalam perangkap polimer (Nedovic, et al., 2004). Menurut Mubarakah (2018), ada empat jenis teknik imobilisasi yang dapat dilakukan diantaranya yakni pertama, *entrapment* merupakan teknik yang memungkinkan substrat masuk dan sel tetap dipertahankan. Kekurangannya yakni massa transfer terbatas dan enzim mudah bocor. Kedua, *cross linking* merupakan teknik yang melibatkan pembentukan kovalen antara molekul protein, kekurangannya yakni difusi masa transfer terbatas dan membawa ikatan kimia. Ketiga, *carrier binding*

merupakan teknik yang mengandung residu *ion exchange*, proses pembuatannya cepat namun memiliki kekurangan yakni ikatan yang dihasilkan kurang kuat. Keempat adalah teknik enkapsulasi alginat merupakan pemerangkapan sel menggunakan sodium alginat yang cukup ekonomis dan mudah dilakukan, namun memiliki kekurangan yakni bisa dilakukan hanya sekali perlakuan untuk setiap mikroenkapsulasinya.

Imobilisasi menggunakan enkapsulasi alginat merupakan suatu cara yang dapat melindungi dan membawa mikroorganisme. Mikroenkapsulasi membantu ketidakstabilan inti di lingkungan, meningkatkan stabilitas, dan memperpanjang umur simpan bakteri. Menurut Elakkiya, et al. (2016), ada beberapa aplikasi imobilisasi sel yang dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Contoh Aplikasi Imobilisasi Bakteri Menggunakan Enkapsulasi Alginat

No.	Mikroorganisme yang digunakan	Aplikasi	Matrik imobilisasi	Referensi
1.	Coriolus V.	Penjernihan limbah cair pabrik kertas	Alginat	D. Livernoche et al. (1981)
2.	Trametes V.	Penjernihan dan penghilangan AOX dari limbah cair pabrik kertas	Alginat	Jin, et al. (2014)
3.	Mikroalga, Chlorella Vulgaris	Pengaruh nutrisi pada biodegradasi TBT oleh alginat mikroalga amobil dalam air sungai	Alginat	Jin, et al. (2014)

Sumber: (Elakkiya, dkk., 2016)

## 2.5 Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang ditemukan dan tujuan penelitian maka dapat diperoleh hipotesis diantaranya:

1. H<sub>0</sub>: Ada pengaruh penambahan imobilisasi *Pseudomonas sp.* terhadap kualitas air Sungai Kaliotik Lamongan  
H<sub>1</sub>: Tidak ada pengaruh penambahan imobilisasi *Pseudomonas sp.* terhadap kualitas pencemar air Sungai Kaliotik Lamongan
2. H<sub>0</sub>: Ada pengaruh penambahan imobilisasi *Pseudomonas sp.* terhadap penurunan kadar minyak dan lemak air Sungai Kaliotik Lamongan  
H<sub>1</sub>: Tidak ada pengaruh penambahan imobilisasi *Pseudomonas sp.* terhadap penurunan kadar minyak dan lemak air Sungai Kaliotik Lamongan