

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setelah padi dan jagung, umbi-umbian merupakan makanan pokok ketiga terbanyak. Selain itu, umbi berperan besar dalam pangan penduduk, bahan baku industri, dan komponen pangan pakan ternak, serta upaya diversifikasi. Ubi kayu tidak hanya dijadikan pangan masyarakat di Indonesia saja, namun ubi kayu juga banyak diolah di industri rumah tangga dan pabrik tapioka.

Saat ini terdapat dampak positif dan dampak buruk terhadap lingkungan dari pesatnya perkembangan industri di berbagai wilayah di Indonesia. Pemenuhan kebutuhan pokok mempunyai pengaruh yang baik, namun limbah industri dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dengan cara mencemarinya. Industri tepung tapioka merupakan salah satu industri yang erat kaitannya dengan permasalahan lingkungan hidup. Sektor tapioka di Indonesia berkembang pesat karena ketersediaannya yang melimpah dan ketersediaan bahan baku yang sangat mudah. Tapioka sebagian besar dibuat dari umbi-umbian dan singkong. Umbi jenis ini tidak memerlukan perawatan khusus dan mudah ditanam di berbagai jenis tanah. Tapioka mempunyai banyak kegunaan. Tapioka banyak dimanfaatkan tidak hanya untuk konsumsi rumah tangga, namun juga di berbagai bidang industri.

Industri tapioka menghasilkan tiga jenis limbah: limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Air limbah industri tapioka mencemari lingkungan jika dibuang ke badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu, disebabkan oleh bahan organik seperti karbohidrat yang mudah terurai dan protein yang mengeluarkan bau tidak sedap, serta senyawa anorganik berbahaya seperti CN, nitrit, nitrat, amonia, BOD, COD dan pH yang mencemari lingkungan. Jika limbah ini dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu, maka akan menimbulkan masalah bagi manusia, flora dan fauna di sekitar. Untuk itu diperlukan pengolahan lebih lanjut sebelum dilepaskan ke badan air.

Di instalasi pengolahan limbah, pengolahan fisik, atau pengolahan awal, terhambat oleh volume partikulat tersuspensi yang terdapat dalam sejumlah besar

sampah. Proses pengolahan secara fisik yang umum dikenal memiliki sedimentasi dan *sand filter* dapat memisahkan padatan sedikit ditanggihkan. Pemisahan padatan tersuspensi sangat penting karena memudahkan proses selanjutnya.

Kebutuhan air bersih dan keberadaan ekosistem kehidupan sangat bergantung pada pengolahan air limbah. Karakteristik air limbah segar juga berlaku pada air limbah tapioka, dengan kisaran pH 6-6,5 dan COD 4.000-30.000 mg/L. Air limbah harus memenuhi persyaratan PERDA No. 11 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Diantaranya COD 200 mg/L, BOD 100 mg/L, TS 100 mg/L, sianida 0,2 mg/L, pH 6-9 dan debit air 30 m³/ton limbah produksi. Untuk memastikan bahwa air limbah yang dibuang ke lingkungan memenuhi baku mutu yang ditentukan, maka air limbah tersebut harus dianalisis.

1.2 Tujuan

Tujuan dari laporan Tugas Akhir ini adalah untuk:

1. Mempelajari cara pengolahan limbah cair di PT Berjaya Tapioka Indonesia.
2. Mengevaluasi parameter mutu limbah cair di outlet IPAL di PT Berjaya Tapioka Indonesia.
3. Menghitung Beban pencemaran limbah cair yang dihasilkan.

1.3 Kontribusi

Kontribusi yang dapat penulis berikan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagi penulis, diharapkan dapat memperluas pengetahuan dan pengalaman kerja dalam Pengolahan Limbah Cair yang sesuai dengan peraturan pemerintah selama kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL). Bagi perusahaan, diharapkan dapat memberikan wawasan bagi mahasiswa PKL, mahasiswa Politeknik Negeri Lampung dan pembaca mengenai Evaluasi Parameter pH, Suhu dan COD di dalam Limbah Cair Pada Pengolahan Tepung Tapioka Di PT Berjaya Tapioka Indonesia.
2. Bagi pihak lainnya, diharapkan tugas akhir ini dapat memberikan tambahan sumber informasi dan dapat menjadi referensi sumber inspirasi yang berguna bagi mahasiswa, masyarakat umum dan pemangku kepentingan lainnya dalam pengelolaan limbah cair.

1.4 Keadaan Umum Perusahaan

1.4.1 Sejarah Umum Perusahaan

PT Berjaya Tapioka Indonesia merupakan penghasil tepung tapioka yang memakai bahan baku singkong. Bahan baku berupa singkong dalam proses produksinya tersedia dari petani singkong internal maupun eksternal. Perusahaan tapioka menggunakan mesin canggih dan teknologi mutakhir untuk mencapai tujuan produksi mereka. Logo PT Berjaya Tapioka Indonesia ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Logo PT Berjaya Tapioka Indonesia

PT Berjaya Tapioka Indonesia didirikan pada tanggal 14 Mei 2014 sebagai produsen Tepung Tapioka. tepung tapioka. Menggunakan teknologi terkini dan dioperasikan oleh para tenaga profesional berpengalaman dan menjalani kontrol kualitas yang ketat. PT Berjaya Tapioka Indonesia memproduksi tepung tapioka kualitas terbaik & halal di Indonesia dengan kapasitas hingga 300 ton per hari di dua pabrik di lokasi berbeda di provinsi Lampung, memastikan pasokan tidak terputus ke pelanggan.

1.4.2 Kegiatan Perusahaan

PT Berjaya Tapioka Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi tepung singkong yang biasa dikenal dengan tepung tapioka. Adapun cara pengolahan tepung tapioka sebagai berikut :

a. Bahan baku

Ubi kayu digunakan sebagai bahan baku tepung tapioka berkualitas tinggi.

b. Pengupasan kulit

Ubi kayu dipisahkan dari kulit, Industri besar tapioka memadukan proses pengupasan kulit dan pencucian dalam satu operasi.

c. Pencucian

Mencuci singkong yang sudah dikupas hingga bersih dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran dari sisa tanah. Air bekas cucian dialirkan ke instalasi pengolahan limbah. Pada tahap ini dihasilkan limbah cair berupa air cucian yang mengandung tanah.

d. Pemotongan

Setelah singkong dibersihkan, dilakukan tahap pemotongan untuk memperkecil ukurannya agar hasil maksimal.

e. Pamarutan

Pada skala industri, parutan semi mekanis yang digerakkan oleh generator digunakan untuk menghasilkan tumbukan singkong yang lembut.

f. Ekstraksi

Tambahkan air ke ampas singkong dan saring melalui saringan. Pati yang dihasilkan dikumpulkan dalam tangki, dan ampas yang dihasilkan dikeringkan kemudian digunakan sebagai pakan ternak.

g. Pengendapan

Pati yang terekstraksi mengendap di tangki dan air di atas sedimen dialirkan ke tangki penyimpanan limbah cair. Endapan setengah cair tepung tapioka mengandung kadar air 40%.

h. Pengovenan

Tujuan dari oven adalah untuk menguapkan kelembapan untuk menghasilkan tepung tapioka kering.

i. Pengayakan

Tujuan dari pengayakan ini adalah untuk memperoleh tepung dengan ukuran yang seragam. Proses pengayakan juga digunakan sebagai alat pembersih dan digunakan untuk memisahkan kotoran dengan ukuran berbeda dari bahan mentah.

1.4.3 Lokasi Dan Tata Letak Perusahaan

PT Berjaya Tapioka Indonesia ini terletak di Jalan Raya Kota Gajah km. 7, Desa Kedaton Induk, Kec. Batanghari Nuban, Kab. Lampung Timur. Letak perusahaan berada didekat jalan raya. Lokasi PT Berjaya Tapioka Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi PT Berjaya Tapioka Indonesia

1.4.4 Visi Dan Misi Perusahaan

1. Visi

Menjadi penghasil tepung tapioka nasional yang terbaik.

2. Misi

a. Menghasilkan tepung tapioka yang bermutu tinggi. Memberikan lapangan kerja bagi masyarakat sekitarnya dan selalu menjaga lingkungan alam sekitarnya.

b. Mengembangkan distribusi di tingkat nasional dan internasional.

1.4.5 Struktur Organisasi

PT Berjaya Tapioka Indonesia memiliki struktur organisasi yang fungsional, mengelompokkan karyawan sesuai dengan keahliannya. Setiap bagian menyatukan orang-orang yang berbagi keterampilan dan tanggung jawab yang sama. Struktur organisasi PT Berjaya Tapioka Indonesia terdiri dari Direktur, *Finance Accounting*, *Produksi Maintenance*, *HR & GA*, *Purchasing*, logistik, *Quality Control & Waste Water Treatment*. Masing-masing unsur dalam perusahaan tersebut memiliki tugas sebagai berikut :

1. Direktur

Bertugas mengarahkan perusahaan sesuai dengan kepentingan dan tujuan perusahaan serta mengembangkan strategi bisnis sesuai dengan kepentingan perusahaan.

2. *Finance Accounting*

Seorang manajer keuangan bertanggung jawab untuk merencanakan dan mengelola anggaran keuangan, menyiapkan laporan keuangan, memastikan transaksi dilakukan dengan baik, dan mengelola arus kas perusahaan.

3. Produksi Maintenance

Bertanggung jawab atas pengawasan teknis untuk menjaga kelancaran proses produksi alat dan mesin, serta bertanggung jawab atas pemeriksaan rutin mesin, perbaikan masalah kerusakan, pemeliharaan peralatan dan penyusunan laporan hasil produksi.

4. HR & GA

Bertanggung jawab atas pengembangan dan perencanaan personel, tujuan dan prosedur pelaksanaan. Bertanggung jawab untuk merencanakan, mengatur dan memantau kebijakan dan kegiatan Departemen Sumber Daya Manusia. Selain mengembangkan dan mengelola rencana personalia.

5. Purchasing

Memiliki tugas membuat PO (Purchase Orders), mencetaknya dan mengirimkannya ke pemasok untuk memastikan kelancaran proses pembelian sesuai jadwal dan spesifikasi yang diinginkan.

6. Logistik

Mempunyai tugas mendistribusikan dan menyimpan stok barang ataupun gudang, melaksanakan dan mengendalikan proses penyimpanan barang, dan mendistribusikan produk ke konsumen.

7. *Quality Control (QC) & Waste Water Treatment (WWT)*

Quality Control berperan dalam tindakan pengendalian atau pemantauan pada setiap produk yang dihasilkan. Sedangkan tugas *WWT* yaitu mengelola kondisi air limbah sesuai standar kualitas yang ditetapkan dan pemantauan teknis, menjaga kelancaran proses produksi baik alat maupun mesin, memeriksa mesin secara berkala, memecahkan masalah berdasarkan pekerjaan, dan menyelesaikan Kontrak Penerimaan dan Pembayaran Berulang atau Bulanan. Karyawan tetap diberi

pangkat, golongan dan gaji seperti kepala seksi, wakil kepala seksi, quality control, supervisor, dan staf. Karyawan tidak tetap merupakan karyawan yang bekerja seperti karyawan Borongan, karyawan bulanan kontrak dan karyawan harian.

1.4.6 Tenaga Kerja

Seorang pekerja atau pegawai PT Berjaya Tapioka Indonesia bekerja 6 hari selama seminggu dari Senin sampai Sabtu. Seorang karyawan mempunyai satu hari libur dalam seminggu, yaitu hari Minggu. Dari Senin hingga Jumat, seorang karyawan bekerja mulai pukul 08.30 hingga 16.30 (WIB) dan pukul 12.00 hingga 13.00 (WIB) mendapat satu jam untuk istirahat. Pada hari Sabtu, karyawan tersebut bekerja pada pukul 08.30 hingga 14.30 WIB, dan waktu istirahatnya adalah satu jam.

1.4.7 Kesejahteraan Karyawan

Dalam memenuhi kesejahteraan karyawan PT Berjaya Tapioka Indonesia memberi berbagai macam fasilitas kepada pekerja meliputi sebagai berikut :

1. BPJS

Seluruh karyawan di PT Berjaya Tapioka Indonesia diikut sertakan dalam program jaminan social badan penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS). Bentuk pemeliharaan kesehatan tersebut meliputi bantuan pengobatan, perawatan rumah sakit, dan keluarga karyawan.

2. Cuti

PT Berjaya Tapioka Indonesia memiliki ketetapan perihal hak cuti bagi seluruh karyawan yaitu selama 12 hari dalam 1 tahun.hak cuti dapat diambil kapan saja.

3. Bonus Tahunan

PT Berjaya Tapioka Indonesia memberikan tunjangan kepada karyawannya berupa Tunjangan Hari Raya (THR) setara dengan satu bulan gaji pokok.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Singkong

Singkong merupakan tanaman pangan terbesar ketiga di Indonesia setelah padi dan jagung, serta merupakan sumber kalori termurah dan termudah (Mustafa, 2015). Singkong juga mempunyai nilai strategis yang tinggi dalam upaya pengembangan agribisnis, khususnya industri pengolahan yang membutuhkan singkong mentah untuk tujuan ekspor. Oleh karena itu, budidaya singkong yang dikaitkan dengan pertanian dan agrobisnis sangat penting bagi pendapatan masyarakat, lapangan kerja, perdagangan valuta asing, serta penyediaan bahan baku industri dan pembangunan daerah. Singkong (*Manihot esculenta* Crantz), ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Singkong

Singkong merupakan tanaman yang sudah dikenal masyarakat Indonesia. Singkong ditanam hampir di seluruh provinsi di Indonesia. Singkong mudah ditanam, tumbuh di tanah yang relatif tandus, dan hanya memerlukan sedikit pupuk atau pestisida. Ciri khas singkong adalah tidak tahan lama dalam keadaan mentah. Oleh karena itu, apabila singkong dijual harus diolah menjadi bentuk lain yang lebih tahan lama seperti singkong, tepung tapioka, tapai, puum, keripik singkong (Lingga, Pinus, 1992). Singkong merupakan salah satu tanaman pangan potensial yang tersebar luas di Indonesia pada umumnya dan Provinsi Lampung pada khususnya. Berdasarkan data luas panen, produktivitas dan produksi singkong

tahun 2008, Provinsi Lampung merupakan daerah penghasil singkong terbanyak di Indonesia dalam hal luas panen, produktivitas dan produksi singkong sebesar 318.969 hektar, 242,09 kwuintal. Produksi singkong sebesar 7.721.882 ton (Hidayat dkk, 2012).

2.2 Tepung Tapioka

Tepung tapioka merupakan pati yang terbuat dari umbi singkong yang dikeringkan dan digiling. Tepung tapioka merupakan produk olahan singkong yang mempunyai potensi pasar yang sangat besar (Suprapti, 2009). Tepung tapioka dibuat dengan cara menggiling singkong dan membuang kulitnya. Ubi kayu tergolong polisakarida bertepung dengan kandungan amilopektin tinggi namun lebih rendah dibandingkan beras ketan, mengandung 83% amilopektin dan 17% amilosa, sedangkan buahnya mengandung selulosa dan pektin (Winarno, 2004).

Rata-rata komposisi umbi tanpa kulit adalah:

- a. Air : 65%
- b. Pati : 32%
- c. Protein : 1%
- d. Lemak : 0,4%
- e. Serat : 0,8%
- f. Abu : 0,4%

Selain pati, singkong juga mengandung gula dan sianida. Beberapa asam sianat ini ada dalam bentuk senyawa yang dilepaskan ketika sel dipecah oleh asam enzimatik. Proses pemisahan atau pengambilan pati dari umbi diawali dengan pencucian dan pengupasan. Karena struktur akar tanaman singkong yang unik, pengupasannya mudah dilakukan oleh perempuan dan dapat dilakukan di lahan pertanian kecil.

Tapioka umumnya digunakan sebagai pengental dan pengikat dalam industri makanan. Sebaliknya, ampas tapioka umumnya digunakan dalam pakan ternak. Secara umum orang Indonesia mengenal dua jenis tapioka yaitu tapioka berbutir kasar dan tapioka halus. Tapioka kasar masih mengandung gumpalan dan butiran singkong kasar, sedangkan tapioka halus merupakan hasil pengolahan lebih lanjut dan tidak mengandung gumpalan lagi.

2.3 Limbah Cair Produksi Tapioka

Limbah cair industri tapioka dihasilkan pada saat proses pembuatan, pada saat pencucian bahan baku, saat berlangsungnya proses pemisahan pati dan air, atau pada saat proses pengendapan. Pada saat singkong dikupas, dihasilkan limbah padat berupa kotoran dan kulit dan pada tahap ekstraksi dihasilkan ampas dan pati. Penanganan limbah padat dan cair yang tidak tepat akan menghasilkan gas yang dapat mencemari udara.

Proses pencucian dan sedimentasi yaitu tahapan proses yang melibatkan air dan menghasilkan limbah cair dengan konsentrasi bahan tersuspensi kasar dan halus tertinggi. Oleh karena itu, limbah cair dinilai memiliki nilai COD, BOD, dan TSS yang tinggi.

Limbah cair tepung tapioka bisa menimbulkan bau yang tidak sedap. Hal ini dikarenakan tingginya kandungan mikroba pada limbah cair. Zat khas dalam air limbah tapioka adalah sianida beracun. Menurut (Sarajar dkk, 2018), racun pada limbah tapioka berupa hidrogen sianida atau HCN. Zat ini berasal dari daging umbi dan kulit singkong. Racunnya tidak sendiri, melainkan terikat dalam rantai sianoglikosida yang mengandung glukosa, aseton, dan HCN. Limbah industri tapioka segar berwarna putih kekuningan, sedangkan limbah busuk berwarna abu-abu tua.

Kekeruhan limbah disebabkan oleh adanya bahan organik seperti pati terlarut, mikroorganisme dan koloid lain yang tidak mudah mengendap. Penggunaan 1.000 kg singkong bersih dan dikupas (kandungan bahan kering 35%) dapat menghasilkan 514 kg limbah cair (Sangyoka dkk, 2007). Apabila limbah industri tapioka tidak ditangani dengan baik maka dapat timbul berbagai permasalahan, seperti:

- a. Penyakit, misalnya gatal-gatal.
- b. Memiliki bau yang tidak sedap.
- c. Mencemari perairan sungai sehingga menyebabkan ikan mati.

2.4 Konsep Pengolahan Air Limbah

Ada beberapa cara untuk menerapkan sistem pengolahan air limbah dengan benar. Namun, ada beberapa proses untuk melakukan pengolahan air limbah. Berikut merupakan beberapa persyaratan pengolahan air limbah sebagai berikut:

1. Tidak mencemari sumber mata air minum.
2. Tidak mengakibatkan pencemaran air.
3. Tidak mencemari kehidupan hewan dan tumbuhan yang hidup di air.
4. Tidak dicemari melalui serangga ataupun binatang lainnya yang dapat menimbulkan penyakit.
5. Tidak dibiarkan dalam keadaan terbuka dan harus tertutup rapat.
6. Tidak menimbulkan aroma/bau yang tidak sedap (Chandra, 2006).

2.5 Tahap Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah secara fasilitas biasanya dilakukan di instalasi pengolahan limbah dengan proses pengolahan yang dikelompokkan. Proses pengolahan air limbah diklasifikasikan menjadi pengolahan pertama (pengolahan primer), pengolahan kedua (pengolahan sekunder), dan pengolahan ketiga (pengolahan tersier).

2.5.1 *Primary Treatment*

Pengolahan pertama (primary treatment) bertujuan untuk memisahkan padatan dari air secara fisik dengan melewati air limbah melalui saringan (filter) dan bak sedimentasi (*sedimentation tank*).

a. Penyaringan (Filtration)

Kegiatan industri limbah cair mengakibatkan perlunya penyaringan yang bertujuan untuk mereduksi lumpur padat atau campuran dan partikel koloid dengan cara melewati limbah melalui media berpori. Kontaminan juga dapat mempengaruhi efisiensi fasilitas pengolahan limbah lainnya karena dapat menyebabkan pendangkalan air yang masuk.

b. Pengendapan (*Sedimentation*)

Terjadinya pengendapan pada limbah hasil dari kegiatan industri tapioka ini dilakukan dengan cara pengendapan yang bertujuan untuk memudahkan pemisahan antara zat pada dan zat cair.

2.5.2 Secondary Treatment

Pengolahan kedua (pengolahan sekunder) bertujuan untuk menghilangkan koloid yang terkandung dalam cairan limbah dan menstabilkan bahan organik melalui proses dekomposisi aerobik dan anaerob.

a. Proses Aerob

Pada proses aerob, mikroorganisme menggunakan oksigen sebagai akseptor elektron untuk menguraikan bahan organik dalam limbah cair, yang kemudian diurai oleh lumpur aktif yang banyak mengandung bakteri pengurai. Dalam proses aerob ini sangat penting untuk menambahkan bakteri dan menambahkan oksigen untuk mendapatkan hasil yang sempurna dari proses aerob.

b. Proses Anaerob

Pada proses anaerob menggunakan stabilisasi lumpur dalam pengolahan air limbah dan berbagai pengolahan limbah industri, bahan organik dalam air limbah yang dijelaskan tidak menggunakan oksigen sebagai bahan pengurai. Hasil akhir utama dari proses anaerob adalah biogas (campuran metana dan karbon dioksida), uap air, dan sejumlah lumpur berlebih.

2.6 Karakteristik Air Limbah

Prinsip dasar pengolahan air limbah adalah menghilangkan atau bahkan mengurangi kontaminan yang terkandung dalam air limbah (Mara, 1978). Untuk itu perlu diketahui sifat-sifat yang terkandung dalam air limbah. Sifat-sifat air limbah menentukan cara pengolahan yang tepat agar tidak mencemari lingkungan. Kualitas air limbah dapat diklasifikasikan menjadi tiga karakteristik: fisik, kimia dan biologis.

2.6.1 Karakteristik Fisik

a) Suhu

Suhu adalah ukuran seberapa panas atau dinginnya air limbah. Suhu merupakan parameter yang sangat penting karena mempengaruhi reaksi kimia, laju reaksi, umur organisme akuatik dan penggunaan air dalam berbagai aktivitas sehari-hari. Terjadinya reaksi kimia dan penurunan kandungan oksigen pada permukaan air dengan meningkatnya suhu dapat menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen

terlarut dalam air limbah (Metcalf dan Eddy, 2003). Tabel di bawah ini menjelaskan klasifikasi suhu proses biologis berdasarkan Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Suhu Proses Biologis

Tipe	Suhu (°C)	Suhu Optimum (°C)
Psichrophilic	10-30	12-18
Mesophilic	20-50	25-40
Thermophilic	35-75	55-65

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Suhu air limbah biasanya lebih tinggi dibandingkan suhu air keran karena adanya penambahan air panas dari rumah dan pabrik. Secara khusus, pelepasan panas air limbah lebih tinggi dibandingkan udara, kecuali pada musim panas. Dalam keadaan normal, suhu air mengikuti suhu udara.

Suhu air merupakan parameter yang sangat penting karena mempengaruhi reaksi kimia, laju reaksi, umur organisme akuatik dan penggunaan air dalam berbagai aktivitas. Misalnya, industri yang menggunakan air permukaan untuk pendinginan proses sangat memperhatikan suhu. Selain itu, air panas memiliki lebih sedikit oksigen terlarut dibandingkan air dingin. Kombinasi percepatan reaksi biokimia dan penurunan jumlah oksigen di permukaan bumi menyebabkan kadar oksigen terlarut (DO) turun secara signifikan di musim panas, menyebabkan kematian organisme air dan tumbuhnya tanaman air yang tidak diinginkan seperti tanaman air atau alga.

Suhu optimum untuk aktivitas bakteri berada pada kisaran 25-35°C. *Aerobic digestion* dan nitrifikasi berhenti jika temperatur mencapai 50 °C. jika temperatur turun hingga 15 °C, bakteri penghasil gas metan menjadi tidak aktif. Dan jika temperatur mencapai 5 °C, bakteri Autotof nitrifikasi menjadi tidak berfungsi. Pada temperatur 2 °C bakteri Kemototrof yang berfungsi dalam material berkarbon juga mengalami dorman.

b) Padatan

Padatan total adalah seluruh bahan yang terkandung setelah sampel air dipanaskan pada suhu 103°C hingga 105°C selama kurang lebih 1 jam. Total padatan terdiri dari total padatan terlarut dan total padatan tersuspensi.

1) TSS (Total Suspended Solid)

Padatan tersuspensi total adalah partikel anorganik, organik, dan cair yang tidak dapat bercampur dengan air. Padatan tersuspensi merupakan tempat terjadinya reaksi kimia heterogen yang dapat berperan sebagai bahan pengendapan awal dan mengganggu kemampuan badan air untuk membentuk bahan organik (Intan R, 2012).

2) TDS (Total Dissolved Solid)

Total padatan terlarut merupakan bagian dari total padatan yang berupa padatan terlarut. Umumnya, analisis total padatan terlarut melibatkan penyaringan air limbah, dengan memindahkan air yang disaring ke gelas kimia, dan menimbanginya hingga berat konstan. Gelas kimia yang berisi padatan terlarut dimasukkan ke dalam oven bersuhu 180°C, kemudian dipindahkan ke oven, dikeringkan dan ditimbang.

c) Warna

Warna dibedakan menjadi true color dan apparent color. True color atau warna sejati adalah warna yang diakibatkan oleh material koloid dan berasal dari penguraian zat organik, seperti zat humus, lignin dan asam organik lainnya. Sedangkan apparent color atau warna semua adalah warna yang diakibatkan oleh materi tersuspensi, seperti red clay soil, pemakaian zat warna oleh industri, pewarna makanan, cat dan lainnya (Sawyer, CN, 2003).

d) Turbiditas atau Kekeruhan

Kekeruhan diukur sebagai rasio intensitas cahaya yang dipancarkan dari sampel limbah dengan yang dipancarkan dari suspensi standar dengan konsentrasi yang sama.

2.6.2 Karakteristik Kimia

a. Keasaman / pH

Nilai pH adalah nilai keasaman air. pH mempengaruhi kelangsungan hidup organisme perairan. Tingkat pH suatu perairan dapat digunakan sebagai indikator keseimbangan unsur kimia dan nutrisi yang bermanfaat bagi kehidupan perairan.

b. Alkalinitas

Alkalinitas menggambarkan kemampuan air untuk menetralkan asam. Alkalinitas adalah suatu parameter kimia yang menunjukkan jumlah ion karbonat dan bikarbonat yang mengikat logam alkali tanah pada perairan.

c. Oksigen Terlarut / Dissolved Oxygen (DO)

DO adalah tingkat oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk respirasi aerob mikroba. Oksigen terlarut dalam air sangat bergantung pada suhu dan salinitas. Penambahan oksigen pada limbah cair dapat dilakukan dengan memasukkan udara ke dalam air limbah, misalnya dengan memaksa air naik hingga bersentuhan dengan oksigen menggunakan aerator (Sugiharuto, 1997). Air dengan konsentrasi DO yang tinggi memiliki kapasitas oksidasi yang tinggi, dan air dengan konsentrasi DO yang rendah memiliki kandungan kontaminan (bahan organik) yang tinggi. Kandungan oksigen penting bagi kelangsungan hidup organisme perairan, sehingga pengukuran kandungan oksigen dalam air berfungsi sebagai ukuran kualitas air limbah. Oleh karena itu analisis DO merupakan kunci untuk menentukan tingkat kontaminasi pada badan air.

d. Bau

Bau yang ditimbulkan oleh air limbah adalah tanda dari adanya pelepasan gas berbau seperti H_2S . Gas ini ada karena penguraian zat organik sulfat atau belerang pada kondisi minim oksigen (Metcalf and Eddy, 2003).

e. BOD (Biochemical Oxygen Demand)

BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menstabilkan materi organik yang dapat terdekomposisi di bawah kondisi aerob (Sawyer CN, 2003).

f. COD (Chemical Oxygen Demand)

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimia. Hasil analisis COD menunjukkan adanya kandungan senyawa organik pada air limbah. Ada beberapa alasan untuk melakukan analisis COD air limbah (Metcalf & Eddy, 2003).

- 1) Ada beberapa zat yang tidak dapat dioksidasi secara biologis, seperti glukosa dan lignin yang teroksidasi secara kimia.
- 2) Nilai COD yang tinggi disebabkan oleh konsentrasi yang tinggi.

3) Bahan organik teroksidasi oleh dikromat.

g. Nitrogen

Bentuk nitrogen dalam air limbah termasuk nitrogen organik, amonia, nitrit, nitrat, dan gas nitrogen (Hammer dan Hammer Jr, 2008). Nitrogen merupakan senyawa penting dalam sintesis protein. Pengolahan air limbah secara biologis biasanya melibatkan pengukuran kadar nitrogen dan fosfor, yang merupakan faktor penting bagi pertumbuhan alga dan organisme lainnya.

h. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak bersifat cair. Keduanya terdiri dari karbon dan hidrogen dan tidak larut dalam air. Sifat minyak dan lemak relatif stabil dan tidak mudah terurai oleh bakteri. Pengolahan air limbah memerlukan penghilangan minyak dan lemak tanpa mengganggu organisme hidup dan ekosistem perairan penerima air.

2.6.3 Karakteristik Biologi

Dalam air limbah, sifat biologis merupakan dasar untuk memerangi penyakit yang disebabkan oleh patogen. Misalnya, bakteri dan mikroorganisme lain terlibat dalam degradasi dan stabilisasi senyawa organik. Bakteri yang terkandung dalam limbah antara lain bakteri aerob, bakteri anaerob, dan bakteri fakultatif.

2.7 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Fermentasi Anaerobik

a. Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter penting dalam proses fermentasi anaerobik. Proses produksi biogas berlangsung dalam dua rentang suhu: rentang suhu mesofilik dan rentang waktu termofilik. Sebagian besar proses fermentasi anaerobik dilakukan pada suhu mesofilik, yaitu pada kisaran suhu 28-45 °C, dengan kisaran suhu optimum 35-40 °C. Namun proses fermentasi juga dapat dilakukan pada kisaran suhu 45-65 °C, kisaran suhu optimum adalah 55-60 °C.

b. Derajat Keasaman / pH

Kisaran pH optimal untuk mikroorganisme non-metanogenik adalah 5 hingga 8,5. Sedangkan kisaran pH optimal untuk mikroorganisme metanogenik adalah 7-7,2. Mikroorganisme metanogenik sangat sensitif terhadap perubahan pH. Organisme ini mati karena keracunan ketika pH turun melebihi umurnya. Proses fermentasi anaerobik umumnya paling baik dilakukan pada kisaran pH netral.

c. Nutrisi dan umpan

Sel mikroba biasanya mengandung C, N, P, dan S dengan perbandingan 100:10:1:1 (Price, 1981). Rasio C/N-nya untuk tapioka adalah 80:1, sedangkan rasio C/N optimal untuk produksi biogas adalah 20-30:1. Jika rasio C/N terlalu tinggi maka fermentasi akan lebih cepat, namun limbah yang dihasilkan terlalu banyak mengandung nitrogen. Sebaliknya, jika rasio C/N terlalu rendah, maka terlalu banyak nitrogen yang tersisa dalam bentuk amonia, yang dapat meracuni mikroorganisme.

d. Kadar Bahan Kering

Jika kandungan bahan keringnya mencukupi, maka aktivitas mikroba juga akan optimal. Proses pembentukan biogas mencapai titik optimum pada konsentrasi bahan kering dalam air sebesar 0,26 kg/L.

e. Pengadukan

Pengadukan dilakukan untuk mendapatkan campuran substrat yang homogen dengan ukuran partikel yang kecil. Pengadukan selama proses dekomposisi untuk mencegah timbulnya benda-benda mengapung pada permukaan cairan dan berfungsi mencampur bakteri metanogen dengan substrat dan memberikan kondisi temperatur yang seragam dalam biodigester.

f. Zat racun (toxic)

Proses fermentasi anaerobik kadang-kadang terganggu karena kehadiran zat racun (toxic). Zat-zat ini bisa berupa garam, senyawa organik tertentu dan kandungan logam-logam dalam umpan. Konsentrasi penghambat pertumbuhan mikroorganisme.

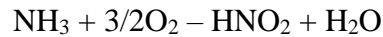
2.8 Bakteri Yang Berperan dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Tapioka

Bakteri adalah mikroorganisme satu sel. Di dalam sel bakteri, bahan organik/substrat berdifusi ke dalam sel dan diambil sebagai makanan. Bakteri berkembang biak ketika makanan dan nutrisi yang cukup tersedia dan kondisi lingkungan mendukung. Bakteri ada di tanah, air dan udara. Ukuran sel bakteri berkisar antara 0,5 hingga 3,0 mikron, tetapi dapat mencapai 15 mikron. Berbagai jenis bakteri yang ditemukan dalam perawatan biologis, dll (Tchobanoglous dan Burton, 2003):

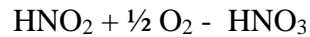
1. Bakteri Nitrifikasi

Bakteri Nitrifikasi berperan dalam proses nitrifikasi. Terdapat 2 macam bakteri nitrifikasi yaitu :

- a. Bakteri *nitrosomonas*, yang berfungsi membentuk nitrit



- b. Bakteri nitro, yang berfungsi membentuk nitrat



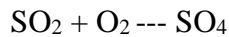
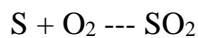
2. Bakteri Denitrifikasi

Bakteri denitrifikasi mempunyai fungsi yang berlawanan dengan bakteri nitrifikasi. Bakteri ini berperan mengubah nitrat dan nitrit menjadi N_2 .

3. Bakteri pereduksi sulfat

Bakteri ini berfungsi untuk mereduksi sulfat yaitu mereduksi SO_4^{2-} menjadi Sulfida (S) disebut juga sebagai *sulphate reducing bacteria* (SRB). Contoh *Desulfovibrio*.

4. Bakteri pengoksidasi sulfur (*Thiobacillus thiooxidans*). Bakteri ini mengoksidasi sulfur dan sulfida menjadi ion sulfat.



5. Bakteri penghidrolisis lipid. Bakteri penghidrolisis lipid mempunyai tugas menghidrolisis molekul lipid menjadi gliserol dan asam lemak (lipid acid).

Contoh: *Bacillus cereus*.

6. Bakteri penghidrolisa urea. Bakteri penghidrolisa urea berfungsi menghidrolisa urea menjadi NH_3OH . Contoh: *Proteus vulgaris*.

7. Bakteri yang mengkonsumsi hidrokarbon. Bakteri ini memecah rantai hidrokarbon menjadi asam organik, alkohol, dan aseton. Contoh: *Pseudomonas*.

8. Bakteri Fermentasi. Bakteri fermentatif bertanggung jawab untuk menghidrolisis polisakarida menjadi mono atau disakarida, asam organik, dan alkohol. Contoh: *Bacillus subcilis*.

2.9 Pengolahan Limbah Cair

PT Berjaya Tapioka Indonesia memiliki beberapa tahapan dalam melakukan pengolahan limbah cair yaitu sebagai berikut: sedimentasi, anaerob, fakultatif dan aerob penanganan limbah tersebut diolah dengan cara fisika dan biologi. Namun, dalam pengolahan limbah cair, tetapi diutamakan pada pengolahan biologis. Pasalnya, pengolahan biologis ini secara biologis mendegradasi konsentrasi komponen organik dan anorganik dalam air limbah dan sistem pengolahan air limbah dengan bantuan mikroorganisme bakteri. Ada beberapa tahapan untuk penanganan limbah cair yaitu :

1) Proses secara fisika (Sedimentasi) kolam 1

Tujuan dari pengolahan ini adalah untuk menghilangkan atau memisahkan kontaminan tersuspensi dalam bentuk padat dari air limbah. Hal ini dilakukan dengan dua metode, filtrasi dan sedimentasi. Proses filtrasi bertujuan untuk memisahkan padatan tersuspensi atau tersuspensi yang berukuran relatif besar, sedangkan proses sedimentasi bertujuan untuk memisahkan padatan secara gravitasi (Indrayani & Rahmah, 2018). Efektivitas proses sedimentasi untuk memisahkan partikel padat dipengaruhi oleh bilangan Reynolds dan bilangan Froude (Asmadi & Suharno, 2012).

2) Pengolahan secara biologis

Proses ini menggunakan mikroorganisme di dalam air untuk memecah kontaminan. Pengolahan air limbah secara biologis dianggap sebagai pengolahan yang paling hemat biaya dan efisien (Indrayani & Rahmah, 2018).

a.) Proses Pengolahan Secara Anaerob

Proses pengolahan air limbah biologis dapat dilakukan dalam kondisi anaerob dan aerob. Proses biologis anaerob dengan kondisi pengolahan air limbah tidak memerlukan udara (kepada udara) atau oksigen. Proses dalam kondisi anaerob dapat rusak atau tidak berfungsi jika masuknya atau tercampurnya oksigen di dalam reaktor. Hal ini terjadi karena kondisi anaerob memerlukan aktivitas bakteri metanogenik. Metanogen terdiri dari bakteri penghasil gas yang tidak dianggap sebagai oksidan metana (Sari, R.P dkk, 2018).

b) Proses Biologis Aerob

Dengan kata lain proses ini adalah proses yang terjadi secara biologis dan oksigen digunakan dalam proses ini. Pada proses aerob dilakukan proses pemurnian air dan memakai proses aerasi untuk menambahkan udara atau oksigen kedalam kontak yang dekat, menggunakan aerator. Pemanfaatan aktivitas bakteri aerob ini tidak memberikan dampak pencemaran terhadap lingkungan. Proses secara aerob air limbah ini akan mudah untuk kontak dengan udara bebas dan mudah kontak dengan sinar matahari.

c) Proses Biologis Secara Fakultatif

Yaitu menunjukkan pada gabungan kondisi aerob dan anaerob dalam tahap ini mikroorganisme masih bisa hidup dengan sedikit adanya oksigen. Kondisi aerob ini terjadi di lapisan atas proses yang terjadi dikolam ini adalah zat organik yang terlarut dalam air, yang dioksidasi oleh bakteri aerob dan fakultatif menggunakan O_2 yang dihasilkan oleh alga yang tumbuh di permukaan air. Sebaliknya, di bagian bawah, kondisi anaerob terjadi dan bahan organik dalam air limbah terurai.

Untuk mengatasi permasalahan air limbah industri dan kandungan tepung tapioka, maka perlu dibangun instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Tujuan utama dari instalasi pengolahan limbah (IPAL) adalah untuk memenuhi standar kualitas air limbah yang ditetapkan oleh badan pengawas dan peraturan nasional dan daerah, dan untuk mengatasi banyak dampak lingkungan berbahaya yang dapat diakibatkan oleh pengolahan limbah yang tidak tepat.

2.10 Standar Baku Mutu air limbah

Dalam pengolahan limbah cair mengikuti Peraturan Daerah Provinsi Lampung No. 11 tahun 2012 tentang baku mutu air limbah sebagai berikut:

Tabel 2. Standar Baku Mutu

Parameter	Standar Baku Mutu	Satuan
BOD	100	mg/L
COD	200	mg/L
TSS	100	mg/L
Sianida (CN)	0,2	mg/L
pH	6-9	-
Debit Air	30m ³ /ton produksi	

Kandungan COD air limbah harus memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Kriteria kualitas adalah tingkat organisme, zat, energi, atau komponen lainnya termasuk kontaminan. Baku mutu air PT Berjaya Tapioka untuk air limbah kegiatan usaha atau industri di Indonesia mengacu pada Peraturan Daerah Provinsi Lampung Nomor 11 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Sebelum limbah dibuang kesungai, ada yang perlu diperhatikan dan diperhitungkan yaitu Perhitungan debit pembuangan air limbah maksimum dan beban limbah maksimum.

A. Debit air limbah maksimum

Menetapkan pembuangan air limbah dengan menentukan maksimum pembuangan air limbah untuk setiap jenis usaha atau kegiatan berdasarkan volume produksi aktual bulanan. Ini menggunakan perhitungan berikut:

$$DM = Dm \times Pb$$

Keterangan :

- DM : Debit air limbah maksimum yang dibolehkan bagi setiap usaha atau kegiatan yang bersangkutan, dinyatakan dalam m³/bulan.
- Dm : Debit air limbah maksimum yang sesuai dengan jenis usaha atau kegiatan yang bersangkutan, dinyatakan dalam m³ limbah cair persatuan produk.
- Pb : Produksi sebenarnya dalam sebulan, dinyatakan dalam satuan untuk jenis usaha atau kegiatan yang bersangkutan.

Debit limbah baku cair yang sebenarnya dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$DA = Dp \times H$$

Keterangan:

DA : Debit air limbah yang sebenarnya, dinyatakan dalam m^3 /bulan

Dp : Hasil pengukuran debit air limbah, dinyatakan dalam m^3 /hari

H : Jumlah hari kerja pada bulan yang bersangkutan.

Catatan : $DA < DM$

B. Beban Pencemaran

Penerapan baku mutu air limbah untuk pembuangan dengan menentukan beban pencemaran maksimum pada setiap jenis usaha atau kegiatan didasarkan pada jumlah pencemar yang terkandung dalam aliran air limbah. Ini menggunakan perhitungan berikut:

$$a) \text{ BPM} = (\text{CM}) \times \text{Dm} \times f$$

Keterangan :

BPM : Beban Pencemaran Maksimum per satuan produk, dinyatakan dalam kg parameter per satuan produk

(CM)_j : Kadar maksimum unsur pencemar j, dinyatakan dalam mg/l

Dm : Debit air limbah maksimum sesuai dengan jenis usaha dan/atau kegiatan yang bersangkutan, dinyatakan dalam m^3 air limbah per satuan produk.

f : Faktor konversi $1.000L/m^3 \times 1 \text{ kg} / 1.000.000 \text{ mg} = 1/1.000$

Beban pencemaran maksimum sebenarnya dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$(\text{BPA}) = (\text{CA})_j \times \text{DA} / \text{Pb} \times f$$

Keterangan:

BPA : Beban pencemaran sebenarnya, dinyatakan dalam kg parameter per satuan produk.

(CA)_j : Kadar sebenarnya unsur pencemar j, dinyatakan dalam mg/l

DA : Debit air limbah sebenarnya, dinyatakan dalam m^3 /bulan.

Pb : Produksi sebenarnya dalam sebulan, dinyatakan dalam satuan produk untuk usaha atau kegiatan yang bersangkutan.

F : Faktor konversi = $1/1.000$

$$b) (\text{BPM}_i) = \text{BPM} \times \text{Pb} / \text{H}$$

Keterangan :

- BPMi : Beban Polusi Maksimum per hari diperbolehkan untuk usaha atau kegiatan yang bersangkutan, dinyatakan dalam kg/hari.
- Pb : Produksi sebenarnya dalam sebulan, dinyatakan dalam satuan produk.
- H : Jumlah hari kerja pada bulan yang bersangkutan.

Beban Pencemaran Maksimum yang sebenarnya dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$(BPAi) = (CAI) \times Dp \times f$$

Keterangan :

- BPAi : Beban pencemaran/hari yang sebenarnya, dinyatakan dalam kg/hari.
- (CAI) : Kadar sebenarnya unsur pencemar j, dinyatakan dalam mg/l.
- Dp : Hasil pengukuran debit limbah cair, dinyatakan dalam m³/hari.
- F : Faktor konversi 1/1.000

