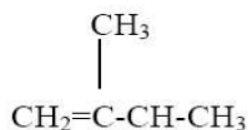


## II. TINJAUAN PUSTAKA

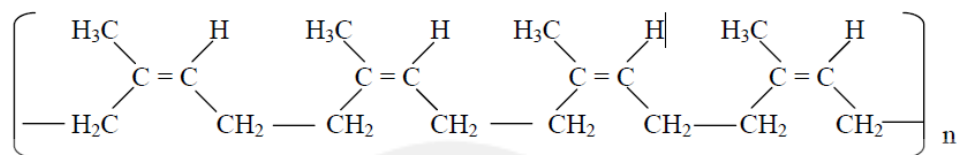
### A. Karet dan Ban

Karet adalah polimer hidrokarbon yang terbentuk dari emulsi kesusuan yang diperoleh dari getah tumbuhan dan ada juga hasil produksi secara sintetis. Sumber utama latex atau getah ini adalah pohon karet *Hevea brasiliensis* dengan cara melukai kulit pohon. Menurut Frida (2011), karet alam merupakan senyawa hidrokarbon yang mengandung atom karbon (C), atom hidrogen (H) dan merupakan senyawa isoprena sebagai monomernya dengan struktur kimia seperti Gambar 1. Apabila karet ini berwarna putih hingga kekuningan, karet ban berwarna hitam karena karbon yang berallotrop dengan karbon hitam ditambahkan untuk memperkuat polimer.

Menurut Triwijoso dan Siswantoro (1989), karet alam merupakan polimer alami yang tersusun dari satuan unit ulang (monomer) trans/cis 1,4-isoprena dan memiliki struktur ruang seperti pada Gambar 2 dengan rumus umum  $(C_5H_8)_n$ ,  $n$  adalah bilangan yang menunjukkan jumlah monomer, berkisar antara 3000-15000. Semakin besar harga  $n$  maka molekul karet semakin panjang, semakin besar bobot molekul, dan semakin kental (*viscous*). Karet alam bergabung secara ikatan kepala ke ekor (*head to tail*) (Triwijoso dan Siswantoro (1989).



Gambar 1. Struktur kimia monomer karet alam (Cowd, 1991)



Gambar 2. Struktur Ruang 1,4 cis poliisoprena (Honggokusumo, 1978).

Bahan baku karet alam sangat diperlukan untuk proses pembuatan produk-produk industri hilir karena tidak dapat tergantikan 100% oleh karet sintetis yang karakteristiknya banyak kelemahannya dibandingkan dengan karakteristik karet alam. Begitu juga dalam pembuatan ban kendaraan tetap memerlukan bahan baku karet alam dengan perbandingan bahan campuran karet alam dan karet sintetis menurut jenis ban sebagai berikut: (1) ban motor membutuhkan 45% karet alam dan 55% karet sintetis; (2) ban mobil penumpang membutuhkan 45% karet alam dan 55% karet sintetis; (3) ban truk membutuhkan 50% karet alam dan 50% karet sintetis; (4) ban mobil balap membutuhkan 35% karet alam dan 65% karet sintetis, tetapi setelah FIA (*Federation International Automobile/federasi otomotif internasional*) mewajibkan penggunaan ban dari karet alam sebagai standar dalam balap mobil Formula 1, saat ini ban mobil balap lebih banyak diproduksi dari 100% karet alam; (5) ban kendaraan *off the road (giant/earthmover)* membutuhkan 80% karet alam dan 20% karet sintetis; dan (6) ban pesawat terbang dibuat dari 100% karet alam (Balittri, 2013).

Ban terdiri dari bahan karet atau polimer yang sangat kuat diperkuat dengan serat-serat sintetis dan baja yang sangat kuat. Terdiri dari tiga komponen utama yaitu karet, baja, dan serat. Berat ban-ban mobil sebesar 7,5-9 kg dan berat ban truk 50-80 kg (Frida, 2011). Sifat fisiknya yang memiliki daya

lentur tinggi dan dapat dibentuk dengan suhu panas yang rendah membuat karet dipakai untuk produksi pabrik yang membutuhkan kekuatan tinggi dan panas yang rendah seperti ban pesawat dan ban-ban kendaraan lainnya. Ban mempunyai komposisi diantaranya adalah:

- 1.Karet alam dan karet sintetis.
- 2.*Filler* Penguat.
- 3.Minyak.
- 4.Antioksidan.
- 5.Zinc oksida
- 6.Akselerator
- 7.Sulfur

#### **B. Kolom *Winogradsky* dan Biodegradasi**

Bioremediasi merupakan pengembangan dari bidang bioteknologi lingkungan dengan memanfaatkan proses biologi dalam mengendalikan pencemaran dan cukup menarik (Hardiani dkk., 2011). Teknologi bioremediasi ada dua jenis, yaitu *ex-situ* dan *in situ*. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur terjadinya proses biodegradasi adalah kolom *Winogradsky*, yang dinamai sesuai dengan penemunya yakni Sergei *Winogradsky*. Kolom *Winogradsky* merupakan ekosistem mikroba buatan yang berfungsi untuk mempelajari kultur bakteri dalam waktu jangka panjang. Kolom *Winogradsky* ini mampu mendemonstrasikan bagaimana metabolisme yang terjadi pada mikroorganisme selama masa inkubasi, dimana di dalam

kolom tersebut terdapat berbagai macam reaksi yang mendukung suplai nutrisi dan energi bagi mikroorganisme (Fadlilah dan Shovitri, 2014)

Menurut Leja dan Lewandowicz (2009), proses biodegradasi polimer dapat terjadi secara aerobik (dengan oksigen), atau secara anaerobik (tanpa oksigen) Dalam keadaan aerob, beberapa mikroorganisme menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron terakhir. Pada keadaan anaerob beberapa mikroorganisme akan menggunakan *electron acceptor* terakhir selain oksigen (seperti  $\text{NO}^{-3}$ , S,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  dan fumarate). Pada kolom *Winogradsky* ini akan terbentuk keadaan aerob yang terdapat di permukaan kolom dan berangsur menuju anaerob pada dasar kolom. Sehingga diharapkan proses biodegradasi secara aerob dan anaerob dapat terjadi.

Kolom *Winogradsky* adalah salah satu cara sederhana untuk mempelajari suatu lingkungan alami di laboratorium. Kolom ini ditemukan oleh ahli mikrobiologi Rusia bernama Sergei Winogradsky (1856-1953) dan Martinus W. Beijerinck (1851-1931) yang digunakan sebagai model untuk mempelajari interaksi populasi bakteri pada berbagai komunitas perairan dan sedimen perairan dan sedimen. Berdasarkan penelitiannya, dia berhasil mengembangkan konsep kemoautotrofi, dimana dijelaskan bakteri menggunakan  $\text{CO}_2$  untuk keperluan karbon. Menurut Deacon (2005), kolom *Winogradsky* menggambarkan bagaimana mikroorganisme yang berbeda membentuk hubungan interdependen, dimana aktivitas suatu organisme mampu mempengaruhi organisme lain untuk tumbuh atau sebaliknya.

Kolom *Winogradsky* dibuat dengan memasukkan tanah basah dengan ketebalan beberapa inci dari tanah kebun ke dalam silinder dengan ketinggian minimal 2 inci ke dalam tabung dengan ukuran tinggi 12-15 cm seperti pada Gambar 3. Lumpur dari kolam atau badan air lainnya ditambahkan dan ditambahkan nutrisi seperti karbon. Air ditambahkan sampai menutupi tanah dan lumpur. Kolom dapat ditempatkan dalam keadaan terpapar udara atau sedikit terpapar udara. Setelah beberapa minggu, populasi mikrobia akan mulai terbentuk dan membentuk gradient sepanjang kolom. Dasar kolom akan bersifat anaerob dan semakin keatas semakin banyak oksigen. Sehingga mikrobia pada setiap lapisan dapat berbeda (Ernst, 2000).



Gambar 3. Kolom winogradsky sederhana (Ainiyah dan Shovitri, 2014)

Keterangan :

- a. MSM (*Mineral Salt Medium*)
- b. Potongan sampel
- c. Tanah sampah sebagai inokulum

### C. Pemilihan Tanah

Menurut Suganda dkk. (2002), prinsip pengambilan tanah sebagai sampel adalah hasil analisis sifat-sifat fisik tanah di laboratorium harus dapat menggambarkan keadaan sesungguhnya sifat fisik tanah di lapangan dan tidak mengalami perubahan apapun selama dalam perjalanan. Pengambilan beberapa

titik contoh tanah dari sebidang lahan atau poligon untuk dianalisis sifat fisik tanahnya, diharapkan dapat menghasilkan data/nilai yang dapat menggambarkan kondisi keseluruhan bidang lahan. Atas dasar ini pengambilan sampel tanah dilakukan pada tempat pembuangan yang terdapat dan terjadi pelapukan limbah padat karet ban.

Terdapat beberapa metode statistik dalam pengambilan contoh dalam suatu hamparan atau bidang lahan dengan nilai ketelitian dan efektivitas berbeda, salah satunya pengambilan contoh acak sederhana (*simple random sampling/SRS*) yang dapat dilihat pada Gambar 4. Aturan pengacakannya tidak ada batasan dalam menentukan jumlah contoh tanah yang dipilih. Semua memiliki peluang yang sama. Pengambilan contoh tanah menggunakan metode SRS lebih sederhana, mudah dan cepat. Data yang diperoleh akan dapat mencerminkan keadaan tanah yang sebenarnya (Suganda dkk., 2002).



Gambar 4. Metode *Simple Random Sampling* (SRS) (sumber: Suganda dkk.,2002).

#### **D. Derajat Keasaman (pH) dan Suhu**

Dalam mengidentifikasi bakteri indigenus dominan yang terdapat dalam kolom *Winogradsky* dilakukan juga berbagai macam uji untuk mengetahui jenis bakteri apa yang hidup dan dapat mendegradasi limbah padat karet. Laju pertumbuhan dan aktivitas bakteri dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain

pH, suhu, nutrisi, tekanan osmosis, pengeringan dan lain sebagainya. Suhu dan pH adalah faktor penting bagi pertumbuhan bakteri, karena masing-masing spesies bakteri mempunyai suhu dan pH optimum untuk pertumbuhannya (Waluyo, 2010). Bakteri yang hidup pada tanah terutama pada lapisan atas merupakan bakteri mesofilik yaitu hidup pada kisaran suhu 20-45°C mengikuti suhu tanah (Setyawan, 2002). Bakteri tanah berkembang dengan baik pada pH diatas 5,5. Jika kurang dari itu, bakteri tidak tumbuh dengan baik (Hardjowigeno, 2007).

#### **E. Berat Kering Ban**

Proses terjadinya biodegradasi pada lingkungan dimulai dengan tahap degradasi kimia yaitu proses oksidasi molekul yang menghasilkan polimer dengan berat molekul rendah. Proses berikutnya adalah serangan mikroorganisme dengan memanfaatkan enzim yang dihasilkannya. Selama biodegradasi berlangsung, terjadi proses depolimerasi dimana eksoenzim dari mikroba akan memecah polimer kompleks menjadi rantai pendek oligomer dan monomer sehingga dapat melewati membran semi permeabel mikroba, yang kemudian dapat digunakan sebagai sumber karbon dan energi. Selanjutnya terjadi proses mineralisasi dimana terjadi perubahan fragmen oligomer dan monomer menjadi produk akhir seperti karbon dioksida, air, atau metana (Jendrossek dan Handrick, 2002).

Terurainya bahan menjadi sumber energi bagi mikrobia menyebabkan berkurangnya volume bahan yang mempengaruhi berat bahan tersebut. Maka

dari itu berat merupakan tolak ukur yang baik dalam proses degradasi (Sawada, 1994). Menurut Owen dkk. (1995), menimbang massa polimer sebelum dan setelah proses biodegradasi selama selang waktu tertentu merupakan metode kuantitatif yang paling sederhana untuk mengkarakterisasi terjadinya biodegradasi suatu polimer.

#### **F. Bakteri Pendegradasi Ban Karet**

Menurut Kamil dkk (2012), biodegradasi memainkan peran penting dalam penanganan limbah produk karet alam. Kendati demikian, telah banyak laporan biodegradasi produk karet alam oleh bakteri seperti bakteri *Xanthomonas*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Bacillus* sp.. Lateks karet alam merupakan cis-1,4- poliisoprena, yang dapat disintesa oleh lebih dari 2000 spesies tanaman yang tergolong kepada Euphorbiaceae.

Karet alam diproduksi dari pohon karet *Hevea brasiliensis*. Cis-1,4- poliisoprena merupakan konstituen utama (>90% berat kering) mengandung minimum 90% hidrokarbon karet dengan sebagian kecil pengotor seperti resin, asam lemak, gula, dan mineral. Pengotor organik dalam karet juga dapat membantu pertumbuhan bakteri. Bakteri *Actinomycetes* dapat menguraikan karet alam. Mekanisme biodegradasi karet alam oleh bakteri *Actinomycetes* adalah pemutusan ikatan rangkap pada cis 1,4-poliisoprena oleh oksigen dan menghasilkan gugus karbonil yaitu aldehida dan keton di mana terdapat satu molekul oksigen pada masing-masing sisi (Kamil dkk., 2012).



Menurut Khusnuryani, dkk. (2015), hasil biodegradasi suatu kontaminan dipengaruhi oleh struktur kimia kontaminan yang didegradasi maupun jumlah dan spesies mikroba yang terlibat dalam proses. Salah satu anggota mikroba yang banyak terlibat dalam biodegradasi adalah bakteri. Secara umum bakteri di alam akan tumbuh dan membentuk biofilm, yaitu kumpulan bakteri yang termobilisasi pada permukaan suatu substrat pada lingkungan cair. Kumpulan bakteri penyusun biofilm dapat berupa kultur tunggal maupun kultur campuran (Davey proses dan O'toole, 2000). Bakteri yang membentuk biofilm memiliki beberapa kelebihan, diantaranya menjadikan bakteri mampu bertahan hidup dalam lingkungan yang kurang menguntungkan dan dapat menyebar membentuk koloni pada *niche* yang baru (Martinez dan Casadevall, 2007), serta meningkatkan degradasi senyawa, karena bakteri akan saling berinteraksi dan saling melengkapi proses metabolik yang ada (Andersson, 2009).

### **G. Hipotesis**

1. Terdapat bakteri indigenus dominan yang dapat bertahan hidup dan memanfaatkan sumber energi sekaligus mendegradasi ban karet.
2. Bakteri indigenus dominan dapat mempercepat proses degradasi.
3. Penambahan bakteri campuran akan menghasilkan proses degradasi yang lebih baik