

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

2.1.1 Proses Soaking

Perendaman atau Soaking dilakukan pertama kali dengan memisahkan kulit menurut klasifikasinya. Kemudian, kulit ditimbang beratnya dan kulit dimasukkan dalam campuran air dan zat kimia lainnya.



Gambar 2.1 Limbah *Soaking* (Penelitian, 2022)

Perendaman dilakukan di dalam bejana panas dengan suhu berikisar antara 27°C – 30°C boleh lebih, Batasan suhu mempengaruhi proses yang terjadi pada kulit. Yakni karenanya kulit dapat mengalami dekomposisi pada suhu diatas 30 °C. Kulit diremas- remas selama kurang lebih 30 menit dan direndam selama 24 jam. Tanda-tanda kulit yang baik setelah perendaman yaitu, tidak terdapat bau busuk, kulit lemas secara merata, bulu tidak rontok dan beratnya naik menjadi 250% dari berat awal kulit. Untuk menjaga agar kulit tidak mengalami pembusukan yaitu dengan

membuat air rendaman tetap dingin dan membubuhkan bakterisida. (Anggreyni, 2015)

2.1.2 Karakteristik Limbah Cair Soaking Kulit Sapi

Industri penyamakan kulit adalah industri yang mengolah kulit mentah menjadi kulit jadi yang dalam pengerjaannya menggunakan air dengan jumlah yang besar (Nurwati, 2009). Limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan kulit dapat diperoleh dari proses pencucian kulit dimulai dari tahapan pre – treatment sebelum lanjut ke tahapan pengolahan utama penyamakan kulit (*Tanning*). Tahapan awal yakni *Fleshing* pembuangan daging, *Scudding* pembuangan bulu, *Soaking* perendaman, kemudian proses *Limming* pengapuran hingga *Deliming* pemucatan pada home industri penyamakan kulit.

Tujuan dari Proses Soaking ini adalah untuk melemaskan kulit terutama pada kulit yang kering hingga terjadi peresapan kedalam jaringan atau disebut rehidrasi, membuang darah, feses, zat lain yang tidak hilang pada 2 tahapan awal pre-treatment yakni pada proses *Fleshing* dan *Scudding*. Kemudian untuk membukakan tenunan kulit. Artinya, kulit disiapkan untuk dapat bereaksi dengan bahan kimia yang akan dibubuhkan dan yang terakhir adalah untuk membuang garam, karena garam dapat memberikan pengaruh kurang baik pada reaksi pada proses lebih lanjut.

Proses pre – treatment atau pembersihan bahan kulit yang berlangsung hingga proses *Tanning* dilakukan untuk menciptakan lingkungan yang menguntungkan bagi proses penyamakan. (Hasnat, et.al 2013) dimana limbah cair merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan. Kandungan $\text{NH}_3\text{-N}$ yang tinggi dan bahan organik yang rendah merupakan karakteristik utama limbah Penyamakan Kulit (Latifah, 2018).

Limbah cair industri penyamakan kulit yang berupa air penggaraman dan pengapuran darah, apkiran daging atau lemak, dan air cucianya, dapat bertindak sebagai media pertumbuhan dan perkembangan mikroba sehingga limbah tersebut mudah mengalami pembusukan. Timbulan bau dan warna limbah hasil *Soaking*

turut menyebabkan pencemaran air dalam hal ini jika tidak dilakukan treatment. Pada proses pembusukan yang terjadi di dalam air, mengakibatkan kandungan COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, dan TSS. Melebihi batas maksimum baku mutu air, Proses pengolahan aerob biasanya menghasilkan biomassa dalam jumlah besar (66%) dan menghasilkan air, gas, asam organik (34%). Beban pengolahan pada proses aerob lebih rendah. 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. (Rahayu Dwi et al., 2019).

Berikut merupakan Karakteristik Limbah Cair *Soaking* Kulit Sapi pada home industry penyamakan kulit dari analisis yang dilakukan di Laboratorium PDAM Surya Sembada, Surabaya dapat dilihat pada table 2.1

Parameter	Hasil Uji (mg/L)	Baku Mutu (mg/L) PERGUB JATIM NO. 52Th.2014
COD	1117	250
TSS	652	100
Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$)	57,4	0,5

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Cair *Soaking* Kulit Sapi (Pergub Jatim, No. 52 th. 2014)

Pada limbah cair penyamakan kulit terdapat berbagai macam senyawa-senyawa, baik berupa senyawa organik maupun senyawa non organik. Hal itu disebabkan pada proses penyamakan kulit terjadi beragam proses, dimulai dari proses sortasi, perendaman, pengapuran, pembuangan daging, pembuangan kapur, pengikisan protein, pembuangan lemak hingga pengasaman. Pada prosesnya menggunakan bahan kimia, maka dari itu limbah cair penyamakan kulit terdapat berbagai macam senyawa organik dan non organik. Secara umum limbah cair pencucian kulit mempunyai ciri- ciri sebagai berikut :

1. Warna coklat kehitaman
2. Kadang-kadang berbusa
3. Kandungan sulfida tinggi
4. Kandungan padatan tersuspensi yang tinggi
5. Kandungan bahan organik yang tinggi
6. pH yang bervariasi (3-12)
7. Mudah busuk

Sumber : (Hartanti, Sutanhaji, & Wirosoedarmo, 2014) dalam L.Putra (2019)

Dilihat dari asal beban pencemar, maka sumber dan sifat air Limbah Cair Soaking

Kulit Sapi dapat dibedakan pertahapan proses, adalah sebagai berikut :

- a. *Fleshing* pembuangan daging adalah proses pemisahan kulit sapi dari sisa- sisa daging *subcutis* dan lemak yang masih menempel pada kulit diseseti atau disayat sebagai bagian proses pemisahan. (AM Dzikron, 2014)
- b. *Scudding* atau *Unhairing* bertujuan menghilangkan sisa- sisa bulu beserta akarnya yang masih tertinggal pada kulit.
- c. Perendaman (*Soaking*) yang bertujuan mengembalikan kadar air kulit yang hilang selama proses pengawetan sehingga mendekati kadar air kulit segar. Hasil buangan berupa zat padat seperti pasir, kerikil, parasite, sisa darah, urin feses yang tidak hilang pada proses *Fleshing* dan *Scudding* dengan kandungan suspended solid 0,05-0,1 Volume limbah Soaking berkisar antara 2,5-4 l/kg kulit, pH 7,5-8, total solid 8.000- 28.000 mg/l, suspended solid 2.500-4.000 mg/l.
- d. Buangan Kapur (*Liming*) kapur yang masih tertinggal akan mengganggu proses penyamakan. Air limbah pengapuran berwarna putih kehijauan dan kotor, berbau menyengat, pH 9- 10, mengandung kalsium, natrium sulfat, albumin, bulu, sisa daging dan lemak, suspended solid 3,6 % (Kzozirowski dan Kucharski, 2007). Air limbah unhairing dan liming mengandung total solid

16.000-45.000 mg/l, suspended solid 4.500-6.500 mg/l, BOD 1.100-2.500 mg/l, pH 10-12,5.

- e. Air limbah Buangan Kapur (*deliming*) buangan kapur bertujuan untuk menurunkan pH air yang disebabkan oleh sisa kapur yang masih terdapat pada kulit. Proses buangan kapur menggunakan garam. Garam memudahkan proses pembuangan karena tidak ada pengendapan- pengendapan dan tidak terjadi pembengkakan kulit. Air limbah dari proses deliming mempunyai bahan polutan yang lebih kecil dibanding dengan unhairing dan limming. Air limbah ini mempunyai volume 700-800 l/ton kulit mentah, pH3-9, total solid 1.200-12.000 mg/l, suspended solid 200-1.200 mg/l dan BOD 1.000- 2.000 mg/l.
- f. Air limbah pengikisan protein (*Bating*) proses ini menggunakan bantuan enzim protease untuk melanjutkan pembuangan semua zat- zat yang belum terhilangkan dalam proses pengapuran seperti, sisa bulu dan akar, sisa lemak yang tak tersabunkan, sisa kapur yang masih tertinggal dan menghilangkan kepekaan kulit agar kulit tidak kontraksi. (Piranti A II, 2015) (Sri Yuniarti, 2018)

2.1.2 Parameter Pencemar yang akan Diturunkan dalam Penelitian

Parameter pencemar yang akan diturunkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar senyawa organik yang ada dalam air limbah dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Selisih nilai COD dan BOD menggambarkan besarnya bahan organik yang sulit terurai di perairan.

Nilai BOD tidak bisa lebih besar dari COD, namun nilai BOD bisa sama dengan COD (Metcalf & Eddy, 1991). Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 73 Tahun 2013 Lampiran V Baku Mutu Bagi Kegiatan Lain Kelas II, untuk kandungan COD adalah sebesar 300 mg/L.

2. TSS

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 daripada 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 (Fardiaz, 1992 dalam Liana, 2017). Menurut SNI 06-6989.3:2004 metode pengujian parameter TSS menggunakan gravimetri. Maksimum parameter TSS yang boleh dibuang ke badan air menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 Th 2013 adalah 30 mg/L.

3. Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$)

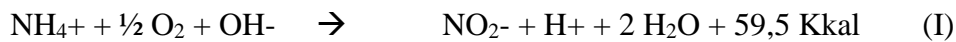
Amonia merupakan gas yang tak berwarna dan mudah larut dalam air (dengan membentuk larutan basa), amonia mudah bereaksi dengan air dan membentuk larutan amonium hidroksida. Adanya amonia didalam air erat hubungannya dengan siklus pada N (nitrogen) di alam ini. Amonia juga merupakan suatu zat yang menimbulkan bau yang sangat tajam sehingga kehadiran bahan ini dalam air adalah menyangkut perubahan fisik dari pada air tersebut yang akan mempengaruhi ekosistem di badan air (Simbolon, 2016).

Setiap amonia yang dibebaskan ke suatu lingkungan akan membentuk reaksi keseimbangan dengan ion amonium (NH_4^+). Amonium ini yang kemudian mengalami proses nitrifikasi membentuk nitrit dan nitrat (Munawar, 2011). Nitrifikasi adalah proses pengkonversian amonia menjadi nitrit oleh bakteri nitrosomonas dan kemudian menjadi nitrat oleh bakteri nitrobacter (Nusa & Muhammad, 2014).

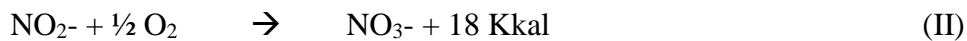
Proses nitrifikasi terjadi dalam dua tahap, yaitu tahap nitritasi dan tahap nitration, yaitu sebagai berikut :

Tahap nitritasi (amonia menjadi nitrit)

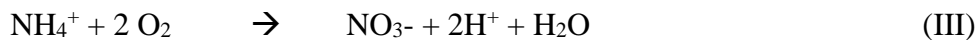
Nitrosomonas



Tahap nitration (nitrit menjadi nitrat)



Secara keseluruhan, proses nitrifikasi sebagai berikut :

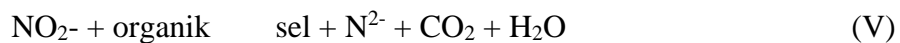


Sedangkan denitrifikasi adalah proses nitrat diubah menjadi nitrit dan kemudian gas nitrogen. Reaksi penguraian nitrit dan nitrat dapat dilihat sebagai berikut :

Pseudomonas



Pseudomonas



2.1.3 Dampak yang ditimbulkan

Secara umum masyarakat tidak berinisiatif untuk memanfaatkan limbah pencucian menjadi sesuatu yang bernilai jual, sehingga pengabaian terhadap limbah dapat memperburuk ekosistem lingkungan. Berikut dampak yang dapat ditimbulkan menurut (Hikmah & Mubarak, 2012)

- a. Dapat menyebabkan pencemaran di badan perairan yaitu sungai dan selokan, sekaligus mengganggu kesehatan yang tinggal disekitar area pembuangan limbah.
- b. Terjadinya krisis air bersih yang diakibatkan sungai tidak lagi jernih.
- c. Matinya biota perairan dikarenakan minyak pada limbah menghalangi sinar matahari yang masuk ke sungai sehingga tidak ada biota dan organisme penyeimbang yang bertahan hidup.

2.1.4 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi-Flokulasi adalah suatu proses pengolahan limbah untuk memisahkan suspended solid (SS) dan partikel koloid SS. SS merupakan produk mineral alam seperti tanah liat, lumpur berasal dari organik (penguraian tanaman atau hewan). Adapun koloid merupakan SS dengan ukuran lebih kecil, partikel ini tidak mengendap secara alami dan mempunyai diameter kurang dari $1\mu m$ serta penyebab terjadinya warna dan kekeruhan.

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid dan partikel tersuspensi dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (koagulan) akibat pengadukan cepat koloid dan partikel stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi ion positif dan ion negative yang dihasilkan dari penguraian koagulan sehingga membentuk gumpalan ikatan ion positif dan negative yang menyebabkan pembentukan inti flok. (Masduqi, 2012)

Sedangkan flokulasi didefinisikan sebagai proses penggabungan partikel - partikel yang tidak stabil setelah proses koagulasi melalui proses pengadukan (stirring) lambat sehingga terbentuk gumpalan atau flok yang dapat diendapkan atau disaring pada proses pengolahan selanjutnya.

Proses koagulasi-flokulasi terjadi pada unit pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Pada pengadukan cepat dibubuhkan koagulan, sedangkan pada bak pengaduk lambat terjadi pembentukan flok yang berukuran besar hingga mudah diendapkan (masduqi, 2012).

2.1.5 Koagulan (PAC)

Dalam pembentukan flok, perlu adanya penambahan koagulan berpengaruh seperti yang biasa digunakan dalam proses pemurnian air baku seperti Poly Aluminium Chloride (PAC).

PAC merupakan garam khusus pembuatan aluminium klorida yang mampu memberikan daya koagulasi dan flokulasi yang lebih kuat dari pada aluminium biasa. Kegunaan PAC adalah sebagai koagulan adalah sebagai berikut :

1. Korosivitas rendah dikarenakan PAC merupakan koagulan yang bebas sulfat sehingga aman dan mudah dalam penyimpanan dan transportasinya.
2. Koagulan yang digunakan membentuk logam hidroksida. Penggunaan koagulan aluminium sulfat menyebabkan pelepasan sebuah ion hydrogen untuk tiap gugus hydrogen yang dihasilkan. Hasil ion hydrogen menyebabkan turunnya pH yang cukup signifikan, jadi air yang diolah menjadi lebih asam. Pada penggunaan PAC sebagai koagulan, pH air hasil pengolahan tidak mengalami penurunan pH yang cukup tajam seperti pada penggunaan koagulan aluminium sulfat. (Indry, 2019)
3. Koagulan PAC termasuk jenis polimer organik, jika mekanisme flokulasi didominasi oleh jembatan polimer, efisiensi flokulasi biasa akan bertambah dengan penambahan berat molekul. Pemanfaatan senyawa molekular yang sangat besar akan menaikkan berat molekul dan akan menurunkan sifat pelarutan. Bahan kimia polimer sering dipakai sebagai koagulan/flokulan pembantu dalam proses Koagulasi-Flokulasi, polimer berfungsi membantu membentuk makroflok yang akan menahan abrasi setelah terjadi destabilisasi dan pembentukan mikroflok disebabkan oleh koagulan (Lofrano et.al, 2006).

2.1.6 Biofilter

Biofilter Biofilter (submerged filter) merupakan reaktor dengan prinsip mikroba tumbuh dan berkembang pada media filter dan membentuk lapisan biofilm (attached growth). Proses kerja pengolahan biofilter tercelup dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang sudah diisi media penyangga untuk mengembangbiakkan mikroorganisme.

Proses biologis dalam reaktor biofilter sebagian besar berhubungan dengan komposisi lapisan biofilm, yang menempel pada permukaan media. Proses pembentukan dan kolonisasi biofilm diawali dengan produksi mikrobiologi yang menempel pada permukaan media. Lapisan biofilm yang sudah sempurna akan

tersusun menjadi tiga lapisan kelompok bakteri, yaitu lapisan paling luar adalah sebagian besar berupa jamur, lapisan tengah adalah jamur dan algae, dan lapisan paling dalam adalah bakteri, jamur dan algae (Metcalf & Eddy, 2004).

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter tercelup dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya diisi dengan media penyangga untuk mengembangbiakkan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Untuk proses anaerobik dilakukan tanpa pemberian udara atau oksigen. Posisi media biofilter tercelup dibawah permukaan air (Said, 2017). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Zahra et al., 2019) Variabel control pada proses biofiltrasi berada pada Temperatur (suhu) Suhu air limbah yang optimum untuk pengolahan biofilm sekitar 25- 38°C. Variabel kontrol merupakan variabel yang mampu dikendalikan untuk mengetahui hubungan variabel bebas dengan variabel terikat tidak terpengaruh oleh faktor luar yang tidak di teliti.

Di dalam lapisan biofilm terdapat empat zona atau lapisan yang menggambarkan kondisi reaksi redoks yang ada di dalam biofilm, yaitu zona aerobik, zona mikro-aerofilik (micro-aerophilic), zona fakultatif anaerobik serta zona anaerobik. Lapisan yang paling luar adalah zona aerobik dimana terjadi reaksi oksidasi heterotropik terhadap zat organik, reaksi nitrifikasi dan oksidasi sulfida.

Dibawah lapisan aerobik terdapat lapisan atau zona mikro-aerofilik dimana terjadi reaksi dinitrifikasi dan reaksi fermentasi zat organik. Di bawah lapisan mikro- aerofilik terdapat zona atau lapisan fakultatif anaerobik dimana di dalam zona tersebut terjadi reaksi reduksi sulfat dan reaksi fermentasi zat organik. Lapisan paling bawah yang berbatasan dengan media penyangga adalah zona anaerobik dimana terjadi reaksi fermentasi zat organik dan reaksi metanogenesis (Said, 2017).

Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah, misalnya senyawa organik (BOD dan COD), ammonia, fosfor dan lainnya, akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam

lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa (Said,2017)

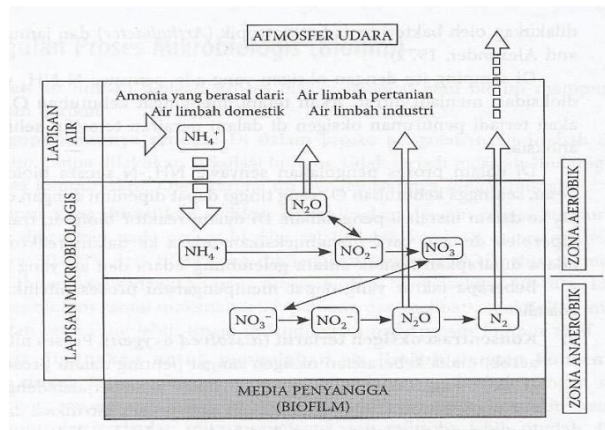
Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerobik, sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada lapisan anaerobik akan terbentuk gas H_2S , dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar, maka gas H_2S akan diubah menjadi sulfat (SO_4) oleh bakteri sulfat yang ada dalam biofilm. (Pedoman Air Limbah DKI)

2.1.7 Bofilter Aerob

Proses aerob merupakan proses biologis yang menggunakan O_2 , perlunya penambahan aerasi sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Proses aerob biasanya menghasilkan biomassa dalam jumlah besar (66%) dan menghasilkan air, gas, asam organik (34%). (Sutapa DAI, 199 dan Ariani 2010) 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.

Pada proses biofiltrasi senyawa ammonia akan diubah menjadi nitrit, kemudian senyawa nitrit akan diubah menjadi nitrat. Mekanisme proses penguraian senyawa amonia yang terjadi pada lapisan biofilm secara sederhana diilustrasikan pada gambar 2.2



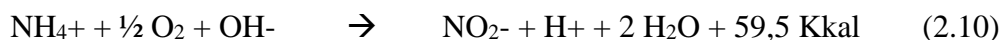
Gambar 2.2 Mekanisme Penguraian Amonia dalam Biofilm (Said,2017)

Lapisan terluar media penyangga adalah lapisan tipis zona aerobik, senyawa amonia dioksidasi dan diubah ke dalam bentuk nitrit. Sebagian senyawa nitrit ada yang diubah menjadi gas dinitrogen oksida (N_2O) dan ada yang diubah menjadi nitrat. Proses yang terjadi tersebut dinamakan dengan proses nitrifikasi (Said, 2017).

Berdasarkan Gardy & Lim (1980) dalam Said (2017) proses nitrifikasi merupakan konversi nitrogen ammonium (NH_4-N) menjadi nitrit (NO_2-N) yang kemudian menjadi nitrat (NO_3-N) yang dilakukan oleh bakteri autotropik dan heterotropik. Proses nitrifikasi ini dapat dilihat dalam dua tahap yaitu nitritasi dan nittrasi.

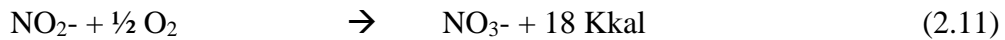
Tahap nittrasi merupakan tahap oksidasi ion ammonium (NH_4^+) menjadi ion nitrit (NO_2^-) yang dilaksanakan oleh bakteri nitrosomonas menurut reaksi berikut :

Nitrosomonas



Reaksi ini memerlukan 3,43 gr O₂ untuk mengoksidasi 1 gr nitrogen menjadi nitrit. Tahap kedua nitrasi merupakan tahap oksidasi ion nitrit menjadi ion nitrat (NO₃⁻) yang dilaksanakan oleh bakteri nitrobacter menurut reaksi berikut :

Nitrobacter



Reaksi ini memerlukan 1,14 gr O₂ untuk mengoksidasi 1 gr nitrogen menjadi nitrat. Secara keseluruhan proses nitrifikasi dapat dilihat pada persamaan berikut :

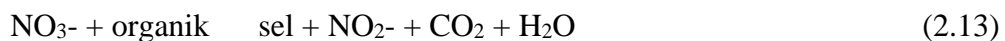


Semakin lama, lapisan biofilm yang tumbuh pada media penyangga tersebut semakin tebal sehingga menyebabkan oksigen tidak dapat masuk ke dalam lapisan biofilm yang mengakibatkan terbentuknya zona anaerobik.

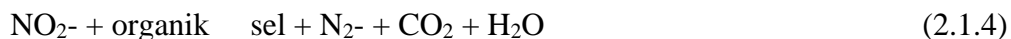
Pada zona anaerobik ini, senyawa nitrat yang terbentuk diubah kedalam bentuk nitrit yang kemudian dilepaskan menjadi gas nitrogen (N₂). Proses demikian disebut proses denitrifikasi (Said, 2017).

Berikut adalah reaksi yang terjadi pada proses denitrifikasi (Sperling, 2007) :

Pseudomonas



Pseudomonas



Proses nitrifikasi dapat berlangsung jika terdapat mikroorganisme, dimana mikroorganisme ini juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti beberapa parameter kualitas air. Menurut Effendi (2003), bahwa proses nitrifikasi dipengaruhi oleh kadar oksigen terlarut, pH, bahan organik, dan suhu, sedangkan menurut Ripple (2003) selain suhu, pH dan kelarutan oksigen, proses nitrifikasi juga dipengaruhi oleh kadar BOD serta kehadiran zat beracun.

Denitrifikasi merupakan proses dimana nitrat dan nitrit dipecah menjadi gas N₂. Denitrifikasi dilakukan oleh mikroorganisme anaerob fakultatif yang menggunakan nitrat sebagai pengganti oksigen dalam respirasinya. Dimana NO₃⁻

(nitrat) dipecah menjadi 2NO_2^- (nitrit), kemudian 2NO_2^- direduksi menjadi N_2 . Pada beberapa kelompok mikroorganisme denitrifikasi, ditemukan senyawa nitrogen oksida (NO) sebagai hasil sampingan metabolisme. Contoh mikroorganisme yang mampu melakukan metabolisme ini adalah pseudomonas, paracoccus, bacillus, dan lain sebagainya. Proses denitrifikasi merupakan salah satu dari rangkaian siklus nitrogen yang berperan dalam mengembalikan senyawa nitrat yang terakumulasi untuk kembali dimanfaatkan dalam bentuk nitrogen bebas. (Mukti Arif, 2020) Sementara itu, reaksi denitrifikasi ini juga menghasilkan nitrogen dalam bentuk lain, seperti dinitrogen oksida (N_2O). Senyawa tersebut selain dapat berperan penting bagi hidup organisme, tetapi juga dapat menimbulkan fenomena hujan asam serta rusaknya ozon. Senyawa N_2O akan di oksidasi menjadi senyawa NO dan selanjutnya bereaksi dengan ozon (O_3) membentuk NO_2^- yang akan Kembali ke bumi dalam bentuk hujan asam (HNO_2). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses nitrifikasi dalam pengolahan air dapat dilihat pada tabel 2.2

Parameter	Keterangan
Dissolve Oxygen (DO)	Nitrifikasi mengkonsumsi oksigen dalam jumlah yang besar. Bakteri nitrifikasi membutuhkan 4,6 g O_2 untuk mengoksidasi 1 mg amonia. Untuk dapat bekerja bakteri nitrifikasi membutuhkan DO minimal 2 mg/L.
Kandungan BOD	Bakteri nitrifikasi akan kalah berkompetisi dengan bakteri heterotrof dalam perebutan DO dan nutrien. Oleh karenanya agar proses nitrifikasi dapat mengambil alih, maka BOD terlarut harus dikurangi hingga nilainya turun menjadi 20-30 mg/L untuk mengurangi kompetisi tersebut.
pH	pH ideal untuk bakteri nitrifikasi adalah 7.5 – 8.5, tetapi bakteri masih dapat beradaptasi pada pH diluar kisaran.
Suhu	20 – 35°C, proses nitrifikasi akan melambat drastis pada suhu dibawah 5°C.

Rentan terhadap toksin	Bakteri nitrifikasi sensitif terhadap pencemar (ex: logam berat). Bakteri nitrifikasi menjadi yang pertama mati jika ada pencemaran.
------------------------	---

Tabel 2.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi proses nitrifikasi dalam pengolahan air (Yuniasari 2009)

2.1.8 Media Biofilter

Media biofilter termasuk hal yang penting, karena sebagai tempat tumbuh dan menempel mikroorganisme, juga untuk mendapatkan unsur-unsur kehidupan yang dibutuhkannya seperti nutrisi dan oksigen. Salah satu kunci penting untuk mendapatkan efluen yang maksimal adalah menggunakan media yang tepat. Media yang digunakan bisa berupa plastik (polivinil klorida), kerikil dan pecahan batu, gambut, kompos, arang aktif, sabut kelapa, humus dan tanah (Nurchayani, 2006 dalam Mochtar, dkk 2012)

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan anorganik. Untuk media biofilter dari bahan organik misalnya dalam bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (random packing), bentuk paparan (plate) dan bentuk sarang tawon. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah, kerikil, batu marmer dan batu tembikar. Proses pengolahan dengan biofilter dilakukan pengkondisian limbah terlebih dahulu dimana sampai efluen yang berasal dari proses pengolahan mengalami kondisi tunak (steady state) dengan efisiensi penyisihan relatif konstan dengan toleransi 10%.

Valentis dan Lasavre (1990) dalam Herlambang (2002) menyatakan bahwa dalam memilih media biofilter ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi antara lain :

- a. Prinsip-prinsip yang mengatur pelekatan (adhesi) bakteri pada permukaan media dan pembentukan biofilm.
- b. Parameter yang mengendalikan pengolahan limbah.

- c. Sifat-sifat yang harus dipenuhi oleh paket media biofilter dalam reaktor biologi pada lingkungan spesifik dan sesuai dengan teknik aplikasinya.

Biasanya untuk media biofilter dari bahan anorganik, semakin kecil diameternya luas permukaannya semakin besar, sehingga jumlah mikroorganisme yang dapat dibiakkan juga menjadi besar pula, tetapi volume rongga menjadi lebih kecil. Jika sistem aliran dilakukan dari atas ke bawah (downflow) maka sedikit banyak terjadi efek filtrasi sehingga terjadi proses penumpukan lumpur organik pada bagian atas media yang dapat mengakibatkan penyumbatan. Oleh karena itu perlu proses pencucian secukupnya.

Jika terjadi penyumbatan maka dapat terjadi aliran singkat (short pass) dan juga terjadi penurunan jumlah aliran sehingga kapasitas pengolahan dapat menurun secara drastis. Untuk media dari bahan organik banyak dibuat dengan cara dicetak dari bahan tahan karat dan ringan misalnya PVC dan lainnya, dengan luas permukaan spesifik yang besar dan volume rongga (porositas) yang besar, sehingga dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar dengan resiko kebuntuan yang sangat kecil. Hal ini memungkinkan pengolahan air limbah dengan beban konsentrasi tinggi serta efisiensi pengolahan yang cukup besar (Said,2017). Perbandingan luas permukaan spesifik berbagai media biofilter dapat dilihat pada tabel 2.3.

Jenis Media	Luas Permukaan Spesifik (m²/m³)
Trickling Filter dengan batu pecah	100-200
Modul Sarang Tawon	150-240
Tipe Jaring	50
RBC	80-150
Bio-Ball (random)	200-240

Tabel 2.3 Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter (Said, 2017)

a. Bioball



Gambar 2.1 Media Bioball

Media filter merupakan media yang digunakan sebagai media tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme. Salah satu jenis media filter yang sering digunakan adalah media bioball. Media bioball mempunyai keunggulan yaitu mempunyai luas spesifik yang cukup besar dibandingkan dengan jenis media biofilter lainnya, yaitu sebesar 200-240 m²/m³, pemasangannya mudah (random), sehingga untuk paket instalasi kecil sangat sesuai. Selain itu, media bioball juga mudah dicuci ulang, ringan, mudah didapatkan dan harga per unit luas permukaannya murah, sehingga memenuhi kriteria pemilihan biofilter (Said, 2005).

2.1.9 Pengaruh Aerasi Terhadap Proses Aerob

Proses aerob merupakan proses biologis yang menggunakan O_2 , perlunya penambahan aerasi sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Proses aerob biasanya menghasilkan biomassa dalam jumlah besar (66%) dan menghasilkan air, gas, asam organik (34%). Dari hal tersebut dapat dinyatakan bahwa penambahan oksigen dalam proses aerasi sangatlah penting. (Ariani, 2010)

Penambahan oksigen pada proses biofilter aerob harus sesuai dengan porsinya, karena ketika penambahan oksigen yang berlebihan akan membuat turbulensi air juga besar sehingga berkemungkinan terjadinya pengelupasan mikroorganisme pada media biofilter. (Rachmawan, 2021)

Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrien yang ada pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Kelarutan oksigen dalam air dapat dipengaruhi oleh suhu, tekanan parsial gas-gas yang ada di udara maupun yang ada di air, salinitas serta persenyawaan unsur-unsur mudah teroksidasi di dalam air. Kelarutan tersebut akan menurun apabila suhu dan salinitas meningkat, oksigen terlarut dalam suatu perairan juga akan menurun akibat pembusukan- pembusukan dan respirasi dari hewan dan tumbuhan yang kemudian diikuti dengan meningkatnya CO_2 bebas serta menurunnya pH (Rosariawari, 2016).

Keberhasilan proses aerasi tergantung pada besarnya nilai suhu, kejenuhan oksigen, karakteristik air dan turbulensi air. Fungsi utama aerasi dalam pengolahan air adalah melarutkan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air, dalam campuran tersuspensi lumpur aktif dalam bioreaktor dan melepaskan kandungan gas-gas yang terlarut dalam air, serta membantu pengadukan air.

2.1.10 Faktor yang mempengaruhi Proses Aerob

- pH

Nilai keasaman atau pH merupakan faktor kunci bagi pertumbuhan mikroorganisme. Beberapa bakteri dapat hidup pada pH diatas 9,5 dan di

bawah 4,0. Secara umum pH optimum bagi pertumbuhan mikroorganisme adalah sekitar 6,5 - 7,5.

- Suhu

Temperatur tidak hanya mempengaruhi aktivitas metabolisme dari populasi mikroorganisme, tetapi juga mempengaruhi beberapa faktor seperti kecepatan transfer gas dan karakteristik pengendapan lumpur. Temperatur optimum untuk mikroorganisme dalam proses aerob tidak berbeda dengan proses anaerob.

- Waktu Tinggal Hidrolis (WTH)

Waktu Tinggal Hidrolis (WTH) adalah waktu perjalanan air limbah di dalam reaktor, atau lamanya proses pengolahan air limbah tersebut. Semakin lama waktu tinggal, maka penghilangan atau penyisihan senyawa polutan yang terjadi akan semakin besar. Sedangkan waktu tinggal pada reaktor aerob sangat bervariasi dari 1 jam hingga beberapa hari.

2.1.11 Seeding dan Aklimatisasi

Seeding atau pembiakan mikroba dilakukan secara alami, yaitu dengan mengalirkan air limbah secara kontinu ke dalam reaktor. Karena limbah yang digunakan sudah mengandung sumber karbon yang cukup untuk keperluan mikroorganisme agar dapat hidup serta mikroorganisme yang terkandung pada air limbah tersebut telah terbiasa dengan adanya senyawa-senyawa pencemar.

Dengan demikian proses pembiakan tidak perlu memakan waktu lama, namun sumber karbon tetap dijaga dengan cara menambahkan nutrisi pada proses seeding tersebut. Pertumbuhan biofilm diamati selama 14 hari dengan debit air limbah yang dialirkan sebesar 200 ml/menit secara kontinu. 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. Proses seeding dianggap berhasil dengan terlihatnya permukaan media berubah menjadi agak licin dan berlendir jika dipegang.

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 untuk mendapatkan suatu kultur yang bagus dan mikroorganisme yang mampu beradaptasi dengan air limbah. Pada proses aklimatisasi yang merupakan pengadaptasian mikroorganisme terhadap air limbah yang akan diolah. Proses aklimatisasi berjalan seperti proses seeding, yaitu dengan mengalirkan air limbah secara kontinyu dengan sistem persentase perbandingan pengenceran air limbah. Persentase perbandingan air pengencer dan air limbah pada tahap pertama 80%:20%, tahap kedua 60%:40%, tahap ketiga 40%:60%, tahap keempat 20%:80%, dan kelima 100% air limbah. Proses ini dilakukan selama 5 hari dengan pengecekan kadar COD pada effluent (Aisyah & Yayok, 2016). Satu tahapan proses aklimatisasi dianggap berhasil yaitu diindikasikan dengan semakin meningkatnya efisiensi penghilangan COD, proses aklimatisasi dikatakan selesai apabila efisiensi penghilangan COD sudah mencapai 90% (Aisyah & Yayok, 2016).

2.1.12 Baku Mutu Limbah Penyamakan

Air limbah yang dihasilkan oleh proses industri memiliki beberapa indikator yang perlu diuji kadarnya. Menurut surat Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau kegiatan industri lainnya di Jawa Timur dapat dilihat pada table 2.4.

Parameter	Baku Mutu Limbah Penyamakan Kulit	Satuan
COD	250	Mg/L
Total N (NH ₃ -N)	10	Mg/L
TSS	100	Mg/L

Tabel 2.4 Baku Mutu Limbah Cair Penyamakan Kulit Pergub Jatim No. 52 tahun 2019 (Pergub Jatim No. 52 tahun 2019)

2.2 Landasan Teori

Penelitian ini menggunakan proses Aerobik Biofilter sebagai pengolahan utama Limbah Cair *Soaking* Kulit Sapi. Media yang digunakan untuk tempat pertumbuhan mikroorganisme adalah *Bioball* dengan bentuk Bola. Kandungan Kadar COD, TSS, dan NH₃-N dan pada limbah cair soaking kulit sapi akan diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh mikroorganisme. Terdapat 2 macam system yang digunakan dalam proses aerobik biofilter yaitu system batch dan kontinyu. Variable bebas pada system batch yakni variasi ruang media dengan jumlah bioball berdasarkan porositas yakni di 20%, 40% dan 60 % bioball dan dengan waktu tinggal di 12, 24, 36, 48 dan 60 jam. Hasil penelitian terbaik dari variasi pada system batch akan dilanjutkan dengan proses kontinyu dengan waktu sampling 3, 6, 9, 12 dan 15 jam.

2.3 Hipotesa

Peneliti akan meneliti apakah biofilter aerob mampu menurunkan COD, TSS, NH₃-N pada Limbah Cair *Soaking* Kulit Sapi dengan konsentrasi zat organik yang tinggi berdasarkan variasi volume isian media dan waktu tinggal. Maka, hipotesis pada penelitian ini adalah :

H₀ = Tidak terjadi penurunan kadar COD, TSS, NH₃-N Limbah Cair *Soaking* Kulit Sapi pada proses biofiltrasi Aerob menggunakan media bioball dengan Variasi volume isian ruang media dan waktu tinggal(td).

H1 = Terjadi penurunan kadar COD, TSS, NH_3 - Limbah Cair *Soaking* Kulit Sapi pada proses biofiltrasi Aerob menggunakan media bioball dengan variasi volume isian media dan waktu tinggal.

Pada penelitian ini ditandai dengan menempelnya biofilm pada media Bioball. Dengan proses Biofiltrasi Aerob ini akan diketahui efisiensi penyisihan COD, TSS dan $\text{NH}_3\text{-N}$ yang prosesnya bergantung pada kinerja mikroorganisme yang akan menempel pada permukaan media Bioball.

2.4 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul Penelitian
1.	Mukti Arif Wibowo dan Ir.Tuhu Agung R, MT (2021)	Kombinasi Tangki Aerasi dan Uoflow Biofilter dalam mendegradasi Bahan Organik Limbah Cair Industri Tempe
2.	Aditya Rachmawan dan Ir.Tuhu Agung R, MT (2020)	Kombinasi Mikroorganisme Pertumbuhan Melekat dan Tersuspensi pada Aerobik Biofilter.
3.	Safiyah Dzikra M dan Ir. Yayok Suryo P., MS (2020)	Penurunan Kadar detergent (LAS) dan Fosfat pada Limbah Laundry dengan Metode Biofilter Kombinasi Aerob – Anaerob dan Anaerob- Aerob
4.	Mochtar Hadiwidodo, dkk 2012	Pengolahan Air Lindi Dengan Proses Kombinasi Biofilter Anaerob- Aerob Dan Wetland
5.	Wuri Ariani dkk, (2014)	Penurunan COD dan TSS Pada Limbah Cair Rumah Makan dengan Teknologi Biofilm Anaerob-Aerob
6.	Ratnawati dan Al Kholif, (2018)	Aplikasi Media Batu Apung Pada Biofilter Anaerobik Untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Ayam
7.	Wing Maulana Jaya, (2020)	Pengolahan Limbah Domestik Dengan Anaerobic Biofilter

8.	Aufa dan Supriyadin (2015)	Analisis Penurunan COD Pada Air Limbah Non Toksik Rumah Sakit X Menggunakan Biofilter Aerobik
9.	Dwi Rahayu dan Yayok Suryo P., MS (2019)	Penurunan Kadar COD, TSS, dan NH ₃ -N Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan dengan Proses Biofilter Aerob-Anaerob Menggunakan Media Bioball

Penggunaan pengolahan Limbah Cair *Soaking* Kulit Sapi dengan menggunakan biofilter aerob ini dilandasi oleh beberapa penelitian sebelumnya, sebagai acuan dilakukannya penelitian ini diperlukan literatur-literatur pendukung. Berikut :

1. Penelitian yang dilakukan oleh (Mukti Arif Wibowo dan Ir. Tuhu Agung R, MT 2021) mengenai Kombinasi Tangki Aerasi dan Uoflow Biofilter dalam mendegradasi Bahan Organik Limbah Cair Industri Tempe, diperoleh hasil terbaik yaitu BOD akhir sebesar 111 mg/l, TSS akhir sebesar 312mg/l, dan TDS 276 mg/l. efektifitas kinerja reaktor meningkat seiring dengan lamanya waktu kontak air limbah dengan media sehingga proses degradasi beban pencemar semakin baik.
2. Penelitian yang dilakukan oleh (Aditya Rachmawan dan Ir.Tuhu Agung R, MT 2020). Diperoleh hasil terbaik yaitu Kombinasi Mikroorganisme Pertumbuhan Melekat dan Tersuspensi pada Aerobik Biofilter. Diperoleh hasil terbaik yaitu waktu kontak yang paling optimal menyisihkan BOD, COD, dan TSS adalah 60 jam, dengan penyisihan BOD sebesar 88,67%, COD sebesar 89,20% dan 31,48%.
3. Penelitian yang dilakukan oleh (Safiyyah Dzikra M dan Ir. Yayok Suryo P., MS 2020) yaitu Penurunan Kadar detergent (LAS) dan Fosfat pada Limbah Laundry dengan Metode Biofilter Kombinasi Aerob – Anaerob dan Anaerob-

Aerob Penurunan kadar Detergen (LAS) sebesar 97,08% dan Fosfat sebesar 85,39%, dan pada biofilter kombinasi anaerob-aerob dapat menurunkan kadar Detergen(LAS) sebesar 97,19% dan Fosfat sebesar 82,51% dengan 2 sistem yaitu Batch dan Kontinyu.

4. Penelitian yang dilakukan oleh (Mukti Arif Wibowo dan Ir. Tuhu Agung R, MT 2021) mengenai Kombinasi Tangki Aerasi dan Uoflow Biofilter dalam mendegradasi Bahan Organik Limbah Cair Industri Tempe, diperoleh hasil terbaik yaitu BOD akhir sebesar 111 mg/l, TSS akhir sebesar 312mg/l, dan TDS 276 mg/l. efektifitas kinerja reaktor meningkat seiring dengan lamanya waktu kontak air limbah dengan media sehingga proses degradasi beban pencemar semakin baik.
5. Penelitian yang dilakukan oleh (Aditya Rachmawan dan Ir.Tuhu Agung R, MT 2020). Diperoleh hasil terbaik yaitu Kombinasi Mikroorganisme Pertumbuhan Melekat dan Tersuspensi pada Aerobik Biofilter. Diperoleh hasil terbaik yaitu waktu kontak yang paling optimal menyisihkan BOD, COD, dan TSS adalah 60 jam, dengan penyisihan BOD sebesar 88,67%, COD sebesar 89,20% dan 31,48%.
6. Penelitian yang dilakukan oleh (Safiyyah Dzikra M dan Ir. Yayok Suryo P., MS 2020) yaitu Penurunan Kadar detergent (LAS) dan Fosfat pada Limbah Laundry dengan Metode Biofilter Kombinasi Aerob – Anaerob dan Anaerob-Aerob Penurunan kadar Detergen (LAS) sebesar 97,08% dan Fosfat sebesar 85,39%, dan pada biofilter kombinasi anaerob-aerob dapat menurunkan kadar Detergen(LAS) sebesar 97,19% dan Fosfat sebesar 82,51% dengan 2 sistem yaitu Batch dan Kontinyu.
7. Penelitian yang dilakukan oleh (Wing Maulana Jaya, 2020) yaitu Pengolahan Limbah Domestik Dengan Anaerobic Biofilter dengan hasil Penelitian didapatkan hasil optimal untuk efisiensi penyisihan COD sebesar 92,7% pada waktu tinggal ke-25 hari dengan % resirkulasi 100%.

8. Penelitian yang dilakukan oleh (Aufa dan Supriyadin 2015) yaitu Analisis Penurunan COD pada Air Limbah Non Toksik Rumah Sakit X Menggunakan Biofilter Aerobik dengan hasil penelitian Efisiensi penurunan COD paling baik didapatkan bahwa biofilter aerobik dengan variasi bioball dengan 2 stage merupakan jenis media dan jumlah stage terbaik dalam mmenurunkan kandungan COD pada air limbah non toksik rumah sakit.
9. Penelitian yang dilakukan oleh (Dwi Rahayu 2019) yaitu Penurunan Kadar COD, TSS, dan NH₃-N Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan dengan Proses Biofilter Aerob-Anaerob Menggunakan Media Bioball. Pengolahan air limbah RPH dengan menggunakan biofilter anaerob-aerob dapat menurunkan kadar COD sebesar 90,12%, TSS sebesar 83,76%, dan NH₃-N sebesar 97,33% dengan variasi debit aliran dan debit udara.