

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. TPA Sampah

1. Pengertian TPA Sampah

Merujuk pada Pasal 1 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga disebutkan bahwa Tempat pemrosesan akhir yang selanjutnya disingkat TPA adalah tempat untuk memroses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan.

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan tempat pemrosesan terakhir bagi sampah-sampah yang berada pada suatu wilayah tertentu, (Fitri, 2013:10). Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dapat didefinisikan pula sebagai tempat pengarantinakan sampah atau menimbun sampah yang diangkut dari sumber sampah sehingga tidak mengganggu lingkungan.

Sistem pengelolaan sampah pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) harus diperhatikan guna tetap menjaga keseimbangan lingkungan. Sistem pengelolaan sampah pada tahap pemrosesan akhir menggunakan beberapa metode diantaranya yaitu metode open dumping, metode controlled landfill dan metode sanitary landfill, (Candra, 2007:44).

Pertumbuhan jumlah penduduk dan kemajuan tingkat perekonomian di suatu kota mempengaruhi peningkatan jumlah sampah akan menimbulkan permasalahan pada lingkungan, bila tidak diiringi dengan upaya perbaikan dan peningkatan kinerja sistem pengelolaan persampahan. Proses akhir dari

pengelolaan sampah yang dihasilkan dari kegiatan manusia berada di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir Sampah). Agar dapat menjalankan fungsinya dengan baik, TPA biasanya ditunjang dengan sarana dan prasarana antara lain:

a. Prasarana jalan

Prasarana jalan sangat menentukan keberhasilan pengoperasian TPA. Semakin baik kondisi TPA akan semakin lancar kegiatan pengangkutan sehingga lebih efisien.

b. Prasarana drainase

Drainase TPA berfungsi untuk mengendalikan aliran limpasan air hujan dengan tujuan untuk memperkecil aliran yang masuk ketimbunan sampah. Air hujan merupakan faktor utama terhadap debit lindi yang dihasilkan. Semakin kecil rembesan air hujan yang masuk pada timbunan sampah akan semakin kecil pula debit lindi yang dihasilkan. secara teknis, drainase TPA dimaksudkan untuk menahan aliran limpasan air hujan dari luar TPA agar tidak masuk ke dalam area timbunan sampah. Drainase penahan ini umumnya dibangun di sekeliling blok atau zona penimbunan. Selain itu, untuk lahan yang telah ditutup tanah, drainase berfungsi sebagai penangkap aliran limpasan air hujan yang jatuh di atas timbunan sampah tersebut. Untuk itu permukaan tanah penutup harus dijaga kemiringannya mengarah pada saluran drainase.

c. Fasilitas penerimaan

Fasilitas penerimaan dimaksudkan sebagai tempat pemeriksaan sampah yang datang, pencatatan data dan pengaturan kedatangan truk sampah. Pada umumnya fasilitas ini dibangun berupa pos pengendali di pintu masuk TPA.

d. Lapisan kedap air

Lapisan kedap air berfungsi untuk mencegah rembesan air lindi yang terbentuk di dasar TPA ke dalam lapisan tanah di bawahnya.

e. Lapisan pengaman gas

Gas yang terbentuk di TPA umumnya berupa gas karbondioksida dan metana dengan komposisi hampir sama di samping gas-gas lain yang sangat sedikit jumlahnya. Kedua gas tersebut memiliki potensi yang besar dalam proses pemanasan global terutama gas metana. Karenanya perlu dilakukan pengendalian agar gas tersebut tidak dibiarkan bebas lepas ke atmosfer. Untuk itu perlu dipasang pipa-pipa ventilasi agar gas dapat keluar dari timbunan sampah pada titik tertentu. Untuk itu perlu diperhatikan kualitas dan kondisi tanah penutup TPA. Tanah yang berporos atau banyak memiliki rekahan akan menyebabkan gas lebih mudah lepas ke udara bebas. Pengolahan gas metana dengan cara pembakaran sederhana dapat menurunkan potensinya dalam pemanasan global.

f. Fasilitas pengaman lindi

Lindi merupakan air yang terbentuk dalam timbunan sampah yang melarutkan banyak sekali senyawa yang ada sehingga memiliki kandungan pencemar, khususnya zat organik. Lindi sangat berpotensi menyebabkan pencemaran air baik air tanah maupun permukaan sehingga perlu ditangani dengan baik.

g. Alat berat

Alat berat yang biasanya digunakan di TPA umumnya berupa bulldozer, excavator dan loader. Setiap jenis peralatan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda dalam operasionalnya.

h. Penghijauan

Penghijauan lahan TPA diperlukan untuk beberapa maksud diantaranya adalah peningkatan estetika lingkungan sebagai buffer zone untuk pencegah bau dan lalat yang berlebihan.

i. Fasilitas penunjang

Beberapa fasilitas penunjang yaitu pemadam kebakaran, mesin pengasap, kesehatan dan keselamatan kerja, serta toilet, (Bangun Ismansyah, 2010: 2-5)

2. Metode Pengelolaan Akhir Sampah

Proses akhir dari rangkaian penanganan sampah di Indonesia pada umumnya dilaksanakan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Menurut Manvi, (2014:6) ada 3 (tiga) metode dalam pengelolaan sampah di TPA, yaitu:

- a. *Open Dumping* Dilakukan dengan cara sampah dibuang begitu saja di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dan dibiarkan terbuka tanpa dilakukan penutupan dengan tanah sehingga dapat menimbulkan gangguan terhadap lingkungan seperti perkembangan vektor penyakit, bau, pencemaran air permukaan dan air tanah serta rentan terhadap bahaya kebakaran dan longsor. Sampah yang ada dibiarkan begitu saja sampai pada suatu saat TPA penuh dan pembuangan sampah dipindahkan ke lokasi lain atau TPA yang baru. Untuk efisiensi

pemakaian lahan, biasanya dilakukan kegiatan perataan sampah dengan menggunakan bulldoser atau perataan dapat dilakukan dengan tenaga manusia.

- b. *Controlled Landfill* (Penimbunan Terkendali) Sebagai teknologi peralihan antara open dumping dengan sanitary landfill. Dilakukan dengan cara sampah ditimbun, diratakan dan dipadatkan pada kurun waktu tertentu untuk memperkecil pengaruh yang merugikan terhadap lingkungan. Bila lokasi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) telah mencapai akhir usia pakai, seluruh timbunan sampah harus ditutup dengan lapisan tanah. Diperlukan persediaan tanah yang cukup sebagai lapisan tanah penutup.
- c. *Sanitary Landfill* (Lahan Urug Saniter) Sistem pemrosesan akhir sampah yang dilakukan dengan cara sampah ditimbun dan dipadatkan, kemudian ditutup dengan tanah sebagai lapisan penutup. Hal ini dilakukan dengan terus-menerus secara berlapis-lapis sesuai rencana yang telah ditetapkan. *Sanitary landfill* ini merupakan salah satu metode pengolahan sampah terkontrol dengan sistem sanitasi yang baik. Pekerjaan pelapisan sampah dengan tanah penutup dilakukan setiap hari pada akhir jam operasi

3. Sumber limbah TPA sampah

Menurut Gilbert dalam Komang Ayu, (2008:19) sumber sumber timbulan sampah adalah sebagai berikut :

- a. Sampah dari Pemukiman Penduduk Pada suatu pemukiman biasanya sampah dihasilkan oleh suatu keluarga yang tinggal disuatu bangunan atau asrama. Jenis sampah yang dihasilkan biasanya cenderung organik, seperti sisa makanan atau sampah yang bersifat basah, kering, abu plastik dan lainnya.

- b. Sampah dari Tempat – Tempat Umum dan Perdagangan Tempat-tempat umum adalah tempat yang dimungkinkan banyaknya orang berkumpul dan melakukan kegiatan. Tempat – tempat tersebut mempunyai potensi yang cukup besar dalam memproduksi sampah termasuk tempat perdagangan seperti pertokoan dan pasar. Jenis sampah yang dihasilkan umumnya berupa sisa – sisa makanan, sampah kering, abu, plastik, kertas, dan kaleng- kaleng serta sampah lainnya.
- c. Sampah dari Sarana Pelayanan Masyarakat Milik Pemerintah Yang dimaksud di sini misalnya tempat hiburan umum, pantai, masjid, rumah sakit, bioskop, perkantoran, dan sarana pemerintah lainnya yang menghasilkan sampah kering dan sampah basah.
- d. Sampah dari Industri Dalam pengertian ini termasuk pabrik – pabrik sumber alam perusahaan kayu dan lain-lain, kegiatan industri, baik yang termasuk distribusi ataupun proses suatu bahan mentah. Sampah yang dihasilkan dari tempat ini biasanya sampah basah, sampah kering abu, sisa-sisa makanan, sisa bahan bangunan.
- e. Sampah Pertanian Sampah dihasilkan dari tanaman atau binatang daerah pertanian, misalnya sampah dari kebun, kandang, ladang atau sawah yang dihasilkan berupa bahan makanan pupuk maupun bahan pembasmi serangga tanaman

B. Pengelolaan Sampah

1. Pengertian Kompos

Pupuk kompos merupakan hasil pelapukan dari berbagai bahan yang berasal dari makhluk hidup seperti dedaunan, cabang, dan ranting tanaman,

kotoran hewan, dan sampah. Di alam, kompos dapat terjadi dengan sendirinya, tetapi berlangsung lama sekali, dapat mencapai puluhan tahun. Proses pembuatan kompos dapat dipercepat dengan memberikan activator.

Kompos adalah pupuk yang dihasilkan dari bahan organik melalui proses pembusukan. Pembuatannya dilakukan pada suatu tempat yang terlindung dari matahari dan hujan. Untuk mempercepat perombakan, pematangan serta menambah unsur hara dapat ditambahkan campuran kapur dan kotoran ternak (ayam, sapi atau kambing).

Pembuatan kompos dilakukan dengan tahapan yang sederhana namun produktivitas tinggi. Tahapan pembuatan kompos secara garis besar meliputi persiapan, penyusunan, pemantauan suhu dan kelembapan tumpukan, pembalikan dan penyiraman, penanaman dan penyimpanan.

standar kualitas kompos menurut SNI 19-7030-2004 yaitu dimana C Organik 30,90 %, Nitrogen 3,07 %, Fosfor sebagai P_2O_5 0,33 % dan Kalium sebagai K_2O 2,54 %, (BSN, 2004).

Nugroho (2013:60) menjelaskan prinsip-prinsip dalam pengelolaan sampah yang disebut sebagai 5M, yaitu:

- a. *Reduce* (Mengurangi) Mengurangi kaitannya dengan penggunaan barang habis pakai yang dapat menimbulkan permasalahan sampah. Karena semakin banyak konsumsi barang habis pakai maka akan semakin banyak penumpukan sampah.
- b. *Reuse* (Menggunakan kembali) Menggunakan kembali dalam hal ini adalah mengusahakan untuk mencari barang-barang yang bisa digunakan

kembali, dan menghindari barang yang penggunaannya hanya sekali guna memaksimalkan umur barang tersebut.

- c. *Recycle* (Mendaur ulang) Mendaur ulang merupakan pemanfaatan barang yang digunakan untuk membuat barang yang tidak bisa dipakai lagi menjadi berguna serta tidak dibuang menjadi sampah.
- d. *Replace* (Mengganti) Pergantian barang dari yang sekali pakai dengan barang yang lebih tahan lama. Metode ini juga dilakukan untuk menggunakan barang yang ramah lingkungan.
- e. *Respect* (Menghargai) Menghargai dalam hal ini merupakan suatu metode untuk menggunakan rasa kecintaan pada alam, menjaga keseimbangan ekosistem sehingga bijaksana dalam memilih dan menggunakan suatu barang.

2. Metode Pengomposan

Berdasarkan cara pembuatannya, terdapat beberapa macam metode pengomposan, yaitu metode indore, metode Barkeley, serta metode windrow , (Sugiarti, 2011).

a. Metode Indore

Metode indore cocok diterapkan pada daerah yang mempunyai curah hujan tinggi. Bahan organik yang digunakan pada metode ini adalah campuran sisa tanaman dan kotoran ternak, dimana lama waktu proses pengomposannya yaitu 3 bulan. Proses pengomposan dengan metode indore dibagi menjadi dua jenis, yaitu indore heap method (bahan dikomposkan di atas tanah) dan indore pitmethod (bahan dipendam di dalam tanah). Pada pengomposan dengan metode indore heap, bahan-bahan yang akan dikomposkan ditimbun secara

berlapis-lapis dengan ketebalan 10-25 cm per lapis, dimana bagian atasnya ditutupi dengan kotoran ternak yang tipis untuk mengaktifkan proses pengomposan. Sedangkan pengomposan dengan metode *indore pit*, bahan dasar kompos yang digunakan adalah kotoran ternak dan disebar secara merata di dalam lubang tanah dengan ketebalan 10-15 cm. bahan-bahan kompos tersebut disusun secara berlapis-lapis dan dilakukan penambahan air secukupnya yang bertujuan untuk menjaga kelembaban bahan.

b. Metode Barkeley

Pengomposan dengan metode Barkeley menggunakan bahan-bahan organik dengan rasio C/N tinggi, seperti jerami dan serbuk gergaji. Bahan-bahan tersebut dikombinasikan dengan bahan organik yang mempunyai rasio C/N rendah, selanjutnya bahan kompos ditimbun secara berlapis-lapis dengan ukuran 2,4 x 2,2 x 1,5 m. Lapisan paling bawah adalah bahan organik dengan rasio C/N rendah, dan di atasnya ditumpuk dengan bahan organik yang mempunyai rasio C/N tinggi.

c. Metode Windrow

Pada proses pengomposan dengan metode windrow, bahan baku kompos ditumpuk memanjang dengan tinggi tumpukan 0,6-1 meter, lebar 2-5 meter, serta panjang 40-50 meter. Metode ini memanfaatkan sirkulasi udara secara alami, dimana optimalisasi tinggi, lebar, dan panjang tumpukan kompos dipengaruhi oleh keadaan bahan baku, kelembaban, ruang pori, serta sirkulasi udara untuk mencapai bagian tengah tumpukan kompos. Tumpukan kompos tersebut harus dapat melepaskan panas agar dapat mengimbangi pengeluaran panas yang ditimbulkan sebagai hasil proses dekomposisi bahan organik oleh

mikroorganisme pengurai. Pada metode windrow ini, dilakukan proses pembalikan secara periodik dengan tujuan untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembaban bahan kompos.

C. Air Limbah TPA

1. Air Limbah Lindi (*Leachate*)

Dalam kehidupan manusia, setiap aktivitas yang dilakukan akan menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat, cair, dan sebagainya. Kadangkala limbah yang dihasilkan dapat membahayakan manusia itu sendiri atau bahkan lingkungan sekitarnya

Air lindi adalah cairan dari sampah yang mengandung unsur unsur terlarut dan tersuspensi. Menurut Dena yang dikutip dari, (Damanhuri, 1992), air lindi merupakan cairan yang keluar dari tumpukan sampah, dan ini salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh timbunan sampah. Sampah yang tertimbun di lokasi TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) mengandung zat organik, jika hujan turun akan menghasilkan air lindi dengan kandungan mineral dan zat organik tinggi, bila kondisi aliran air lindi dibiarkan mengalir ke permukaan tanah dapat menimbulkan efek negatif bagi lingkungan sekitarnya termasuk bagi manusia

Sedangkan Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan kehutanan Nomor 59 tahun 2016 menjelaskan bahwa Lindi adalah cairan yang timbul akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi-materi terlarut, termasuk materi organik hasil proses dekomposisi secara biologi. Limbah lindi mengandung senyawa organik (hidrokarbon, asam humat,

sulfat, tanat dan galat) dan anorganik (natrium, kalsium, kalium, magnesium, klor, sulfat, nitrogen dan beberapa senyawa logam berat) yang tinggi.

2. Karakteristik Air Limbah lindi

Karakter air lindi atau sangat bervariasi tergantung dari proses proses yang terjadi di dalam landfill, yang meliputi proses fisik, kimia dan biologis. Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi proses yang terjadi di landfill antara lain : jenis sampah, lokasi landfill, hidrogeologi dan sistem pengoperasian, faktor tersebut sangat bervariasi pada suatu tempat pembuangan yang satu dengan yang lainnya, begitu pula aktivitas biologis serta proses yang terjadi pada timbunan sampah baik secara aerob maupun anaerob. Dengan adanya hal tersebut maka akan mempengaruhi pula produk yang dihasilkan akibat proses dekomposisi seperti kualitas dan kuantitas air lindi serta gas, sebagai contoh bila suatu TPS banyak menimbun sampah jenis organik maka karakter air lindi yang dihasilkan akan mengandung zat organik tinggi, yang disertai bau.

a. Karakter Fisika

Karakter fisika air limbah meliputi temperatur, bau, warna, dan padatan. Temperatur menunjukkan derajat atau tingkat panas air limbah yang diterakan dalam skala-skala. Skala temperatur yang biasa digunakan adalah skala Fahrenheit (F°) dan skala celcius (C°). Temperatur merupakan parameter yang penting dalam pengoperasian unit pengolahan limbah karena berpengaruh terhadap proses biologi dan fisika. Bau merupakan parameter subjektif. Pengukuran bau tergantung pada sensitivitas indera penciuman seseorang. Pada air limbah, warna biasanya disebabkan oleh kehadiran materi-materi

diissolved, suspended, dan senyawa-senyawa koloid, yang dapat dilihat dari spektrum warna yang terjadi.

b. Karakter Kimia

Karakter kimia air limbah meliputi senyawa organik dan senyawa anorganik. Senyawa organik adalah karbon yang dikombinasikan dengan satu atau lebih elemen-elemen lain (O, N, P, H). Senyawa anorganik terdiri atas semua kombinasi elemen yang bukan tersusun atas karbon organik. Karbon anorganik dalam air limbah pada umumnya terdiri atas sand, grit, dan mineral-mineral, baik *suspended* maupun *dissolved*. Misalnya : klorida, ion hidrogen, nitrogen, fosfor, logam berat, dan asam. Gas yang terdapat dalam air limbah biasanya terdiri atas oksigen, nitrogen, karbondioksida, hidrogen sulfida, amonia, dan metana.

c. Karakter Biologis

Mikroorganisme di ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hampir dalam semua bentuk air limbah, biasanya dengan konsentrasi 10^5 - 10^8 organisme/ml. Kebanyakan merupakan sel tunggal yang bebas ataupun berkelompok dan mampu melakukan proses-proses kehidupan (tumbuh, metabolisme dan reproduksi). Keberadaan bakteri dalam unit pengolahan air limbah merupakan kunci efisiensi proses biologi. Bakteri juga berperan penting untuk mengevaluasi kualitas limbah, (Sakti A. Siregar, 2005 : 20-21)

Tabel 2.1. Karakteristik Lindi Berdasarkan Umur Landfill (Annonim, 2012)

Parameter	Landfill Umur < 2 th (mg/L)	Tipikal (mg/L)	Landfill Umur > 10 th (mg/L)
BOD	2.000 – 30.000	10.000	100 – 200
COD	3.000 – 60.000	18.000	100 – 500
Ph	4,5 – 7,5	6,0	6,6 – 7,5
TSS	200 – 2.000	500	100 – 400
N-NO ₂	5 – 40	20	20 – 40
N-NO ₃	5 – 40	25	5 – 10
Alkalinitas	1.000 – 10.000	3.000	200 – 1.000
Sulfat	50 – 100	300	20 – 50
Kalsium	200 – 3.000	1.000	100 – 400
Klorida	200 – 2.500	500	100 – 400
Natrium	200 – 2.500	500	100 – 400
Besi Total S	50 – 1.200	60	20 – 200

Secara umum, lindi memiliki karakteristik antara lain adalah:

- 1) Konsentrasi BOD dan COD tinggi diawal.
- 2) Memiliki kandungan nitrogen yang tinggi.
- 3) Daya hantar tinggi, hal tersebut dikarenakan banyaknya mineral yang dilarutkan oleh aliran lindi, sehingga daya hantarnya menjadi tinggi.
- 4) Kandungan logam berat yang kadang tinggi, hal tersebut dikarenakan pH lindi yang asam dapat melarutkan logam berat yang tercampur pada sampah yang masuk ke TPA

- 5) Memiliki pH netral sampai asam.
- 6) Warna yang sulit dihilangkan (coklat muda sampai hitam).

3. Parameter Air Limbah lindi

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No.59 tahun 2016 tentang Baku mutu lindi bagi usaha dan/atau kegiatan tempat pemrosesan akhir sampah adalah sebagai berikut

Tabel 2.2 Parameter Limbah lindi

Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
Ph	6-9	-
BOD	150	mg/L
COD	300	mg/L
TSS	100	mg/L
N Total	60	mg/L
Merkuri	0,005	mg/L
Kadmium	0,1	mg/L

(sumber : Lampiran PerMenLHK No. 59 tahun 2016)

a. pH

pH limbah cair adalah ukuran keasaman (*acidity*) atau kebasaan (*alkalinity*) limbah cair. pH menunjukkan perlu atau tidaknya pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) untuk mencegah terjadinya gangguan pada proses pengolahan limbah cair secara konvensional. Secara umum, dapat dikatakan bahwa pH limbah cair domestik adalah mendekati netral, (Soeparman, Suparmin, 2002 : 27)

b. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

BOD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/l) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali, (Sugiharto, 2014 : 6)

BOD juga merupakan oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia. Nilai BOD bermanfaat untuk mengetahui apakah air limbah tersebut mengalami biodegradasi atau tidak, yakni dengan membuat perbandingan anatar nilai BOD dan COD. Oksidasi berjalan sangat lambat dan secara teoritis memerlukan waktu yang tak terbatas. Dalam waktu 5 hari (BOD_5), oksidasi organik karbon akan mencapai 60%-70% dan dalam waktu 20 hari akan mencapai 95%, (Sakti A. Siregar, 2005 : 22)

c. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/l) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi, (Sugiharto, 2014 : 6)

Nilai COD akan selalu lebih besar daripada BOD karena kebanyakan senyawa lebih mudah teroksidasi secara kimia daripada biologi. Pengukuran COD membutuhkan waktu yang lebih cepat, yakni dapat dilakukan selama tiga jam, sedangkan pengukuran BOD paling tidak membutuhkan waktu lima hari. Jika korelasi antara BOD dan COD sudah diketahui, kondisi air limbah dapat diketahui, (Sakti A. Siregar, 2005 : 23)

d. *Total Suspended Solids* (TSS)

Total Suspended Solids (TSS) adalah jumlah berat dalam miligram per liter (mg/l) kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron, (Sugiharto, 2014 : 7-8)

e. N total

Unsur hara N merupakan unsur hara makro esensial, menyusun sekitar 1,5% bobot tanaman dan berfungsi terutama dalam pembentukan protein 11, (Hanafiah, 2005). Menurut Hardjowigeno (2003), nitrogen dalam tanah berasal dari : a) bahan organik tanah yaitu bahan organik halus dan bahan organik kasar, b) pengikatan oleh mikroorganisme dari N udara, c) pupuk, dan d) air hujan. (<http://repository.uin-suska.ac.id/5758/3/BAB%20II.pdf>)

f. Merkuri

Hg atau merkuri merupakan salah satu unsur yang paling beracun diantara logam berat yang ada dan apabila terpapar pada konsentrasi yang tinggi maka akan mengakibatkan kerusakan otak secara permanen dan kerusakan ginjal, (Stancheva, 2013). Untuk menghilangkan senyawa logam merkuri, dapat dilakukan dengan cara pengendapan sampai tingkat konsentrasi yang rendah dengan menggunakan senyawa karbonat, fosfat atau sulfide (<https://media.neliti.com/media/publications/246197-none-1edc5944.pdf>)

g. Kadmium

Kadmium (Cd) merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah, Kadmium

berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal, (Palar, 2004).

merkuri dalam air, baik yang berupa larutan atau pun padatan sering ditemukan di balik batu, ditemukan dalam bentuk sulfida yang berasal dari limbah/buangan industri yang terkontaminasi, lindi dari secure landfill yang tidak terkendali, kegiatan pertambangan yang buruk, dan kebocoran pada kolam penampungan limbah, (Bunce, 1994)

4. Dampak Buruk Air Limbah

Air limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak buruk bagi makhluk hidup dan lingkungannya. Beberapa dampak buruk tersebut antara lain sebagai berikut:

a. Gangguan Kesehatan

- 1) *Cholera* adalah penyakit usus halus yang akut dan berat yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio cholera*.
- 2) *Typhus abdominalis* adalah penyakit yang menyerang usus halus yang disebabkan bakteri *salmonella typhi*.
- 3) Hepatitis A disebabkan oleh virus hepatitis A
- 4) *Dysentrie amoeba* disebabkan oleh protozoa bernama *Entamoeba histolytica*

b. Penurunan Kualitas Lingkungan

Bahan organik yang terdapat dalam air limbah jika dibuang langsung kesungai dapat menyebabkan kehidupan didalam air yang membutuhkan oksigen yang terlarut di dalam sungai tersebut.

Dengan demikian akan menyebabkan kehidupan didalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu, dalam hal ini akan mengurangi perkembangannya.

c. Gangguan Terhadap Keindahan

Air limbah yang mengandung pigmen warna yang dapat menimbulkan perubahan warna pada badan air penerima. Walaupun pigmen tersebut tidak menimbulkan gangguan terhadap kesehatan, tapi terjadi gangguan keindahan terhadap badan air penerima tersebut.

d. Gangguan Kerusakan Benda

Ada kalanya air limbah mengandung zat-zat yang dapat dikonversi oleh bakteri *anaerobic* menjadi gas yang agresif seperti H_2C . Gas ini dapat mempercepat proses perkaratan pada benda yang terbuat dari besi dan bangunan air kotor lainnya. Dengan cepat rusaknya air tersebut maka biaya pemeliharannya akan semakin besar juga, yang berarti akan menimbulkan kerugian material.
(<http://www.kepalasuku.webege.com/index.php?pilih=hal&id=5>)

D. Proses Pengolahan Limbah Lindi

1. Proses Pengolahan secara Fisika

Proses pengolahan secara fisika merupakan metode pengolahan air limbah dengan cara menghilangkan polutan secara fisika, seperti sedimentasi, penyaringan, screening dan lain-lain. Prinsip utama dari pengolahan limbah secara fisika adalah untuk menghilangkan padatan yang tersuspensi pada air, (Riffat, 2012). Metode pengolahan secara fisika antara lain sedimentasi dan filtrasi.

a. Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel yang tersuspensi di air. Partikel yang tersuspensi di air memiliki massa jenis yang lebih besar dari air. Proses sedimentasi merupakan pemisahan yang dipengaruhi gaya gravitasi berdasarkan perbedaan partikel yang tersuspensi dengan larutannya, (Carlsson, 1998). Proses sedimentasi diamati pada proses pengolahan air limbah pada industri tepung jagung. Pengamatan menunjukkan bahwa tidak semua partikel yang tersuspensi dapat mengendap. Partikel yang lebih besar membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menghilangkan partikel yang lebih besar. Oleh karena itu, dibutuhkan metode tambahan seperti mikrofiltrasi untuk menghilangkan semua. Proses sedimentasi merupakan proses pengolahan air limbah partikel yang tersuspensi, (Cancino-Madariaga dan Aguirre, 2011). Saat ini metode sedimentasi terutama di industri terus dikembangkan dengan cara melakukan modifikasi pada tanki sediment. Salah satunya dengan memodifikasi vortex pada tanki sedimen. Modifikasi vortex menunjukkan terdapat peningkatan proses sedimentasi, (Ochowiak dkk., 2017)

b. Penyaringan

Penyaringan pada proses pengolahan air merupakan proses tersier dalam pengolahan air Limbah. Proses ini biasanya diikuti setelah proses sekunder (sedimentasi, koagulasi, lumpur teraktivasi). Proses filtrasi dapat memisahkan sebagian besar partikel yang tersuspensi sehingga tahap disinfeksi menjadi lebih efektif, (Hamoda dkk., 2004). Material untuk proses ini antara lain pasir, abu layang, batu gamping, dan dolomit. Proses filtrasi pada air limbah dapat digunakan untuk menghilangkan logam berat seperti Pb (II), Cd (II), Cu (II). Batu gamping yang berasal dari Tunisia menunjukkan hasil yang cukup efektif untuk proses penghilangan logam berat pada larutan encer. Proses penyaringan menunjukkan faktor yang mempengaruhi dalam proses penghilangan logam berat adalah adsorpsi kimia dan presipitasi. Selain itu pengotor yang terkandung pada batu gamping juga mempengaruhi kecepatan penghilangan logam berat dari larutan, (Sdiri dkk., 2012). Penggunaan batu gamping untuk proses filtrasi logam berat juga dilaporkan oleh Aziz et al., (2001). Penggunaan batu gamping sebanyak lebih dari 90% dengan konsentrasi lebih tinggi dibandingkan 50 mg/l dapat dihilangkan dengan batu gamping sebanyak 56 gram. Pada proses penyaringan logam berat dengan batu gamaping meliputi proses adsorpsi maupun adsorpsi

2. Proses Pengolahan secara Biologi

Proses pengolahan limbah dengan metode biologi adalah proses penghancuran atau penghilangan kontaminan dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Tujuan utama pengolahan dengan metode biologi adalah

menghilangkan dan mengurangi bahan organik biodegradable dari air limbah ke tingkat yang dapat diterima sesuai dengan ambang batas yang telah ditentukan. Pengolahan secara biologi juga digunakan untuk menghilangkan nitrogen dan fosfor dari air limbah, (Riffat, 2012). Beberapa metode yang digunakan pada proses pengolahan biologis antara lain proses anaerobik, aerobik, bioreaktor, dan lumpur teaktifasi,

a. Biofiltrasi

Biofiltrasi atau biasa disebut dengan trickling filters, percolating filters, dan bakteria beds adalah proses sekunder yang digunakan untuk air limbah domestik. Metode biofilter menghasilkan air dengan kualitas yang baik, misalnya < 20 mg BOD/l dan < 30 mg SS/l, (Mara, 2013). Pada biofilter mikroorganisme dipasang pada media berpori untuk mendegradasi polutan yang berada aliran air limbah. Mikroorganisme tumbuh dalam biofilm pada permukaan medium atau tersuspensi dalam fase air yang mengelilingi partikel medium. Kinerja biofilter dipengaruhi oleh inokulasi mikroba, pH, suhu, kelembaban dan kandungan hara, (Srivastava dan Majumder, 2008). Salah satu aplikasi biofilter digunakan untuk menghilangkan logam berat dari air limbah. Selain logam berat biofilter juga digunakan untuk menghilangkan toluene dalam air limbah. Salah satu aplikasi biofilter adalah dalam proses degradasi toluene. Material yang digunakan sebagai penyaring harus memiliki luas permukaan yang tinggi, kapasitas air tinggi, densitas rendah, dan porositas yang tinggi. Mikroba diletakkan di dalam filter. Salah satu mikroba yang dapat digunakan adalah mikroba yang berasal dari kompos kotoran sapi. Mikroba yang berasal dari kompos kotoran sapi karena memiliki berbagai macam jenis mikroba. Penghilangan toluene paling besar sebesar

97% ketika jumlah mikroba yang ditambahkan $60.55 \text{ g m}^3 \text{ h}^{-1}$, sensitifitas dari biofilter akan menurun ketika kondisi lingkungan berubah, (Rajamanickam dan Baskaran, 2017).

3. Proses Pengolahan secara Kimia

Proses pengolahan air limbah secara kimia adalah proses yang melibatkan penambahan bahan kimia untuk mengubah atau destruksi kontaminan, (Riffat, 2012). Proses pengolahan air limbah secara kimia antara lain dengan menggunakan koagulasi dan adsorpsi.

a. Koagulasi

Proses koagulasi adalah proses pengendapan partikel yang tersuspensi dengan menggunakan bahan kimia. Berdasarkan jenisnya koagulan dibagi menjadi dua jenis yaitu koagulan yang berasal dari alam dan koagulan sintetik. Koagulan sintetik memiliki kekurangan seperti dapat menyebabkan polusi dan menyebabkan penyakit alzheimer. Salah satu contoh koagulan sintetik adalah Poly aluminium klorida (PAC) dan Aluminium Sulfat (Alum). Penggunaan Koagulan PAC dan Alum pada air limbah PT Nalco dapat menurunkan nilai BOD, COD, TSS, dan kekeruhan. Untuk konsentrasi optimal PAC sebesar 2500 ppm dan Alum sebesar 3000 ppm. Akan tetapi nilai BOD, COD, TSS, dan kekeruhan setelah proses koagulasi masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai ambang batas yang telah ditetapkan di Indonesia, sehingga diperlukan metode tambahan agar diperoleh nilai BOD, COD, kekeruhan dan TSS yang dibawah ambang batas, (Abidin dkk., 2012). Selain koagulan sintetik, koagulan yang berasal dari bahan alam juga dapat digunakan untuk proses koagulasi seperti

kacang babi dan biji asam jawa (*Vicia faba*) dan biji asam jawa (*Tamarindus indica*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH optimum suspensi kacang babi dan suspensi biji asam jawa berada pada pH 3. Konsentrasi optimum suspensi kacang babi sebesar 0.06% dengan penurunan kekeruhan 99.70 % TSS sebesar 99,27%, nilai BOD sebesar 83,30%, nilai COD sebesar 98,93%, dan persentase kenaikan nilai DO sebesar 72,83%. sedangkan konsentrasi optimum suspensi biji asam jawa sebesar 0.04% dengan penurunan kekeruhan sebesar 99.60 % penurunan TSS sebesar 99,27%, nilai BOD sebesar 90,20 %, nilai COD sebesar 93,47%, dan persentase kenaikan nilai DO sebesar 78,65 %, (Purnamasari dkk., 2015).

b. Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses ketika molekul yang terlarut (adsorbat) dihilangkan dengan cara menempelkan adsorbat pada permukaan adsorben. Adsorben harus memiliki luas permukaan yang tinggi, contoh adsorben antara lain alumina, clay, hidroksida, resin, dan karbon teraktivasi. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh diameter partikel, konsentrasi adsorbat, suhu, berat molekul dan pH, (Samer, 2015). Dalam pengolahan air limbah biasanya proses adsorpsi digunakan untuk menghilangkan zat warna dari air limbah. Salah satu contoh Penggunaan adsorben dalam pengolahan air limbah adalah ZSM-5. ZSM-5 yang disintesis dari kaolin Bangka digunakan untuk menghilangkan zat warna tekstil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas absorpsi dari ZSM-5 untuk pewarna congo red, auramin, metilen biru, dan rhodamin B adalah 129, 157, 134, 205, dan 210 mg/g. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ZSM-5

yang berasal dari kaolin Bangka adalah adsorben yang baik untuk mendegradasi zat warna tekstil, (Iryani dan Djoko Hartanto, 2017)

4. Tahap Pengolahan Limbah lindi

Tujuan utama pengolahan limbah cair konvensional adalah mengurangi kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) , *Suspended Solids* (SS) dan organisme patogen. Selain tujuan diatas, pengolahan limbah cair dibutuhkan untuk menghilangkan kandungan nutrisi, bahan kimia beracun, senyawa yang tidak dapat diuraikan secara biologis (*non biodegradable*), dan padatan terlarut.

Proses pengolahan limbah cair ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu :

a. Pengolahan tahap pertama

Pengolahan tahap pertama yaitu dengan bar screen bertujuan untuk pemisahan material berukuran besar seperti kertas, plastik, kayu, kulit udang, sisik ikan, dan sebagainya. limbah yang mengalir melalui saluran pembuangan disaring menggunakan jeruji saring. Metode penyaringan merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan-bahan padat berukuran besar dari air limbah.

b. Pengolahan tahap kedua

Pengolahan tahap kedua berupa aplikasi proses biologis yang bertujuan untuk mengurangi zat organik melalui mekanisme oksidasi biologis. Proses biologis dipilih didasarkan atas pertimbangan kuantitas limbah cair yang masuk unit pengolahan, kemampuan penguraian zat organik yang ada pada limbah tersebut (*biodegradability of waste*), serta tersedianya lahan. Pada unit ini diperkirakan terjadi pengurangan kandungan BOD dalam rentang 35-95% bergantung pada kapasitas unit pengolahannya. Pengolahan tahap kedua yang

menggunakan *Anaerobic Filter* yang tidak memerlukan oksigen dalam menguraikan bahan pencemar organik dan digunakan untuk mengolah air limbah dengan beban organik yang tinggi

c. Pengolahan tahap ketiga atau pengolahan lanjutan

Beberapa standar efluen membutuhkan pengolahan tahap ketiga atau pengolahan lanjutan untuk menghilangkan kontaminan tertentu ataupun menyiapkan limbah cair tersebut untuk pemanfaatan kembali. Pengolahan pada tahap ini lebih difungsikan sebagai upaya peningkatan kualitas limbah cair pada pengolahan tahap kedua agar dapat dibuang ke badan air penerima dan penggunaan kembali effluen tersebut.

Pengolahan tahap ketiga, disamping masih dibutuhkan untuk menurunkan BOD, juga dimaksudkan untuk menghilangkan senyawa fosfor dengan bahan kimia sebagai koagulan, menghilangkan senyawa nitrogen melalui proses ammonia stripping menggunakan udara atau nitrifikasi-denitrifikasi dengan memanfaatkan reaktor biologis, menghilangkan sisa bahan organik dan senyawa penyebab warna melalui absorpsi menggunakan karbon aktif, menghilangkan padatan terlarut melalui proses pertukaran ion, osmosis baik maupun osmosis dialisis, (Soeparman, Soeparmin, 2002 : 106-10).

5. Alternatif Pengolahan Limbah Lindi

Berikut ini adalah macam-macam sistem limbah cair Rumah Sakit yaitu sebagai berikut :

a. Pengolahan Sekunder dengan *Activated Sludge* (Lumpur Aktif)

Teknologi pengolahan air limbah dengan *Activated Sludge* (Lumpur Aktif) ini cocok untuk rumah sakit dengan kapasitas yang besar. Karena diterapkan untuk rumah sakit dengan kapasitas kecil, teknologi ini kurang ekonomis karena biaya yang diperlukan cukup besar.

Prinsip Kerja :

- 1) Penguraian secara biologis pada tangki aerasi , periode tinggal kurang lebih 6-8 jam
- 2) Limbah dialirkan ke tangki sedimentasi lalu didiamkan, diharapkan lumpur mengendap (kurang lebih 1-2 jam) sehingga air yang dihasilkan cukup jernih. Dapat ditambahkan saringan pasir (*optional*) setelah melewati tangki sedimentasi. Kemampuan menurunkan BOD 90-95%. Lumpur yang terjadi sebagian masuk kembali ke tangki aerasi dan sebagian ketempat proses pelumatan. Bila BOD meningkat, maka dilakukan *extended aeration* (kurang lebih sampai 12-18 jam) dengan kapasitas removal 99%. Mikroorganisme-mikroorganisme (terutama protozoa, kista, bakteri, virus, telur cacing) berkurang sekitar 60-80%. Prosesnya terjadi karena mengendap dalam lumpur dengan *extended aeration* mikroorganisme menurun sampai 90%. Keunggulan proses ini adalah kemampuan penurunan BOD yang besar sehingga tidak memerlukan tempat besar. Proses ini cocok untuk mengolah air limbah dalam jumlah besar. Sementara itu, kelemahannya adalah kemungkinan dapat terjadi bulking pada lumpur aktifnya, terjadi buih, serta jumlah lumpur yang dihasilkan cukup besar.

b. Kolam Oxydasi (*Oxydation Pond*)

Prinsip Kerja :

- 1) Penguraian secara biologis oleh bakteri, sinar matahari mengaktifkan *chlorrofil algae*, menghasilkan O_2 .
 - 2) O_2 yang dihasilkan dipakai oleh bakteri (untuk tumbuh, bergerak, berkembang biak). Bila O_2 yang dihasilkan tidak mencukupi maka diberi O_2 melalui pipa/pralon dari kompresor udara (seperti aquarium) bila kolam berlangsung baik, tidak ada bau. BOD pada kolam 1 akan berkurang sekitar 60-65%, jadi BOD pada outlet menurun menjadi sekitar 60-65%. Mikroorganisme juga berkurang antara inlet dan outlet.
- c. Pengelolaan Limbah Cair dengan menggunakan sistem septiktank Secara umum septiktank digunakan untuk melindungi daya absorpsi tanah, dan secara khusus yakni : *solid removal* (penghilang bahan bahan padat), pengolahan biologis secara *anaerob* perlu waktu (periode tinggal) 2-3 hari, suasana anaerobik ini dipertahankan oleh scum (lapisan scum).

Prinsip Kerja :

Limbah (bahan-bahan organik) diolah pada keadaan anaerobik sehingga air yang keluar kandungan bahan-bahan padatnya sudah jauh berkurang. Gas yang dihasilkan keluar melalui ventilasi (NH_3 , CH_4 , H_2S). Akan terdapat perbedaan antar BOD pada inlet dan outlet, sedangkan mikroorganisme yang ada akan terbawa mengendap dan terabsorpsi penguraian. Sisanya keluar pada outlet , yang masih ada mikroorganisme patogen , masuk ke resapan dan resapan mikroorgaisme tersebut mati secara alamiah (terlokalisasi). Pengurasan septiktank

biasanya 3-4 tahun, dimana saat itu scum menjadi rusak, (Adisasmito, 2009 : 147-149)

Tangki septik jenis ini dikembangkan oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), (Said, 1999, hlm. 137). Alat ini digunakan untuk mengolah limbah cair rumah tangga skala individual. Prinsip kerja tangki septik dengan *filter “up flow”* ini pada dasarnya sama dengan tangki septik biasa, yakni terdiri dari bak pengendap, ditambah dengan suatu filter diisi dengan kerikil atau pecahan batu. Penguraian zait organik dalam limbah cair atau tinja dilakukan oleh bakteri anaerobik.

Bak pengendap terdiri dari dua ruangan, yang pertama berisi sebagai bak pengendap pertama, pengurai lumpur (*sludge digestion*) dan penampung lumpur. Sedangkan ruang kedua berfungsi sebagai pengendap kedua dan penampung lumpur yang tidak terendapkan dibak pertama dan luapan air dari bak pengendap dialirkan kemedi filter dengan arah aliran dari bawah ke atas.

Penelitian penggunaan alat ini menunjukkan bahwa dengan debit limbah cair rumah tangga sebesar 1-1,5 m³/hari dan total volume efektif kerikil 1.062 m³ dapat mengurangi kadar BOD, COD, TSS dan bakteri koli sekitar 80%. Sedangkan efisien penghilang deterjen (MBAS) dan total nitrogen sekitar 53%, (Said, 1999, hlm. 143)

d. Proses *Biofilter Anaerob-Aerob*

Proses pengolahan ini merupakan pengembangan proses biofilter anaerob dengan proses aerasi kontak. Pengolahan terdiri dari beberapa bagian, yakni bak pengendap awal, biofilter anaerob (*anoxic*), biofilter aerob, bak pengendap akhir dan jika perlu dilengkapi dengan bak kontak klor. BPPT, (Said, 1999, hlm. 187)

telah melaksanakan uji coba alat ini untuk mengolah limbah cair rumah sakit, baik limbah cair secara umum maupun limbah klinisnya.

Pada tahap awal limbah cair masuk pada bak kontrol, selanjutnya dialirkan ke bak pengurai anaerob dibagi menjadi tiga ruangan, yakni bak pengendapan atau bak pengurai awal, biofilter anaerob serta bak stabilisasi. Selanjutnya, dari bak stabilisasi limbah cair dialirkan ke unit pengolahan selanjutnya yang terdiri dari beberapa ruangan yang berisi media untuk pembiakan mikroorganisme yang akan menguraikan senyawa polutan. Pada rangkaian akhir pengolahan limbah cair dialirkan ke bak klorinasi dan selanjutnya dapat dibuang ke badan air penerima. Hasil uji coba prototipe alat ini dengan debit limbah cair rumah sakit sebesar 10-15 m³/hari (setara rumah sakit dengan kapasitas 30-50 tempat tidur), menunjukkan kemampuan penurunan yang sangat baik dari beberapa parameter limbah cair seperti BOD, COD, TSS, NH₃, dan deterjen, (Soeparman, Suparmin, 2002, 130-132)

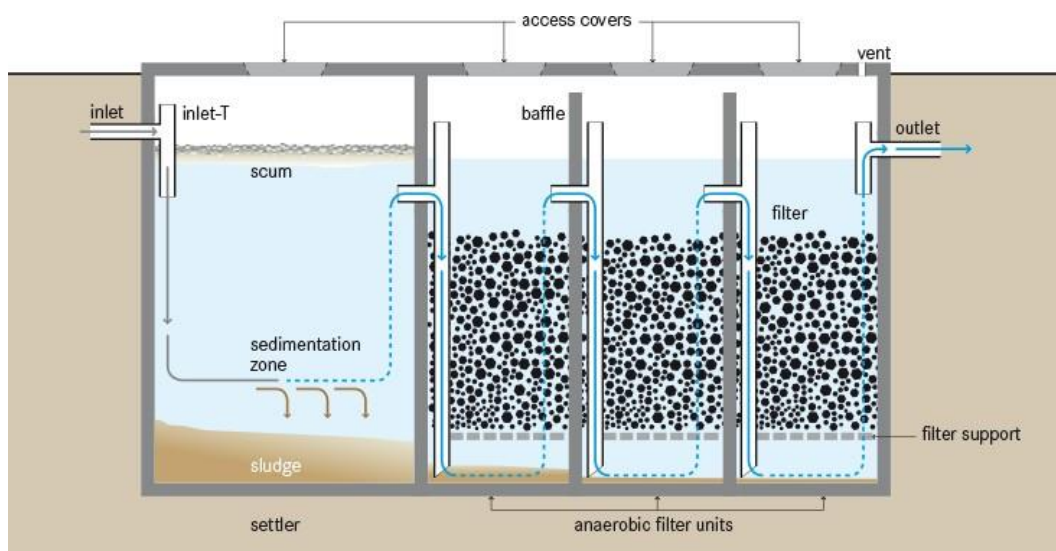
6. Perencanaan Pengelolaan Air Limbah lindi Kompos TPA Bakung

a. Pengolahan Air Limbah Proses *anaerobic filter*

Anaerobic Filter atau yang sering disebut *fixed bed* atau *fixed film reactor*, mengolah padatan yang tidak diendapkan dan padatan terlarut dengan cara mengontakkannya pada bakteri. Bakteri yang “lapar” akan mencerna bahan organik terlarut dalam waktu yang singkat. Kebanyakan bakteri tidak dapat bergerak. Mereka cenderung melekatkan diri pada media padat, misalnya dinding *reactor*, (Sasse, 1998).

Seluruh air limbah dialirkan masuk ke bak pengendap awal, selanjutnya dari bak pengendap awal air limbah dialirkan ke bak *anaerobic filter*, untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi. Selain sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, pengurai lumpur (*sludge digestion*) dan penampung lumpur. Skema proses pengolahan air limbah dengan sistem *anaerobic filter* dapat dilihat pada Gambar

1. Air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke bak *Anaerobic filter*.



Gambar 2.1. Diagram Proses *anaerobic filter*

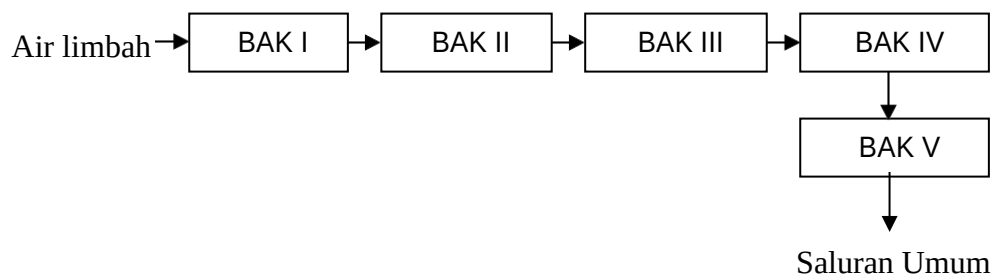
Kriteria desain AF berdasarkan Sasse (1998) adalah sebagai berikut:

- 1) Luas permukaan media : 90-300 m² /m³
- 2) Penyisihan BOD : 70 - 90%
- 3) Jenis media : kerikil, batu (5-10 cm), plastik, arang (5-15 cm)
- 4) Organic loading : < 4.5 kg COD/m³ hari

5) *hydraulic retention time* : 1 – 2 hari

Di dalam bak *Anaerobic filter* tersebut diisi dengan media batu .Reaktor *Anaerobic filter* terdiri dari tiga buah ruangan. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan proses penyaringan. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap awal.

Seluruh air limbah dikumpulkan dan dialirkan ke bak Screening lalu ke bak pengendap awal, selanjutnya dialirkan ke bak *anaerobic filter*.



Gambar 2.2 Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem *Anaerobic filter*

Keterangan :

1. BAK I = Bak Pengendap Awal
2. BAK II = Bak *Anaerobic Filter I*
3. BAK III = Bak *Anaerobic Filter II*
4. BAK IV = Bak Pengendap Akhir
5. BAK V = Bak Biokontrol

b. Keunggulan dengan Proses *anaerobic filter*

Beberapa keunggulan proses pengolahan air limbah dengan *anaerobic filter* antara lain yakni :

- 1) Pengelolaannya sangat mudah.
- 2) Tidak perlu lahan yang luas.
- 3) Biaya operasional dan perawatan tidak terlalu mahal.
- 4) Tidak membutuhkan energy listrik
- 5) Efisiensi BOD dan TSS tinggi

c. Unit Pengumpul Air Limbah

1) Bak Saringan (*Screen Chamber*)

Di dalam proses pengolahan air limbah, *screening* (saringan) atau saringan dilakukan pada tahap yang paling awal. Saringan untuk penggunaan umum (*general porpose screen*) dapat digunakan untuk memisahkan bermacam-macam benda padat yang ada di dalam air limbah, misalnya kertas, plastik, kain, kayu dan benda dari metal serta lainnya. Benda-benda tersebut jika tidak dipisahkan dapat menyebabkan kerusakan pada sistem saluran perpipaan. Hal tersebut dapat menimbulkan masalah yang serius terhadap operasional maupun pemeliharaan peralatan. Saringan yang halus kadang-kadang dapat juga digunakan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Screen chamber terdiri dari saluran empat persegi panjang, dasar saluran biasanya 7 – 15 cm lebih rendah dari saluran inlet (*incoming sewer*). *Screen chamber* harus dirancang sedemikian rupa agar tidak terjadi akumulasi pasir (*grit*) atau material yang berat lainnya di dalam bak. Jumlah bak minimal 2 buah untuk instalasi dengan kapasitas yang besar

Tabel 2.3. Kriteria Desain Untuk Bar Screen.

Kriteria Desain	Pembersihan Manual	Pembersihan Mekanis
Kecepatan aliran melalui <i>screen</i> (m/det)	0.3 – 0,6	0,6 – 1,0
Ukuran <i>Bar</i> (batang) Lebar (mm)	4-8	8 – 10
Tebal (mm)	25 – 50	50 - 75
Jarak antar bar (batang) (mm)	25 – 75	75 - 85
Slope dengan horizontal (derajad)	45 – 60	75 – 85
<i>Head loss</i> yang dibolehkan, <i>clogged screen</i> (mm) Maksimum <i>head loss</i> , <i>clogged screen</i> (mm)	150 800	150 800

(Sumber : Pedoman Teknis instalasi pengolahan air limbah)

2) Bak Pengendap Awal

Bak pengendap awal berfungsi untuk mengendapkan atau menghilangkan kotoran padatan tersuspensi yang ada di dalam air limbah. Kotoran atau polutan yang berupa padatan tersuspensi misalnya lumpur anorganik seperti tanah liat akan mengendap di bagian dasar bak pengendap. Kotoran padatan tersebut terutama yang berupa lumpur anorganik tidak dapat terurai secara biologis, dan jika tidak dihilangkan atau diendapkan akan menempel pada permukaan media *biofilter* sehingga menghambat transfer oksigen ke dalam lapisan biofilm, dan mengakibatkan dapat menurunkan efisiensi pengolahan.

Bak pengendap awal dapat berbentuk segi empat atau lingkaran. Pada bak ini aliran air limbah dibuat agar sangat tenang untuk memberi kesempatan padatan/suspensi untuk mengendap. Kriteria-kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak pengendap awal antara lain adalah waktu tinggal hidrolis, beban permukaan (*surface loading*), dan kedalaman bak.

- a) Waktu Tinggal Hidrolis (*Hydraulic Retention Time*, WTH) adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak dengan kecepatan seragam yang sama dengan aliran rata-rata per hari.
- b) Waktu tinggal dihitung dengan membagi volume bak dengan laju alir masuk, satuannya jam. Nilai waktu tinggal adalah

$$T = 24 V/Q$$

Dimana :

T = waktu tinggal (jam)

V = volume bak (m^3)

Q = laju rata-rata harian (m^3 /per hari)

Beban permukaan (*surface loading*), sama dengan laju alir (debit volume) rata-rata per hari dibagi luas permukaan bak, satuannya m^3 per meter persegi per hari.

$$V_0 = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

V_0 = laju limpahan / beban permukaan (m^3 / m^2).

Q = aliran rata-rata harian, m^3 per hari

A = total luas permukaan (m^2)

Bak pengendap awal atau primer yakni bak pengendap tanpa bahan kimia yang digunakan untuk mengmisahkan atau mengendapkan padatan organik atau anorganik yang tersuspensi di dalam air limbah. Umumnya dipasang sebelum proses pengolahan sekunder atau proses pengolahan secara biologis.

BAK PENGENDAP AWAL

BOD Masuk = 382 mg/l (menurut *teori Nusa Idaman Said.*)

BOD Keluar = 160 mg/l (hasil penurunan efisiensi perkolam)

$$Q = 2 \text{ m}^3$$

$$dt = 2.5 \text{ jam}/24 \text{ (waktu tinggal kolam)}$$

$$= 0,10 \text{ hari}$$

$$\text{Lebar} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 1.25 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = Q \times dt, \text{ dimana}$$

$$Q = \text{Debit air limbah}$$

$$dt = \text{Waktu Tinggal}$$

$$\text{Volume} = Q \times dt$$

$$= 2 \text{ m}^3 \times 0,10 \text{ hari}$$

$$= 0.2 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume} = P \times l \times t$$

$$= P \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$1 \text{ m}^3 = P \times 1 \text{ m}$$

$$P = \frac{1m}{1m}$$

$$P = 1, \text{ m}$$

Ukuran sebenarnya:

P= Panjang Asli + tebal dinding kanan + tebal dinding kiri

$$1, \text{ m} + 0,15 \text{ m} + 0,15 \text{ m} = 1,3 \text{ m}$$

L= Lebar asli + tebal dinding kanan + tebal dinding kiri

$$1 + 0,15 + 0,15 = 1,3 \text{ m}$$

T= T.asli + T. dinding + R.Hampa I+ diameter pipa+ R.Hampa II+ T.Beton

$$1,25 + 0,15 + 0,20 + 0,10 + 0,10 + 0,10 = 2 \text{ m}$$

3) Reaktor *anaerobic filter*

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem *anaerobic biofilter*, kolam *anaerob* merupakan unit yang mana didalamnya terjadi proses penguraian air limbah secara anaerob oleh bakteri *anaerob*. Di dalam proses pengolahan air limbah secara *anaerob*, akan dihasilkan gas metan, amoniak dan gas H₂S yang menyebabkan bau busuk. Oleh karena itu untuk pengolahan air limbah lindi unit reaktor filter anaerob dibuat tertutup dan dilengkapi dengan pipa pengeluaran gas dan jika perlu dilengkapi dengan filter penghilang bau.

Reaktor *biofilter* dapat dibuat dari bahan beton bertulang, bahan plat baja maupun dari bahan *fiber reinforced plastic* (FRP). Untuk raktor biofilter dengan kapasitas yang besar umumnya dibuat dari bahan beton bertulang, sedangkan untuk kapasitas kecil atau sedang umumnya dibuat dari bahan FRP atau plat baja yang dilapisi dengan bahan anti karat.

BAK ANAEROBIK

BOD Masuk = 160 mg/l (hasil penurunan efisiensi perkolam)

BOD Keluar = 120 mg/l (hasil penurunan efisiensi perkolam)

Q = 2 m³

dt = 2.5 jam/24 (waktu tinggal kolam)

= 0,10 hari

Lebar = 1 m

Tinggi = 1.25 m

BOD Masuk = 160 mg/l

= 1,6 g/l

= 1,6 g/dm³

= 160 g/m³

BOD Keluar = 120 mg/l

Efisiensi = 60 %

Beban BOD/Volume = 0,4 – 4,7 kg BOD/ m³

Beban BOD yang digunakan = 1 kg

a) Beban BOD dari air limbah = Q x BOD masuk

= 2 m³ x 160

= 0.5 kg/hari

b) Volume Media = Beban BOD air Limbah

Beban BOD / Volume

= ~~0,5 kg/ Hari~~

1 kg BOD / Hari

= 0.5 m³

c) Volume Reaktor

$$\text{Efisiensi} \times V_{\text{media}} = \frac{10}{6} \times 0.5 \text{ m}^3$$

$$= 0.8 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume} = P \times l \times t$$

$$0.8 \text{ m}^3 = P \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$0.8 \text{ m}^3 = P \times 1 \text{ m}$$

$$P = \frac{0.8 \text{ m}^3}{10}$$

$$P = 0.8 \text{ m}$$

d) Volume Media $= P \times l \times t$

$$0.5 = 0.8 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times t$$

$$0.5 = 0.8 \text{ m}$$

$$t = \frac{1 \text{ m}}{0.8 \text{ m}}$$

$$t = 1.25 \text{ m}$$

Ukuran sebenarnya:

P= Panjang asli + tebal dinding kanan + tebal dinding kiri

$$0.8 \text{ m} + 0.15 \text{ m} = 1.75 \text{ m}$$

L= Lebar asli + tebal dinding kanan + tebal dinding kiri

$$1 + 0.15 + 0.15 = 1.3 \text{ m}$$

T= T.asli + T. dinding + R.Hampa I+ diameter pipa+ R.Hampa II+ T.Beton

$$1.25 + 0.15 + 0.30 + 0.10 + 0.10 + 0.10 = 2 \text{ m}$$

4) Bak pengendap Akhir

Bak pengendap akhir berfungsi untuk memisahkan atau mengendapkan kotoran padatan tersuspensi (TSS) yang ada di dalam air limbah agar air olahan IPAL menjadi jernih. Waktu tinggal hidrolis di dalam bak pengendap akhir umumnya sekitar 2-4 jam. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang berasal dari biofilter anerob-aerob lebih sedikit dan lebih mudah mengendap, karena ukurannya lebih besar dan lebih berat. Air limpasan (*overflow*) dari bak pengendap akhir relatif sudah jernih, selanjutnya dialirkan ke bak kontrol/kolam ikan

BAK PENGENDAP AKHIR

BOD Masuk = 120 mg/l (hasil penurunan efisiensi perkolam)

BOD Keluar = 50 mg/l (hasil penurunan efisiensi perkolam)

$Q = 2 \text{ m}^3$

$dt = 2.5 \text{ jam}/24 \text{ (waktu tinggal kolam)}$

$= 0,10 \text{ hari}$

Lebar = 1 m

Tinggi = 2 m

Volume = $Q \times dt$, dimana

Q = Debit air limbah

dt = Waktu Tinggal

Volume = $Q \times dt$

$= 2 \text{ m}^3 \times 0,10 \text{ hari}$

$= 0.2 \text{ m}^3$

Volume = $P \times l \times t$

$$1 \text{ m}^3 = P \times 1 \text{ m} \times 1, \text{ m}$$

$$1 \text{ m}^3 = P \times 1 \text{ m}$$

$$P = \frac{1m}{1m}$$

$$P = 1, \text{m}$$

Ukuran sebenarnya:

P= Panjang Asli + tebal dinding kanan + tebal dinding kiri

$$1 \text{ m} + 0,15 \text{ m} + 0,15 \text{ m} = 1,3 \text{ m}$$

L= Lebar asli + tebal dinding kanan + tebal dinding kiri

$$1 + 0,15 + 0,15 = 1,3 \text{ m}$$

T= T.asli + T. dinding + R.Hampa I+ diameter pipa+ R.Hampa II+ T.Beton

$$1,25 + 0,15 + 0,50 + 0,10 + 0,10 + 0,10 = 2 \text{ m}$$

5) Bak Biokontrol

Bak biokontrol adalah bak kontrol kualitas air olahan secara alami dengan menggunakan indikator biologis. Di dalam bak biokontrol biasanya ditaruh ikan mas atau ikan yang biasa hidup di air yang bersih. Bak biokontrol ini berfungsi untuk mengetahui secara cepat apakah air hasil olahan IPAL cukup baik atau belum. Jika ikan yang ada di dalam bak biokontrol hidup berarti air olahan IPAL relatif baik dan jika ikan yang ada di dalam bak biokontrol mati berarti air olahan IPAL buruk. Meskipun ikan di dalam bak biokontrol hidup belum berarti air olahan sudah memenuhi baku mutu. Untuk mengetahui apakah air olahan sudah memenuhi baku mutu atau belum harus dianalisa di laboratorium

KOLAM BIOKONTROL

$$\text{Volume kolam ikan} = 1, \text{ m}^3$$

$$\text{Volume} = P \times l \times t$$

$$1 \text{ m}^3 = P \times 1 \times 1 \text{ m}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1 \text{ m}$$

$$P = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m}}$$

$$P = 1 \text{ m}$$

Ukuran sebenarnya:

P= Panjang Asli + tebal dinding kanan + tebal dinding kiri

$$1 \text{ m} + 0,15 \text{ m} = 1,15 \text{ m}$$

L= Lebar asli + tebal dinding kanan + tebal dinding kiri

$$1 \text{ m} + 0,15 \text{ m} + 0,15 = 1,3 \text{ m}$$

T= T.asli + T. dinding + R. hampa I + diameter pipa+ R. hampa II+ T.beton

$$1, \text{ m} + 0,15 \text{ m} + 0,50 \text{ m} + 0,10 \text{ m} + 0,10 \text{ m} + 0,10 \text{ m} + 0,10 \text{ m} = 2,05 \text{ m}$$

6. Rancangan Lokasi (*Site Plan*) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Sistem *anaerobic filter*

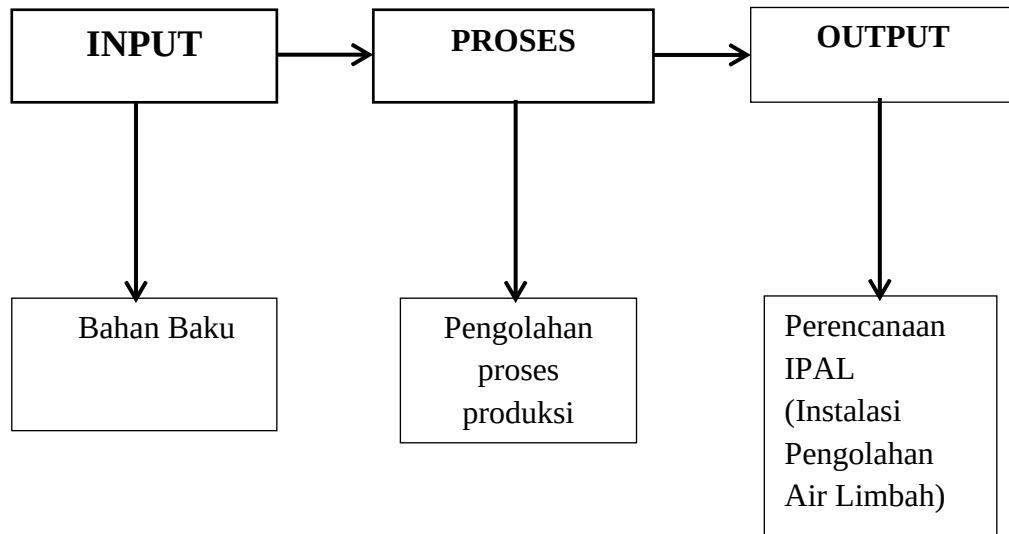
a. Lokasi IPAL sebaiknya berada :

- 1) Tidak terlalu jauh dari sumber/asal air limbahnya.
- 2) Tidak mengganggu lingkungan, baik dari segi pandangan maupun dari segi kemungkinan bau.
- 3) Tidak jauh dari saluran pembuangan lingkungan.

b. Posisi bangunan IPAL, dapat berada :

- 1) Di atas tanah.

- 2) Di bawah tanah.(misalnya di bawah halaman parkir, di bawah taman penghijauan).
- 3) Di dalam bangunan (besmen)

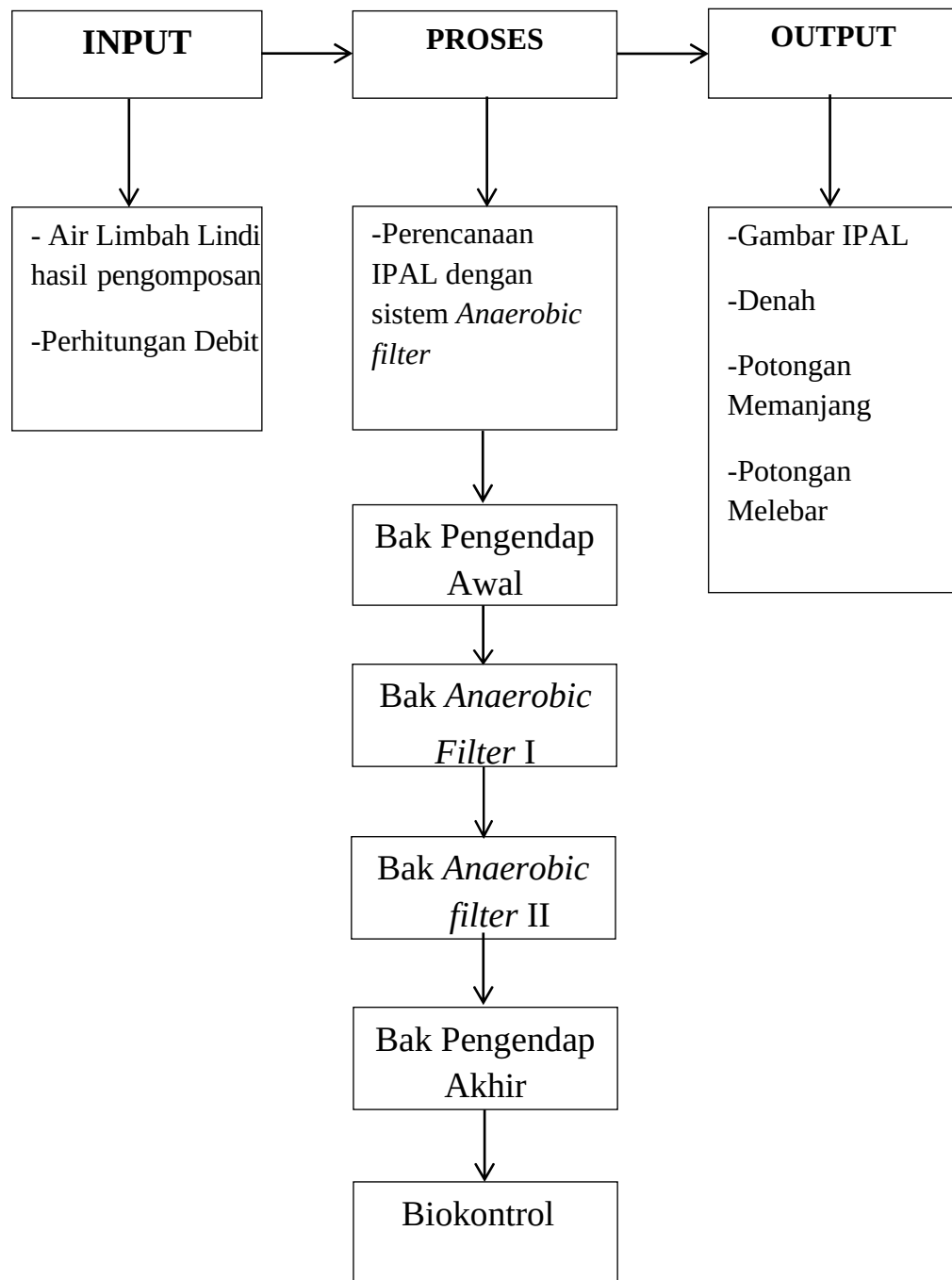
E. Kerangka Teori

Gambar 2.3. Kerangka teori

Sumber : Peraturan Meteri Lingkungan Hidup RI. No 5 Tahun

2014, (Said & Wahjoo, 2013)

F. Kerangka Konsep



Gambar 2.4. Kerangka Konsep

G. Definisi Operasional

Tabel 2.4 Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi oprasional	Cara ukur	Alat ukur	Hasil ukur
1.	Limbah lindi kompos	Cairan yang timbul dari hasil penguraian segala sisa organik melalui proses pembusukan.	Pengamatan	Checklist	Sesuai persyaratan baku mutu lindi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No.59 tahun 2016
2.	Volume limbah lindi kompos	Jumlah limbah cair kompos dalam satuan waktu yang dihasilkan untuk diolah didalam IPAL	Air lindi kompos/hari x jumlah sampah organik/hari	Stopwatch, gelas ukur, ember dan rumus	m ³ /hari
3.	Desain IPAL lindi kompos	Desain bangunan IPAL komunal yang sesuai dengan lokasi TPA Sampah Bak 1 Pengendap awal Bak 2 <i>Anaerobic Filter</i> I Bak 3 <i>Anaerobic Filter</i> II Bak 4 Pengendap akhir Bak 5 Biokontrol	-Menghitung debit air limbah -Menghitung volume bak Pengendap Awal -Bak <i>Anaerobic Filter</i> I -Bak <i>Anaerobic Filter</i> II -Bak pengendap Akhir -Bak Biokontrol	Media hitung, Rumus dan Software AutoCAD 2007	Gambar Desain IPAL