

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

2.1.1. Karakteristik Limbah Cair Industri RPA

Industri RPA menghasilkan limbah baik dalam proses itu sendiri serta dalam mencuci peralatan dan sarana, hal ini ditandai dengan tingginya konsentrasi zat organik dan padatan tersuspensi. Jumlah dan karakteristik air limbah di industri RPA ini sangat bervariasi tergantung pada proses industri dan air yang digunakan tiap melakukan kegiatan pemotongan ayam. Air limbah RPA yang berupa isi rumen atau isi lambung, darah afkiran, daging atau lemak, dan air cucianya, dapat berperan sebagai media pertumbuhan dan perkembangan mikroba sehingga limbah tersebut mudah mengalami pembusukan. Akibat negatif dari industri ini yaitu menghasilkan limbah berbentuk padat dan cair. Industri RPA sebagian besar menghasilkan air limbah yang mengandung bahan organik biodegradable dalam jumlah tinggi, dalam hal ini materi koloid seperti lemak, protein dan selulosa (Kholif, 2016).

Berikut merupakan karakteristik limbah cair RPA Desa Pabean, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo dari analisis yang dilakukan di Laboratorium PDAM Surya Sembada Surabaya.

Tabel 2. 1 Karakteristik Limbah Cair RPA

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu (PERMEN LH RI No. 5 Tahun 2014)
BOD	mg/L	527	100
COD	mg/L	1121	200
TSS	mg/L	224	100
Amoniak	mg/L	149	15
pH		6,86	6 - 9

Sumber : Hasil Laboratorium

2.1.2. Parameter Pencemar Limbah

A) BOD

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Beberapa peneliti menambahkan bahwa pengertian BOD tidak hanya menyatakan jumlah oksigen, tetapi juga menyatakan jumlah bahan organik mudah urai (biodegradable organiks) yang ada di perairan. Metode pengukuran BOD cukup sederhana, yaitu mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO_i) dari sampel pada awal pengambilan sampel, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut kembali setelah sampel diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap yang sering disebut dengan DO₅. Selisih DO_i dan DO₅ (DO_i - DO₅) merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen

per liter (mg/L). maksimum dalam parameter BOD5 yang boleh dibuang ke badan air menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 adalah 100 mg/l.

B) COD

COD atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar senyawa organik yang ada dalam air limbah dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Limbah organik akan dioksidasi oleh kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai sumber oksigen menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion krom. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik (praja,2017). . Pengukuran kekuatan limbah dengan COD adalah bentuk lain pengukuran kebutuhan oksigen dalam limbah. Metode ini lebih singkat waktunya dibandingkan dengan analisa BOD. Pengukuran ini menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. Menurut SNI 066989.73:2009 metode pengujian parameter COD menggunakan titrimetri. Maksimum parameter COD yang boleh dibuang ke badan air menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 adalah 200 mg/l.

C) TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, dan sel-sel mikroorganisme. Sebagai contoh, air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk

suspensi yang dapat tahan sampai berbulan-bulan, kecuali jika keseimbangannya terganggu oleh zat-zat lain sehingga mengakibatkan terjadi penggumpalan, kemudian diikuti dengan pengendapan. Selain mengandung padatan tersuspensi, air buangan juga sering mengandung bahan-bahan yang bersifat koloid, misalnya protein. Menurut SNI 06-6989.3:2004 metode pengujian parameter TSS menggunakan gravimetri. Maksimum parameter TSS yang boleh dibuang ke badan air menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 adalah 100 mg/l.

D) Amonia (NH₃-N)

Ammonia adalah senyawa anorganik yang dibutuhkan sebagai sumber energi dalam proses nitrifikasi bakteri aerobik. Pada air, amonia berada dalam dua bentuk yaitu ammonia tidak terionisasi dan ammonia terionisasi. Ammonia yang tidak terionisasi bersifat racun dan akan mengganggu syaraf pada ikan sedangkan ammonia yang terionisasi memiliki kadar racun yang rendah. Daya racun ammonia dalam air akan meningkat saat kelarutan oksigen rendah. Keberadaan bakteri pengurai sangat berpengaruh terhadap persediaan oksigen yang secara alami terlarut dalam air (Komarawidjaja, 2005). Maksimum parameter Amonia (NH₃) yang boleh dibuang ke badan air menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 adalah 10 mg/l.

2.2. Biofilter

Biofilter adalah reaktor yang dikembangkan dengan prinsip mikroba tumbuh dan berkembang pada suatu media filter dan membentuk lapisan biofilm (attached growth) (Slamet dan Masduqi, 2000 dalam Rakhmawati &

Karnaningroem, 2012). Penggunaan reaktor biofilter memiliki beberapa keuntungan, yaitu pengoperasiannya mudah karena tidak diperlukan sirkulasi lumpur, lumpur yang dihasilkan relatif kecil sekitar 10-30% dari BOD yang dihilangkan, dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun tinggi, tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi dan pengaruh suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil (Said, 2000 dalam Rakhmawati & Karnaningroem, 2012).

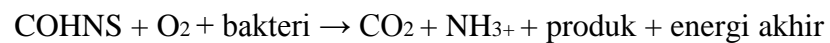
2.2.1. Proses Biofilter Aerob

Sutapa DAI (1999) dalam Milasari et al., (2005) menyatakan, proses aerob merupakan proses biologis yang menggunakan O₂, perlunya penambahan aerasi sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Proses aerob biasanya menghasilkan biomassa dalam jumlah besar (66%) dan menghasilkan air, gas, asam organik (34%).

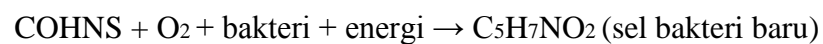
Berbeda dengan proses anaerob, beban pengolahan pada proses aerob lebih rendah, sehingga prosesnya ditempatkan sesudah proses anaerob. Pada proses aerob hasil pengolahan dari proses anaerob yang masih mengandung zat organik dan nutrisi diubah menjadi sel bakteri baru, hidrogen maupun karbon dioksida oleh sel bakteri dalam kondisi cukup oksigen (Said, 2017). Pada proses aerob, ketika pasokan substrat yang tersedia (makanan) habis, mikroorganisme akan mulai mengkonsumsi protoplasma mereka sendiri untuk mendapatkan energi untuk reaksi pemeliharaan sel. Ketika energi diperoleh dari jaringan sel, maka mikroorganisme dikatakan berada dalam fase endogen. Jaringan sel dioksidasi secara akuatik menjadi karbon dioksida, air, dan amonia. Pada kenyataannya, hanya sekitar 75% - 80% dari jaringan sel yang dapat teroksidasi, 20% - 25% sisanya terdiri dari komponen inert dan senyawa organik yang tidak terurai. Amonia selanjutnya teroksidasi menjadi nitrat pada saat proses berlangsung.

Mempertimbangkan biomassa yang terbuang dalam digester dan rumus $C_5H_7NO_2$ yang mewakili massa sel dari mikroorganisme, perubahan biokimia dalam digester aerobik dapat dijelaskan dengan persamaan berikut :

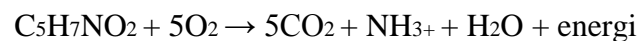
Oksidasi:



Sintesis:



Respirasi:



Pada persamaan tersebut, konversi nitrogen organik menjadi nitrat menghasilkan peningkatan konsentrasi ion hidrogen dan penurunan pH jika kapasitas buffering yang mencukupi tidak tersedia dalam lumpur (Eddy, 2014). Proses biofilter tercelup dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang didalamnya sudah terdapat media penyangga yang mana difungsikan untuk tempat bertumbuh dan berkembangnya mikroorganisme dengan atau tanpa adanya aerasi. Pada proses anaerobik dilakukan tanpa adanya oksigen. Media biofilter tercelup dibawah permukaan air limbah (Said, 2017).

Pada proses biofilter aerob beban pengolahan proses aerob lebih rendah, sehingga penempatan prosesnya dilakukan setelah proses anaerob. Proses aerob dilakukan setelah proses anaerob yang masih mengandung zat organik dan nutrisi yang diubah menjadi sel bakteri yang baru, hidrogen maupun karbon dioksida oleh sel bakteri dalam kondisi cukup oksigen (Said, 2017). Pada proses aerobik kadar COD sebesar $<1000 \text{ mg/L}$, dengan demikian proses aerobik dapat digunakan

dengan beban pencemar organik yang lebih rendah. Pada pengolahan secara aerobik juga berperan dalam penurunan ammonia.

2.3. Media Biofilter

Media biofilter merupakan bagian terpenting dari biofilter, oleh karena itu pemilihan media harus dilakukan dengan seksama disesuaikan dengan kondisi proses serta jenis air limbah yang akan diolah. Dalam praktiknya ada beberapa kriteria media biofilter ideal yang perlu diperhatikan, seperti (Said, 2017):

a. Mempunyai luas permukaan spesifik besar

Luas permukaan spesifik merupakan besar luas area yang aktif secara biologis tiap satuan volume media. Secara umum, luas permukaan spesifik mempunyai nilai 100 hingga 820 m²/m³. Luas permukaan yang pori-porinya halus tidak dapat membuat mikroorganisme hidup. Luas permukaan total yang tersedia untuk pertumbuhan bakteri merupakan indikator dari biofilter untuk bisa menghilangkan polutan.

b. Mempunyai fraksi volume rongga tinggi

Fraksi volume rongga merupakan prosentase ruang atau volume yang terbuka dalam media. Fraksi volume rongga juga dapat dikatakan ruang yang tidak tertutup oleh media. Variasi volume rongga dari 15% - 98%. Fraksi volume rongga yang tinggi tidak akan membuat aliran air tidak terhalang. Fraksi volume rongga untuk biofilter dengan menggunakan media umumnya 90% atau lebih.

c. Tahan terhadap penyumbatan

Penyumbatan dari berbagai macam media dapat dilihat dari fraksi rongga dan diameter celah bebas. Penyumbatan merupakan masalah serius pada biofilter. Penyumbatan adalah ketidakseragaman volume rongga media. Sebagian media mempunyai volume rongga yang kecil,

maka hal ini yang dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan dan dapat menurunkan kinerja biofilter.

d. Dibuat dari bahan inert

Media biofilter umumnya terbuat dari bahan yang tidak korosif, tahan terhadap pembusukan dan juga perusakan secara kimia. Kayu, kertas, atau bahan lain yang dapat terurai secara biologis tidak dapat digunakan sebagai media biofilter. Demikian pula bahan logam seperti besi aluminium serta tembaga tidak sesuai jika dijadikan media biofilter karena mudah berkarat sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

e. Mempunyai kekuatan mekanik yang baik

Salah satu syarat media biofilter yaitu mempunyai kekuatan mekanik yang baik. Media biofilter yang berukuran besar sangat penting, karena mampu menyangga dengan kuat. Akan tetapi, untuk memenuhi keperluan pemeliharaan, media dengan kekuatan mekanik yang baik harus mempunyai stabilitas yang baik juga.

f. Ringan dan fleksibilitas

Berat media juga dapat mempengaruhi biaya dari sistem reaktor biofilter. Semakin berat media maka penyangga harus lebih kuat. Karena ukuran dan bentuk reaktor yang bermacam-macam, maka media yang digunakan harus dapat masuk ke dalam reaktor serta disesuaikan dengan bentuk reaktor.

g. Pemeliharaan mudah

Media biofilter yang baik adalah media yang pemeliharaannya mudah bahkan tidak memerlukan pemeliharaan sama sekali. Jika diperlukan pemeliharaan karena adanya penyumbatan maka media harus mudah dipindahkan.

2.3.1. Media *Bioring*



Gambar 2. 1 Media *Bioring*

Jenis media *bioring* merupakan media yang terbuat dari keramik dan berfungsi sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme. Terdapat banyaknya pori pada media *bioring* membuat *bioring* memiliki luas permukaan yang tinggi, sehingga memungkinkan dengan mudah air masuk ke dalam pori, dan juga sebagai tempat hidup bakteri yang berkoloni (Purba & Sumiyati, 2013).

2.3.2. Media Kulit *Neptunea Cumingii*



Gambar 2. 2 Media Kulit *Neptunea Cumingii*

Kulit *Neptunea Cumingii* termasuk dalam family *Bucciniade*, Genus *Neptunea*. Salah satu alternatif yang bisa digunakan sebagai filter adalah bahan yang berasal dari limbah, salah satunya cangkang kerang. Kulit kerang dapat digunakan jika memiliki permukaan yang kasar dan memiliki

tekstur,hal tersebut diperlukan agar biofilm dapat menempel dengan sempurna.

2.3.3. Media Kulit Kerang Darah (*Anadara Granosa*)



Gambar 2. 3 Media Kulit *Anadara Granosa*

Filter merupakan alat yang dapat menahan partikel-partikel kecil sebelum masuk ke media budidaya (Tio Fanta Silaban, Limin Santoso, 2012). Salah satu alternatif yang bisa digunakan sebagai filter adalah bahan yang berasal dari limbah, salah satunya cangkang kerang darah. Kulit kerang darah memiliki permukaan yang kasar. Cangkang kerang darah merupakan limbah yang berasal dari sisa produksi bahan makanan yang berasal dari kerang darah (Afranita et al., 2014). Pemanfaatan cangkang kerang darah sebagai filter terbukti lebih baik dalam memperbaiki kualitas air meskipun secara statistik tidak berbeda nyata dibandingkan kerang simping dan kerang hijau (Aslia, 2014 dalam S, 2018). Selain dapat memperbaiki tingkat kekeruhan air, cangkang kerang yang mengandung CaO dapat meningkatkan pH air (Surest et al., 2012 dalam Jubaedah et al., 2020). Kandungan kalsium pada cangkang kerang darah sebesar 64,27% (Aslia, 2014 dalam S, 2018). Perlakuan penggunaan filter cangkang kerang darah lebih baik dari pada tanpa filter dalam menjaga dan memperbaiki

TSS dan amonia, serta meningkatkan Ph (Sitorus, 2018 dalam Febrianti & Sriwijaya, 2020).

2.4. Faktor-faktor yang Berpengaruh Dalam Proses Aerob

a) pH

pH merupakan parameter yang memiliki peran penting dalam mekanisme proses anaerobik, misalnya pada pertumbuhan mikroorganisme. Ada beberapa bakteri yang dapat hidup pada pH di atas 9,5 dan di bawah 4,0. Secara umum pH yang optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme yaitu sekitar 6,5-7,5.

b) Temperatur

Temperatur selain mempengaruhi aktivitas metabolisme dari populasi mikroorganisme, tetapi juga dapat mempengaruhi kecepatan transfer gas dan karakteristik dalam pengendapan lumpur. Dalam proses aerob temperatur yang optimum tidak jauh berbeda dari proses anaerob.

c) Waktu tinggal hidrolis

Waktu tinggal hidrolis merupakan lamanya proses pengolahan limbah cair di dalam reaktor. Semakin lama waktu tinggal, maka penyisihan beban polutan akan semakin besar. Sedangkan waktu tinggal pada reaktor aerob sangat bervariasi dari 1 jam hingga berhari-hari.

d) Nutrien

Mikroorganisme selain membutuhkan karbon dan energi, juga membutuhkan nutrien untuk sintesa sel dan pertumbuhan. Kebutuhan nutrien dinyatakan dalam perbandingan antara N dan P yang di perlukan mikroorganisme dalam bentuk BOD : N : P.

2.5. Seeding dan Aklimatisasi

Pembiakan (seeding) mikroorganisme dilakukan secara alami yaitu dengan cara mengalirkan air limbah yang akan diolah ke dalam reaktor yang

telah terisi media bioball sampai terbentuknya lapisan biofilm pada media biofilternya, proses pembiakan dilakukan selama 2 (dua) minggu, hal tersebut dilakukan untuk didapatkan hasil sampai terjadi *steady state* pada kondisi air limbah. Tujuan dilakukan seeding selain untuk membenihkan dengan cara memasukkan kedalam air limbah yang akan dilakukan pengolahan supaya media mampu melakukan oksidasi pada zat pencemar organik pada air limbah tersebut dan menumbuhkan atau mengembangbiakan mikroorganisme agar dikondisikan dengan tempat beradaptasinya lingkungan awal, untuk tempat berkembang biaknya mikroorganisme yang akan di ujikan direaktor. Setelah proses seeding selesai, dilakukan aklimatisasi atau pergantian limbah baru di dalam reaktor selama 3 (tiga) hari pada reaktor biofilter yang di dalamnya terdapat media bioball dan tanaman kiambang untuk mendapatkan suatu kultur yang bagus dan mikroorganisme yang mampu beradaptasi dengan air limbah. Aklimatisasi atau proses pergantian limbah ini dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor secara kontinyu selama 3 (tiga) hari dengan debit 0,34 ml/detik (Filliazati, 2013).

Mikroba memerlukan nutrien yang berupa rasio C:N:P agar berkembangbiak dengan baik. Perbandingan rasio C:N:P yang diberikan untuk bakteri ini sebesar 100:5:1 untuk aerob dan 250:5:1 sesuai dalam jurnal Bashaar Y. Ammary . Bahan yang dipakai dalam pemberian nutrient yaitu glukosa itu sendiri yang terkandung dalam limbah buatan sebagai C(Carbon), dan KNO₃ (Kalium Nitrat) sebagai sumber N(Nitrogen), KH₂PO₄ sebagai sumber P (Phospor). Indikator seeding mikroba telah siap apabila setelah diberi nutrisi yang cukup terdapat gelembung-gelembung udara yang terdapat di botol tersebut sebagai bentuk hasil respirasi mereka yaitu CO₂ (Putri *et al.*, 2012).

2.6. Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Metode	Hasil
1.	Pengolahan Limbah Rumah Makan Dengan Proses Biofilter Aerobik, 2015	<p>Konfigurasi Reaktor</p> <p>Dimensi reaktor = 20 cm x 20 cm x 100 cm Volume bak penampung limbah = 50 L Volume bak pengatur debit = 30 L Media biofilter = kerikil dan batu alam HRT = 6 jam dan 8 jam</p> <p>Karakteristik Limbah</p> <p>BOD = 46 mg/L COD = 82 mg/L TSS = 174 mg/L</p>	<p>Persen Penyisihan</p> <p>COD = 92,95 % BOD = 94,83% TSS = 95% Pada HRT 8 jam</p>
2.	Treating domestic effluent wastewater treatment by aerobic biofilter with bioballs medium, 2018	<p>Konfigurasi Reaktor</p> <p>Terdapat 2 reaktor berbentuk persegi terbuat dari kaca Volume reaktor = 36 L Media biofilter = bioball diameter 3 cm Waktu tinggal = 4 jam, 6 jam, 8 jam, 12 jam, 18 jam, 24 jam</p> <p>Karakteristik Limbah</p> <p>BOD = 112 - 130 mg/L COD = 320 - 416 mg/L Ammonia = 24,15 - 24,44 mg/L Nitrit = 0,63 mg/L Nitrat = 18 - 19 mg/L</p>	<p>Persen Penyisihan</p> <p>BOD = 87,33 % COD = 83,33% Ammonia = 82,5 % Nitrit = 84,82 % Nitrat = 79,1 % Minyak dan lemak = 84, 82 % Pada waktu tinggal 24 jam</p>

No.	Judul	Metode	Hasil
		Minyak dan lemak = 6,8 – 7,2 mg/L	
2.	Penurunan Kadar Cod Dan Tss Pada Limbah Industri Pembuatan Tempe Dengan Teknologi Biofilm Menggunakan Media Biofilter Kombinasi Bioball Dan Limbah Kulit Kerang, 2014	<p>Konfigurasi Reaktor</p> <p>Menggunakan reaktor biofilter anaerob dan aerob.</p> <p>Volume reaktor anaerob = 5 L, volume reaktor aerob= 3 L.</p> <p>Media bioball dan kulit kerang.</p> <p>Pengenceran air limbah = 25%, 50%, 100%</p> <p>Waktu tinggal = 8, 13,5, 27 jam</p> <p>Karakteristik Limbah</p> <p>COD = 10.730,97 mg/L</p> <p>TSS = 880 mg/L</p> <p>-</p>	<p>Persen Penyisihan</p> <p>COD = 52 %</p> <p>TSS = 46 %</p> <p>Pada waktu tinggal 27 jam</p>
3.	Pendegradasian Pencemar Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Aerobik Biofilter, 2020	<p>Konfigurasi Reaktor</p> <p>Menggunakan reaktor kaca</p> <p>Volume reaktor aerob = 40 L</p> <p>Media <i>bioring</i></p> <p>Perbandingan volume ruang pertumbuhan mikroorganisme melekat dan tersuspensi (L/L) = 10:30, 15:25, 20:20, 25:15, 30:10.</p> <p>Waktu kontak (jam) = 12, 24, 36, 48, 60</p> <p>Karakteristik Limbah</p>	<p>Persen Penyisihan</p> <p>BOD = 88,67 %</p> <p>COD = 89,20 %</p> <p>TSS = 31,48 %</p> <p>Pada waktu kontak 60 jam dan perbandingan volume 15L:25L</p>

No.	Judul	Metode	Hasil
		BOD = 847 mg/L COD = 1815 mg/L TSS = 246 mg/L	
4.	Studi Penurunan BOD dan Phospat pada Air Buangan Rumah Makan Dengan Teknologi Biofilm Anaerob-Aerob Menggunakan <i>Bioring</i> Susunan Random, 2013	Konfigurasi Reaktor Menggunakan reaktor biofilter anaerob dan aerob. Volume reaktor anaerob = 21 L, volume reaktor aerob = 13 L. Media <i>bioring</i> Waktu tinggal (menit) = 340, 680, 1360, 2266, 3400. Karakteristik Limbah BOD = 260,15 mg/L	Persen Penyisihan BOD = 85,25 % Phospat = 68,54 % Pada waktu tinggal 3400 menit