



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Limbah

Banyaknya jumlah industri dan peningkatan pesat jumlah penduduk di kota-kota besar pada umumnya membawa dampak negatif bagi lingkungan sekitar, yaitu limbah yang dihasilkan dari aktivitas industri dan masyarakat setempat. Dengan demikian semakin banyaklah masalah pencemaran yang sulit ditanggulangi sebagai akibat dari meningkatnya jumlah limbah cair yang masuk ke badan air tanpa pengolahan yang sesuai dengan standar lingkungan.

Berdasarkan bentuknya limbah dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu limbah padat, cair dan gas. Berdasarkan sumbernya limbah dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu limbah domestik (rumah tangga), limbah industri dan limbah dari bidang institusional (hotel, pasar, restaurant, rumah sakit, perkantoran). Selama bertahun-tahun berbagai metode telah banyak dikembangkan. Pada kebanyakan situasi, umumnya menggunakan kombinasi atau urutan dari beberapa metode yang telah dikembangkan sebelumnya. Digunakannya suatu urutan metode tertentu sangat bergantung pada kualitas bahan baku serta kualitas hasil olahan yang diinginkan. Pada prinsipnya metode proses pengolahan limbah dapat diklasifikasi dalam tiga jenis proses, yaitu proses fisika, proses kimia dan proses biologi. (Rahardjo,2021)

II.1.1 Limbah Cair

Penyediaan air bersih sangat dibutuhkan untuk kelangsungan hidup dan aktivitas manusia. Sumber daya air memberikan makanan melalui kehidupan air dan irigasi untuk produksi pertanian. Meskipun, buangan liquid dan solid dihasilkan dari aktivitas manusia dan industri.

Sumber daya air semakin langka dengan bertambahnya populasi dunia menyebabkan akses mendapatkan air bersih menjadi suatu tantangan. Limbah cair yang terkontaminasi bisa dibersihkan sebelum dibuang ke ekosistem. Polusi utama dalam limbah cair meliputi nitrogen(N), sebagian ammonia-N(NH₃-N),

biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD). (Mondal, 2017)

Limbah cair merupakan limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri yang dibuang ke lingkungan dan diduga menurunkan kualitas lingkungan. Sehingga, setiap industri harus melakukan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Pengolahan limbah juga harus menyesuaikan kandungan limbahnya, apakah bahan kimia atau senyawa organik. Pengolahan limbah cair dengan polutan senyawa organik, umumnya memanfaatkan mikroorganisme sebagai zat pengurai. Proses pengolahan air limbah dengan aktivitas mikroorganisme biasa disebut dengan proses biologis. Mikroorganisme menguraikan limbah organik menjadi senyawa organik sederhana dengan mengkonversinya menjadi bentuk gas karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), hidrogen (H_2) dan hidrogen sulfide (H_2S), serta air (H_2O) maupun energi yang diperuntukkan bagi proses pertumbuhan dan reproduksinya (Sumada, 2020)



Gambar 1. Limbah cair

Untuk mengolah air yang mengandung senyawa organik umumnya menggunakan teknologi pengolahan air limbah secara biologis atau gabungan antara proses biologis dengan proses kimia-fisika. Proses secara biologis tersebut dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan



Laporan Penelitian
“Pengolahan Limbah Cair Industri *Cold Storage* secara Biologi
Aerob dengan Modifikasi Metode Teknologi Kontak-Stabilisasi”

air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi. Pengolahan air limbah secara biologis aerobik secara garis besar dapat dibagi menjadi 3 (tiga), yakni:

1. Proses biologis dengan biakkan tersuspensi (*suspended culture*), proses ini merupakan sistem pengolahan limbah dengan menggunakan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang dibiakkan secara tersuspensi dalam suatu reaktor. Adapun contoh proses pengolahan dengan sistem ini antara lain proses lumpur aktif standar/konvensional (*standard activated sludge*).
2. Proses biologis dengan biakkan melekat (*attached culture*), proses ini merupakan sistem pengolahan limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media. Adapun contoh teknologi pengolahan air limbah dengan cara ini antara lain *trickling filter* atau *biofilter*, *rotating biological contractor (RBC)*, *contact aeration/oxidation* (*aerasi kontak*) dan lainnya.
3. Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan *lagoon* atau kolam adalah dengan menampung air limbah pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama sehingga dengan aktivitas mikroorganisme yang tumbuh secara alami, polutan yang ada dalam air akan terurai. Salah satu contoh proses pengolahan air limbah dengan cara ini adalah kolam aerasi atau kolam stabilisasi (*stabilization pond*). (Karim, 2017)

Tabel II.1 Standar Baku Mutu Air Limbah pada Industri

Parameter	Kadar	Satuan
Temperatur	25-30	°C
pH	6-9	-
BOD	100	Mg/L
COD	200	Mg/L

(Kementerian Lingkungan Hidup, 2014)



II.1.2 Limbah Padat

Menurut UU Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, limbah padat didefinisikan sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sedangkan berdasarkan SNI 19-2454-1991 yang telah diperbaharui dalam SNI 19-2454-2002 tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkantoran, limbah padat adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari atas bahan organik dan bahan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan.

Limbah padat yang dihasilkan dibedakan berdasarkan persentase (%) berat atau volume dari limbah padat tersebut. Jenis limbah padat ada 2 yaitu:

1. Limbah padat basah

Limbah padat basah merupakan limbah padat yang berbentuk bahan-bahan organik yang mudah terurai oleh mikroorganisme. Proses penguraian akan terjadi bila limbah padat dibiarkan dalam keadaan basah dan pada temperature optimum sekitar 20°-30°C. pada umumnya limbah padat basah dimanfaatkan sebagai kompos. Contoh dari limbah padat basah yaitu sisa makanan, sayuran, kulit buah lunak dan daun

2. Limbah padat kering

Limbah padat kering merupakan limbah padat yang berbentuk bahan organik dan anorganik. Pada umumnya limbah padat kering tidak cepat terurai mikroorganisme sehingga sulit mengalami pembusukan. Limbah padat kering anorganik dapat dimanfaatkan kembali menjadi produk lain yang bermanfaat. Contoh dari limbah padat kering, yaitu kertas, plastic, wadah pembungkus makanan atau minuman, kaleng, kayu, logam dan gelas atau kaca. (Anggraeni, 2012)

II.2 Parameter Kualitas Air Limbah

Parameter untuk mengetahui kualitas dari air limbah itu sendiri terdiri dari analisis pH, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), amonia (NH₃), minyak dan lemak, serta



Laporan Penelitian “Pengolahan Limbah Cair Industri *Cold Storage* secara Biologi Aerob dengan Modifikasi Metode Teknologi Kontak-Stabilisasi”

total coliform. Parameter yang digunakan ini merupakan parameter yang umumnya menjadi acuan untuk melihat kualitas limbah domestik yang telah diolah melalui IPAL yaitu baik atau tidaknya untuk dibuang ke lingkungan yang biasanya berupa sungai.

1. pH

Potential Hydrogen (pH) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut. Hal ini bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pHnya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional. Nilai pH merupakan ukuran untuk konsentrasi ion hidrogen dalam larutan akuatik. Nilai pH menentukan sifat dari suatu larutan yaitu bersifat basa, netral atau basa. Jika pH 1 sangat asam, pH 7 netral, dan pH 14 sangat basa. Nilai pH dapat ditentukan dengan elektrometri atau dengan indikator warna. (Sulistia, 2019)

2. COD

COD atau Chemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat, sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai, akan teroksidasi. (Atima, 2015). Chemical Oxygen Demand (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen ($mg\ O_2$) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.



Laporan Penelitian “Pengolahan Limbah Cair Industri *Cold Storage* secara Biologi Aerob dengan Modifikasi Metode Teknologi Kontak-Stabilisasi”

3. BOD

Biological Oxygen Demand (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri (aerobik) untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Parameter BOD adalah parameter yang paling banyak digunakan dalam pengujian air limbah dan air permukaan. Penentuan ini melibatkan pengukuran oksigen terlarut yang digunakan oleh mikro-organisme untuk menguraikan bahan-bahan organik.

4. TSS

Total Suspended Solids (TSS) merupakan material yang halus di dalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga yang dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas filter ukuran 0.042 mm. Nilai konsentrasi TSS yang tinggi dapat menurunkan aktivitas fotosintesa dan penambahan panas di permukaan air sehingga oksigen yang dilepaskan tumbuhan air menjadi berkurang dan mengakibatkan ikan-ikan menjadi mati.

5. Nitrogen dan Ammonia

Nitrogen dalam air pada umumnya terdapat dalam bentuk organik dan oleh bakteri berubah menjadi nitrogen amonia. Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total (NH_3 dan NH_4^+). Amonia merupakan hasil tambahan penguraian (pembusukan) protein tanaman atau hewan atau dalam kotorannya. Pupuk buatan juga mengandung amonia dan senyawanya, sehingga hasil rembesan dari pupuk yang terbawa air dapat terurai dan berkemungkinan menambah kandungan amonia dalam air.

6. Minyak

Minyak adalah lemak yang bersifat cair. Keduanya mempunyai komponen utama karbon dan hidrogen yang mempunyai sifat tidak larut dalam air. Bahan-bahan tersebut banyak terdapat pada makanan, hewan, manusia dan bahkan ada dalam tumbuh-tumbuhan sebagai minyak nabati.



Laporan Penelitian

“Pengolahan Limbah Cair Industri *Cold Storage* secara Biologi Aerob dengan Modifikasi Metode Teknologi Kontak-Stabilisasi”

Sifat lainnya adalah relatif stabil, tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri. Minyak dan lemak merupakan salah satu senyawa yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran di suatu perairan sehingga konsentrasinya harus dibatasi. Minyak mempunyai berat jenis lebih kecil dari air sehingga akan membentuk lapisan tipis di permukaan air. Kondisi ini dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena fiksasi oksigen bebas menjadi terhambat. Minyak yang menutupi permukaan air juga akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga mengganggu ketidakseimbangan rantai makanan. Minyak dan lemak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan bakteri.

7. Bakteri Coliform

Bakteri coliform merupakan bakteri indikator kehadiran bakteri patogen dan memiliki ketahanan paling besar terhadap desinfektan. Bakteri coliform yang dinyatakan sebagai nilai total coliform dapat digunakan sebagai indikator karena berbanding lurus dengan pencemaran air, semakin sedikit kandungan coliform artinya kualitas air semakin baik. (Sulistia, 2019)

II.3 Proses Pengolahan Air Limbah secara Biologis

Proses pengolahan air limbah secara biologis merupakan proses pengolahan yang memanfaatkan aktivitas metabolisme mikroorganisme dalam mengoksidasi bahan pencemar yang terkandung dalam air limbah. Aktivitas metabolisme mikroorganisme dalam air limbah akan menghasilkan enzim yang mampu mengkatalisasi proses degradasi sehingga proses oksidasi menjadi lebih cepat. Yang diperlukan secara mendasar pada pengolahan biologis adalah:

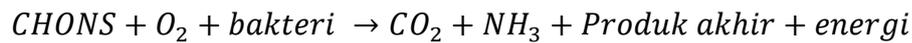
- a. Adanya populasi mikroorganisme
- b. Kontak yang baik antara mikroorganisme dengan air limbah.
- c. Ketersediaan oksigen dan nutrisi

Untuk mewujudkan tercapainya kinerja penyisihan bahan organik dan anorganik dalam air limbah yang dilakukan dengan pengolahan biologis, terdapat pendekatan ialah konsentrasi mikroorganisme dalam reaktor setinggi mungkin, kontak antara mikroorganisme dengan air limbah yang mencukupi, kontak reaksi

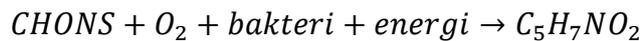


untuk mikroorganisme terpenuhi, dan cara pemisahan mikroorganisme dari efluen mudah dilaksanakan. Berikut ini stoikiometri penyisihan substrat oleh sel mikroorganisme:

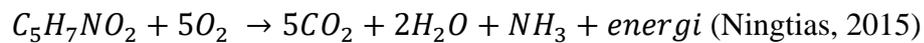
- a) Oksidasi oleh sel mikroorganisme



- b) Sintesis oleh sel mikroorganisme



- c) Respirasi endogen oleh sel mikroorganisme



II.4 Metode Aerob pada Pengolahan Limbah Cair

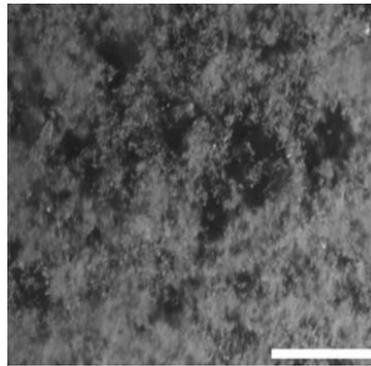
Pengolahan secara biologi merupakan bagian dari pengolahan limbah cair dimana digunakan untuk menjernihkan air selokan dan limbah cair industri. Secara teori, pengolahan limbah cair secara biologi dapat dilakukan dengan menggunakan proses lumpur aktif (*activated sludge*) dimana membutuhkan lahan yang luas untuk bioreaktor (tangki aerasi) dan clarifiers (tangki pengendapan). (Nancharaiah, 2019). Mikroorganisme atau lumpur aktif ini dimanfaatkan untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah menjadi bahan yang lebih sederhana dan tidak berbahaya.

Sistem pengolahan lumpur aktif adalah pengolahan dengan cara membiakkan bakteri aerobik dalam tangki aerasi yang bertujuan untuk menurunkan organik karbon atau organik nitrogen. Air limbah bersama lumpur aktif masuk ke dalam tangki aerasi, dimana dilakukan aerasi terus-menerus untuk memberikan oksigen. Di dalam tangki aerasi ini, terjadi reaksi penguraian zat organik yang terkandung di dalam air limbah secara biokimia oleh mikroba yang terkandung di dalam lumpur aktif menjadi gas CO₂ dan sel baru. Jumlah mikroba dalam tangki aerasi akan bertambah banyak dengan dihasilkannya sel-sel baru. Setelah waktu tertentu dilakukan pemisahan lumpur aktif dari campurannya, untuk menjaga konsentrasi lumpur aktif dalam tangki aerasi, agar tidak terjadi kekurangan oksigen. Dan dilakukan analisis terhadap air limbah yang sudah diolah dengan lumpur aktif.



Laporan Penelitian “Pengolahan Limbah Cair Industri *Cold Storage* secara Biologi Aerob dengan Modifikasi Metode Teknologi Kontak-Stabilisasi”

Analisis air limbah penting dilakukan untuk mengetahui kualitas air limbah dan membantu untuk memilih proses perlakuan yang tepat. Parameter yang dilakukan uji seperti analisa DO (Dissolved Oxygen), BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), kekeruhan, pH dan lain-lain.



Gambar 2. Morfologi Lumpur Aktif

Teknologi pengolahan secara aerob limbah cair adalah dengan menggunakan metode aerasi merupakan pengolahan secara aerob yang efektif untuk melakukan pengolahan air limbah industri. Kandungan influent berupa senyawa organik dan anorganik merupakan substansi yang mempengaruhi laju pertumbuhan bakteri. Waktu aerasi merupakan faktor penting yang mempengaruhi kontak bakteri dalam proses pengolahan menggunakan metode aerasi. Sehingga pada penelitian ini dilakukan variasi waktu aerasi untuk mendapatkan kondisi optimum pada skala laboratorium untuk melakukan penyisihan COD dan BOD pada limbah kerupuk udang (Utami, 2019).

Pengolahan dengan lumpur aktif menjadi lebih kompleks sebagai unit multi proses dan membutuhkan aliran resirkulasi ketika modifikasi untuk menghilangkan nutrient biologis (nitrogen dan fosfor). Teknologi lumpur aktif merupakan proses biologi yang sudah lama ditemukan. Didalam proses, pertumbuhan mikroba dipertahankan dalam bentuk flokulan lumpur aktif untuk pengolahan limbah cair. Lumpur aktif merupakan percampuran mikroba dalam biodegradasi substrat yang ada pada limbah cair. Karena struktur mikroba yang buruk dan lemahnya property pengendapan lumpur aktif, clarifier sekunder penting untuk pemisahan *sludge* dan air limbah yang diolah. Selain itu, sekat pada tangki aerasi atau tangki tambahan pada awalan proses diperlukan untuk pemeliharaan kondisi anaerobic, anoxic, dan

aerobic jika penghilangan nutrient biologis. Jadi, teknologi lumpur aktif perlu lahan yang luas, biaya operasional, desain proses yang kompleks dan energi biomassa untuk resirkulasi dan pengolahan limbah cair. (Nancharaiah, 2019)

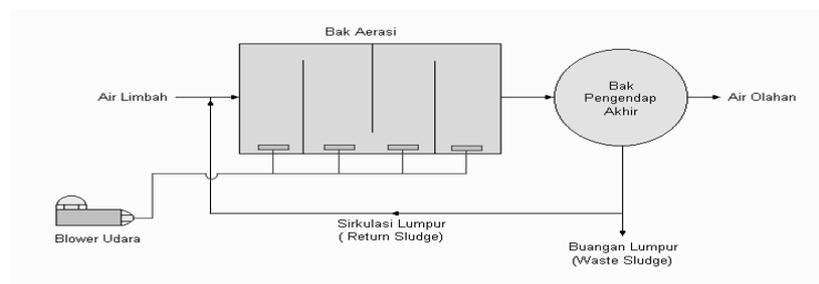
II.5 Macam-Macam Teknologi Aerob

Terdapat macam-macam teknologi aerob untuk mengolah limbah, yaitu:

1. Sistem Aerasi Berlanjut (Extended Aeration System)

Proses ini biasanya dipakai untuk pengolahan air limbah dengan sistem paket (*package treatment*) dengan beberapa ketentuan antara lain :

- Waktu aerasi lebih lama (sekitar 30 jam) dibandingkan sistem konvensional. Usia lumpur juga lebih lama dan dapat diperpanjang sampai 15 hari.
- Limbah yang masuk dalam tangki aerasi tidak diolah dulu dalam pengendapan primer.
- Sistem beroperasi dengan F/M ratio yang lebih rendah (umumnya $< 0,1$ kg BOD/per kg MLSS per hari) dibandingkan dengan sistem lumpur aktif konvensional (0,2 - 0,5 kg BOD per kg MLSS per hari).
- Sistem ini membutuhkan sedikit aerasi dibandingkan dengan pengolahan konvensional dan terutama cocok untuk komunitas yang kecil yang menggunakan paket pengolahan.

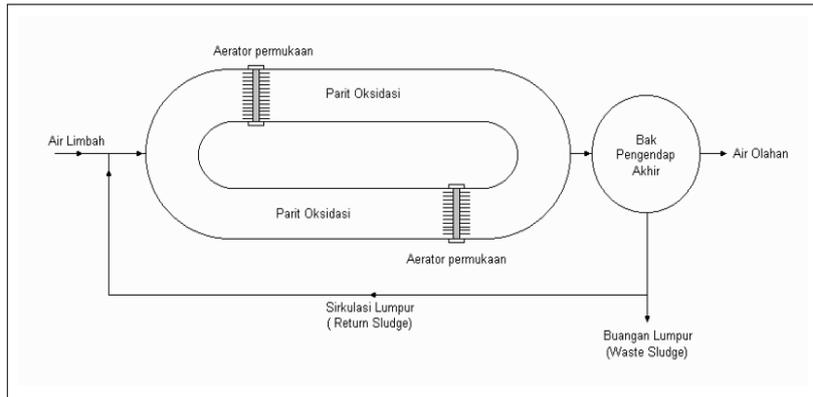


Gambar 3. Sistem aerasi berlanjut

2. Proses dengan Sistem Oksidasi Parit (*Oxidation Ditch*)

Sistem oksidasi parit terdiri dari bak aerasi berupa parit atau saluran yang berbentuk oval yang dilengkapi dengan satu atau lebih rotor

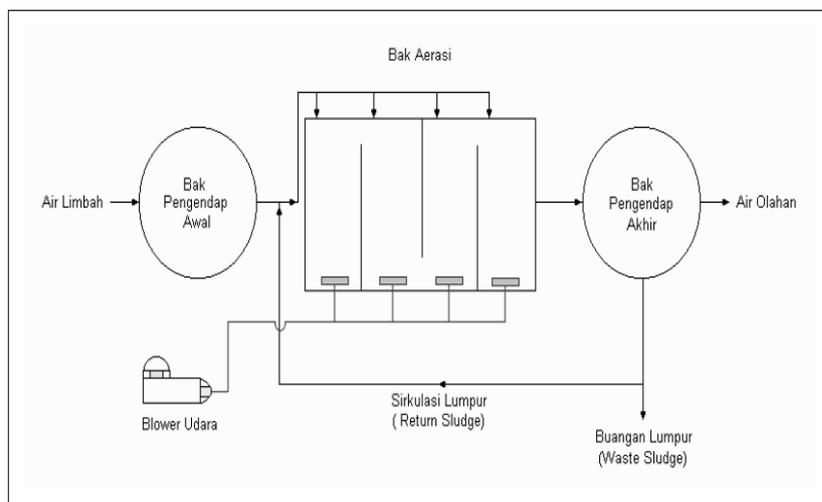
rotasi untuk aerasi limbah. Saluran atau parit tersebut menerima limbah yang telah disaring dan mempunyai waktu tinggal hidraulik (*hydraulic retention time*) mendekati 24 jam. Proses ini umumnya digunakan untuk pengolahan air limbah domestik untuk komunitas yang relatif kecil dan memerlukan luas lahan yang cukup besar.



Gambar 4. Skema Oxidation Ditch

3. Sistim Aerasi Bertingkat (*Step Aeration*)

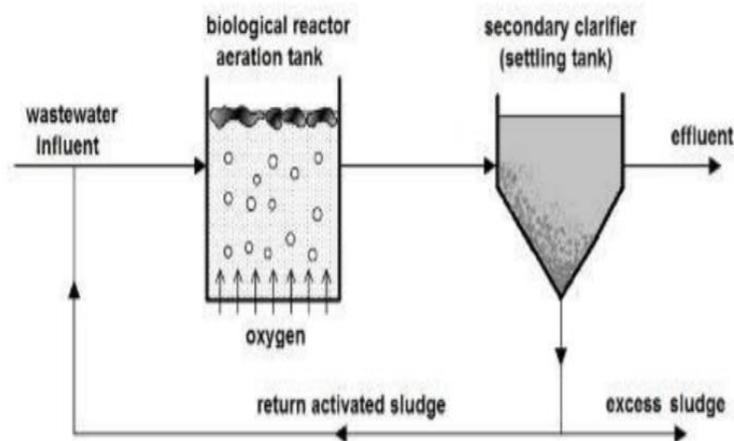
Limbah hasil dari pengolahan primer (pengendapan) masuk dalam tangki aerasi melalui beberapa lubang atau saluran, sehingga meningkatkan distribusi dalam tangki aerasi dan membuat lebih efisien dalam penggunaan oksigen. Proses ini dapat meningkatkan kapasitas sistem pengolahan.



Gambar 5. Skema Step Aeration

4. Sistem konvensional

Pengolahan air limbah domestik dengan proses lumpur aktif konvensional (standar) secara umum terdiri dari beberapa tahapan yaitu bak pengendap awal, bak aerasi, bak pengendap akhir, dan bak khlorinasi untuk membunuh bakteri patogen. Air limbah yang berasal dari proses produksi ditampung ke dalam bak penampung air limbah berfungsi sebagai bak pengatur debit air limbah yang dilengkapi dengan saringan kasar untuk memisahkan kotoran yang besar. Setelah itu, air limbah dalam bak penampung di pompa ke bak pengendap awal yang berfungsi untuk menurunkan padatan tersuspensi (Suspended Solids) sekitar 30 - 40 % dan BOD sekitar 25 %. Proses ini cocok digunakan untuk mengolah air limbah dalam jumlah yang besar. Proses lumpur aktif ini juga memiliki beberapa kelemahan yaitu dapat terjadi bulking pada lumpur aktif, terjadi buih, serta jumlah lumpur yang dihasilkan cukup besar. Selain itu, agar memerlukan ketrampilan operator yang cukup.

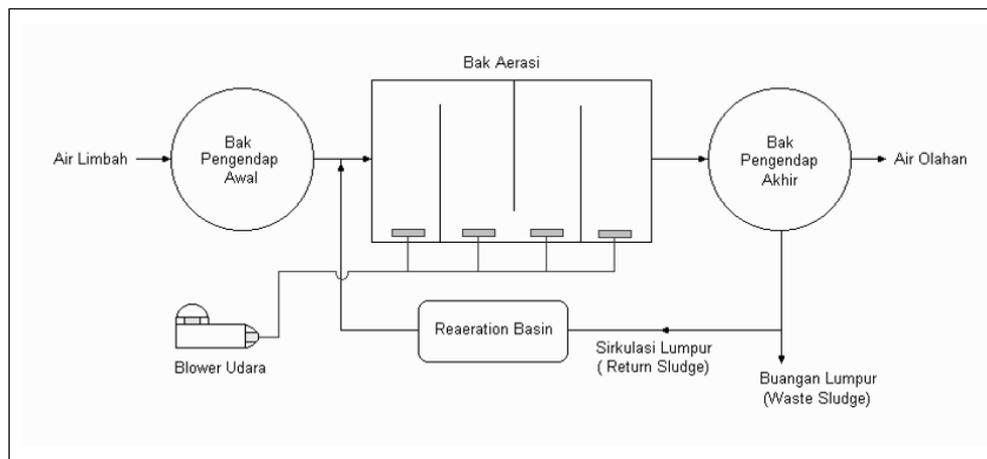


Gambar 6. Skema Teknologi konvensional

5. Sistem Stabilisasi Kontak (*Contact Stabilization*)

Pengolahan limbah menggunakan proses lumpur aktif kontak stabilisasi dapat menurunkan nilai BOD dan COD. Tangki kontak stabilisasi menggunakan dua tangki atau kompartemen terpisah. Tangki pertama yaitu tangki kontak untuk pengolahan air limbah dan tangki

kedua untuk stabilisasi lumpur teraktivasi yang dibantu dengan penambahan oksigen melalui aerator. Tangki kontak berfungsi untuk penyerapan bahan organik dan tangki stabilisasi berfungsi untuk biooksidasi bahan yang diserap. Lumpur aktif dalam tangki stabilisasi dicampur dengan limbah cair influen di dalam tangki kontak. Selanjutnya, campuran tersebut dilarutkan dalam tangki pengendapan sekunder dan lumpur dikembalikan secara terpisah di bak reaerasi untuk menstabilkan bahan organik. Tangki kontak stabilisasi ini memiliki kelebihan yaitu pembangunan konstruksi yang relatif mudah, waktu tinggal air limbah yang rendah, dan pengendapan lumpur yang baik. Proses pengolahan biologis air limbah dengan unit kontak stabilisasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema kontak stabilisasi

(Said, 2020)

II.6 Aklimatisasi

Perbanyakan mikroorganisme (*seeding*) dilakukan dalam reactor secara batch agar mikroorganisme yang tumbuh dapat melekat langsung pada media. Apabila pertumbuhan mikroorganisme sudah cukup dan stabil maka, dilanjutkan dengan proses aklimatisasi atau adaptasi mikroorganisme terhadap air limbah yang mengalir secara kontinu. Untuk memelihara pertumbuhannya, maka selama *seeding* ditambahkan oksigen dengan menggunakan aerator dan diberi nutrient. Sedangkan



Laporan Penelitian “Pengolahan Limbah Cair Industri *Cold Storage* secara Biologi Aerob dengan Modifikasi Metode Teknologi Kontak-Stabilisasi”

untuk menjaga kestabilan media dan tingkat pertumbuhan mikroorganisme maka dilakukan pengukuran parameter pH, suhu, COD, VSS dan TSS. (Titiresmi, 2011)

Aklimatisasi lumpur aktif bertujuan untuk mengadaptasikan mikroorganisme dengan kondisi lingkungan yang baru, termasuk sumber makanannya. Proses aklimatisasi atau proses penyesuaian mikroorganisme dapat dinyatakan berhasil apabila terjadi penurunan konsentrasi pencemar. Dengan adanya penurunan konsentrasi parameter pencemar yaitu COD menandakan adanya proses biodegradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme. Proses aklimatisasi dapat dikatakan selesai apabila penurunan konsentrasi COD dalam keadaan stabil (steady state) dan efisiensi penyisihan pencemar mencapai 50% dari konsentrasi awal. (Rahayu, 2018)

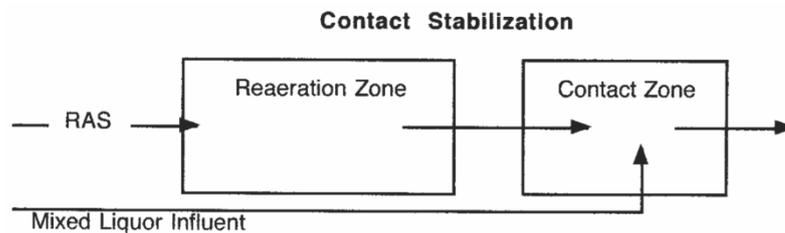
Pada penelitian yang dilakukan (Dayanti, 2018), proses aklimatisasi dilakukan dalam 10 tahap, dimana dilakukan pergantian air limbah dengan perbandingan 10% air limbah domestic buatan dengan 90% air limbah domestic dari IPAL Cemara. Tahap aklimatisasi berlangsung selama 10 hari dan dilairkan secara kontinu dengan debit sebesar 0,04 ml/detik. Aklimatisasi dilakukan secara bertahap bertujuan agar bakteri terbiasa dengan kondisi air limbah buatan yang memiliki kadar COD yang tinggi. Selama proses aklimatisasi, dilakukan analisis nilai COD pada outlet reactor sampai tahap aklimatisasi selesai. Didapat efisiensi yang meningkat pada tahap kedua sampai keempat dan menurun di tahap keenam. Sedangkan kondisi pH optimum bagi pertumbuhan mikroorganisme adalah 6,5 -7,5 dan suhu optimum 25 -35°C.

II.7 Sistem Lumpur Aktif Konvensional

Ada berbagai macam desain pengolahan air limbah dengan lumpur aktif, tetapi pada prinsipnya semua proses lumpur aktif terdiri dari tiga komponen utama: 1) sebuah bak atau tangki aerasi yang berfungsi sebagai reaktor biologis, 2) sebuah bak atau tangki pengendapan akhir (final clarifier) untuk pemisahan padatan dari lumpur aktif dan air limbah yang telah diolah, 3) peralatan sirkulasi lumpur aktif (return activated sludge, RAS) yang berfungsi untuk mentransfer lumpur aktif yang mengendap di bak pengendap akhir ke influen bak aerasi.

Salah satu karakteristik penting di dalam proses lumpur aktif adalah adanya resirkulasi biomasa dalam jumlah yang besar dari bak pengendap akhir ke bak aerasi. Hal ini menyebabkan waktu tinggal cel rata-rata (umur lumpur) menjadi lebih besar dibandingkan dengan waktu tinggal hidroliknya. Dengan adanya resirkulasi biomasa dalam jumlah yang besar tersebut dapat menjaga mikroorganisme mengoksidasi senyawa organik dengan efektif dalam waktu yang relatif singkat. (Widayat, 2019)

II.8 Kontak Stabilisasi



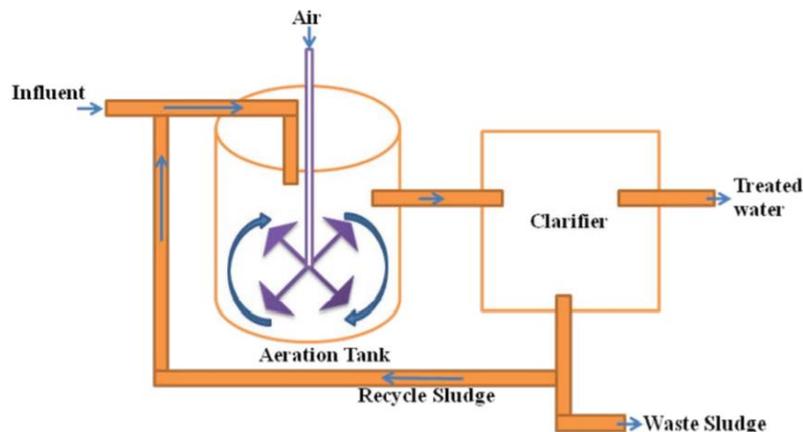
Gambar 8. Metode Operasi Kontak Stabilisasi

Kontak stabilisasi merupakan proses modifikasi dari pengolahan lumpur aktif, terdiri dari 2 tangki aerasi (reaktor kontak dan reaktor stabilisasi) dipisahkan oleh tangki sedimentasi. Reaktor kontak menerima aliran influent dan biomassa dalam kondisi kosong sehingga bahan larut mudah teradsorpsi dan diserap oleh *starved biomass*.

Liquor campuran yang keluar dari reaktor kontak mengendap dan biomassa terkonsentrasi. Kemudian, biomassa dibawa ke kontak stabilisasi, dimana bahan koloid yang dihilangkan dari limbah cair dalam kontak reaktor distabilisasi. Biomassa yang terstabilisasi kembali menuju reaktor kontak oleh aliran *recycle biomass*. (Sarria, 2011)

Teknologi kontak stabilisasi lumpur aktif telah berhasil dalam menghilangkan fosfor. Efek dari kontak stabilisasi lumpur aktif sebagai penghilang fosfor dengan menggunakan tangki kontak sebagai zona penyerapan fosfor dan menggunakan tangki yang tebal sebagai zona pelepasan fosfor. Hasil menunjukkan efisiensi alat ini dalam menurunkan COD, BOD dan TP masing-masing berkisar 94%, 85,44% dan 80,54%. Di dalam hasil juga menunjukkan alasan tingginya

kemampuan dalam menghilangkan fosfor berhubungan dengan tingginya kinerja mikroorganisme untuk akumulasi fosfor. Aplikasi dari system ini berhasil dalam *wastewater treatment plant* (WWTP) lumpur aktif dengan perubahan fisik terutama pada tangki aerasi dan mengandung satu tangki pemisah dalam pengolahan ini. Dalam kontak stabilisasi, teknologi lumpur aktif berhasil dalam menghilangkan fosfor dengan menggunakan mikroorganisme efektif (EM) dengan tambahan molase. EM aktif telah digunakan dalam zona anaerobic untuk peningkatan fermentasi. Hasil menunjukkan efisiensi penghilangan COD, BOD dan total fosfor masing-masing 93%, 93% dan 90%. Eutrofikasi dalam air terjadi karena tingginya kadar fosfor. Maka dari itu perlu proses pengurangan kadarnya sebelum dialirkan ke laut atau sungai. Untuk pengurangan fosfor dalam proses air limbah (*enhancing biological phosphorus removal / EBPR*) terbukti lebih ekonomis dan ramah lingkungan. EBPR mengandung substrat organik seperti rantai pendek asam lemak volatile (VFAs) dan konfigurasi reaktor aerobik-anaerobik disediakan. Kinerja EBPR telah diteliti dengan menggunakan kontak stabilisasi lumpur aktif yang telah dimodifikasi. Setelah itu, hasil menunjukkan efisiensi pengurangan COD, BOD dan total fosfor sebesar 91%, 92% dan 85%.



Gambar 9. Diagram Proses Lumpur Aktif

Teknologi kontak stabilisasi lebih ekonomis untuk meningkatkan pengambilan karbon dari air limbah sintetik. Ada 2 jenis reaktor dalam kontak stabilisasi:

1. Reaktor kontak yang menerima umpan hasil buangan
2. Stabilisasi biomassa dalam kondisi anaerobik. (Mundal, 2017)



II.9 Faktor yang Mempengaruhi Pengolahan Air Limbah

Berbagai faktor yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air limbah diantaranya :

1. Kualitas air limbah yang akan dioleh meliputi derajat keasaman (pH), temperatur, konsentrasi bahan organik yang dinyatakan dalam besaran chemical oxygen demand (COD) dan biological oxygen demand (BOD), dan konsentrasi logam berat.
2. Laju alir air limbah, laju alir air limbah berpengaruh terhadap waktu tinggal (waktu proses) didalam tangki aerasi, semakin besar laju alir, waktu tinggal semakin kecil dan ini akan berdampak pada hasil pengolahan air limbah
3. Konsentrasi mikroorganisme didalam tangki aerasi, konsentrasi mikroorganisme berpengaruh terhadap hasil pengolahan air limbah, jika konsentrasi mikroorganisme terlalu kecil maka hasil pengolahan tidak maksimal, dan jika terlalu besar mikroorganisme bekerja tidak maksimal dan hasil pengolahan juga tidak maksimal. Pada umum dipergunakan perbandingan antara jumlah makanan (F) sebagai nutrient terhadap jumlah mikroorganisme yaitu (F/M) ratio yang besarnya berkisar 0,8 – 1,0. Artinya jika COD air limbah sebesar 5000 mg/L, maka konsentrasi mikroorganisme dalam tangki aerasi kurang lebih 5000 mg/L
4. Injeksi udara, besarnya udara yang diinjeksikan berpengaruh terhadap kelarutan oksigen dalam tangki aerasi, kelarutan oksigen berpengaruh terhadap hasil pengolahan air limbah. Jika oksigen terlarut sangat kecil, maka hasil pengolahan tidak maksimal. Kelarutan oksigen dalam air limbah diharapkan maksimal sehingga hasil pengolahan air limbah maksimal. Berdasarkan data kelarutan oksigen yang baik sekitar 2 mg/L.
5. Distribusi Udara, Injeksi udara kedalam air limbah dimaksudkan untuk membantu kebutuhan oksigen mikroorganisme dan proses oksidasi. Distribusi udara yang tidak merata dapat mempengaruhi hasil pengolahan air limbah, diharapkan udara terdistribusi secara merata agar hasil pengolahan air limbah maksimal. Kekurangan oksigen berdampak pada kehidupan mikroorganisme, warna mikroorganime menjadi pucat dan sulit



untuk mengendap dan dapat mengganggu proses pengendapan pada clarifier.

6. Laju alir (recycle) mikroorganisme, besarnya laju alir recycle mikroorganismse berpengaruh terhadap waktu tinggal dan konsentrasi mikroorganismse pada tangki aerasi. Laju alir recycle harus dilakukan pengendalian agar konsentrasi mikroorganismse pada tangki aerasi tidak berlebih maupun berkurang dan waktu tinggal terpenuhi sehingga hasil pengolahan air limbah maksimal. (Sumada, 2012)

II.10 Hipotesa

Perubahan laju alir dari aliran air limbah masuk dan modifikasi aliran air bersih yang sudah diolah akan berpengaruh pada kandungan BOD, COD, dan pH pada air limbah industri *cold storage*.