



## GARIS PANDUAN SISTEM PENGOLAHAN EFLUEN (SPE) BAGI PENTERNAK LEMBU TENUSU, LEMBU PEDAGING & KERBAU

Perunding Projek:



Cetakan Pertama Disember 2016



**Projek RMK 11 Jabatan Alam Sekitar (JAS):**  
**KAJIAN BAGI PENYERAGAMAN SISTEM PENGOLAHAN**  
**EFLUEN DALAM PENGURUSAN SISA PENTERNAKAN DI**  
**BAWAH “PROJEK PERINTIS (*DEMONSTRATION PROJECT*)**  
**BAGI PENYERAGAMAN SISTEM PENGOLAHAN EFLUEN**  
**DALAM PENGURUSAN BUANGAN TERNAKAN”**

**(Kod Projek: P23072003313003)**

**ISBN: 978-983-3895-52-6**

**PENASIHAT** : YBHG. DATO' DR. AHMAD KAMARULNAJUIB CHE  
IBRAHIM  
Ketua Pengarah Alam Sekitar

**KETUA PENYUNTING** : MOKTHAR ABDUL MAJID  
Timbalan Ketua Pengarah (Operasi)

**PENYUNTING** : RUSLAN MOHAMAD  
ZULKIFLI DIN  
MAI ZAINATUN NUFUS MOHD JAFFAR  
SITI NORHIDAYAH ABDULLAH  
WAN HASLINA WAN ISMAIL

## Prakata



Bagi memastikan pembangunan lestari dalam proses kemajuan Negara dan alam sekitar sentiasa bersih, sihat dan selamat untuk kesejahteraan rakyat, Jabatan ini memainkan peranannya ke atas pelbagai industri termasuk sektor agro-makanan dengan menggalakkan konsep pematuhan sendiri selaras dengan konsep mengarusperdanakan alam sekitar.

Sektor Agro-makanan merupakan antara sektor yang menjadi sumber penting bagi meningkatkan pendapatan rakyat dan menggalakkan pertumbuhan ekonomi negara. Selaras dengan pelaksanaan Dasar Agro-Makanan Negara 2011-2020 yang telah diluluskan oleh Kabinet Malaysia pada 28 September 2011, aktiviti penternakan akan diperluas dan dipertingkatkan bagi menjamin sumber bekalan makanan Negara mencukupi disamping meningkatkan taraf hidup penternak.

Sehubungan itu, dalam menyeimbangi ekonomi, kepesatan aktiviti penternakan dengan pemeliharaan alam sekitar, maka Jabatan Alam Sekitar (JAS) telah dan akan terus mengkaji kesesuaian kaedah-kaedah kawalan pencemaran ternakan yang sistematik untuk dibangunkan dan digunapakai oleh penternak. Terdahulu, pada November 2014 JAS telahpun menerbitkan 3 garis panduan iaitu Garis Panduan Pencemaran Daripada Aktiviti Penternakan Babi, Garis Panduan Pencemaran Daripada Aktiviti Penternakan Lembu Pedaging, dan Garis Panduan Pencemaran Daripada Aktiviti Lembu Tenusu yang antara lain bertujuan untuk memberi panduan kepada pihak penternak mengenai amalan pengurusan yang baik di ladang masing-masing ke arah usaha meminimumkan penjanaan bahan-bahan buangan di ladang terutamanya yang menjalankan penternakan secara intensif.

Garis panduan ini yang diberi nama "Garis Panduan Sistem Pengolahan Efluen (SPE) Bagi Penternak Lembu Tenusu, Lembu Pedaging dan Kerbau" adalah satu projek Jabatan ini dengan Universiti Putra Malaysia yang bertindak sebagai perunding projek. Ia juga merupakan salah satu output di bawah Rancangan Malaysia ke-11. Intipati garis panduan ini adalah hasil gabungan daripada beberapa garis panduan ternakan terbitan JAS sebelum ini, rujukan kajian penyelidikan oleh para penyelidik dalam dan luar negara, input-input daripada agensi kerajaan dan syor-syor teknikal dan kewangan serta *best practices* untuk dilaksanakan oleh pihak penternak khususnya dalam memastikan kualiti sungai, tanah dan udara di persekitaran kawasan penternakan sentiasa terpelihara bersih.

Di kesempatan ini saya merakamkan ucapan ribuan terima kasih dan penghargaan kepada semua pihak khususnya ahli-ahli Jawatankuasa Penilaian Perunding yang terdiri daripada pegawai-pegawai JAS, Institut Penyelidikan Hidraulik Kebangsaan Malaysia (NAHRIM),

Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) dan Universiti Putra Malaysia (UPM) dalam menjayakan penerbitan garis panduan ini.

Sekian. Terima Kasih.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dato' Dr. Ahmad Kamarulnajib Che Ibrahim', is positioned above a horizontal dotted line.

**DATO' DR. AHMAD KAMARULNAJIB CHE IBRAHIM**  
**KETUA PENGARAH ALAM SEKITAR MALAYSIA**

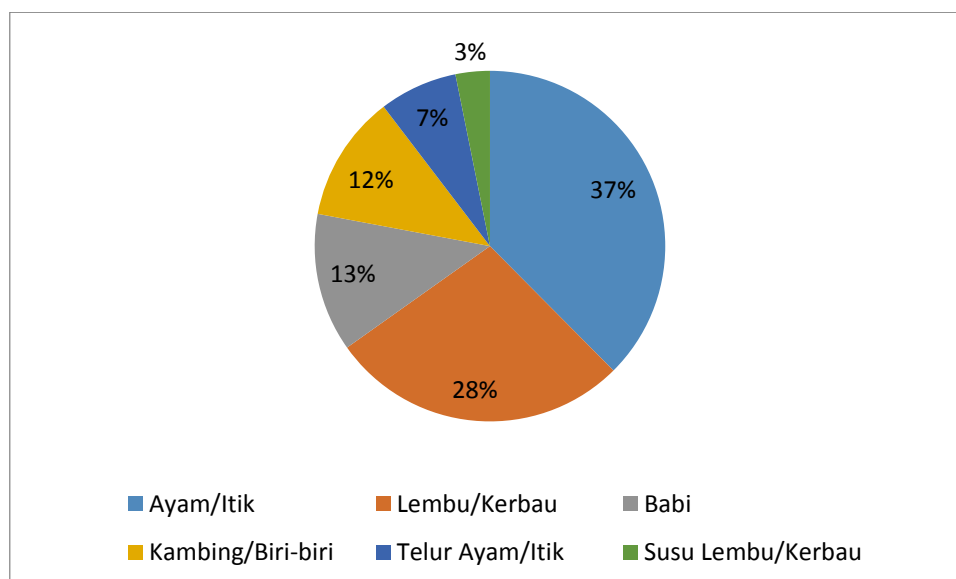
## Mengarusperdanakan Alam Sekitar

### 1. Pengenalan

Mengarusperdanakan alam sekitar adalah satu agenda yang diperkenalkan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) bagi membudayakan amalan pengawalseliaan sendiri di kalangan sektor yang dikawalselia dan ia telah disepadukan dalam semua peraturan terkini JAS. Pendekatan ini diambil bagi mengawal pencemaran dan telah menunjukkan hasil yang positif dalam meningkatkan imej alam sekitar syarikat, penerimaan awam terhadap sesuatu projek, operasi optimum sistem kawalan pencemaran (*pollution control system-PCS*), pencegahan kegagalan PCS, penjimatan kos operasi PCS, pengurusan sistematik pemantauan prestasi data dan kawal selia berterusan yang lebih baik.

Memandangkan kawalan pencemaran efluen ternakan akan dilaksanakan secara berperingkat tidak lama lagi, maka para penternak perlu dilatih melakukan pemantauan sendiri terhadap sistem rawatan efluen di ladang. Para penternak perlu diberi anjakan minda tentang kepentingan pemeliharaan dan pemuliharaan alam sekitar supaya mereka mampu menjadi agen perubahan dalam kelestarian alam sekitar.

Menurut banci ekonomi 2011 yang dilaksanakan oleh Jabatan Perangkaan, nilai output kasar untuk sektor pertanian adalah RM53,452.1 juta. Daripada jumlah ini, 12.3% disumbangkan oleh aktiviti penternakan. Bilangan pemilikan tertinggi dalam sektor ternakan adalah industri penternakan ayam/itik iaitu 34.4%, diikuti oleh penternakan lembu/kerbau (25.3%), babi (11.7%), kambing/biri-biri (10.7%), pengeluaran telur ayam/itik (6.6%) dan pengeluaran susu lembu/kerbau (2.9%).



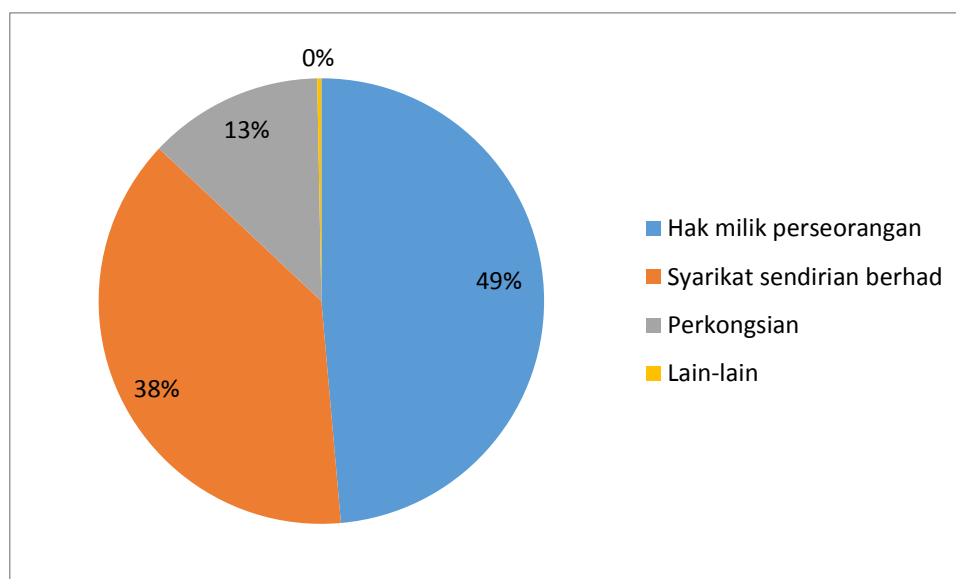
Gambarajah 1: Peratusan pemilikan mengikut ternakan sehingga tahun 2011

Daripada 1,089 pemilikan yang beroperasi sehingga tahun 2011, lebih separuh daripadanya adalah terletak di Perak (17.2%), Johor (16.7%), Selangor (11.7%) dan Pahang (10.2%).

Jadual 1: Jumlah pemilikan mengikut negeri sehingga tahun 2011

Negeri	Jumlah pemilikan
Johor	182
Kedah	68
Kelantan	39
Melaka	65
Negeri Sembilan	88
Pahang	111
Perak	187
Perlis	4
Pulau Pinang	72
Sabah	51
Sarawak	60
Selangor	127
Terengganu	32
W. P. Labuan	3

Sehingga tahun 2011, terdapat 529 pertubuhan (48.6%) hak milik perseorangan yang beroperasi dalam sektor ternakan. Sebanyak 38.4% merupakan syarikat sendirian berhad, 12.7% perkongsian dan lain-lain yang meliputi syarikat awam berhad, syarikat koperasi dan perbadanan awam 0.3%.



Gambarajah 2: Jenis pemilikan ladang sehingga tahun 2011

## 2. Elemen mengarusperdana alam sekitar

- Pekerja yang kompeten

Setiap penternak akan diberi latihan berkenaan parameter-parameter yang perlu dipantau semasa melakukan pemantauan sendiri terhadap sistem rawatan efluen masing-masing. Parameter yang perlu diuji adalah:

- a. Indeks kealkalian (pH)
- b. Keperluan oksigen biologi atau *biological oxygen demand* (BOD)
- c. Keperluan oksigen kimia atau *chemical oxygen demand* (COD)
- d. Pepejal terampai atau *total suspended solids* (TSS)
- e. *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS)
- f. Oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO)
- g. Indeks isipadu enapcemar atau *Sludge Volume Index* (SVI)
- h. *Ammoniacal Nitrogen* (AN)
- i. *Fecal coliforms*

Penternak akan diberi latihan berkaitan tatacara melakukan persampelan, tempat serta kekerapan persampelan. Sampel perlu dihantar ke makmal analisa yang diiktiraf untuk memastikan keadaan efluen dirawat dengan cekap dan efisien.

- Pemantauan prestasi

Penternak perlu memastikan bahawa sistem rawatan efluen adalah dalam keadaan baik bagi memastikan kawalan pencemaran beroperasi secara optimum. Ini termasuklah memastikan prosedur operasi standard dipatuhi pada setiap masa dan penyelenggaraan alatan dilakukan secara berkala.

- Penyimpanan rekod

Maklumat daripada persampelan, operasi sistem rawatan, penyelenggaraan dan prestasi pemantauan perlu direkod secara sistematik mengikut jadual yang disediakan.

- Analisis dan interpretasi data

Setiap sampel dari setiap titik persampelan akan menjalani analisis parameter-parameter yang ditentukan untuk mencapai dan berada tahap yang dibenarkan mengikut piawaian dari Jabatan Alam Sekitar (JAS).

- Laporan dan komunikasi

Laporan pemantauan perlu direkodkan dan disimpan dengan teratur. Ini kerana pihak berwajib akan menjalankan audit dan semakan ke atas operasi SPE pada bila-bila masa diperlukan.

## Ringkasan Eksekutif

Cadangan berkenaan garis panduan sistem pengolahan efluen atau sisa kumbahan ternakan telah disediakan bagi ladang ternakan lembu pedaging, lembu tenusu, babi dan kerbau. Garis panduan ini adalah terdiri daripada spesifikasi rekabentuk, pemantauan prestasi dan anggaran kos yang terlibat dalam sistem rawatan bagi haiwan ternakan tersebut. Cadangan ini mengikut kepada saiz ternakan dan mengambil kira keboleh-upayaan penternak untuk mengendalikan sistem rawatan kumbahan dari haiwan ternakan termasuk pemantauan prestasi serta penyelenggaraan sistem. Sistem rawatan yang dicadangkan adalah bagi penternakan berskala kecil, sederhana dan besar. Komponen-komponen proses rawatan telah disyorkan bagi setiap skala ladang ternakan. Manakala, pemantauan prestasi rawatan disyorkan bersama-sama dengan lokasi persampelan dan pencirian sisa kumbahan yang perlu dipantau bagi setiap lokasi persampelan. Pencirian sisa kumbahan adalah penting bagi memantau prestasi sistem rawatan efluen yang dicadangkan dan setakat ini, tiada lagi sistem rawatan seperti ini beserta pemantauannya wujud di dalam mana-mana akta atau enakmen. Pencirian tersebut adalah terdiri daripada parameter seperti keperluan oksigen biologi (BOD), keperluan oksigen kimia (COD), ammoniakal nitrogen (AN), jumlah pepejal terampai (TSS), indeks kealkalian (pH), oksigen terlarut (DO), indeks isipadu enapcemar (SVI) dan *mixed liquor suspended solids* (MLSS). Kekekapan pemantauan adalah berbeza mengikut skala ladang ternakan iaitu secara harian, mingguan dan bulanan. Satu perbandingan telah dibuat dengan merujuk kepada pemantauan sistem rawatan efluen industri. Walau bagaimanapun, ciri-ciri efluen haiwan ternakan adalah sangat berbeza dengan efluen industri kerana efluen ternakan lebih bersifat organik jika dibandingkan dengan efluen industri. Oleh yang demikian, sistem pemantauan prestasi sistem rawatan efluen haiwan ternakan yang disyorkan adalah bersifat biologi dan mesra alam dengan mengambil kira faktor keboleh-upayaan para penternak sebagai langkah awal inisiatif agar tidak membebankan mereka dalam menjalani aktiviti pemantauan tersebut. Anggaran kos bagi sistem rawatan yang dicadangkan telah disediakan dan maklumat contoh-contoh komponen sistem rawatan juga telah dikongsikan. Di samping itu, kos pemantauan prestasi juga dianggarkan termasuk alat pengukur parameter dan analisa parameter yang perlu dihantar ke makmal mengikut kekerapan yang dicadangkan dalam garis panduan ini.

## Executive Summary

Proposal regarding guidelines of the effluent treatment system or livestock wastewater has been prepared for farm beef cattle, dairy cattle, pigs and buffalos. The guidelines consist of the design specification, performance monitoring and the estimated costs involved in the treatment of these animals' effluent. The proposal is based on the size of livestock and taking into account the viability of the breeders to operate the sewage treatment system of farm animals including performance monitoring and system maintenance. The proposed treatment system includes for small-scale farming, medium and large. The components of the treatment process have been recommended for each scale farms. Meanwhile, treatment performance monitoring is recommended together with the sampling and the characterization of effluent that need to be monitored for each sampling location. Characterization of effluent is important to monitor the performance of the proposed effluent treatment system and so far, there is no system of monitoring and treatment like this exist in any act or enactment. Characterization is composed of parameters such as the biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), ammoniacal nitrogen (AN), total suspended solids (TSS), the index of alkalinity (pH), dissolved oxygen (DO), sludge volume index (SVI) and mixed liquor suspended solids (MLSS). The frequency of monitoring differs according to the scale of farms on a daily, weekly and monthly basis. A comparison was made with reference to the monitoring of industrial effluent treatment system. However, the characteristics of livestock effluent is very different compared to industrial effluent because livestock effluent is much organic when compared with the industrial effluent. Therefore, the recommended performance monitoring for the livestock effluent treatment system is a biologically and environmentally friendly, taking into account the viability of the farmers as a first step of initiative in order not to burden them in vigorous surveillance. The estimated cost for the proposed treatment system has been prepared and informative examples of the treatment system components have also been shared. In addition, the estimated cost of performance monitoring also includes measuring parameters and analysis parameters that need to be sent to the laboratory according to the frequency recommended in these guidelines.

# ISI KANDUNGAN

## GARIS PANDUAN SISTEM PENGOLAHAN EFLUEN (SPE) BAGI PENTERNAK LEMBU TENUSU, LEMBU PEDAGING & KERBAU

	M/s
<b>Pengenalan</b>	1
<b>1.0 Reka Bentuk Sistem Pengolahan Efluen (SPE)</b>	2
<b>1.1</b> Cadangan sistem rawatan bersaiz kecil (30-50 ekor)	3
1.1.1 Sistem rawatan efluen	3
1.1.2 Penerangan sistem rawatan efluen	5
<b>1.2</b> Cadangan sistem rawatan bersaiz sederhana dan besar (51 ekor dan ke atas)	9
1.2.1 Sistem rawatan efluen	9
1.2.2 Penerangan sistem rawatan efluen	11
<b>2.0 Manual Operasi Sistem Pengolahan Efluen (SPE) Secara Am</b>	16
<b>2.1</b> Komponen utama dan fungsi alatan	17
<b>2.2</b> Cara Pengoperasian Loji Pengolahan Efluen	18
2.2.1 Sistem Rawatan Efluen	18
2.2.2 Sistem Biogas	24
2.2.3 Pengawalan Peralatan	26
2.2.4 Senarai Semak Operasi	27
<b>3.0 Pemantauan Prestasi Sistem Pengolahan Efluen (SPE)</b>	30
<b>3.1</b> Panduan pemantauan prestasi mudah untuk penternak	31
<b>3.2</b> Parameter untuk pemantauan prestasi yang ringkas	31
<b>3.3</b> Tempat persampelan dan parameter analisa	33
<b>3.4</b> Frekuensi Persampelan	36
<b>Rujukan</b>	44
Lampiran 1	Contoh Kriteria Reka Bentuk
Lampiran 2	Contoh Borang Pemantauan Prestasi
Lampiran 3	Parameter <i>strength</i>

## Pengenalan

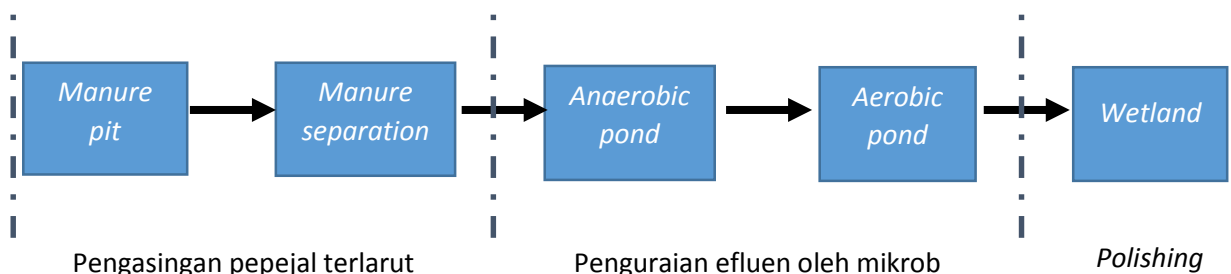
Air kumbahan ternakan lazimnya terdiri daripada pecahan organik seperti protein, karbohidrat dan lemak. Bahan organik ini terutamanya karbohidrat dan protein menjadi makanan yang baik untuk mikroorganisma. Najis dan air kencing yang terdapat dalam sebatian kumbahan mengandungi berjuta-juta bakteria usus dan sebilangan kecil organisma lain. Kebanyakan organisma-organisma ini tidak berbahaya bahkan ianya penting untuk aktiviti di dalam air sisa itu sendiri, contohnya menguraikan bahan organik dan bukan organik kepada bentuk yang lebih ringkas dalam sistem rawatan air.

Secara lazimnya sistem rawatan direka bentuk mempunyai 3 peringkat:

1. Peringkat 1 – pengasingan sisa pepejal
2. Peringkat 2 – penguraian air sisa menggunakan mikrob
3. Peringkat 3 – penganapan

Secara amnya, rekabentuk asas untuk sistem rawatan air kumbahan atau efluen ternakan seharusnya merujuk kepada dan mengikuti setiap peringkat tersebut.

Konsep rekabentuk yang dicadangkan mempunyai tangki pengumpulan kumbahan (*manure pit*), pengasingan kumbahan (*manure separation*) untuk pengasingan pepejal larut, kolam anaerobik (*anaerobic pond*), kolam aerobik (*aerobic pond*) untuk penguraian sisa dan kemudiannya disalurkan kepada tanah lembap buatan (*wetland*) untuk *polishing* sebelum dilepaskan ke parit, longkang atau sungai. Gambarajah 1 di bawah menunjukkan carta alir proses rawatan efluen:



Gambarajah 1: Carta alir proses rawatan efluen ternakan

Bagi memaksimumkan lagi proses rawatan, sisa yang dasingkan boleh juga dimasukkan ke dalam tangki pencerna anaerobik (*anaerobic digester*) untuk penghasilan biogas yang mengandungi gas metana. Gas metana tersebut boleh digunakan sebagai bahan bakar ataupun ditukarkan kepada tenaga elektrik.

Saiz setiap sistem rawatan adalah bergantung kepada saiz ladang ternakan dan bilangan haiwan ternakan. Garis panduan ini disediakan dengan mengambil kira faktor-faktor ternakan dan alam sekitar yang membentuk saiz sistem rawatan sama ada bersaiz kecil, sederhana dan besar.



## **Reka bentuk Sistem Pengolahan Efluen (SPE)**

## 1.1 Cadangan sistem rawatan bersaiz kecil (30-50 ekor)

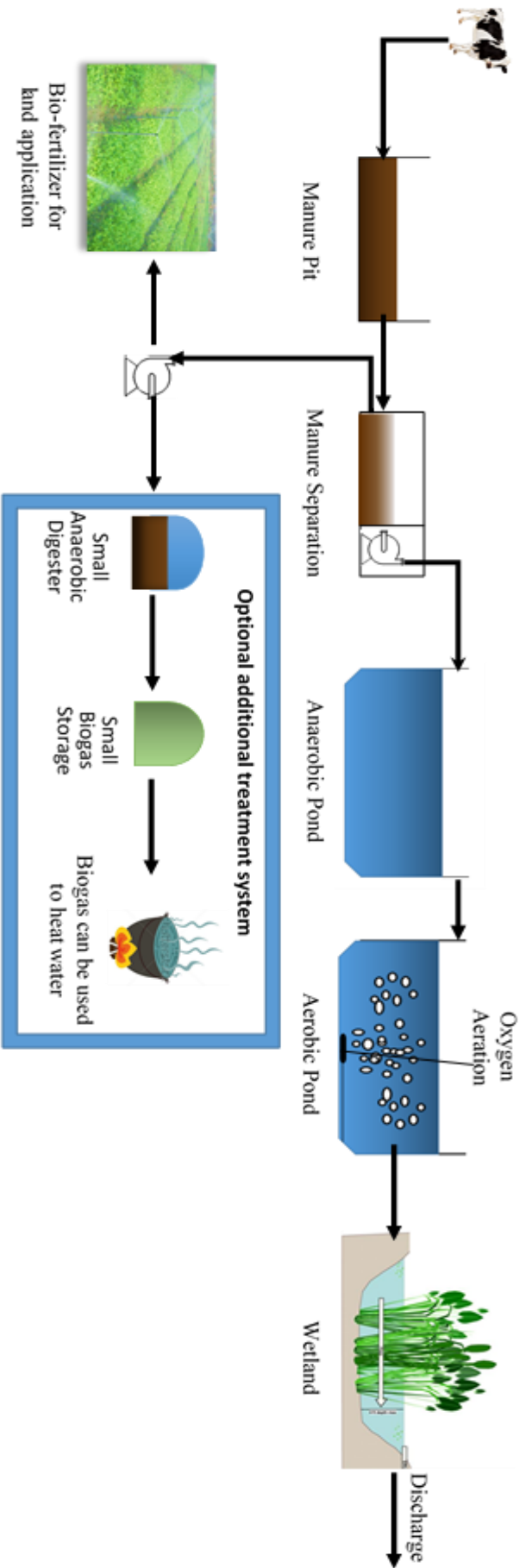
### 1.1.1 Sistem rawatan efluen

Cadangan sistem rawatan efluen adalah terbahagi kepada jenis haiwan yang mana faktor bilangan haiwan, ciri-ciri efluen dan sisa kumbahan diambil kira dalam mereka bentuk sistem rawatan yang bersesuaian.

Lembu tenusu, lembu pedaging dan kerbau mempunyai ciri-ciri efluen dan sisa kumbahan yang hampir sama dan boleh dirawat menggunakan sistem yang sama. Gambarajah 2 menunjukkan sistem rawatan efluen dan sisa yang dicadangkan untuk ternakan lembu tenusu, lembu pedaging dan kerbau bersaiz kecil dan spesifikasinya adalah seperti berikut:

<b>Bilangan Ternakan</b>	30-50 ekor <sup>(2)</sup>
<b>Sisa Terhasil</b>	900-1,500 kg/hari (30 kg/ekor/hari) <sup>(5)</sup>
<b>Jumlah efluen</b>	1,650-2,750 liter/hari (55 liter/ekor/hari) <sup>(3)</sup>
Anggaran kos alatan mekanikal ( <i>transfer pump, float switch, sludge pump, air blower, piping work, &amp; diffuser</i> )	RM 4,400-5,000
Anggaran kos menggali dan membina <i>manure pit, manure separation, anaerobic pond, aerobic pond &amp; wetland.</i>	RM 2,000-4,000
<b>Jumlah anggaran kos sistem 1 set SPE</b>	<b>RM6,400-9,000</b>
Anggaran kos penyelenggaraan SPE setahun (5% daripada kos sistem SPE)	RM 320-450
Anggaran kos utiliti setahun (2% daripada kos sistem SPE)	RM128-180
Anggaran kos pemantauan prestasi parameter pencemar SPE setahun	RM 5,900
<b>Jumlah anggaran kos penyelenggaraan, pemantauan prestasi dan kos utiliti 1 set SPE setahun</b>	<b>RM 6,348-6,530</b>
Anggaran kos untuk membina dan menyelenggara sistem pengolahan tambahan seperti sistem biogas, <i>membrane filtration, chlorination</i> dan sebagainya (10% daripada kos sistem SPE)	RM 640-900

Nota: Kos yang ditunjukkan adalah anggaran kasar yang dibuat berdasarkan bilangan ternakan dan tidak melambangkan harga sebenar. Kos sebenar bergantung kepada harga pasaran semasa, tenaga kerja dan keperluan peladang yang mana kebiasaannya lebih murah daripada kos yang dicadangkan. Kos yang ditunjukkan boleh dijadikan sebagai rujukan ketika membina SPE.

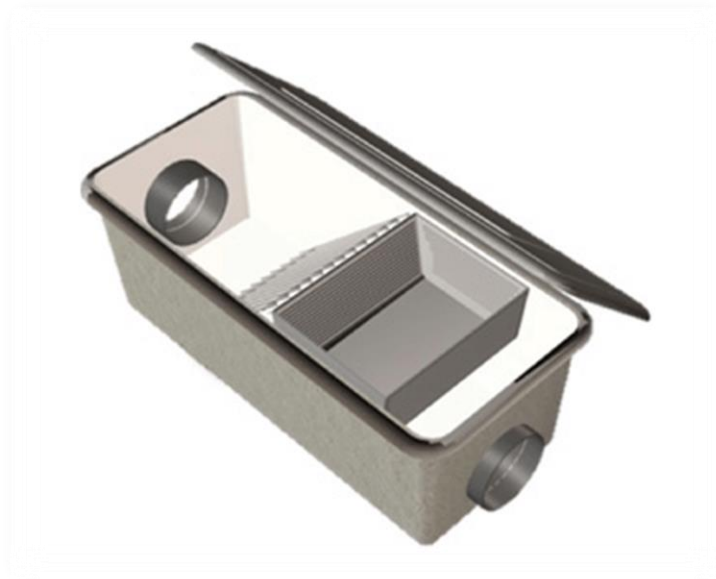


Gambarajah 2: Sistem proses rawatan efluen bersaiz kecil bagi penternakan lembu tenusu dan pedaging serta kerbau. Sistem pengolahan tambahan seperti sistem biodigester (kotak biru) boleh dipasang sekiranya penternak mempunyai peruntukan tambahan.

### 1.1.2 Penerangan sistem rawatan efluen

#### A. Pengumpulan kumbahan (*manure pit*)

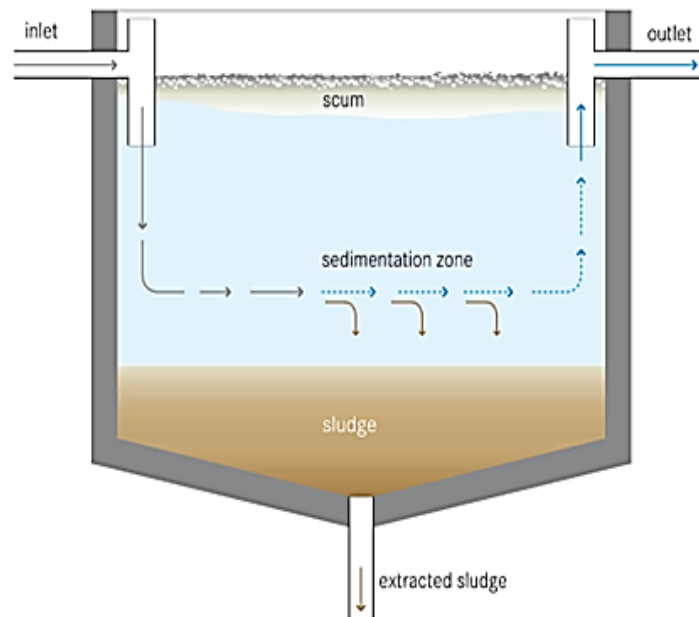
Sisa daripada ladang ternakan dikumpulkan di tempat pengumpulan kumbahan atau *manure pit* terlebih dahulu sebelum memasuki sistem rawatan. Ia boleh dibina menggunakan tangki atau menggali lubang dan menutup keliling lubang dengan simen atau plastik supaya kumbahan tidak meresap ke tanah. Antara kelebihan memiliki tempat pengumpulan kumbahan adalah ia memastikan sisa bercampur dengan sebatian dan memudahkan proses persampelan. Kebiasaannya di dalam tempat pengumpulan kumbahan, perangkap sampah dipasang bagi memastikan tiada sisa pepejal lain memasuki sistem rawatan efluen seperti yang dipaparkan di dalam Gambarajah 3.



Gambarajah 3: Contoh tangki pengumpulan kumbahan dengan penapis sampah

#### B. Pengasing kumbahan (*manure separation*)

Sisa kumbahan daripada pengumpulan kumbahan (*manure pit*) kemudian boleh diasingkan menggunakan pengasing kumbahan (*manure separation*) yang dapat mengasingkan sisa pepejal dan cecair. Ia boleh dibina menggunakan tangki atau menggali lubang dan menutup keliling lubang dengan simen atau plastik supaya kumbahan tidak meresap ke tanah. Enapcemar atau *sludge* yang telah diasingkan boleh digunakan untuk semburan pada tanah (*spray on land*) sebagai baja dan sisa cecair akan disalurkan ke dalam kolam anaerobik (*anaerobic pond*) sebagai efluen. Contoh pengasingan kumbahan adalah seperti di dalam Gambarajah 4.



Gambarajah 4: Contoh tangki pengasingan kumbahan

### C. Kolam anaerobik (*anaerobic pond*)

Efluen daripada proses pengasingan kumbahan kemudian disalurkan ke dalam kolam anaerobik atau *anaerobic pond* (Gambarajah 5). Di dalam kolam tersebut, kandungan bahan organik yang tinggi menyebabkan tiada zon aerobik wujud. Mikroorganisma menguraikan bahan organik melalui pencernaan anaerobik tanpa kehadiran oksigen. Kolam anaerobik boleh digali agak dalam tetapi jika lokasi kolam mempunyai sumber air yang berdekatan, dasar kolam hendaklah dilapik dengan bahan kalis air seperti plastik atau konkrit supaya ia tidak meresap ke dalam tanah dan mencemarkan sumber air.



Gambarajah 5: Contoh kolam anaerobik

#### D. Kolam aerobik (*aerobic pond*)

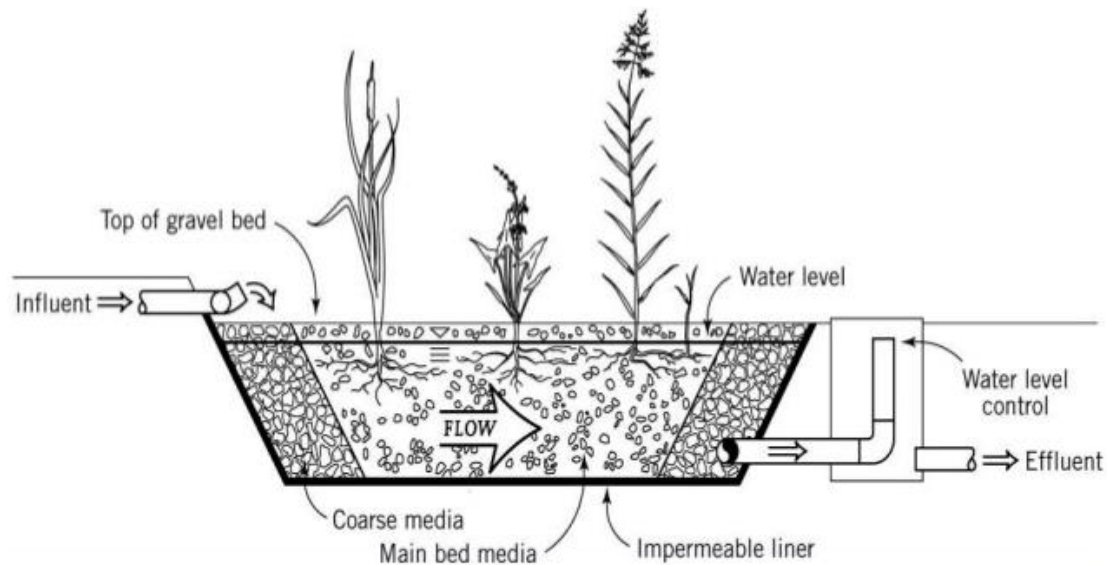
Efluen daripada kolam anaerobik kemudian disalurkan ke dalam kolam aerobik atau *aerobic pond* seperti di dalam Gambarajah 6. Di dalam kolam tersebut, bakteria dan alga bersama-sama menstabilkan bahan organik secara simbiosis. Oleh kerana cahaya matahari sangat penting dalam pengeluaran oksigen dan alga, kekeruhan air dan kedalaman kolam merupakan dua faktor penting dalam operasi kolam aerobik. Kedalaman kolam aerobik biasanya diperlukan tidak melebihi 1.5 meter. Kedalaman air tempat alga tumbuh adalah terhad pada jarak 50 cm dari permukaan air. Bagi kolam yang diudarakan secara sistem mekanikal (seperti *surface aerator* dan *air blower*), kedalaman kolam boleh ditambah sehingga 4 meter. Pengudaraan boleh dilakukan dengan mengepam air ke udara ataupun mengepam udara ke dalam air. Sebahagian besar daripada bahan pepejal akan mendap ke bawah kolam di mana tempat berlakunya penguraian anaerobik. Pengudaraan boleh mengurangkan bau busuk yang biasanya terhasil dari kolam anaerobik.



Gambarajah 6: Contoh kolam aerobik

#### E. Tanah lembap buatan (*wetland*)

Efluen daripada kolam aerobik kemudian boleh dirawat dengan lebih lanjut menggunakan sistem rawatan tanah lembap buatan atau *constructed wetland treatment system* sebelum dilepaskan ke sistem peparitan. Sebagaimana contoh yang diberikan di dalam Gambarajah 7, di dalam sistem *wetland*, tumbuh-tumbuhan yang hidup di tanah lembap seperti vertiver, keladi bunting (*Eichornia crassipes*) dan lain-lain digunakan untuk merawat efluen. Tumbuh-tumbuhan ini akan menyerap ammonia, fosforus dan logam yang terdapat di dalam efluen sebagai nutrien, sekaligus dapat mengurangkan kandungan ammonia, fosforus dan logam di dalam efluen.



Gambarajah 7: Contoh tanah lembap buatan (*constructed wetland*)

#### F. Semburan pada tanah (*spray on land*) atau pengkomposan

Enapcemar atau *sludge* yang dihasilkan daripada pengasingan kumbahan, kolam anaerobik dan aerobik boleh digunakan sebagai baja kompos untuk tanaman rumput dan rumput tersebut digunakan sebagai makanan ternakan. Enapcemar yang telah dirawat boleh terus disembur pada tanah sebagai baja. Gambarajah 8 menunjukkan proses pengkomposan untuk dijadikan baja tanaman.



Gambarajah 8: Contoh cara pengkomposan enapcemar sebagai baja.

(Sumber: <http://ag.umass.edu/crops-dairy-livestock-equine/fact-sheets/composting-horse-manure>)

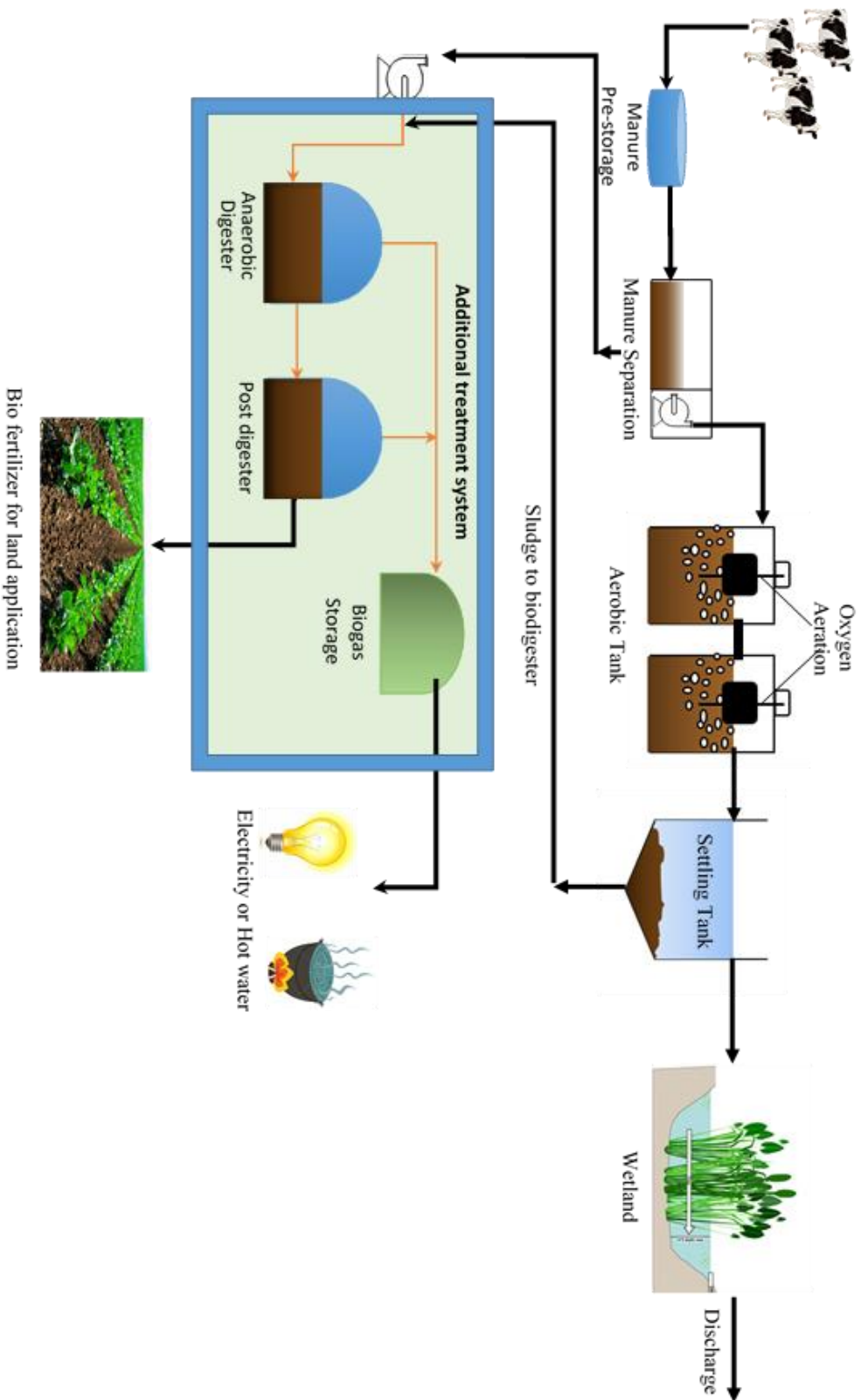
## 1.2 Cadangan sistem rawatan bersaiz sederhana dan besar (51 ekor dan ke atas)

### 1.2.1 Sistem rawatan efluen

Gambarajah 9 menunjukkan sistem rawatan efluen dan sisa yang dicadangkan untuk ternakan lembu tenusu, lembu pedaging dan kerbau bersaiz sederhana dan besar mengikut spesifikasi seperti di bawah. Sistem pengolahan tambahan seperti sistem biogas perlu dipasang oleh penternak bersaiz sederhana dan besar kerana sistem ini dapat memberi manfaat tambahan kepada peladang disamping merawat sisa ternakan dengan efektif. Sebagai contoh sistem biogas dapat merawat enapcemar yang dihasilkan disamping menghasilkan biogas. Biogas boleh digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak atau menjana tenaga elektrik.

<b>Bilangan ternakan</b>	51 ekor dan ke atas <sup>(2)</sup>
<b>Sisa terhasil</b>	1,530 kg/hari (30kg/ekor/hari) ke atas <sup>(5)</sup>
<b>Jumlah efluen</b>	2,805 liter/hari (55 liter/ekor/hari) ke atas <sup>(3)</sup>
<b>Biogas terhasil</b>	51m <sup>3</sup> /hari (1m <sup>3</sup> /ekor/hari) ke atas <sup>(5)</sup>
Anggaran kos alatan mekanikal ( <i>transfer pump, float switch, sludge pump, air blower, piping work, &amp; diffuser</i> )	RM 5,000 ke atas
Anggaran kos menggali dan membina <i>manure pit, manure separation, anaerobic pond, aerobic pond &amp; wetland</i> .	RM 4,000 ke atas
<b>Jumlah kos sistem 1 set SPE</b>	<b>RM 9,000 ke atas</b>
Anggaran kos penyelenggaraan SPE setahun (5% daripada kos sistem SPE)	RM 450 ke atas
Anggaran kos utiliti setahun (2% daripada kos sistem SPE)	RM 180 ke atas
Anggaran kos pemantauan prestasi parameter pencemar SPE setahun	RM 9,900
<b>Jumlah anggaran kos penyelenggaraan, pemantauan prestasi dan kos utiliti 1 set SPE setahun</b>	<b>RM 10,530 ke atas</b>
Anggaran kos untuk membina dan menyelenggara sistem pengolahan tambahan seperti sistem biogas, <i>membrane filtration, chlorination</i> dan sebagainya (10% daripada kos sistem SPE)	RM 900 ke atas

Nota: Kos yang ditunjukkan adalah anggaran kasar yang dibuat berdasarkan bilangan ternakan dan tidak melambangkan harga sebenar. Kos sebenar bergantung kepada harga pasaran semasa, tenaga kerja dan keperluan peladang yang mana kebiasaannya lebih murah daripada kos yang dicadangkan. Kos yang ditunjukkan boleh dijadikan sebagai rujukan ketika membina SPE.



Gambarajah 9: Sistem proses rawatan efluen bersih sederhana dan besar bagi penternakan lembu tenusu dan pedaging serta kerbau yang dicadangkan. Sistem pengolahan tambahan seperti sistem biodigester (kotak biru) boleh dipasang sekiranya penternak mempunyai peruntukan tambahan.

## 1.2.2 Penerangan sistem rawatan efluen

### A. Pengumpulan kumbahan (*manure pit*)

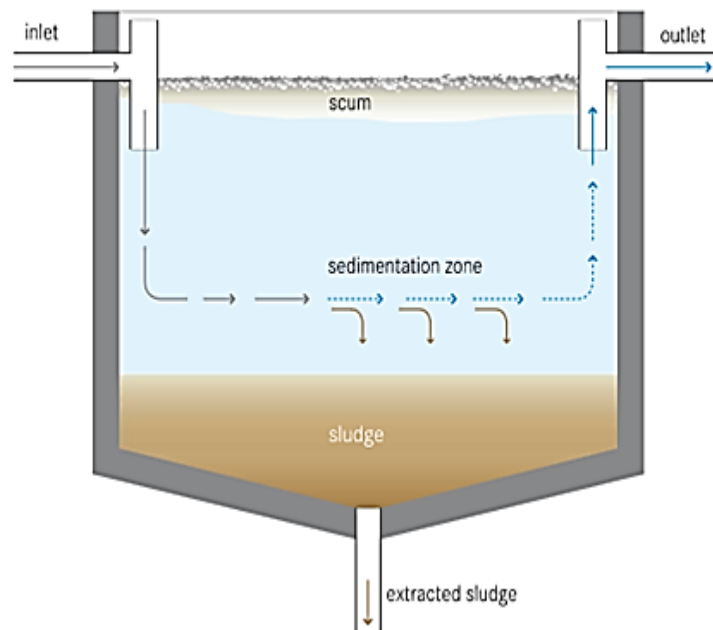
Sisa kumbahan dari ladang lembu tenusu dan pedaging, dan kerbau yang memiliki bilangan ternakan yang banyak sebaiknya dikumpulkan terlebih dahulu di dalam tempat pengumpulan kumbahan atau *manure pit/pre-storage/lagoon* seperti di dalam Gambarajah 10. Ini untuk memastikan sisa yang terkumpul adalah sebati dan memastikan kepekatan sisa yang memasuki sistem rawatan sentiasa sama selain memudahkan persampelan.



Gambarajah 10: Contoh tempat pengumpulan kumbahan.

## B. Pengasingan kumbahan (*manure separation*)

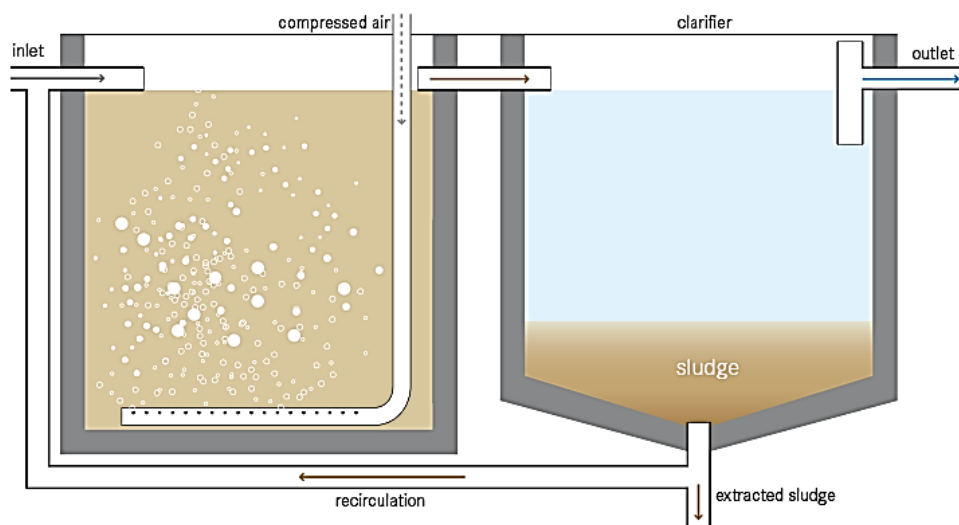
Sisa kumbahan daripada pengumpulan kumbahan (*manure pit*) kemudian boleh diasingkan menggunakan pengasing kumbahan (*manure separation*) yang dapat mengasingkan sisa pepejal dan cecair. Ia boleh dibina menggunakan tangki atau menggali lubang dan menutup keliling lubang dengan simen atau plastik supaya kumbahan tidak meresap ke tanah. Enapcemar atau *sludge* yang dihasilkan boleh dimasukkan ke dalam tangki pencerna anaerobik (*anaerobic digester*) untuk penghasilan biogas. Sisa cecair pula akan disalurkan ke *dalam* tangki aerobik sebagai efluen. Contoh pengasingan kumbahan adalah seperti di dalam Gambarajah 11.



Gambarajah 11: Pengasingan kumbahan

## C. Tangki atau kolam aerobik (*aerobic tank or pond*)

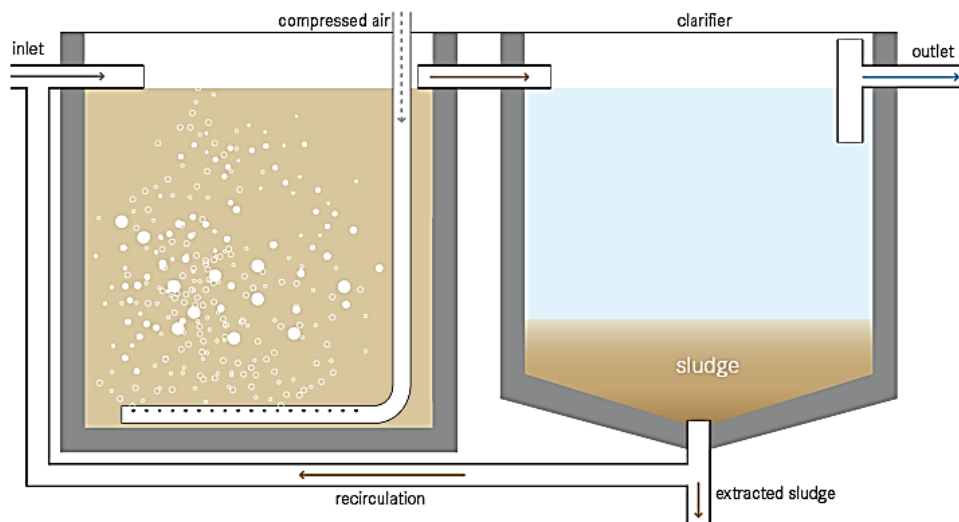
Efluen dari proses pengasingan kumbahan tersebut pula dialirkan ke dalam tangki/ kolam aerobik (Gambarajah 12). Di dalam proses rawatan ini, sistem mekanikal (seperti *surface aerator* dan *air blower*) boleh dipasang di dalam tangki atau kolam aerobik untuk membekalkan lebih oksigen kepada mikroorganisma. Kelebihan sistem ini berbanding kolam anaerobik adalah sistem ini tidak menghasilkan bau dan menghasilkan efluen yang lebih berkualiti.



Gambarajah 12: Contoh tangki aerobik (kiri)

D. Tangki atau kolam pengenangan (*settling tank or pond*)

Efluen daripada sistem rawatan aerobik seterusnya dimasukkan ke dalam tangki atau kolam pengenangan untuk mengurangkan jumlah pepejal terampai di dalam efluen. Gambarajah 13 menunjukkan contoh kolam pengenangan yang digunakan di dalam sistem rawatan efluen dan air sisa.



Gambarajah 13: Contoh tangki pengenangan (kanan)

E. Tanah lembap buatan (*wetland*)

Efluen daripada kolam aerobik kemudian boleh dirawat dengan lebih lanjut menggunakan sistem rawatan tanah lembap buatan atau *constructed wetland treatment system* (Gambarajah 14) sebelum dilepaskan ke sistem peparitan. Di dalam sistem *wetland*, tumbuh-tumbuhan yang hidup di tanah lembap seperti vertiver, keladi bunting

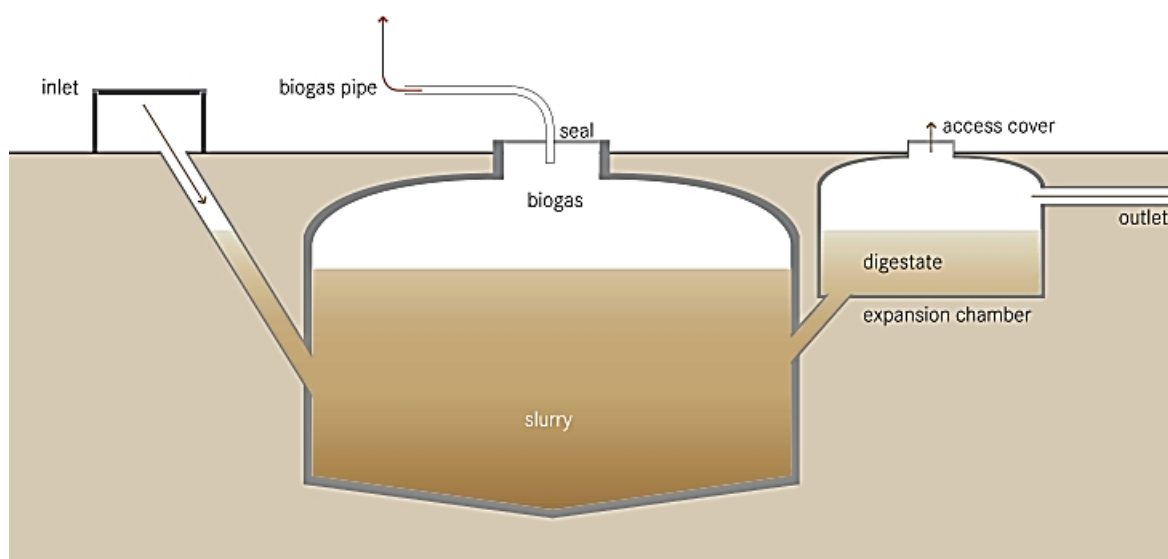
(*Eichornia crassipes*) dan lain-lain digunakan untuk merawat efluen. Tumbuh-tumbuhan ini akan menyerap ammonia, fosforus dan logam yang terdapat di dalam efluen sebagai nutrien, sekaligus dapat mengurangkan kandungan ammonia, fosforus dan logam di dalam efluen.



Gambarajah 14: Contoh sistem rawatan tanah lembap buatan

#### F. Tangki pencerna anaerobik (*anaerobic tank*)

Enapcemar yang diasingkan di dalam tangki pengasingan serta tangki pegenapan kemudiannya dimasukkan ke dalam sistem pencernaan anaerobik atau dikenali sebagai *anaerobic digestion system* seperti di dalam Gambarajah 15. Di dalam *digester* ini, mikrob melakukan proses fermentasi dan menghasilkan biogas dalam keadaan anaerobik berdasarkan kesesuaian suhu, kandungan kelembapan dan keasidan. Komponen utama biogas ialah metana,  $\text{CH}_4$  (60 – 70%) dan karbon dioksida,  $\text{CO}_2$ . Selain daripada itu, biogas juga mengandungi sedikit hidrogen sulfida, nitrogen, hidrogen dan karbon monoksida. Sistem pencernaan anaerobik ini dapat menghilangkan masalah bau kerana bau busuk daripada ladang adalah berpunca daripada metana. Di dalam sistem ini, gas metana disimpan dan tidak dilepaskan ke udara. Enapcemar yang dihasilkan di dalam tangki pencerna anaerobik kemudian digunakan sebagai baja kompos bagi tanaman peternak.



Gambarajah 15: Contoh sistem pencernaan anaerobik

### G. Penyimpanan biogas (*biogas storage*)

Gas metana yang terhasil di dalam tangki pencerna anaerobik boleh disimpan di dalam tempat simpanan bertekanan rendah seperti belon (Gambarajah 16) yang dibuat dari bahan tahan hakisan hidrogen sulfida,  $H_2S$  seperti *high-density polyethylene* (HDPE), *low-density polyethylene* (LDPE), *linear low density polyethylene* (LLDPE), dan *chlorosulfonated polyethylene covered polyester*. Ketebalan lapisan belon ini biasanya di dalam lingkungan 0.5 to 2.5 millimeters. Biogas yang terhasil boleh digunakan untuk menjana tenaga elektrik jika biogas yang dihasilkan cukup banyak. Jika biogas yang dihasilkan adalah rendah, maka adalah dinasihatkan untuk menggunakan biogas terhasil sebagai bahan bakar atau dibakar begitu sahaja untuk mengelakkan pencemaran. Tenaga elektrik yang dihasilkan boleh digunakan untuk keperluan ladang atau dijual kepada pembekal tenaga elektrik.



Gambarajah 16: Contoh penyimpanan biogas

(Sumber: [https://www.alibaba.com/product-detail/High-Quality-PVC-Tarpaulin-Biogas-Balloon\\_60104043128.html](https://www.alibaba.com/product-detail/High-Quality-PVC-Tarpaulin-Biogas-Balloon_60104043128.html))



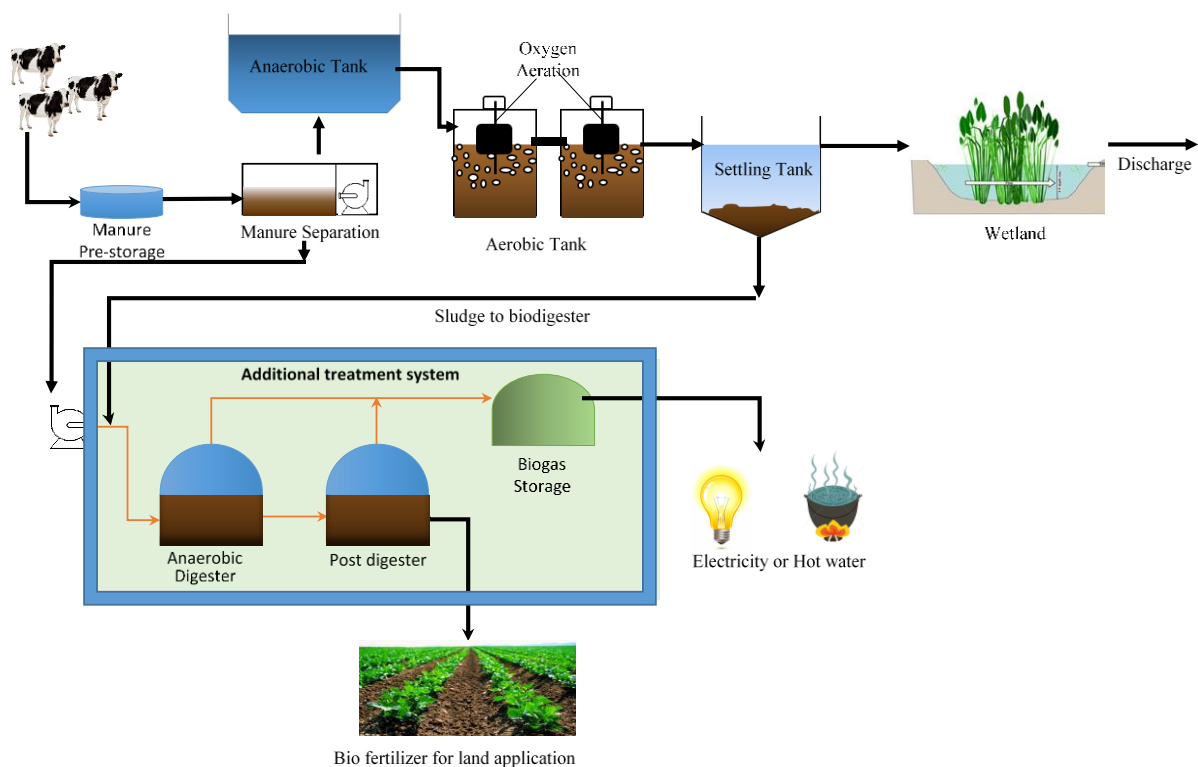
## **Manual Operasi Sistem Pengolahan Efluen (SPE) Secara Am**

## 2.1 Komponen utama dan fungsi alatan

Rekabentuk sistem rawatan efluen yang dicadangkan mempunyai komponen utama, seperti ilustrasi dalam Gambarajah 17.

1. Tangki simpanan najis lembu – *manure storage*
2. Tangki pengasingan najis lembu – *manure separation*
3. Tangki anaerobik – *anaerobic tank*
4. Tangki aerobik – *aerobic tank*
5. Tangki pemendapan – *settling tank*
6. Tanah lembap buatan – *wetland*
7. Tangki pencerna anaerobik – *anaerobic digester*

Semua tangki, proses dan komponen utama SPE dihuraiakan secara terperinci di seksyen 2.2 selepas ini.



Gambarajah 17: Komponen utama sistem rawatan efluen, kombinasi sistem daripada sistem yang dicadangkan untuk peladang kecil, sederhana dan besar. Sistem pengolahan tambahan seperti sistem biogas (kotak biru) disarankan dipasang untuk mendapat efluen yang lebih berkualiti.

## 2.2 Cara pengoperasian loji pengolahan efluen

### 2.2.1 Sistem rawatan efluen

Efluen perlu dirawat melalui sistem pengolahan efluen sebelum dilepaskan ke sistem peparitan. Efluen adalah segala bentuk cecair dari najis haiwan, dan air basuhan dari kegiatan harian ladang. Sistem pengolahan efluen bagi lembu tenusu, lembu pedaging dan kerbau yang dicadangkan terdiri daripada komponen berikut:

#### A. Pra-pengumpulan kumbahan (*Pre-manure storage*)

##### Deskripsi:

Sebuah tangki untuk tujuan pengumpulan utama setempat bagi segala bentuk najis haiwan dan juga air basuhan kandang. Tangki disediakan dengan skrin sampah (lihat Gambarajah 18).

##### Operasi:

Sisa kumbahan dari ladang ternakan disalurkan terlebih dahulu ke dalam tangki pengumpulan kumbahan atau *manure pre-storage*. Ini untuk memastikan sisa yang terkumpul adalah sebati dan memastikan kepekatan sisa yang memasuki sistem rawatan sentiasa sama selain memudahkan persampelan. Tangki simpanan juga mempunyai skrin penapis untuk mengasingkan sisa pepejal lain seperti kayu, batu-batuan, tulang dan lain-lain daripada memasuki tangki tersebut.



Gambarajah 18: Tangki pra-pengumpulan (dengan skrin)

#### B. Pengasingan kumbahan (*manure separation*)

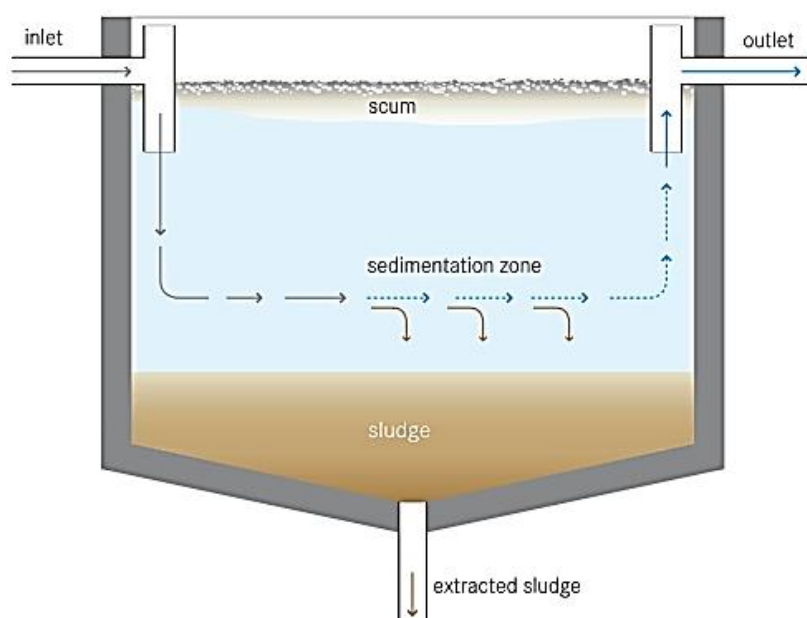
##### Deskripsi:

Sebuah tangki yang berupaya memisahkan kumbahan pepejal (*manure*) dalam efluen secara pemendapan graviti selama beberapa jam (rujuk Gambarajah 19). Proses ini dapat

mengurangkan beban pencemar dalam efluen, dan cara yang terbaik untuk mengumpulkan keseluruhan pepejal bagi tujuan guna semula di dalam tangki pencerna anaerobik .

### Operasi:

Sisa kumbahan daripada tangki pra-pengumpulan kumbahan kemudian diasingkan menggunakan tangki pengasingan kumbahan (*manure separation tank*) yang dapat mengasingkan sisa pepejal dari cecair. Kebiasaannya masa tahanan adalah melebihi 3 jam. Enapcemar atau *sludge* yang dihasilkan di bahagian bawah tangki itu akan dipamkan ke dalam tangki pencerna anaerobik (*anaerobic digester*) untuk penghasilan biogas. Sisa cecair di bahagian atas tangki pula mengandungi bahan organik pencemar dan akan disalurkan ke tangki anaerobik-aerobik untuk tujuan rawatan seterusnya. Pastikan aliran efluen ke dalam tangki ini lancar dan sisihkan segala bentuk pepejal terapung seperti daun, rumput, dan mungkin enapcemar yang terapung.



Gambarajah 19: Tangki pengasingan kumbahan (contoh)

### C. Tangki Anaerobik (*anaerobic tank*)

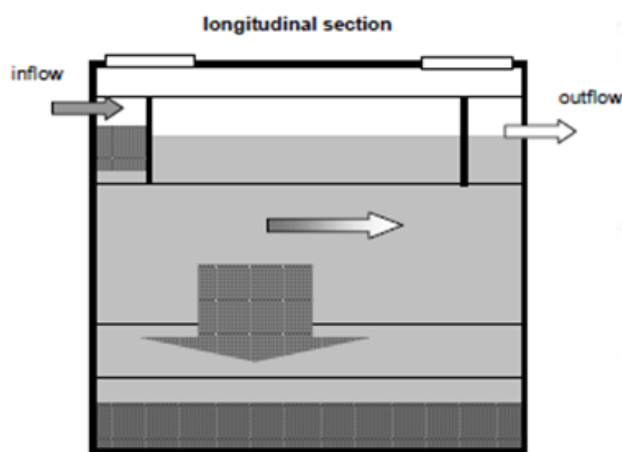
#### Deskripsi:

Sebuah tangki yang disediakan untuk menahan efluen selama 24 jam bagi tujuan penurunan kadar organik BOD dan TSS (rujuk Gambarajah 20). Tangki anaerobik amat berkesan jika populasi haiwan tenusu berskala besar disebabkan oleh pemendapan TSS dan sebahagian BOD dihakis di peringkat ini.

#### Operasi:

Efluen daripada proses pengasingan kumbahan kemudian disalurkan ke dalam tangki anaerobik (*anaerobic tank*). Di dalam tangki tersebut, kandungan bahan organik yang tinggi menyebabkan tiada zon aerobik wujud. Mikroorganisma semulajadi dalam efluen jenis

anaerobik bertindak menguraikan bahan organik melalui pencernaan anaerobik tanpa kehadiran oksigen. Tangki ini bukan sahaja bertujuan untuk menghasilkan biogas, ianya dapat membantu prestasi proses aerobik yang akan berlaku selepas ini. Dengan adanya tangki anaerobik, penggunaan udara (oksigen) di tangki aerobik semakin kecil dan dapat menjimatkan operasi untuk jangka masa lama. Pengumpulan enapcemar di bawah tangki perlu dipantau secara berkala, dan dikeluarkan dari tangki anaerobik ke *biodigester* setiap 3 bulan.



Gambarajah 20: Tangki anaerobik (Contoh)

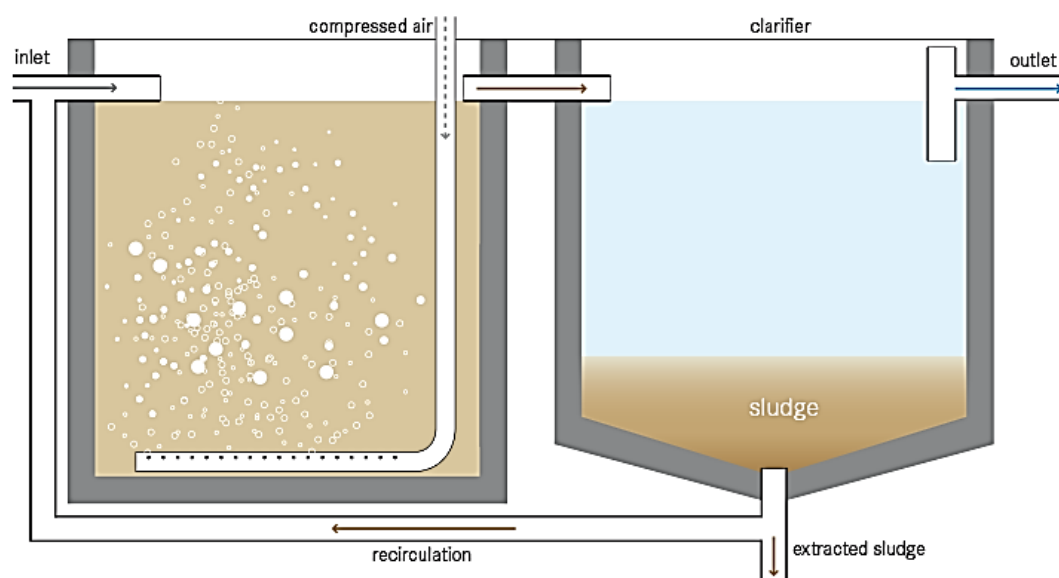
#### D. Tangki Aerobik (*aeration tank*)

##### Deskripsi:

Sebuah tangki yang amat penting untuk tujuan pemusnahan bahan organik, BOD dalam efluen. Tangki ini mengandungi penyembur udara (*diffuser*) yang akan mengepam oksigen setiap masa melalui satu alatan penghembus (*blower*) udara. Masa tahanan untuk tangki ini biasanya 24 jam, dan mikroorganisma dibiar membiak dengan subur di dalamnya.

##### Operasi:

Efluen daripada tangki anaerobik kemudian disalurkan ke dalam tangki aerobik (*aerobic tank*) (Gambarajah 21). Di dalam proses rawatan ini, sistem mekanikal seperti *air blower* dipasang dan aliran udara dilepaskan ke dalam tangki untuk membekalkan oksigen kepada mikroorganisma. Pastikan takat oksigen di dalam tangki aerobik melebihi 2 mg/L setiap masa. Bakteria di dalam tangki tersebut (tangki kiri dalam Gambarajah 21) akan bersama-sama menstabilkan bahan organik secara aerobik. Pastikan kepekatan bakteria dalam tangki mencapai 2000 – 3000 mg/L (diukur dalam skala pepejal terampai, MLSS). Pengudaraan boleh mengurangkan bau busuk yang biasanya terhasil dari kolam anaerobik. Kelebihan sistem ini berbanding kolam anaerobik adalah sistem ini tidak menghasilkan bau dan menghasilkan efluen yang lebih berkualiti.



Gambarajah 21: Tangki aerobik (kiri)

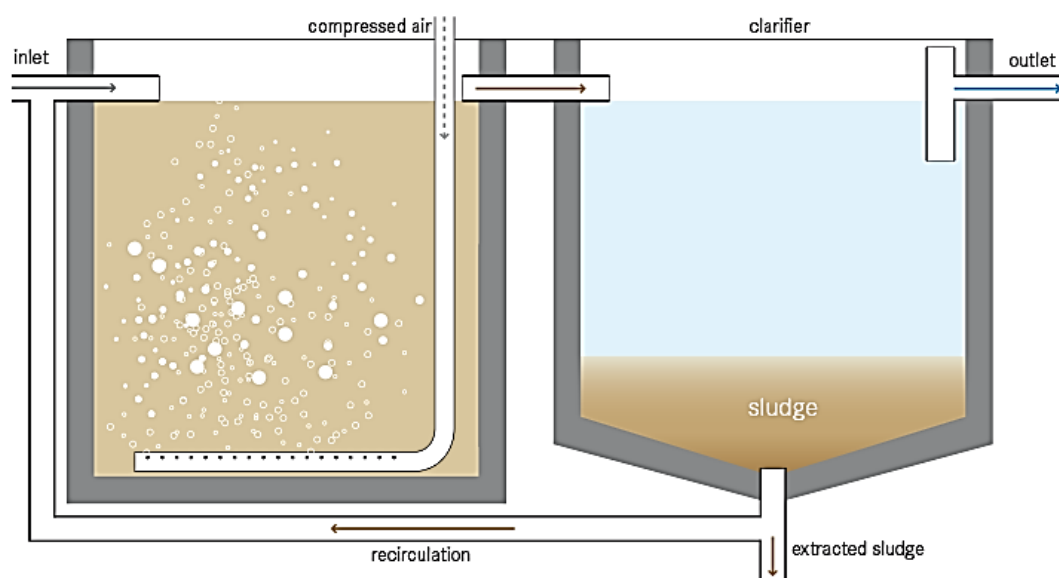
#### E. Tangki penganapan (*settling tank*)

##### Deskripsi:

Sebuah tangki yang menghasilkan efluen jernih, terawat tanpa pepejal terampai, seperti di dalam Gambarajah 22. Proses pemendapan berlaku secara graviti, bakteria yang aktif dikumpulkan dan dikitar semula ke dalam tangki aerobik bagi tujuan rawatan berterusan yang berkesan. Masa tahanan biasanya adalah melebihi 3 jam. Pada kebiasaannya, takat BOD efluen terawat mencapai 20 mg/L.

##### Operasi:

Seterusnya, efluen daripada sistem rawatan aerobik dimasukkan ke dalam tangki penganapan (*settling tank*) untuk mengurangkan jumlah pepejal terampai di dalam efluen. Melalui tangki ini, sisa cecair iaitu efluen akan mencapai takat piawaian A dan boleh disalurkan ke *wetland* buatan manakala enapcemar akan dimasukkan ke dalam tangki pencerna anaerobik (*anaerobic digester*). Pastikan enapcemar terkumpul di dasar tangki dipam semula ke tangki aerobik untuk mendapat MLSS melebihi 2000 mg/L. Jika tangki aerobik MLSS sudah mencapai 2000 mg/L, maka enapcemar selebihnya perlu dipam ke tangki *biodigester*.



Gambarajah 22: Tangki Pengeapan (kanan)

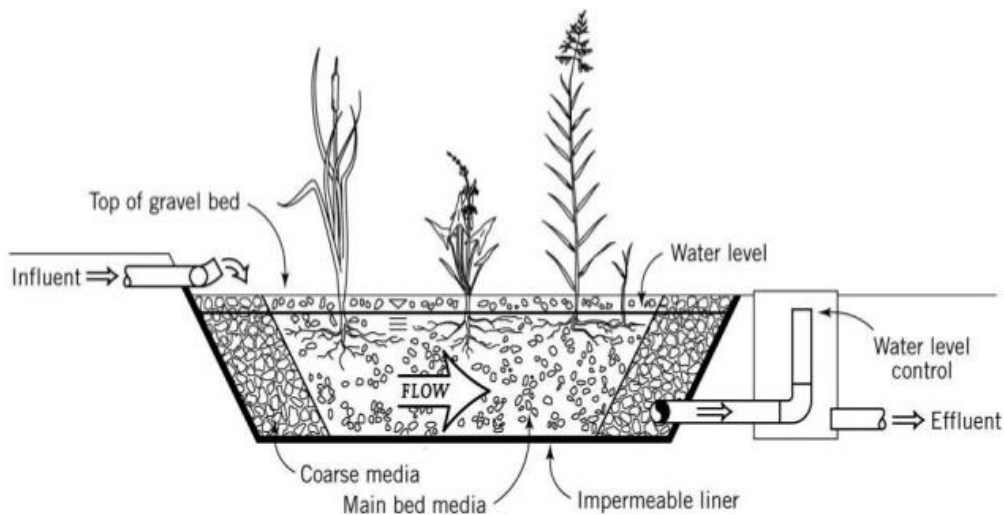
#### F. *Wetland* buatan (*constructed wetland*)

##### Deskripsi:

Satu proses yang mengandungi kolam terbuka dan di dalamnya ada tumbuhan pohon *wetland*, jenis rumput vetiver. Fungsi *wetland* adalah untuk menyempurnakan rawatan efluen bagi mendapatkan air bersih yang boleh diguna semula. Pohon *wetland* menyerap bahan organik, terutama sekali bahan ammonia dan fosfat supaya tidak berlaku pencemaran ammonia di kawasan hiliran ladang ternakan. Reka bentuk *wetland* adalah aliran mendatar di permukaan (*horizontal surface flow*), seperti di dalam Gambarajah 23.

##### Operasi:

Efluen daripada tangki pengeapan kemudian dirawat dengan menggunakan sistem rawatan tanah lembap buatan (*wetland treatment system*) sebelum dilepaskan ke dalam sistem peparitan. Di dalam sistem *wetland*, tumbuh-tumbuhan yang hidup di tanah lembap seperti *vertiver grass* digunakan untuk merawat efluen. Tumbuhan ini dapat mengurangkan kandungan ammonia, *phosphorus* dan logam di dalam efluen dengan menggunakan bahan-bahan ini sebagai nutrien. Penanaman pohon vetiver biasanya menggunakan pohon semaian berumur 1 bulan, supaya akar sudah terbentuk dan senang untuk pohon hidup. Masa tahanan selama 1 hari sudah mencukupi untuk *wetland*, bertujuan untuk menjernihkan efluen dan air yang terawat sesuai dikitar semula untuk aktiviti pembersihan ladang dan kegunaan haiwan. Cara operasi *wetland* amat mudah, pohon perlu dipastikan hidup subur, di mana dalam masa 1-2 minggu yang pertama, sedikit baja organik dicampurkan supaya pohon terus subur dalam air. Pohon vetiver dijangka tumbuh menegak dalam 1m selepas 4-6 bulan operasi, dan pastikan pemotongan daun vetiver dibuat secara berkala untuk tujuan kemas dan mengelakkan kolam *wetland* tertutup.



Gambarajah 23: *Wetland* buatan (contoh)

### G. Panel kawalan (*control panel*)

#### Deskripsi:

Sebuah panel yang mengandungi suis, pendawaian, dan alat kawalan lain untuk tujuan operasi loji. Kawalan pam, motor, dan alatan mekanikal lain dibuat secara berkesan dan dipantau melalui indikator lampu amaran (rujuk Gambarajah 24).

#### Operasi:

Operasi loji dikawal oleh alat pemasa, geganti dan suis aras. Loji boleh dihidupkan dan diberhentikan melalui suis di panel kawalan ini. Tekan suis *ON* atau *OFF* untuk alatan berkenaan. Pastikan lampu hijau menyala sepanjang masa beroperasi, dan sambil memantau lampu indikator berwarna merah tidak menyala. Alat ganti bagi panel kawalan ini mudah diperolehi di pasaran tempatan dan juruelektrik boleh menggantikannya dengan mudah.



Gambarajah 24: Panel Kawalan

## 2.2.2 Sistem biogas

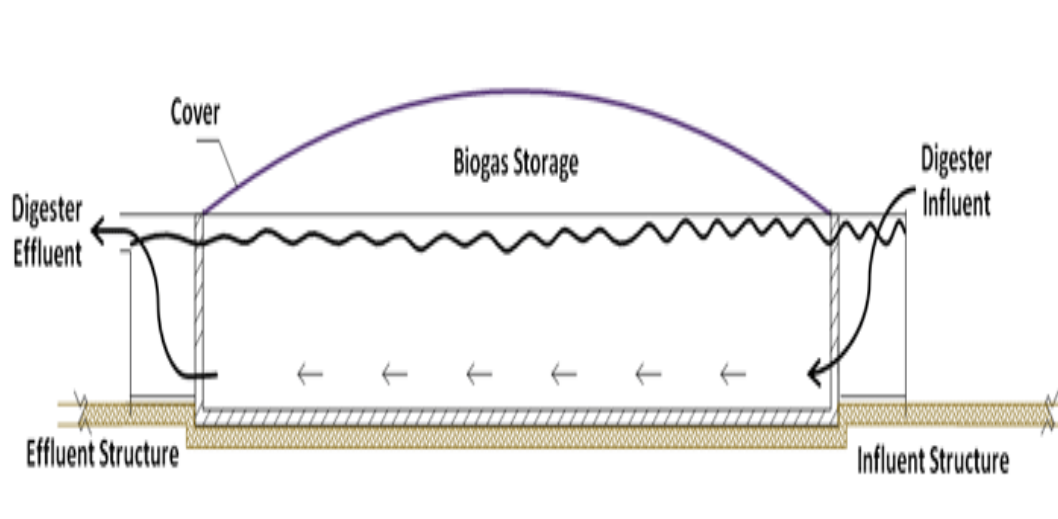
### A. Tangki pencerna anaerobik (*anaerobic digester tank*)

#### Deskripsi:

Tangki pencerna anaerobik atau lebih dikenali dengan panggilan *biodigester* adalah sebuah tangki yang mengumpulkan pepejal enapcemar (*manure*) untuk di fermentasi secara anaerobik (tanpa oksigen) (lihat Gambarajah 25). Kaedah ini adalah semula jadi dan tidak memerlukan bantuan udara. Kebiasaannya, reka bentuk tangki pencerna anaerobik memerlukan masa tahanan 20-25 hari, dan biogas terhasil secara harian. Biogas mengandungi kira-kira 60% metana dan selebihnya 40% karbon dioksida. Selain daripada itu, biogas juga mengandungi sedikit hidrogen sulfida, dan nitrogen. Biogas terhasil boleh disalurkan terus pada dapur masak dan digunakan secara langsung di ladang.

#### Operasi:

Enapcemar yang diasingkan di dalam tangki pengasingan serta tangki penganapan kemudiannya dipamkan ke dalam sistem pencernaan anaerobik atau dikenali sebagai *biodigester system*. Di dalam *biodigester* ini, mikrob melakukan proses fermentasi dan menghasilkan biogas dalam keadaan anaerobik berdasarkan kesesuaian suhu, kandungan kelembapan dan keasidan. Komponen utama biogas ialah metana,  $\text{CH}_4$  (60 – 70%) dan karbon dioksida,  $\text{CO}_2$ . Sistem pencernaan anaerobik ini dapat menghilangkan masalah bau kerana bau busuk enapcemar di kumpulkan dalam *biodigester*. Di dalam sistem ini, gas metana terhasil secara harian disimpan di dalam beg biogas plastik atau getah, dan tidak dilepaskan ke udara. Enapcemar yang terawat di dalam tangki pencerna anaerobik kemudian disalurkan ke dalam tangki pasca pencerna untuk tujuan *polishing*.



Gambarajah 25: Tangki pencerna anaerobik (*biodigester*)

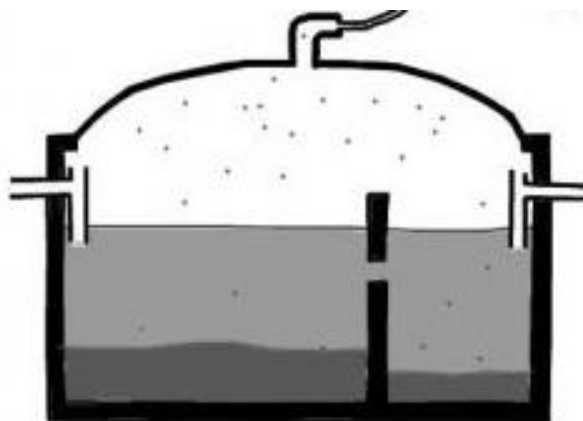
## B. Tangki pasca pencerna (*post digester tank*)

### Deskripsi:

Sebuah tangki yang lebih kecil dari *biodigester* berfungsi untuk menstabilkan bahan organik selepas *biodigester* bagi tujuan gunasemula enapcemar sebagai bio-baja (rujuk Gambarajah 26). Tangki ini diadakan selepas *biodigester*, di mana proses ini dapat menghapuskan bakteria dalam enapcemar supaya lebih sesuai bagi aplikasi baja di ladang.

### Operasi:

Enapcemar dari sistem pencernaan anaerobik dimasukkan ke dalam tangki selepas pencerna. Fungsi tangki ini adalah untuk menstabilkan lagi enapcemar yang terhasil sebelum dilepaskan keluar. Di dalam tangki ini, gas metana disimpan dan tidak dilepaskan ke udara. Enapcemar yang dihasilkan di dalam tangki pencerna anaerobik kemudian digunakan sebagai baja kompos bagi tanaman penternak.



Gambarajah 26: Tangki pasca pencerna anaerobik (contoh)

## C. Penyimpanan gas (*gas holder*)

### Deskripsi:

Tangki penyimpanan biogas boleh dibuat dalam berbagai bentuk, samada bentuk tangki, selinder atau pun belon. Gas metana yang terhasil di dalam tangki pencerna anaerobik disimpan di dalam alat simpanan bertekanan rendah seperti belon yang dibuat dari bahan tahan hakisan hidrogen sulfida,  $H_2S$  seperti *high-density polyethylene (HDPE)*, *low-density polyethylene (LDPE)*, *linear low density polyethylene (LLDPE)*, dan *chlorosulfonated polyethylene covered polyester*. Biogas terhasil secara harian perlu dikumpulkan secara efisien untuk tujuan aplikasi diladang, samada sebagai bahan bakar atau pun penjanaan elektrik. Contoh tangki penyimpanan biogas boleh dirujuk dari Gambarajah 27.

### Operasi:

Biogas yang terhasil boleh digunakan untuk menjana tenaga elektrik jika biogas yang dihasilkan cukup banyak. Jika biogas yang dihasilkan adalah rendah adalah dinasihatkan untuk menggunakan biogas sebagai alat pemanas atau dibakar begitu sahaja untuk

mengelakkan pencemaran. Tenaga elektrik yang dihasilkan boleh digunakan untuk keperluan ladang atau dijual kepada pembekal tenaga elektrik. Pemantauan biogas boleh dibuat secara manual, melihat belon berkembang dan juga tekanan biogas di meter. Pengeluaran biogas setiap hari boleh direkod dengan menggunakan meter biogas.



Gambarajah 27: Penyimpanan biogas berupa belon (contoh)

### 2.2.3 Pengawalan peralatan

Secara umumnya, kawalan terhadap loji dapat dibuat secara manual dan tidak perlu kawalan automatik. Hanya pam aliran efluen mentah beroperasi secara automatik mengikut takat air dalam tangki pengumpulan utama. Berikut adalah Jadual 1 contoh kawalan bagi kegunaan operator.

Jadual 1: Contoh kawalan peralatan untuk operator

No.	Peralatan	Mode	Kawalan	Catatan
1	Pam pemindahan air sisa mentah no.1 & 2 (Tangki pra-pengumpulan kumbahan)	Auto	Sensor Aras	- Apabila air mencapai tahap yang ditetapkan - Selang-seli - Beroperasi dalam 24 jam - Apabila tangki kosong
		Manual		
2	Pam pemindahan enapcemar no.1, 2, 3 & 4 (Tangki pengasingan kumbahan)	Manual	Suis	- Di tangki pemisahan tinja & tangki penganapan - Beroperasi dalam 10 minit
3	Pam penyemburan enapcemar (Tangki pasca pencerna)	Manual	Suis	- Apabila enapcemar mencapai tahap yang ditetapkan - Beroperasi dalam 30 minit
4	Air blower mentah no. 1 & 2 (Tangki aerobik)	Auto	Pemasa	- Beroperasi dalam 24 jam - Selang-seli dalam 30 minit

5	Pam enapcemar ( <i>recycle sludge</i> ) (Tangki aerobik)	Manual	Suis	- Apabila enapcemar mencapai tahap yang ditetapkan - Beroperasi dalam 15 minit
6	Pam biogas (Dapur pemanas)	Manual	Suis	- Apabila hendak menggunakan gas - Apabila tekanan gas mencapai tahap yang ditetapkan

## 2.2.4 Senarai semak operasi

Borang senarai semak seperti di dalam Gambarajah 28 dan 29 boleh digunakan sebagai contoh untuk Operasi dan Penyelenggaraan (*Operation and Maintenance*).

**SUBJEK: PEMERIKSAAN SENARAI SEMAK  
(ALATAN MEKANIKAL)**

Operator:

Tarikh:

Masa:

No.	ITEM / UNIT PROSES	Kuantiti	STATUS		Catatan
			BAIK	TIDAK BAIK	
<b>1.0</b>	<b>KOMPONEN UTAMA</b>				
1.1	Penapis Kasar Mekanikal ( <i>Screener</i> )	1			
1.2	Pam Pemindahan ( <i>Transfer Pump</i> ) No.1	1			
1.3	Pam Pemindahan ( <i>Transfer Pump</i> ) No.2	1			
1.4	Pam Pemindahan Enapcemar ( <i>Sludge Transfer Pump</i> ) No.1	1			
1.5	Pam Pemindahan Enapcemar ( <i>Sludge Transfer Pump</i> ) No.2	1			
1.6	Pam Pemindahan Enapcemar ( <i>Sludge Transfer Pump</i> ) No.3	1			
1.7	Pam Pemindahan Enapcemar ( <i>Sludge Transfer Pump</i> ) No.4	1			
1.8	Pam Penyemburan Enapcemar ( <i>Sprinkle Pump</i> )	1			
1.9	Penyembur Udara ( <i>Air Blower</i> ) No.1	1			
1.10	Penyembur Udara ( <i>Air Blower</i> ) No.2	1			
1.11	Injap sehalah ( <i>Check Valve</i> ) No.1	1			
1.12	Injap sehalah ( <i>Check Valve</i> ) No.2	1			
1.13	Injap sehalah ( <i>Check Valve</i> ) No.3	1			
1.14	Injap sehalah ( <i>Check Valve</i> ) No.4	1			
1.15	Injap sehalah ( <i>Check Valve</i> ) No.5	1			
1.16	Injap sehalah ( <i>Check Valve</i> ) No.6	1			
1.17	Injap sehalah ( <i>Check Valve</i> ) No.7	1			
1.18	Tangga ( <i>Cat Ladder</i> )	LS			
1.19	Pam Biogas ( <i>Biogas pump</i> )	1			
<b>2.0</b>	<b>METER KADAR ALIR EFLUEN</b>	1			
2.1	Periksa fungsi dan kalibrasi				
2.2	Catatan Bacaan ( <i>incoming</i> )				

<b>3.0</b>	<b>PANEL KAWALAN</b>	1			
3.1	Periksa fungsi				
3.2	Periksa bekalan kuasa				
3.3	Periksa Pelabelan				

CATATAN:	
Diperiksa oleh:  ..... Nama : Tarikh :	Disaksikan oleh:  ..... Nama : Tarikh :

Gambarajah 28: Contoh borang senarai semak alatan mekanikal

**SUBJEK: PEMERIKSAAN SENARAI SEMAK SISTEM UTAMA**

Tarikh :  
Masa :

No.	ITEM/UNIT PROSES	STATUS		CATATAN
		BAIK	TIDAK BAIK	
<b>1.0</b>	<b>PRA-PENGUMPULAN KUMBAHAN</b>			
1.1	Pastikan tangki tidak bocor dan kumbahan tidak melimpah			
1.2	Luaran bersih			
1.3	Laluan paip enapcemar			
<b>2.0</b>	<b>PENGASINGAN KUMBAHAN</b>			
2.1	Pastikan tangki tidak bocor dan kumbahan tidak melimpah			
2.2	Luaran tangki bersih			
2.3	Laluan paip enapcemar			
<b>3.0</b>	<b>TANGKI ANAEROBIK 1&amp;2</b>			
3.1	Pastikan tangki tidak bocor dan kumbahan tidak melimpah			
3.2	Luaran tangki bersih			
3.3	Laluan paip enapcemar			
<b>4.0</b>	<b>TANGKI AEROBIK 1&amp;2</b>			
4.1	Pastikan tangki tidak bocor dan kumbahan tidak melimpah			
4.2	Luaran tangki bersih			
4.3	Laluan paip enapcemar			
4.4	Pastikan <i>air blower</i> menghasilkan buih udara			
<b>5.0</b>	<b>TANGKI PENGENAPAN</b>			
5.1	Pastikan tangki tidak bocor dan kumbahan tidak melimpah			
5.2	Luaran tangki bersih			
5.3	Laluan paip enapcemar			
<b>6.0</b>	<b>WETLAND BUATAN</b>			

6.1	Semak keadaan tumbuhan vertiver			
6.2	Luaran <i>wetland</i> tidak dipenuhi semak samun			
6.3	Laluan aliran efluen tidak dipenuhi semak samun			
<b>7.0</b>	<b>TANGKI PENCERNA ANAEROBIK</b>			
7.1	Pastikan tangki tidak bocor dan tiada bau gas			
7.2	Luaran tangki bersih			
7.3	Laluan paip enapcemar			
7.4	Laluan paip gas			
<b>8.0</b>	<b>TANGKI SELEPAS PENCERNA</b>			
8.1	Pastikan tangki tidak bocor dan tiada bau gas			
8.2	Luaran tangki bersih			
8.3	Laluan paip enapcemar			
8.4	Laluan paip gas			
<b>10.0</b>	<b>PENYIMPANAN GAS</b>			
10.1	Pastikan tangki tidak bocor dan tiada bau gas			
10.2	Luaran beg/belon bersih			
10.3	Laluan paip enapcemar			
10.4	Laluan paip gas			
<b>11.0</b>	<b>PANEL KAWALAN</b>			
11.1	Bahagian elektrik			
11.2	Panel pendawaian / sambungan kabel			
11.3	Lampu <i>trip indicator</i>			
11.4	Mod kawalan (Auto)			
11.5	Mod kawalan (Manual)			
11.6	Keadaan Panel / Tahap kebersihan			
<b>15.0</b>	<b>LAIN-LAIN</b>			
15.1	Pagar			
15.2	Perimeter longkang			
15.3	Bau			

CATATAN:

Diperiksa oleh:

.....  
 Nama :  
 Tarikh :

Disaksikan oleh:

.....  
 Nama :  
 Tarikh :

Gambarajah 29: Contoh borang senarai semak sistem utama SPE



## **Pemantauan Prestasi Sistem Pengolahan Efluen (SPE)**

### 3.1 Panduan pemantauan prestasi mudah untuk penternak

Pemantauan prestasi boleh disimpulkan seperti berikut:

- a. **Penyelenggaraan pencegahan** atau rutin untuk mengelakkan kegagalan proses semasa digunakan.
- b. **Pemantauan proaktif** parameter tertentu bagi menyediakan penunjuk diagnostic keadaan proses operasi.

Objektif pemantauan prestasi adalah untuk:

- a. menilai prestasi sistem rawatan
- b. perlindungan kepada alam sekitar
- c. keperluan pengawalseliaan bagi Pemantauan Prestasi (JAS – Peraturan 5 ( 2 ) SIER)
- d. prosedur operasi piawai ( ISO14000 )

### 3.2 Parameter untuk pemantauan prestasi yang ringkas

Bagi mengukur prestasi sistem rawatan air untuk ternakan lembu tenusu, lembu pedaging dan kerbau , parameter yang perlu diuji adalah:

- a. Indeks kealkalian (pH)
- b. Keperluan oksigen biologi atau *biological oxygen demand* (BOD)
- c. Keperluan oksigen kimia atau *chemical oxygen demand* (COD)
- d. Pepejal terampai atau *total suspended solids* (TSS)
- e. *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS)
- f. Oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO)
- g. Indeks isipadu enapcemar atau *Sludge Volume Index* (SVI)
- h. *Ammoniacal Nitrogen* (AN)
- i. *Fecal coliforms*

#### A. Indeks Kealkalian (pH)

pH ialah ukuran untuk ion hidrogen ( $H^+$ ), jumlah ion H yang banyak menjadikannya berasid, sementara kekurangan ion H menjadikannya beralkali. Larutan beralkali akan mempunyai banyak ion hidroksida,  $OH^-$ .

Molekul air, HOH (biasanya ditulis sebagai  $H_2O$ ), mempunyai keupayaan untuk bercerai atau mengion yang sedikit. Dalam air yang betul-betul neutral (tidak berasid dan tidak beralkali) kepekatan ion  $H^+$  dan  $OH^-$  adalah sama. Bagi larutan yang mempunyai nilai pH yang kurang daripada 7, ianya bersifat asid dan pH larutan lebih daripada 7 akan bersifat alkali. Organisma akuatik dan bakteria sangat peka kepada perubahan nilai pH. Dalam nilai pH yang rendah, kehidupan organisma akuatik akan terganggu.

#### B. Keperluan Oksigen Biologi (BOD)

Keperluan oksigen biologi atau *Biological Oxygen Demand* (BOD) adalah jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh organisma biologi aerobik untuk menguraikan bahan organik

di dalam sampel air yang diberikan pada suhu tertentu dalam tempoh masa tertentu. Nilai BOD dinyatakan dalam miligram oksigen yang digunakan per liter sampel (mg/L) semasa 5 hari penderaman pada suhu 20°C dan sering digunakan sebagai pengukur kepada tahap pencemaran organik air. BOD boleh digunakan sebagai ukuran keberkesanan rawatan air.

#### C. Keperluan Oksigen Kimia (COD)

Keperluan oksigen kimia atau *Chemical Oxygen Demand* (COD) biasanya digunakan untuk secara tidak langsung untuk mengukur jumlah sebatian organik di dalam air. Kebanyakan aplikasi COD dapat menentukan jumlah bahan pencemar organik yang terdapat di dalam *surface water* (contoh tasik dan sungai) atau air sisa, menjadikan COD aplikasi yang berguna untuk menentukan kualiti air. Ia dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L), yang menunjukkan jisim oksigen yang digunakan setiap liter larutan.

#### D. Jumlah Pepejal Terampai (TSS)

Jumlah pepejal terampai atau *total suspended solid* (TSS) adalah ukuran pepejal terampai yang larut dalam air. Pepejal terampai boleh ditapis dengan penapis air dan boleh dielakkan keluar dari ruang air apabila halaju aliran adalah rendah. Unit TSS diukur dalam miligram per liter (mg/L).

#### E. *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS)

*Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS) adalah kepekatan pepejal terampai, dalam tangki pengudaraan semasa proses enapcemar diaktifkan di dalam rawatan air sisa. Unit MLSS diukur dalam miligram per liter (mg/L).

#### F. Oksigen terlarut (DO)

Oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO) adalah jumlah oksigen yang terkandung di dalam air. Unit DO diukur dalam miligram per liter (mg/L). Bacaan DO yang baik adalah sekurang-kurangnya **2 mg/L**.

#### G. Indeks isipadu enapcemar (SVI)

Indeks isipadu enapcemar atau *sludge volume index* (SVI) adalah cara pengiraan untuk menjelaskan di dalam bentuk nombor atau unit kebolehan enapcemar untuk termendap. Ia dikira dengan menggunakan *30 minute-sludge volume test* (SV30) dan MLSS dalam unit mililitres per gram (ml/g).

#### H. *Ammoniacal nitrogen* (AN)

*Ammoniacal nitrogen* (AN) adalah cara pengiraan jumlah ammonia yang terkandung di dalam efluen. Unit AN diukur dalam miligram per liter (mg/L). Bacaan AN yang baik adalah kurang daripada **80 mg/L**.

### I. *Fecal coliforms/E.coli*

*Fecal colliforms* adalah bakteria yang biasa dijumpai di persekitaran, makanan dan di dalam usus manusia dan haiwan. Kebiasaannya ia tidak berbahaya tetapi terdapat beberapa *strain fecal colliforms* yang boleh menyebabkan masalah kesihatan. Selain daripada sisa kumbahan haiwan ia juga biasa dijumpai di dalam kumbahan manusia dan dilepaskan dari loji kumbahan seperti loji kumbahan IWK dan seumpamanya pada paras yang selamat. Di dalam rawatan air sisa, *total coliforms*, *fecal coliforms* atau *E.coli* digunakan penunjuk aras untuk menentukan kebersihan air. Ia diukur dalam unit CFU/100mL (*Colony Forming Units per 100 mL*). Bacaan *fecal colliforms* yang disyorkan adalah kurang daripada **300CFU/100mL**.

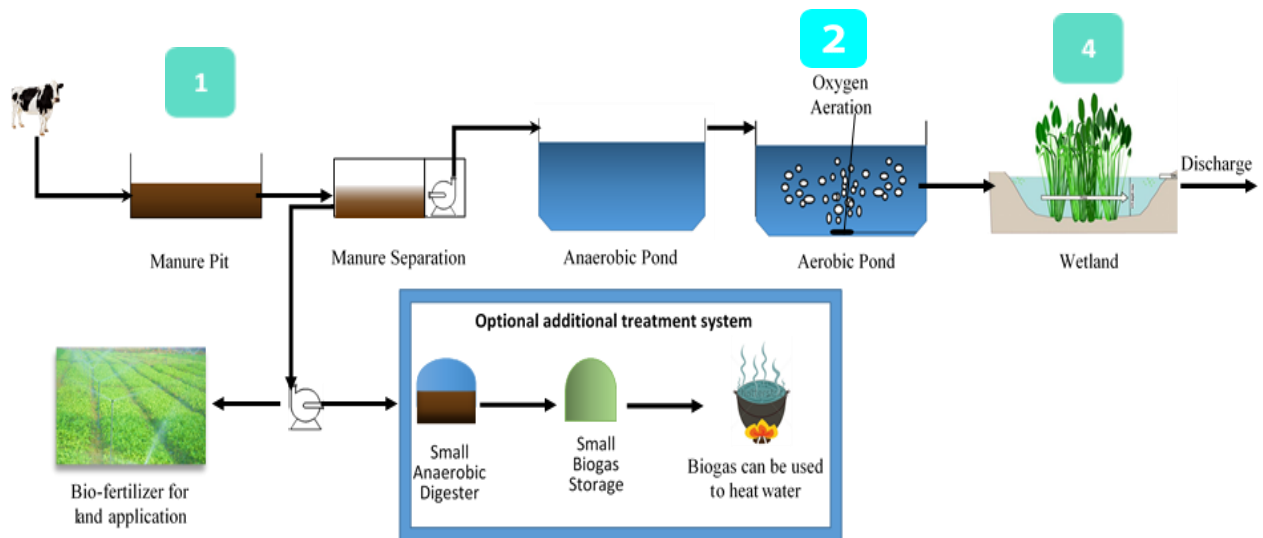
*Fecal colliforms* tidak disyorkan sebagai salah satu parameter di dalam pemantauan kualiti air kerana proses rawatan biasanya menggunakan klorin atau sinar UV memerlukan kos yang besar, di samping itu, perlukan kemahiran untuk menentukan dos yang tepat. Ia akan membebankan para peladang untuk mewajibkan sistem rawatan. Walaubagaimanapun, sekiranya efluen dilepaskan berdekatan dengan punca air minum atau kawasan rekreasi air, parameter ini harus diberi perhatian. Jika berlaku wabak penyakit, bacaan *fecal colliforms* harus dilakukan untuk mengenal pasti tempat punca wabak berlaku.

### 3.3 Tempat persampelan dan parameter analisa

Persampelan perlu dilakukan untuk membantu dalam pemantauan sistem rawatan efluen dan sisa kumbahan dengan berkesan dan efisien bagi mengurangkan pencemaran air dan alam sekitar. Sampel dihantar ke makmal analisa yang diiktiraf untuk memastikan keadaan efluen dirawat dengan cekap dan efisien. Setiap sampel dari setiap titik persampelan akan menjalani analisis parameter-parameter yang ditentukan untuk mencapai dan berada tahap yang dibenarkan mengikut piawaian dari Jabatan Alam Sekitar (JAS). Cadangan tempat sebagai titik persampelan mengikut saiz rawatan adalah seperti berikut:

#### A. Sistem rawatan bersaiz kecil

Pengambilan sampel yang dicadangkan hanya perlu dibuat di dua buah lokasi iaitu di tangki pengumpulan kumbahan dan sampel efluen yang terawat selepas pelepasan dari *wetland* sepertimana yang ditunjukkan di dalam Gambarajah 38.



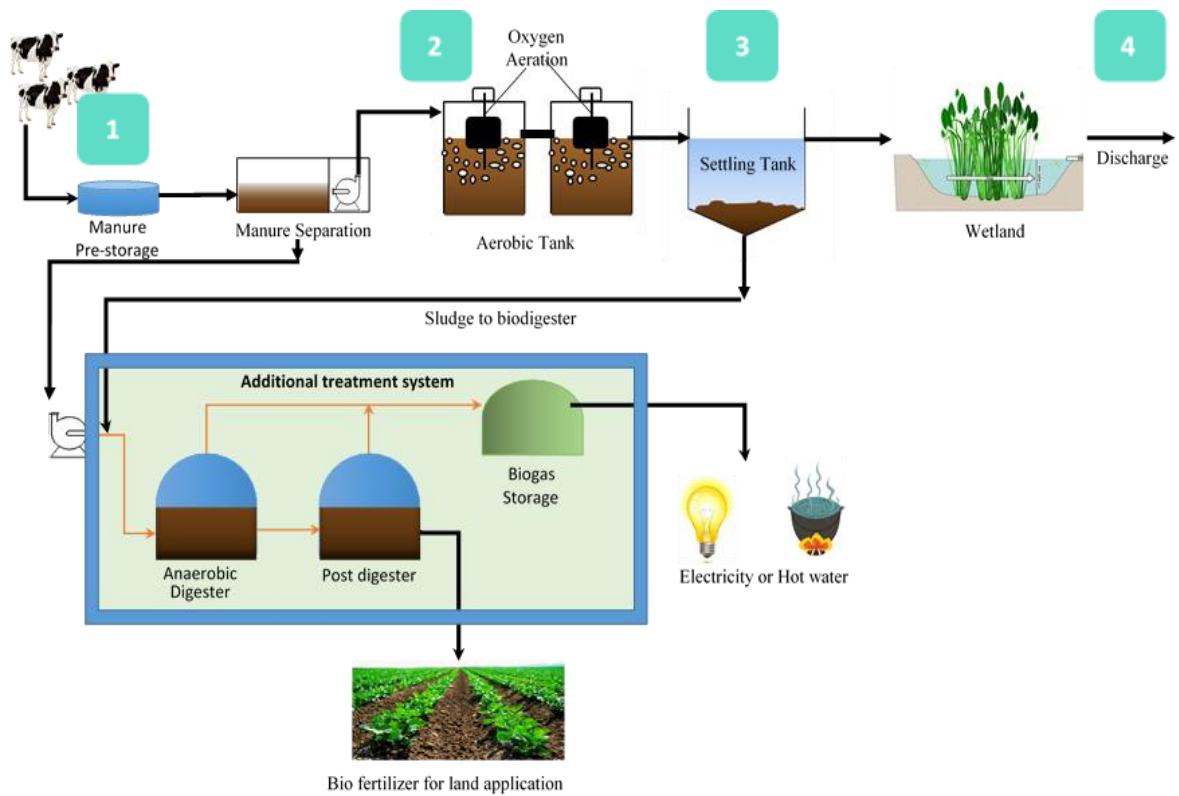
Gambarajah 30: Titik persampelan bagi sistem rawatan bersaiz kecil penternakan lembu tenusu dan pedaging serta kerbau. Sistem pengolahan tambahan seperti sistem biodigester (kotak biru) boleh dipasang sekiranya penternak mempunyai peruntukan tambahan.

#### B. Sistem rawatan bersaiz sederhana dan besar

Manakala bagi sistem rawatan bersaiz sederhana dan besar, adalah dicadangkan agar pengambilan sampel efluen dijalankan dari empat buah lokasi seperti berikut:

- 1) Pengumpulan kumbahan
- 2) Tangki /kolam aerobik
- 3) Tangki penenapan
- 4) Saluran pelepasan selepas *wetland*

Gambarajah 31 menunjukkan lokasi persampelan sebagaimana yang dinyatakan.



Gambarajah 31: Titik persampelan bagi sistem rawatan bersaiz sederhana dan besar bagi penternakan lembu tenusu dan pedaging serta kerbau yang dicadangkan. Sistem pengolahan tambahan seperti sistem biodigester (kotak biru) boleh dipasang sekiranya penternak mempunyai peruntukan tambahan.

Manakala, maklumat berkenaan parameter analisa yang perlu dijalankan adalah seperti di dalam Jadual 2.

Jadual 2: Maklumat lokasi persampelan dan parameter analisa

Titik persampelan	Lokasi	Parameter analisa	Maklumat
1	Tangki pengumpulan / penyimpanan kumbahan	BOD, COD, pH, AN dan TSS	Untuk mengetahui nilai permulaan bagi setiap parameter yang terkandung di dalam efluen sebelum rawatan dimulakan.
2	Tangki / kolam aerobik	DO, SVI dan MLSS	DO adalah penting untuk mengetahui status keaktifan mikroorganisma aerobik.  MLSS adalah penting untuk mengetahui sama ada kuantiti <i>biomass</i> aktif mencukupi untuk menguraikan bahan pencemar organik yang terdapat di dalam air sisa.
3	Tangki penganapan	BOD, COD, pH,	Parameter ini perlu diuji bagi mengetahui

		dan TSS	keberkesanan sistem rawatan efluen yang dijalankan.
4	Tanah lembap buatan	BOD, COD, pH, AN, TSS dan <i>fecal coliforms/E.coli</i>	Parameter di titik persampelan 4 akan dibandingkan dengan titik persampelan 1 untuk mengetahui keberkesanan sistem rawatan dan memastikan pelepasan efluen mematuhi piawaian yang ditetapkan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS). <i>Fecal coliforms/E.coli</i> adalah digalakkan untuk peladang besar memantau secara berkala untuk mencegah wabak penyakit bawaan air efluen.

Nilai had pelepasan titik persampelan 4 masih di peringkat draf yang disediakan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) di dalam Draf Peraturan Kawalan Pencemaran dari Aktiviti Penternakan dan akan diperhalusi semula. Nilai had pelepasan di 4 adalah bacaan pelepasan akhir (*final discharge*) yang memberikan bacaan terakhir sistem rawatan. Jika sistem tanah lembap buatan (*wetland*) tidak digunakan, maka sampel haruslah diambil selepas tangki penganapan (*settling tank*).

### 3.4 Frekuensi persampelan

Pemantauan prestasi boleh dibahagikan secara berkala dan dijalankan seperti berikut:

- Harian
- Mingguan
- Bulanan

Gambarajah 40 menunjukkan lokasi persampelan, parameter analisa yang ditentukan dan kekerapan sampel diambil bagi setiap titik persampelan. Manakala Jadual 3 menunjukkan bacaan yang disyorkan dan kekerapan sampel perlu diambil untuk tujuan penganalisan.

Contoh *template* borang data pemantauan dan frekuensi persampelan boleh dilihat di bahagian Lampiran sebagai rujukan.

Jadual 3: Parameter analisa dan frekuensi persampelan

Titik Pensampelan	Parameter	Bacaan yang disyorkan * ( <i>recommended range</i> )	Frekuensi persampelan
1	BOD	0.52-1.4 kg/hari-ekor	Bulanan**
	COD	2.3-8.1 kg/hari-ekor	Bulanan**
	pH	6.1-7.7	Harian
	AN	0.13-0.45 kg/hari-ekor	Bulanan**
	TSS	2.7-8.9 kg/hari-ekor	Bulanan**

2	DO	Sekurang-kurangnya 2mg/L	Harian
	MLSS	2000-3000 mg/L	Mingguan***
	SVI	< 100 ml/g	Mingguan***
3	BOD	<20 mg/L	Bulanan
	COD	<200 mg/L	Bulanan
	pH	6.8-7.3	Harian
	TSS	<50 mg/L	Bulanan
4	BOD	<20 mg/L	Bulanan
	COD	<200 mg/L	Bulanan
	pH	<6.8-7.3	Harian
	AN	<80 mg/L	Bulanan
	TSS	<50 mg/L	Bulanan
	<i>Fecal coliforms / E.coli</i>	<300 CFU/100ml	Bulanan****

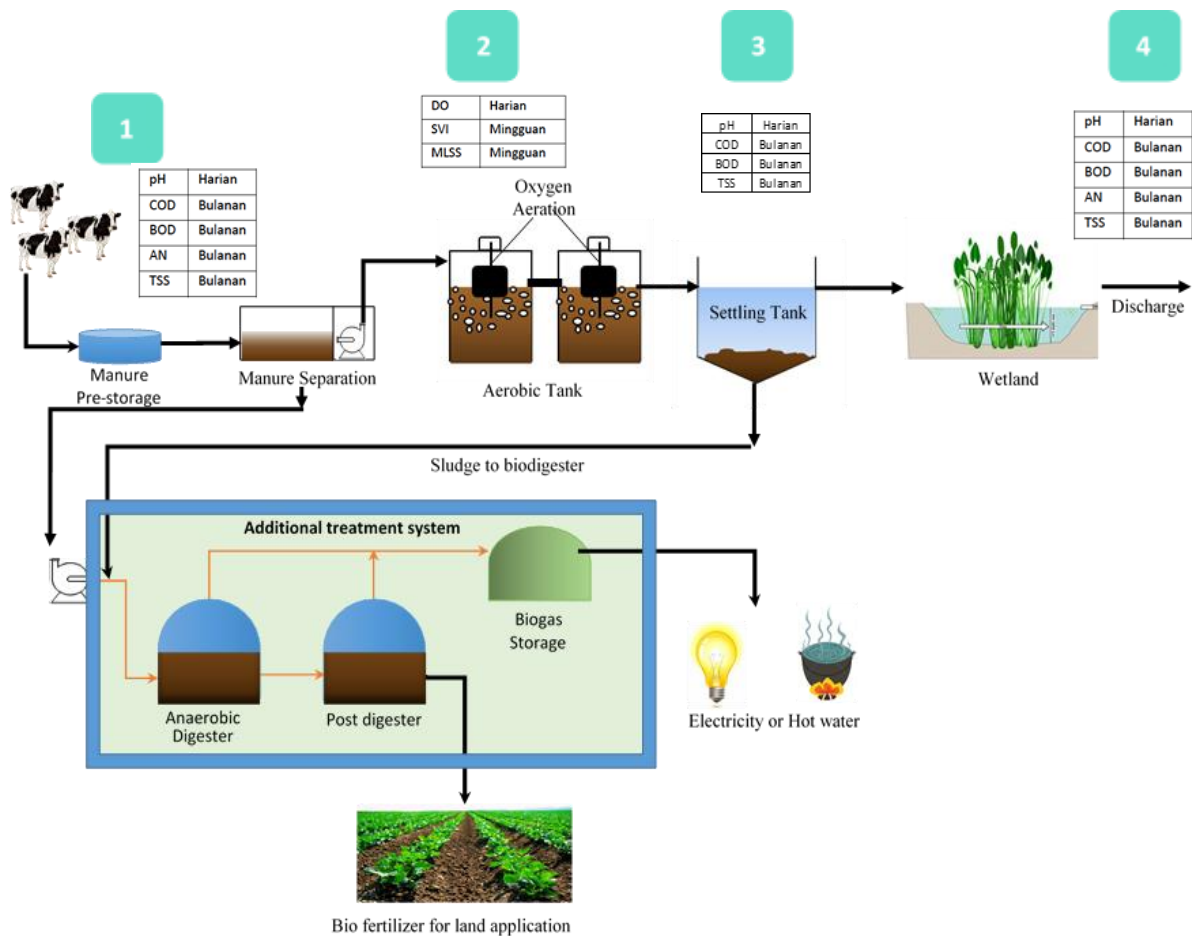
Nota \* : Rujukan: 1) American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 2005. Manure Production and Characteristics. 2) Tikariha, A. , & Sahu, O. (2014). Study of Characteristics and Treatments of Dairy Industry Waste Water. Journal of Applied & Environmental Microbiology, 2(1), 16-22.

Nota\*\* : Pemantauan bagi peladang kecil dibuat secara 3 bulan sekali

Nota\*\*\* : Pemantauan bagi peladang kecil dibuat secara bulanan

Nota\*\*\*\* : Pemantauan secara berkala adalah digalakkan untuk peladang besar bagi mencegah wabak penyakit.

Bacaan di titik persampelan **1** di Jadual 3 adalah contoh bacaan efluen mentah yang tidak dirawat. Bacaan di bahagian ini bergantung kepada banyak faktor seperti jenis ternakan, bilangan ternakan, sistem rawatan efluen yang digunakan dan lain-lain. Bacaan yang didapati adalah berbeza di setiap ladang dan sistem rawatan yang dibina seharusnya dapat merawat efluen terbabit ke paras yang dibenarkan.



Gambarajah 32: Lokasi dan kekerapan persampelan, serta parameter analisa. Sistem pengolahan tambahan seperti sistem biodigester (kotak biru) boleh dipasang sekiranya peternak mempunyai peruntukan tambahan.

### A. Pemantauan secara harian

Peternak boleh melakukan pemantauan parameter secara harian menggunakan peralatan yang khusus. Antara parameter yang perlu dipantau secara harian adalah pH dan DO. Bagi pH, peternak perlulah memastikan nilai pH di titik persampelan 1 dan 3 adalah **6.8-7.3**. Nilai tersebut adalah nilai yang optimum untuk memastikan efluen yang dilepaskan ke sistem peparitan adalah selamat. Ini juga untuk memastikan penghasilan biogas yang maksimum dan sempurna. Peralatan yang diperlukan adalah pH meter seperti di dalam Gambarajah 33.

Gambarajah 33: pH meter



Sebelum menggunakan pH meter, penternak wajib menyelaras alat tersebut bagi memastikan bacaan yang ditunjukkan adalah bacaan yang tepat. Cara menyelaras pH meter boleh dirujuk daripada manual alatan yang disertakan bersamanya.

Selain itu, DO juga haruslah dipantau secara harian. Ini bagi memastikan proses rawatan menghasilkan air yang dirawat sempurna dan mematuhi piawai yang dikehendaki. Bacaan DO yang diperlukan adalah sekurang-kurangnya **2 mg/L**. Peralatan yang diperlukan untuk memantau DO ialah DO meter seperti di dalam Gambarajah 34.



Akibat paras DO yang tinggi :

- penggunaan elektrik yang berlebihan
- organisma yang tidak diinginkan

Akibat paras DO yang rendah :

- aktiviti biologi yang tidak mencukupi , kes paling buruk ialah kemusnahan *biomass*.
- mikrob aerobik di bawah tekanan, kerana zon anaerobik lebih tinggi dari zon aerobik.

## B. Pemantauan secara mingguan

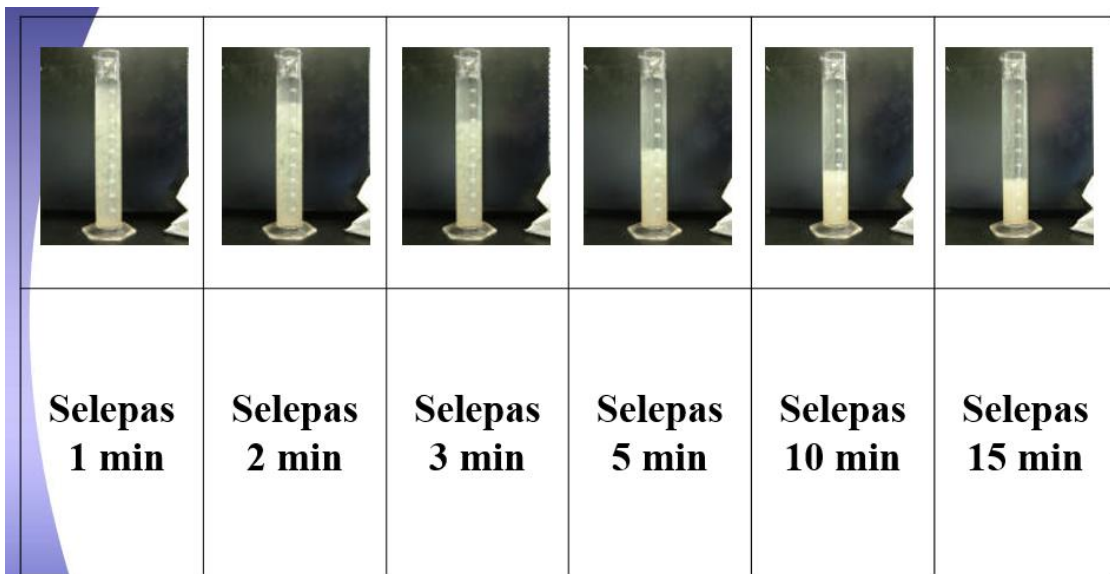
Untuk pemantauan secara mingguan, penternak berskala besar wajib untuk memantau MLSS dan juga SVI di dalam tangki aeration. Analisa MLSS boleh dilakukan oleh makmal analisis luar yang diiktiraf. Bagi penternak berskala besar, analisa MLSS boleh dijalankan sendiri dengan menggunakan oven bersuhu 105°C. Manakala, SVI boleh dibuat secara dalaman. Untuk memudahkan pemantauan segera bagi tangki pengudaraan (*aeration*),

operator/penternak adalah dicadangkan untuk melakukan pengukuran SV30 (Isipadu enapcemar pada 30 minit).

**Prosedur SVI:**

1. Menentukan kepekatan pepejal yang termendap di dalam sampel efluen atau MLSS.
2. Mengukur 30 min jumlah enapcemar yang termendap.
3. Pengiraan: 
$$\frac{SV30}{MLSS \text{ (suspended solid in mg/L)}}$$

Gambarajah 35 dan 36 menunjukkan contoh ujian SVI yang dijalankan dari segi pemerhatian dan pengukuran enapcemar yang termendap diambil pada masa yang ditetapkan selama 30 minit. Manakala Jadual 4 adalah contoh bacaan yang terhasil dari ujian SVI.



Gambarajah 35: Contoh ujian SVI yang dijalankan.

Jadual 4: Contoh jenis mendapan yang terhasil dari ujian SVI

Jenis Mendapan	SVI (mL/g)
<i>Well Settling</i>	<100
<i>Light</i>	100-200
<i>Bulking</i>	>200

Time (min)	SSV (mL/L)
0	1,000
5	500
10	400
15	325
20	290
25	260
30	250
40	220
50	200
60	200



Gambarajah 36: Proses ujian SVI

### C. Pemantauan secara bulanan

Bagi pemantauan parameter secara bulanan, sampel efluen dari titik 1, 3 dan 4 haruslah diambil dan dihantar kepada makmal yang diiktiraf untuk menjalankan analisa bagi parameter BOD, COD, AN dan TSS.

Analisa untuk parameter tersebut tidak boleh dilakukan di ladang ternakan dan perlu dilakukan di dalam makmal menggunakan fasiliti yang tertentu.

Bagi sampel yang diambil dari titik persampelan 3 (kecuali AN) dan 4, bacaan parameter yang wajib dipatuhi adalah seperti di dalam Jadual 5.

Jadual 5: Parameter serta bacaan yang wajib dipatuhi

Parameter	Bacaan
BOD	20 mg/L atau kurang
COD	200 mg/L atau kurang
Ammoniacal Nitrogen	80 mg/L atau kurang
TSS	50 mg/L atau kurang

Keputusan yang diperolehi wajiblah dihantar kepada Jabatan Alam Sekitar secara bulanan bagi memastikan penternak mematuhi kehendak piawaian.

Di samping itu, sistem rawatan haruslah sentiasa dijaga bagi memastikan keberkesanan rawatan. Rumput haruslah dipotong dan peralatan haruslah diselenggara dengan melaksanakan servis bulanan (*monthly servicing*).

## 8.0 Contoh Kriteria Reka Bentuk (*Design criteria*)

Berikut adalah contoh rumusan kriteria reka bentuk (*design criteria*) yang dibuat berdasarkan Ladang lembu tenusu UPM. Contoh kriteria reka bentuk yang lengkap boleh dilihat di **Lampiran**. Kriteria reka bentuk ini boleh dijadikan panduan untuk membina SPE sendiri. Walaubagaimanapun, kriteria reka bentuk yang diperlukan oleh setiap penternak adalah berbeza mengikut kapasiti haiwan ternakan, ciri-ciri air sisa dan keperluan penternak.

### Kriteria reka bentuk

#### Maklumat diberi:

Bilangan lembu	=	16	Lembu dewasa + 4 anak lembu
	=	20	nos.
	=	20	nos. (diambil sebagai asas reka bentuk)

#### Anggaran aliran (teori):

Sisa dihasilkan	=	20	nos. x 30 kg/lembu.hari *
	=	600	kg/hari

Nota\*: Jabatan Alam Sekitar (2014), Garis Panduan Kawalan Pencemaran Daripada Aktiviti Penternakan Lembu Tenusu.

Efluen dihasilkan	=	20	nos. x 55 L/lembu.hari **
	=	1100	L/hari
	=	1.10	m <sup>3</sup> /hari
	=	0.05	m <sup>3</sup> /jam

Nota \*\*: Liu, G. G., 2010. *Potential of biogas production from livestock manure in China – GHG emission abatement from manure-biogas-digestate system*, Master's thesis, Chalmers University of Technology, Sweden.

#### Ciri-ciri air sisa:

##### Efluen mentah masuk

pH	=	5.7	mg/L
BOD	=	565	mg/L
COD	=	1030	mg/L
TSS	=	2379	mg/L
O&G	=	248	mg/L

##### Efluen dirawat

BOD	=	20	mg/L
COD	=	200	mg/L
TSS	=	50	mg/L
O&G	=	1.0	mg/L

Kadar aliran air sisa yang diterima ke loji rawatan adalah:

		<u>Teori</u>	<u>Sebenar (<i>field test</i>)</u>
Kadar aliran, $Q_{avg}$	=	1.10 m <sup>3</sup> /hari	1.065 m <sup>3</sup> /hari
Kadar aliran	=	1.065	m <sup>3</sup> /hari
	=	0.04	m <sup>3</sup> /jam
Faktor keselamatan	=	1.20	(20%)
Kadar aliran reka bentuk	=	0.04	m <sup>3</sup> /jam x 1.2
	=	0.05	m <sup>3</sup> /jam
	=	1.2	m <sup>3</sup> /hari
Dengan operasi	=	24	Jam sebagai asas

## Rujukan

1. Garis Panduan Kawalan Pencemaran Daripada Aktiviti Penternakan Babi, Jabatan Alam Sekitar Malaysia, 2014
2. Garis Panduan Kawalan Pencemaran Daripada Aktiviti Penternakan Lembu Pedaging, Jabatan Alam Sekitar Malaysia, 2014
3. Garis Panduan Kawalan Pencemaran Daripada Aktiviti Penternakan Lembu Tenusu, Jabatan Alam Sekitar Malaysia, 2014
4. Environmental Guidelines for the Dairy Processing Industry, Environment Protection Authority, State Government of Victoria, Australia, 1997
5. Liu, G. G., 2010. Potential of biogas production from livestock manure in China – GHG emission abatement from manure-biogas-digestate system, Master's thesis, Chalmers University of Technology, Sweden.
6. Luostarinen, S., Normak, A. and Edström, M., 2011. Overview of biogas technology, Baltic forum for innovative technologies for sustainable manure management, Knowledge report, Baltic Manure WP6 Energy Potentials.
7. Luostarinen, S., 2013. Energy potential of manure in the Baltic Sea Region: Biogas potential & incentives, Baltic forum for innovative technologies for sustainable manure management, Knowledge report, WP6 Energy Potentials of Manure.
8. Werner, U., Stöhr, U and Hees, N., 1989. Biogas plants in animal husbandry, A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien, GATE , a Division of the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
9. Johnson, J. 2006. Iowa consevation showcase: DeGroot adds settling area to keep sand out of lagoon.  
[https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_006511.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_006511.pdf)
10. American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 2005. Manure Production and Characteristics. <http://extension.psu.edu/animals/dairy/nutrient-management/certified-dairy/tools/manure-prod-char-d384-2.pdf>
11. Tikariha, A. , & Sahu, O. (2014). Study of Characteristics and Treatments of Dairy Industry Waste Water. Journal of Applied & Environmental Microbiology, 2(1), 16-22.

# **Lampiran 1:**

# **Contoh Kriteria Reka**

# **Bentuk**

---

**DESIGN CRITERIA**

**Information Given:**

No.(s) of cow milking in UPM = 16 cattles + 4 calf  
 = 20 nos.  
 = 20 nos. (Taken for the design basis)

**Flow Estimation (Theoretical):**

Waste produced = 20 nos. x 30 kg/cow.day \*  
 = 600 kg/day  
 \*Jabatan Alam Sekitar (2014), Garis Panduan Kawalan Pencemaran Daripada Aktiviti Penternakan Lembu Tenusu.

Effluent produced = 20 nos. x 55 L/cow.day\*\*  
 = 1100 L/day  
 = 1.10 m3/day  
 = 0.05 m3/hour

\*\*Liu, G. G., 2010. Potential of biogas production from livestock manure in China – GHG emission abatement from manure-biogas-digestate system, Master's thesis, Chalmers University of Technology, Sweden.

**Wastewater Characteristics:**

*Incoming raw effluent*

pH = 5.7 mg/l  
 BOD = 565 mg/l  
 COD = 1030 mg/l  
 TSS = 2379 mg/l  
 O&G = 248 mg/l

*Treated effluent*

BOD = 20 mg/l  
 COD = 200 mg/l  
 TSS = 50 mg/l  
 O&G = 1.0 mg/l

Choose, the flowrate of incoming wastewater to the treatment plant is:

		<u>Theory</u>	<u>Actual (field test)</u>
Flowrate, Qavg	=	1.10 m3/day	1.065 m3/day

Flowrate = 1.065 m3/day  
 = 0.04 m3/hour

Safety Factor = 1.20 (20%)

Design flowrate = 0.04 m3/hour x 1.2  
 = 0.05 m3/hour  
 = **1.278** m3/day

with operation of = 24.00 hour basis

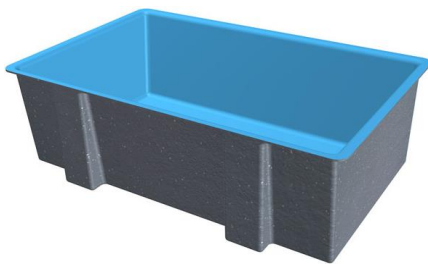
1) **MANURE PRE-STORAGE**

**a) Determine the volume required for 1-day storage**

Storage period	=	1.00	day
	=	24.00	hour
Flowrate	=	0.05	m <sup>3</sup> /hour
Volume provided	=	0.05	m <sup>3</sup> /hour x 24 hour
	=	<b>1.28</b>	m <sup>3</sup>

**b) Storage capacity of tank**

Surface area/ capacity of tank



Length	=	1.30	m
Width	=	1.00	m
Height	=	1.50	m
Volume	=	<b>1.95</b>	m <sup>3</sup>

Choose rectangular tank type of Manure Pre-storage of 2.0 m<sup>3</sup> volume with the dimensions of 1.3 m L x 1.0 m W x 1.2 m D x 1.5 m H

**c) Pumping capacity**

Flowrate	=	0.04	m <sup>3</sup> /hour
Static head	=	3.00	m
Estimate minor losses & friction losses	=	0.30	(assume 10% extra)
Total head required	=	3.30	m
Selected head provided	=	3.50	m

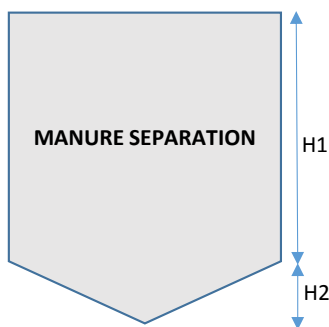
2) **MANURE SEPARATION TANK**

**a) Determine the volume required for 3-hour storage**

Storage period	=	3.00	hour
Flowrate	=	0.05	m <sup>3</sup> /hour
Volume provided	=	0.05	m <sup>3</sup> /hour x 3 hour
	=	<b>0.16</b>	m <sup>3</sup>

**b) Storage capacity of tank**

Capacity of tank



Diameter	=	0.80	m
Radius	=	0.40	m
Height <sub>1</sub>	=	1.00	m
Volume	=	0.50	m <sup>3</sup>
Volume of cone: $\frac{1}{3} \pi r^2 h$			
Height <sub>2</sub>	=	0.20	m
	=	0.042	m <sup>3</sup>
Total volume	=	<b>0.54</b>	m <sup>3</sup>

Choose circular tank type of Manure Separation with the dimensions of 0.8 m dia. x 1.0 m H1 x 0.2 m H2

**c) Estimate the removal rates for BOD and TSS at Qavg**

BOD and TSS removal in primary sedimentation tank, as a function of the detention time and constituent concentration using the following relationship (Metcalf & Eddy, 2004, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, pg 405-407)

The accompanying coefficient to estimate the removal rate for BOD at average flow; a = 0.018, b = 0.02, t = time provided

$$\begin{aligned}
 \text{BOD removal} &= \frac{t}{a + bt} \\
 &= \frac{3.00 \text{ hr}}{0.018 + 0.02(3)} \\
 &= 38.46 \%
 \end{aligned}$$

The accompanying coefficient to estimate the removal rate for TSS at average flow; a = 0.0075, b = 0.014, t = time provided

$$\begin{aligned}
 \text{TSS removal} &= \frac{t}{a + bt} \\
 &= \frac{3.00 \text{ hr}}{0.018 + 0.02(3)} \\
 &= 60.61 \%
 \end{aligned}$$

**d) BOD and TSS loading to the plant**

BOD Loading	=	1.065	$m^3/day \times 565 \text{ mg/l} \div 1000$
	=	0.602	kg/day
TSS Loading	=	1.065	$m^3/day \times 2379 \text{ mg/l} \div 1000$
	=	2.534	kg/day

**e) Characteristic of primary sludge**

BOD removed	=	38.46	% x 0.622 kg/day
	=	0.231	kg/day

TSS removed	=	60.61	% x 2.617 kg/day
	=	1.536	kg/day

Specific gravity of sludge	=	1.05	
Solids concentration (4.4%)	=	0.044	kg/kg
Sludge flowrate	=	$\frac{1.536 \text{ kg/day}}{1.05} \div 1000$	
	=	0.03	$m^3/day$

**e) Pumping capacity**

Flowrate	=	0.03	$m^3/hr$
Static head	=	3.00	m
Estimate minor losses & friction losses	=	0.30	(assume 10% extra)
Total head required	=	3.30	m
Selected head provided	=	3.50	m

**3) ANAEROBIC TANK**

**a) Tank Size**

Design hydraulic retention time, HRT	=	24.00	hours	
Flowrate	=	0.04	$m^3/hr$	
Volume required	=	$0.04 \text{ m}^3/hr \times 24 \text{ hr}$		
	=	<b>1.07</b>	$m^3$	
Therefore, tank dimensions	=	1.30	1.00	1.50
		mL	mW	mD
Total volume provided	=	<b>1.95</b>	$m^3$	

Choose rectangular tank type of Anaerobic Tank of 2.0  $m^3$  volume with the dimensions of 1.3 mL x 1.0 mW x 1.2 mD x 1.5 mH

#### 4) AEROBIC TANK

##### a) Tank Size

Design hydraulic retention time, HRT	=	24.00	hours	
Flowrate	=	0.04	m <sup>3</sup> /hr	
Volume required	=	0.04	m <sup>3</sup> /hr	x 24 hr
	=	<b>1.07</b>	m <sup>3</sup>	
Therefore, tank dimensions	=	1.30	1.00	1.50
		mL	mW	mD
Total volume provided	=	<b>1.95</b>	m <sup>3</sup>	

##### b) Check hydraulic retention time, HRT

Therefore, hydraulic retention time provided	=	Total volume provided / design flowrate		
	=	$\frac{1.95}{0.04}$	$\frac{m^3}{m^3/hr}$	
	=	43.94	hour	> 24.00 hour

##### b) COD loading to the Aeration Tank

MLSS level to maintain in the basin (from Metcalf & Eddy 1991, page 550)	=	3,000-10,000	mg/l
Design, MLSS taken is	=	5,000.00	mg/l
Raw effluent COD	=	1,030.00	mg/l
Influent COD after passing Manure Separation	=	721.00	mg/l
Therefore the design COD adopt is (with safety factor)	=	500.00	mg/l
Pumping flow rate	=	1,065.00	l/d
COD mass, M(Sti)	=	500 mg/l x 1,100 l/day	
	=	532,500.00	mg/day
	=	0.53	kg/day
Biodegradable, M(Sbi) for 90 % efficiency	=	0.48	kg/day

##### c) Check F/M Ratio

To check F/M ratio, assume plant operates at MLSS 7,000 mg/l to 10,000 mg/l

BOD loading	=	370,292.31	mg/day
	=	0.37	kg BOD/day
MLSS (min)	=	2,500.00	mg/l
MLSS (max)	=	5,000.00	mg/l
Take MLSS	=	2,500.00	mg/l

$$\begin{aligned} \text{MLSS loading} &= \frac{2500 \text{ mg/l} \times 1.80 \text{ m}^3 \times 1000}{1000 \times 1000} \\ &= 4.88 \text{ kg/day} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Therefore, F/M ratio} &= \frac{0.37 \text{ kg/day}}{4.88 \text{ kg/day}} \\ &= 0.08 \quad (\text{Typical value : 0.05 - 0.15}) \end{aligned}$$

### c) Oxygen Requirement

$$\text{BOD loading after separation} = 0.370 \text{ kg/day}$$

$$\text{BOD removed} = 0.36 \text{ kg/day}$$

$$\begin{aligned} \text{O}_2/\text{BOD removed (kg O}_2/\text{kg BOD loading)} &= 1.5 \text{ to } 2 \text{ (typical: } 1.5 \text{ )} \\ \text{O}_2 \text{ requirement, N} &= 0.53 \text{ kg/day} \end{aligned}$$

$$\text{Total AOR} = 0.53 \text{ kg/day}$$

$$\text{Thus, use oxygen required} = 0.53 \text{ kg/day}$$

Taken, the equation from Maccalf & Eddy (2004), Oxygen Transfer, pg 429.

$$\text{Standard oxygen requirement, SOR} = \frac{\text{AOR} \times C_{s,20}}{\beta(C_{s,T,H} - C_L) \theta^{T-20} \alpha}$$

$$\text{AOR} = 0.53 \text{ kg/day}$$

$$C_{s,20} = 9.08 \text{ mg/l}$$

$$C_{s,T,H} = 8.24 \text{ mg/l}$$

$$C_L = 2.00 \text{ mg/l}$$

$$\alpha = 1.00$$

$$\beta = 1.00$$

$$\theta = 1.024$$

$$T = 28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{SOR} = \frac{4.842}{7.544}$$

$$= 0.642 \text{ kg O}_2/\text{day}$$

$$\text{Safety factor} = 1.1$$

$$\text{SOR} + \text{Safety factor} = 0.706 \text{ kg O}_2/\text{day}$$

$$\text{Volumetric airflow requirement} = \frac{0.706 \text{ kg O}_2/\text{day}}{1.021 \times 0.232}$$

$$= 2.98 \text{ m}^3 \text{ air/day}$$

$$\text{Air required, Q air (m}^3/\text{day)} = \text{SOR}/C_i \times \text{SOTE}$$

$$\text{Standard oxygen transfer efficiency, SOTE} = 22 \%$$

$$\text{Oxygen content of air, } C_i = 23.2 \%$$

(Weight fraction of O<sub>2</sub> in air at 20°C, atm pressure)

$$\text{Sp weight of air, } p = 1.201 \text{ kg O}_2/\text{m}^3$$

$$\text{Q air} = 11.517 \text{ m}^3/\text{day}$$

Air required for 24 hr	=	0.480	m <sup>3</sup> /hr
Air required	=	0.008	m <sup>3</sup> /min
Airflow per diffuser	=	0.1	m <sup>3</sup> /min
Nos. of diffuser required	=	0.08	nos.
Nos. of diffuser provided	=	4.00	nos.
Air provided at discharge point	=	0.0020	m <sup>3</sup> /min
Total air provided	=	0.4	m <sup>3</sup> /min

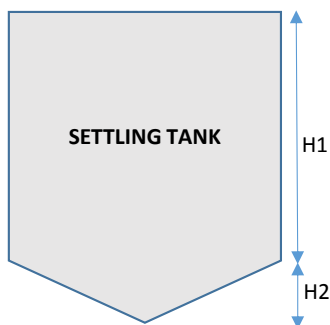
## 5) SETTLING TANK

### a) Determine the volume required for 3-hour storage

Storage period	=	3.00	hour
Flowrate	=	0.04	m <sup>3</sup> /hour
Volume provided	=	0.04	m <sup>3</sup> /hour x 3 hour
	=	<b>0.13</b>	m <sup>3</sup>

### b) Storage capacity of tank

Capacity of tank



Diameter	=	0.80	m
Radius	=	0.40	m
Height <sub>1</sub>	=	1.00	m
Volume	=	0.50	m <sup>3</sup>
Volume of cone: $\frac{1}{3} \pi r^2 h$			
Height <sub>2</sub>	=	0.20	
	=	0.042	m <sup>3</sup>
Total volume	=	<b>0.54</b>	m <sup>3</sup>

Choose circular tank type of Manure Separation with the dimensions of 0.8 m dia. x 1.0 m H1 x 0.2 m H2

### c) Check area of settling tank

Flowrate	=	1.28	m <sup>3</sup> /day
Surface loading rate	=	30	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .day
Surface area required	=	$\frac{1.28}{30}$	$\frac{\text{m}^3/\text{day}}{\text{m}^3/\text{m}^2.\text{day}}$
	=	0.0426	m <sup>2</sup>
Area of tank	=	$\frac{\pi D^2}{4}$	
Diameter, D	=	0.23	m

6) ANAEROBIC DIGESTER TANK

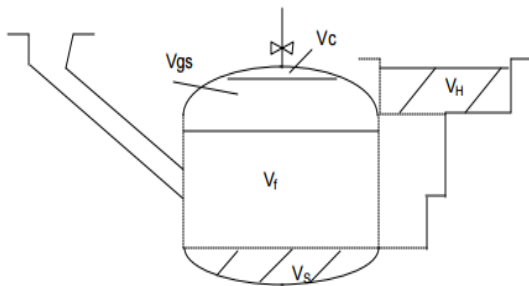
a) Volume calculation of digester chamber

Waste produced = 5 kg/cow/day  
 Taken, 20 nos. of animals = 5 kg/cow/day x 20 nos.  
 = 100 kg/day

For the operating temperature of 26C, the minimum solid retention time (SRT) is required 20 days.  
 Recommended the design SRT is 25 days to achieve maximum completely mixed digested sludge.

Let, SRT = 25 days  
 Temp. = 26 C

Volume of tank =  $V_{gs} + V_f$   
 $V_{gs} + V_f = Q \times HRT$   
 = 100 kg/day x 25 days  
 = 2500 kg (1000 kg = 1 m<sup>3</sup>)  
 = 2.5 m<sup>3</sup>



- a) Volume of gas collecting chamber =  $V_c$
- b) Volume of gas storage chamber =  $V_{gs}$
- c) Volume of fermentation chamber =  $V_f$
- d) Volume of hydraulic chamber =  $V_h$
- e) Volume of sludge layer =  $V_s$

Total volume of digester  $V = V_c + V_{gs} + V_f + V_s$

For volume	For geometrical dimensions
$V_c \leq 5\% V$	$D = 1.3078 \times V^{1/3}$
$V_s \leq 15\% V$	$V_f = 0.0827 D^3$
$V_{gs} + V_f = 80\% V$	$V_2 = 0.05011 D^3$
$V_{gs} = V_h$	$V_3 = 0.3142 D^3$
$V_{gs} = 0.5 (V_{gs} + V_f + V_s) K$	$R_1 = 0.725 D$
Where K = Gas production rate per m <sup>3</sup> digester volume per day.	$R_2 = 1.0625 D$
For Bangladesh K = 0.4 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> d.	$f_1 = D/5$
	$f_2 = D/8$
	$S_1 = 0.911 D^2$
	$S_2 = 0.8345 D^2$

From geometrical assumptions:

$V_{gs} + V_f = 0.8V$   
 or  $V = 0.66 \text{ m}^3$   
 $0.66 \text{ m}^3 = \frac{0.8}{2.5} V$   
 $V = 3.13 \text{ m}^3$  (Putting value  $V_{gs} + V_f = 3.5 \text{ m}^3$ )

$D = 1.3078 V^{1/3} = 1.91 \text{ m}$   
 $\sim 2.00 \text{ m}$

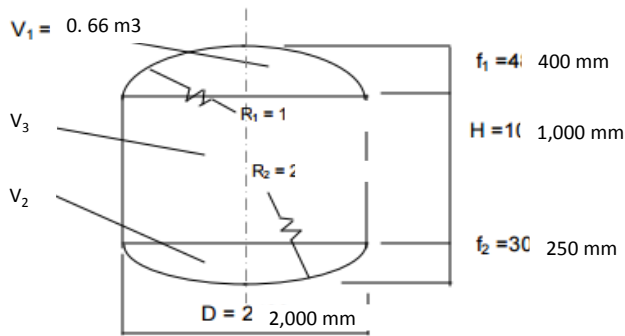
Again

$$\begin{aligned}
 V_3 &= (3.14 \times D^2 \times H)/4 && \text{(Putting } V_3 = 0.3142D^3 \text{)} \\
 \text{or } H &= 0.801 \text{ m} \\
 \text{Say } H &= 1.00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

From the assumption as we know the value of D & H

$$\begin{aligned}
 f_1 &= D/5 = 0.40 \text{ m} \\
 f_2 &= D/8 = 0.25 \text{ m} \\
 R_1 &= 0.725D = 1.45 \text{ m} \\
 R_2 &= 1.0625D = 2.13 \text{ m} \\
 V_1 &= 0.0827D^3 = 0.66 \text{ m}^3 \\
 V_c &= 0.05V = 0.16 \text{ m}^3 \\
 V_2 &= 0.05011D^3 = 0.40 \text{ m}^3 \\
 V_3 &= 0.3142D^3 = 2.51 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Now, the dimension of digester chamber is known and drawn as below:-



$$\begin{aligned}
 \text{Total anaerobic digester tank volume} &= V_1 + V_2 + V_3 \\
 &= 3.58 \text{ m}^3 \\
 \text{To choose volume of} &\sim 4.00 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

The volume calculation of digestion chamber, cross-section of digester and assumptions are given in literature by Sajjad, 2002. Design of Biogas Plant).

## 7) POST DIGESTER TANK

### a) Dimension of tank

Average flowrate of wastewater	=	1.28	m <sup>3</sup> /day
Let, BOD removal efficiency, $n$	=	90	%
Assume, the following parameters			
BOD in	=	373	mg/l
VSS in	=	300	mg/l
TSS in	=	1586	mg/l
COD in	=	687	mg/l
New volatile suspended solids (NVSS) produced in BOD removal,	=	Yield coefficient $\times$ BOD $\times n$	
	=	0.1 $\times$ 373 $\times$ 0.9	
	=	33.57	mg/l
Non-degradable residue of the VSS coming in the inflow assuming 40% of VSS are degraded and residue 60%)	=	300 (1-0.4)	
	=	180	mg/l
Ash received in inflow	=	(TSS-VSS) mg/l	
	=	1586 - 300	mg/l
	=	1286	mg/l
Sludge produced	=	(33.57 + 180 + 1286) mg/l	
	=	1499.57	mg/l
	=	1.50	kg/m <sup>3</sup>
Total sludge produced	=	Average flowrate $\times$ sludge produced	
	=	1.278 $\times$ 1.50	
	=	1.916	kg/day
Reactor dimensions	=	Total flow (m <sup>3</sup> /day)/upflow velocity (m/day)	
	=	$\frac{1.28 \text{ m}^3/\text{day}}{0.08 \text{ m/hr} \times 24 \text{ hr/day}}$	
	=	0.67	m <sup>2</sup>
(Upflow velocity was calculated using the values of solids retention time (SRT) and hydraulic retention time (HRT) used)			
Taken, height is	=	1.00	m
Recommended size	=	0.67	m <sup>3</sup>
Choose cylindrical type reactor	=	$\pi r^2 H$	
Find the radius of the reactor	=	0.46	m
Diameter	=	0.92	m
Provided tank volume	=	1.00	m <sup>3</sup>

### **b) Check Organic Loading**

$$\begin{aligned} \text{Volumetric organic loading} &= \text{COD load/ Volume of reactor} \\ &= \frac{687.00 \text{ mg/l} \times 1.28 \text{ m}^3/\text{day}}{0.67 \text{ m}^3} \\ &= 1.32 \text{ kg COD/m}^3.\text{day} \\ &(\text{Acceptable limit} = 1 - 3 \text{ kg COD/m}^3.\text{day}) \end{aligned}$$

Assumptions:-

- 1) Solid retention time (SRT) at given temperature = 30 days
- 2) Hydraulic retention time (HRT) = 10 hr at average flow
- 3) Average concentration of sludge in the blanket = 60 kg/m<sup>3</sup>
- 4) Full depth of reactor for treating low BOD level = 1.0 m

The calculation was abstracted from Anil Kumar (2012), Design of an Anaerobic Digester for Wastewater Treatment. International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Science - ISSN: 2278-6252.

## **8) GAS HOLDER**

### **a) COD removal and methane gas production**

$$\begin{aligned} \text{Total COD removed} &= 80\% \text{ of incoming load} \\ &= 0.702 \text{ kg/day} \\ \text{COD available for methane gas production} &= 0.702 \text{ kg/day} \\ \text{Theoretically, methane gas produced at 25C} &= 300 \text{ L/kg COD removed} \\ \text{Therefore, total methane gas produced per day} &= 0.3 \text{ m}^3/\text{kg} \times 0.702 \text{ kg/day} \\ &= 0.211 \text{ m}^3/\text{day} \\ \text{Practically, observed methane gas leaving as dissolved in effluent.} &= 0.028 \text{ m}^3 \text{ per m}^3 \text{ effluent volume p/day} \\ \text{Therefore, methane gas leaving} &= 0.028 \times 1.28 \text{ m}^3/\text{day} \\ &= 0.036 \text{ m}^3/\text{day} \\ \text{Hence, usable methane} &= 0.211 - 0.036 \\ &= 0.175 \text{ m}^3/\text{day} \\ &= 0.249 \text{ m}^3/\text{kg COD} \end{aligned}$$

Assume the ratio of CH<sub>4</sub> : CO<sub>2</sub> is 60 : 40, so that biogas generation estimated 0.32 m<sup>3</sup>/day.

Theoretical, it is known that 1 m<sup>3</sup> boigas with 75% methane content produce 1.4 kWh electricity. (Optional)

$$\begin{aligned} \text{Thus, } 0.175 \text{ m}^3 \text{ biogas produced} &= 1.4 \times 0.175 \text{ m}^3/\text{day} \\ &= 0.245 \text{ kWh electricity} \end{aligned}$$

Sludge from the bottom of Post-Digester is removed periodically and can be used as good organic manure for bio-fertilization.

The calculation was abstracted from Anil Kumar (2012), Design of an Anaerobic Digester for Wastewater Treatment. International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Science - ISSN: 2278-6252.

**b) Calculate the tank dimensions**

Methane collected from digester + post-digester	=	0.316	m <sup>3</sup> /day
Taken design for methane storage	=	5.0	days
Volume required	=	1.580	m <sup>3</sup>
Choose, tank size of	=	2.00	m <sup>3</sup>

In emergency condition, biogas is flared using pressure/vacuum relief valve equipped with flame arrestor mechanisms.

**9) CONSTRUCTED WETLAND**

The design of a constructed wetland is dependent upon the volume and concentration of the incoming wastewater. By using Reed equation as follows:

$$A = \frac{Q \ln (C_i/C_o)}{K_T d nv}$$

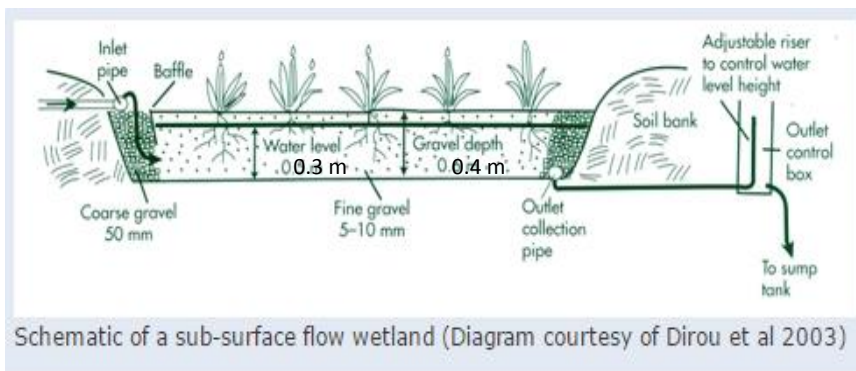
$$K_T = K_{20} \theta^{(TW-20)}$$

where,

- A = wetland treatment area (m<sup>2</sup>)
- Q = the influent wastewater (m<sup>3</sup>/day)
- C<sub>i</sub> = the influent pollutant concentration (mg/l)
- C<sub>o</sub> = the effluent pollutant concentration (mg/l)
- d = water depth in wetland (m)
- nv = the void ratio or porosity
- K<sub>T</sub> = rate constant corresponding to water temperature
- TW = wetland temperature (C)
- θ = temperature coefficient

for BOD removal  $K_{20} = 0.678 d^{-1}$ ,  $\theta = 1.06$

Water depth typically deeper ranging from 0.3m to 0.4m



**a) Size of the wetland cell**

$$\begin{aligned} \text{Flowrate} &= 1.10 \text{ m}^3/\text{day} \\ C_i &= 25 \text{ mg/l} \\ C_o &= 5 \text{ mg/l} \\ d &= 0.3 \text{ m} \\ n_v &= 0.75 \text{ (assume soil porosity } n_v = 0.75) \\ T_w &= 30 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_T &= 0.678 \times 1.06^{(30-20)} \\ &= 1.21 \text{ d}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1.10 \text{ m}^3/\text{day} \times \ln(25/5)}{1.21 \times 0.3 \times 0.75} \\ &= 6.48 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{If the length taken is} &= 2.00 \text{ m} \\ \text{the width} &= 3.24 \text{ m} \end{aligned}$$

The wetland cell is constructed with 2.0 m L x 4.0 m W x 0.3 m D

**b) Determine the cell detention time**

The detention time is calculated as follows:-

$$\begin{aligned} t &= (n_v \times d \times A) / Q \\ &= 1.33 \text{ days} \end{aligned}$$

Calculation above were cited from Raad Al Jawaheri (2011), *The Use of Constructed Wetlands for the Treatment of Dairy Processing Wastewater*, (pg 14 -15) and G. Siracusa, A.D. Rosa (2006), *Design of a Constructed Wetland for Wastewater in a Sicilian Town and Environmental Evaluation Using Emergy Analysis*.

# **Lampiran 2:**

# **Contoh Borang**

# **Pemantauan Prestasi**

---

DATA PEMANTAUAN SISTEM RAWATAN EFLUEN (CONTOH TEMPLATE 1)

Tarikh: \_\_\_\_\_

Nama operator: \_\_\_\_\_

Sheet No: \_\_\_\_\_

No.	Titik	Test	Unit	Data/ keputusan	Frekuensi
1	Tangki efluen mentah	BOD	mg/L		3 bulan sekali
		COD	mg/L		3 bulan sekali
		TSS	mg/L		3 bulan sekali
		Ammonia Nitrogen	mg/L		3 bulan sekali
		pH			Harian
		Kadar alir	Lit/min		Harian
2	Tangki Aerobic	DO	mg/L		Harian
		MLSS	mg/L		Mingguan
		SV <sub>30</sub>	mL		Mingguan
		SVI	mL/g		Mingguan
		Warna air - visual			Harian
3	Tangki Pengendapan	BOD	mg/L		Bulanan
		COD	mg/L		Bulanan
		TSS	mg/L		Bulanan
		pH			
4	Wetland (Titik akhir)	BOD	mg/L		Bulanan
		COD	mg/L		Bulanan
		TSS	mg/L		Bulanan
		Ammonia Nitrogen	mg/L		Bulanan
		Fecal Coliform	mg/L		Bulanan
		pH			Harian
Warna -visual			Harian		

Nota tambahan: \_\_\_\_\_

Di sahkan oleh: \_\_\_\_\_

(Penyelia atau pengurus ladang)

Tarikh:

**DATA PEMANTAUAN SISTEM RAWATAN EFLUEN (CONTOH TEMPLATE 2) BORANG HARIAN**

Bulan:

Titik	Point 1			Point 2				Point 3		Point 4	Nota catitan	Tanda tangan operator
	Efluen mentah			Tangki Aerobik				Tangki Pengendapan		Wetland		
Tarikh	Kadar alir	pH	DO	pH	DO	SV30	Warna air	pH	Warna air	pH		
	<i>lit/min.</i>		mg/L		mg/L							
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												

Disahkan oleh: \_\_\_\_\_  
 (Penyelia atau pengurus ladang)

Tarikh:

**DATA PEMANTAUAN SISTEM RAWATAN EFLUEN (CONTOH TEMPLATE 3) – MINGGUAN ATAU BULANAN**

Lokasi	Titik 1				Titik 2				Titik 3			Titik 4					Catitan	Tanda tangan operator
	Efluen mentah				Tangki aerobik				Tangki pengendapan			Wetland ( Titik akhir)						
Minggu	BOD	COD	TSS	Ammonia Nitrogen	BOD	COD	MLSS	SVI	BOD	COD	TSS	BOD	COD	TSS	Ammonia Nitrogen	Fecal coliform		
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		

Disahkan oleh: \_\_\_\_\_  
 (Penyelia atau pengurus ladang)

Tarikh:

# **Lampiran 3:**

## **Parameter *Strength***

### Contoh kualiti efluen mentah yang tidak dirawat

Haiwan	Parameter	Strength/hari-ekor
Lembu Tenusu, Lembu Pedaging dan Kerbau	pH	6.1-7.7
	BOD	0.52-1.4 kg/hari/ekor
	COD	2.3-8.1 kg/hari/ekor
	Ammoniakal Nitrogen	0.13-0.45 kg/hari/ekor
	Jumlah Pepejal Terampai	2.7-8.9 kg/hari/ekor
Babi	pH	6.8-7.5
	BOD	0.13-0.38 kg/hari/ekor
	COD	0.27-1.1 kg/hari/ekor
	Ammoniakal Nitrogen	0.028-0.085 kg/hari/ekor
	Jumlah Pepejal Terampai	0.38-1.2 kg/hari/ekor

Nota : Rujukan: 1) American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 2005. Manure Production and Characteristics. 2) Chantsavang, S., C. Sinratchatanun, K. Ayuwat, and P.Sirirote. 1993. Application of effective microorganisms for swine waste treatment. Third International Conference on Kyusei Nature Farming, Santa Barbara, CA.

Bacaan di jadual di atas adalah contoh ciri-ciri efluen mentah yang tidak dirawat. Lembu tenusu, lembu pedaging dan kerbau mempunyai ciri-ciri najis yang hampir sama. Bacaan di bahagian ini bergantung kepada banyak faktor seperti jenis ternakan, bilangan ternakan, sistem rawatan efluen yang digunakan dan lain-lain. Bacaan yang didapati adalah berbeza di setiap ladang dan sistem rawatan yang dibina seharusnya dapat merawat efluen terbabit ke paras yang dibenarkan.

---

## **SEKALUNG PENGHARGAAN KEPADA**

### **Jabatan Alam Sekitar (JAS)**

Encik Hedzir Zakaria  
Puan Zaimastura Ibrahim  
Encik Ahmad Hussaini Zulkeply  
Puan Hashimah Hussain  
Puan Norhaniza Jamil

### **Institut Alam Sekitar Malaysia (EiMAS)**

Encik Ahmad Saifful Salihin  
Puan Shazana Mohd Ibrahim

### **Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS)**

Encik Tajudin Sulaiman  
Ir. Hj. Shukri Muslim

### **Institut Penyelidikan Hidraulik Kebangsaan Malaysia (NAHRIM)**

Ir. Icahri Bin Hj. Chatta  
Puan Syazrin Syima Sharifuddin

### **Jabatan Perkhidmatan Veterinar (JPV)**

Encik Roslan Mohd Yusof

### **Universiti Putra Malaysia (UPM)**

Prof. Dr. Azni Idris  
Prof. Madya Dr. Tinia Idaty Mohd Ghazi  
Dr. Shafreeza Sobri  
Aimi Zulfadli Jamil

---

