

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Singkong merupakan salah satu komoditas produk bahan baku industri makanan, farmasi tekstil dan lain-lain. Buah singkong memiliki kaya karbohidrat dan juga energi. Selain menghasilkan tepung tapioka, pengolahan buah singkong menjadi tepung tapioka juga menghasilkan limbah yang akan menimbulkan masalah, baik limbah padat maupun limbah cair. Gas metan (CH_4) merupakan gas rumah kaca dengan dampak 20 kali jauh lebih berbahaya dibandingkan gas carbon dioxide (CO_2) (Saputra *et al.*, 2016). Proses produksi pembuatan tepung tapioka membutuhkan air yang sangat banyak untuk memisahkan pati dari serat. Selain itu air digunakan saat proses pengupasan, pencucian bahan baku dan pengendapan pati dari air.

Kebutuhan air dari proses yaitu 40-60 m^3/ton tapioka yang diproduksi pada perusahaan. Sedangkan kualitas limbah cair yang dihasilkan dari proses tersebut rata-rata adalah sebagai berikut BOD: 3000-7500 mg/L, COD: 7000-30000 mg/L (Saputra *et al.*, 2016). Limbah padat dari industri tapioka belum mengalami dampak lingkungan, karena dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, pupuk dan *dressing*. Sedangkan limbah cair dari proses tersebut memberikan dampak terhadap lingkungan serta ekosistem sekitar. Air limbah industri tapioka berupa suspensi berwarna putih kekuningan dan berbau khas singkong saat masih segar, namun air limbah yang tidak diolah menjadi berwarna hitam keabu-abuan dan berbau tidak sedap. Limbah tapioka mengandung padatan tersuspensi dan terlarut serta bahan organik dalam jumlah besar yang mengalami perubahan fisika, kimia dan biologi yang mengarah pada pembentukan zat beracun serta pertumbuhan dan perkembangan bakteri. Permasalahan kualitas air sering terjadi, terutama sebagai hasil samping dari proses industri yang tidak memenuhi syarat baku mutu air limbah. Air limbah tapioka umumnya mengandung kadar BOD dan COD yang cukup tinggi. Kadar BOD dan COD pada air limbah industri tapioka ini dapat mengakibatkan pencemaran air tanah, pencemaran udara, dan tanah di sekitarnya

sehingga menyebabkan tanaman menjadi kering dan tumbuh tidak semestinya. Tidak hanya itu saja, apabila limbah tersebut langsung dibuang ke sungai maka memberikan dampak pada ekosistem di air sungai dan sekitarnya.

Berdasarkan masalah di atas maka perlu dilakukan penelitian yang berkaitan dengan penurunan kadar BOD dan COD dengan menggunakan metode aerasi melalui media *fine bubble diffuser*. Metode yang saat ini sering digunakan hanya menggunakan aerator yang belum dimodifikasi dengan teknologi yang berkembang disaat ini. Pada penelitian yang terdahulu telah dilakukan menggunakan aerator biasa namun dengan hasil yang belum maksimal (Vitricia *et al.*, 2022). Kemudian untuk metode *coarse bubble diffuser* menghasilkan tingkat perputaran yang tinggi sehingga alirannya cenderung turbulen, sehingga cocok digunakan pada industri air minum (Alkhalidi dan Amano, 2012). Hal ini tentu berbeda dengan *fine bubble diffuser* yang aliran udara dan airnya cenderung ke arah laminar, sehingga ketika diaplikasikan pada kolam aerasi diharapkan akan maksimal. *Fine bubble diffuser* terbagi menjadi tiga jenis, antara *dome*, *disk* dan *tube* (pipa). Pada penelitian ini menggunakan *fine bubble diffuser* jenis *tube* yang akan dimodifikasi menggunakan metode *micro*, hal ini diharapkan akan dapat menghasilkan gelembung-gelembung udara lebih halus yang nantinya terdistribusi lebih merata dan seragam (Akli *et al.*, 2022).

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah metode *fine bubble aerator* efektif dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair industri Tapioka?
2. Apakah waktu aerasi limbah cair tapioka berpengaruh pada kadar COD dan BOD?
3. Apakah *flowrate* aerator berpengaruh pada kadar BOD dan BOD?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh *flowrate* aerator dan waktu terhadap penurunan nilai BOD dan COD.
2. Mengetahui efektivitas metode *Micro Fine Bubble Aerator Tipe Tube Diffuser* dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair tapioka.

1.4 Kerangka Pemikiran

Air limbah tapioka umumnya mengandung kadar BOD dan COD yang cukup tinggi. Kadar BOD dan COD pada air limbah industri tapioka ini dapat mengakibatkan pencemaran air tanah, pencemaran udara, dan tanah di sekitarnya sehingga menyebabkan tanaman menjadi kering dan tumbuh tidak semestinya. Tidak hanya itu saja, apabila limbah tersebut langsung dibuang ke sungai maka memberikan dampak pada ekosistem di air sungai dan sekitarnya. Berdasarkan masalah diatas maka perlu dilakukan penelitian yang berkaitan dengan penurunan kadar BOD dan COD.

Metode yang saat ini sering digunakan hanya menggunakan aerator yang belum dimodifikasi dengan teknologi yang berkembang disaat ini. Pada penelitian yang terdahulu telah dilakukan menggunakan aerator biasa namun dengan hasil yang belum maksimal. Sehingga pada penelitian kali ini peneliti ingin menggunakan *fine bubble diffuser* jenis *tube* yang akan dimodifikasi menggunakan metode *micro*, hal ini diharapkan akan dapat menghasilkan gelembung-gelembung udara lebih halus yang nantinya terdistribusi lebih merata dan lebih seragam, sehingga peneliti berharap mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan uraian di atas, dapat diambil hipotesis penelitian yaitu aerasi dapat digunakan dalam proses penurunan kadar BOD dan COD pada limbah cair tapioka.

1.6 Kontribusi Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat dan juga kontribusi:

1. Bagi penulis, diharapkan dapat mengimplementasikan dalam bidang penelitian kimia serta menambah wawasan berupa ilmu pengetahuan tentang teknologi pengolahan limbah khususnya untuk limbah tapioka.
2. Bagi Kampus Politeknik Negeri Lampung, sebagai referensi mahasiswa lainnya yang akan melakukan uji penelitian dan menambah ilmu pengetahuan wawasan mengenai pengolahan limbah
3. Bagi masyarakat yang memiliki home industri tapioka ataupun perusahaan tapioka sebagai edukasi masyarakat dan wawasan pengetahuan tentang teknologi pengolahan limbah cair tapioka sehingga tidak lagi hanya dibuang ke aliran sungai.
4. Bagi pemerintah, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk mengurangi dan menekan peningkatan pencemaran air sungai khususnya yang disebabkan oleh limbah cair tapioka.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Tapioka

Industri tapioka merupakan salah satu industri yang dominan di Provinsi Lampung. Bahan baku utama industri ini adalah singkong yang biasanya diperoleh dari petani dan perkebunan inti rakyat yang dimiliki oleh industri tersebut. Industri tepung tapioka adalah tergolong industri yang biasa dikelola dalam bentuk industri kecil, industri menengah maupun industri besar. Industri tapioka adalah salah satu industri yang banyak menghasilkan limbah dalam bentuk padat maupun cair.

Industri pengolahan produk pertanian menghasilkan limbah sebagai produk sampingan, berkaitan dengan limbah yang dihasilkan tersebut pemerintah membuat batasan-batasan yang disusun dalam suatu undang-undang dalam upaya untuk menjaga kelestarian lingkungan dan keseimbangan ekosistem di sekitar industri tempat dihasilkannya limbah tersebut. Hal ini mengisyaratkan adanya pengolahan terhadap limbah yang dihasilkan sebelum dibuang ke lingkungan sekitar perusahaan. Pengolahan limbah dapat menimbulkan beban biaya bagi perusahaan yang bersangkutan, biaya tersebut dapat berupa biaya investasi alat, lahan dan biaya operasional sehingga perusahaan harus berupaya menggunakan cara yang paling efektif dan efisien dalam kegiatan tersebut. Secara umum ada tiga metode pengolahan limbah yaitu secara fisik, biologis dan kimiawi, tetapi dalam pelaksanaannya cara yang dilakukan dapat salah satu atau gabungan dari dua atau tiga cara yang ada (Mukminin *et al.*).

2.2 Limbah Cair Industri Tapioka

Limbah cair industri tapioka dihasilkan dari proses kegiatan pencucian dan penguapan. Kandungan dari limbah tersebut diantaranya padatan tersuspensi, kasar dan halus terbanyak serta senyawa organik. Pemekatan dan pencucian pati dengan *sentrifuge* menghasilkan limbah cukup banyak juga dengan kandungan padatan tersuspensi halus yang cukup tinggi.

Kehadiran zat-zat tersebut dalam limbah cair dapat menimbulkan gangguan-gangguan seperti menyebabkan perubahan rasa dan bau yang tidak sedap, menimbulkan penyakit (contohnya gatal-gatal), mengurangi estetika sungai, menurunkan kualitas air sumur di sekitar pabrik tapioka.

Limbah merupakan salah satu produk samping yang bernilai sangat rendah ketika belum mengalami *treatment* lanjutan. Seiring dengan pesatnya pertumbuhan penduduk dan pesatnya proses industrialisasi, pencemaran lingkungan akibat dari limbah juga akan memperburuk kualitas lingkungan. Ruang hidup yang sempit, kondisi sanitasi yang buruk dan air limbah yang dibuang langsung ke lingkungan merupakan sumber utama pencemaran. Secara sederhana, limbah dapat didefinisikan sebagai air limbah yang berasal dari aktivitas manusia dan mengandung banyak polutan berbahaya secara langsung dan dalam jangka panjang. Berdasarkan sumbernya, limbah dapat dibagi menjadi limbah rumah tangga dan limbah industri, sedangkan limbah yang tercemar dapat dibagi menjadi polutan organik dan anorganik (Uyun, 2012).

Limbah cair dapat didefinisikan sebagai sampah cair dari proses industri atau kegiatan manusia lainnya. Limbah cair dapat dibedakan menjadi beberapa golongan yaitu limbah rumah tangga, limbah pertanian, dan limbah industri. (Uyun, 2012).

2.3 Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka

Berbagai teknik pengolahan air buangan untuk menyisahkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, pengolahan secara biologi. Untuk suatu jenis air buangan tertentu, ketiga metode pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau secara kombinasi (Budiarsa, 2015).

a. Pengolahan Limbah Cair Secara Fisika

Pengolahan limbah ini dilakukan pada limbah cair dengan kandungan bahan limbah yang dapat dipisahkan secara mekanis langsung tanpa penambahan bahan kimia atau melalui penghancuran secara biologis. Pengolahan limbah cair secara

fisika yang umum dilakukan seperti *screening* (penyaringan), sedimentasi, flokulasi, *mixing*, pengendapan, pengapungan dan filtrasi.

b. Pengolahan Limbah Cair Secara Kimia

Pengolahan ini merupakan proses pengolahan limbah dimana penguraian atau pemisahan bahan yang tidak diinginkan berlangsung dengan adanya mekanisme reaksi kimia (penambahan bahan kimia ke dalam proses). Pengolahan limbah cair secara kimia yang umum dilakukan seperti pengendapan secara kimia, perpindahan gas, adsorpsi, desinfeksi, dan deklinasi.

c. Pengolahan Limbah Cair Secara Biologis

Pengolahan ini merupakan sistem pengolahan yang didasarkan pada aktivitas mikroorganisme dalam kondisi anaerobik atau aerobik ataupun penggunaan organisme untuk menguraikan senyawa kimia dalam limbah.

2.4 Metode Aerasi

Aerasi adalah penambahan oksigen ke dalam air sehingga oksigen terlarut di dalam air semakin tinggi. Aerasi merupakan langkah dalam pengolahan air limbah di mana udara ditambahkan ke air limbah untuk tujuan pencampuran dan untuk meningkatkan pertumbuhan biologis. Aerasi bertujuan untuk melarutkan oksigen ke dalam air limbah sehingga mikroorganisme dapat memanfaatkannya saat mereka memecah bahan organik. Pada prinsipnya aerasi itu mencampurkan air dengan udara atau bahan lain sehingga air yang beroksigen rendah kontak dengan oksigen atau udara (Amelia Simbolon *et al.*, 2019). Dalam proses pengolahan air limbah, aerasi memasukkan udara ke dalam cairan, menyediakan lingkungan aerobik untuk degradasi bahan organik oleh mikroba. Tujuan aerasi adalah untuk memasok oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme yang sedang dalam proses metabolisme dan juga untuk memberikan pencampuran sehingga mikroorganisme dapat menguraikan bahan organik tersebut.

Proses pengolahan limbah dengan metode aerasi termasuk pengolahan secara fisika, karena lebih mengutamakan unsur mekanisasi dari pada unsur biologi. Metode aerasi merupakan proses pengolahan dimana air akan mengalami kontak erat dengan udara dengan tujuan meningkatkan kandungan oksigen dalam air

tersebut. Semakin meningkatnya oksigen didalam limbah diharapkan zat-zat dalam limbah mudah menguap seperti hidrogen sulfida dan metana yang mempengaruhi rasa dan bau. Selain itu juga, kandungan karbon dioksida dalam air limbah akan berkurang (Alkhalidi dan Amano, 2012).

Jenis aerasi yang sering digunakan dalam pengolahan *waste water treatment* seperti *fine bubble diffuser* dan *coarse bubble diffuser*. Bentuk tipe dari aerasinya juga terdapat berbagai jenis seperti *tube diffuser*, *disc diffuser*, *plate diffuser* dan *aeration systems*. Pada umumnya semua jenis aerator tersebut sama fungsinya yaitu *waste water treatment*. Rata-rata keseluruhan *diffuser* yang diaplikasikan di lapangan dapat diterapkan dengan baik di kedalaman air 3 hingga 8 meter untuk dilapangan hal ini bertujuan untuk memastikan kontak udara-air yang baik untuk efisiensi transfer oksigen yang optimal. Luas permukaan dan konsentrasi oksigen dalam air merupakan faktor utama yang mempengaruhi transfer oksigen dari gelembung ke air di sekitarnya (Alkhalidi dan Amano, 2012).

a) *Fine Bubble Diffuser*

Sistem *diffuser* pada *fine bubble* memiliki gelembung halus yang lebih banyak dibanding dengan jenis *coarse. Diffuser* jenis ini dapat menghasilkan massa oksigen dua kali lebih banyak dengan udara setengah lebih banyak daripada diffuser kasar (Harfadli, 2019).

Diffusers membran gelembung halus melepaskan gelembung berdiameter lebih kecil selama proses aerasi daripada *diffuser* gelembung kasar. *Diffuser* gelembung halus biasanya menyebarkan gelembung dengan diameter 1 hingga 3 mili meter. Gelembung-gelembung ini memberikan 2% atau lebih selama proses aerasi, dua kali jumlah oksigen yang dapat dihasilkan oleh *diffuser* gelembung kasar (*BSI Standards Publication Fine Bubble Technology-General Principles for Usage and Measurement of Fine Bubbles*, 2017).

Diffuser jenis *fine bubble* juga memiliki pori lebih halus yang dapat menghasilkan banyak gelembung kecil. Gelembung kecil tersebut naik lebih lambat daripada gelembung yang lebih besar, memungkinkan udara dan air bergabung untuk waktu yang lebih lama dan menyebarkan lebih banyak oksigen ke seluruh air. Selain itu, gelembung kecil yang melimpah dapat menutupi area permukaan yang lebih besar daripada beberapa gelembung besar.

b) *Coarse Bubble Diffuser*

Diffuser pada *coarse bubble* ini memiliki gelembung yang lebih kasar dibandingkan dari *fine bubble diffuser*. Selain ukuran gelembung yang lebih besar dari jenis *fine bubble*, kecepatan gelembung naik juga lebih cepat ke permukaan dan memiliki bentuk aliran turbulen. Aliran namun keunggulan dari jenis *coarse bubble diffuser* dapat menghilangkan penyumbatan dalam sistem. Keunggulan lainnya terdapat pada *maintenance* yakni sangat mudah dan murah dibanding jenis lainnya terutama pada *fine bubble diffuser* (Alkhalidi dan Amano, 2012).

Teknologi pengolahan air limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengolahan biologis, fisik dan kimia. Ada beberapa parameter yang harus diperhatikan sebelum melakukan penelitian ini, diantaranya pH, suhu, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), DO (*Dissolved Oxygen*), padatan tersuspensi (TSS) dan padatan terlarut (TDS).

1. pH

Nilai pH ditentukan oleh konsentrasi ion hidrogen dalam air. Semakin tinggi konsentrasi ion hidrogen dalam air, semakin rendah nilai pH dan semakin beracun air. Nilai pH juga dapat dipengaruhi oleh suhu semakin tinggi nilai suhu maka nilai pH juga bertambah meskipun tidak begitu signifikan (Pratami, 2019).

Sebagian besar bioma akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan lebih menyukai kondisi pH berkisar antara 7,0 hingga 8,5. Kondisi pH sangat mempengaruhi dinamika kimia unsur/senyawa dan proses biokimia air. Misalnya, proses nitridasi terhambat dengan menurunkan pH air namun, logam berat bersifat ionik dan meningkatkan tingkat toksisitas pada pH rendah. Penurunan pH air mulai dari pH 6 mempengaruhi kelimpahan plankton dan keanekaragaman hayati bentik, sedangkan pH di bawah 5 mempengaruhi penurunan yang signifikan dalam *biomassa zooplankton* dan peningkatan *filament* alga hijau, dan pada pH 4, sebagian besar tanaman hijau akan mati (Budiarsa, 2015).

2. Suhu

Perubahan suhu air mempengaruhi kehidupan akuatik. Naik turunnya suhu air dipengaruhi oleh ketinggian tempat, komposisi substrat, kekeruhan, curah hujan, angin, suhu air limbah, dan reaksi kimia yang terjadi di dalam air. Kenaikan suhu 10°C dapat membuat ikan tertekan dan laju metabolismenya dua kali lipat. Suhu

optimal untuk beberapa moluska adalah 20°C apabila di luar batas ini, aktivitas vital menurun. (Budiarsa, 2015). Suhu air limbah biasanya lebih tinggi dari suhu air normal karena jumlah oksigen terlarut dalam air limbah lebih rendah dari jumlah oksigen terlarut dalam air biasa. Suhu limbah cair yang akan dibuang harus $\pm 30^\circ\text{C}$ relatif terhadap suhu udara. Penurunan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan organisme.

3. BOD

BOD atau *Biological Oxygen Demand* menggambarkan kebutuhan oksigen biologis untuk memecah bahan buangan di dalam air oleh mikroorganisme. BOD atau *Biological Oxygen Demand* adalah tingkat permintaan oksigen oleh makhluk hidup dalam air tersebut. Semakin tinggi nilai maka semakin banyak mikroba dan membuat DO turun. BOD adalah suatu pengukuran pendekatan jumlah biokimia yang terdegradasi di perairan. Hal ini didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang diperlukan oleh proses mikroorganisme aerob untuk mengoksidasi menjadi bahan anorganik. Metode ini merupakan subyek dari berbagai faktor sebagai misalnya kebutuhan O_2 yang diperlukan respirasi mikroorganisme dan *oksidasi ammonia*, nitrat oleh aktivitas bakteri. Air yang tidak terpolusi biasanya mempunyai BOD 2 mg/l, air yang menerima buangan limbah mempunyai BOD > 10 mg/l khususnya di dekat *intake*. Air limbah mempunyai kadar BOD sekitar 600 mg/l, limbah yang telah diperlakukan dengan baik mempunyai kadar BOD sekitar 20 mg/l.

4. COD

COD atau *Chemical Oxygen Demand* menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan kimia secara kimiawi, baik yang dapat terurai secara hayati maupun yang sulit terurai. Pengukuran COD didasarkan pada kenyataan bahwa dalam lingkungan asam, hampir semua bahan organik dapat dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air dengan bantuan oksidan kuat kalium dikromat (Budiarsa, 2015). Kadar COD pada badan air yang tidak tercemar biasanya di bawah 20 mg/L. Sedangkan pada badan air yang tercemar lebih dari 200 mg/L, pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L (Budiarsa, 2015). Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks, karena menggunakan peralatan khusus *reflux* penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi (APHA, 1989, Umayl

dan Cuvin, 1988). Peralatan *reflux* diperlukan untuk menghindari berkurangnya air sampel karena pemanasan. Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium dikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium dikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan. Kelemahannya, senyawa kompleks anorganik yang ada di perairan yang dapat teroksidasi juga ikut dalam reaksi, sehingga dalam kasus-kasus tertentu nilai COD mungkin sedikit *overestimate* untuk gambaran kandungan bahan organik BOD.

5. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid adalah padatan yang terkandung dalam air dan bukan merupakan larutan, bahan ini dibedakan dari padatan terlarut dengan cara uji filtrasi laboratorium, dan memiliki Satuan mg/l. TSS terdiri atas komponen *settleable*, *floating* dan *non-soluble* (suspensi koloid). TSS lazimnya mengandung senyawa organik dan anorganik. Satu ciri dari TSS adalah berkaitan dengan karakteristik turbiditas. TSS sangat penting karena pengaruhnya terhadap kualitas estetika, filtrasi (penjernihan) dan desinfeksi serta potensial dampaknya terhadap ekosistem akuatik. Pada umumnya air yang mengandung banyak TSS kurang bagus ditinjau dari sudut pandang estetika, lebih sulit dan mahal untuk menjernihkannya, dan memerlukan lebih banyak bahan kimia untuk dis-infeksinya. TSS yang berlebihan dapat membahayakan jasad akuatik lainnya melalui penyelimutan insang, reduksi radiasi matahari, dan selanjutnya akan berpengaruh pada rantai makanan alami.

6. *Total Dissolved Solid (TDS)*

Total Dissolved Solid (TDS) yaitu ukuran zat terlarut (baik itu zat organik maupun anorganik) yang terdapat pada sebuah larutan. Umumnya berdasarkan definisi di atas seharusnya zat yang terlarut dalam air (larutan) harus dapat melewati saringan yang berdiameter 2 mikrometer (2×10^{-6} meter). Aplikasi yang umum digunakan adalah untuk mengukur kualitas cairan biasanya untuk pengairan, pemeliharaan aquarium, kolam renang, proses kimia, dan pembuatan air mineral. Setidaknya, kita dapat mengetahui air minum mana yang baik dikonsumsi tubuh,

ataupun air murni untuk keperluan kimia misalnya pembuatan kosmetika, obat-obatan, dan makanan (Misnani, 2010).

Industri primer pengolahan hasil hutan merupakan salah satu penyumbang limbah cair yang berbahaya bagi lingkungan. Bagi industri-industri besar, seperti industri *pulp* dan kertas, teknologi pengolahan limbah cair yang dihasilkannya mungkin sudah memadai tidak demikian bagi industri kecil atau sedang. Namun demikian, mengingat penting dan besarnya dampak yang ditimbulkan limbah cair bagi lingkungan. Penerapan teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Adapun macam teknologi pengolahan air limbah domestik maupun industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara oleh masyarakat setempat. Jadi teknologi pengolahan yang dipilih harus sesuai dengan kemampuan teknologi masyarakat yang bersangkutan (Budiarsa, 2015).

2.5 Teknik Sampling Limbah Cair

Teknik sampling limbah cair adalah proses pengambilan sejumlah volume suatu badan air yang akan diteliti, dengan jumlah sekecil mungkin, tapi masih mewakili yaitu masih mempunyai sifat-sifat yang sama dengan badan air tersebut. Berdasarkan SNI 6989.59:2008 teknik sampling limbah cair dapat dibedakan menjadi:

1. Contoh Sesaat (*grab sample*)

Air limbah yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu.

2. Contoh Gabungan Waktu

Campuran Contoh yang diambil dari titik pada waktu yang berbeda, dengan volume yang sama.

3. Contoh Gabungan Tempat

Campuran contoh yang diambil dari titik yang berbeda pada waktu yang sama, dengan volume yang sama.

4. Contoh Gabungan Waktu Dan Tempat

Campuran contoh yang diambil dari beberapa titik dalam satu lokasi pada waktu yang berbeda, dengan volume yang sama.

5. Contoh Duplikat

Contoh yang diambil dari titik pengambilan yang sama dengan rentang waktu antar pengambilan yang sekecil mungkin, duplikat contoh digunakan untuk menguji ketelitian tata kerja pengambilan contoh.

6. Contoh yang Diperkaya (*spike sample*)

Contoh yang ditambah dengan standar yang bersertifikat dalam jumlah tertentu untuk keperluan pengendalian mutu.

7. Contoh yang Terbelah (*split sample*)

Contoh dikumpulkan dalam satu wadah, dihomogenkan dan dibagi menjadi dua atau lebih sub contoh dan diperlukan seperti contoh, selanjutnya dikirim ke beberapa laboratorium berbeda. Baku mutu limbah cair tapioka dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Tapioka

Parameter	Kadar Maksimal
BOD	150 mg/L
COD	300 mg/L
TSS	100 mg/L
pH	6,0-9,0

Sumber: PERMEN LH NO 5 TAHUN 2014

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh para peneliti menjadi salah satu pendukung referensi pada proses pengerjaan penelitian ini seperti yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Penelitian Terdahulu

Judul	Metode	Hasil
Efektivitas metode aerasi dalam menurunkan kadar <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD) air limbah laundry	Jenis penelitian ini adalah Eksperimen Semu atau Quasi Eksperimen.	Penurunan kandungan BOD air limbah laundry memiliki perbedaan yang signifikan. Waktu aerasi selama 90 menit dikatakan paling efektif dalam menurunkan BOD air limbah laundry menjadi 97,3 mg/l.
Bubble Deflector to Enhance Fine Bubble Aeration for Wastewater Treatment in Space Usage	Menggunakan Prinsip kerja Bubble	Deflector gelembung menunjukkan hasil yang meningkat dan juga dengan kandungan oksigen yang meningkat. Namun terdapat kelemahan dalam penelitian ini yakni gelembung belum tersebar secara merata.

Judul	Metode	Hasil
Modification of the Bubble Aerator and Filtration Method in Reducing TSS and COD Levels on Domestic Liquid Waste in Pemuda Street, Tanjungpinang City	Menggunakan Prinsip Kerja <i>Aerator System</i>	Hasil fisik air limbah domestik sebelum perlakuan berbau dan berwarna hitam keabuan, sedangkan sesudah perlakuan metode modifikasi bubble aerator dan filtrasi air limbah domestik sudah tidak berbau dan tidak berwarna. Hasil analisis bivariat pada penelitian ini diketahui bahwa penggunaan modifikasi metode bubble aerator dan filtrasi dalam menurunkan kadar TSS dan COD diperoleh penurunannya 0,342 mg/liter dan 0,448 mg/liter.
Estimasi Koefisien Transfer Oksigen (KLa) pada Metode Aerasi <i>Fine bubble diffuser</i> : Studi Kasus Pengolahan Air Lindi TPA Manggar Kota Balikpapan	Menggunakan Metode <i>Fine Bubble Aeration System</i>	Konsentrasi DO dalam air lindi mengalami titik jenuh dalam beberapa waktu sehingga untuk kedepannya diperlukan pengecekan suhu dan kemampuan difusi oksigen.