

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Cair

2.1.1. Pengertian Limbah Cair

Wilgooso 1979 mendefinisikan air limbah sebagai *Wastewater is water carrying waste from homes, businesses and industries that mixture and dissolved or suspended solids*. Yang artinya limbah cair adalah air kotor yang membawa sampah dari tempat tinggal, bangunan perdagangan, dan industri berupa campuran air dan bahan padat terlarut atau bahan tersuspensi.

Menurut Environmental Protection Agency 1977, air limbah sebagai *wastewater is water carrying dissolved or suspended solids from homes farms businesses and industries*. Yang artinya limbah cair adalah air yang membawa bahan padat terlarut atau tersuspensi dari tempat tinggal, kebun, bangunan perdagangan dan industri.

Menurut Salvato 1982, air limbah adalah air bekas yang berasal dari penyediaan air bersih sudah dicemari berbagai macam penggunaannya.

Limbah adalah sampah cair dari suatu lingkungan masyarakat dan terutama terdiri dari air yang telah dipergunakan dengan hampir 0,1% dari padanya berupa benda-benda padat yang terdiri dari zat organik dan bukan organik (Mahida,1984).

Sedangkan menurut P. Gintings 2005, limbah adalah buangan yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki di lingkungan karena tidak mempunyai nilai ekonomi.

2.1.2. Dampak Limbah

Menurut Said, NI, 1999, ditinjau dari segi kesehatan, secara umum bahaya atau resiko kesehatan yang berhubungan dengan pencemaran air dapat diklasifikasikan menjadi dua, yakni bahaya langsung dan bahaya tidak langsung. Bahaya langsung terhadap kesehatan masyarakat dapat terjadi akibat mengkonsumsi air yang tercemar atau air dengan kualitas yang buruk, baik secara langsung diminium, melalui makanan, bahkan melalui kegiatan sehari-hari, misalnya mencuci peralatan makan, mandi atau rekreasi. Sedangkan bahaya tidak langsung dapat terjadi misalnya akibat mengkonsumsi

hasil perikanan dimana produk-produk tersebut dapat mengakumulasi zat-zat polutan berbahaya. Disamping itu, resiko kesehatan dapat diakibatkan oleh polutan senyawa kimia yang tidak menimbulkan gejala akut, akan tetapi dapat berpengaruh terhadap kesehatan karena adanya pemajanan yang terus menerus pada dosis yang rendah.

Limbah adalah sisa hasil kegiatan sehingga sebelum dibuang harus diolah terlebih dahulu agar tidak menimbulkan efek negatif. Berikut ini adalah dampak/efek yang ditimbulkan dari limbah:

a. Gangguan terhadap kesehatan

Air limbah sangat berbahaya bagi manusia karena terdapat banyak bakteri pathogen dan dapat menjadi media penular penyakit. Selain itu air limbah juga dapat mengandung bahan beracun, penyebab iritasi, bau, suhu yang tinggi serta bahan yang mudah terbakar.

b. Gangguan terhadap kehidupan biotik

Banyak zat yang terkandung didalam air limbah menyebabkan kadar oksigen terlarut dalam air menurun sehingga kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu. Temperatur limbah yang tinggi juga dapat menyebabkan kematian organisme air. Kematian bakteri akan menyebabkan penjernihan air limbah menjadi terhambat dan sukar diuraikan.

c. Gangguan terhadap keindahan

Limbah yang mengandung ampas, lemak, dan minyak akan menimbulkan bau, wilayah sekitar akan licin oleh minyak, tumpukan ampas yang mengganggu, dan gangguan pemandangan.

d. Gangguan terhadap benda

Air limbah yang mengandung gas CO_2 akan mempercepat proses terbentuknya karat pada benda yang terbuat dari besi dan bangunan. Kadar pH limbah yang terlalu rendah atau tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada benda yang dilaluinya. Lemak pada air limbah akan menyebabkan terjadinya penyumbatan dan membocorkan saluran air limbah. Hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan materil karena biaya perawatan yang semakin besar.

(Sugiharto, 1987)

Sedangkan dampak limbah terhadap manusia menurut Mukono (2000), diantaranya adalah yang disebabkan oleh mikrobiologi dalam air. Contoh penyakit yang ditimbulkan antara lain:

1. Tifoid, disebabkan oleh kuman *Salmonella thyposa*
 2. Kolera, disebabkan oleh bakteri *Vibrio kolera*
 3. Leptospirosis, disebabkan oleh *Spirochaeta*
 4. Giardiasis, dapat menimbulkan diare disebabkan oleh sejenis *Protozoa*
 5. Disentri, disebabkan oleh *Entamoeba histolytica*
- Dampak Kandungan pH, BOD, COD, TSS, dan Amonia Dalam Air Limbah Terhadap Kesehatan Manusia

Air limbah merupakan reservoir bagi kehidupan berbagai mikroorganisme termasuk yang pathogen sehingga dapat membawa penyakit pada manusia. Limbah cair yang memiliki nilai BOD dan COD rendah tentunya akan memiliki kandungan organik yang tinggi sehingga memudahkan bakteri-bakteri patogen untuk tumbuh.

Apabila limbah cair yang memiliki nilai BOD dan COD rendah tersebut dibuang ke lingkungan/perairan, maka tentunya akan memiliki kandungan bahan organik tinggi yang telah ditumbuhi bakteri-bakteri patogen beserta hasil metabolismenya yang menimbulkan bau menyengat serta menyebabkan gangguan pada kesehatan manusia maupun hewan yang ada disekitar perairan tersebut (Soemirat, 1994). Kebanyakan penyakit yang timbul adalah penyakit saluran pencernaan seperti *cholera*, *disentri*, *thypus*, dan lainnya.

Sedangkan limbah cair yang mengandung bahan kimia dapat membahayakan kesehatan manusia. Bahan pencemar kimia tersebut dapat menimbulkan penyakit baik secara langsung maupun tidak langsung (Sastrodimedjo, 1985). Kandungan pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi adalah salah satu parameter pencemaran oleh bahan kimia, yang apabila dibuang langsung ke lingkungan akan menimbulkan penyakit. Antara lain penyakit dermatitis (kulit), iritasi pada mata, dan pada titik ekstrim dapat menimbulkan keracunan akut.

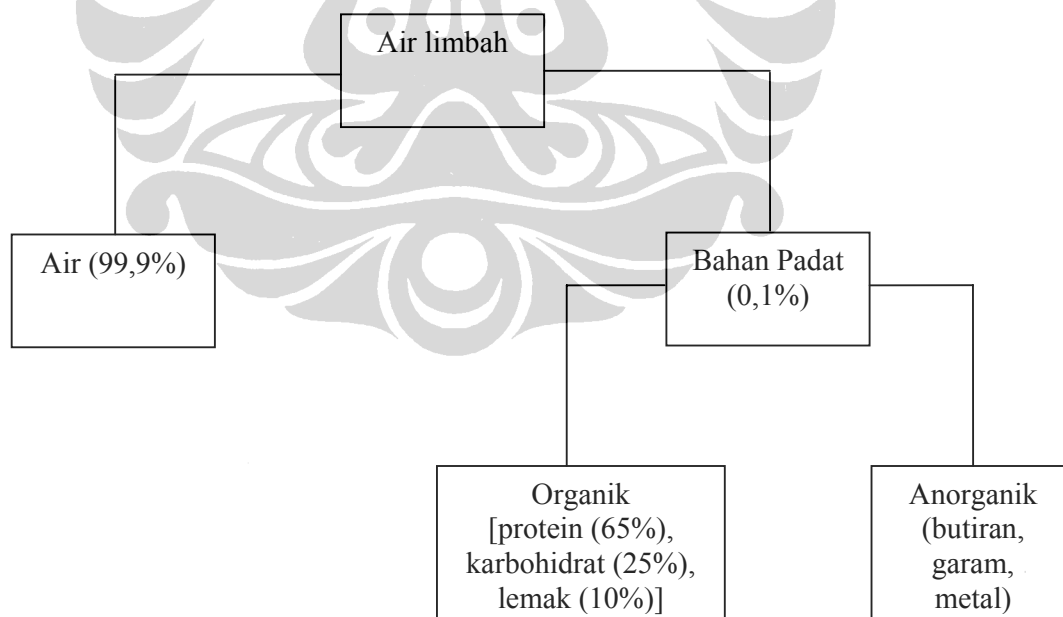
Materi tersuspensi (TSS) mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang dapat masuk ke dalam air. Oleh karenanya, manfaat air dapat berkurang, dan organisme yang butuh cahaya

akan mati. Kematian organisme ini akan mengganggu ekosistem akuatik. Apabila jumlah materi tersuspensi ini akan mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu aliran dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Dapat dimengerti bahwa pengaruhnya terhadap kesehatan pun menjadi tidak langsung (Soemirat, 1994).

Menurut Kusnopranto, 1997, adanya amonia dalam air menunjukkan adanya pencemaran oleh kotoran manusia atau kotoran hewan dalam perairan. Apabila limbah yang mengandung kadar amonia tinggi dibuang langsung ke badan-badan air, maka akan menyebabkan penyakit pada manusia. Jalur penularannya yaitu secara *oral-fecal infection*, bahkan ada pula infeksi secara langsung melalui penetrasi kulit, misalnya penyakit cacing tambang dan *Schistosomiasis*.

2.1.3. Komposisi Air Limbah

Komposisi air limbah tergantung dari sumbernya, tetapi sebagian besar air limbah memiliki komposisi sebagai berikut :



Gambar 1 : Komposisi air limbah (Sugiharto, 1987)

Secara umum bahan pencemar limbah cair dapat dikelompokkan dalam 8 jenis utama yaitu : (Kusnoputranto, 1993)

- a. Limbah yang memerlukan oksigen
- b. Agen-agen penyebab penyakit
- c. Bahan kimia inorganik dan mineral
- d. Bahan kimia organik
- e. Unsur nutrisi tumbuh-tumbuhan terutama nitrat dan fosfat
- f. Sedimen atau endapan (tanah, lumpur, pasir dan bahan-bahan padat dari erosi lahan)
- g. Bahan radioaktif
- h. Panas

2.1.4. Karakteristik Limbah Cair

Karakteristik limbah cair diketahui dari berbagai parameter kualitas limbah cair tersebut. Karakteristik limbah cair dibedakan atas :

1. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik dengan parameter yang penting antara lain :

a. Total zat padat (*total solid*)

Kandungan total zat padat dalam limbah cair didefinisikan sebagai seluruh bahan yang tertinggal dari penguapan pada suhu 103°C sampai 105°C , sedangkan zat padat yang menguap pada suhu tersebut tidak dinyatakan sebagai zat padat. Total zat padat menurut ukurannya dapat dikelompokkan atas *suspended solid* dan *filterable solid*. Termasuk dalam *suspended solid* adalah bila padatan dapat ditahan dengan diameter minimum 1 mikron (1μ). Bagian dari *suspended solid* yang mengendap dalam *Inhoff cone* disebut *settleable solid* yang merupakan taksiran volume lumpur yang dapat dihilangkan melalui proses sedimentasi.

Filterable solid digolongkan atas *colloidal solid* dan *dissolved solid*, tergolong dalam *colloidal solid* adalah partikel yang berukuran antara 1 milimikron ($1\text{ m}\mu$) hingga 1μ . Sedangkan *dissolved solid* terdiri dari molekul dan ion organik maupun anorganik yang terkandung dalam air.

Koloid ini tidak dapat dihilangkan dengan cara pengendapan dengan cara pengendapan biasa. Atas dasar ventilasi pada suhu 600⁰C zat padatan dapat pula dikelompokkan atas *volatile suspended solid (fraksi organik)* yang teroksidasi dan menjadi gas pada suhu tersebut dan *fixed suspended solid (fraksi anorganik)* yang tersisa dan tertinggal sebagai abu.

b. Total Padatan Terlarut (*Total Dissolved Solids*)

Padatan terlarut (*dissolve solids*) ini terdiri dari berbagai macam material yang terlarut di dalam air, diantaranya mineral, garam, logam, serta anion. Sedangkan *Total Dissolved Solids (TDS)* merupakan jumlah dari padatan terlarut yang terdiri garam anorganik (terutama kalsium, magnesium, potassium, sodium, bicarbonates, *chlorides* dan *sulfates*) dan sebagian kecil jumlah organik lain yang larut dalam air.

c. TSS (*Total Suspended Solids*)

TSS (*Total Suspended Solids*) merupakan hasil dari penyaringan padatan terlarut, yang biasanya merupakan partikel koloid, yang pengendapannya dilakukan dengan gravitasi.

d. Bau

Bau limbah cair tergantung dari sumbernya, bau dapat disebabkan oleh bahan-bahan kimia, ganggang, plankton atau tumbuhan dan hewan air baik yang hidup maupun yang mati.

e. Temperatur

Limbah cair mempunyai temperatur lebih tinggi daripada asalnya. Tingginya temperatur disebabkan oleh pengaruh cuaca, pengaruh kimia dalam limbah cair dan kondisi bahan yang dibuang ke dalam saluran limbah.

f. Warna

Warna limbah cair menunjukkan kesegaran limbah tersebut, bila warna berubah menjadi hitam maka hal itu menunjukkan telah terjadi pencemaran.

2. Karakteristik Kimia

Sifat kimia ini disebabkan oleh adanya zat-zat organik didalam limbah cair yang berasal dari buangan manusia. Zat-zat organik tersebut dapat menghasilkan oksigen didalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap. Bahan kimia

penting yang ada dalam limbah cair pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Kandungan Organik

Pada umumnya berisikan kombinasi dari karbon, hydrogen dan oksigen. Elemen yang juga penting diantaranya belerang, fosfat dan besi. Pada umumnya kandungan bahan organik yang dijumpai dalam limbah cair berisikan 40-60% protein, 25-50% karbohidrat 10% serta lainnya berupa lemak atau minyak. Jumlah dan jenis bahan organik yang semakin banyak sebagai contoh dalam pemakain pestisida pertanian akan mempersulit pengelolaan limbah cair karena beberapa zat organik tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (Metcalf dan eddy, 1991).

Untuk menentukan kandungan organik dalam limbah cair umumnya dipakai parameter *biological oxygen demand* (BOD) dan *chemical oxygen deman* (COD).

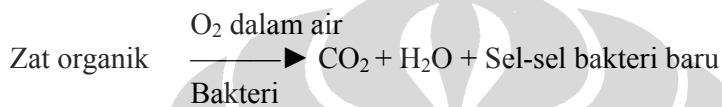
1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses biologis (*biological oxidation*) secara dekomposisi aerobik (Riady, 1984).

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organis yang tersuspensi di dalam air. Pemeriksaan BOD dilakukan untuk menentukan beban pencemaran akibat buangan dan untuk merancang sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar. Prinsip pemeriksaan BOD didasarkan atas reaksi oksidasi zat organis dengan oksigen di dalam air, dan proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri. Sebagai hasil oksidasi akan terbentuk karbon dioksida, air dan amoniak. Dengan demikian zat organis yang ada di dalam air diukur berdasarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengoksidasi zat organis tersebut (Alaerts dan Santika, 1987).

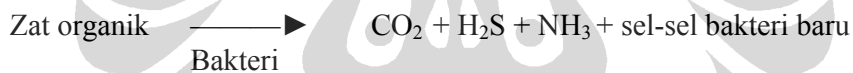
BOD ditentukan dengan mengukur oksigen yang diserap oleh sampel limbah cair akibat adanya mikroorganisme selama satu periode waktu tertentu, biasanya 5 hari, pada satu temperature tertentu, umumnya 20⁰C. Namun untuk negara-negara yang

beriklim tropis temperatur lebih tinggi dapat digunakan untuk mengurangi biaya inkubasi yang memerlukan unit-unit pemanasan dan pendinginan (BOD pada 30⁰C) sesuai untuk bagian-bagian dunia yang temperatur ambientnya cenderung tinggi. Suhu tersebut juga tepat untuk daerah dimana temperatur lebih tinggi digunakan untuk standar penentuan sehingga lamanya pemeriksaan dari 5 hari menjadi 4 hari atau bahkan 3 hari, hal ini akan mengurangi inkubator yang diperlukan karena sampel harus dieramkan pada periode yang lebih pendek. Adapun prosesnya adalah sebagai berikut:



Semakin banyak zat organik yang diuraikan maka semakin banyak pula pemakaian oksigen didalam air, akibatnya akan menuju keadaan yang anerobik kemudian akan menyebabkan bau kurang enak karena timbulnya gas-gas.

Reaksinya adalah sebagai berikut :



Pemeriksaan bakteri BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat limbah cair dan juga diperlukan untuk mendesain sistem untuk pengolahan limbah cair secara biologis disamping banyak dipakai untuk mengetahui cemaran organik (Mahida, 1984).

2.COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan analisis terhadap jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada di dalam 1 liter sampel air dengan menggunakan pengoksidasi KcrO sebagai sumber oksigen. Angka COD yang didapat merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik, dimana secara alami dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologi yang mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Alaerts dan Santika, 1987).

COD atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat organik. Angka COD merupakan ukuran bagi

pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya kandungan oksigen di dalam air. Hasil pengukuran COD dapat dipergunakan untuk memperkirakan *BOD ultimate* atau nilai BOD tidak dapat ditentukan karena terdapat bahan-bahan beracun (Mahida, 1984).

Hubungan antara BOD/COD adalah limbah rumah sakit bisa mengandung bermacam-macam mikroorganisme tergantung pada jenis rumah sakit, tingkat pengolahan yang dilakukan sebelum dibuang dan jenis sarana yang ada (misalnya kandang ternak, laboratorium dan lain-lain).

a. Kandungan Anorganik

1. DO (*Dissolve Oxygen*)

Yang dimaksud adalah oksigen terlarut yang terkandung di dalam air, berasal dari udara dan hasil proses fotosintesis tumbuhan air. Oksigen diperlukan oleh semua makhluk yang hidup di air seperti ikan, udang, kerang dan hewan lainnya termasuk mikroorganisme seperti bakteri.

Agar ikan dapat hidup, air harus mengandung oksigen paling sedikit 5 mg/ liter atau 5 ppm (part per million). Apabila kadar oksigen kurang dari 5 ppm, ikan akan mati, tetapi bakteri yang kebutuhan oksigen terlarutnya lebih rendah dari 5 ppm akan berkembang.

Apabila sungai menjadi tempat pembuangan limbah yang mengandung bahan organik, sebagian besar oksigen terlarut digunakan bakteri aerob untuk mengoksidasi karbon dan nitrogen dalam bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Sehingga kadar oksigen terlarut akan berkurang dengan cepat dan akibatnya hewan-hewan seperti ikan, udang dan kerang akan mati.

2. pH

Konsentrasi ion hidrogen (pH) merupakan parameter penting untuk kualitas air dan air limbah. pH sangat berperan dalam kehidupan biologi dan mikrobiologi (Alaerts dan Santika, 1987).

pH sangat berpengaruh dalam proses pengolahan air limbah. Baku mutu yang ditetapkan sebesar 6-9. Pengaruh yang terjadi apabila pH terlalu rendah adalah penurunan oksigen terlarut, konsumsi oksigen menurun, peningkatan aktivitas

pernapasan serta penurunan selera makan. Oleh karena itu, sebelum limbah diolah, diperlukan pemeriksaan pH serta menambahkan larutan penyangga, agar dicapai pH yang optimal.

3. NH₃ (Ammonia)

Ammonia (NH₃) merupakan senyawa alkali yang berupa gas tidak berwarna dan dapat larut dalam air. Pada kadar di bawah 1 ppm dapat dideteksi adanya bau yang menyengat (Plog; Niland dan Quinland, 1996). Ammonia berasal dari reduksi zat organik (HOCNS) secara mikrobiologis (Hammer, 1996)

Kadar NH₃ yang tinggi di dalam air selalu menunjukkan adanya pencemaran. Dari segi estetika, NH₃ mempunyai rasa kurang enak dan bau sangat menyengat, sehingga kadar NH₃ harus rendah, pada air minum kadar NH₃ harus nol dan pada air permukaan harus dibawah 0,5 mg/l N (Alaerts dan Santika, 1987).

Efek kesehatan dapat terjadi apabila NH₃ telah berubah menjadi nitrat (NO₃) dan nitrit (NO₂) yang akan membahayakan kesehatan. Nitrat dan nitrit dalam jumlah besar dapat menyebabkan gangguan gastrointetinal, diare bercampur darah yang disisl dengan konvulsi, koma dan apabila tidka dapat pertolongan mengakibatkan kematian. Keracunan kronis menyebabkan depresi umum, sakit kepala dan gangguan mental (Soemirat S.J, 1994).

2.1.5. Minimisasi Limbah Cair

Minimisasi limbah dapat dilakukan dengan cara mereduksi pada sumber dan melakukan pemanfaatan limbah. Reduksi pada sumber adalah upaya mengurangi volume, konsentrasi, tingkat bahaya limbah yang dibuang secara langsung pada sumbernya. Reduksi pada sumber dapat berupa modifikasi bahan baku, modifikasi proses, teknologi bersih, *house keeping* dan segregasi limbah (memisahkan limbah menurut komponen dan konsentrasi).

Sedangkan pemanfaatan limbah, yaitu 1) *reuse*, yaitu limbah digunakan kembali untuk penggunaan yang sama tanpa mengalami proses perubahan; 2) *recycle*, yaitu pemanfaatan limbah melalui pengolahan fisik atau kimiawi untuk menghasilkan produk yang sama atau yang lain; 3) *recovery*, yaitu pemanfaatan limbah kembali untuk mendapatkan satu atau lebih komponen yang terkandung dalam air limbah.

2.1.6. Pengolahan Limbah Cair

Jika air limbah yang tidak diolah dibiarkan terakumulasi, maka dekomposisi material organik yang terdapat dalam air limbah dapat menimbulkan gas yang berbau busuk. Selain itu juga mengandung mikroorganisme penyebab penyakit (pathogen) (Metcalf & Eddy Inc,1979).

Tujuan dari pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, dan membunuh mikroorganisme pathogen, serta menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun yang tidak dapat didegradasi (Sugiharto,1987). Air limbah diolah dalam unit pengolahan sehingga air effluennya bisa dibuang ke badan air tanpa menimbulkan gangguan (Kusnoputranto,1997).

Prinsip dasar pengolahan limbah cair adalah menghilangkan atau mengurangi sebesar-besarnya kontaminasi yang terdapat dalam limbah cair sehingga hasil olahan limbah tersebut tidak mengganggu lingkungan apabila dibuang ke tanah atau badan air penerima.

Menurut Moersidik 1996, tujuan pengolahan limbah cair adalah :

1. Mengurangi jumlah padatan tersuspensi
2. Mengurangi jumlah padatan terapung
3. Mengurangi jumlah bahan organik
4. Membunuh bakteri pathogen
5. Mengurangi jumlah bahan kimia yang berbahaya dan beracun
6. Mengurangi unsure nutrisi (N dan P) yang berlebihan
7. Mengurangi unsur lain yang dianggap dapat menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem.

2.1.6.1 Klasifikasi Pengolahan Limbah Cair

Pada prinsipnya metode proses pengolahan limbah dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis proses, yaitu proses fisika, proses kimia, dan proses biologi. Seringkali ketiga proses ini dikombinasikan, namun umumnya dapat juga proses ini dianggap terpisah. Penerapan masing-masing jenis pengolahan limbah, tergantung pada kualitas air baku dan kondisi fasilitas yang tersedia. Berikut adalah kontaminan yang umum ditemukan dalam air limbah serta sistem pengolahan yang sesuai untuk menghilangkannya.

Tabel 1: Sistem pengolahan untuk menghilangkan bahan pencemar dalam air limbah

Kontaminan	Sistem Pengolahan	Klasifikasi
Padatan tersuspensi	Screening dan <i>communitation</i>	Fisika
	Sedimentasi	Fisika
	Flotasi	Fisika
	Filtrasi	Fisika
	Koagulasi/sedimentasi	Kimia/fisika
	<i>Land treatment</i>	Fisika
<i>Biodegradable organiks</i>	Lumpur aktif	Biologi
	<i>Trickling filters</i>	Biologi
	<i>Rotating biological contractors</i>	Biologi
	<i>Aerated lagoon</i> (kolam aerasi)	Biologi
	Saringan pasir	Fisika/Biologi
	<i>Land treatment</i>	Biologi/ Kimia/fisika
<i>Pathogens</i>	Klorinasi	Kimia
	Ozonisasi	Kimia
	<i>Land treatment</i>	Fisika
Nitrogen	<i>Suspended-growth nitrification and denitrification</i>	Biologi
	<i>Fixed-film nitrification and denitrification</i>	Biologi
	<i>Ammonia stripping</i>	Kimia/fisika
	<i>Ion exchange</i>	Kimia
	Breakpoint khlorinasi	Kimia
	<i>Land treatment</i>	Biologi/ Kimia/fisika
Phospor	Koagulasi garam logam /sedimentasi	Kimia/fisika
	Koagulasi kapur /sedimentasi	Kimia/fisika
	<i>Biological/chemical phosphorus removal</i>	Biologi/ Kimia
	<i>Land treatment</i>	Kimia/fisika
<i>Refractory organiks</i>	Adsorpsi karbon	Fisika
	<i>Tertiary ozonation</i>	Kimia
	Sistem <i>land treatment</i>	Fisika
Logam berat	Pengendapan kimia	Kimia
	Ion exchange	Kimia
	<i>Land treatment</i>	Fisika
Padatan inorganik terlarut	<i>Ion exchange</i>	Kimia

	<i>Reverse osmosis</i>	Fisika
	elektrodialisis	Kimia

2.2. Limbah Cair Industri Pangan

Pada umumnya, limbah industri pangan tidak membahayakan kesehatan masyarakat, karena tidak terlibat langsung dalam perpindahan penyakit. Akan tetapi kandungan bahan organiknya yang tinggi dapat bertindak sebagai sumber makanan untuk pertumbuhan mikroba (Laksmi dan Rahayu, 1993).

Walaupun tidak terlibat langsung dalam perpindahan penyakit, kehadiran limbah cair industri pangan dalam jumlah yang besar tidak dapat dibiarkan begitu saja, karena cepat atau lambat dapat menimbulkan masalah.

Teknologi yang dapat diterapkan untuk memenuhi persyaratan effluent untuk industri pangan (Loehr, 1977), disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2 : Teknologi Pengolahan Limbah Untuk Industri Pangan

Jenis industri	Teknologi
Produk susu	Penanganan biologik, pengendalian di dalam pabrik, filtrasi pasir
Penggilingan biji-bijian	Penanganan biologik, pengendalian di dalam pabrik, filtrasi pemisahan padatan biologik
Pengalengan dan pengawetan buah-buahan dan sayuran	Penanganan biologik, pemisahan padatan dari effluent, desinfeksi, peningkatan pengendalian di dalam pabrik
Pengalengan dan pengawetan hasil laut	Penanganan biologik, pengendalian di dalam pabrik, saringan
Pemurnian gula	Penanganan biologik, pemisahan padatan dari effluent, pengendalian dalam pabrik, aplikasi lahan
Produk daging dan proses rendering	Penanganan biologik, pemisahan padatan dari effluent, pengendalian dalam pabrik, pemisahan lemak, nitrifikasi, ammonia stripping

2.2.1. Karakteristik Limbah Industri Tahu

Karakteristik buangan industri tahu ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan total, suhu warna, dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik, dan gas (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987).

Suhu air limbah tahu berkisar $37 - 45^{\circ} \text{C}$, kekeruhan 535 – 585 FTU, warna 2.225 – 2.250 Pt.Co, Amonia 23,3 – 23,5 mg/l, BOD₅ 6.000 – 8.000 mg/l, dan COD 7.500 – 14.000 mg/l.

Suhu buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu limbah cair tahu umumnya lebih tinggi dari air bakunya, yakni 40°C sampai 46°C . Suhu yang meningkat di lingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas lain, kerapatan air, viskositas dan tegangan permukaan (Sugiharto, 1987).

Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Diantara senyawa-senyawa tersebut, protein dan lemak adalah yang jumlahnya paling banyak (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987), yang mencapai 40 – 60% protein, 25 – 50%, karbohidrat, dan 10% lemak (Sugiharto, 1987).

Pada umumnya, konsentrasi ion hidrogen buangan industri tahu ini cenderung bersifat asam. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (N-total) sebesar 226,06 sampai 434,78 mg/l. Sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di perairan tersebut.

Gas-gas yang biasa ditemukan dalam air limbah adalah gas nitrogen (N_2), oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), ammonia (NH_3), karbondioksida (CO_2), dan metana (CH_4). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan. Permasalahan yang sering muncul adalah kecepatan reaksi biokimia memerlukan oksigen yang lebih besar sejalan dengan meningkatnya suhu (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987).

2.3. Pengolahan Air Limbah

2.3.1 Pengolahan pendahuluan (*pre treatment*)

Pengolahan pendahuluan bertujuan untuk melindungi unit pengolahan dari kegagalan proses dan mengurangi inefisiensi yang mungkin terjadi akibat proses awal yang salah. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah pengambilan benda terapung dan benda mengendap. Setiap sistem pada proses pengolahan limbah cair umumnya memiliki alat penyaring awal. Proses penyaringan ini disebut *screening* yang bertujuan untuk menyaring atau menghilangkan sampah/benda padat yang besar agar proses berikutnya dapat lebih mudah lagi menanganinya. Dengan hilangnya sampah-sampah padat besar, maka transportasi limbah cair tidak akan terganggu.

Pengambilan benda terapung dilakukan dengan memasang saringan kasar atau dengan menggunakan alat pencacah (*communitor*) untuk memotong zat padat yang terdapat dalam air limbah. Perangkat penyaringan kasar ini biasa disebut dengan *bar screen* atau *bar racks*. Alat ini biasanya diletakkan pada *intake* bak penampung limbah cair untuk mencegah masuknya material besar. Umumnya jarak antara bar yang tersusun pada *rack* bervariasi antara 20 mm hingga 75 mm. Pada keadaan tertentu digunakan pula *microstrainer* dengan ukuran 15 – 64 μm dengan tujuan untuk menyaring organisme plankton. *Microstrainer* biasa digunakan untuk limbah cair dari reservoir pertama (awal). Sedangkan pengambilan benda mengendap digunakan bak penangkap pasir. Untuk mengangkat pasir yang mengendap digunakan alat penyedot pasir (*grit dragger*) atau alat pengangkut pasir (*macerator*).

2.3.2 Pengelolaan Pertama (*Primary Treatment*)

Yang dilakukan pada tahap ini adalah pengendapan atau pengapungan bahan-bahan padat sehingga dapat dihilangkan. Kecepatan pada bak pengendap ini diperlambat untuk memberi kesempatan pasir dan bahan organik mengendap. Pasir dan bahan lain harus diambil dan dibuang untuk menambah kapasitas pengendapan dan kecepatan flokulasi dapat ditambahkan bahan kimia pengendap, seperti Lime (CaOH), Alum Feri oksida (Kusnopranto, 1997). Apabila pengolahan ini bertujuan untuk menghasilkan buangan dengan sedikit partikel zat tercampur maka digunakan alat yang

dikenal sebagai Clarifier. Sementara kalau bertujuan menghasilkan partikel padat yang jernih digunakan *Thickener* (Sugiharto, 1987).

Selain dengan pengendapan, bisa dilakukan dengan cara pengapungan, yaitu dengan menggunakan gelembung gas untuk meningkatkan daya apung campuran. Dengan adanya gas ini membuat larutan menjadi kecil sehingga campuran mudah mengapung (Sugiharto 1987). Pada pengolahan tahap pertama ini terjadi pengurangan BOD 35%, SS berkurang sampai 60%. Pengurangan BOD dan SS dapat mengurangi beban pengolahan pada tahap selanjutnya.

2.3.3 Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*)

Sesudah melewati pengolahan primer, air limbah dialirkan ke pengolahan sekunder. Pada pengolahan kedua ini diperkirakan terjadi penurunan kadar BOD dalam rentang 35-95%.

Mixing

Pencampuran diperlukan apabila dalam suatu materi harus bercampur semua dengan materi lain secara sempurna. Proses pencampuran juga diperlukan apabila dalam suatu reaktor harus dijaga konsentrasi atau temperatur yang merata. Pada pengolahan limbah, *mixing* diperlukan pada proses pengolahan biologi yang memerlukan pencampuran terus menerus, sehingga proses biologi dapat terjadi lebih efektif. Alat atau metode pencampuran dapat dibagi dalam beberapa jenis, yaitu:

2. turbin atau *padle mixer*
3. *propeler mixer*
4. *pneumatic mixer*
5. *hydraulic mixer*
6. *in-line hydraulic and static mixing*

Pengolahan kedua ini dapat berupa *Activated Sludge*, *Trackling Filter*, *aerated lagoon*, dan *stabilization*.

- **Pengolahan dengan *Activated Sludge***

Air limbah dialirkan ketangki aerasi. Di tangki ini air limbah dicampur Lumpur yang telah diberi udara sehingga bakteri aerobik menjadi aktif. Bakteri ini akan

mendekomposisi bahan organik dalam air limbah dan menggumpal. Gumpalan ini akan tertinggal di dasar tangki sehingga air lapisan atas menjadi jernih.

Bakteri memiliki peranan penting pada pengolahan dengan metode ini karena mikroorganisme bertanggung jawab untuk melakukan proses dekomposisi material organik dalam air limbah.

- **Pengolahan dengan *Trickling Filter***

Trickling Filter tersusun atas lapisan batu kerikil yang terdiri dari bermacam-macam ukuran dengan diameter 25-100mm dengan kedalaman 0,9-2,5m (Metcalf & Eddy Inc 1979). *Trickling Filter* berguna untuk menguraikan zat organik secara biokimia dalam suasana aerobik. Udara masuk ke dalam rongga media filter secara alamiah. Sedangkan air limbah disebarkan keatas permukaan filter dengan organik loading sebesar 0,25-0,50 Kg BOD/m³/hari (Departemen PU 1986). Lapisan film yang melapisi batu akan mengabsorpsi padatan tersuspensi air limbah. Padatan ini akan dilepaskan sebagai bahan suspensi yang berkoagulasi dan kemudian mengendap (Kusnoputranto, 1997).

Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu unit operasi untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara grafitasi. Proses sedimentasi pada pengolahan air limbah umumnya untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum dilakukan proses pengolahan selanjutnya. Gumpalan padatan yang terbentuk pada proses koagulasi masih berukuran kecil. Gumpalan-gumpalan kecil ini akan terus bergabung menjadi gumpalan-gumpalan lebih besar dalam proses flokulasi. Dengan terbentuknya gumpalan-gumpalan besar maka beratnya akan bertambah, sehingga karena gaya beratnya, gumpalan-gumpalan tersebut akan bergerak ke bawah dan mengendap pada bagian dasar tangki sedimentasi.

Tangki/bak sedimentasi dapat berbentuk segi empat atau lingkaran. Pada bak ini aliran limbah sangat tenang, untuk memberikan kesempatan padatan/suspensi untuk mengendap.

Pada umumnya aliran air pada tangki sedimentasi mempunyai sistem *up-flow*, yaitu mengalir dari bawah ke atas secara vertikal menuju ke tempat pengeluaran yang

berada di bagian atas. Partikel-partikel akan mengendap ke bawah berlawanan arah dengan aliran air.

- **Pengolahan dengan *aerated lagoons* (kolam aerasi)**

Kolam aerasi dikembangkan dari kolam oksida fakultatif yang ditambahkan aerator untuk mencegah bau yang timbul. Sebelum efluent dibuang, padatan harus dihilangkan dengan pengendapan.

Aerasi

Tujuan proses aerasi adalah mengontakkan semaksimal mungkin permukaan cairan dengan udara, agar transfer sesuatu zat atau komponen dari satu medium ke medium lain berlangsung lebih efisien. Maka yang terpenting adalah terjadinya turbulensi antara cairan dan udara. Untuk memperolehnya maka terdapat beberapa prinsip dasar alat aerasi, yaitu:

(1) Aerator air terjun

Sistem aerator air terjun yang umumnya digunakan adalah *Aerator Spray*, *Aerator Cascade*, dan *Aerator Multiple-Tray*.

(2) Sistem aerasi difusi udara

Pada Sistem aerasi difusi udara, udara dimasukkan ke dalam cairan yang akan diaerasi dalam bentuk gelembung-gelembung yang naik melulu cairan tersebut. Ukuran gelembung bervariasi dari yang besar hingga yang halus, tergantung pada alat aerasi. Alat aerasi yang umum adalah *difuser porous*, *difuser non-porous* dan *difuser U-tube*.

(3) Aerator mekanik

Aerator mekanik dihasilkan dengan cara memecah permukaan air limbah secara mekanik. Dengan timbulnya *interface* cairan udara yang besar, maka terjadi perpindahan oksigen dari atmosfer ke dalam air.

Pada sistem ini digunakan turbin sistem *hybrid* yang melibatkan impeler dan sumber udara. Udara yang keluar dari bagian bawah impeler, dipecah menjadi gelembung yang halus dan merembes keseluruh tangki akibat gerakan pompa pada impeler. Pada pengolahan air limbah, proses aerasi diterapkan untuk menghilangkan senyawa organik dan non organik yang volatile, memberikan oksigen untuk proses biologi, dan untuk meningkatkan kandungan oksigen pada air yang telah diolah.

- **Pengolahan dengan *stabilization ponds* (kolam oksidasi)**

Kolam oksidasi merupakan saluran dengan system aliran tertutup, yaitu melingkar dengan bentuk oval. Kolam ini merupakan modifikasi dari proses Lumpur aktif dengan menggunakan teknik yang lebih sederhana sehingga sesuai dengan instalasi kecil /sedang (Departemen PU, 1986).

Pengolahan limbah dengan kolam oksidasi menggunakan sinar matahari dan organisme. Kolam oksidasi terdiri dari berbagai macam tipe, ada yang aerobik, anaerobik, dan aerobik-anaerobik. Kolam aerobik digunakan untuk pengolahan limbah organik yang dapat larut dan enfluen dari pengolahan limbah. Aerobik-anaerobik adalah tipe yang paling sering digunakan untuk mengolah limbah domestik dan industri. Biasanya kolam anaerobik digunakan secara seri dengan kolam aerobik-anaerobik untuk melengkapi pengolahan. Pengolahan dengan kolam oksidasi memiliki keuntungan dari segi konstruksi dan biaya operasional yang rendah.

2.3.4 Pengolahan Ketiga (*Tertiary Treatment*)

Pengolahan ini baru dilakukan jika dari pengolahan pertama dan kedua masih terdapat zat tertentu yang berbahaya. Pada pengolahan ini ditunjukkan untuk meningkatkan kualitas limbah cair sebelum dibuang atau digunakan kembali.

Pengolahan tahap ketiga ini untuk menghilangkan kandungan BOD, senyawa fosfor dengan bahan kimia sebagai koagulan, senyawa nitrogen melalui proses *ammonia stripping* atau nitrifikasi-denitrifikasi, menghilangkan senyawa organik, dan menghilangkan padatan terlarut. (Soeparaman, 2001). Pengolahan ketiga diantaranya adalah dengan saringan pasir lambat, saringan pasir cepat.

2.3.5 Pengolahan lumpur

Lumpur yang dihasilkan dari proses sedimentasi diolah lebih lanjut untuk mengurangi sebanyak mungkin air yang masih terkandung didalamnya. Proses pengolahan lumpur yang bertujuan mengurangi kadar air tersebut disebut dengan pengeringan lumpur. Ada empat cara proses pengurangan kadar air, yaitu:

(1) Alamiah

Pengeringan dengan cara ilmiah dilakukan dengan mengalirkan atau memompa lumpur endapan ke sebuah kolam pengering yang memiliki luas permukaan yang besar dengan kedalaman sekitar 1 – 2 m. Proses pengeringan berjalan dengan alamiah, yaitu dengan panas matahari dan angin yang bergerak di atas kolam tersebut. Bila lumpur tidak mengandung bahan berbahaya, maka kolam pengering lumpur dapat hanya berupa galian tanah biasa, sehingga sebagian air akan meresap ke tanah dibawahnya.

Tetapi bila lumpur mengandung bahan berbahaya (misalnya logam berat dan phenol), maka kolam lumpur harus terbuat dari beton dan pada bagian bawah kolam harus mempunyai saluran rembesan larutan yang kemudian harus diolah kembali. Cara pengeringan ini tergolong mudah dan murah, namun membutuhkan waktu yang lama, serta tidak cocok untuk lumpur yang mengandung zat – zat berbahaya yang mudah meguap. Secara periodik kolam lumpur harus dikeruk untuk memindahkan lumpur kering. Bila lumpur kering masih mengandung unsur berbahaya, maka harus ditangani secara khusus, misalnya diolah dengan pembakaran insenerator.

(2) Pengepresan (tekanan)

Cara ini dilakukan dengan mengalirkan lumpur diantara dua plat yang berporasi. Kemudian dengan sistem rolling kedua plat tersebut bergerak dan menekan lumpur ditengahnya. Dengan demikian lumpur seolah terperas dan cairan keluar melalui lubang – lubang perforasi. Cara pengeringan lumpur ini sungguh efektif dan banyak digunakan untuk skala besar. Cairan yang keluar apabila masih mengandung bahan yang berbahaya, maka harus diolah lebih lanjut. Pengurangan lumpur dengan cara ini dapat mengurangi kadar air dibawah 10%. Cara pengeringan dengan tekanan memang membutuhkan banyak energi, namun prosesnya dapat jauh lebih cepat. Bila lumpur kering masih mengandung unsur berbahaya, maka harus ditangani secara khusus, misalnya diolah dengan pembakaran insenerator.

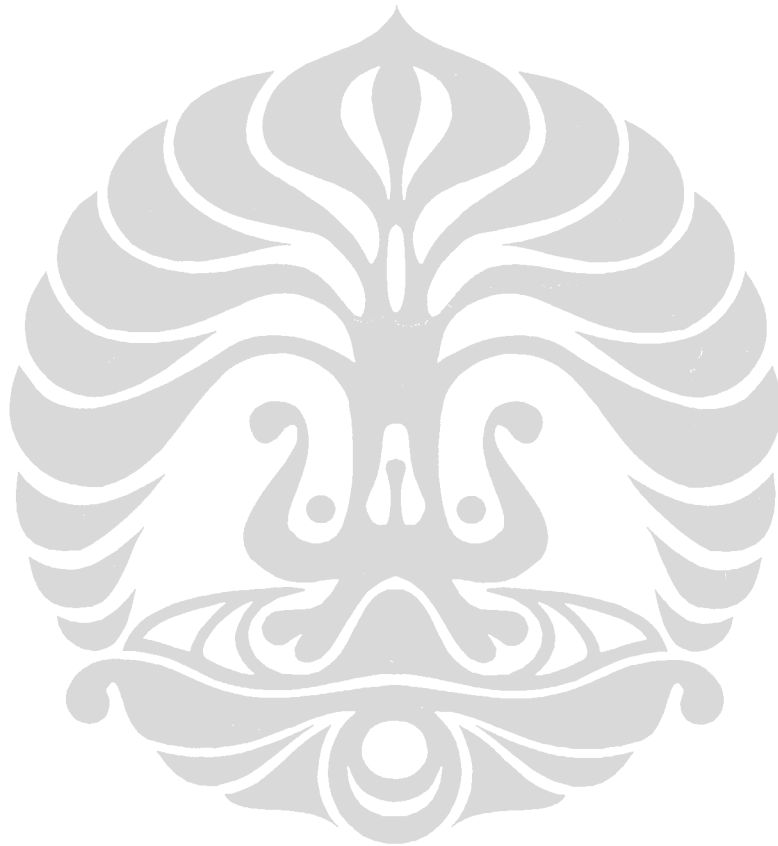
(3) Gaya sentrifugal

Prinsip pengeringan lumpur dengan gaya sentrifugal mirip dengan mesin cuci pakaian. Namun, hasil lumpur yang sudah melekat dan memadat pada bagian dinding dibawa dengan suatu *Screw Conveyor* yang berputar dan kemudian mengeluarkan

lumpur keringnya pada bagian sisi yang lain. Pengurangan kadar airnya dapat dilakukan dengan skala kecil sampai besar.

(4) Pemanasan

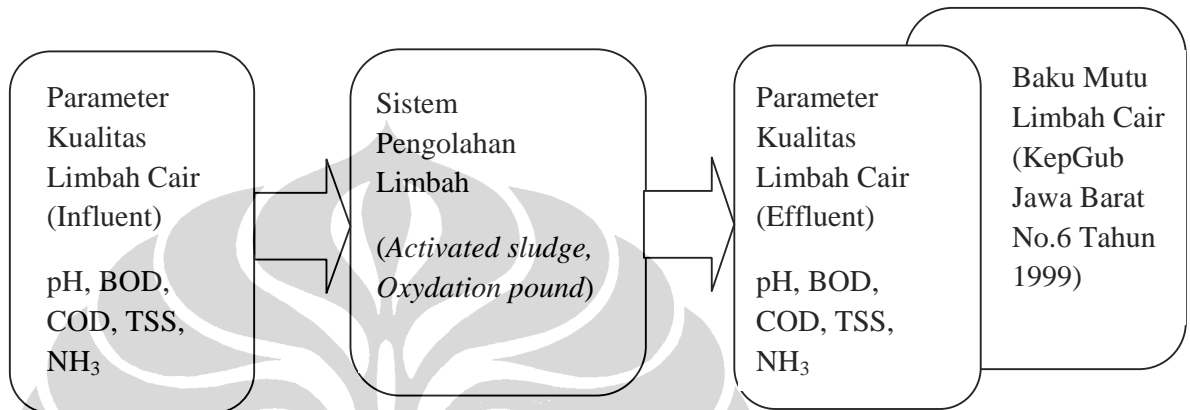
Proses pengeringan lumpur dengan pemanasan biasanya diterapkan pada suatu pabrik yang mempunyai panas buang yang cukup tinggi, sehingga panas buang tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal.



BAB III

KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1 Kerangka Konsep



Influent limbah cair yang berasal dari industri tahu dengan parameter pH, BOD, COD, TSS, dan NH₃ diolah dengan menggunakan sistem *activated sludge* dan *oxydation pound*. Outlet yang dihasilkan, kemudian dibandingkan dengan baku mutu limbah cair menggunakan Keputusan Gubernur Jawa Barat No.6 Tahun 1999.

3.2 Definisi Operasional

No.	Parameter	Definisi Operasional	Satuan	Skala
1.	Influent limbah cair	Limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan produksi maupun dari domestik, yang terkumpul di saluran utama sebelum diolah	-	-
2.	pH	Derajat keasaman limbah cair atau nilai logaritma dari konsentrasi ion hidrogen, limbah cair yang tidak mempunyai pH netral akan menyulitkan proses biologis	-	Interval

3.	BOD	Banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga air limbah menjadi jernih kembali	mg/l	Rasio
4.	COD	Banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat organik secara kimia	mg/l	Rasio
5.	NH ₃	Zat yang dihasilkan dari pembusukan bahan-bahan organik yang terkandung didalam air limbah oleh bakteri, serta mampu menimbulkan bau yang sangat tajam	mg/l	Rasio
6.	TSS	Padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak larut dan tidak langsung mengendap	mg/l	Rasio
7.	<i>Activated sludge</i>	Pengolahan air limbah yang menggunakan campuran dari zat padat dalam bentuk suspense dengan bakteri (mikroorganisme)	-	-
8.	<i>Oxidation pond</i>	Saluran dengan sistem aliran tertutup, yaitu melingkar dengan bentuk oval	-	-
9.	Effluent limbah cair	Cairan yang dihasilkan setelah melalui proses pengolahan, sehingga siap untuk dibuang ke badan air atau lingkungan	-	-
10.	Baku mutu limbah cair	Batas maksimal dari kadar unsur/zat pencemar yang ada dalam limbah cair yang dihasilkan dari suatu kegiatan tertentu, yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan, sesuai dengan KepGub Jawa Barat No.6 Tahun 1999	-	-