

`BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik (SPALD)

Sistem pengelolaan Air Limbah Domestik adalah rangkaian kegiatan pengelolaan air limbah domestik dalam satu kesatuan dengan prasarana dan sarana pengelolaan air limbah domestik (PUPR 2017). Limbah domestik dibedakan menjadi 2 jenis yaitu air limbah kakus (black water) dan air limbah non kakus (grey water). Sistem pengelolaan limbah domestik terdiri dari pengelolaan sistem pembuangan terpusat dan sistem pembuangan setempat (Destirani 2018).

2.1.1 Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Setempat (SPALD – S)

Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Setempat (SPALD-S) adalah sistem pengelolaan yang dilakukan dengan mengolah air limbah domestik di lokasi sumber, yang dilanjutkan dengan mengangkut hasil olahan lumpur ke sub-sistem pengolahan lumpur tinja dengan menggunakan sarana pengangkut (PUPR 2017). Menurut Fajarwati (2000) SPALD-S merupakan proses pengelolaan air limbah yang dibuang langsung ke tempat tanpa dikumpulkan serta disalurkan melalui jaringan saluran yang terhubung ke tempat pengolahan air buangan atau badan air penerima. Contoh dari SPALD-S sendiri adalah cubluk dan tangki septik. Sistem ini dapat digunakan jika memenuhi syarat-syarat teknis dari lokasi dan menggunakan biaya yang relative rendah (Uyun 2019). SPALD-S terdiri dari beberapa jenis yaitu

1. Cubluk (*Pit Privy*) adalah sistem pembuangan tinja yang paling sederhana yang terbuat dari tanah yang dilubangi secara manual yang dilengkapi dengan dinding rembes. Dinding rembes tersebut terdiri dari susunan batu bata berongga, ayaman bambu dan lain-lain.
2. Tangki septik merupakan komponen yang memiliki fungsi untuk menampung kotoran padat agar mengalami proses biologis oleh bakteri

anaerob dengan jangka waktu tertentu. Agar proses yang terjadi di tangki septik berjalan dengan baik maka tangki septik harus terisi penuh dengan cairan dan harus kedap terhadap air.

3. Beerput merupakan gabungan dari bak septik dan peresapan sehingga bentuknya hampir seperti sumur resapan.

SPALD-S terdiri dari beberapa komponen yaitu sistem pengolahan setempat, 5angka pengolahan setempat memiliki fungsi untuk mengumpulkan serta mengolah air limbah domestik (grey water dan black water) di lokasi sumber (Uyun 2019). Sistem pengangkutan, sistem pengangkutan merupakan sarana yang digunakan untuk memindahkan lumpur tinja dari sistem pengolahan setempat ke sistem pengolahan lumpur tinja. Sistem pengolahan lumpur tinja merupakan sarana dan prasarana yang berfungsi untuk mengolah lumpur tinja berupa IPLT (PUPR 2017).

2.1.2 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD – T)

Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terspusat (SPADL-T) adalah sistem pengelolaan yang dilakukan dengan mengalirkan air limbah domestik dari sumber secara kolektif ke sub-sistem pengolahan terpusat untuk diolah sebelum dibuang ke badan air permukaan. Berdasarkan cakupan pelayanannya, SPALD-T dibedakan menjadi 3 kategori yaitu skala perkotaan, untuk sistem lingkup perkotaan dan/atau regional dengan minimal layanan 20.000 (dua puluh ribu) jiwa. Skala permukiman, Untuk mengelola air limbah domestik dengan jumlah pelayanan dari 50 (lima puluh) sampai 20.000 (dua puluh ribu) jiwa. Skala Kawasan tertentu, untuk mengolah air limbah domestik yang bersumber dari kawasan komersial dan kawasan rumah susun. SPALD-T memiliki tiga sub-sistem yaitu sub-sistem pelayanan, merupakan prasarana dan sarana untuk menyalurkan air limbah domestik dari sumber, baik toilet maupun dapur, melalui perpipaan persil ke sub-sistem pengumpulan. Sub-Sistem Pengumpulan, merupakan prasarana dan sarana untuk menyalurkan air limbah domestik melalui perpipaan dari sub-sistem pelayanan ke sub-sistem pengolahan terpusat. Sub-sistem Pengolahan

Terpusat, merupakan prasarana dan sarana yang berfungsi untuk mengolah air limbah domestik yang dialirkan dari sumber melalui Sub-sistem pelayanan dan sub-sistem pengumpulan (Direktorat cipta karya 2018).

2.2 Pengertian Lumpur Limbah

Lumpur limbah adalah hasil dari pengolahan air limbah untuk menghilangkan kandungan zat pengotor baik organik maupun anorganik yang ada pada larutannya. Hasil dari pengolahan tersebut dapat menyebabkan perpindahan konsentrasi dari kandungan zat pengotor ke dalam volume dari larutan yang disebut lumpur. Lumpur limbah biasanya terdiri dari campuran lumpur primer dari primer dan biologis lumpur dari unit pengolahan biologis. Jika proses perawatan termasuk tersier pengolahan, maka lumpur limbah juga dapat mencakup lumpur tersier. Maka dari itu lumpur limbah merupakan bentuk terkonsentrasi dari kotoran yang diekstraksi dari air limbah domestik, dalam usaha untuk meningkatkan kualitas limbah (Vigneswaran, 2019).

2.3 Jenis – Jenis Lumpur

Karakteristik lumpur sangat bervariasi tergantung dari air limbanya, terutama pada jenis limbah industri yang dibuang ke sistem pembuangan kotoran. Ada 3 kategori utama lumpur limbah sebagai berikut :

a. Lumpur Primer

Lumpur primer berasal dari pengolahan mekanis dan proses awal. Pengolahan primer terdiri dari unit pengendapan gravitasi bertujuan untuk menghilangkan padatan yang dapat diendapkan dan pengumpulan sisa bahan apung, seperti minyak dan buih, yang diproduksi dalam jumlah kecil. Lumpur ini diproduksi di primer lumpur industry dan settling tank atau dikenal juga sebagai primary sludge.

b. Lumpur Sekunder

Setelah melalui pengolahan primer, air limbah masih memiliki kandungan organik yang tinggi yang dapat terbiodegradasi, hal ini harus dikurangi untuk menghindari mencemari badan air. Penghilangan bahan

organik biodegradable, yang dinyatakan dalam *Biochemical Oxygen Demand* I(BOD) atau *Biodegradable Chemical Oxygen Demand* (bCOD) merupakan tujuan dari pengolahan sekunder. Metode pengolahan sekunder yang paling sering digunakan adalah proses lumpur aktif. Lumpur sekunder mengandung 99% air, yang Sebagian adalah air terikat dengan cara kimia dan fisik ke area permukaan yang disediakan oleh partikel flok.

c. Lumpur Tersier (Kimiawi)

Lumpur tersier atau kimiawi terbentuk dari pembuangan nutrisi kimia atau tersier atau pengolahan lanjutan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas efluen. Sistem pengolahan ini seperti koagulasi dan flokulasi diikuti oleh sedimentasi atau lebih sering dengan penyaringan, umumnya menghasilkan padatan yang tidak boleh dikelola dengan jenis lumpur lainnya.

2.4 Pengertian Lumpur Tinja

Lumpur tinja merupakan padatan dari hasil penyimpanan black water dan tinja dari berbagai konsentrasi padatan yang mengendap atau materi non-feses yang lain (Tamakloe, 2014). Lumpur tinja memiliki nutrient yang cukup tinggi untuk konsentrasinya dibandingkan dengan yang ada pada kandungan air limbah. Lumpur tinja ialah hasil proses penguraian tinja manusia ke dalam tangki septik. Proses utama yang terjadi dalam pengolahannya di tangki septik adalah sebagai berikut (Polprasert dan Rajput, 1982):

- a. Penyisihan padatan tersuspensi
- b. Pencernaan lumpur dan skum
- c. Stabilisasi cairan
- d. Pertumbuhan mikroorganisme

Lumpur tinja terdiri dari campuran lumpur toilet umum yang tidak memiliki saluran pembuangan dan lumpur tinja dari tangki septik dengan perbandingan 1:2 (Cofie et al.,2006). Lumpur tinja dari toilet umum

mempunyai kondisi agak segar karena penyimpanan sebelum pengumpulan (dari beberapa hari hingga 2 minggu), menunjukkan konsentrasi organik dan padatnya yang tinggi. Tinja terdiri dari sebagian besar pasir dan minyak yang bersifat bau yang tajam, berbusa jika diaduk, konsentrasi zat padat dan organik tinggi, susah mengendap, dan dipisahkan cairannya (Putri, 2015).

2.4.1 Karakteristik Lumpur Tinja

Di dalam ilmu Kesehatan lingkungan, dari banyak jenis kotoran manusia, yang lebih diutamakan adalah tinja (faeces) dan air seni (urine) karena kedua bahan buangan ini mempunyai karakteristik tersendiri dan dapat menjadi sumber penyebab timbulnya berbagai macam penyakit saluran pencernaan (Azwar, 1995). Karakteristik lumpur tinja banyak variasinya, ini dapat disebabkan karena jumlah pemakai, kebiasaan makan, dan minum pemakai, sumber lumpur tinja (tangki septik/cubluk), desain dan ukuran Bangka septik, kondisi cuaca dan iklim, dan lain-lain (Putri, 2015). Menurut Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat (2018), hasil pengambilan sampel lumpur tinja di beberapa lokasi di Indonesia, lumpur tinja di Indonesia memiliki karakteristik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Karakteristik Lumpur Tinja di Indonesia

Parameter	Besaran
pH	7 – 7.5
BOD (mg/l)	2000 - 5000
COD (mg/l)	6,000 – 15,000
Total Solid (mg/l)	14,000 – 24,000
Total Suspended Solid (mg/l)	10,000 – 20,000
Sludge Volume Index (ml/g)	31 – 40
Ammonia (mg/l)	100 - 250
Minyak dan Lemak (mg/l)	1000 – 2000
Total Koliform	1,600,000 - 5,000,000
Fosfat (mg/l)	8 - 20

Sumber: Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) (2018)

2.4.2 Parameter Lumpur Tinja

Parameter yang ada pada lumpur tinja adalah:

a. Nutrient

Nutrient yang ada pada lumpur tinja berasal dari sisa proses pencernaan makanan manusia. Sisa proses pencernaan makanan manusia yang berupa feses mengandung 10-20% Nitrogen, 20-50% Fosfor, dan 10-20% Potassium, dan yang berupa urin mengandung 80-90% Nitrogen, 50-65% Fosfor, dan 50-80% Potassium (Berger, 1960, Lentner et al., 1981; Vinneras et al., 2006)

- Nitrogen

Konsentrasi nitrogen dalam lumpur tinja umumnya cukup tinggi dengan kisaran 10-100 kali lebih tinggi dari konsentrasi Nitrogen di air limbah domestik. Nitrogen pada lumpur tinja dapat ditemukan dalam berbagai bentuk, yaitu Ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), Ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) dan N organik (Mitchell, 1989; Jonsson et al., 2005).

- Fosfor

Kandungan fosfor pada lumpur tinja dapat ditemukan dalam bentuk ortofosfat dan fosfat terikat (Strande et al., 2012).

b. pH

pH merupakan parameter yang sangat penting dalam pemeriksaan lumpur tinja karena dapat mempengaruhi tahapan stabilisasi biologi. pH pada lumpur tinja umumnya berkisar antara 6.5 – 8 (Ingalinella et al., 2002; Cofie et al., 2006), tetapi bisa juga bervariasi dari 1.5 sampai 12.6 (USEPA, 1994). Jika pH lumpur tinja memiliki nilai di luar kisaran 6-9, maka ini dapat menghambat proses biologi dan produksi gas metana pada proses anaerob (Strande et al., 2012).

c. Padatan

Konsentrasi padatan lumpur tinja berasal dari berbagai materi organik (volatile solid) dan materi anorganik (fixed solid), yang berbentuk materi mengapung, mengendap, koloid, dan tersuspensi. Parameter

yang dibutuhkan pada pengukuran padatan yang terkandung dalam lumpur tinja terdiri dari total solid (TS), total solid tersuspensi (TSS) dan total volatile solid (TVS) (Strande et al., 2012).

d. BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD adalah parameter yang menandakan kandungan senyawa organik yang dapat terdegradasi secara biologis. Lumpur tinja umumnya memiliki konsentrasi BOD yang lebih tinggi dari air limbah domestic.

e. COD (Chemical Oxygen Demand)

COD merupakan parameter yang menandakan kandungan senyawa organik pada lumpur tinja baik yang dapat terdegradasi secara biologis maupun non biologis.

f. Minyak dan Lemak

Lumpur tinja dapat mengandung minyak dan lemak yang berasal dari minyak rumah tangga, daging, biji-bijian, dan kacang-kacangan. Parameter minyak dan lemak harus diperiksa karena minyak dan lemak bisa menurunkan kemampuan mikroba dalam mengurangi senyawa organik. Hal ini dikarenakan minyak dan lemak dapat mengurangi kelarutan, meningkatkan lapisan scum di tangki pengendapan, yang dapat menyebabkan masalah pada tahap pengolahan.

g. Pasir dan Kerikil

Pasir dan kerikil dapat meningkatkan potensi penyumbatan pipa dan pompa. Pasir dan kerikil yang ada pada lumpur tinja bisa berasal dari pasir yang terbawa saat penyedotan di rumah-rumah dan pasir yang terbawa pada saat banjir.

h. Sampah

Sampah juga banyak ditemukan dalam lumpur tinja karena keterbatasan pengetahuan dan informasi mengenai sampah-sampah yang tidak boleh dibuang ke dalam unit pengolahan setempat, seperti popok bayi, pembalut, kayu, plastic kemasan, dan lain-lain. Akumulasi sampah pada lumpur tinja dapat mengakibatkan permasalahan dalam kegiatan pengangkutan lumpur tinja dan pengolahan lumpur tinja. Permasalahan

yang timbul antara lain penyumbatan pada pipa penyedotan lumpur tinja dan gangguan pengolahan di unit pengolahan lumpur tinja.

i. Patogen

Berikut ini adalah organisme patogen yang bisa terdapat dalam lumpur tinja:

- Bakteri koliform

Bakteri koliform merupakan bakteri yang biasanya ditemukan di dalam saluran pencernaan manusia. Bakteri koliform umumnya digunakan untuk menjadi indikator kontaminasi bakteri patogen.

- Cacing dan telur cacing

Telur cacing adalah salah satu indikator yang menentukan efektivitas penyisihan organisme patogen pada lumpur tinja. Hal ini juga ada keterkaitannya dengan ketahanan telur cacing dalam pengolahan lumpur tinja. Cacing yang biasanya ada pada sampel lumpur tinja ialah nematoda, cestode, dan trematode. Ketiga jenis cacing ini merupakan parameter yang harus selalu dipantau karena dapat menginfeksi manusia. Cacing *Ascaris lumbricoides*, merupakan parameter yang paling umum digunakan sebagai indikator karena kemampuan telurnya yang dapat bertahan di lingkungan (Nordin et al., 2009).

Pengukuran telur cacing di Indonesia pada sampel air limbah domestic merupakan parameter yang masih sangat jarang dilakukan di laboratorium pengujian di Indonesia. Namun parameter ini merupakan salah satu parameter yang perlu dilakukan pengujian, walaupun disesuaikan dengan kemampuan laboratorium yang tersedia pada daerah perencanaan.

2.5 Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) adalah instalasi pengolahan air limbah yang dirancang hanya menerima dan mengolah lumpur tinja yang berasal dari sub-sistem pengolahan setempat (buku SPALDT 2018). Instalasi

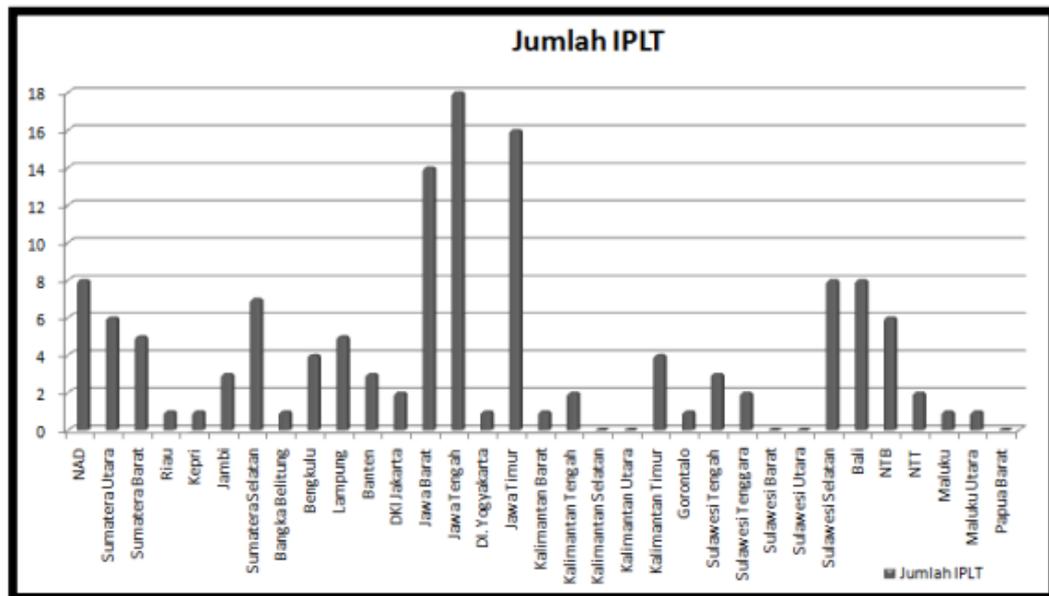
Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) merupakan instalasi pengolahan air limbah yang dirancang untuk mengolah lumpur tinja agar tidak membahayakan bagi kesehatan masyarakat dan lingkungan sekitar (Oktarina & Haki 2013). Pengolahan lumpur tinja di IPLT merupakan pengolahan lanjutan karena sebelum di buang ke IPLT tinja terlebih dahulu diolah di tangki septik. Lumpur tinja yang terakumulasi di tangki septik akan diambil atau dikuras yang kemudian diangkut ke IPLT Keputih. Dalam pengolahan di IPLT lumpur tinja akan diolah agar aman untuk dibuang ke badan air sehingga tidak menyebabkan pencemaran lingkungan. Hasil dari pengolahan tersebut cake (lumpur kering) yang bisa dimanfaatkan untuk kompos/pupuk dan airnya Sebagian akan dibuang ke badan air dan Sebagian lainnya akan digunakan sebagai pengencer pada proses pengolahan. Pembangunan IPLT adalah salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan pengolahan dan pembuangan limbah agar ramah saat akan dibuang ke lingkungan dan juga pemeriksaan terhadap karakteristik efluen lumpur tinja diperlukan agar hasil yang akan dibuang sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 sehingga tidak akan menyebabkan pencemaran lingkungan (Dilla & andik 2018).

Menurut Indiyani (2017) Dalam 20 tahun, di Indonesia \pm ada 150 Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) yang telah dibangun di kota-kota besar, namun kurang lebih 10% dioperasikan secara baik (Abfertiawan 2019). Di seluruh kabupaten dan kota yang ada di Indonesia, hanya ada 134 daerah yang memiliki Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT), dan sisanya kebanyakan masih membuang lumpur tinja ke sungai atau kebun. Lebih Spesifiknya dari total 34 provinsi hanya 29 provinsi yang memiliki Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) (Putri 2015) .

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) di Indonesia masih banyak yang tidak berfungsi serta beroperasi secara maksimal. Hal ini bisa terjadi karena kurangnya pasokan lumpur tinja, manajemen IPLT yang kurang professional, rendahnya pengetahuan masyarakat mengenai pengolahan

lumpur tinja dan persoalan tentang pembayaran retribusi (Anggraini dkk, 2014).

Gambar 2. 1 Jumlah IPLT yang Ada di Indonesia



2.6 Pengolahan Lumpur Tinja

Tangki Septik adalah tahap awal dalam pengolahan lumpur tinja. Fungsi tangki septik sendiri adalah untuk tempat terkumpulnya tinja sebelum dibawa/diangkut menuju ke Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) dengan bantuan truk tinja (putri 2015). Pengolahan lumpur tinja menghasilkan air effluent dan lumpur. Hasil tersebut bisa dimanfaatkan kembali seperti lumpur yang nantinya bisa menjadi kompos. Pengolahan lumpur tinja dilakukan dengan tujuan utama untuk:

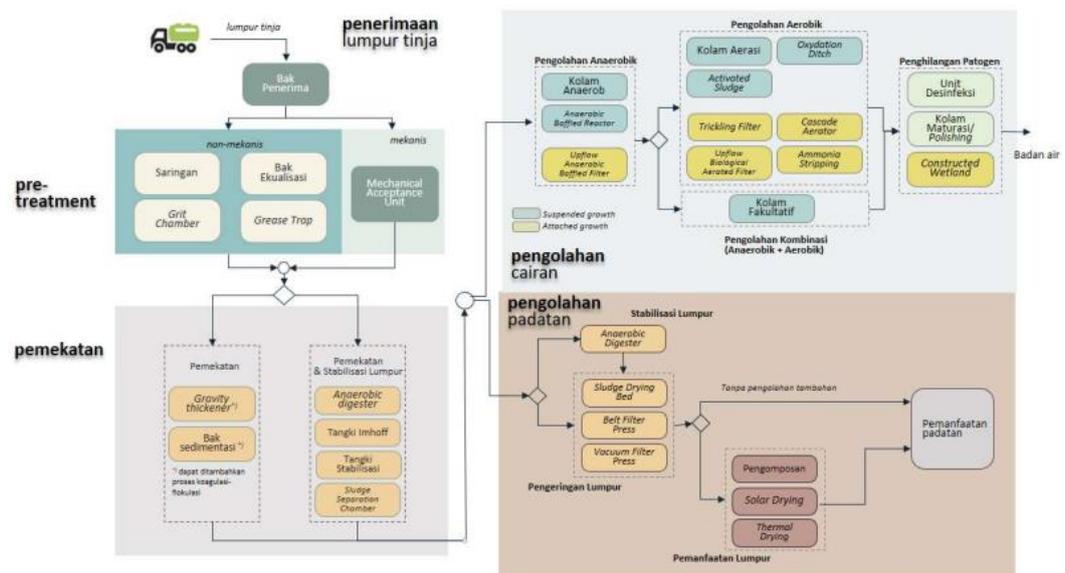
1. Menurunkan kandungan zat organik dari lumpur tinja
2. Menurunkan kandungan mikroorganisme patogen (bakteri, virus, jamur dan lain-lain)

Lumpur tinja memiliki karakteristik khusus sehingga diperlukan proses pengolahan yang khusus juga. Lumpur tinja memiliki kandungan konsentrasi polutan yang tinggi sehingga tidak dapat dibuang ke badan air secara langsung. Lumpur tinja juga tidak bisa diolah dengan sistem landfill seperti pengolahan

sampah karena memiliki kandungan kadar air yang tinggi, dan lumpur tinja juga tidak bisa langsung digunakan sebagai pupuk tanaman karena memiliki kandungan bakteri patogen yang tinggi. Hal-hal diatas menyebabkan yang dibutuhkannya pengolahan lumpur tinja sehingga dapat dibuang ke lingkungan dengan aman.

Pengolahan lumpur tinja diawali dengan proses stabilisasi lumpur dan pemisahan fase padatan dan cairan dalam lumpur. Setelah melalui dua proses tersebut, maka akan dilakukan pengolahan untuk masing-masing fase dilakukan secara terpisah. Supernatan hasil proses pemisahan diolah menggunakan teknologi pengolahan air limbah hingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan dan hasilnya dapat dibuang ke badan air. Sedangkan lumpur dengan kandungan padatan yang lebih pekat dikeringkan dan hasilnya dapat dimanfaatkan kembali. Bagan berikut ini menggambarkan prinsip alternatif teknologi yang dapat diterapkan dalam sebuah Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT).

Gambar 2. 2 Teknologi Pengolahan Lumpur Tinja



2.7 Pemanfaatan Hasil Olahan Lumpur Tinja

Salah satu tujuan serta ruang lingkup menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No.4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik yaitu mendorong upaya dalam pemanfaatan dari hasil pengolahan air limbah domestik. Hasil olahan yang dimaksud pada peraturan menteri ini dapat berbentuk cairan, padatan, dan atau gas. Aspek penting yang harus diperhatikan pada pemanfaatan kembali air limbah adalah pertimbangan faktor Kesehatan. Lain daripada itu, produksi bersih dan teknologi terbarukan juga ikut perlu dipertimbangkan supaya meningkatkan produktivitas dan meminimalisasi timbulan limbah dengan cara pemanfaatan kembali melalui prinsip 5R (Re-think, Re-use, Reduce, Recycle, dan Recovery) (Gunawan,2006).

A. Pemanfaatan Air Effluen

Daur ulang air adalah upaya dari pengolahan air buangan yang berasal dari rumah tangga sehingga dapat dipergunakan kembali sesuai dengan keperluan. Ada tiga tujuan utama dalam pemanfaatan air effluen olahan air limbah domestik, yaitu untuk pertanian, perikanan, dan kebutuhan umum seperti air cuci kendaraan, penyiraman tanaman/taman, alat pendingin udara, air flushing toilet, dan suplai air pemadam kebakaran (Kusumawati dkk, 2018).

Ada beberapa keuntungan dalam memanfaatkan daur ulang air limbah yang cukup potensial, yaitu: (Prasetyaningtyas, 2012)

- 1) Konservasi suplai air bersih;
- 2) Meningkatkan perlindungan lingkungan dengan mengurangi debit effluent;
- 3) Keuntungan ekonomi dengan mengurangi kebutuhan sumber air;
- 4) Air daur ulang mengandung nutrisi yang dapat mengurangi penggunaan pupuk, terutama jika air digunakan untuk keperluan irigasi.

B. Pemanfaatan Lumpur Tinja

Menurut Cahyadi (2016), salah satu produk samping dalam wastewater treatment plant adalah timbulan limbah lumpur atau sludge. Kandungan organik pada lumpur tinja sangat tinggi dan berpotensi dijadikan untuk bahan bakar alternatif yang salah satunya menggunakan metode biodrying yang bertujuan untuk mengurangi kandungan air dalam bio-waste (Rizkiyah & Yudihanto, 2013). Menurut Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat (2017), hasil dari pengolahan air limbah domestik yang berbentuk padatan dapat dimanfaatkan kembali dalam bentuk campuran pupuk, campuran kompos untuk tanaman non-pangan, dan bahan bangunan. Ada beberapa opsi lainnya, yaitu produksi biogas dalam pencernaan anaerobic lumpur tinja, sebagai soil conditioner, dan biofuel misalnya pirolisis, gasifikasi, dan pembakaran (Anonim, 2019).