

**LAPORAN PENELITIAN
UNIVERSITAS BAKRIE
TAHUN 2023**

Kajian Perbandingan Teknologi IPLT Kota Bekasi

**Bidang Penelitian
Teknologi Lingkungan**

oleh

**PENELITI UTAMA
(DIKI SURYA IRAWAN)**



**Universitas Bakrie
Kampus Kuningan Kawasan Epicentrum
Jl. HR Rasuna Said Kav. C-22, Jakarta, 12920**

ABSTRAK

Pemerintah Kota Bekasi perlu untuk mempertimbangkan pengembangan IPLT baru untuk dapat memenuhi target akses sanitasi aman. Karena berdasarkan laporan akhir Rencana Induk Sistem Pengelolaan Air limbah Domestik Kota Bekasi, disebutkan bahwa cakupan layanan sanitasi aman melalui penyedotan sebesar 6,14%, dan masih dibawah Target Sanitasi Aman Tingkat Provinsi Jawa Barat 2024 sebesar 18%. Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah kuantitatif dengan penyajian statistik deskriptif. Survey dengan kuisioner diambil dari 385 sampel dari seluruh kecamatan di Kota Bekasi dengan hasil menunjukkan sebagian besar masyarakat yang disurvei (90%) memiliki septictank dirumahnya. Dengan ukuran septictank warga sebagian besar adalah Panjang 1,5 – 2m; lebar 1,5 – 2m; dan tinggi kurang dari 1,5m. Dengan rata-rata penyedotan septictank antara 3-5 tahun sekali, 66,2% responden mengusulkan biaya penyedotan antara Rp. 5.000 hingga Rp. 10.000 per bulannya. Sementara itu, 19,6% lainnya mengusulkan biaya penyedotan septic tank ini tidak lebih dari Rp. 5.000 rupiah perbulannya. Sampling kualitas air limbah domestik dilakukan di 13 titik yang tersebar di Kota Bekasi yang dianggap mewakili rumah tangga dan komersial dengan hasil rata-rata COD hasil COD berkisar antara 1.000 – 3.000 dengan data abnormal yaitu 10.000 dan 20.000 mg/l. Hasil dari perhitungan dan perbandingan teknologi IPLT compact dan konvensional menunjukkan bahwa teknologi IPLT compact akan lebih efisien secara area yang dibutuhkan, waktu proses dan juga meminimalisir dampak lingkungannya terutama bau dibandingkan dengan teknologi konvensional dengan menggunakan kolam penampungan, nilai hasil akhir perbandingan 13,95 untuk teknologi compact dan nilai 10,25 untuk teknologi konvensional. Analisa pondasi berdasarkan hasil pengujian tanah didapatkan bahwa penggunaan pondasi dalam terutama dengan placement pile akan lebih aman karena dapat meningkatkan daya dukung tanah dibandingkan dengan penggunaan pondasi dangkal ataupun borpile.

DAFTAR ISI

Contents

DAFTAR ISI	4
DAFTAR TABEL.....	6
DAFTAR GAMBAR	8
BAB 1 PENDAHULUAN.....	9
1.1 LATAR BELAKANG	9
1.2 TUJUAN	10
1.3 RUANG LINGKUP.....	10
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 GAMBARAN UMUM KONDISI KOTA BEKASI	11
2.2 TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK	14
2.2.1 <i>Grill Filter Machine</i>	14
2.2.2 <i>Coarse Solids Reduction</i>	17
2.2.3 <i>Micro-Filtration Machine</i>	17
2.2.4 <i>Air Flotation Machine</i>	19
2.2.5 Bak Ekualisasi/Pre-treatment Tank	23
2.2.6 <i>Water Purification System</i>	24
2.2.7 Desludge System	39
2.2.8 <i>Disinfection System</i>	42
BAB 3 METODE PENELITIAN	43
3.1 KAJIAN SOSIAL EKONOMI.....	43
3.2 KAJIAN KARAKTERISTIK AIR LIMBAH	44
3.3 KAJIAN STRUKTUR DAN KEKUATAN TANAH	44
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1 KAJIAN SOSIAL WARGA.....	46
4.1.1 Profil Responden	46
4.2.1 Kondisi Sanitasi dan Septictank Responden	47
4.3.1 Kemampuan Membayar Warga.....	49
4.2 OPINI MASYARAKAT TERKAIT IPLT.....	51
4.3 PENGELOLA JASA PENYEDOTAN LIMBAH SEPTICTANK	52
4.4 KAJIAN KUALITAS AIR LIMBAH.....	53

4.5	KAJIAN DAYA DUKUNG TANAH	55
4.5.1	Uji Laboratorium Mekanika Tanah	60
4.6	PEMILIHAN TEKNOLOGI IPLT	61
4.7	DESKRIPSI PERBANDINGAN TEKNOLOGI KONVENSIONAL DENGAN TEKNOLOGI COMPACT	64
4.7.1	Pre-treatment System	64
4.7.2	Water Purification System.....	69
4.7.3	<i>Disinfection System</i>	75
4.7.4	<i>Desludge System</i>	78
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		81
5.1	Kesimpulan.....	81
5.2	SARAN	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Profil Penduduk dan Rumah Tangga Kota Bekasi	12
Tabel 2. 2 Kriteria Desain Grill Machine / Bar Screen	16
Tabel 2. 3 Kriteria membran mikrofiltrasi untuk pengolahan air limbah	18
Tabel 2. 4 Keuntungan dan kerugian membran mikrofiltrasi untuk pengolahan air limbah...	18
Tabel 2. 5 Spesifikasi Diffuser	20
Tabel 2. 6 kriteria perencanaan untuk unit	22
Tabel 2. 7 Kriteria Perencanaan Flotasi	22
Tabel 2. 8 Kriteria Desain Bak Ekualiasi	24
Tabel 2. 9 Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter	25
Tabel 2. 10 Kriteria Desain Sedimentasi.....	29
Tabel 2. 11 Kriteria unit sedimentasi	29
Tabel 2. 12 Parameter Desain Proses Modifikasi Lumpur Aktif.....	31
Tabel 2. 13 Kriteria Desain Complete Mix Activated Sludge.....	38
Tabel 2. 14 Jenis dan Dosis Bahan Kimia untuk Pengkondisian Lumpur dalam Vacuum Filter	40
Tabel 2. 15 Kriteria Desain Unit Filter Press	40
Tabel 2. 16 Kriteria Desain Unit Belt Filter Press	41
Tabel 3. 1 Distribusi Sample	43
Tabel 4. 1 Kepemilikan Sarana Sanitasi dan Air Bersih	47
Tabel 4. 2 Karakteristik Operasional	52
Tabel 4. 3 Karakteristik Septictank Masyarakat Umum dan Perumahan	52
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Sampel Limbah	54
Tabel 4. 5 Material Hasil pemboran Inti BH-1	56
Tabel 4. 6 Material Hasil pemboran Inti BH-2.....	56
Tabel 4. 7 Nilai Uji Penetrasi Baku Bantar Gebang	57
Tabel 4. 8 UDS DI Lokasi Bantar Gebang.....	57
Tabel 4. 9 Material Hasil Pemboran inti BH-3.....	58
Tabel 4. 10 Material Hasil Pemboran Inti BH-4.....	59
Tabel 4. 11 Nilai Uji Penetrasi Baku Harapan Baru	59
Tabel 4. 12 UDS DI Lokasi Bantar Gebang.....	59
Tabel 4. 13 Matriks Perbandingan Teknologi Konvensional dan Compact di Setiap tahap Pengolahan menggunakan Multi Kriteria	63
Tabel 4. 14 Spesifikasi Grill Filter Machine Compat Technology.....	65
Tabel 4. 15 Spesifikasi Micro Filtrasi Machine Compat Technology	66
Tabel 4. 16 Spesifikasi Micro Filtrasi Machine Compat Technology	66
Tabel 4. 17 Efisiensi Grill Filter dan Mikrofiltrasi Compat Technology.....	67
Tabel 4. 18 Spesifikasi Micro Filtrasi Machine Compat Technology	67
Tabel 4. 19 Spesifikasi Micro Filtrasi Machine Compat Technology	68
Tabel 4. 20 Efisiensi Air Flotation & Coagulant Aid Compat Technology.....	68
Tabel 4. 21 Spesifikasi Anaerobic Inducing Pump Compat Technology	72
Tabel 4. 22 Spesifikasi Mix Fluid Pump & Blower - Compat Technology.....	74
Tabel 4. 23 Efisiensi Water Purification System - Compat Technology	74
Tabel 4. 24 Spesifikasi Sludge Reflux Pump - Compat Technology.....	75
Tabel 4. 25 Efisiensi Water Purification System - Compat Technology	75

Tabel 4. 26 Spesifikasi Disinfection Blender & Dosing Machine - Compat Technology	76
Tabel 4. 27 Efisiensi Water Purification System - Compat Technology	77
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Perhitungan Efisiensi Pengolahan - Compat Technology	77
Tabel 4. 29 Spesifikasi Sludge Dewatering Machine - Compat Technology.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Overlay Lokasi IPLT Bantar Gebang dengan RDTN	13
Gambar 2. 2 Kondisi Rencana Lokasi IPLT Bantar Gebang .. Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 3 <i>Double Chamber Bar Sreens</i> dan Pengaturan Influen dan Efluen	15
Gambar 2. 4 Saringan Kasar Mekanik <i>Front-Cleaned, Front Return Chain-Driven</i>	15
Gambar 2. 5 Tipe-tipe pembersihan secara mekanis	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 6 Mikrofiltrasi.....	18
Gambar 2. 7 Dissolved Air Flotation	19
Gambar 2. 8 Diffuser.....	19
Gambar 2. 9 Dissolved Air Flotation (a) tanpa resirkulasi, (b) dengan resirkulasi	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Gambar 2. 10 Bak Ekualisasi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 11 Anaerobik Biofilter yang Terintegrasi dengan Tangki Septik (Sumber: Tilley et al., 2014).....	26
Gambar 2. 12 Bak Sedimentasi Bentuk Segi Empat.....	27
Gambar 2. 13 Bak Sedimentasi Bentuk Lingkaran.....	27
Gambar 2. 14 Plate Settler.....	28
Gambar 2. 15 Proses Lumpur Aktif dengan Limbah dari Lumpur Balik	36
Gambar 2. 16 Skema Diagram Complete Mix Activated Sludge.....	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Gambar 2. 17 Skema Vacuum Filter Press.....	39
Gambar 2. 18 Belt Filter Press Dewatering.....	41
Gambar 4. 1 Sebaran usia dan Tingkat Pendidikan Responden	46
Gambar 4. 2 Status Responden dan Jumlah Anggota keluarga	47
Gambar 4. 3 Status Responden dan Jumlah Anggota keluarga	47
Gambar 4. 4 Kondisi Lubang Septictank Warga	48
Gambar 4. 5 Ukuran Septictank Warga	49
Gambar 4. 6 Frekuensi Pengambilan Septictank	49
Gambar 4. 7 Biaya Penyedotan Septic Tank Saat Ini dan Persepsi Masyarakat	50
Gambar 4. 8 Usulan Biaya Perbulan dan Metode Pembayaran.....	50
Gambar 4. 9 Pengetahuan Warga Terkait Program Penyedotan	51
Gambar 4. 10 Lokasi Sampling TPST Bantar Gebang	55
Gambar 4. 11 <i>Lokasi Sampling Harapan Baru</i>	55
Gambar 4. 12 Potongan melintang Bantar Gebang	56
Gambar 4. 13 Potongan Melintang Harapan Baru.....	58
Gambar 4. 14 Flow Diagram IPLT Compact Bekasi.....	61
Gambar 4. 15 Alur Proses Pre-Treatment System.....	64
Gambar 4. 16 Layout Pre Treatment Bagian Bawah dan Bagian Atas.....	69
Gambar 4. 17 Alur Proses Water Purification System.....	69
Gambar 4. 18 Skema Alur Activated Sludge pada Compact Technology	73
Gambar 4. 19 Tampak Samping dan Atas Pondasi Water Purification System.....	73
Gambar 4. 20 <i>Tampak Samping dan Atas Pondasi Water Purification System</i>	76

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Bekasi sebagai kota satelit dari DKI Jakarta mengalami laju pertumbuhan yang cukup pesat, tercatat berdasarkan data BPS 2022, laju pertumbuhan penduduk Kota Bekasi mencapai 1,12% pada tahun 2020-2021. Meningkatnya penduduk di Kota Bekasi ini juga diikuti dengan meningkatnya lokasi hunian masyarakat baik itu berupa perumahan tapak maupun perumahan vertical atau apartemen. Disamping itu, akan terjadi pula peningkatan limbah domestic, terutama limbah domestic cair dari perumahan penduduk. Sehingga untuk menangani peningkatan tersebut, diperlukan adanya mitigasi untuk menangani peningkatan air limbah domestik tersebut.

Berdasarkan pengertian yang diambil dari Permen KLHK, Air limbah Domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Air limbah domestic ini dapat berupa grey water dan black water. Grey water merupakan limbah cair yang berasal dari aktivitas pencucian dan sisa kegiatan lainnya, dimana biasanya grey water akan dialirkan melalui drainase. Sedangkan black water adalah limbah cair dari aktivitas toilet yang akan dialirkan dan ditampung dalam septictank. Limbah cair black water inilah yang sering menimbulkan masalah sanitasi jika tidak dikelola lebih lanjut.

Berdasarkan laporan akhir Rencana Induk Sistem Pengelolaan Air limbah Domestik Kota Bekasi, disebutkan bahwa capaian akses sanitasi aman baru sekitar 1,34% dan 98% termasuk pada akses layak. Dalam laporan yang sama, cakupan layanan sanitasi aman melalui penyedotan sebesar 6,14%, dan masih dibawah Target Sanitasi Aman Tingkat Provinsi Jawa Barat 2024 sebesar 18%. Oleh sebab itu diperlukan adanya upaya percepatan pencapaian sanitasi aman tersebut. Adapun langkah yang diambil oleh Pemkot Bekasi yaitu dengan membangun Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT).

Guna menindaklanjuti rencana tersebut, saat ini Pemda Kota Bekasi bekerjasama dengan berbagai pihak guna meningkatkan layanan sanitasi aman, termasuk dengan pihak swasta. Melalui kajian perbandingan teknologi ini, Pemerintah Kota Bekasi akan melihat bagaimana kelayakan pengembangan IPLT yang dilihat dari aspek teknologi. Hasil studi ini kemudian

akan menjadi pertimbangan dalam mengambil keputusan dalam pengembangan IPLT baik mandiri maupun bekerjasama dengan pihak swasta.

1.2 TUJUAN

Tujuan dari Kajian Perbandingan Teknologi ini antara lain adalah:

1. Mengetahui karakteristik pelanggan IPLT Kota Bekasi
2. Mengetahui karakteristik air limbah domestik Kota Bekasi
3. Melakukan analisis perbandingan teknologi IPLT

1.3 RUANG LINGKUP

Yang menjadi ruang lingkup, cakupan serta batasan dari Kajian Perbandingan Teknologi ini meliputi:

1. Kegiatan survey Lapangan yang meliputi pengambilan dan sampling Sosial Ekonomi masyarakat yang dilakukan terhadap masyarakat Kota Bekasi di 12 Kecamatan dengan metode sampling.
2. Kegiatan survey Lapangan yang meliputi pengambilan dan sampling air limbah domestik.
3. Pembahasan aspek teknis termasuk dengan pemilihan teknologi yang tepat guna, lingkungan, dan kesesuaian tata ruang

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam menentukan kelayakan sebuah pengembangan IPLT, terlebih dahulu dilakukan berbagai macam kajian untuk kemudian akan dianalisis menjadi kelayakan IPLT. Kajian tersebut meliputi kajian sosial ekonomi, dimana kajian ini akan mendapatkan status kondisi sosial ekonomi masyarakat Kota Bekasi, opini dan persepsi, serta kemampuan membayar masyarakat. Kajian karakteristik air limbah digunakan untuk mengetahui kondisi limbah domestik yang akan menentukan desain IPLT tersebut.

Kajian lingkungan meliputi kajian kondisi serta dampak lingkungan dan sosial dari 2 potensi lokasi IPLT. Kajian transportasi dilakukan guna mendapatkan gambaran umum terkait dengan akses menuju lokasi IPLT dan kemampuan lokasi tersebut menjangkau pelanggan/masyarakat. Dan kajian terkait dengan kondisi tanah untuk mengetahui struktur dan kemampuan tanah guna menentukan konstruksi yang digunakan.

Berikut adalah penjelasan mengenai metode kajian yang akan dilakukan:

2.1 GAMBARAN UMUM KONDISI KOTA BEKASI

Kota Bekasi merupakan salah satu Kotamadya yang berada di Provinsi Jawa Barat dan merupakan kota satelit dari Ibu Kota Jakarta dengan luas keseluruhan mencapai 210,49 km². Wilayah administrasi Kota Bekasi terdiri dari 12 wilayah kecamatan, luas daratan masing – masing Kecamatan, yaitu: Pondok Gede (15,92 km²), Jatisampurna (19,54 km²), Pondok Melati (11,80 km²), Jatiasih (24,27 km²), Bantar Gebang (18,44 km²), Mustika Jaya (26,42 km²), Bekasi Timur (14,63 km²), Rawalumbu (16,85 km²), Bekasi Selatan (16,06 km²), Bekasi Barat (14,93 km²), Medan Satria (11,88 km²), serta Bekasi Utara (19,75 km²).

Populasi penduduk terbesar berada di Kecamatan Bekasi Utara yang dihuni sebanyak 339,83 ribu penduduk (13,25%), diikuti Kecamatan Bekasi Barat dan Kecamatan Bekasi Timur, masing-masing 284,04 ribu penduduk (11,07%) dan 259,17 ribu penduduk (10,10%). Sedangkan Kecamatan dengan populasi terkecil adalah Kecamatan Bantargebang yang memiliki jumlah penduduk 108,11 ribu penduduk (4,21%). Sebagian besar wilayah Kecamatan di Kota Bekasi memiliki kepadatan penduduk yang tinggi. Dari 12 Kecamatan, 9 di antaranya memiliki tingkat kepadatan penduduk lebih dari 10.000 jiwa/ km². Kecamatan Bekasi Barat menjadi daerah terpadat dengan tingkat kepadatan mencapai 19,02 ribu jiwa/km².

Tabel 2. 1 Profil Penduduk dan Rumah Tangga Kota Bekasi

Kecamatan	Penduduk	Persentase Jumlah Penduduk	Kepadatan Penduduk per km ² (ribu per km ²)	Rumah Tangga**
Pondok Gede	253,300	9.9%	15,9	63,325
Jatisampurna	124,960	4.9%	6,4	31,240
Pondok Melati	132,220	5.2%	11,2	33,055
Jati Asih	249,430	9.7%	10,2	62,358
Bantar Gebang	108,110	4.2%	5,8	27,028
Mustika Jaya	215,300	8.4%	8,1	53,825
Bekasi Timur	259,170	10.1%	17,7	64,793
Rawa lumbu	222,540	8.7%	13,2	55,635
Bekasi Selatan	212,570	8.3%	13,2	53,143
Bekasi Barat	284,040	11.1%	19,0	71,010
Medan Satria	163,470	6.4%	13,7	40,868
Bekasi Utara	339,830	13.2%	17,2	84,958
	2,564,940	100.0%		63,325

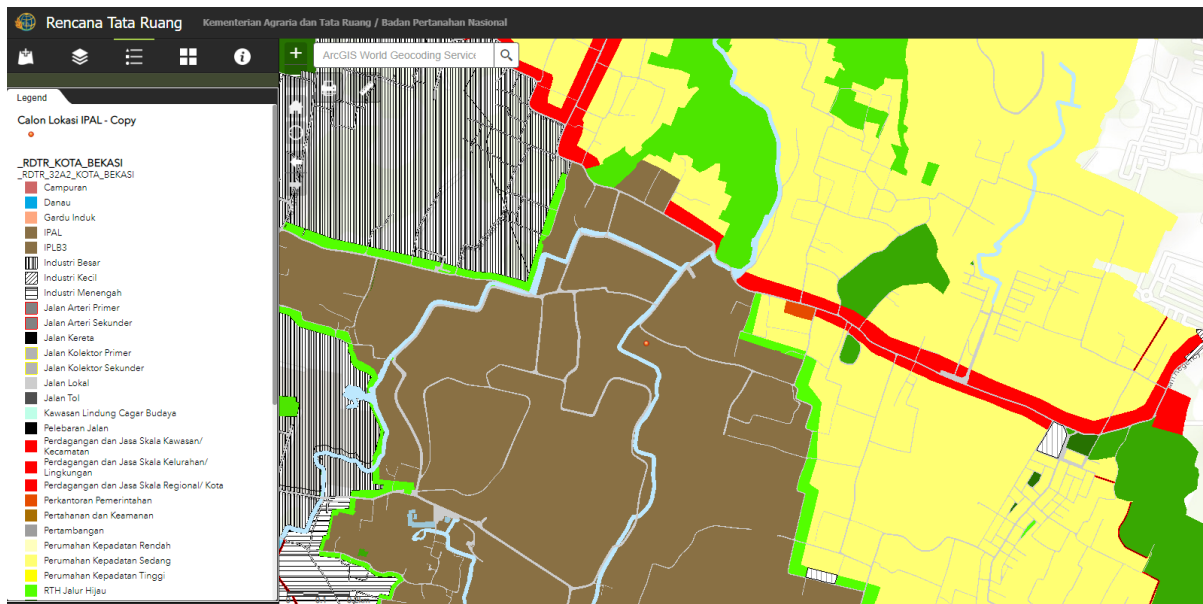
*) Bekasi Dalam Angka 2022

***) Asumsi tiap rumah terdiri dari 4 Jiwa

Panjang jalan di Kota Bekasi pada akhir tahun 2021 adalah 4.496,23 km. Jika dirinci menurut jenis permukaan jalan maka sepanjang 2.031,67 km atau sebesar 45,18 persen sudah beraspal, 2.464,55 km atau 54,81 persen belum beraspal. Namun demikian, lebih dari 90% panjang jalan di Kota Bekasi berada dalam keadaan baik, hanya 3% yang berada dalam keadaan rusak hingga rusak berat.

Rencana lokasi IPLT baru akan dibangun di sebelah lokasi IPLT eksisting saat ini. Lokasi tersebut merupakan bekas lokasi pengembangan IPLT eksisting, yang dahulu merupakan lokasi kolam pengelolaan limbah. Namun karena IPLT menggunakan menggunakan teknologi lain, sehingga kolam tersebut tidak digunakan lagi. Lokasi IPLT ini terletak di bagian depan TPSA Bantar Gebang, namun demikian, akses yang digunakan oleh PLT juga digunakan oleh kendaraan pengangkut TPSA.

Secara tata ruang, lokasi IPLT Bantar Gebang sudah sesuai dengan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) Kota Bekasi. Terletak di lokasi yang memang dikhususkan untuk TPA, IPLT dan IPLB3, pengembangan IPLT akan memudahkan dalam proses perizinan karena telah sesuai dengan RDTR.



Gambar 2. 1 Overlay Lokasi IPLT Bantar Gebang dengan RDTN

Karena telah ditetapkan sebagai area IPLT, dan TPA, kondisi lingkungan di sekitar lokasi IPLT Bantar Gebang memang sudah dipenuhi oleh sampah domestik. Lokasi pengembangan IPLT Bantar Gebang tidak akan menemui masalah lingkungan yang serius, karena memang telah di peruntukan untuk kegiatan tersebut. Adapun kemungkinan yang dapat terjadi adalah jika kolam pengolahan dibuat dengan menggali tanah, dikhawatirkan akan terjadi rembesan air lindi dari tumpukan sampah yang akan masuk kedalam kolam pengolahan. Sehingga proses IPLT akan menjadi kurang sempurna.



Gambar 2. 2 Kondisi Rencana Lokasi IPLT Bantar Gebang

Untuk aspek sosial, lokasi Bantar Gebang juga minim risiko. Mengingat letak lokasi di dalam kompleks TPA Bantar Gebang, yang jauh dari pemukiman masyarakat. Sehingga gangguan sosial pada saat tahap konstruksi, dan juga operasi gangguan sosial akan minim. Adapun gangguan sosial yang dimungkinkan timbul adalah karena operasional TPST Bantar Gebang yang pernah terjadi beberapa tahun belakangan. Kegiatan demonstrasi untuk operasional TPST Bantar Gebang akan mempengaruhi juga operasional IPLT, karena akan terjadi penumpukan truk sampah yang dapat menghambat mobilisasi truk tangki limbah domestik.

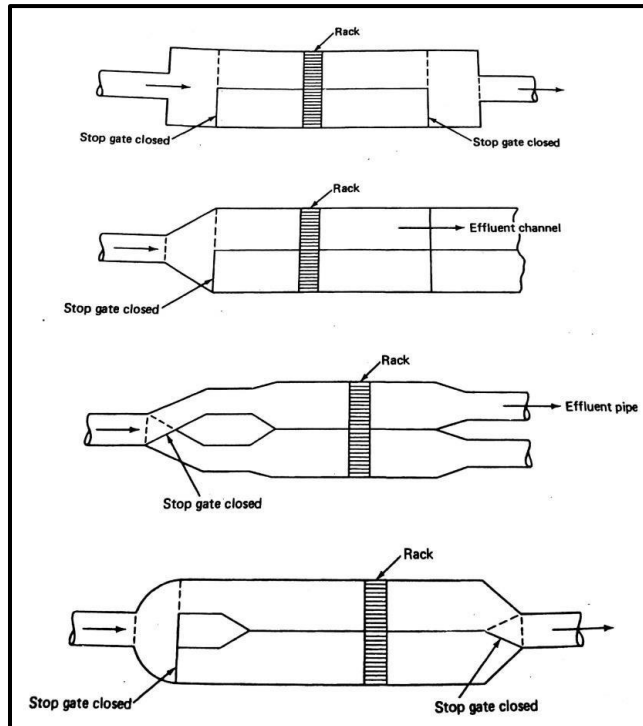
2.2 TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK

2.2.1 *Grill Filter Machine*

Grill filter machine adalah peralatan khusus untuk menghentikan dan membuang sampah padat di sumber air. Kondisi tersebut dapat secara terus menerus dan otomatis (atau secara teratur) menghilangkan kotoran mengambang dari berbagai bentuk di limbah. Oleh karena itu, unit ini adalah salah satu peralatan *pre-treatment* yang sangat diperlukan untuk pengolahan air limbah domestik.

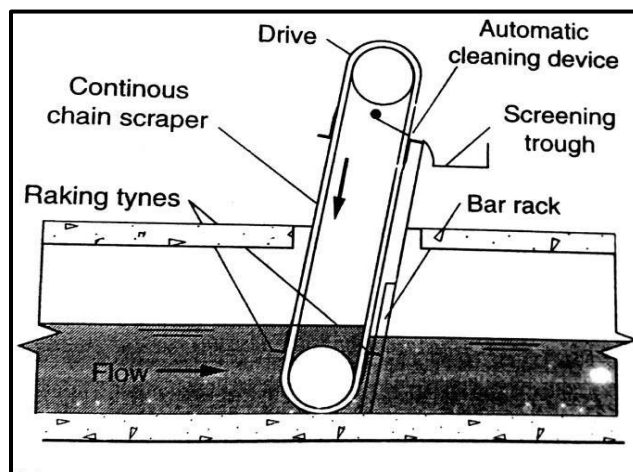
Lumpur dari armada penyedot lumpur tinja akan masuk ke dalam unit operasi yang disebut *grill filter machine*. Unit ini adalah sebuah alat dengan bukaan, secara umum mempunyai ukuran yang sama, yang digunakan untuk menahan padatan yang ditemukan di influen air limbah menuju IPAL atau pada sistem pengumpulan air limbah kombinasi menuju *overflow*.

Peran utama dari *screening* adalah untuk menyisihkan materi kasar dari aliran air limbah yang dapat merusak peralatan untuk proses, menurunkan proses pengolahan secara keseluruhan dan efektivitas, atau mengkontaminasi jalannya air. Secara umum ada 2 (dua) jenis saringan, yaitu saringan kasar (*coarse screen*) dan saringan halus (*fine screen*) yang digunakan di dalam pengolahan pendahuluan air limbah. Saringan halus terkadang digunakan setelah saringan kasar dimana penyisihan padatan yang tinggi dibutuhkan untuk melindungi peralatan proses, mengeliminasi materi yang dapat menghambat keuntungan penggunaan kembali dari *biosolids* (Metcalf dan Eddy, 2003).



Gambar 2. 3 *Double Chamber Bar Screens* dan Pengaturan Influen dan Efluen
 Sumber : Qasim (1985)

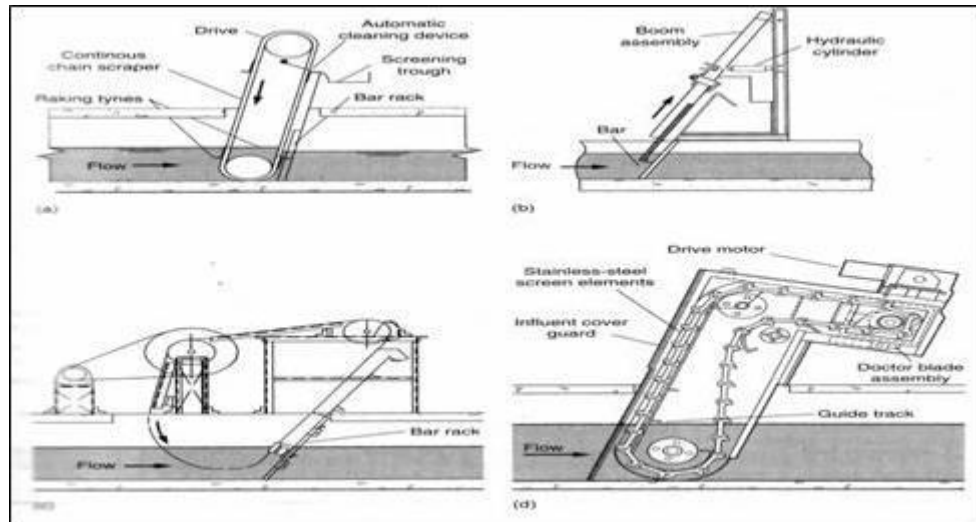
Elemen saringan dapat terdiri atas bar yang susunannya paralel, batang atau kawat, kisi, *perforated plate*, dan bukaan dapat berbentuk apa saja namun secara umum berbentuk bulat atau persegi panjang. Metode pencucian saringan kasar dapat dibedakan menjadi dua yaitu manual (*hand cleaned*) dan mekanik (Metcalf dan Eddy, 2003).



Gambar 2. 4 Saringan Kasar Mekanik *Front-Cleaned, Front Return Chain-Driven*
 Sumber : Metcalf dan Eddy (2003).

Tipe-tipe dari bar screen mekanis adalah sebagai berikut :

- Chain driven
- Riciprocating rake
- Catenary
- Continous belt



Gambar 2. 5 Tipe-tipe pembersihan secara mekanis

Tabel 2. 2 Kriteria Desain Grill Machine / Bar Screen

Kriteria Desain Bar Screen					Sumber
No	Parameter	Satuan	Metode Pembersihan		
			Manual (SI)	Mekanik (SI)	
1	Lebar bar	mm	5 - 15	5 - 15	Metcalf & Eddy 4th Edition (2003)
2	Kedalaman bar	mm	25 - 38	2 - 38	
3	Jarak antar bar	mm	25 - 50	15 - 75	
4	Slope vertikal	°	30 - 45	0 - 30	
5	Kecepatan maksimum	m/detik	0.3 - 0.6	0.6 - 1.0	
6	Kecepatan minimum	m/detik		0.3 - 0.5	
7	Headloss	mm	150	150 - 600	Syed. R. Qasim (2000)
8	Headloss maksimum saat clogging	mm	800	800	
9	Slope horizontal	°	45 - 60	75 - 85	

2.2.2 Coarse Solids Reduction

Coarse Solids Reduction sebagai alternatif dari saringan kasar dan saringan halus, comminutors dan macerators dapat digunakan untuk mencegah padatan kasar dan menggiling atau mencacahnya di dalam saluran. Comminutors, macerators, dan grinders secara teori dapat mengeliminasi tugas screening yang berantakan dan ofensif dalam penanganan limbah. Penggunaan comminutors dan macerators berguna di dalam stasiun pompa untuk melindungi pompa dari penyumbatan sampah berukuran besar dan mengeliminasi kebutuhan untuk penanganan oleh screening (Metcalf dan Eddy, 2003).

Micro Screen (Penyaringan Halus) berfungsi untuk menyaring padatan halus, zat atau material yang mengapung, alga, yang berukuran kurang dari 0,5 μ m. Prinsip yang digunakan pada segala jenis screen ini adalah bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran harus lebih dari 0,3 m/dt sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20-40 mm dan bentuk penampang batang tersebut empat persegi panjang berukuran 10 mm x 50 mm. Untuk bar screen yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 60° terhadap horizontal. (Sumber: Metcalf and Eddy, “*Waste Water Engineering Trethment Disposal Reuse*” 4th edition, hal 316).

2.2.3 Micro-Filtration Machine

Micro-Filtration Machine proses yang mengurangi kadar polutan dari fluida (liquid dan gas) dengan cara melewatkannya pada sebuah microporous membran. Membran mikrofiltrasi berukuran 0.1 sampai 1 mikron. Pada mikrofiltrasi ukuran molekul yang akan dipisahkan 500-300.000, dengan BM solut dapat mencapai 500.000 g/mol, karena itu proses mikrofiltrasi sering digunakan untuk menahan partikel-partikel dalam larutan suspensi.

Mikrofiltrasi adalah filtrasi membran tekanan rendah. Tekanan inlet umumnya kurang dari 0.2MPa, dan presisi filtrasi adalah antara filtrasi konvensional dan ultrafiltrasi. Antara komponen, diameter 0,03 ~ 15 μ m dapat dipisahkan, yang dapat menghapus materi partikulat, kekeruhan, bakteri, virus, alga dan sebagainya. Beberapa jenis polimer yang sering dimanfaatkan untuk membran mikrofiltrasi antara lain: polisulfon (PS), polipropilen (PP), poli-viniliden florida (PVDF), polikarbonat (PC), poli-vinil klorida (PVC), dan poli-akrilo nitril (PAN).



Gambar 2. 6 Mikrofiltrasi

Tabel 2. 3 Kriteria membran mikrofiltrasi untuk pengolahan air limbah

Spesifikasi	Satuan	Keterangan
Typical operating range	μm	0,08-2,0
Operating pressure	Lb/in ²	1-15
	kPa	1-100
Rate of flux	Gal/ft ² .d	10-40
	L/m ² .d	405-1600
Tipe membran		Polypropylene
		Acrylonitrile
		Nylon
		Polytetrafluoroethylene
Bentuk membran		<i>Spiral wound</i>
		<i>Hollow fiber</i>
		<i>Plate and frame</i>

Sumber: Joko, 2012

Tabel 2. 4 Keuntungan dan kerugian membran mikrofiltrasi untuk pengolahan air limbah

Keuntungan	Kerugian
Dapat mengurangi beban dari pengolahan kimia	Menggunakan listrik lebih banyak
Tidak membutuhkan ruang yang luas, 50-80% dari unit konvensional	Dapat membutuhkan <i>pretreatment</i> untuk mencegah <i>fouling</i> . Fasilitas <i>pretreatment</i> membutuhkan ruang yang luas dan biaya yang lebih tinggi.
Tenaga kerja operasional sedikit, dapat dioperasikan dengan mudah	Membutuhkan penanganan untuk pembuangan residu
Desain membran terbaru dapat digunakan pada tekanan rendah.	Membutuhkan pergantian membran tiap 3-5 tahun
Pembiayaan sistem bersaing dengan sistem konvensional	
Menyisihkan bakteri patogenik seperti protozoa dan ookista, juga beberapa jenis virus	

2.2.4 Air Flotation Machine

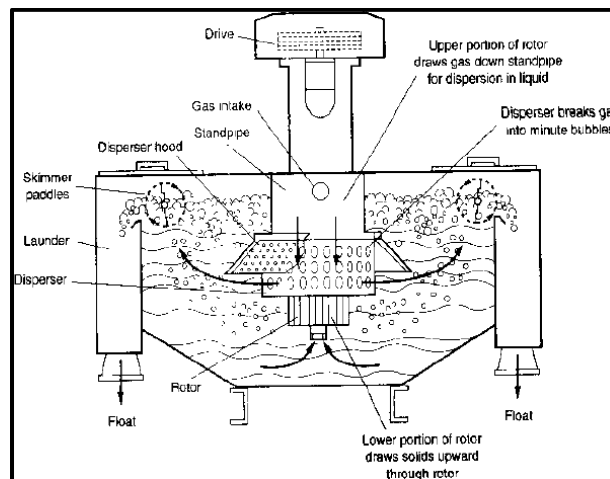
Ada empat metode flotasi antara lain (Metcalf & Eddy, 2003) :

1. Spontaneous Flotation

Flotasi akan terjadi secara spontan apabila massa jenis dari partikel lebih kecil dari massa jenis air.

2. Dispersed Air Flotation

Gelembung udara terbentuk karena danya tekanan udara yang masuk ke cairan melalui diffuser atau impeller berputar.



Gambar 2. 7 Dissolved Air Flotation

3. Vacuum Flotation

Pelarutan udara di dalam air buangan pada tekanan atmosfer, kemudian di vakumkan dengan tekanan yang lebih rendah maka akan menurunkan kelarutan udara dalam air, udara akan keluar dari larutan dalam bentuk gelembung yang halus.

4. Dissolved Air Flotation (DAF)

Udara dilarutkan di dalam air buangan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, ke tekanan atmosfer. Akibat terjadinya perubahan tekanan maka udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung-gelembung udara yang sangat halus.

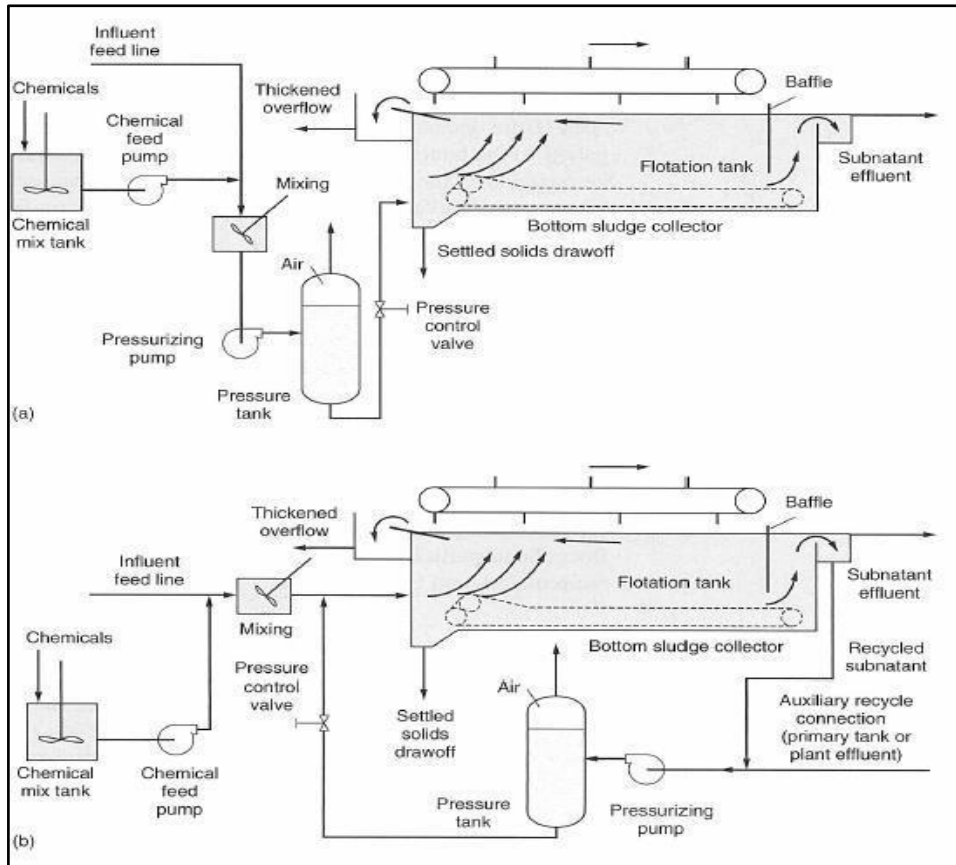


Gambar 2. 8 Diffuser

Tabel 2. 5 Spesifikasi Diffuser

Model	CCD-144	CCD-80
Disc Diameter (mm)	144	80
Bubble Dimension (mm)	6-12	3-6
Material	ABS/PU	ABS/PU
Connection (PTB Inch)	1 or 3/4	3/4
Installation	Down or Up	Down or Up
Standard Flow Rate (L/Min)	300-400	150-200
Weight (g)	135	55

(Sumber : <http://www.en-found.com/diffuser.htm>)



Gambar 2. 9 Dissolved Air Flotation (a) tanpa resirkulasi, (b) dengan resirkulasi

DAF (Dissolved Air Flotation) merupakan sistem pengolahan air yang telah terbukti efektif dalam proses pemisahan partikel tak terlarut dari dalam air. Prinsip dari proses ini adalah terjadinya pengikatan flok oleh gelembung-gelembung udara yang

berasal dari proses pencampuran antara udara dengan air dalam tekanan tinggi, sehingga udara akan terlarut dalam air dan membentuk gelembung-gelembung udara dengan ukuran yang sangat kecil, antara 10-100 μ m. Pada proses ini padatan tersuspensi akan mengapung diatas permukaan air, sehingga menimbulkan akumulasi padatan terapung diatas permukaan air yang selanjutnya akan dipisahkan dengan sistem mekanik.

Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi, semakin besar ukuran gelembung udara, kecepatan mengapung juga akan semakin besar. Sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik. Dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif. Adapun keuntungan dengan menggunakan DAF, sebagai berikut:

- Dapat memisahkan minyak dan TSS sekaligus
- Proses Koagulasi-Flokulasi dan separasi dalam satu unit DAF, proses koagulasi ini menggunakan **Chemical Agent Dosing Machine** yang merupakan pompa yang dirancang untuk memompa laju aliran bahan kimia yang dalam hal ini digunakan adalah PAC(Polymeric aluminum chloride) ke dalam aliran air. Pompa Dosing Kimia akan menghasilkan laju aliran kimia dengan sejumlah metode yang berbeda-beda, tetapi umumnya melakukan penarikan sejumlah bahan kimia di dalam tangki kimia dan kemudian menyuntikkan sejumlah volume kimia tertentu ke dalam pipa atau tangki yang diberi dosis. Dosing Pump digunakan dalam berbagai aplikasi mulai dari pertanian, industri, manufaktur hingga obat-obatan. Chemical Dosing Pump ini umumnya ditenagai oleh motor listrik kecil atau penggerak udara. Pompa ini dikontrol oleh sistem kontrol eksternal atau lebih umum pengontrol pompa internal yang dapat mengubah laju aliran, fungsi on/off dan juga hal-hal seperti alarm dan lain-lain.
- Membutuhkan lahan lebih kecil dibanding Unit Clarifier/Sedimentasi
- Cocok untuk air limbah dengan karakteristik berminyak dan lumpur yang ringan
- Mudah dalam operasional dan maintenance
- Mudah dan cepat dalam proses instalasi karena telah dipabrikasi dengan standard kontainer sehingga pekerjaan instalasi dilapangan hanya tinggal koneksi antar modul.

- Investasi awal yang relatif lebih ringan karena dapat meminimalkan investasi lahan karena sangat fleksibel, selain itu pengoperasian dan pemeliharaan sangat mudah dan murah.
- Mudah dipindahkan (Model Package)

Tabel 2. 6 kriteria perencanaan untuk unit

Proses	Aliran udara (N.L/m ³ air)	Ukuran gelembung	Input tenaga (Watt jam/m ³)	Waktu detensi (menit)	Beban hidrolis permukaan (m/jam)
Flotasi untuk pemisahan lemak	100 – 400	2 – 5 mm	5 – 10	5 – 15	10 – 30
Flotasi mekanik	10.000	0,2 – 2 mm	60 – 120	4 – 16	-
<i>Dissolved Air Flotation</i>	15 – 50	40 – 70 µm	40 – 80	20 – 40 bersamaan dengan flokulasi	3 – 10

Sumber: SNI 6774:2008

Metode *Dissolved Air Flotation* (DAF) telah digunakan secara luas untuk pengolahan air limbah, karena efisien untuk pemisahan padat – cair pada material dengan *specific gravity* yang < 1 atau tinggi.

Tabel 2. 7 Kriteria Perencanaan Flotasi

Keterangan	Simbol	Besaran	Satuan	Sumber
Tekanan udara	P	275-350	KPa	Metcalf, 420
<i>Air to solid ratio</i>	A/S	0,005-0,06	-	Metcalf, 422
<i>Surface loading rate</i>	SLR	8-160	L/m.min	Metcalf, 423
Fraksi udara terlarut pada tekanan P	F	0,5	-	Metcalf, 423
Daya larut udara	Sa	15,7-29,2	mL/L	Metcalf, 423
Waktu detensi tangki tekan	Td	1-3	Menit	Eckenfelder, 113
flotasi		20-30		Eckenfelder, 112

2.2.5 Bak Ekualisasi/Pre-treatment Tank

Bak Ekualisasi/Pre-treatment Tank

Aliran ekualisasi merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menanggulangi masalah operasional yang disebabkan oleh variasi aliran, untuk meningkatkan kinerja proses di hilir, dan menurunkan ukuran serta biaya fasilitas pengolahan. Aliran ekualisasi secara sederhana adalah pengurangan variasi aliran untuk mencapai aliran konstan dan dapat diaplikasikan di sejumlah situasi yang berbeda, tergantung pada karakteristik sistem pengumpulan (Metcalf dan Eddy, 2003).

Menurut Metcalf dan Eddy (2003), keuntungan yang didapatkan dari aplikasi aliran ekualisasi adalah:

1. Pengolahan biologi dapat ditingkatkan, karena shock loadings telah dieliminasi atau dapat diminimisasi, zat penghambat dapat diencerkan dan pH dapat distabilkan.
2. Kualitas efluen dan performa pengentalan pada tangki sedimentasi kedua diikuti pengolahan biologi meningkat melalui peningkatan konsistensi di dalam solids loading.
3. Kebutuhan luas permukaan efluen filtrasi diturunkan, kinerja filtrasi ditingkatkan dan memungkinkan lebih banyak siklus filter-backwash dengan beban hidrolis lebih rendah.
4. Pada pengolahan kimia, pengurangan beban massa meningkatkan kontrol pembubuhan kimia dan proses yang andal.

Disamping meningkatkan kinerja hampir semua proses dan operasi pengolahan, aliran ekualisasi merupakan pilihan yang atraktif untuk meningkatkan kinerja instalasi pengolahan yang overloaded.

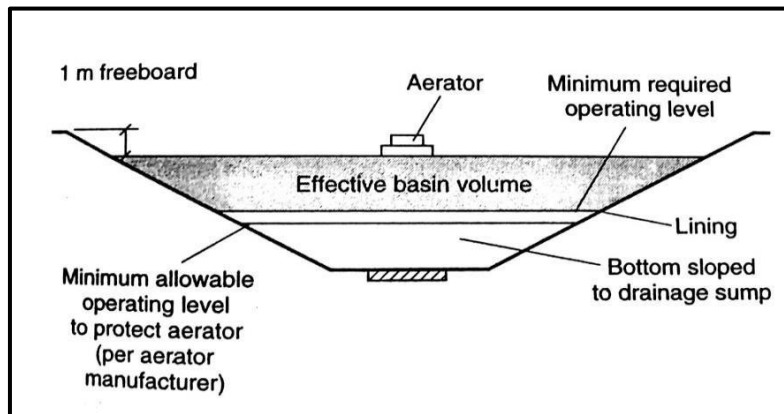
Kerugian dari aliran ekualisasi meliputi (Metcalf dan Eddy, 2003):

1. Lokasi lahan yang relatif besar dibutuhkan.
2. Fasilitas ekualisasi mungkin harus ditutupi untuk kontrol bau di sekitar area pemukiman.
3. Operasi tambahan dan pemeliharaan dibutuhkan
4. Biaya modal meningkat.

Dalam desain bak ekualisasi, faktor prinsipil yang harus dipertimbangkan adalah (Metcalf dan Eddy, 2003):

1. Geometri bak
2. Konstruksi bak meliputi pembersihan, akses, dan keamanan
3. Perlengkapan operasi

4. Pompa dan sistem kontrol pompa



Gambar 2. 10 Bak Ekualisasi
Sumber: Metcalf dan Eddy (2003)

Kriteria desain bak ekualisasi dapat dilihat pada **tabel** di bawah ini.

Tabel 2. 8 Kriteria Desain Bak Ekualiasi

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	<i>Slope</i> bagian dalam bak	-	3:1 – 2:1
2	Kedalaman air minimum	m	1,5 – 2,0
3	Freeboard	m	1,0

Sumber : Metcalf dan Eddy (2003)

2.2.6 *Water Purification System*

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).

Media filter seperti kerikil, batu atau plastik memiliki luas permukaan tambahan untuk melekatkan bakteri. Semakin luas permukaan media untuk pertumbuhan bakteri maka semakin cepat proses penguraiannya. Sebuah media filter yang baik memiliki 90 — 300 m² luas permukaan setiap m³ volume reaktor. Permukaan yang kasar memiliki luas area yang lebih besar, paling tidak pada fase awal. Lama kelamaan bakteri yang tumbuh akan semakin banyak sehingga luas permukaan media akan berkurang. Luas permukaan pada media biofilter tidak

lebih penting dibandingkan dengan kemampuannya dalam menahan partikel padat (Sasse, 1998).

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Said (2000), media yang paling efektif untuk biofilter aerob maupun anaerob adalah media sarang tawon. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan luas permukaan berbagai media biofilter pada **Tabel** berikut ini.

Tabel 2. 9 Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter

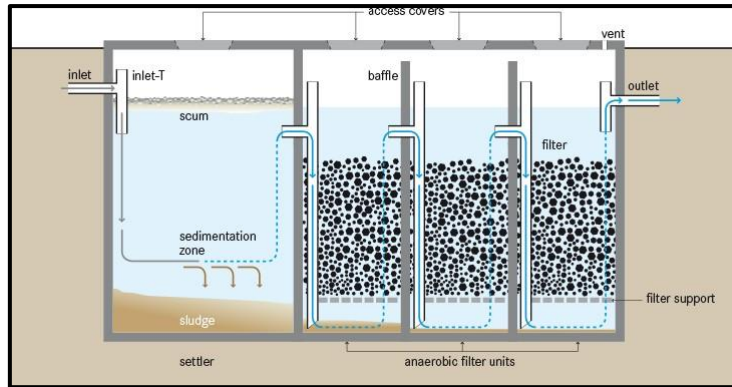
No.	Jenis Media	Luas permukaan spesifik(m ² /m ³)
1	Trickling Filter dengan batu pecah	100-200
2	Modul Sarang Tawon (Honeycomb Modul)	150-240
3	Tipe Jaring	50
4	RBC	80 -150

(Sumber: Said, 2000)

Kualitas pengolahan jika Anaerobic Filter berjalan dengan baik adalah berkisar 70 – 90% untuk penyisihan BOD. Anaerobic Filter sangat cocok digunakan untuk mengolah air limbah domestic dan industri yang memiliki kandungan TSS rendah. Anaerobic Filter dapat dioperasikan secara up-flow maupun down-flow. Sistem up-flow lebih dianjurkan karena resiko terbuangnya bakteri aktif akan lebih rendah. Kriteria desain yang penting adalah distribusi aliran yang stabil ketika melalui area filter. Panjang filter tidak boleh melebihi kedalaman air. Batasan beban organik berkisar antara 4 – 5 kg COD/m³.hari. Waktu tinggal hidraulik dibandingkan dengan volume tangka harus berada antara 1,5 – 2 hari.

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

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



Gambar 2. 11 Anaerobik Biofilter yang Terintegrasi dengan Tangki Septik
(Sumber: Tilley et al., 2014)

Kelebihan dan kekurangan anaerobic filter

1. Kelebihan

- Tahan terhadap shock loading
- Tidak membutuhkan energy listrik
- Biaya operasional dan perawatan tidak terlalu mahal
- Efisiensi BOD dan TSS tinggi

2. Kekurangan

- Effluennya membutuhkan pengolahan tambahan
- Efisiensi reduksi bakteri pathogen dan nutrient rendah
- Membutuhkan start up yang lama

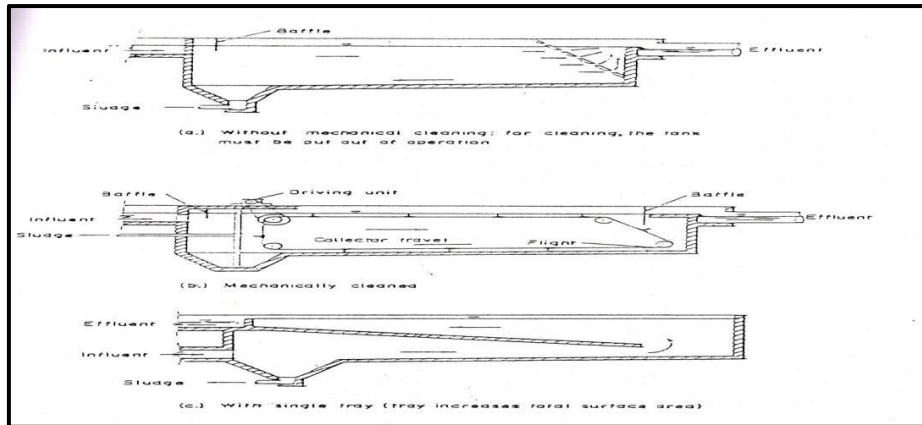
Adapun cara menghitung dimensi anaerobic filter, sebagai berikut:

1. Organik loading yaitu $4-5 \text{ kg COD/m}^3 \times \text{hari}$
2. Volume tangka dihitung berdasarkan retention time (1,5-2) hari
3. Jika menggunakan perkiraan kasar dapat dihitung volume (void + massa) anaerobic filter $(0,5-1) \text{ m}^3/\text{kapita}$.

Sedimentation Phase adalah proses membiarkan materi tersuspensi mengendap karena gravitasi. Bangunan sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan flokulen yang terbentuk akibat adanya penambahan koagulan pada proses koagulasi dan flokulasi. Bentuk bangun sedimentasi secara umum berupa (Anggraeni dan Susanawati, 2011):

a). Segi empat (rectangular)

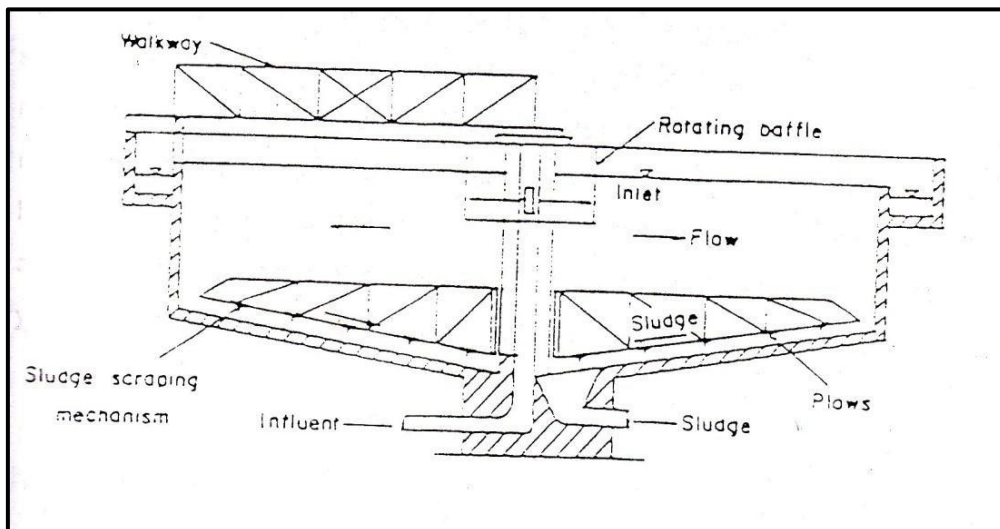
Air baku mengalir secara horizontal dari inlet menuju outlet. Partikel flokulen yang terbentuk diharapkan mengendap secara gravitasi ke settling zone.



Gambar 2. 12 Bak Sedimentasi Bentuk Segi Empat
 Sumber : Sarah Az-Zahra, 2013

b). Lingkaran (circular)

Air baku masuk melalui bagian tengah lingkaran dan secara horizontal menuju ke outlet di bagian keliling lingkaran. Partikel flokulen yang terbentuk mengendap secara gravitasi ke bawah.



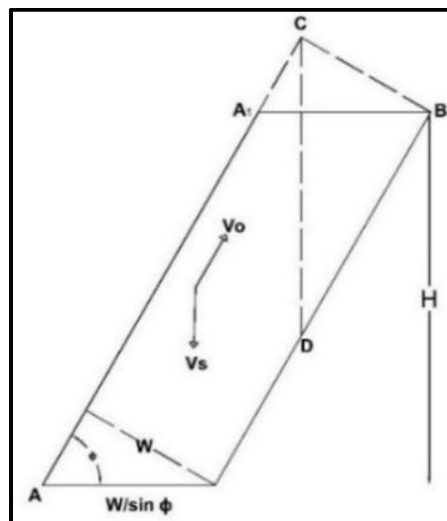
Gambar 2. 13 Bak Sedimentasi Bentuk Lingkaran
 Sumber : Sarah Az-Zahra, 2013

Secara keseluruhan, fungsi unit sedimentasi dalam instalasi pengolahan adalah (Sarah Az-Zahra, 2013):

1. Mengurangi beban kerja unit filtrasi dan memperpanjang umur pemakaian unit penyaring selanjutnya;
2. Mengurangi biaya operasi instalasi pengolahan

Pada bangunan sedimentasi ini, terdapat beberapa zona yang mendukung proses pengendapan, yaitu zona inlet, zona pengendapan, dan zona lumpur (Lumbessy, 2013). Perbandingan panjang dan lebar bak sedimen yang sesuai dengan kriteria adalah 6:1 - 4:1, sedangkan perbandingan lebar dengan ketinggian bak 3:1 - 6:1 (Kawamura,1991). Pada zona pengendapan terjadi proses pengendapan dari partikel flokulen, aliran air sangat berpengaruh dalam proses ini karena aliran tersebut dapat menjaga keutuhan flokulen agar tidak terpecah ($N_{re} < 2000$) dan cukup waktu untuk mengendap. Agar aliran tetap stabil maka diperlukan nilai ($N_{fr} < 10^{-5}$).

Over flow rate (V_h) menggambarkan besarnya kecepatan aliran adalah fungsi dari debit (Q) dibagi dengan luas permukaan (A_s), dimana semakin besar luas permukaan, maka Over flow rate akan semakin kecil dan efisiensi pengendapan flok semakin baik (Kawamura,1991). Bak sedimentasi terdapat tube settler atau plate settler yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi pengendapan. Settler merupakan komponen terpenting dalam proses mempercepat pengendapan dengan cara memperpendek area pengendapan (Darmasetiawan, 2001). Sudut settler yang disarankan adalah $45^\circ - 60^\circ$ dengan tujuan agar endapan yang telah terbentuk tidak tertahan pada settler (Schulz dan Okun,1984).



Gambar 2. 14 Plate Settler
Sumber: Schulz et al., 1992

Zona outlet harus dirancang sedemikian rupa sehingga air yang keluar dari bak pengendapan dapat ditampung secara merata dan tidak mengganggu aliran dalam bidang pengendapan. Struktur outlet dapat berupa pelimpah datar memanjang yang terletak di atas settler, pelimpah dan pipa berlubang dengan weir loading rate (WLR)

150 m³/m².jam (Kawamura,1991). Kriteria desain sedimentasi dapat dilihat pada

Tabel 2.10

Tabel 2. 10 Kriteria Desain Sedimentasi

Parameter	Kriteria
Surface loading rate (m ³ /m ² .jam)	20-60
Mean horizontal velocity (m/min)	0.15-0.9
Water depth (m)	2-3
Weir loading rate (m ³ /m.jam)	100-200

Sumber: Visvanathan, 2004

Tabel 2. 11 Kriteria unit sedimentasi

Kriteria umum	Bak persegi (aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar – (aliran vertikal – radial)	Bak bundar – (kontak padatan)	Clarifier
Beban permukaan (m ³ /m ² /jam)	0,8 – 2,5	3,8 – 7,5*	1,3 – 1,9	2 – 3	0,5 – 1,5
Kedalaman (m)	3 – 6	3 – 6	3 – 5	3 – 6	0,5 – 1,0
Waktu tinggal (jam)	1, 5 – 3	0,07**)	1 – 3	1 – 2	2 – 2,5
Lebar / panjang	> 1/5	-	-	-	-
Beban pelimpah (m ³ /m/jam)	< 11	< 11	3,8 – 15	7 – 15	7,2 – 10
Bilangan Reynold	< 2000	< 2000	-	-	< 2000
Kecepatan pada pelat/tabung pengendap (m/menit)	-	max 0,15	-	-	-
Bilangan Fraude	> 10 ⁻⁵	> 10 ⁻⁵	-	-	> 10 ⁻⁵
Kecepatan vertikal (cm/menit)	-	-	-	< 1	< 1
Sirkulasi Lumpur	-	-	-	3 – 5% dari input	-

Sumber: SNI 6774:2008

CATATAN: *) luas bak yang tertutupi oleh pelat/tabung pengendap

***) waktu retensi pada pelat/tabung pengendap

****) pembuangan lumpur Sebagian

- **Aerobic Phase**
 - **Aerobic Suspended Growth**

Pertumbuhan tersuspensi (suspended growth) merupakan sistem pengolahan biologi, dimana mikroorganisme tetap bertahan di dalam suspensi, dan keadaan aerobik sangat dibutuhkan. Proses pertumbuhan tersuspensi yang umumnya digunakan pada pengolahan tahap kedua adalah (1) lumpur aktif dan proses modifikasinya dan (2) aplikasi lainnya (Qasim, 2000).

Parameter desain di dalam proses lumpur aktif beserta modifikasinya dapat dilihat pada Tabel **2.12**

Tabel 2. 12 Parameter Desain Proses Modifikasi Lumpur Aktif

Proses Modifikasi	Deskripsi	<i>Flow Regime</i>	<i>Sludge Retention Time</i> (hari)	F/M Ratio (hari ⁻¹)	Beban Aerator (kg/m ³ .hari)	MLSS (mg/L)	Periode Aerasi (jam)	Ratio Resirkulasi (Q/Q)
Konvensional	Influen dan lumpur balik masuk ke tangkidi akhir kolam dan diaduk oleh sistem aerasi.	<i>plug</i>	5-5	0.2-0.4	0.3-0.6	1500-3000	4-8	0.25-0.5
<i>Tapered Aeration</i>	Mirip dengan sistem konvensional, perbedaannya pada penyusunan <i>diffusers</i> yang dekat satu sama lain di akhir influen dimana oksigen lebih banyak dibutuhkan	<i>plug</i>	5-15	0.2-0.4	0.3-0.6	1500-3000	4-8	0.25-0.5

Proses Modifikasi	Deskripsi	Flow Regime	Slude Retention Time (hari)	F/M Ratio (hari-1)	Beban Aerator (kg/m³.hari)	MLSS (mg/L)	Periode Aerasi (jam)	Ratio Resirkulasi (Q/Q)
<i>Step-Feed Aeration</i>	Influen diaplikasikan di beberapa titik dibak aerasi. Secara umum tanki dibagi menjadi tiga atau lebih saluran paralel dengan <i>around-the-end-baffles</i> .	<i>plug</i>	5-15	0.2-0.4	0.6-10	2000-3500	3-5	0.25-0.75
<i>Complete-mix Aeration</i>	Influen dan lumpur balik diaduk dan diaplikasikan di beberapa titik sepanjang dan selebar bak. Isi bak teraduk dan aliran	<i>complete mix</i>	5-15	0.2-0.6	0.8-2.0	3000-6000	3-5	0.25-1.00

Proses Modifikasi	Deskripsi	Flow Regime	Sludge Retention Time (hari)	F/M Ratio (hari-1)	Beban Aerator (kg/m ³ .hari)	MLSS (mg/L)	Periode Aerasi (jam)	Ratio Resirkulasi (Q/Q)
	MLSS melewati tangki menuju saluran efluen.							
<i>Modified Aeration</i>	Proses ini digunakan untuk pengolahan <i>intermediate</i> untuk menurunkan beban organik.	<i>plug</i>	0.2-0.5	1.5-5.0	1.2-2.4	200-1000	1.5-3	0.05-0.25
<i>High-rate Aeration</i>	Prosesnya mirip dengan konvensional, namun konsentrasi MLSS yang tinggi dan beban volume yang tinggi diaplikasikan. Aerasi dan pengadukan	<i>plug</i>	3-10	0.4-1.5	2.0-1.5	3000-6000	2-4	0.5-2.0

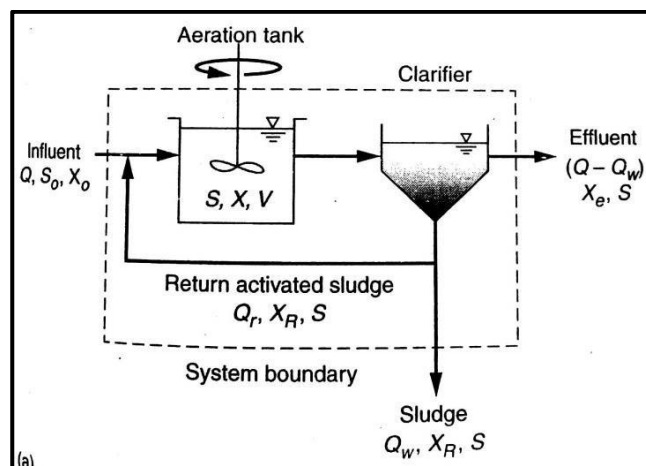
Proses Modifikasi	Deskripsi	Flow Regime	Sludge Retention Time (hari)	F/M Ratio (hari-1)	Beban Aerator (kg/m ³ .hari)	MLSS (mg/L)	Periode Aerasi (jam)	Ratio Resirkulasi (Q/Q)
	n dicapai melalui pengadukan mekanik.							
<i>Extended Aeration (OxidationDitch)</i>	Menggunakan bak aerasi yang besar dimana populasi mikroorganisme yang tinggi dipertahankan. <i>Oxidation Ditch</i> adalah variasi dari proses extended aeration.	<i>complete mix</i> atau <i>plug</i>	20-30	0.05-0.15	0.1-0.4	3000-6000	18-36	0.5-2.0

Proses Modifikasi	Deskripsi	Flow Regime	Sludge Retention Time (hari)	F/M Ratio (hari-1)	Beban Aerator (kg/m³.hari)	MLSS (mg/L)	Periode Aerasi (jam)	Ratio Resirkulasi (Q/Q)
<i>Contact Stablization</i>	Lumpur aktif diaduk dengan influen di tangkikontak dimana materi organik diabsorpsi oleh mikroorganism. Proses ini membutuhkan 50% volume tangki.	<i>plug</i>	5-15	0.2-0.6	1.0-1.2	1000-4000 <i>contacttank</i>	0.5-1.0 <i>contacttank</i>	0.5-1.0

1. Lumpur Aktif dan Proses Modifikasi

Di dalam proses lumpur aktif, mikroorganisme diaduk secara merata dengan materi organik sehingga mikroorganisme tersebut dapat tumbuh dan menstabilkan materi organik. Mikroorganisme yang diaduk dengan air limbah influen dan oksigen yang disuplai oleh proses aerasi, maka mikroorganisme tersebut akan bersatu dan mengalami flokulasi untuk membentuk massa aktif flok mikroba yang disebut lumpur aktif (Qasim, 2000).

Tipe-tipe utama reaktor biologi (kolam aerasi) adalah plug-flow, complete-mix, dan arbitrary flow. Di dalam reaktor plug-flow partikel lewat melalui tangki dan dibuang dengan urutan yang sama ketika masuk. Tipe aliran ini membutuhkan kolam yang panjang dan sempit. Di dalam reaktor complete-mix, partikel yang masuk didispersi secara tiba-tiba melalui kolam masuk. Complete-mix membutuhkan kolam yang berbentuk circular atau persegi. Reaktor arbitrary-flow menunjukkan pengadukan sebagian yakni antara reaktor plug-flow dan complete-mix (Qasim, 2000).



Gambar 2. 15 Proses Lumpur Aktif dengan Limbah dari Lumpur Balik
Sumber: Metcalf dan Eddy (2003)

Proses modifikasi utama dari proses lumpur aktif adalah (1) konvensional, (2) tapered aeration, (3) step aeration, (4) complete-mix, (5) modified aeration, (6) high-rate aeration, (7) extended aeration, (8) single-stage nitrification, (9) separate stage nitrification, (10) deep shaft reactor, (11) sequencing batch reactor, (12) contact stabilization, (13) kraus process, dan (13) high-purity oxygen system (Qasim, 2000).

Dua tipe utama sistem aerasi yang digunakan dalam proses lumpur aktif adalah diffused aeration dan mechanical aeration. Bak aerasi secara umum berbentuk tangki

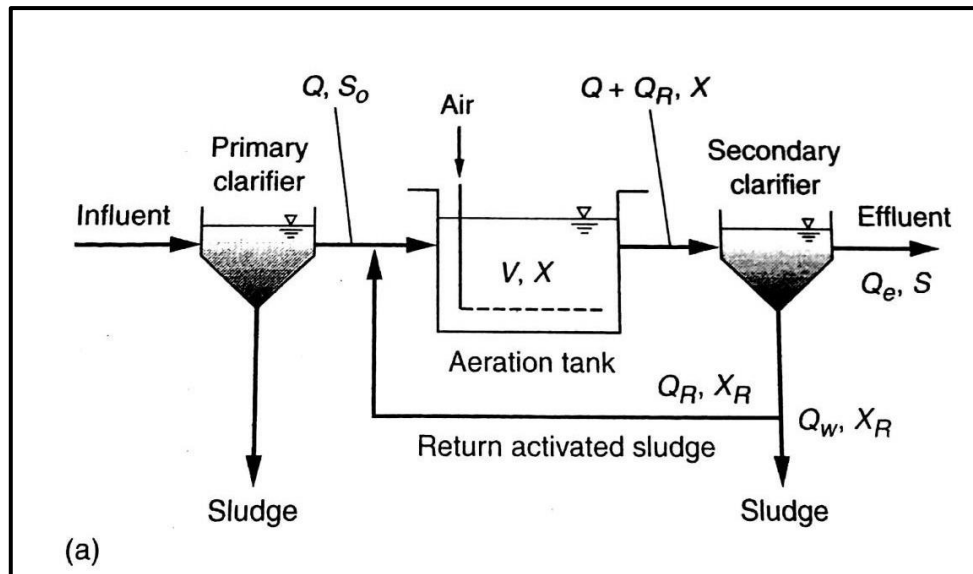
persegi panjang yang dikonstruksikan dengan beton bertulang. Fator desain penting dalam kolam aerasi adalah (Qasim, 2000):

- Kedalaman bak aerasi 3-5 m dengan freeboard 0.3-0.6 m.
- Untuk pengadukan spiral flow, ratio lebar-kedalaman adalah 1:1 – 2.2:1. Lebar tangki dibatasi 3-11 m.
- Jika volume tangki aerasi melebihi 140 m³, dua atau lebih unit harus disediakan. Tiap unit harus mampu untuk operasi secara terpisah.
- Konstruksi dinding umumnya digunakan untuk banyak kolam.
- Terkecuali tangki yang panjang harus memanfaatkan banyak saluran menggunakan *around-the-end-flow baffles*.
- Hidari titik mati dengan menyediakan baffles dan fillets di tiap sudut.
- Pondasi didesain untuk mencegah terjadinya pengendapan dan mencegah flotasi ketika tangki dalam keadaan kosong.
- Struktur inlet dan outlet harus didesain untuk menyisahkan tangki dalam rangka pemeliharaan.
- Penyusunan yang sesuai untuk pengeringan tangki aerasi harus dibuat.
- Sistem kontrol buih harus disediakan dengan menginstal *effluent spray nozzle* di sepanjang panjang sisi berlawanan diffuser.

a. *Complete-Mix Activated Sludge*

Efluen dari tangki pengendapan pertama dan lumpur aktif balik yang didaur ulang ditunjukkan di beberapa titik di dalam reaktor. Karena isi tangki diaduk secara merata, maka beban organik, kebutuhan oksigen, dan konsentrasi substrat merata di seluruh tangki dan nilai F/M ratio rendah. Reaktor complete mix biasanya berbentuk persegi, persegi panjang atau bentuk bulat. Dimensi tangki tergantung pada ukuran, tipe dan pola pengadukan peralatan aerasi (Metcalf dan Eddy, 2003).

Untuk mendapatkan pencampuran yang lengkap di dalam tangki aerasi, pilihan yang tepat adalah tanki geometri, pengaturan masukan dan perlengkapan aerasi dibutuhkan. Melalui pencampuran ini baik menggunakan difusi atau aerasi mekanik, itu memungkinkan untuk meningkatkan konstanta konsentrasi kebutuhan oksigen yang tercampur merata dengan cairan padatan tersuspensi (MLSS) di dalam tangki.



Gambar 2. 16 Skema Diagram Complete Mix Activated Sludge
Sumber: Metcalf dan Eddy (2003)

Tabel 2. 13 Kriteria Desain Complete Mix Activated Sludge

<i>Activated Sludge dengan Complete Mix Aeration</i>			
No	Parameter	Kriteria	Sumber
1	Umur lumpur	5-30 hari	Reynolds 2 nd Edition (1995)
2	Rasio F/M	0,1 - 0,6 hari ⁻¹	
3	Beban aerator	0,8 - 2,0 kg/m ³ . hari	
4	MLSS	2500 - 4000 mg/L	
5	Hydraulic Retention Time (HRT)	3 - 6 jam	Metcalf dan Eddy (2003)
6	Rasio resirkulasi (R/Q)	0,25 - 1,00	
7	MLVSS/MLSS	0,75 - 0,85	
8	BOD Removal	80 - 95%	
9	TSS Removal	80 -90%	
<i>Surface Aerator</i>			
No	Parameter	Kriteria	Sumber
1	Kedalaman bak	3 - 5 m	Syed R. Qasim (1985)
2	Power untuk completely mix	0,75 - 75 Kwatt	
3	Transfer rate O ₂	1,2 - 2,7 kg O ₂ /KW.hari	
4	Faktor koreksi salinity surface	1	
5	Faktor koreksi transfer O ₂	0,8 - 0,85	
6	Freeboard	0,3 - 0,5 m	
7	Lebar	6 - 12 m	
8	Lebar/ Kedalaman	1:1 - 1:2,2	

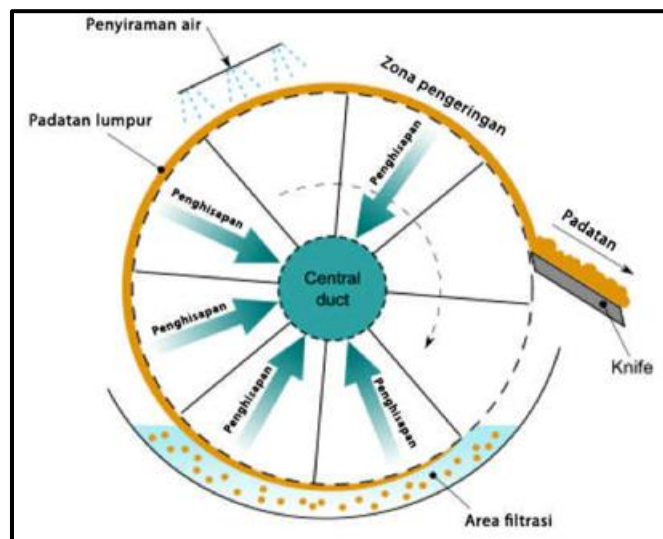
2.2.7 Desludge System

➤ Sludge Dewatering Machine

1. Filter Press

Filter Press adalah alat yang biasa digunakan untuk memadatkan lumpur / sludge ataupun memeras cairan yang berada dalam fase slurry. Sehingga cairan tersebut dapat dipergunakan kembali atau diambil manfaatnya, Filter press disebut sebagai separation equipment yang bekerja dengan sistem batching, dimana slurry dipompakan tidak secara continues namun secara berkala batch demi batch.

Filter press banyak digunakan untuk menurunkan kadar air (dewatering) dalam lumpur yang telah maupun belum melalui proses digestion. Filter vakum pada dasarnya terdiri dari drum silinder horizontal yang dilapisi media filter (kain atau anyaman kawat) dan berputar secara perlahan melewati bak lumpur (Gumerman & Burris, 1982). Komponen pendukung lain untuk unit filter press, diantaranya pompa vakum, penampung dan pompa filtrat, dan pompa lumpur. Drum filter dibagi menjadi tiga zona terpisah yang dihubungkan dengan katup berputar menggunakan pipa. Ketiga zona tersebut adalah zona pembentukan cake, zona pengeringan cake, dan zona pembuangan cake.



Gambar 2. 17 Skema Vacuum Filter Press
Sumber: PermenPUPR No. 04/PRT/M/2017

Proses dewatering menggunakan filter press dimulai dari fase pembentukan cake, di mana 25% sisi drum tercelup dalam bak lumpur (Gumerman & Burris, 1982). Pada zona tersebut, sebuah pompa vakum yang ditempatkan di dalam drum menyedot filtrat melalui media. Pada waktu yang bersamaan, padatan lumpur akan mengendap di atas media dan membentuk cake dengan kondisi sebagian kering. Selanjutnya, fase pengeringan cake dimulai ketika bagian drum yang tercelup meninggalkan bak lumpur. Zona pengeringan cake mewakili 40-60%

permukaan drum dan fase ini berakhir pada titik di mana pengvakuman selesai dilakukan. Pada titik itu pula drum memasuki fase pembuangan cake dari media menggunakan pisau pengeruk. Setelah cake dibuang, media dicuci untuk menghindari penyumbatan dan kembali memasuki zona pembentukan cake. Satu kali putaran drum melewati ketiga zona disebut satu waktu siklus.

Proses filter press kerap menggunakan bahan kimia untuk membantu proses pengkondisian lumpur. Berikut merupakan tabel jenis bahan kimia yang biasa digunakan beserta rentang dosisnya.

Tabel 2. 14 Jenis dan Dosis Bahan Kimia untuk Pengkondisian Lumpur dalam Vacuum Filter

Jenis Lumpur	Dosis (g/kg)		
	Kapur (Lime)	FeCl ₃	Polimer
Raw Sludge	80-100	20-40	2-5
Digested Sludge	90-160	30-60	-

Sumber: US EPA (1986)

Unit filter press dirancang berdasarkan kriteria desain berikut ini:

Tabel 2. 15 Kriteria Desain Unit Filter Press

Parameter	Satuan	Nilai
Luas area media vakum	m ²	5-60
Kebutuhan pompa udara (umumnya)	m ³ /menit.m ² pada 69 KN/m ²	0,5

Sumber: Qasim (1999)

1). Kelebihan:

- Kapasitasnya besar sehingga bisa menerima influen dalam jumlah yang banyak;
- Ketebalan cake dapat diatur berdasarkan kecepatan putar; dan
- Biaya perawatan yang rendah.

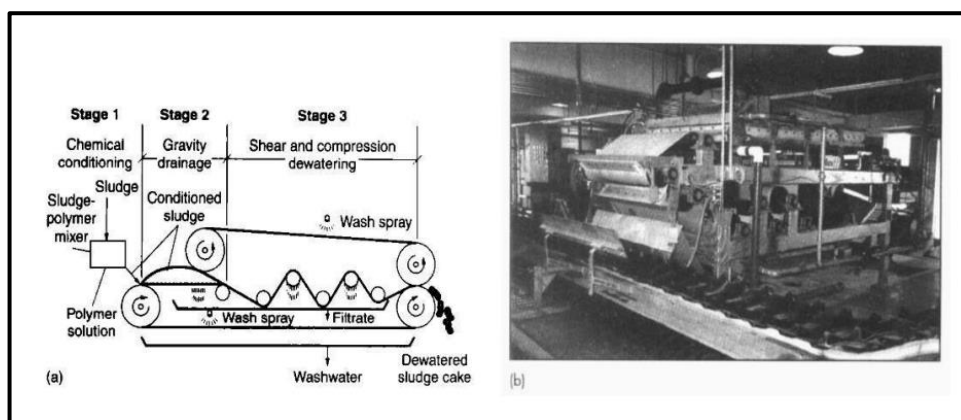
2). Kekurangan:

- Biaya awal untuk filter dan peralatan vakum tinggi; dan
- Tidak dapat beroperasi dengan baik apabila kondisi influen yang diterima berubah.

2. Belt Filter Press

Belt Filter Press desain adalah salah satu unit sludge dewatering paling efisien yang dapat diterapkan melalui lumpur organik dan anorganik untuk mencapai hasil yang diperlukan dengan biaya operasi minimum. Prinsip kerja belt filter press adalah dengan melewatkan lumpur diantara dua poros sabuk yang digulung dan dipasang dengan diameter poros yang

berbeda. Belt filter press terdiri dari empat zona, yaitu zona polymer conditioning, zona drainase dengan grafitasi, zona tekanan rendah, dan zona tekanan tinggi (Aldeeb, A.A., 2000). Tipe dan karakteristik dari residu memegang peranan penting dalam performa belt filter press. Faktor lain yang mempengaruhi diantaranya adalah sludge conditioning, belt pressure, kecepatan, tegangan, tipe, dan perforasi dari sabuk (AWWA/ASCE/U.S. EPA, 1996). Belt filter press memiliki keunggulan untuk digunakan bila kondisi lumpur yang dihasilkan memiliki kadar padatan yang tinggi, dan relatif memerlukan sumber daya energi yang kecil. Agar bisa mendapatkan performa dewatering yang baik, alum residual harus di kondisikan terlebih dahulu dengan polimer untuk menghasilkan flok yang besar dan kuat sehingga mudah dikeringkan (Qasim et al., 2000).



Gambar 2. 18 Belt Filter Press Dewatering
(Sumber Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4th edition)

Kadar solid dalam lumpur setelah diolah dengan BFP sebagai berikut:

1. Lumpur sedimentasi I 28%-44%;
2. Lumpur sedimentasi I dan lumpur aktif 20%-35%;
3. Lumpur sedimentasi I dan trickling filter 20%-40%;
4. Lumpur dari digester (anaerob) 26%-36%; dan
5. Lumpur dari digester dan lumpur aktif 12%-18%.

Pelaksanaan perencanaan belt filter press dilaksanakan berdasarkan kriteria desain yang tertera pada tabel berikut.

Tabel 2. 16 Kriteria Desain Unit Belt Filter Press

Parameter	Satuan	Nilai
Lebar sabuk	m	0,5-3,5 (2,0)
Beban lumpur	kg/m.jam	90-680
Beban hidraulik	l/m.detik	1,6-6,3

Sumber: Metcalf & Eddy (2003)

2.2.8 *Disinfection System*

Disinfection System

Proses desinfeksi air minum yang umum digunakan dalam masyarakat adalah desinfeksi dengan penambahan zat kimia (seperti kaporit) atau dengan melakukan perebusan. Desinfeksi dengan zat kimia dapat mengubah rasa dan meninggalkan residu bahan kimia di dalam air. Sedangkan desinfeksi dengan perebusan membutuhkan energi yang tidak sedikit.

Disinfection tank merupakan unit yang dipergunakan untuk proses denetralisasi bakteri/ kuman yang masih terdapat pada efluen sehingga dapat menurunkan parameter mikrobiologi total coliform yang terkandung. Waktu detensi: 6 jam paparan sinar UV (sinar matahari) (Mulyana, 2012).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 KAJIAN SOSIAL EKONOMI

Kajian sosial ekonomi pembangunan IPLT ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan Real Demand Survey (RDS) atau survey kebutuhan nyata yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran kebutuhan riil dari calon pengguna IPLT. Untuk itu, sampel ditetapkan dengan menggunakan teknik pengambilan sampel Slovin formula dengan tingkat kepercayaan 95% dan kemungkinan error maksimal 5%.

Berdasarkan jumlah kepala keluarga di Kota Bekasi sebesar 647.565 kepala keluarga, maka total kebutuhan sampel pada RDS ini adalah 385 kepala keluarga. Jumlah sampel tersebut didistribusikan secara proporsional sesuai dengan jumlah kepala keluarga di 12 kecamatan di Kota Bekasi sebagaimana tercantum pada tabel 3.1 Penentuan responden dilakukan secara acak (random) dan tidak ditentukan berdasarkan kriteria tertentu.

Tabel 3. 1 Distribusi Sample

KECAMATAN	Jumlah Penduduk	Jumlah KK**	Distribusi Sample
	Total	Total	
Pondokgede	254.200	63.550	38
Jatisampurna	127.180	31.795	19
Pondok Melati	132.670	33.168	20
Jatiasih	254.810	63.703	38
Bantargebang	109.400	27.350	16
Mustika Jaya	221.300	55.325	33
Bekasi Timur	260.550	65.138	39
Rawalumbu	224.110	56.028	33
Bekasi Selatan	213.620	53.405	32
Bekasi Barat	285.410	71.353	42
Medansatria	163.870	40.968	24
Bekasi Utara	343.140	85.785	51
Kota Bekasi	2.590.260	647.565	385

Selain itu, kajian juga dilakukan kepada para pengelola atau pengembang perumahan mewah yang ada di Kota Bekasi. Kategori perumahan mewah didasarkan pada harga jual perumahan yang berada di atas 1 milyar rupiah. Terdapat 10 perumahan mewah yang berhasil dilakukan survei oleh enumerator. Wawancara juga dilakukan kepada pengusaha transporter air limbah

domestic yang beroperasi di wilayah administrasi Kota Bekasi. Terdapat dua perusahaan transporter yang berhasil diwawancara oleh enumerator.

Pelaksanaan survei ini dilakukan oleh 6 orang enumerator yang telah diberikan surat tugas dari BLUD UPTD PALD Kota Bekasi. Survei ini dilaksanakan pada minggu kedua dan ketiga bulan Januari 2023 dan minggu pertama di bulan April dengan total responden sebanyak 382 responden. Kuesioner kemudian akan diinput ke dalam buku kode yang telah disiapkan di Program Pengolahan Statistik untuk penelitian sosial yaitu SPSS untuk selanjutnya diolah dan dianalisa.

3.2 KAJIAN KARAKTERISTIK AIR LIMBAH

Kajian ini dilakukan dengan menggunakan Laboratorium independen dan telah terakreditasi oleh KAN. Pengambilan sampel air limbah dilakukan langsung pada lokasi ataupun melalui truk pengangkut yang ada di IPLT Bantar Gebang. Pengambilan sampel dilakukan oleh petugas yang telah tersertifikasi sehingga dapat meminimalkan bias dari hasil pengambilan yang ada.

Sampel limbah yang didapatkan kemudian dilakukan pengujian laboratorium. Pengujian dilakukan untuk parameter air limbah sesuai dengan Peraturan Menteri LHK No 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air limbah Domestik yang meliputi pH/derajat keasaman, Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), zat tersuspensi (TSS), Minyak Lemak, Amonia Nitrogen (NH₃ -N) dan Total Coliform.

3.3 KAJIAN STRUKTUR DAN KEKUATAN TANAH

Kajian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam menahan beban, sehingga dapat digunakan dalam menentukan tipe pondasi yang akan digunakan selanjutnya, dimana informasi tersebut juga akan menjadi dasar untuk menentukan faktor biaya konstruksi dalam perhitungan kajian finansial. Dalam kajian daya dukung tanah, dilakukan 4 pengujian yaitu, pemboran inti, uji penetrasi (SPT), pengambilan sampel tanah, dan uji laboratorium.

a. Pemboran inti

Pemboran dilakukan sebanyak 4 (tiga) titik dengan kedalaman masing-masing 15 meter. Dalam pelaksanaan pemboran inti ini, digunakan bor mesin tipe YBM-05. Mata bor yang digunakan untuk menembus lapisan tanah (pasir dan lempung) yaitu dan matabor

widya/tungsten. Inti hasil pemboran segera ditempatkan dalam peti penginti (core box) yang telah dipersiapkan, agar tersusun dengan baik sesuai dengan kedalamannya, kemudian diambil gambar (foto) sebagai dokumentasi dari pekerjaan tersebut.

b. Uji Penetrasi (SPT)

Uji penetrasi baku dilaksanakan pada lapisan tanah atau lapukan batuan untuk mengetahui konsistensi tanah berbutir halus dan kerapatan tanah berbutir kasar sesuai dengan SNI 4153:2008. Uji SPT dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan.

c. Pengambilan Sampel Tanah

Guna mengetahui kondisi tanah asli di kedalaman, umumnya digunakan tabung shelby sepanjang 50cm hingga 60cm untuk mendapatkan contoh tanah tak terganggu (undisturbed sample/ UDS). Setelah contoh tanah terambil, segera tuangkan lilin kedalam tabung, baik pada bagian atas maupun bagian bawah, agar keaslian contoh tetap terjaga.

d. Uji Laboratorium

Pengujian laboratorium terdiri dari kadar air, berat jenis, berat isi, atterberg limits, analisa butiran, UU-triaxial compression test, dan uji konsolidasi. Maksud dari pengujian kadar air dimaksudkan untuk mengetahui kadar / kandungan air pada tanah asli dimana kadar air adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen. Prinsip pelaksanaan pengujian ini didasarkan pada SNI 1965:2008. Metode uji berat jenis dengan piknometer adalah metode yang dapat dijamin ketelitiannya untuk menentukan berat jenis tanah yang lebih berat dari pada air. Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 1964:2008. Maksud dari analisa berat isi adalah untuk mengetahui berat isi atau berat volume tanah. sesuai dengan ASTM D.2937.

Uji Atterberg adalah pengujian untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair. Batas cair adalah kadar air batas dimana suatu tanah akan berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis. Maksud dari analisis ukuran butiran ini adalah untuk mengetahui secara kuantitatif distribusi ukuran butiran dalam tanah. Dimana untuk partikel lebih besar dari 75 μm ditentukan dengan cara sedimentasi. Maksud dan tujuan dari Traxial adalah untuk menentukan sudut geser dalam (ϕ), nilai kohesif (C), dan besarnya kekuatan geser tanah (S) dari contoh tanah yang bersifat kohesif baik dalam keadaan asli maupun dalam keadaan terganggu / tidak asli (remoulded / after compacted).

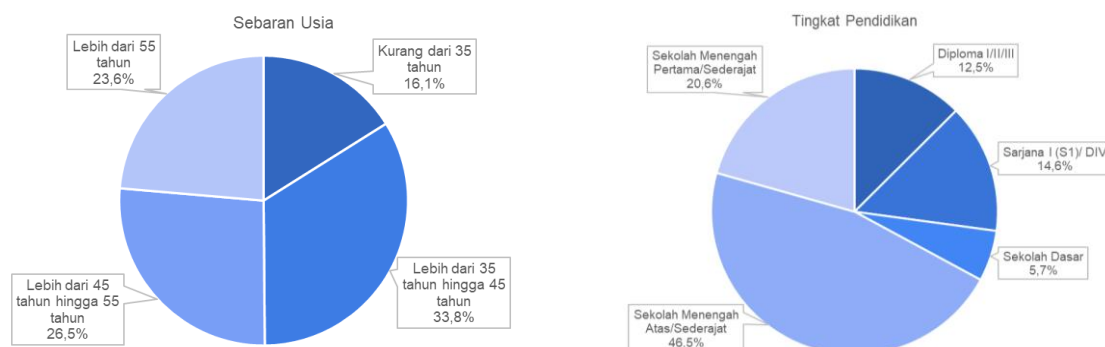
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 KAJIAN SOSIAL WARGA

Kajian Sosial dilakukan dengan metode questioner menggunakan sampling, sebanyak 385 sampel dilakukan pada masyarakat kelas menengah kebawah di 12 Kecamatan yang ada di Kota Bekasi. Kemudian dilakukan 10 sampling pada 10 pengelola kawasan elite, dan juga 2 sampel dengan metode wawancara terbatas pada pengusaha transporter air limbah domestik.

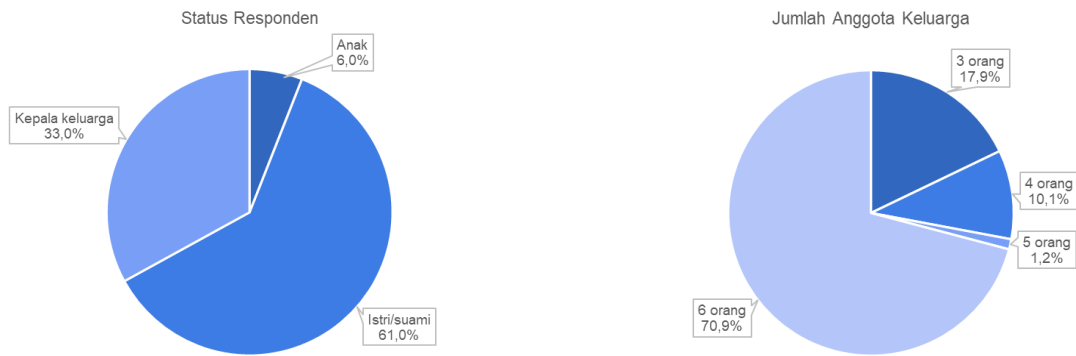
4.1.1 Profil Responden

Mayoritas responden berada pada kelompok usia produktif yaitu antara 35 – 45 tahun (33,8%) yang diikuti oleh kelompok usia 45 – 55 tahun (26,5%). Sementara itu, kelompok usia lanjut sebanyak 23,6% dan kelompok usia di bawah 35 tahun sebesar 16,1%. Secara tingkat pendidikan, mayoritas responden memiliki Pendidikan Sekolah Menengah Atas/ Sederajat (46,5%) yang diikuti oleh Sekolah Menengah Pertama (20,6%). Terdapat juga kelompok responden yang berpendidikan Sarjana S1/D IV sebanyak 14,6% dan responden berpendidikan Diploma sebanyak 12,6%. Sementara itu, hanya sebagian kecil (5,7%) responden yang berpendidikan Sekolah Dasar. Hal ini menunjukkan bahwa Sebagian besar responden telah memiliki kemampuan berfikir secara rasional dan mampu mencari solusi yang lebih baik, bijak, dan tidak emosional. Hal ini juga berpengaruh pada kualitas data yang dihasilkan dari survei ini.



Gambar 4. 1 Sebaran usia dan Tingkat Pendidikan Responden

Saat dilakukan kajian, mayoritas responden adalah anggota keluarga atau lebih tepatnya berstatus sebagai istri (61,0%). Sementara itu, hanya 33,0% responden yang berstatus sebagai kepala keluarga yang mayoritas adalah laki-laki dan jumlah responden berstatus sebagai anak sebesar 6,0%. Dilihat dari jumlah anggota keluarga, dapat disampaikan bahwa mayoritas responden memiliki jumlah anggota keluarga sebanyak 6 orang atau sebesar 70,9%. Jumlah ini diikuti oleh responden yang memiliki anggota keluarga sebanyak 3 orang (17,9%). Sementara itu hanya Sebagian kecil responden yang memiliki anggota keluarga 4 (10,1%) orang dan 5 orang (1,2%). Hal ini juga akan memberikan informasi terkait perkiraan jumlah limbah domestik yang dihasilkan oleh rumah tangga dan rutinitas penyedotan septic tank.



Gambar 4. 2 Status Responden dan Jumlah Anggota keluarga

Tabel 8 menjelaskan terkait dengan sarana sanitasi yang dimiliki oleh responden di dalam rumah. Berdasarkan tabel di bawah ini, dapat diketahui bahwa seluruh responden memiliki fasilitas kamar mandi, toilet dan drainase pembuangan air kotor. Namun, dapat dilihat pada Tabel 8, bahwa hanya sebagian kecil responden yang tidak memiliki septic tank atau hanya sebanyak 11 responden. Hal ini dikarenakan toilet yang mereka miliki terhubung ke IPLT komunal yang dikelola oleh sebuah instansi (Yayasan Ar-Rahman) tanpa harus mengeluarkan biaya atau iuran bulanan. Hal ini terjadi di responden yang terletak di Kecamatan Bantargebang, kelurahan Bantargebang. Berdasarkan keterangan dari responden, bahwa mereka telah mengikuti fasilitas ini selama kurang lebih 3 - 4 tahun. Keberadaan IPLT komunitas ini sangat penting dalam mendukung program sanitasi aman dari pemerintah.

Tabel 4. 1 Kepemilikan Sarana Sanitasi dan Air Bersih

Fasilitas	Ya	Tidak
Kamar Mandi	385	0
Toilet/ WS	385	0
Wastafel	201	184
Tempat Cuci Piring	344	41
Tempat Cuci Pakaian	374	11
Drainase	385	0
Septic tank	374	11
Bak Sampah	378	7

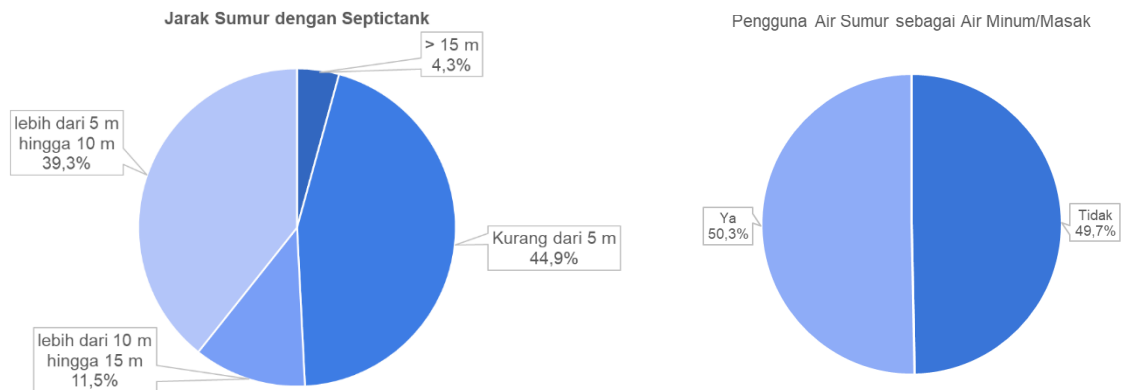
4.2.1 Kondisi Sanitasi dan Septictank Responden

Dari total responden yang memiliki septic tank, dapat diketahui bahwa 44,9% responden memiliki jarak sumur kurang dari 5 m dengan septic tank dan 39,3% responden yang memiliki jarak sumur lebih dari 5 m hingga 10 m. Sementara itu, hanya sebagian kecil (15,8%) responden yang memiliki jarak sumur dengan septic tank lebih dari 10 m.

Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden rentan terhadap pencemaran air. Menurut SNI 2398:2017, jarak septic tank dengan sumur air bersih minimal 10 meter dengan tinggi septic tank minimal 1,5 meter. Dengan jarak sumur dan septic tank di bawah Standar Nasional Indonesia, sumur sebagai sumber air bersih utama rentan tercemari limbah septic tank yang akan berdampak buruk pada kualitas air bersih yang digunakan untuk kepentingan sehari-hari. Salah satu penyebab adanya kondisi ini adalah ukuran luas tanah atau rumah yang sangat terbatas terutama di kawasan pemukiman padat penduduk.

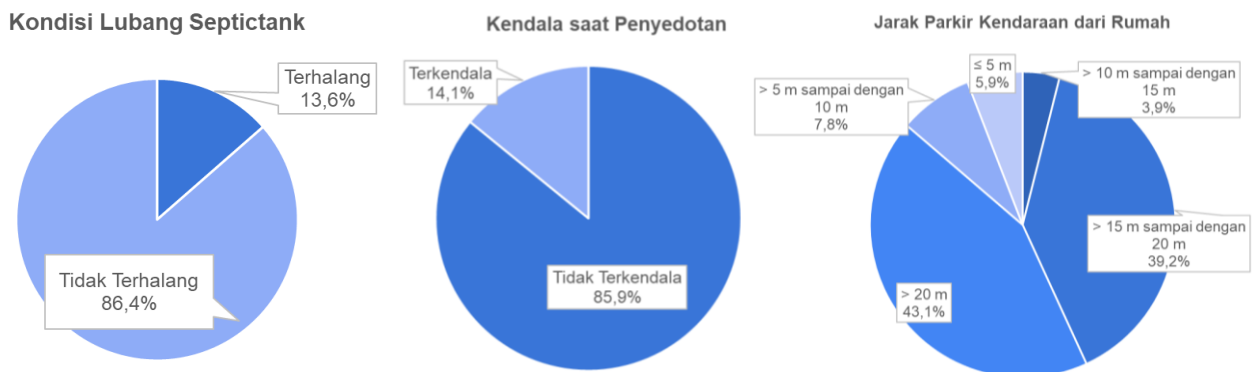
Sehubungan dengan sumber air bersih yang digunakan responden survei, didapatkan informasi bahwa 100% responden menyatakan menggantungkan sumber air bersih mereka pada sumur bor/gali di kediaman masing-masing. Air sumur tersebut dimanfaatkan oleh sebagian besar (50.3%)

responden sebagai air minum maupun untuk memasak. Sementara, kurang lebih 49,7% responden lainnya menggunakan air kemasan/ isi ulang dan sambungan PDAM sebagai air minum atau memasak.



Gambar 4. 1 Jarak Septictank Dengan Sumur dan Penggunaan Air Bersih

Penyedotan septic tank oleh transporter limbah domestik terkadang mengalami hambatan teknis, seperti lokasi rumah yang tidak bisa dijangkau oleh truk pengangkut tangki air limbah, ataupun lubang septictank yang terhalang. Dari data responden, kondisi septictank sebagian besar (86,4%) berada dalam posisi tidak terhalang. Hanya Sebagian kecil saja (13,6%) yang terhalang dimana di atas lokasi septic tank tersebut digunakan sebagai ruangan atau di alih fungsikan menjadi ruangan. Sebagaimana yang tergambar pada hasil survei dimana terdapat hanya sebanyak 14,1% responden yang pernah mengalami kendala teknis selama melakukan penyedotan septic tank di rumahnya. Sebaliknya, survei ini juga menangkap fenomena bahwa sebagian besar responden (85,9%) tidak mengalami kesulitan ketika melakukan penyedotan septic tank dikarenakan kondisi saluran yang tidak terhalang dan truk pengangkut limbah dapat menjangkau lokasi dengan baik. Truk pengangkut limbah domestik juga dapat menjangkau lokasi septictank dengan jarak kurang dari 5 m.



Gambar 4. 4 Kondisi Lubang Septictank Warga

Terkait dengan ukuran septic tank warga, ukuran dimensi septic tank yang dimiliki oleh responden, maka mayoritas responden memiliki ukuran septic tank sebagai berikut:

- Panjang : 1,5 m hingga 2 m
- Lebar : 1,5 m hingga 2 m
- Tinggi : 1,5 m hingga 2 m

Terkait dengan dasar dan dinding septic tank yang dibeton, sebagian besar responden tidak dapat memastikan bangunan septic tank mereka. Mereka hanya dapat memastikan jika dinding dilakukan pembetonan sedangkan pada bagian dasar, tidak dapat dipastikan oleh responden.



Gambar 4. 5 Ukuran Septictank Warga

4.3.1 Kemampuan Membayar Warga

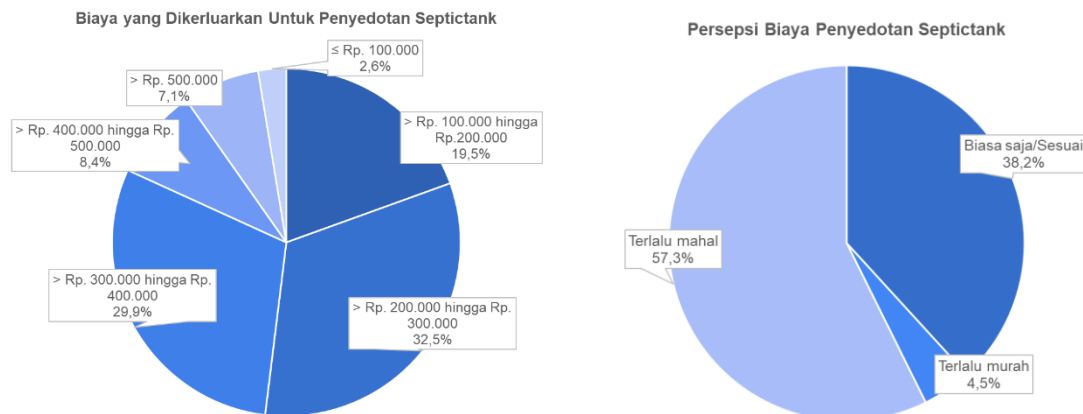
Sebagian besar responden (74,4%) menyatakan bahwa frekuensi penyedotan septic tank adalah jarang yang berarti lebih 3 sampai 5 tahun. Hanya 23,1% responden yang menyatakan melakukan penyedotan septic tank secara rutin tiap 1 hingga 3 tahun sekali. Frekuensi rutinitas penyedotan septic tank ini salah satunya dikarenakan kondisi septic tank masih belum lama terpakai, baru pindah lokasi, dan tidak adanya kendala dengan septic tank mampet.



Gambar 4. 6 Frekuensi Pengambilan Septictank

Terdapat variasi tarif penyedotan septic tank yang berlaku di Kota Bekasi. Sebagian besar (32,5%) responden menyatakan bahwa biaya penyedotan septic tank yaitu sebesar Rp. 200.000 - Rp. 300.000. Namun, tidak sedikit (29,9%) juga yang menyatakan bahwa biaya penyedotan septic tank mencapai Rp. 300.000 hingga Rp. 400.000. Sebanyak 19,5% responden menyatakan bahwa mereka juga melakukan pembayaran sebesar Rp. 100.000 – Rp. 200.000. Sebanyak 8,4% menyatakan bahwa pengalaman

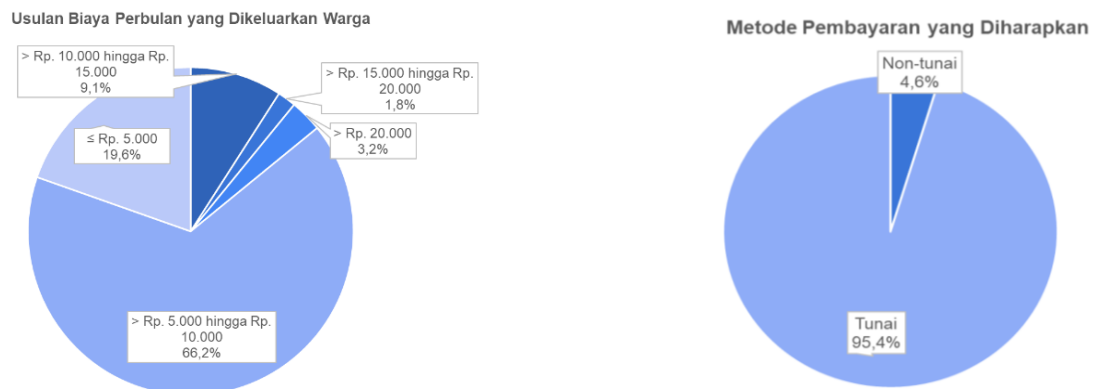
mereka melakukan penyedotan septic antara Rp. 400.000 - Rp. 500.000. Sementara itu, sebagian kecil responden menyatakan membayar lebih dari Rp. 500.000 (7,1%) dan kurang dari Rp. 100.000 (2,6%).



Gambar 4. 7 Biaya Penyedotan Septic Tank Saat Ini dan Persepsi Masyarakat

Variasi tarif yang sangat lebar ini terjadi dikarenakan factor jarak lokasi, volume septic tank, dan juga waktu pengambilan septic tank juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi besar kecilnya tarif. Walaupun terjadi variasi tarif dengan rentang yang cukup tinggi (dari Rp. 100.000 hingga lebih dari Rp. 500,000), Sebagian besar (38,2%) responden tetap menyatakan bahwa harga tersebut masih normal. Responden menganggap harga tersebut masih dapat diterima. Walaupun sebagian besar responden menyatakan harga tarif sebagai hal yang wajar, ada pula Sebagian (57,3%) responden yang menganggap biaya yang dikenakan terlalu mahal. Selain persepsi harga yang terlalu mahal dan wajar, terdapat pula responden yang menyatakan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk melakukan penyedotan terlalu murah (4,5%).

Survei ini juga menangkap usulan dari responden terkait dengan biaya penyedotan septic tank dalam program yang akan diterapkan oleh Pemkot Bekasi. Dapat diketahui bahwa sebagian besar (66,2%) responden mengusulkan biaya penyedotan antara Rp. 5.000 hingga Rp. 10.000 per bulannya. Sementara itu, 19,6% lainnya mengusulkan biaya penyedotan septic tank ini tidak lebih dari Rp. 5.000 rupiah perbulannya. Adapun batas toleransi biaya tarif penyedotan ini adalah Rp. 50.000 rupiah. Usulan kesediaan tarif ini menjadi catatan penting bagi BLUD UPTD PALD Kota Bekasi untuk menentukan tarif penyedotan kepada masyarakat. Mekanisme pembayaran secara tunai ini masih menjadi favorit bagi responden yang memiliki karakteristik berprofesi sebagai Ibu rumah tangga. Pembayaran secara non-tunai tampaknya menjadi tantangan tersendiri bagi mereka.



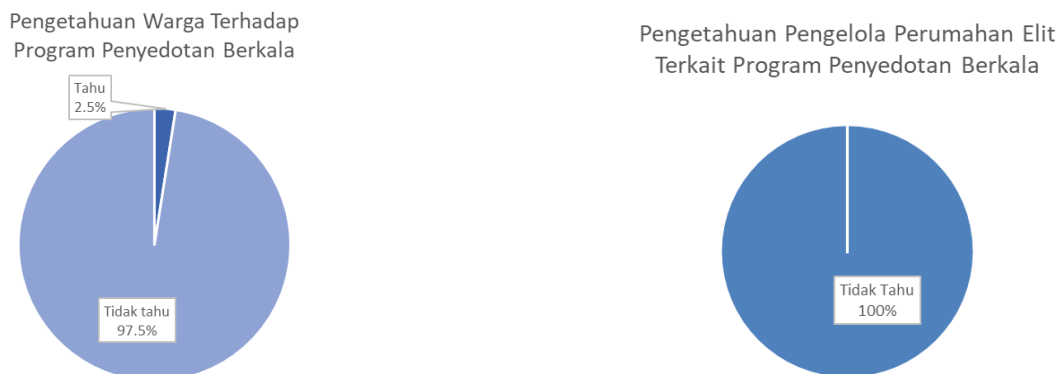
Gambar 4. 8 Usulan Biaya Perbulan dan Metode Pembayaran

4.2 OPINI MASYARAKAT TERKAIT IPLT

Bagian ini memfokuskan pembahasan terkait dengan program penyedotan limbah domestic oleh BLUD UPTD PALD Kota Bekasi dan juga opini masyarakat dan pengelola perumahan elite mengenai program reguler pengangkutan septictank oleh Pemkot Bekasi.

Enumerator telah mencoba untuk menjelaskan terkait dengan program ini, namun hamper seluruh (97,2%) responden yang diwawancarai menyatakan tidak mengetahui adanya rencana program penyedotan limbah domestic oleh Pemkot Bekasi. Namun, Sebagian kecil (2,5%) responden yang menyatakan mengetahui rencana program ini melalui sosial media dan berita di media elektronik.

Pun demikian dengan pengelola perumahan elite. Seluruh (100%) responden pengelola Kawasan perumahan mewah sebelumnya, tidak pernah mendapatkan informasi terkait dengan rencana program penyedotan air limbah oleh Pemkot Bekasi. Kurangnya sosialisasi dan penyampaian informasi oleh BLUD UPTD PALD Kota Bekasi dapat menjadi salah satu faktor banyaknya responden yang tidak mengetahui rencana program ini.



Gambar 4. 9 Pengetahuan Warga Terkait Program Penyedotan

Hasil survei menunjukkan bahwa 91,7% responden menyatakan bahwa pembangunan IPLT ini perlu untuk segera dilakukan dan setuju mengikuti program penyedotan septic tank oleh Pemkot Bekasi. Hanya sebanyak 8,3% responden yang menyatakan tidak perlu adanya IPLT dikarenakan sudah tersedianya banyak IPLT komunal yang ada di Kota Bekasi. Salah satu contoh penggunaan IPLT komunal yang dikelola oleh Yayasan Ar-Rahman di Kecamatan Bantar Gebang. Yayasan ini menampung limbah domestik masyarakat di sekitar Yayasan tanpa dipungut biaya. Yayasan ini memfasilitasi penyambungan pipa dari toilet ke IPLT komunal sehingga limbah domestik masyarakat dapat diolah secara mandiri oleh Yayasan ini. Pengelola perumahan elit pun setuju dengan adanya pembangunan IPLT ini dan bersedia mengikuti program yang dijalankan oleh Pemkot Bekasi asalkan disosialisasikan dengan baik

4.3 PENGELOLA JASA PENYEDOTAN LIMBAH SEPTICTANK

Survei ini dilakukan pada dua pengelola jasa transportasi limbah domestik yang memiliki wilayah operasi di Kota Bekasi. kedua perusahaan telah mengantongi ijin yang sama yaitu NIB, Ijin operasional, dan NPWP. Sementara itu, salah satu transporter telah menjalankan usaha ini sejak Tahun 1999, dan transporter lainnya baru beroperasi dari Tahun 2018. Dari kepemilikan armada, kedua jasa transporter hampir memiliki jumlah tenaga kerja dan jumlah armada yang sama. Sementara itu, terdapat kesamaan jumlah ritasi per hari (10 ritasi) dan jangkauan wilayah operasi.

Karakteristik operasional pada kedua jasa transporter banyak memiliki kesamaan, diantaranya cara pemesanan (melalui telepon, SMS, WA dan Sosial Media), lama pengerjaan (30 menit sampai 45 menit) dan lokasi pembuangan limbah domestik yaitu di IPLT Bantar Gebang.

Tabel 4. 2 Karakteristik Operasional

Operasional	Transporter 1	Transporter 2
Pemesanan	Telepon SMS WA Sosmed	<ul style="list-style-type: none"> • Telepon • SMS • WA • Sosmed
Lama pengerjaan	30 - 45 menit	30 - 45 menit
Tarif yang berlaku	350,000 - 800,000	300,000 - 500,000
Kapasitas pengangkutan	4 m ³	5 m ³
Lokasi pembuangan	IPLT Bantargebang	IPLT Bantargebang

Wawancara juga dilakukan untuk mengetahui pengalaman para transporter saat melakukan pengangkutan limbah. Berdasarkan uraian mereka, sebagian besar selama ini tidak pernah ditemukan kesulitan dalam melakukan penyedotan septic tank, hanya beberapa kali saja mengalami kesulitan karena lubang septic tank yang tertutup bangunan baru. Diungkapkan juga tentang pengalaman melakukan penyedotan septic tank dengan dimensi terkecil. Hasilnya, pengalaman penyedotan septic tank terkecil di Kawasan perumahan masyarakat umum adalah 2 m³ sementara itu, pada perumahan elit yang terkecil adalah 3 m³.

Tabel 4. 3 Karakteristik Septictank Masyarakat Umum dan Perumahan

Karakteristik Septic Tank	Masyarakat Umum	Komplek Perumahan
Ukuran Septictank		
<ul style="list-style-type: none"> • Panjang 	1.5 – 2m	1.5 – 2m
<ul style="list-style-type: none"> • Lebar 	1.5 – 2m	1.5 – 2m
<ul style="list-style-type: none"> • Tinggi 	1.5 – 2m	1.5 – 2m
Septictank terbesar	6 m ³	6 m ³
Septictank Terkecil	2m ³	3m ³

Mekanisme yang dijalani oleh kedua transporter jasa limbah adalah kontrak Kerjasama dengan IPLT Bantar Gebang dengan durasi waktu 1 tahun. Kontrak Kerjasama ini dapat diperpanjang untuk tahun-tahun berikutnya. Kedua transporter juga menyebutkan bahwa tarif yang berlaku sesuai kontrak adalah Rp. 50.000/m³. Kedua jasa transporter limbah juga menjelaskan alasan yang sama terkait dengan pengalaman menggunakan IPLT Bantar Gebang yaitu atas dasar kelengkapan dan lokasi yang terjangkau. Kedua jasa transporter selama ini merasakan hubungan baik dan adanya kemudahan, dan tidak ada kendala teknis maupun operasional dari Kerjasama dengan IPLT Bantar Gebang.

Wawancara terkait persepsi terhadap program penyedotan septic tank oleh IPLT Kota Bekasi mendapati adanya kesamaan antara dua jasa transporter bahwa selama ini kedua jasa transporter belum pernah

mendapatkan informasi terkait rencana program ini. Meskipun demikian, kedua jasa transporter melihat urgensi dari pembangunan IPLT Kota Bekasi untuk segera dibangun. Kedua jasa transporter juga menyatakan kesediaannya untuk menjadi pelanggan IPLT jika harga masih dirasa rasional. Sosialisasi lebih lanjut sangat diperlukan untuk meningkatkan dukungan dari jasa transporter limbah domestik secara khusus maupun masyarakat secara luas. Terakhir, kedua jasa transporter sepakat menyarankan agar IPLT ini segera dibangun untuk mempercepat pencapaian program sanitasi aman.

4.4 KAJIAN KUALITAS AIR LIMBAH

Selama masa kajian, diambil sebanyak 13 sampel air limbah dari berbagai lokasi di Kota Bekasi dan sekitarnya, mulai dari pemukiman warga, tempat usaha seperti hotel dan restaurant, sampai dengan pabrik. Hasil kualitas air limbah ini kemudian akan digunakan dalam melakukan desain teknis IPLT yang akan diterapkan di Kota Bekasi.

Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Sampel Limbah

Parameter Uji	Lokasi Sampel												
	Jati watingin	Eka Boga (hokben)	Apartmen Pramuka	Septictank warga	Septictank Dukuh Jamrud	Ruko Pasar Juanda	Richeese lipo	Richeese golden city	Klapanunggal	Pabrik Kecap	Pasar meong cibubu	Kopasus	Hotel Amaris
pH	7,13	6,32	7.14	8,21	7,51	8,21	8,30	7,80	8,31	7,40	8,21	7,84	8,21
BOD	7.495	392	597	346	538	3.659	1.045	1.099	739	2.281	885	1.205	23
COD	21.415	1.154	1.659	1.017	1.618	10.454	3.267	3.434	2.385	7.128	2.765	3.442	76
TSS	16.550	630	880	652	1.050	6.960	1.455	1.710	1.180	2.060	1.044	2.015	25
Minyak Lemak	64	3	4	3	4	13	4	6	6	11	4	4,7	0,3
Amonia Nitrogen	101	57	84	55	93	91	72	45	12	32	77	77	0,9
Total Coliform	240.000	240.000	54.000	170.000	260.000	240.000	47.000	9.400	240.000	7.000	430.000	540.000	2.800

4.5 KAJIAN DAYA DUKUNG TANAH

Pengambilan sampel dilakukan masing-masing 2 titik di tiap lokasi, sehingga total adalah empat titik. Lokasi pengambilan sampel adalah sebagai berikut



Gambar 4. 10 Lokasi Sampling TPST Bantar Gebang



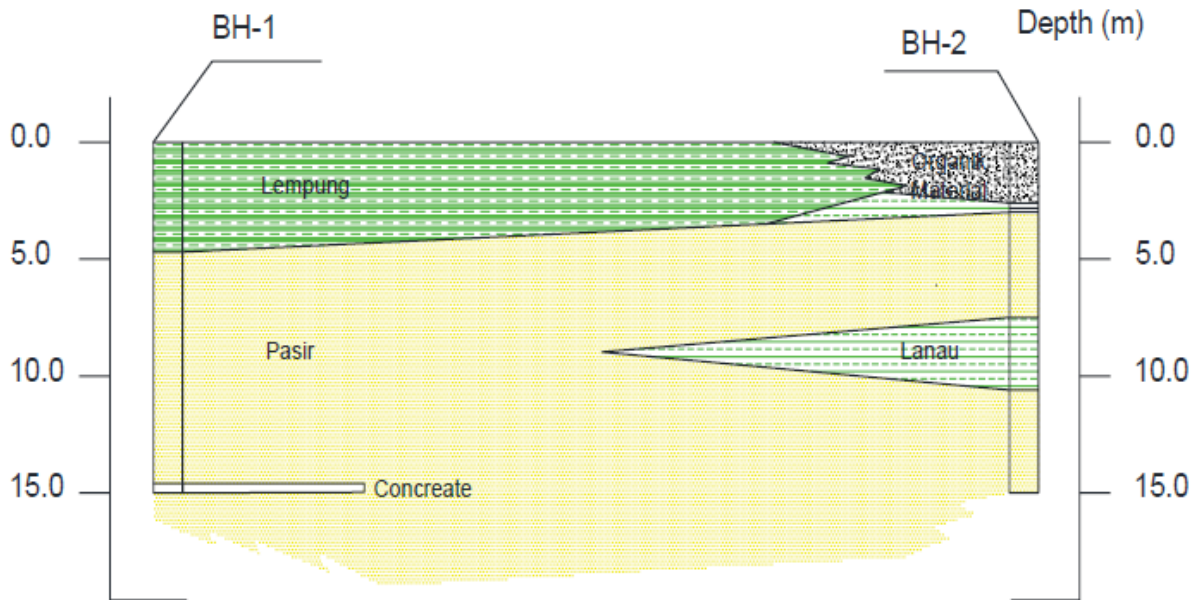
Gambar 4. 11 Lokasi Sampling Harapan Baru

Kegiatan Pemboran Inti

Bantar Gebang

Pemboran inti dilakukan pada dua titik bor dengan kedalaman masing-masing 15m, yaitu BH-1 dan BH-2. Berdasarkan hasil pemboran inti, diketahui bahwa secara umum lapisan tanah dari atas ke bawah terdiri dari Lempung hingga kedalaman 4.7 pada BH-1 sementara pada BH-2 terdapat material organik

hingga 2.6 meter. Di bawahnya terdapat lapisan pasir hingga akhir pemboran, dengan sisipan lanau pada kedalaman 2.6 – 3 meter dan 7.5 – 10 meter. Pada BH-1 di kedalaman 14.6 – 15.00 ditemukan adanya material concrete. Lapisan concrete tersebut merupakan sisa kolam limbah dari IPLT yang lama. Berikut adalah potongan melintang dan struktur material tanah hasil pemboran di lokasi Bantar Gebang



Gambar 4. 12 Potongan melintang Bantar Gebang

Tabel 4. 5 Material Hasil pemboran Inti BH-1

Kedalaman (m)	Deskripsi
0.00 - 2.00	LEMPUNG Lanauan, hitam, sangat lunak, plastisitas tinggi, terdapat boulder berdiameter 10cm pada kedalaman 1.5 m
2.00 - 3.00	LEMPUNG Lanauan, merah kecoklatan, lunak, plastisitas tinggi
3.00 - 4.70	LEMPUNG Lanauan, abu-abu, lunak, plastisitas tinggi
4.70 - 5.00	PASIR Lempungan, abu-abu gelap, berbutir halus, padat, bergradasi buruk, terpilah baik
5.00 - 14.60,	PASIR Lanauan, abu-abu kecoklatan, berbutir halus sampai sedang, padat, bergradasi buruk, terpilah baik
14.60 - 15.00	Concrete

Tabel 4. 6 Material Hasil pemboran Inti BH-2

Kedalaman (m)	Deskripsi
0.00 - 2.60	MATERIAL ORGANIK , hitam,
2.60 - 3.00	LANAU Pasiran, coklat tua, kaku, tidak plastis
3.00 - 4.85	PASIR Lanauan, hitam, berbutir halus sampai sedang, padat, bergradasi buruk, terpilah baik
4.85 - 5.70	PASIR Lempungan, coklat tua, berbutir halus, padat, bergradasi buruk, terpilah baik

Kedalaman (m)	Deskripsi
5.70 - 7.00	PASIR Lanauan, abu-abu tua, berbutir halus sampai sedang, padat, bergradasi buruk, terpilah baik
7.00 - 7.50	BATU PASIR, abu-abu tua, berbutir halus, bergradasi buruk, terpilah baik, extremely weak rock
7.50 - 10.00	LANAU Pasiran, abu-abu tua, kaku, tidak plastis
10.00 - 11.50	BATU PASIR, coklat tua hingga abu-abu tua, berbutir halus, bergradasi buruk, terpilah baik, extremely weak rock
11.50 - 13.00	PASIR Lanauan, abu-abu tua, berbutir halus sampai sedang, kepadatan sedang, bergradasi buruk, terpilah baik

Pada pekerjaan ini juga dilakukan uji penetrasi baku (SPT) dan pengambilan contoh tanah tak terganggu (UDS), sebagai berikut

Tabel 4. 7 Nilai Uji Penetrasi Baku Bantar Gebang

Hole No	Depth (m)	Jumlah Pukulan			N-SPT
		N-1	N-2	N-3	
BH-1	2.00 – 2.45	1	1	1	2
	4.00 – 4.45	1	1	2	3
	6.00 – 6.46	9	23	16	39
	8.00 – 8.45	11	20	24	44
	10.00 – 20.45	12	15	20	35
	12.00 – 12.46	11	16	21	37
	14.00 – 14.45	30	50/7	-	>50
BH-2	2.00 – 2.45	1/45	-	-	1
	4.00 – 4.45	9	21	17	38
	6.00 – 6.46	9	19	27	46
	8.00 – 8.45	14	17	21	38
	10.00 – 20.45	10	19	23	43
	12.00 – 12.46	13	9	10	19
	14.00 – 14.45	11	21	26	47

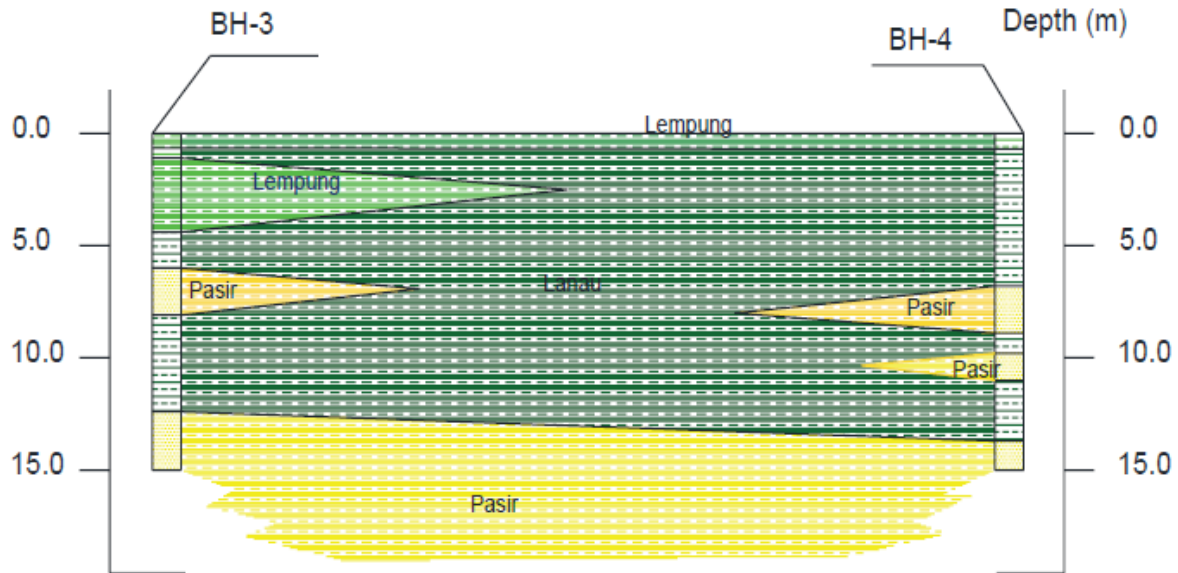
Tabel 4. 8 UDS DI Lokasi Bantar Gebang

Hole No.	Depth
BH-1	3.00 – 3.50
	9.00 – 9.50
	13.00 – 13.50
BH-2	3.00 – 3.50
	9.00 – 9.50
	13.00 – 13.50

Harapan Baru

Pemboran di Harapan Baru juga dilakukan dua titik , yaitu BH-3 dan BH-4. Secara umum material tanah yang ditemukan merupakan perselingan antara pasir dan lanau, dimana tanah permukaan berupa

Lempung dari permukaan hingga pada kedalaman 0.7 meter. Di bawahnya terdapat lapisan Lanau hingga kedalaman 13.7 meter, dengan sisipan lempung setebal 4 meter dan beberapa sisipan pasir setebal 1 meter. Dan dibagian bawahnya hingga akhir pemboran terensapkan lapisan pasir. Berikut adalah potongan melintang dan struktur material tanah hasil pemboran di lokasi Harapan Baru



Gambar 4. 13 Potongan Melintang Harapan Baru

Tabel 4. 9 Material Hasil Pemboran inti BH-3

Kedalaman (m)	Deskripsi
0.00 – 0.10	LEMPUNG Lanauan, coklat, getas, plastisitas sedang, terdapat akar tanaman
0.10 – 0.65	LEMPUNG Lanauan, coklat, getas, plastisitas sedang hingga tinggi
0.65 – 1.10	LANAU Lempungan, coklat kemerahan, getas, tidak plastis
1.10 – 4.40	LEMPUNG Lanauan, coklat, getas, plastisitas sedang hingga tinggi
4.40 – 6.00	LANAU Lempungan, coklat kemerahan, getas, plastisitas sedang
6.00 – 8.10	PASIR Lanauan, putih hingga coklat terang, berbutir sangat halus, bergradasi buruk, terpilah baik, sangat padat
8.1- - 12.40	LANAU Pasiran, coklat, sangat kaku, plastisitas rendah hingga tidak plastis
12.40 – 12.70	PASIR Lanauan, coklat kekuningan, berbutir sangat halus hingga halus, bergradasi buruk, terpilah baik, sangat padat
12.70 – 15.00	PASIR Lanauan, abu-abu, berbutir halus hingga sedang, bergradasi baik, terpilah buruk, sangat padat

Tabel 4. 10 Material Hasil Pemboran Inti BH-4

Kedalaman (m)	Deskripsi
0.00 – 0.10	LEMPUNG Lanauan, coklat, getas, plastisitas sedang, terdapat akar tanaman
0.10 – 0.70	LEMPUNG Lanauan, coklat, getas, plastisitas sedang
0.70 – 4.50	LANAU Lempungan, coklat kemerahan, getas, plastisitas rendah
4.50 – 5.40	LANAU Lempungan, coklat kemerahan, sangat kaku, tidak plastis
5.40 – 6.80	LANAU Pasiran, coklat kekuningan, sangat kaku, tidak plastis
6.80 – 8.90	PASIR Lanauan, putih hingga coklat kekuningan, berbutir sangat halus, bergradasi buruk, terpilah baik, padat hingga sangat padat
8.90 – 9.80	LANAU Pasiran, coklat, sangat kaku, tidak plastis
9.80 – 11.00	PASIR Lanauan, kehitaman, berbutir sangat halus hingga halus, bergradasi buruk, terpilah baik, padat
11.00 – 13.70	LANAU Pasiran, coklat muda, keras, tidak plastis
13.70 – 15.00	PASIR Lanauan, abu-abu tua hingga kehitaman, berbutir halus hingga sedang, bergradasi baik, terpilah buruk, sangat padat

Pada pekerjaan ini juga dilakukan uji penetrasi baku (SPT) dan pengambilan contoh tanah tak terganggu (UDS), sebagai berikut

Tabel 4. 11 Nilai Uji Penetrasi Baku Harapan Baru

Hole No	Depth (m)	Jumlah Pukulan			N-SPT
		N-1	N-2	N-3	
BH-3	2.00 – 2.45	2	3	3	6
	4.00 – 4.45	2	2	2	4
	6.00 – 6.46	3	3	5	8
	8.00 – 8.45	14	45	5/3	>50
	10.00 – 20.45	5	5	15	20
	12.00 – 12.46	7	11	16	27
	14.00 – 14.45	20	25	26/8	>50
BH-4	2.00 – 2.45	1	1	3	4
	4.00 – 4.45	1	1	1	2
	6.00 – 6.46	5	6	3	9
	8.00 – 8.45	7	15	31	46
	10.00 – 20.45	13	15	35/10	>50
	12.00 – 12.46	9	13	18	31
	14.00 – 14.45	23	50/7	-	>50

Tabel 4. 12 UDS DI Lokasi Bantar Gebang

Hole No.	Depth
BH-3	3.00 – 3.50
	9.00 – 9.50
	11.00 – 11.50
BH-4	3.00 – 3.50
	9.00 – 9.50
	11.00 – 11.50

4.5.1 Uji Laboratorium Mekanika Tanah

Uji laboratorium terdiri dari uji sifat fisik (index properties) terdiri dari kadar air, berat isi, berat jenis, atterberg limit dan analisa ukuran butir. Sedangkan mekanika properties terdiri dari UU-Triaxial compression test dan konsolidasi.

BANTAR GEBANG

Berdasarkan hasil laboratorium diketahui bahwa lapisan tanah di Bantar Gebang pada kedalaman 3.00 – 3.50 meter berupa Lempung atau Lanau pasiran dengan kandungan lempung/ lanau 85% - 88%, pasir 11% - 14%, dan gravel < 0.3%. Kandungan air 71% - 77%, berat isi 1.5 g/cm², sudut geser dalam 5.7o – 6.7o, kohesi 0.078 – 0.084 kg/cm².

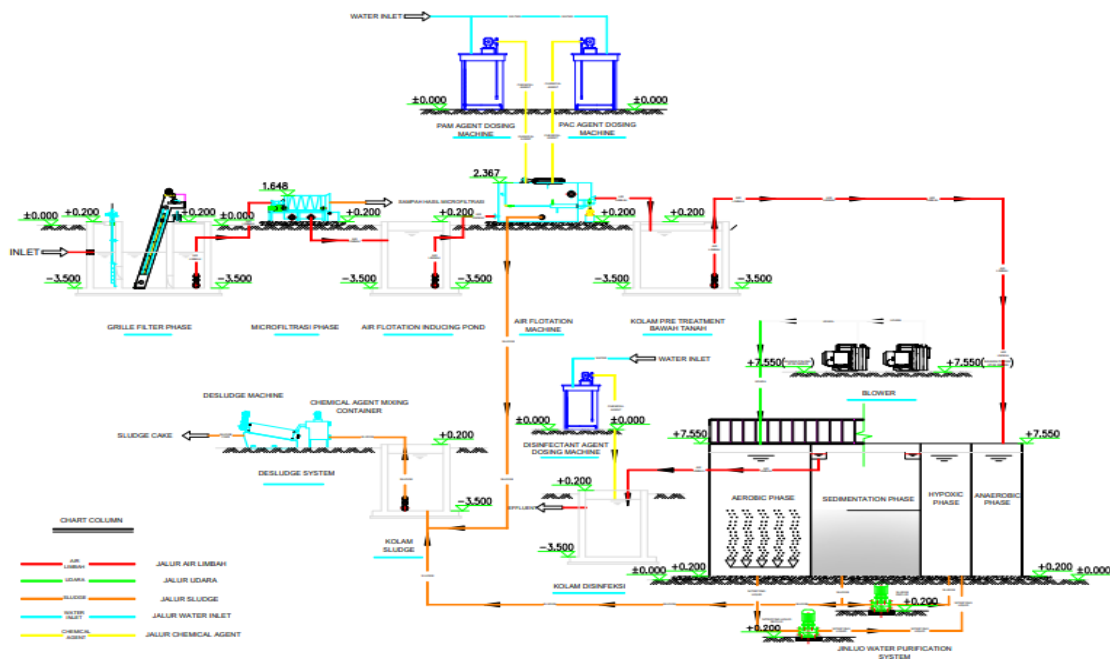
Sedangkan pada kedalaman 9.00 – 9.50 meter dan 13.00 – 13.5 meter secara umum material berupa Pasir lanauan/ lempungan dengan kandungan lempung/ lanau 17% - 30%, pasir 49% - 77%, dan gravel 11% - 20%. Kandungan air 45% - 57%, berat isi 1.6 – 1.7 g/cm², sudut geser dalam 17o - 20o, kohesi 0.039 – 0.054 kg/cm².

4.6 PEMILIHAN TEKNOLOGI IPLT

Berdasarkan hasil survey kualitas air limbah, didapatkan bahwa kualitas limbah yang diambil saat survey nilai COD mencapai diatas 10.000 mg/l. Namun demikian, nilai tersebut dimungkinkan karena belum pernah dilakukan pengurasan septic tank selama bertahun-tahun, dimana jika telah dilakukan secara reguler, diharapkan nilai COD akan seragam.

Untuk menangani tingginya COD, pengolahan limbah menggunakan sistem konvensional membutuhkan waktu tunggu yang cukup lama walaupun sudah dilakukan aktivitas pre-treatment. Sehingga diperlukan terobosan teknologi guna mempersingkat waktu, salah satunya adalah dengan menggunakan teknologi compact.

Pengolahan limbah teknologi Compact menggunakan teknologi filtrasi lumpur tersuspensi dan teknologi pemisahan air lumpur, teknologi pemurnian air, juga teknologi yang dapat menghilangkan bakteri patogen sehingga limbah dapat langsung kembali ke penghijauan, pembilasan, proteksi kebakaran, konstruksi dan lain-lain. Cara operasi yang sederhana dan tanpa petunjuk khusus yang rumit sehingga mudah dipelajari dan diadaptasi untuk setiap operator. Berikut adalah gambar design dari teknologi compact. Dapat dilihat bahwa teknologi ini menggunakan tangki sebagai proses pengolahan utamanya, berbeda dengan metode konvensional yang menggunakan bak-bak penampung, sehingga luasan area yang dibutuhkan juga lebih kecil.



Gambar 4. 14 Flow Diagram IPLT Compact Bekasi

Desain pada gambar diatas menggunakan nilai rata-rata COD 10.000 mg/l, nilai tersebut dianggap mewakili sampel lumpur tinja dari 13 titik pengambilan sampel. Proses akan dimulai ketika lumpur tinja diterima di unit awal kemudian masuk kedalam tahap kedua yang sebelumnya sudah ada penambahan bahan kimia (PAC) dan proses pengendapan. Setelah proses tersebut maka akan terpisah antara cairan dan lumpur hasil olahan, untuk cairan akan masuk proses disinfeksi dan lumpur akan masuk proses desludging system, dengan menggunakan empat (4) tahapan pengolahan tersebut diharapkan air olahan (effluent) dapat memenuhi Standar Baku Mutu Limbah Domestik (PermenLHK Nomor 68 tahun 2016) dari 3 parameter kunci, BOD, COD dan TSS.

Karakteristik peralatan:

1. Air olahan (effluent) telah mencapai Standar Baku Mutu Limbah Domestik (PermenLHK Nomor 68 tahun 2016) seperti yang telah terjadi dalam studi kasus IPLT Compact, Bali. Air setelah proses disinfeksi dapat digunakan untuk irigasi hijau perumahan, pembersihan jalan, pencucian mobil, konstruksi, kebakaran, dan pembilasan.
2. Menggunakan teknologi yang telah dipatenkan sehingga tidak ada sisa lumpur organik yang dihasilkan dan material instalasi yang kuat dan tahan lama.
3. Pengolahan limbah terpadu dari semua komponen peralatan proses terkonsentrasi pada satu instalasi sehingga akan menghemat area dan biaya pemasangan. Sistem kontrol dapat diprogram secara otomatis sehingga membutuhkan lebih sedikit operator.

Teknologi ini merupakan modifikasi dari beberapa teknologi yang sering digunakan dalam pengolahan air limbah domestik namun ada beberapa bagian yang sudah memiliki paten produk. Berikut ini adalah matriks perbandingan teknologi konvensional dan teknologi Compact menggunakan bobot, scoring berdasarkan beberapa kriteria yang menjadi pertimbangan teknis dalam pemilihan teknologi IPLT atau IPLT.

Tabel 4. 13 Matriks Perbandingan Teknologi Konvensional dan Compact di Setiap tahap Pengolahan menggunakan Multi Kriteria

No	Kriteria	Bobot	Konvensional	Compact Treatment Tech.	Konvensional	Compact Treatment Tech.	Konvensional	Compact Treatment Tech.	Konvensional	Compact Treatment Tech.
			Pre Treatment	Pre Treatment	Kolam Anaerobik dan Fakultatif	Anaerobic System	Kolam Maturasi (Aerobic)	Aerobic Phase & Disinfection System	Sludge Drying Bed	Desludge System
1	Biaya Investasi	15%	3	3	3	3	3	3	4	3
2	Biaya Operasional	15%	4	2	3	3	4	2	4	2
3	Kebutuhan Lahan	20%	4	4	1	4	1	4	1	4
4	Kebutuhan Tenaga	10%	2	3	2	4	2	4	1	4
5	Efisiensi Pengolahan	15%	2	4	3	4	2	4	2	4
6	Waktu proses	15%	4	4	1	4	2	4	1	4
7	Kemudahan Konstruksi	10%	4	4	3	3	3	3	4	3
	Bobot x Score		3,35	3,45	2,2	3,6	2,35	3,45	2,35	3,45
	Nilai Total Konvensional	16	10,25	64%	Skala 1= kurang baik	Skala 2 = cukup	Skala 3 = Baik	Skala 4 = Sangat Baik		
	Nilai Total Compact	16	13,95	87%						

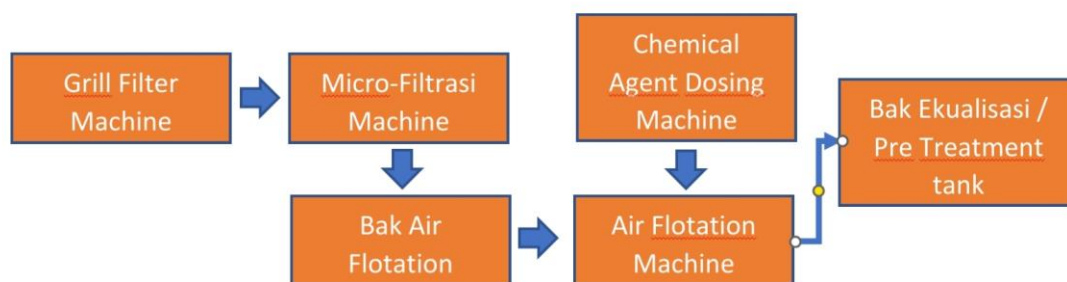
Perbedaan nilai yang paling signifikan ada pada perbandingan kriteria lahan pada teknologi kolam dan pengolahan lumpur serta pada perbandingan kebutuhan tenaga dan waktu proses, untuk itu dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Kebutuhan lahan pada kolam anaerobik dan fakultatif = 10.000 – 20.000 m², sedangkan pada proses yang sama teknologi compact hanya membutuhkan lahan = 1.000 m² atau 1 : 10, dengan kata lain jika menggunakan skala 1 – 4 maka teknologi kolam akan bernilai 1 sedangkan compact bernilai 4 begitupun pada kolam maturasi dan pengolahan lumpur
- Kriteria waktu proses pada kolam anaerobik dan fakultatif = 5 – 14 hari, sedangkan pada proses yang sama teknologi compact hanya membutuhkan waktu 1 hari, begitupun pada proses pengolahan lumpur.
- Berikutnya adalah kriteria kebutuhan tenaga pada proses pengolahan lumpur, jika pada teknologi konvensional membutuhkan sekitar 4 orang maka pada compact teknologi hanya membutuhkan 1 orang.

Secara garis besar, pengolahan limbah menggunakan system compact ini dapat dibagi menjadi 4 bagian besar, yaitu pre-treatment, Water Purification System, Disinfection System, dan Desludge System. Penjelasan dari keempat system tersebut adalah sebagai berikut

4.7 DESKRIPSI PERBANDINGAN TEKNOLOGI KONVENSIONAL DENGAN TEKNOLOGI COMPACT

4.7.1 Pre-treatment System



Gambar 4. 15 Alur Proses Pre-Treatment System

- **Grill filter machine**
Sistem pertama adalah pre-treatment system yang dimulai dengan unit Grill filter machine yang merupakan peralatan khusus untuk menghentikan dan membuang sampah padat di sumber air. Kondisi tersebut dapat secara terus menerus dan otomatis (atau

secara teratur) menghilangkan kotoran mengambang dari berbagai bentuk di limbah. Oleh karena itu, unit ini adalah salah satu peralatan pre-treatment yang sangat diperlukan untuk pengolahan air limbah domestik.

Lumpur dari armada penyedot lumpur tinja akan masuk ke dalam unit operasi yang disebut grill filter machine. Unit ini adalah sebuah alat dengan bukaan, secara umum mempunyai ukuran yang sama, yang digunakan untuk menahan padatan yang ditemukan di influen air limbah menuju IPLT atau pada sistem pengumpulan air limbah kombinasi menuju overflow.

Peran utama dari screening adalah untuk menyisahkan materi kasar dari aliran air limbah yang dapat merusak peralatan untuk proses, menurunkan proses pengolahan secara keseluruhan dan efektivitas, atau mengkontaminasi jalannya air. Secara umum ada 2 (dua) jenis saringan, yaitu saringan kasar (coarse screen) dan saringan halus (fine screen) yang digunakan di dalam pengolahan pendahuluan air limbah. Saringan halus terkadang digunakan setelah saringan kasar dimana penyisihan padatan yang tinggi dibutuhkan untuk melindungi peralatan proses, mengeliminasi materi yang dapat menghambat keuntungan penggunaan kembali dari biosolids.

Elemen saringan dapat terdiri atas bar yang susunannya paralel, batang atau kawat, kisi, perforated plate, dan bukaan dapat berbentuk apa saja namun secara umum berbentuk bulat atau persegi panjang. Metode pencucian saringan kasar dapat dibedakan menjadi dua yaitu manual (hand cleaned) dan mekanik

Tabel 4. 14 Spesifikasi Grill Filter Machine Compat Technology

Nama	Model	Spesifikasi	Jumlah	Foto
Grill filter machine	JLGS-400	Bahan stainless , N= 0,75 Kw Q : 0 – 20 m ³ /h L : 400 mm	2 unit (1 use 1 spare)	

- **Microfiltration Phase**

Setelah melalui unit *grill machine*, air limbah akan masuk ke dalam unit berikutnya yang disebut dengan **Microfiltration Phase** atau *Micro Screen* (Penyaringan Halus) dengan


prinsip kerja pada alat ini adalah padatan tersuspensi halus atau material yang tidak tersaring di *grill machine* akan disisihkan kembali dengan perangkat dengan bingkai logam berbentuk drum, didalam terdapat jaringan filter pendukung dan jaringan filter utama yang terbuat dari bahan kabel baja tahan karat. Pada saat proses penyaringan, saringan mikro dapat dibersihkan dalam waktu yang sama melalui putaran drum dan kekuatan air cucian balik sehingga dapat menjaga peralatan dalam kondisi kerja yang baik.

Tabel 4. 15 Spesifikasi Micro Filtrasi Machine Compact Technology

Nama	Model	Spesifikasi	Jumlah	Foto
Microfiltrasi machine	JLWL-600-2000	Bahan stainless , N:1,5 Kw d:φ0.6m*2m Q:0.75 Kw	1 unit	

Ini adalah perangkat pemurnian untuk pemisahan padat-cair dengan mencegat partikel padat dalam air olahan yang juga dilengkapi dengan pompa inducing seperti terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 16 Spesifikasi Micro Filtrasi Machine Compact Technology

Nama	Model	Spesifikasi	Jumlah	Foto
Microfiltrasi inducing pump	CP50.75-50-2P	Q = 10m ³ /h , H = 10m , N = 0,75 Kw	2 unit (1 use 1 spare)	

Secara spesifik microfiltrasi inducing pump pada teknologi compact memiliki kapasitas efektif $V=3m \times 3m \times 2.7m$ (kedalaman efektif)=24.3 m³, sedangkan untuk waktu tinggal adalah $T=V/Q = 24.3 \text{ m}^3 / 500\text{m}^3/\text{hari} * 24 \text{ jam}/\text{hari} * 60 \text{ menit}/\text{jam} = 70 \text{ menit}$

Efisiensi pengolahan pada tahap ini mencapai 30% untuk penurunan COD, BOD, dan TSS sedangkan untuk NH₃-N efisiensi hanya 8%, pada tahap pengolahan ini total coli belum dapat diturunkan.


Tabel 4. 17 Efisiensi Grill Filter dan Microfiltrasi Compat Technology

Proses Pengolahan		COD	BOD ₅	TSS	NH ₃ -N	Total Coli
Grill Filter + microfiltrasi	Parameter Influent (mg/L)	9202,2	3123,7	2785,5	61,3	200.000
	Efisiensi Proses Pengurangan (%)	30%	30%	30%	8%	-
	Parameter Effluent (mg/L)	6441,5	2186,6	1949,8	56,4	200.000

- **Air Flotation**

Proses berikutnya dalam rangkai pre-treatment adalah proses *Air Flotation* yang merupakan proses lanjutan untuk menghilangkan zat tersuspensi halus dalam keadaan tersuspensi atau koloid di limbah yang dipasang dan terintegrasi setelah mesin mikrofilter. Prinsip utama perangkat ini adalah untuk menghasilkan sejumlah besar gelembung halus di dalam air melalui sistem udara terlarut bawaan, sehingga udara melekat pada partikel tersuspensi dalam bentuk gelembung kecil yang sangat tersebar, menghasilkan keadaan dengan kerapatan lebih rendah dari air, dan menggunakan prinsip daya apung untuk membuatnya mengapung di permukaan air untuk mencapai pemisahan padat-cair. Pada saat yang sama, mesin flotasi udara juga dilengkapi dengan perangkat dosis kimia PAC dan perangkat dosis kimia PAM. Dengan menambahkan bahan kimia, bahan tersuspensi halus dalam limbah dapat membentuk flok lumpur koloid yang lebih besar, sehingga dapat mencapai proses pemisahan yang sepenuhnya.


Tabel 4. 18 Spesifikasi Micro Filtrasi Machine Compat Technology

Nama	Model	Spesifikasi	Jumlah	Foto
Air flotation machine	JLQF-150	Bahan stainless , N = 9.0 Kw Q = 6.25 m ³ /h 3.5m*1.8m*1.8m	1 unit	

Pencampuran bahan kimia pada proses ini sangat berpengaruh pada tingkat efisiensi penurunan COD, BOD, TSS dan NH₃-N, titik kritisnya ada pada saat penentuan dosis PAC dan PAM. Ukuran gelembung udara juga sangat menentukan dalam proses flotasi,

semakin besar ukuran gelembung udara, kecepatan mengapung juga akan semakin besar. Sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik. Dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif. Untuk mendapatkan gelembung udara yang optimal maka diperlukan inducing pump dengan spesifikasi seperti pada tabel dibawah ini

Tabel 4. 19 Spesifikasi Micro Filtrasi Machine Compat Technology

Nama	Model	Spesifikasi	Jumlah	Foto
Air flotation inducing pump	CP50.75-50-2P	Q = 10m ³ /h H = 10m N = 0,75 Kw	2 unit (1 use 1 spare)	

Efisiensi pengolahan pada tahap ini mencapai 85% untuk penurunan COD, BOD, dan TSS sedangkan untuk NH₃-N efisiensi mencapai 50%, pada tahap pengolahan ini total coli belum dapat diturunkan. Perhitungan neraca massa menggunakan input dari tahap sebelumnya yaitu effluent dari unit grill filter dan mikrofiltrasi

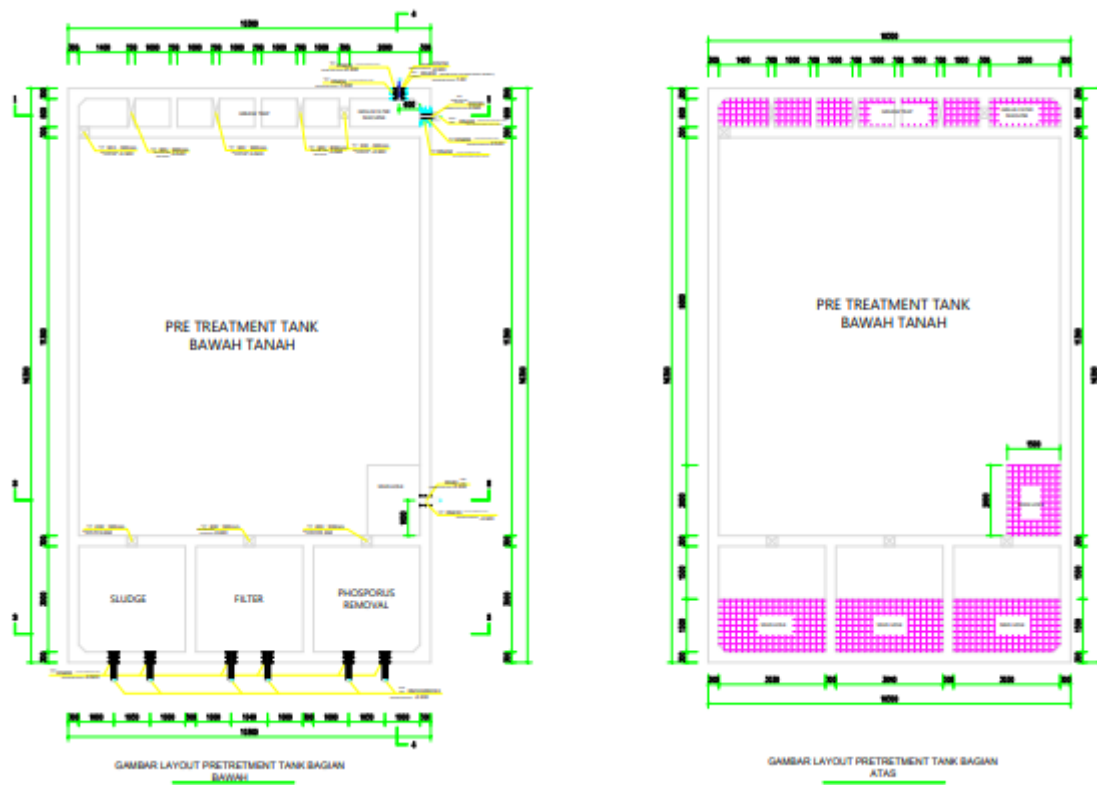
Tabel 4. 20 Efisiensi Air Flotation & Coagulant Aid Compat Technology

Proses Pengolahan		COD	BOD ₅	TSS	NH ₃ -N	Total Coli
Air Flotation & Coagulant aid	Parameter Influent (mg/L)	6441,5	2186,6	1949,8	56,4	200.000
	Efisiensi Proses Pengurangan (%)	85%	85%	85%	50%	-
	Parameter Effluent (mg/L)	966,2	328,0	292,5	28,2	200.000

- **Bak Ekualisasi/Pre-treatment Tank.**

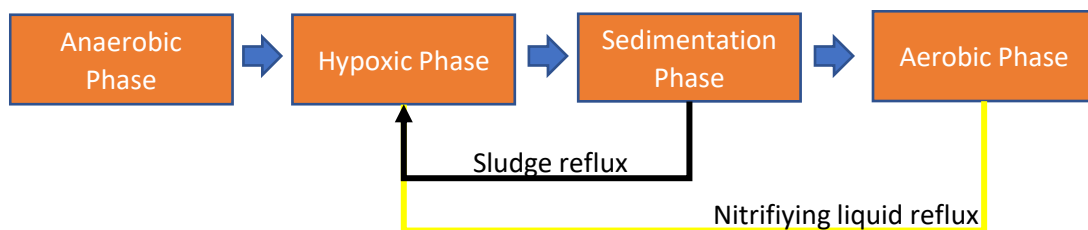
Aliran ekualisasi merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menanggulangi masalah operasional yang disebabkan oleh variasi aliran, untuk meningkatkan kinerja proses di hilir, dan menurunkan ukuran serta biaya fasilitas pengolahan. Aliran ekualisasi secara sederhana adalah pengurangan variasi aliran untuk mencapai aliran konstan dan

dapat diaplikasikan di sejumlah situasi yang berbeda, tergantung pada karakteristik sistem pengumpulan.



Gambar 4. 16 Layout Pre Treatment Bagian Bawah dan Bagian Atas

4.7.2 Water Purification System



Gambar 4. 17 Alur Proses Water Purification System

Water Purification System yang dimaksud dalam Compact technology dalam sistem ini dibagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut: dimulai dari tahapan atau proses anaerobic, hypoxic, sedimentasi, dan aerobic phase. Unit dan tahapan ini mengadopsi proses AAO (Anaerobic-Anoxic-Oxic) yang dimodifikasi, dalam sistem, limbah pertama kali melewati tangki seleksi biologis, di tangki seleksi biologis, air influen dan lumpur refluks dicampur dengan cepat, dan setelah inokulasi biologis yang seragam dari limbah mentah dengan konsentrasi substrat tinggi,

koloni mikroba utama dalam keadaan kelaparan memiliki tingkat proliferasi tinggi di bawah konsentrasi substrat tinggi dan menjadi mikroorganisme dominan. Koloid mikroba utama dalam keadaan kelaparan dengan cepat mencapai aktivitas metabolisme yang lebih tinggi pada konsentrasi substrat yang tinggi karena laju proliferasi yang lebih tinggi dan menjadi mikroorganisme dominan, dan dengan cepat mengubah bahan organik terlarut yang mudah terurai menjadi bahan organik yang disimpan dalam sel dalam kondisi partenogenik-anaerobik, dan kemudian mengubahnya menjadi bahan organik. menjadi bahan ekstraseluler (glikokaliks) yang bertanggung jawab untuk pembentukan gumpalan lumpur aktif yang kohesif, sehingga dengan cepat membentuk gumpalan lumpur aktif dengan kinerja pengendapan yang baik di tangki pemilihan. Gumpalan lumpur aktif dengan kinerja pengendapan yang baik terbentuk dengan cepat di tangki pemilihan. Efluen dari tangki pengendapan pertama dan lumpur aktif balik yang didaur ulang ditunjukkan di beberapa titik didalam reaktor. Karena isi tangki diaduk secara merata, maka beban organik, kebutuhan oksigen, dan konsentrasi substrat merata di seluruh tangki dan nilai F/M ratio rendah.

Dalam tangki anoksik, air limbah dioperasikan dalam kondisi parthenoxic, dan spesies dominan dalam tangki adalah mikroorganisme parthenoxic dan anaerobik, yang memiliki efek penyangga pada kualitas air dan perubahan kuantitas air, dan juga memiliki efek memperkuat denitrifikasi. Zona parthenoxic dapat mempromosikan hidrolisis makromolekul, yang memiliki efek promosi tertentu pada penghilangan zat yang sulit terdegradasi dan meningkatkan laju penghilangan bahan organik. Lumpur aktif dalam tangki anoksik menguraikan sejumlah besar substrat terlarut yang mudah terurai menjadi asam volatil melalui enzim hidrolitik, dan kemudian memasuki tangki aerobik untuk pengolahan lebih lanjut.

- **Anaerobic Phase**

Anaerobic Phase atau yang sering disebut proses pengolahan senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah menjadi gas metana dan karbon dioksida tanpa memerlukan oksigen, sering juga disebut dengan 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.

Sistem anaerobik pada Compact Technology adalah metode biologis anaerobik untuk mengolah limbah. Metode ini didasarkan pada proses bioreaktor anaerobik UASB (Upflow

Anaerobic Sludge. Blanket) dan IC (Internal Circulation) tradisional, air limbah melewati sistem anaerobic Compact Technology melalui jalur dari bawah ke atas.

Di bagian bawah sistem, terdapat lapisan lumpur dengan konsentrasi tinggi dan aktivitas tinggi, di mana sebagian besar polutan organik dalam limbah terdegradasi menjadi metana dan karbon dioksida melalui fermentasi anaerobik. Bagian atas sistem anaerobik dilengkapi dengan pemisah tiga fase untuk memisahkan gas, cairan, dan partikel lumpur. Gas dikeluarkan dari bagian atas reaktor; partikel lumpur secara otomatis disalurkan ke bawah dan mengendap di lapisan lumpur di bagian bawah reaktor; cairan akan dibuang melalui zona klarifikasi.

Sistem anaerobic Compact Technology memiliki kapasitas beban yang besar dan cocok untuk pengolahan berbagai air limbah organik dengan konsentrasi tinggi. Limbah mengalir dari bawah ke atas tanpa agitasi tambahan, dapat beradaptasi dengan guncangan beban besar, perubahan suhu dan pH, dan memiliki tingkat pembuangan polutan organik yang tinggi

Kualitas pengolahan jika Anaerobic phase ini berjalan dengan baik adalah berkisar 70 – 90% untuk penyisihan BOD dan COD. Sistem anaerobic pada Compact Technology ini memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan teknologi konvensional seperti kolam anaerobic dan kolam fakultatif dimana kelebihan Compact Technology yang paling mencolok adalah kebutuhan lahan dimana sistem kolam biasanya membutuhkan lahan sekitar 10.000–20.000 m² sedangkan Compact Technology hanya membutuhkan lahan sekitar 1.000 m² dengan kapasitas pengolahan yang sama. Anaerobic Filter dapat dioperasikan secara up-flow maupun down-flow. Sistem up-flow lebih dianjurkan karena resiko terbuangnya bakteri aktif akan lebih rendah. Kriteria desain yang penting adalah distribusi aliran yang stabil ketika melalui area filter. Panjang filter tidak boleh melebihi kedalaman air.. Waktu tinggal dalam sistem ini hanya 9 jam dengan dengan volume efektif 187.5 m³

Kelebihan dan kekurangan anaerobic phase Compact Technology.

1. Kelebihan

- Kebutuhan lahan yang relatif kecil
- Efisiensi BOD, COD dan TSS tinggi
- Waktu proses yang hanya 1 hari
- Kebutuhan tenaga kerja/ operator yang minim


- Tahan terhadap shock loading

2. Kekurangan

- Effluentnya membutuhkan pengolahan tambahan
- Efisiensi reduksi bakteri pathogen dan nutrient rendah
- Membutuhkan tenaga listrik

Berikut ini adalah spesifikasi pompa yang digunakan dalam anaerobic phase ini

Tabel 4. 21 Spesifikasi Anaerobic Inducing Pump Compact Technology

Nama	Model	Spesifikasi	Jumlah	Foto
Anaerobic inducing pump	WQ12-15-1.5	Q = 12 M3/h H = 15 m N = 1.5 Kw	2 unit (1 use 1 spare)	

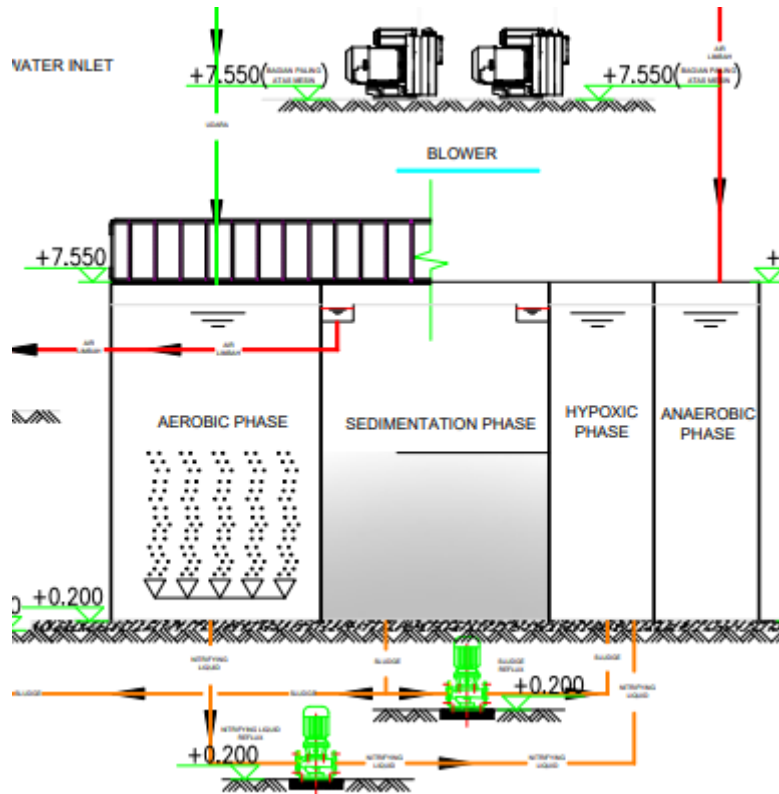
- **Hypoxic Phase**

Effluent dari anaerobic phase akan masuk kedalam proses berikutnya yaitu **hypoxic phase** yang merupakan fase proses air limbah domestik dimana terjadi rendahnya oksigen terlarut dalam air yang jika dikirim langsung ke badan air dapat menyebabkan pertumbuhan berlebih alga dan eutrofikasi. Saat ganggang mati terurai, oksigen dikonsumsi dalam proses tersebut, menghasilkan tingkat oksigen yang rendah di dalam air. Fase hypoxic dalam sistem ini membutuhkan asupan lumpur dari proses sedimentasi.

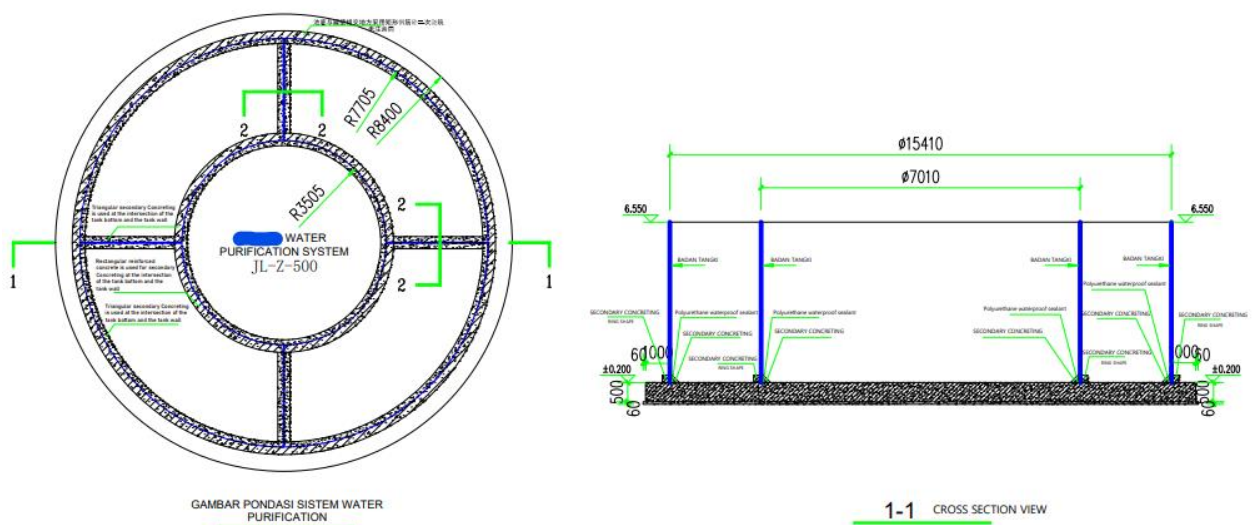
- **Aerobic Phase**

Tangki aerobik beroperasi, melalui kontrol intensitas aerasinya, sehingga larutan di zona reaksi dalam keadaan aerobik. Di bawah kondisi suhu air influen lebih besar dari 15 °C, tangki aerobik dapat mencapai efek penghilangan nitrogen amonia yang lebih baik dan memastikan limbah nitrogen amonia memenuhi standar. Lumpur aktif internal pada dasarnya dalam keadaan anoksik, sehingga transfer oksigen terlarut ke flok lumpur dibatasi, sedangkan transfer nitrogen nitrat dari lumpur ke larutan tidak dibatasi, sehingga degradasi

polutan organik dan nitrifikasi simultan. dan denitrifikasi terjadi secara bersamaan di zona reaksi utama.



Gambar 4. 18 Skema Alur Activated Sludge pada Compact Technology


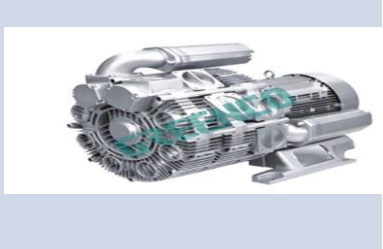


GAMBAR PONDASI SISTEM WATER PURIFICATION

1-1 CROSS SECTION VIEW

Gambar 4. 19 Tampak Samping dan Atas Pondasi Water Purification System

Tabel 4. 22 Spesifikasi Mix Fluid Pump & Blower - Compat Technology

Nama	Model	Spesifikasi	Jumlah	Foto
Mix fluid reflux pump	GZ31-50-2P	Q = 20 M3/h H = 7 m N = 0.75 Kw	2 unit	
Blower	3RB350-3AAT61 Fu	d = 65mm V = 380 V Flow : 50-375 m3/h H : 6.2 m W: 5-19 Kw	2 unit	

Efisiensi pengolahan pada tahap ini mencapai 93% untuk penurunan COD dan BOD sedangkan untuk NH₃-N efisiensi mencapai 90%, pada tahap pengolahan ini tidak ada penyisihan untuk parameter TSS dan total coli juga belum dapat diturunkan. Perhitungan neraca massa menggunakan input dari tahap sebelumnya yaitu effluent dari unit air flotation dan coagulant aid.

Tabel 4. 23 Efisiensi Water Purification System - Compat Technology


Proses Pengolahan		COD	BOD ₅	TSS	NH ₃ -N	Total Coli
Water Purification System	Parameter Influent (mg/L)	966,2	328,0	292,5	28,2	200.000
	Efisiensi Proses Pengurangan (%)	93%	93%	-	90%	-
	Parameter Effluent (mg/L)	72,5	23,0	292,5	2,8	200.000

- **Sedimentation Phase**

Sedimentation Phase adalah proses membiarkan materi tersuspensi mengendap karena gravitasi. Bangunan sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan flokulen yang terbentuk akibat adanya penambahan koagulan pada proses pre-treatment dan proses anaerobic. Pada bangunan sedimentasi ini, terdapat beberapa zona yang mendukung proses pengendapan, yaitu zona inlet, zona pengendapan, dan zona lumpur. Tangki sedimentasi sekunder adalah jenis aliran vertikal, terdiri dari pipa saluran masuk pusat, perangkat saluran keluar, zona sedimentasi, zona lumpur, dan perangkat lumpur aliran balik. Area pengendapan berbentuk kolom, dan hopper lumpur berbentuk kerucut terbalik terpotong. Air terletak di tengah

kolam ke dalam kolam dari atas ke bawah ke dalam kolam, air limbah di kolam didistribusikan secara merata di seluruh penampang air perlahan-lahan naik, sedimen tersuspensi mengendap ke dasar ember sedimen kerucut kolam, air yang diklarifikasi dari sekitar kolam di sepanjang pinggiran aliran keluar. Kolam dilengkapi dengan pipa lumpur balik, dan sisa lumpur dikembalikan ke tangki seleksi biologis depan melalui pompa lumpur balik.

Tabel 4. 24 Spesifikasi Sludge Reflux Pump - Compat Technology

Nama	Model	Spesifikasi	Jumlah	Foto
Sludge reflux pump	L31-40-2P	Q = 9 M3/h H = 11.5 m N = 0.75 Kw	2 unit	

Efisiensi pengolahan pada tahap ini mencapai 5% untuk penurunan COD dan BOD. Pada tahap pengolahan ini total coli juga belum dapat diturunkan namun penyisihan TSS mencapai 95%. Perhitungan neraca massa menggunakan input dari tahap sebelumnya yaitu effluent dari unit air Water purification system.

Tabel 4. 25 Efisiensi Water Purification System - Compat Technology

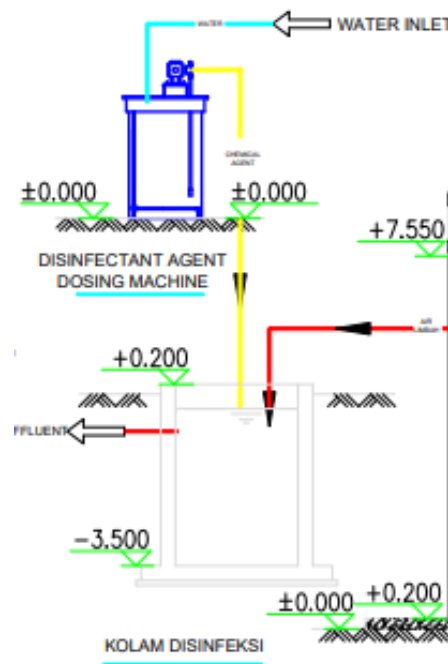
Proses Pengolahan		COD	BOD ₅	TSS	NH ₃ -N	Total Coli
Sedimentasi	Parameter Influent (mg/L)	72,5	23,0	292,5	2,8	200000
	Efisiensi Proses Pengurangan (%)	5%	5%	95%	-	-
	Parameter Effluent (mg/L)	68,8	21,8	14,6	2,8	200000

4.7.3 Disinfection System

Disinfection system merupakan unit yang dipergunakan untuk proses denetralisasi bakteri/kuman yang masih terdapat pada effluent sehingga dapat menurunkan parameter mikrobiologi total coliform yang terkandung. Maka dengan proses disinfeksi ini diharapkan air olahan dari IPLT sudah aman atau dengan kata lain tidak ada lagi bakteri patogen yang terkandung dalam effluent.

Proses disinfeksi pada effluent olahan air limbah domestik yang umum digunakan dalam masyarakat adalah disinfeksi dengan penambahan zat kimia seperti kaporit dan klorin. Proses

desinfeksi pada sistem compact ini dilakukan setelah proses sedimentasi dan aerobic phase menggunakan dosis klorin efektif 20 g/ m³.



Gambar 4. 20 Tampak Samping dan Atas Pondasi Water Purification System

Tabel 4. 26 Spesifikasi Disinfection Blender & Dosing Machine - Compat Technology

Nama	Model	Spesifikasi	Jumlah	Foto
Disinfection blender machine	BLDO9	W : 0.37Kw Q : 500L d : 1.6m * h2.5m	1 unit dosing barrel set (500 L)	
Disinfection dosing machine	GM0025	Q :25L/h , H :120 m W :0.25 Kw	1 unit	

Efisiensi pada tahap ini mencapai 99% untuk penurunan paramater Total Coli, sedangkan untuk parameter COD, BOD, TSS dan NH3-N diasumsikan tidak ada perubahan

Tabel 4. 27 Efisiensi Water Purification System - Compat Technology

Proses Pengolahan		COD	BOD ₅	TSS	NH ₃ -N	Total Coli
Sedimentasi	Parameter Influent (mg/L)	68,8	21,8	14,6	2,8	200.000
	Efisiensi Proses Pengurangan (%)	-	-	-	-	99%
	Parameter Effluent (mg/L)	68,8	21,8	14,6	2,8	2.000

Setelah proses disinfeksi selesai maka air olahan dapat langsung dibuang ke badan air karena sudah dikategorikan aman sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Berikut ini adalah rekapitulasi perhitungan beban pencemar dan Neraca Massa pada setiap unit untuk parameter COD, BOD, TSS, NH₃-N dan Total Coli

Tabel 4. 28 Rekapitulasi Perhitungan Efisiensi Pengolahan - Compat Technology

Proses Pengolahan		COD	BOD ₅	TSS	NH ₃ -N	Total Coli
Grille Filter + Pre treatment Tank + microfiltrasi	Parameter Influent (mg/L)	9202,2	3123,7	2785,5	61,3	200000
	Efisiensi Proses Pengurangan (%)	30%	30%	30%	8%	-
	Parameter Effluent (mg/L)	6441,5	2186,6	1949,8	56,4	200000
Air Flotation & Coagulant aid	Parameter Influent (mg/L)	6441,5	2186,6	1949,8	56,4	200000
	Efisiensi Proses Pengurangan (%)	85%	85%	85%	50%	-
	Parameter Effluent (mg/L)	966,2	328,0	292,5	28,2	200000
Compact Tech. Water Purification System (versi peningkatan dari A2/O)	Parameter Influent (mg/L)	966,2	328,0	292,5	28,2	200000
	Efisiensi Proses Pengurangan (%)	93%	93%	-	90%	-
	Parameter Effluent (mg/L)	72,5	23,0	292,5	2,8	200000
Compact Tech. Water Purification System (Sedimentasi)	Parameter Influent (mg/L)	72,5	23,0	292,5	2,8	200000
	Efisiensi Proses Pengurangan (%)	5%	5%	95%	-	-
	Parameter Effluent (mg/L)	68,8	21,8	14,6	2,8	200000
Disinfeksi	Parameter Influent (mg/L)	68,8	21,8	14,6	2,8	200000
	Efisiensi Proses Pengurangan (%)	-	-	-	-	99%
	Parameter Effluent (mg/L)	68,8	21,8	14,6	2,8	2000
Total Efisiensi Proses Pengurangan		99%	99%	99%	95%	99%
Standard Baku Mutu (mg/L) PermenLH No.68		100	30	30	10	<3000

Dari perhitungan neraca massa dan perhitungan efisiensi pada setiap unit dan tahapan proses terlihat bahwa air hasil olahan sudah memenuhi baku mutu yang ada dan total efisiensi sudah diatas 90% untuk total keseluruhan sistem.

4.7.4 Desludge System

Stacked screw sludge dewatering machine adalah alat yang biasa digunakan untuk memadatkan lumpur / sludge ataupun memeras cairan yang berada dalam fase slurry. Sehingga cairan tersebut dapat dipergunakan kembali atau diambil manfaatnya, Filter press disebut sebagai separation equipment yang bekerja dengan sistem batching, dimana slurry dipompakan tidak secara terus menerus namun secara berkala *batch* demi *batch*. Press disusun dengan elemen filter yang terdiri dari dua jenis Ring: Fixed Ring, Moving Ring dan Screw yang mendorong elemen filter dan memindahkan serta menekan lumpur.

Dengan fokus pada lingkungan dan penggunaan sumber daya alam, memaksimalkan penggunaan air limbah sangat penting, terutama di daerah yang curah hujannya rendah. Sekrup penguras air meminimalkan jumlah volume padat yang memerlukan pembuangan juga, yang memastikan timbunan sampah dan sistem limbah lainnya dioptimalkan. Jika pengepres sekrup penguras air telah dipasang, ini menghilangkan kebutuhan akan biaya tangki sedimentasi, karena lumpur sekunder dikentalkan oleh peralatan setelah proses.

Menurut situasi aktual dari proyek pengolahan air limbah ini, proses pembuangan lumpur adalah proses "pengentalan lumpur + Dewatering dengan mesin dewatering lumpur ", kandungan air dari lumpur yang diolah mencapai kurang dari 90%, dan Lumpur kering yang dikeringkan akan diangkut keluar secara teratur untuk dibuang. Proses dewatering ini memiliki kelebihan yaitu otomatisasi tingkat tinggi, footprint kecil, pengoperasian sederhana, dan mengurangi kandungan air dalam lumpur secara signifikan.

Mesin sludge dewatering adalah mesin yang memiliki desain yang ringkas dengan tapak kecil, konsumsi energi rendah, dan biaya pengoperasian rendah serta Hemat energi tinggi dan konten teknologi tinggi, mudah dirawat dan diganti, bobot kecil dan mudah dibawa . mesin ini Sangat cocok untuk pabrik limbah kecil dan menengah, pabrik limbah kota dan stasiun pengolahan limbah. Mesin sludge dewatering memiliki mikro unik Dewaterer menggantikan kain saring tradisional dan metode filtrasi sentrifugal dengan mode badan saringan yang unik dan halus,

mengurangi biaya investasi dan dapat mengurangi biaya investasi dan meningkatkan efisiensi perawatan. Fitur utamanya adalah sebagai berikut:

- 1) Hemat biaya peralatan pendukung seperti mixer dan struktur lainnya
- 2) Hemat biaya peralatan penguras lumpur seperti kompresor udara dan pompa pembilas
- 3) Tapak kecil, mengurangi investasi konstruksi sipil di ruang dewatering, integrasi lumpur limbah, mengurangi beban pemrosesan reaktor biokimia berikutnya dan mengurangi biaya operasi sistem pengolahan limbah.
- 4) Langsung memberikan dewatering ekstrusi mekanis, tidak memerlukan badan mesin yang besar yang berbentuk seperti drum, sehingga mesin dirancang cukup ringan. Bodinya hampir semuanya terbuat dari baja tahan karat, dan satu-satunya suku cadang yang diganti adalah Spiral Screw Shaft dan floating ring . Oleh karena itu, ia memiliki masa pakai yang lama dan tahan lama.

Dengan memiliki sistem multi-plate screw press sludge dewatering, pabrik pengolahan air limbah domestik kota dapat memaksimalkan jumlah air yang didaur ulang untuk digunakan, dan meminimalkan volume limbah lumpur. Ruang penyimpanan juga dikurangi dengan menghilangkan wadah penyimpanan. Solusi pengolahan air limbah yang efisien ini layak dipertimbangkan untuk area yang perlu menghemat air secara efisien.



Celah antara Ring dan pitch Screw dirancang untuk secara bertahap menghimpit ke arah outlet Sludge Cake dan tekanan bagian dalam elemen filter meningkat karena efek kompresi volume, yang mengentalkan dan mengeringkan lumpur. Multi-Plate Screw Press merupakan teknologi generasi baru dalam proses pengeringan limbah. Multi-Plate Screw Press ini mampu memecahkan beberapa masalah teknis dari sludge dewatering equipment Seperti Beltpress, Filterpress dimana sering mengalami penyumbatan, lumpur konsentrasi rendah / kegagalan mengolah lumpur minyak, konsumsi energi yang tinggi dan operasi yang rumit lainnya.

Proses desludging menggunakan Stacked Screw Sludge Dewatering dimulai dari fase pembentukan cake, pada zona tersebut, sebuah pompa vakum yang ditempatkan di dalam kolam lumpur menyedot filtrat melalui media. Pada waktu yang bersamaan, padatan lumpur akan mengendap di atas media dan membentuk cake dengan kondisi sebagian kering. Pada titik itu pula drum memasuki fase pembuangan cake dari media menggunakan pisau pengeruk. Setelah cake dibuang, media dicuci untuk menghindari penyumbatan dan kembali memasuki

zona pembentuk cake. Pada Compact Technology ini memiliki beberapa spesifikasi sebagai berikut:

1. Kapasitas pengolahan lumpur campuran per jam 3-5 m³ ,
2. Spiral diameter : 300mm ,
3. ukuran mesin 2.2m×1.2m×2m

Tabel 4. 29 Spesifikasi Sludge Dewatering Machine - Compat Technology

Nama	Model	Spesifikasi	Jumlah	Foto
Sludge pump	CP50.75-50-2P	Q = 10 M3/h H = 10 m N = 0.75 Kw	2 unit (1 use 1 spare)	
Stacked screw sludge dewatering machine	JLDL-300-1	Bahan stainless, N = 1.59 Kw Q :5m3/h 2.5m*0.67m*2m Mixing Box size: φ1.2m* h 1.5m	1 set Incl agent dosing pump , blender blower	

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pemaparan hasil kajian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

5.1 Kesimpulan

1. Sebagian besar masyarakat yang disurvei (90%) memiliki septictank dirumahnya. Dengan ukuran septictank warga sebagian besar adalah Panjang 1,5 – 2m; lebar 1,5 – 2m; dan tinggi kurang dari 1,5m. Dengan rata-rata penyedotan septictank antara 3-5 tahun sekali.
2. Biaya yang dikeluarkan oleh masyarakat untuk penyedotan septictank sangat beragam, mulai dari Rp. 100.000 hingga Rp. 400.000. Jika biaya penyedotan septictank dicicil perbulan, masyarakat setuju dengan usulan biaya sekitar Rp. 5.000 – Rp. 10.000
3. Terkait dengan program penyedotan terjadwal oleh BLUD UPTD PALD Kota Bekasi, sebagian besar warga tidak mengetahui informasi tersebut, dan hanya sedikit yang mengetahui melalui media sosial. Sehingga diperlukan adanya sosialisasi yang lebih luas dan gencar dari Pemkot Bekasi.
4. Dilakukan sampling terhadap 13 lokasi pengambilan limbah domestik. Didapatkan hasil COD berkisar antara 1.000 – 3.000 dengan data abnormal yaitu 10.000 dan 20.000. Berdasarkan data ini diharapkan dapat mendapatkan design yang sesuai untuk IPLT.
5. Teknologi IPLT compact akan lebih efisien secara area yang dibutuhkan, waktu proses dan juga meminimalisir dampak lingkungannya terutama bau dibandingkan dengan teknologi konvensional dengan menggunakan kolam penampungan, nilai hasil akhir perbandingan 13,95 untuk teknologi compact dan nilai 10,25 untuk teknologi konvensional.
6. Analisa pondasi berdasarkan hasil pengujian tanah didapatkan bahwa penggunaan pondasi dalam terutama dengan placement pile akan lebih aman karena dapat meningkatkan daya dukung tanah dibandingkan dengan penggunaan pondasi dangkal ataupun borpile.

5.2 SARAN

1. Teknologi IPLT compact akan sangat bergantung kepada bahan kimia sebagai polymer maka diharapkan kepada UPTD dapat secara efektif dan efisien untuk melakukan pendosisan dan pencadangan bahan kimia.
2. Berdasarkan kajian kelayakan ini, disarankan untuk mengimplementasikan Skenario 2b: yaitu bekerja sama dengan pihak swasta dalam mengoperasikan IPLT Kota Bekasi. Dengan Skenario 2b, risiko dalam membangun dan mengoperasikan IPLT berada pada sisi Badan Usaha, yang memang memiliki keahlian dalam bidang tersebut, sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya kegagalan atau kerugian dalam pelaksanaan Proyek.