

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Air Limbah Industri Rumput Laut

Rumput laut diolah oleh industri dengan hasil produk *Alkaline Treated Cottoni Chips* (ATCC), dimana memiliki beberapa tahapan proses di antaranya: *dry cleaning*, pemasakan, pencucian, penjemuran, pengeringan dengan oven, *chipping*, *mixing*, *packaging*. Pada umumnya air limbah industri pengolahan rumput laut memiliki pH (11-13), COD (4000-4640 mg/L) dan TSS (40000-300 mg/L), hal tersebut disebabkan karena terdapat penambahan larutan KOH pada proses pemasakan dan pencucian (Joshi *et al.*, 2015).

Tabel 2.1 Karakteristik air limbah industri pengolahan rumput laut

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	Derajat keasaman (pH)	-	13.1
2	Zat Padat Larut (TDS)	mg/l	41800.0
3	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)	mg/l	4640.0

Sumber: Hasil analisis

Perebusan rumput laut dengan larutan KOH dan KCl dilakukan pada rumput laut untuk nantinya menjadi produk ATC selama 3 jam pada suhu 80-85°C. Rumput laut kemudian dilakukan pencucian berulang-ulang dengan tujuan untuk menetralkan dari proses sebelumnya, rumput laut hasil potongan kemudian dilakukan pengeringan sehingga rumput laut didapatkan ATC *chips*.

Rumput laut direbus dalam alkali bertujuan agar titik leleh karaginan berada di atas suhu pemasaknya sehingga dapat meningkatkan kekuatan gel dari karaginan dan mencegah larutnya rumput laut menjadi pasta. Pasar rumput laut dunia menjadikan ATC sebagai bahan baku untuk pengolahan karaginan murni dan akan diproses lebih lanjut sebagai bahan pengikat dan penstabil dalam industri makanan ternak. Optimasi dari kadar KOH, KCl, dan waktu proses perlu dilakukan untuk proses produksi ATC *Chips* yang baik untuk menghasilkan ATC *Chips* yang dapat diterima oleh pasar impor dan juga pasar nasional (Anggadireja *et al.*, 2006).

Air limbah industri pengolahan rumput laut memiliki jumlah yang cukup besar yaitu dapat mencapai sekitar 60 m³ per ton produk. Kandungan dalam air limbah pengolahan rumput laut juga memiliki pH dan konsentrasi garam yang sangat tinggi serta konsentrasi polutan lain seperti polutan organik dalam bentuk COD yang tinggi. Kandungan nutrisi pada air limbah seperti amonia, nitrogen dan pospat terdapat dalam jumlah yang relatif rendah (Utami *et al.*, 2019).

Pencemaran lingkungan dapat terjadi apabila penanganan air limbah tidak dilakukan dengan baik. Pemerintah membuat peraturan untuk industri yang menghasilkan air limbah seperti industri rumput laut yang tertuang dalam baku mutu kualitas air limbah untuk usaha pengolahan rumput laut yang masih berlaku hingga saat ini sebagai berikut:

Tabel 2.2 Baku mutu air limbah pengolahan rumput laut

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
----	-----------	--------	----------------

1	Derajat keasaman (pH)	-	6 – 9
2	Padatan Tersuspensi Total (TSS)	mg/l	100
3	Klor	mg/l	1
4	Amonia (NH ₃ -N)	mg/l	5
5	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)	mg/l	250
6	Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (BOD)	mg/l	100

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 tahun 2008

2. Lumpur Aktif

Pengolahan air limbah yang banyak diterapkan pada industri pangan adalah pengolahan dengan lumpur aktif. Untuk mengoptimalkan proses metabolisme mikroba aerob, aerasi melalui pompa udara sangat diperlukan dalam pengolahan air limbah dengan lumpur aktif sehingga air hasil olahan dapat maksimal. Lumpur aktif secara umum tersusun atas mikroba seperti bakteri, protozoa, dan mikroorganisme lainnya (Jenie *et al.*, 1993). Lumpur aktif merupakan salah satu pengolahan dengan metode aerasi yang menggunakan mikroorganisme aerob untuk mengoksidasi material organik menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti CO₂, H₂O, NH₄. Atau bahkan menjadi biomassa baru).

3. Parameter Uji Pengolahan Air Limbah

a) Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan hal yang umum dalam indikator parameter dalam pengujian air, kondisi pH air yang tidak netral baik rendah maupun tinggi dapat menyebabkan dampak negatif bagi ekosistem perairan.

Berdasarkan Permen LH No. 12 tahun 2008 batas maksimum pH air limbah industri rumput laut yaitu sekitar 6-9. Teknologi pengolahan air limbah yang efektif ditentukan berdasarkan kondisi pH, seperti pengolahan air limbah dengan proses biologis yang memerlukan pH sesuai dengan kemampuan mikroorganisme dalam bermetabolisme (Putri *et al.*, 2021).

b) *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan dalam mengoksidasi bahan organik alam air secara kimiawi. Semakin banyak oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik, maka oksigen terlarut di dalam air akan semakin rendah. Dalam pengolahan air limbah, COD digunakan untuk mengukur kualitas dan baku mutu suatu air limbah. Nilai konsentrasi COD yang melebihi batas maksimum dapat menyebabkan kekurangan oksigen dalam perairan, yang dapat berdampak negatif pada biota air. Pengendalian COD dapat dilakukan dengan menggunakan proses dengan oksidator kuat, proses koagulasi, flokulasi, dan biologis. Berdasarkan Permen LH No. 12 tahun 2008 Batas maksimum konsentrasi COD air limbah pengolahan rumput laut yaitu 250 mg/L.

4. Pengujian COD Dengan Spektrofotometri HACH

Spektrofotometri HACH merupakan alat untuk mengukur kualitas air sesuai dengan parameter yang di ujikan seperti: COD, Ammonia, Klor, TSS. Metode pengukuran COD menggunakan HACH menggunakan reagen khusus: low range (LR), high range (HR), dan high range plus reagen yang diukur dengan absorbansi COD pada panjang 620 nm, sehingga dapat memberikan hasil yang akurat dan presisi tinggi dalam pengukuran COD.

Penggunaan spektrofotometri HACH relatif sederhana dan mudah dilakukan. Prosesnya melibatkan penambahan reagen khusus ke dalam sampel, pengadukan, dan pengukuran absorbansi menggunakan alat yang sudah terprogram. Spektrofotometri HACH dapat mengukur kisaran COD yang cukup luas sesuai dengan karakteristik air limbah yang dilakukan pengolahan dari 20 hingga 1500 mg/L, sehingga cocok untuk berbagai jenis sampel yang memiliki konsentrasi COD yang berbeda-beda (HACH Company, 2021).

5. Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biologis

Air limbah dapat diolah secara biologis dengan adanya aktivitas mikroorganisme sebagai katalis dalam menguraikan material organik/non-organik yang terkandung di dalam air limbah. Mikroorganisme selain menguraikan dan menghilangkan kandungan polutan yang tinggi, juga memanfaatkan material yang terurai menjadi tempat perkembangbiakan. Lumpur aktif (*activated sludge*) merupakan salah satu proses pengolahan air limbah dengan proses biologis yang memanfaatkan mikroorganisme sebagai agen remediator (Megasari *et al.*, 2012).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 12 tahun 2008, setiap usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan air limbah wajib mengolah air limbah terlebih dahulu sebelum dilepas kembali ke media lingkungan dengan tujuan pencegahan pencemaran air, sehingga diperlukan pengolahan air limbah yang efektif. Pengolahan air limbah dengan proses biologis dibagi menjadi tiga yakni dengan sistem kolam, biakan tersuspensi, dan biakan melekat. Untuk menentukan jenis teknologi atau proses yang akan digunakan, maka perlu diperhatikan seperti karakteristik air limbah, jumlah limbah dan standar kualitas air olahan yang diharapkan (Said, 2011).

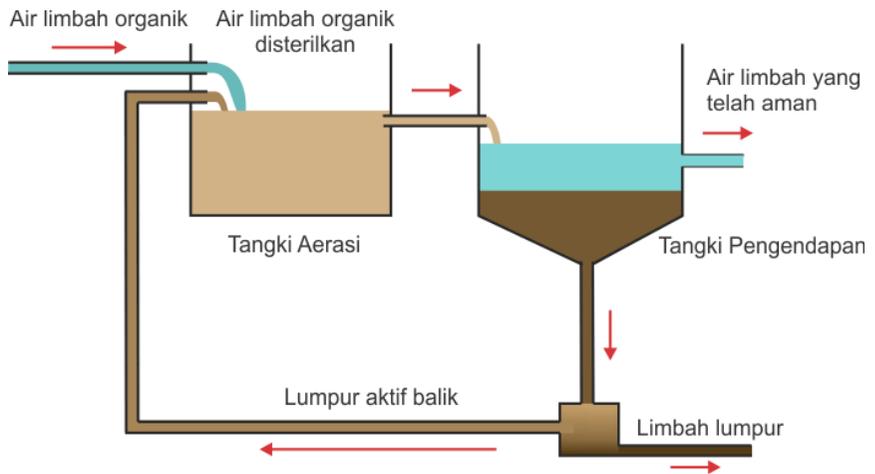
Pengolahan air limbah dengan proses biologis dengan biakan tersuspensi melibatkan banyak mikroorganisme pengurai dalam

aktivitas metabolisme yang dapat menguraikan senyawa polutan dalam air limbah, proses kultur atau pembiakan mikroorganisme dalam reaktor dilakukan dengan membutuhkan waktu agar biomassa pada reaktor dalam jumlah yang banyak. Banyak jenis pengolahan air limbah dengan metode tersuspensi yaitu : lumpur aktif, *step aeration*, *contact stabilization*, *extended aeration*, kolam oksidasi sistem parit dan lain sebagainya (Kemenkes, 2011).

6. Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Lumpur Aktif

Pengolahan air limbah menggunakan proses lumpur aktif merupakan pengolahan dengan proses pertumbuhan mikroba tersuspensi. Proses lumpur aktif banyak digunakan sebagai pengolahan air limbah domestik secara biologis, seperti limbah cair industri pangan yang dapat diolah dengan sistem lumpur aktif dengan menguraikan kontaminan organik yang berbahaya bagi lingkungan (Ningtyas, 2015).

Prinsip proses lumpur aktif yaitu senyawa organik pada air limbah akan diuraikan secara biologis oleh aktivitas mikroorganisme yang tersuspensi di dalam bioreaktor. Penyerapan secara fisika-kimiawi dan interaksi antar partikel-partikel terlarut pada reaktor akan menjadi endapan yang kemudian akan terpisahkan dari air limbah. Stabilisasi lumpur perlu dilakukan dengan secara paralel melalui penyerapan polutan organik ke dalam partikel biomassa yang diuraikan menjadi gas CO_2 dan H_2O oleh aktivitas mikroba. Proses lumpur aktif sangat sensitif terhadap perubahan kondisi dan lonjakan beban polutan (Megasari *et al.*, 2012).



Gambar 2.1 Tahapan pengolahan air limbah dengan lumpur aktif

Sumber : agriservissakti.com

Proses lumpur aktif secara umum terdiri dari bak pengendap awal, aerasi dan pengendap akhir. Bak penampung awal akan menerima masukan lumpur aktif dan juga air limbah, dilakukan juga pengaturan debit pada reaktor dan untuk menyaring benda atau kontaminan yang besar digunakan saringan kasar untuk memaksimalkan air hasil olahan. Air limbah dari bak penampung di pompa ke bak pengendap awal. Bak pengendap awal berfungsi sebagai tempat untuk menurunkan padatan tersuspensi dalam air limbah (Herlambang dan Heru, 1999).

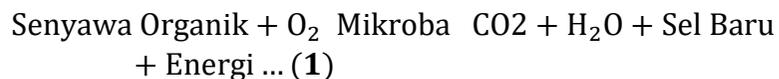
Air dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke bak aerasi dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Di dalam bak aerasi ini air limbah dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme yang terdapat pada air limbah akan menguraikan zat organik yang tinggi kadarnya menjadi energi bagi pertumbuhan mikroorganisme. Biomassa akan tumbuh dalam bak aerasi yang akan menguraikan polutan air limbah, dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendap akhir untuk mengendapkan lumpur aktif yang mengandung

biomassa dan dialirkan kembali ke bagian *inlet* bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur (Herlambang dan Heru, 1999).

Mikroorganisme dalam mengolah air limbah secara biologis berlangsung pada tangki aerasi yang sebelumnya telah mengalami proses penyesuaian (aklimatisasi). Keberadaan mikroorganisme dalam lumpur aktif sangat bervariasi di antaranya terdapat banyak spesies bakteri dari genus *Bacillus*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Zooglea*, dan *Nitrobacter*. Kasmidjo (1991).

7. Proses Penguraian Aerob

O₂ (oksigen) menyebabkan proses oksidasi dalam sistem aerob dapat berlangsung, bahan-bahan organik akan diubah menjadi produk akhir yang relatif stabil, sedangkan bahan lainnya akan disintesis menjadi mikroba baru. Secara umum, mikroorganisme mengalami dua proses metabolisme yaitu katabolisme dan anabolisme. Proses katabolisme terjadi pada fase oksidasi dan respirasi, dan terdapat reaksi eksergonik yaitu dengan melepaskan energi, sedangkan proses anabolisme terjadi dengan memerlukan energi (reaksi endergonik) dan terjadi pada proses sintesa mikroorganisme (Reynolds, 1985). Selain itu, proses transformasi substrat berlangsung dalam suatu kelompok protein yang berperan sangat penting dalam proses biologis, yaitu enzim yang bersifat katalis. Secara sederhana dapat dilihat pada persamaan berikut



B. Hasil Penelitian yang Relevan

1. Indriati Utami *et al.*, (2019) melakukan penelitian air limbah rumput laut dengan COD awal sebesar 3681,12 mg/L didapatkan air hasil olahan 245,15 mg/L dan efisiensi penurunannya 90,45%.
2. Said dan Wahyu (2019) melakukan pengolahan air limbah industri nata de coco, didapatkan efisiensi penurunan COD sebesar 95,7% dengan COD awal sebesar 2141 mg/L didapatkan air hasil olahan sebesar 98 mg/L.

Persentase penurunan konsentrasi COD pada kedua penelitian tersebut memiliki nilai yang tinggi, sehingga lumpur aktif memiliki kemampuan yang cukup baik dalam menurunkan konsentrasi COD pada air limbah. Untuk mengoptimalkan air hasil olahan, Lumpur aktif digunakan sebagai metode pengolahan air limbah yang dilakukan dengan tiga variasi kondisi; variasi konsentrasi lumpur aktif, variasi konsentrasi air limbah dan variasi pH untuk mendapatkan air hasil olahan yang optimal.

C. Kerangka Berpikir

Sugiyono (2010), mengemukakan bahwa kerangka berpikir merupakan model konseptual tentang bagaimana teori hubungan dengan berbagai faktor yang telah di definisikan sebagai masalah yang penting. Berdasarkan definisi diatas dapat disimpulkan bahwa kerangka pemikiran merupakan model tentang suatu teori yang berhubungan dengan faktor dalam suatu masalah. Kerangka pemikiran dalam penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2 Kerangka Berpikir