

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Limbah

Air Limbah adalah air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan (Permen LH RI No. 05/2021). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, definisi dari air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair (PP RI No. 82/2001). Limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan (Kepmen LH RI No. 51/ 1995).

Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. Batasan lain mengatakan bahwa air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah cair yang berasal dari pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri, bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada. Dari batasan tersebut dapat disimpulkan bahwa air buangan adalah air yang tersisa dari kegiatan manusia, baik kegiatan rumah tangga maupun kegiatan lain seperti industri, perhotelan dan sebagainya. Meskipun merupakan air sisa, namun volumenya besar, karena lebih kurang 80% dari air

yang digunakan bagi kegiatan- kegiatan manusia sehari-hari tersebut dibuang lagi dalam bentuk yang sudah kotor (tercemar) (Resi Vitra, 2015:21).

Air limbah industri adalah air hasil pengolahan suatu proses industri. Jenis air ini tergolong memiliki kualitas yang kurang baik karena kontaminan yang terkandung didalamnya. Kontaminan yang terkandung didalam air industri bermacam-macam tergantung dari proses terkait yang menghasilkan air tersebut. Jenis air limbah industri yang dihasilkan tergantung dari berbagai hal berikut:

1. Pemrosesan bahan baku awal
2. Proses pada industri yang menggunakan air
3. Sudah berapa kali penggunaan air tersebut di industri
4. Reaksi yang terjadi di industri
5. Hasil reaksi yang dihasilkan dan kontaknya dengan air yang digunakan di industri
6. Bahan adiktif yang digunakan di industri
7. Temperatur penggunaan air di industri (Fernando, 2015:23).

B. Sumber Air Limbah

Air limbah dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain :

1. Limbah Cair Domestik

Air limbah domestik (*greywater*) merupakan air buangan yang berasal dari kegiatan dapur, toilet, wastafel dan sebagainya yang jika langsung dibuang ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu akan menyebabkan pencemaran dan dampak terhadap kehidupan di air (FILLIAZATI, 2013:20).

Limbah cair domestik adalah hasil buangan dari perumahan, bangunan perdagangan, perkantoran, dan sarana sejenisnya. volume limbah cair dari daerah perumahan bervariasi, dari 200 sampai 400 liter per orang per hari, tergantung pada tipe rumah. Aliran terbesar berasal dari rumah keluarga tunggal yang mempunyai beberapa kamar mandi, mesin cuci otomatis, dan peralatan lain yang menggunakan air. Angka volume limbah cair sebesar 400 liter/orang/hari bisa digunakan untuk limbah cair dari perumahan dan perdagangan, ditambah dengan rembesan air tanah (infiltration). Air limbah rumah tangga sebagian besar mengandung bahan organik sehingga memudahkan di dalam pengelolaannya (Kencanawati, 2016:21).

2. Limbah cair industri

Limbah cair industri adalah buangan hasil proses/sisa dari suatu kegiatan/usaha yang berwujud cair dimana kehadirannya pada suatu saat dan tempat tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomis sehingga cenderung untuk dibuang. Contoh : air limbah dari pabrik baja, pabrik tinta, pabrik cat, dan dari pabrik karet. Limbah industri lebih sulit pengolahannya karena mengandung pelarut mineral, logam berat, dan zat-zat organik lain yang bersifat toksik. (Kencanawati, 2016:21)

3. Rembesan/Luapan

Limbah cair yang berasal dari berbagai sumber yang memasuki saluran pembuangan limbah cair melalui rembesan ke dalam tanah atau melalui luapan dari permukaan. Air limbah dapat merembes ke dalam

saluran pembuangan melalui pipa yang pecah, rusak, atau bocor sedangkan luapan dapat melalui bagian saluran yang membuka atau yang terhubung ke permukaan (asni harismi, 2020:23)

4. Air Hujan

Limbah cair ini berasal dari aliran air hujan di atas permukaan tanah. Aliran air hujan dipermukaan tanah dapat melewati dan membawa partikel-partikel buangan padat atau cair sehingga dapat disebut limbah cair (asni harismi, 2020:23).

C. Karakteristik Air Limbah

Dalam menentukan karakteristik limbah maka ada tiga jenis sifat yang harus diketahui yaitu :

1. Sifat Fisik

Sifat fisik suatu limbah ditentukan berdasarkan jumlah padatan terlarut, tersuspensi dan total padatan, alkalinitas, kekeruhan, warna, salinitas, daya hantar listrik, bau dan temperatur. Sifat fisik ini beberapa diantaranya dapat dikenali secara visual tapi untuk mengetahui secara pasti maka digunakan analisis laboratorium.

a. Padatan

Dalam limbah ditemukan zat padat yang secara umum diklasifikasikan kedalam dua golongan besar yaitu padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel koloid dan partikel biasa. Jenis partikel dapat dibedakan berdasarkan diameternya. Jenis padatan terlarut maupun tersuspensi dapat bersifat organik maupun sifat anorganik tergantung dari mana sumber limbah.

Disamping kedua jenis padatan ini ada lagi padatan yang dapat terendap karena mempunyai diameter yang lebih besar dan dalam keadaan tenang dalam beberapa waktu akan mengendap sendiri karena beratnya.

b. Kekeruhan

Sifat keruh air dapat dilihat dengan mata secara langsung karena ada partikel koloid yang terdiri dari kwartz, tanah liat, sisa bahan-bahan, protein dan ganggang yang terdapat dalam limbah. Kekeruhan merupakan sifat optis larutan. Sifat keruh membuat hilang nilai estetikanya.

c. Bau

Sifat bau limbah disebabkan karena zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfida atau amonia yang menimbulkan penciuman tidak enak bagi penciuman disebabkan adanya campuran nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung limbah. Timbulnya bau yang diakibatkan limbah merupakan suatu indikator bahwa terjadi proses alamiah. Dengan adanya bau ini akan lebih mudah menghindarkan tingkat bahaya yang ditimbulkannya dibandingkan dengan limbah yang tidak menghasilkan bau.

d. Temperatur

Limbah yang mempunyai temperatur panas yang akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu. Temperatur yang dikeluarkan suatu limbah cair harus merupakan temperature alami. Suhu berfungsi

memperlihatkan aktivitas kimiawi dan biologis. Pada suhu tinggi pengentalan cairan berkurang dan mengurangi sedimentasi. Tingkat zat oksidasi lebih besar pada suhu tinggi dan pembusukan jarang terjadi pada suhu rendah.

e. Warna

Warna dalam air disebabkan adanya ion-ion logam besi dan mangan (secara alami), humus, plankton, tanaman, air dan buangan industri. Warna berkaitan dengan kekeruhan, dan dengan menghilangkan kekeruhan kelihatan warna nyata. Demikian juga warna dapat disebabkan zat-zat terlarut dan zat tersuspensi. Warna menimbulkan pemandangan yang jelek dalam air limbah meskipun warna tidak menimbulkan sifat racun.

2. Sifat Kimia

Karakteristik kimia air limbah ditentukan oleh BOD, COD, dan logam-logam berat yang terkandung dalam air limbah.

a. BOD

Pemeriksaan BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organik dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut dapat berlangsung karena ada sejumlah bakteri. Diperhitungkan selama dua hari reaksi lebih dari sebagian reaksi telah tercapai. BOD adalah kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) semua zat-zat organik yang terlarut maupun sebagai tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana. Nilai ini hanya merupakan jumlah bahan organik yang

dikonsumsi bakteri. Penguraian zat-zat organis ini terjadi secara alami. Aktifnya bakteri-bakteri menguraikan bahan-bahan organik bersamaan dengannya habis pula dikonsumsi oksigen.

b. COD

Pengukuran kekuatan limbah dengan COD adalah bentuk lain pengukuran kebutuhan oksigen dalam limbah. Metode ini lebih singkat waktunya dibandingkan dengan analisa BOD. Pengukuran ini menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. Adanya racun atau logam tertentu dalam limbah pertumbuhan bakteri akan menghalang dan pengukuran BOD menjadi tidak realistis. Untuk mengatasinya lebih tepat menggunakan analisa COD. COD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganik dan organik sebagaimana pada BOD. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat anorganik.

c. Methan

Gas methan terbentuk akibat penguraian zat-zat organik dalam kondisi anaerob pada air limbah. Gas ini dihasilkan lumpur yang membusuk pada dasar kolam, tidak berdebu, tidak berwarna dan mudah terbakar. Methan juga ditemukan pada rawa-rawa dan sawah.

d. Keasaman air

Keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Air

buangan yang mempunyai pH tinggi atau rendah menjadikan air steril dan sebagai akibatnya membunuh mikroorganisme air yang diperlukan untuk keperluan biota tertentu. Limbah air dengan keasaman tinggi bersumber dari buangan yang mengandung asam seperti air pembilas pada pabrik pembuatan kawat atau seng.

e. Alkalinitas

Tinggi rendahnya alkalinitas air ditentukan air senyawa karbonat, garam-garam hidroksida, magnesium dan natrium dalam air. Tingginya kandungan zat tersebut mengakibatkan kesadahan dalam air. Semakin tinggi kesadahan suatu air semakin sulit air berbuih.

f. Lemak dan minyak

kandungan lemak dan minyak yang terdapat dalam limbah bersumber dari industri yang mengolah bahan baku mengandung minyak bersumber dari proses klasifikasi dan proses perebusan. Limbah ini membuat lapisan pada permukaan air sehingga membentuk selaput.

g. Oksigen terlarut

Keadaan oksigen terlarut berlawanan dengan keadaan BOD. Semakin tinggi BOD semakin rendah oksigenterlarut. Keadaan oksigen terlarut dalam air dapat menunjukkan tanda-tanda kehidupan ikan dan biota dalam perairan. Semakin banyak ganggang dalam air semakin tinggi kandungan oksigennya.

h. Logam-logam berat dan beracun

Logam berat pada umumnya adalah metal-metal seperti *copper*, *selter* pada *cadmium*, air raksa, *lead*, *chromium*, iron dan nikel. Metal lain yang juga termasuk metal berat adalah arsen, *selenium*, *cobalt*, mangan, dan aluminium. Logam-logam ini dalam konsentrasi tertentu membahayakan bagi manusia.

3. Sifat Biologis

Bahan-bahan organik dalam air terdiri dari berbagai macam senyawaan. Protein adalah salah satu senyawa kimia organik yang membentuk rantai kompleks, mudah terurai menjadi senyawa-senyawa lain seperti asam amino. Bahan yang mudah larut dalam air akan terurai menjadi enzim dan bakteri tertentu. Bahan ragi akan terfermentasi menghasilkan alkohol. Pati sukar larut dalam air, akan tetapi dapat diubah menjadi gula oleh aktivitas mikrobiologi. Bahan- bahan ini dalam limbah akan diubah oleh mikroorganismenya menjadi senyawa kimia yang sederhana seperti karbon dioksida dan air serta amonia (Kencanawati, 2016:22).

D. Pengolahan Air Limbah

Air limbah sebelum dilepas ke pembuangan akhir harus menjalani pengolahan terlebih dahulu. Untuk dapat melaksanakan pengolahan air limbah yang efektif diperlukan rencana pengelolaan yang baik. Adapun tujuan dari pengelolaan air limbah itu sendiri, antara lain (Kencanawati, 2016:19):

1. Mencegah pencemaran pada sumber air rumah tangga.
2. Melindungi hewan dan tanaman yang hidup di dalam air.
3. Menghindari pencemaran tanah permukaan.

4. Menghilangkan tempat berkembangbiaknya bibit dan vektor penyakit.

Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan, yaitu (Suyasa, 2015:28):

1. Pengolahan secara Fisika

Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu.

Penyaringan (*screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap.

Proses flotasi banyak digunakan untuk menyisihkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya. Flotasi juga dapat digunakan sebagai cara penyisihan bahan-bahan tersuspensi (*clarification*) atau pemekatan lumpur endapan (*sludge thickening*) dengan memberikan aliran udara ke atas (*air flotation*).

Proses filtrasi di dalam pengolahan air buangan, biasanya dilakukan untuk mendahului proses adsorpsi atau proses *reverse osmosis*-nya, akan dilaksanakan untuk menyisihkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses adsorpsi atau

menyumbat membran yang dipergunakan dalam proses osmosis. Proses adsorpsi, biasanya dengan karbon aktif, dilakukan untuk menyisihkan senyawa aromatik (misalnya: fenol) dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut.

Teknologi membran (*reverse osmosis*) biasanya diaplikasikan untuk unit-unit pengolahan kecil, terutama jika pengolahan ditujukan untuk menggunakan kembali air yang diolah. Biaya instalasi dan operasinya sangat mahal.

2. Pengolahan secara Kimia

Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (*koloid*), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (flokulasi-koagulasi), baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi oksidasi.

Pengendapan bahan tersuspensi yang tak mudah larut dilakukan dengan membubuhkan elektrolit yang mempunyai muatan yang berlawanan dengan muatan koloidnya agar terjadi netralisasi muatan koloid tersebut, sehingga akhirnya dapat diendapkan. Penyisihan logam berat dan senyawa fosfor dilakukan dengan membubuhkan larutan alkali (air kapur misalnya) sehingga terbentuk endapan hidroksida logam-logam

tersebut atau endapan *hidroksiapatit*. Endapan logam tersebut akan lebih stabil jika pH air $> 10,5$ dan untuk *hidroksiapatit* pada pH $> 9,5$. Khusus untuk krom *heksavalen*, sebelum diendapkan sebagai krom hidroksida $[\text{Cr}(\text{OH})_3]$, terlebih dahulu direduksi menjadi *krom trivalent* dengan membubuhkan reduktor (FeSO_4 , SO_2 , atau $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$).

Penyisihan bahan-bahan organik beracun seperti fenol dan sianida pada konsentrasi rendah dapat dilakukan dengan mengoksidasinya dengan klor, kalsium permanganat, aerasi, ozon hidrogen peroksida. Pada dasarnya kita dapat memperoleh efisiensi tinggi dengan pengolahan secara kimia, akan tetapi biaya pengolahan menjadi mahal karena memerlukan bahan kimia.

3. Pengolahan secara Biologi

Semua air buangan yang *biodegradable* dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metode pengolahan biologi dengan segala modifikasinya. Pada dasarnya, reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu:

- a. Reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reactor*);
- b. Reaktor pertumbuhan lekat (*attached growth reactor*).

Di dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Proses lumpur aktif yang banyak dikenal berlangsung dalam reaktor jenis ini. Proses lumpur aktif terus berkembang dengan berbagai modifikasinya, antara lain: *oxidation*

ditch dan kontak-stabilisasi. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif konvensional, *oxidation ditch* mempunyai beberapa kelebihan, yaitu efisiensi penurunan BOD dapat mencapai 85% - 90% (dibandingkan 80% - 85%) dan lumpur yang dihasilkan lebih sedikit. Selain efisiensi yang lebih tinggi (90% - 95%), kontak stabilisasi mempunyai kelebihan yang lain, yaitu waktu detensi hidrolis total lebih pendek (4 - 6 jam). Proses kontak-stabilisasi dapat pula menyisihkan BOD tersuspensi melalui proses absorpsi di dalam tangki kontak sehingga tidak diperlukan penyisihan BOD tersuspensi dengan pengolahan pendahuluan.

Kolam oksidasi dan lagoon, baik yang diaerasi maupun yang tidak, juga termasuk dalam jenis reaktor pertumbuhan tersuspensi. Untuk iklim tropis seperti Indonesia, waktu detensi hidrolis selama 12-18 hari di dalam kolam oksidasi maupun dalam lagoon yang tidak diaerasi, cukup untuk mencapai kualitas efluen yang dapat memenuhi standar yang ditetapkan. Di dalam lagoon yang diaerasi cukup dengan waktu detensi 3-5 hari saja.

Di dalam reaktor pertumbuhan lekat, mikroorganisme tumbuh di atas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya. Berbagai modifikasi telah banyak dikembangkan selama ini, antara lain:

- a. *trickling filter*
- b. cakram biologi
- c. filter terendam
- d. reaktor fluidisasi

Ditinjau dari segi lingkungan dimana berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan menjadi dua jenis:

- a. Proses aerob, yang berlangsung dengan hadirnya oksigen;
- b. Proses anaerob, yang berlangsung tanpa adanya oksigen.

Proses pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Secara Alami

Pengolahan air limbah secara alamiah dapat dilakukan dengan pembuatan kolam stabilisasi. Dalam kolam stabilisasi, air limbah diolah secara alamiah untuk menetralkan zat-zat pencemar sebelum air limbah dialirkan ke sungai. Kolam stabilisasi yang umum digunakan adalah kolam anaerobik, kolam fakultatif (pengolahan air limbah yang tercemar bahan organik pekat), dan kolam maturasi (pemusnahan mikroorganisme patogen). Karena biaya yang dibutuhkan murah, cara ini direkomendasikan untuk daerah tropis dan sedang berkembang (Kencanawati, 2016:21).

2. Secara Buatan

Pengolahan air limbah dengan buantan alat dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pengolahan ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu *primary treatment* (pengolahan pertama), *secondary treatment* (pengolahan kedua), *tertiary treatment* (pengolahan lanjutan), dan *Sludge Treatment* (pengolahan lumpur) (Suyasa, 2015:16).

- a. Pengolahan awal (*Pretreatment*)

Pengolahan awal digunakan untuk memisahkan padatan kasar, mengurangi ukuran padatan, memisahkan minyak dan lemak, dan menyetarakan fluktuasi aliran limbah pada bak penampung. Tahap pengolahan ini melibatkan proses fisik yang bertujuan untuk menghilangkan padatan tersuspensi dan minyak dalam aliran air limbah. Beberapa proses pengolahan yang berlangsung pada tahap ini ialah *screen and grit removal*, *equalization and storage*, serta *oil separation*.

1) Penyaring

Proses penyaringan dibagi dalam saringan kasar dan saringan halus yang terbuat dari kawat kasa, plat berlubang, atau bahan lain dengan lebar 5 mm, saringan kasar terdiri batang berpenampang persegi, atau bulat yang dipasang berjajar pada penampang aliran.

2) Pencacah (*comminutor*)

Pencacah berfungsi sebagai penyaring dan pemotong secara otomatis padatan yang terkandung agar ukurannya menjadi lebih kecil tanpa penyisihan bahan padat itu dari aliran. Pencacah terdiri dari *drum cast iron*/bahan lain yang berlubang-lubang, berotasi pada sumbu vertikal dengan motor penggerak dan *reduction gearbox* di atasnya. Padatan terbawa aliran masuk ke dalam drum, padatan yang berukuran lebih besar terbawa putaran drum dan dipotong oleh gigi-gigi pemotong yang dipasang pada plat pemotong permanen dengan posisi vertikal di bagian luar drum.

Aliran yang masuk ke dalam drum tersebut kemudian turun melalui sifon menuju saluran unit berikutnya. Pemasangan pencacah bisa dilakukan sebelum atau sesudah penghilangan partikel padatan.

3) Bak penangkap pasir (*grit chamber*)

Berfungsi sebagai pengendap partikel padat (*grit*) dalam limbah yang terdiri dari partikel pasir kasar, partikel kasar padat (misal: biji-bijian, sisa tanah) untuk mencegah keausan peralatan mekanik, penyumbatan pada pipa/saluran akibat deposit partikel padat. Grit chamber biasanya terdiri atas dua bagian pokok yaitu tangki detritus berfungsi sebagai pengendap partikel padat, berbentuk persegi, kecepatan aliran 0,3 m/dtk dan waktu penahanan 30 – 60 dtk. Unit pengukur kecepatan sebagai pengatur kecepatan aliran agar konstan sehingga partikel padat dapat mengendap.

4) Penangkap lemak dan minyak (*skimmer and grease trap*)

Kegunaan dari unit penangkap minyak dan lemak adalah mengapungkan cairan dengan menggunakan padatan.

5) Bak penyetaraan (*equalization basin*)

Kegunaan dari unit bak penyetaraan adalah menyeragamkan konsentrasi dari aliran influen.

b. Pengolahan Tahap Pertama (*Primary Treatment*)

Pengolahan tahap pertama bertujuan untuk mengurangi kandungan padatan tersuspensi melalui proses pengendapan (*sedimentation*)

sehingga membantu mengurangi beban pengolahan tahap kedua. Partikel padat dibiarkan mengendap ke dasar tangki. Bahan kimia biasanya ditambahkan untuk menetralisasi dan meningkatkan kemampuan pengurangan padatan tersuspensi. Pada dasarnya, pengolahan tahap pertama ini masih memiliki tujuan yang sama dengan pengolahan awal. Letak perbedaannya ialah pada proses yang berlangsung. Proses yang terjadi pada pengolahan tahap pertama ialah *neutralization, chemical addition and coagulation, flotation, sedimentation, dan filtration*.

c. Pengolahan Tahap Kedua (*Secondary Treatment*)

Setelah air limbah melalui pengolahan tahap pertama (*primary treatment*) air limbah tersebut selanjutnya diproses dalam pengolahan kedua (*secondary treatment*). Pengolahan tahap kedua dirancang untuk menghilangkan zat-zat terlarut dari air limbah yang tidak dapat dihilangkan dengan proses fisik biasa. Pengolahan tahap kedua umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalam air limbah tersebut. Pada proses ini sangat dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain karakteristik air limbah, kuantitas dan kualitas air limbah yang ada. Proses biologis yang dipilih sesuai dengan kuantitas air limbah yang masuk unit pengolahan, kemampuan penguraian zat organik yang ada pada limbah tersebut dan tersedianya lahan. Unit yang bisa digunakan adalah saringan tetes (*trickling filters*), lumpur aktif dan kolam stabilisasi.

Berdasarkan teknik pengendalian (*immobilisasi*) mikroorganisme dalam media yang digunakan, pengolahan tahap kedua dikelompokkan menjadi:

1) *Suspended growth processes*

Suspended growth processes adalah proses pengolahan dengan memanfaatkan mikroorganisme pengurai zat organik yang tersuspensi dalam limbah cair yang akan diolah. Yang termasuk kelompok ini antara lain:

a) Pengolahan dengan proses lumpur aktif

Pengolahan lumpur aktif adalah pengolahan dengan cara membiakkan bakteri aerobik dalam tangki aerasi yang bertujuan menurunkan organik karbon atau organik nitrogen.

b) Kolam stabilisasi

Kolam stabilisasi membutuhkan lahan yang luas, biasanya berbentuk empat persegi panjang dengan kedalaman 1 – 1,5 m. Limbah cair diproses secara alamiah dengan bantuan ganggang hijau, bakteri dan sinar matahari. Jenis kolamnya yaitu kolam anaerobik (*aerobic ponds*), kolam fakultatif (*facultative ponds*), kolam pematangan (*maturity ponds*).

2) *Attached growth processes*

Attached growth processes adalah proses pengolahan dengan memanfaatkan mikroorganisme yang menempel pada media yang membentuk lapisan film untuk menguraikan zat organik. Proses ini sering disebut *fix bed*, influen akan melakukan

kontak dengan media sehingga terjadi proses biokimia. Akibatnya, bahan organik yang ada pada limbah cair tersebut dapat diturunkan kandungannya. Teknik pengolahan limbah cair yang termasuk dalam kelompok ini antara lain saringan pasir tetes (*trickling filters*).

d. Pengolahan Tahap Ketiga (*Tertiary Treatment*)

Pengolahan tahap ketiga ini kelanjutan dari pengolahan-pengolahan terdahulu. Oleh karena itu pengolahan jenis ini baru akan dipergunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua masih banyak terdapat zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat. Pengolahan tahap ketiga bertujuan untuk menghilangkan kontaminan tertentu ataupun menyiapkan limbah cair untuk pemanfaatan kembali. Proses-proses yang terlibat dalam pengolahan air limbah tahap ketiga ialah *coagulation and sedimentation, filtration, carbon adsorption, ion exchange, membrane separation*, serta *thickening gravity or flotation*.

e. Pembunuh Bakteri (*Disinfection*)

Proses ini bertujuan untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah. Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan kimia bila akan dipergunakan sebagai bahan desinfeksi antara lain, daya racun zat kimia tersebut, waktu kontak yang diperlukan, efektivitasnya, rendahnya dosis, tidak toksik terhadap manusia dan hewan, tetap tahan terhadap air, biaya murah untuk pemakaian yang bersifat massal (Sugiharto, 1987:129).

f. Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Lumpur yang terbentuk sebagai hasil keempat tahap pengolahan sebelumnya kemudian diolah kembali melalui proses *digestion or wet combustion, pressure filtration, vacuum filtration, centrifugation, lagooning or drying bed, incineration, atau landfill*.

E. Baku Mutu Air Limbah

Industri pengolahan buah-buahan dan/atau sayuran adalah usaha dan/atau kegiatan pengolahan yang langsung menggunakan bahan baku yang meliputi buah nanas, buah lainnya, jamur, dan/atau sayuran jenis lainnya. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. (Permenlh RI No. 05/2014)

Dalam rangka mengendalikan pencemaran air limbah oleh perusahaan. Menteri lingkungan hidup menetapkan berbagai peraturan yang berkaitan dengan kualitas air limbah. Berikut adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup NO 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha pengolahan buah-buahan dan sayuran pada tabel berikut.

Tabel Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Buah-buahan dan/atau Sayuran yang Melakukan Satu Jenis Kegiatan Pengolahan.

Tabel 1
Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Pengolahan Buah				Pengolahan Sayuran			
	Nanas		Buah Lainnya		Jamur		Sayur Lainnya	
	Kadar (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar (mg/L)	Beban (mg/L)
Ph	6 – 9							
TSS	100	0,9	100	0,9	100	2	100	0,9
BOD	85	0,765	75	0,675	75	1,5	75	0,675
COD	200	1,8	150	1,35	150	3	150	1,35
Kuantitas air limbah (m ³ /ton)	9		9		20		9	

Peraturan diatas berlaku pada standar baku mutu yang diterapkan oleh PT *Great Giant Pineapple*. Terdapat 4 parameter air limbah industri, antara lain, COD (*Chemical Oxygent Demand*), BOD (*Biologycal Oxygent Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), pH (*Derajat Keasaman*).

1. pH

pH (derajat keasaman) adalah suatu ukuran keasaman dan alkali dari contoh cairan. adalah Rentang pH yang sesuai bagi keberlangsungan hidup sebagian besar kehidupan biologis memiliki nilai yang relatif sempit dan kritis yaitu 6 hingga 9. Air limbah yang memiliki konsentrasi ion hidrogen yang ekstrim akan sulit ditangani oleh proses pengolahan biologis, dan jika konsentrasi ion hidrogen ini tidak diubah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan, maka air buangan ini dapat mengubah konsentrasi ion hidrogen pada badan air di lingkungan. Air limbah yang dibuang ke lingkungan harus berada pada rentang pH yang masih diijinkan biasanya berkisar antara 6.5 hingga 8.5 (Demes Nurmayanti, 2017:24).

Air dengan kadar pH yang tinggi pada umumnya mempunyai konsentrasi alkali dan meningkatkan pengapuran pada permukaan yang keras. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam ataupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan mobilitas sebagai senyawa logam berat yang bersifat toksik (Sapta et al. 2020:39).

2. TSS

Total Suspended Solid (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik. TSS dapat mempengaruhi kekeruhan dan dapat mengganggu aktivitas yang ada di lingkungan air tersebut (Nofitasari, 2018:32).

Padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid* atau TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1 μm) yang tertahan di saringan *millipore* berdiameter 0,45 μm . TSS terdiri dari Lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik yang terdiri dari kikisan tanah dan erosi tanah yang terbawa ke badan air (Suyasa, 2015:36).

Analisis zat-zat padat tersuspensi yang berada dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan dengan tujuan penentuan parameter mutu air, desain prasedimentasi, flokulasi, filtrasi pada pengolahan air minum, desain pengendapan primer pada pengolahan air buangan, sedimentasi pada air sungai, drainase dan lain-lain (Tedjokusumo, 2007:35).

3. BOD

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah kebutuhan oksigen untuk menguraikan bahan organik secara biologi oleh mikroorganisme. Air dengan nilai BOD yang tinggi menunjukkan jumlah pencemar yang tinggi yang disebabkan oleh bahan organik. Perairan dengan BOD tinggi biasanya menimbulkan bau yang tidak sedap, yang berakibat dapat mengganggu kehidupan di darat (Demes Nurmayanti, 2017:27).

BOD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik yang terdapat di dalam air secara sempurna dengan menggunakan ukuran proses biokimia yang terjadi di dalam air limbah. BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah O₂ yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. Jika konsumsi O₂ tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya O₂ terlarut, maka berarti kandungan bahan-bahan buangan yang membutuhkan O₂ tinggi. Konsumsi O₂ dapat diketahui dengan mengoksidasi air pada suhu 20°C (selama 5 hari) dan nilai BOD yang menunjukkan jumlah O₂ yang dikonsumsi dapat diketahui dengan menghitung selisih konsentrasi O₂ terlarut sebelum dan sesudah inkubasi (Tedjokusumo, 2007:36).

Pemeriksaan kadar BOD masih digunakan sampai sekarang terutama jika ada hubungannya dengan pengolahan air limbah, berikut alasannya yaitu:

- a) BOD penting untuk mengetahui perkiraan jumlah oksigen yang akan diperlukan untuk menstabilkan bahan organik yang ada secara biologi.

- b) Untuk mengetahui ukuran fasilitas unit pengolahan limbah.
- c) Untuk mengukur efisiensi suatu proses perlakuan dalam pengolahan limbah.
- d) Untuk mengetahui kesesuaiannya dengan batasan yang diperbolehkan bagi pembuangan limbah (Sapta et al. 2020:126).

4. COD

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi materi organik dengan oksidasi secara kimia. (Nofitasari, 2018:23)

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat dalam satu liter sampel air, secara kimia atau kebutuhan oksigen kimia untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan di dalam air. COD merupakan ukuran pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis sehingga mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Karena tidak semua zat-zat organik dalam air dapat dioksidasikan melalui uji COD (Sapta et al. 2020:133).

COD merupakan parameter pengukuran oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat organik yang larut dan partikulat dalam air. Semakin tinggi COD berarti lebih banyak bahan organik teroksidasi dalam sampel, yang akan mengurangi kadar oksigen terlarut. Pembuangan limbah cair secara langsung tanpa pengolahan akan mempengaruhi kualitas air. Kualitas air yang tidak sesuai standar mutu yang ditetapkan

akan berdampak buruk terhadap manusia dan sistem ekologi (Perdana et al. 2021:11).

Berdasarkan penelitian Resi vitra mengenai Gambaran kualitas air limbah pabrik tempe di korong sungai abang kecamatan lubuk alung kabupaten padang pariaman tahun 2015, dari penelitian yang penulis lakukan, didapatkan bahwa hasil pengukuran terhadap parameter BOD5, COD, pH dan TSS air limbah pabrik tempe di Korong Sungai Abang Kecamatan Lubuk Alung Kabupaten Padang Pariaman adalah 1.730 mg/l, 6.266 mg/l, 4,5 dan 1,908 mg/l. Apabila dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah dapat dinyatakan bahwa hanya TSS yang memenuhi syarat dari baku mutu. Sementara BOD5 dan COD diatas nilai baku mutu, dan pH kurang dari baku mutu yang telah ditetapkan.

Berdasarkan penelitian tersebut perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengolahan air limbah pabrik tempe dan pemanfaatan air limbah pabrik tempe untuk mengurangi pencemaran terhadap badan air. Bagi pabrik tempe sebaiknya membuat saluran pembuangan air limbah yang tertutup agar dapat mengurangi penularan penyakit tular vektor dan mengurangi peresapan air limbah kedalam sumur gali (air bersih) (Resi Vitra, 2015:16).

F. Dampak Pencemaran Air

Jenis dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran air banyak sekali ragamnya. Dampak ini dapat terbagi dan dikategorikan ke dalam empat kelas antara lain Dampak terhadap kehidupan biota air, kualitas air tanah, kesehatan dan Estetika lingkungan.

1. Dampak terhadap Kehidupan Biota Air

Zat pencemar di dalam air akan menurunkan kadar oksigen yang terlarut di dalam air. Oksigen diperlukan untuk mendegradasi / menguraikan zat-zat pencemar. Kehidupan air membutuhkan jumlah oksigen yang cukup. Jika kadar oksigennya menurun sampai pada tingkat tertentu, maka kehidupan biota perairan akan terganggu. Kematian biota perairan antara lain ikan-ikan dan tumbuhan air juga disebabkan oleh adanya zat-zat beracun. Jika bakteri mati, maka proses penjernihan air limbah secara alamiah juga akan mengalami hambatan. Polusi termal dari limbah juga akan mengganggu kehidupan biota perairan.

2. Dampak terhadap Kualitas Air Tanah

Polutan akan meresap ke dalam tanah melalui pori-pori tanah. Pada proses peresapan ini, tanah akan menjadi jenuh. Hal ini akan menimbulkan gangguan terhadap air tanah, sebagai salah satu sumber air minum yang paling banyak digunakan.

3. Dampak terhadap Kesehatan

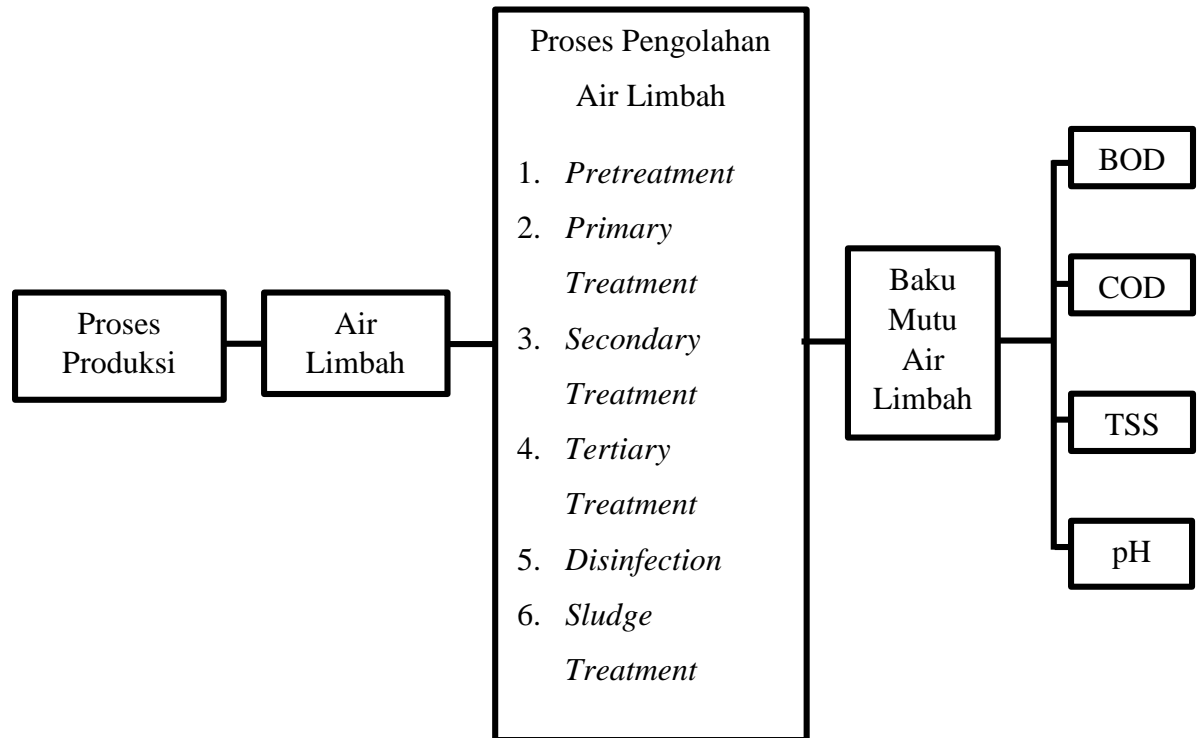
Dampak terhadap kesehatan tergantung dari kualitas air, karena air merupakan media bagi penyebaran penyakit. Penularan penyakit dapat bermacam-macam yaitu air sebagai media hidup bagi makhluk hidup termasuk mikroba, air sebagai sarang penyebar penyakit dan jumlah air yang berkurang menyebabkan tidak tercukupinya kebutuhan manusia untuk membersihkan dirinya. Di Indonesia terdapat beberapa penyakit yang dikategorikan sebagai waterborne diseases atau penyakit yang dibawa oleh air. Penyakit ini dapat menyebar apabila mikroba

penyebabnya dapat masuk ke dalam sumber air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Jenis mikroba yang penyebarannya melalui air cukup banyak, antara lain bakteri, *protozoa* dan virus. Di bawah ini akan diuraikan beberapa penyakit yang termasuk dalam kategori *waterborne diseases* beserta agen pembawanya.

4. Dampak terhadap Estetika Lingkungan

Proses Industri menghasilkan hasil samping berupa limbah / bahan buangan. Jumlah limbah yang dihasilkan berbanding lurus dengan tingginya kegiatan produksi. Limbah dapat diolah dengan cara diendapkan terlebih dahulu, namun metode ini menimbulkan dampak bau yang menyengat. Penumpukan limbah juga memerlukan wilayah yang luas agar tidak mengganggu sanitasi dan kesehatan di pemukiman penduduk. Masalah ini disebut sebagai masalah estetika lingkungan. Limbah minyak dan lemak juga menimbulkan masalah estetika lingkungan, yaitu sekitar tempat pembuangan limbah menjadi licin (Suyasa, 2015:44).

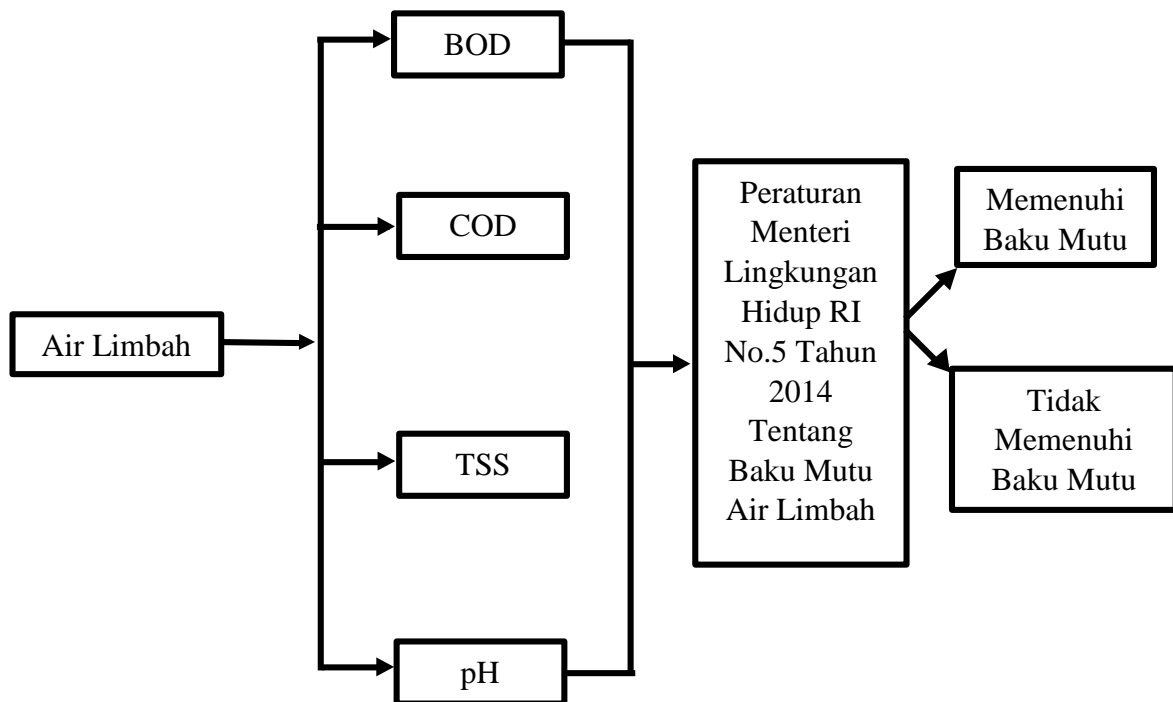
G. Kerangka Teori



Sumber : Sugiharto, 1987

Gambar 1
Kerangka Teori

H. kerangka Konsep



Gambar 2
Kerangka Konsep

I. Definisi Operasional

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, baku mutu parameter air limbah industri buah-buahan dan sayuran terdiri dari BOD, COD, TSS dan pH, dapat dibuat definisi operasional sebagai berikut:

Tabel 2
Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala
1	Debit air limbah	Adalah jumlah limbah cair yang dialirkan dari proses produksi	Flow meter/meteran, stopwatch	Mengukur debit air limbah	Jumlah debit limbah yang dihasilkan dalam satuan m ³ /hari	Interval
2	BOD	Adalah jumlah oksigen terlarut air limbah cucian pisang yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air limbah industri pisang	Volumetri Alat: a. Botol DO b. Pipet ukur c. Pipet tetes d. Ph meter e. DO meter f. Labu ukur g. Timbangan analitik h. Inkubator	Uji laboratorium dengan metode volumetri secara titrasi	1. Tidak memenuhi syarat jika >75 mg/L 2. Memenuhi syarat jika ≤ 75 mg/L	Ordinal
3	COD	Adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh	Volumetri Alat:	Uji laboratorium dengan metode	1. Tidak memenuhi	Ordinal

		oksidator untuk mengoksidasi seluruh material baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam air limbah industri pisang	a. Spektrofotometer b. Pipet ukur c. Rak tabung d. Kuvet	volumetri secara titrasi redoks	syarat jika > 150 mg/L 2. Memenuhi syarat jika ≤ 150 mg/L	
4	pH	Adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang terdapat dalam air limbah industri pisang	Potensiometri Alat: a. pH meter b. pH universal	Uji laboratorium dengan metode potensiometri	1. tidak memenuhi syarat jika pH <6 dan >9 2. Memenuhi syarat jika pH 6-9	Ordinal
5	TSS	Adalah bahan-bahan yang melayang dan tidak larut dalam air	Gravimetri Alat: 1. Pompa vakum 2. Cawan 3. Oven desikator 4. Neraca analitik 5. Gelas ukur 6. Kaca arloji 7. Pinset 8. Batang pengaduk	Uji laboratorium dengan metode gravimetri	1. Tidak memenuhi syarat jika > 100 mg/L 2. Memenuhi syarat jika ≤ 100 mg/L	Ordinal