

**KESAN PENINGKATAN BEBAN ORGANIK (OLR)
DAN PERUBAHAN NILAI pH KE ATAS EFLUEN INDUSTRI
MINYAK SAWIT (EIMS) MENGGUNAKAN REAKTOR UASB.**

NORSAFARINA BINTI NGAH JIDIN

**Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi
syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Kejuruteraan Awam**

**Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia**

JUN, 2009

Khas Buat

Abah dan Emak,

(Ngah Jidin B. Hashim & Saenah Bt. Muhammad)

yang amat disayangi,

Teristimewa buat Suami tersayang

(Azizul B. Mohd. Darus)

yang sangat memahami dan sentiasa memberi perangsang

serta

keluarga yang sentiasa bersama...

(Ayong, Abg Mie, Ija, Mat Shah, Mail, Nana dan Adik)

doa, pengorbanan, harapan dan kasih sayang kalian sumber kekuatanku.

Al-Fatimah untuk Maryam Mursedah Bt. Huzaimi yang mak ngah sayangi,

dan

Setinggi-tinggi penghargaan buat

Prof Madya Hj. Ab Aziz bin Abd. Latiff

atas nasihat, bimbingan dan tunjuk ajar serta ilmu yang dicurahkan

hanya Allah S.W.T saja yang dapat membalasnya.

Terima Kasih Semua!

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, Segala puji hanya kepada Allah S.W.T. kerana dengan limpah rahmat dan kurnia-Nya dapatlah saya menghasilkan tesis penyelidikan bagi program ijazah Sarjana Kejuruteraan Awam. Setinggi-tinggi penghargaan diucapkan kepada semua yang terlibat secara langsung atau tidak langsung. Ucapan jutaan terima kasih ditujukan khas terutamanya kepada sumber rujukan dan penasihat penyelidikan, Prof. Madya Hj. Ab Aziz Bin Abd. Latiff, iaitu penyelia projek penyelidikan yang tidak jemu-jemu memberi nasihat, dorongan dan tunjuk ajar bagi memastikan hasil yang terbaik untuk projek penyelidikan yang telah dijalankan. Sesungguhnya, berada di bawah penyeliaan beliau merupakan pengalaman yang tidak dapat dilupakan. Tidak dilupakan juga ribuan terima kasih kepada kakitangan Makmal Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar, UTHM yang banyak membantu. Rakan-rakan seperjuangan yang memahami dan selalu memberikan dorongan, terima kasih atas segalanya.

Sekalung budi untuk semua. Semoga usaha ini mendapat keredaan dan keberkatan Allah S.W.T.... Amin...



ABSTRAK

Kajian rawatan ke atas efluen sisa kilang minyak sawit, EIMS dijalankan menggunakan 3 buah reaktor UASB pada skala makmal dengan isipadu 12L dan dibina menggunakan perspex. Sampel EIMS di ambil dari sebuah kilang minyak sawit di sekitar kawasan Kluang, Johor. EIMS lazimnya punca kepada pengayaan sungai di mana ia memerlukan proses rawatan sepenuhnya sebelum dilepas keluar ke dalam laluan semulajadi air. Beberapa parameter seperti permintaan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimia (COD), jumlah pepejal terampai (TSS), dan jumlah pepejal meruap terampai (VSS) telah dikaji dalam penyelidikan ini bagi melihat kecekapan sistem merawat dan mengolah EIMS mematuhi standard yang dikeluarkan oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia. Operasi dilakukan dengan beban organik permulaan 1.44 g COD/L.d, dimana EIMS dicairkan kepada julat 5000 - 5500 COD mg/L. Jumlah masa yang diperlukan adalah 55 hari untuk mencapai tahap stabil bagi ke tiga-tiga reaktor R1, R2 dan R3. Pada keadaan stabil tiga buah reaktor yang digunakan, dikenakan beban organik yang berbeza-beza. Hasil akhir didapati reaktor UASB dapat menahan beban organik OLR sehingga 7.6 g COD/L.d. Dalam penyelidikan ini juga beberapa julat berasid dipilih dan dioperasikan pada beban organik berbeza. Hasil akhir mendapati pada keadaan nilai pH sebenar (julat pH 4.0-5.5) pekali kadar tindak balas $k_1 = 1.28$ per hari dan $k_2 = 4.6 \times 10^{-5}$ per mg/L.d pada beban organik terendah manakala pekali R^2 masing-masing adalah 0.4896 dan 0.4724. Kesimpulannya, reaktor UASB dapat mengolah EIMS pada beban kandungan 7.6 g COD/L.d.

ABSTRACT

Study on the POME was carried out using three UASB reactors at a laboratory scale with 12L perspex column. POME samples were taken from palm oil mill around Kluang, Johor. POME is a source of pollution to the river and it requires initial treatment before discharged into natural course. Several parameters such as BOD, COD, TSS and VSS were investigated to determine the capability of these reactors to treat POME in accordance to the standards stipulated by DOE, Malaysia. Operation on UASB reactor was made with an initial organic loading of 1.44 COD/L.d, where the POME was diluted to a COD range of 5000 - 5500 mg/L. The study showed that 55 days were required for the three reactors (R1, R2, & R3) to achieve steady state condition. In this condition, all reactors were subjected to different organic loadings. The final results indicated that the treatment system was able to withstand a maximum organic loading of 7.6 g COD/L.d. Further studies on the UASB system were carried out by adjusting the acidity (pH) of the influent at various organic loadings. The results indicated that at the actual pH value of POME (pH between 4.0 to 5.5), the reaction coefficients were $k_1 = 1.28$ per day and $k_2 = 4.6 \times 10^{-5}$ per mg/L.d at the lowest organic loading while R^2 were 0.4896 and 0.4724 respectively. As a conclusion, UASB reactor can treat POME up to OLR 7.6 g COD/L.d.

KANDUNGAN

PERKARA	MUKA SURAT
JUDUL	i
PENGAKUAN	ii
DEDIKASI	iii
PENGHARGAAN	Iv
ABSTRAK	V
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SIMBOL	xv
SENARAI SINGKATAN	xvi
BAB 1 PENGENALAN	1
1.1 Pernyataan Masalah	2
1.2 Latarbelakang Penyelidikan	3
1.3 Pernyataan Masalah	4
1.4 Objektif Kajian	4
1.5 Skop Kajian	5
1.6 Ringkasan Kandungan Tesis	5
BAB 2 INDUSTRI MINYAK SAWIT MENTAH MALAYSIA	7
2.1 Pengenalan	7
2.2 Dari perspektif umum	10
2.3 Pemprosesan Minyak Sawit Mentah	12

2.4	Efluen Industri Minyak Sawit (EIMS)	15
	2.4.1 Ciri-ciri EIMS	16
2.5	Isu-isu Alam Sekitar	22
2.6	Pembangunan Lestari	23
BAB 3	KAJIAN LITERATUR	25
3.1	Pengenalan	26
3.2	Pengolahan Anaerobik	27
3.3	Keupayaan Rawatan Anaerobik	28
3.4	Pengolahan Anaerobik dan Metanogenesis	
	3.4.1 Hidrolisis	30
	3.4.2 Penapaian	30
	3.4.3 Asetogenesis	31
	3.4.4 Metanogenesis	31
3.5	Faktor Pesekitaran yang Mempengaruhi	
	Proses Anaerobik	31
	3.5.1 Suhu	32
	3.5.2 Nutrien	32
	3.5.3 Nilai pH dan Kealkalian	33
	3.5.4 Bahan Toksik	34
	3.5.4.1 VFA	34
	3.5.4.2 Kation	34
	3.5.4.3 Ion Logam Berat	35
3.6	Rawatan Anaerobik dan Aerobik	35
3.7	Tindak Balas Kimia Semasa	
	Pengoksidaan Dan Proses Penapaian	37
	Anaerobik	
3.8	Peranan Mikroorganisma	37
3.9	Faktor yang Mempengaruhi	
	Aktiviti Mikroorganisma	39
3.10	Reaktor UASB	41
3.11	Proses Pembutiran Biojisim Anaerobik	45
3.12	Metanogen	48

3.13	Apungan Biojisim	51
3.14	Kajian Terdahulu	51
3.15	Rawatan Anaerobik	53
BAB 4	METODOLOGI PENYELIDIKAN	55
4.1	Pengenalan	55
4.2	Penyelidikan Awal Fasa I	61
4.2.1	Pengumpulan Maklumat dan reka bentuk Reaktor UASB	62
4.2.2	Pensampelan dan Penyimpanan EIMS	63
4.2.3	Pemulaan Operasi Reaktor UASB	63
4.2.4	Pensampelan dan Analisis EIMS	64
4.3	Penyelidikan Fasa II	66
4.3.1	Perubahan Nilai pH	66
4.4	Keseimbangan Jisim Organik	68
BAB 5	KEPUTUSAN & PERBINCANGAN	70
5.1	Pengenalan	70
5.2	Pengumpulan Data	71
5.3	Kesan Perubahan HRT dan OLR	73
5.4	Keperluan Oksigen Kimia COD	76
5.5	Keperluan Oksigen Biokimia BOD	87
5.6	VSS dan TSS	91
5.7	Nilai pH	95
5.8	Ammonia Nitrogen	97
5.9	Perubahan Nilai pH	104
5.10	Model Matematik reka bentuk Reaktor UASB	114
5.11	Masalah dan cadangan mengatasinya	118
BAB 6	KESIMPULAN	
6.1	Ringkasan Penyelidikan	121
6.2	Kesimpulan	122
6.3	Cadangan	123

RUJUKAN	125
LAMPIRAN A	138
LAMPIRAN B	144
LAMPIRAN C	147



PTTA UTHM
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

SENARAI JADUAL

JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Sifat-sifat Efluen Industri	15
2.2	Komposisi EIMS dan Standard Pelepasan Parameter	21
3.1	Jenis-jenis efluen, isipadu dan bilangan reaktor UASB	44
3.2	Tindakbalas tenaga yang dihasilkan metanogen	49
4.1	Data operasi Fasa I	63
4.2	Data Operasi Fasa II	67
5.1	Pencirian EIMS	71
5.2	Min COD dan status OLR R1	80
5.3	Min COD dan status OLR R2	83
5.4	Min COD dan status OLR R3	85
5.5	Min Ammonia Nitrogen dan OLR bagi R1	99
5.6	Min Ammonia Nitrogen dan OLR bagi R2	101
5.7	Min Ammonia Nitrogen dan OLR bagi R3	102
5.8	Min COD dan OLR bagi julat pH 6.5 - 7.5	105
5.9	Min COD dan OLR bagi julat pH 5.5 - 6.5	107
5.10	Min COD dan OLR bagi julat pH 4.5 - 5.5	109
5.11	Min COD dan OLR bagi julat pH 3.5 - 4.5	111
5.12	Min COD dan OLR bagi julat pH 2.5 - 3.5	113
5.13	Nilai pekali k_1 dan k_2	115

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Buah Kelapa Sawit Dan Tandan Buah Segar	10
2.2	Ladang Kelapa Sawit	12
2.3	Kilang Industri Minyak Sawit	16
2.4	EIMS Yang Dipam Keluar Dari Kilang	17
2.5	EIMS Sebelum Diagihkan Ke Kolam Rawatan	18
2.6	Kesan Pembuang Efluen Tanpa Rawatan	19
2.7	EIMS diagihkan ke kolam rawatan	20
3.1	Proses Rawatan Anaerobik	29
3.2	Ringkasan Perbezaan Rawatan Anaerobik Dan Aerobik	36
3.3	Contoh Bakteria	37
3.4	Digram Reaktor UASB	41
3.5	Butiran Enapcemar	45
3.6	Digram Aliran UASB	48
4.1(a)	Carta Alir Fasa I	52
4.1(b)	Carta Alir Fasa II	53
4.2	Susun Atur Reaktor UASB	55
4.3	Reaktor UASB Pada Skala Makmal	56
4.4	Sumber Dan Pensampelan EIMS di kilang	57
4.5	Proses Penyimpanan Dan Pengawetan Sample	58
4.6	Penyimpanan Sampel EIMS	58
4.7	Radas Dan Bahan Ujikaji BOD	61
5.1	Perbandingan Pencirian EIMS	71
5.2	Butiran Enapcemar EIMS	72
5.3	Purata Bacaan HRT bagi R1, R2 dan R3	74
5.4	Purata Bacaan OLR bagi R1, R2 dan R3	76
5.5	Purata Penyingkiran COD bagi R1, R2 dan R3	78
5.6 (a)	Kecekapan Penyingkiran COD pada OLR berbeza bagi R1	79
5.6 (b)	Kecekapan min COD melawan OLR bagi R1	80
5.7 (a)	Kecekapan Penyingkiran COD pada OLR berbeza bagi R2	82
5.7 (b)	Kecekapan min COD melawan OLR bagi R2	83
5.8 (a)	Kecekapan penyingkiran COD pada OLR berbeza bagi R3	84

5.8 (b)	Kecekapan min COD melawan OLR bagi R3	85
5.9	Apungan Biojisim	86
5.10	Purata penyingkiran BOD bagi R1	89
5.11	Purata penyingkiran BOD bagi R2	90
5.12	Purata penyingkiran BOD bagi R3	91
5.13	Perbandingan VSS dan TSS bagi R1	92
5.14	Perbandingan VSS dan TSS bagi R2	93
5.15	Perbandingan VSS dan TSS bagi R3	94
5.16	Purata nilai pH bagi R1	95
5.17	Purata nilai pH bagi R2	96
5.18	Purata nilai pH bagi R3	97
5.19	Purata Bacaan Ammonia Nitrogen bagi R1	98
5.20	Ammonia Nitrogen melawan OLR bagi R1	99
5.21	Purata Bacaan Ammonia Nitrogen bagi R2	100
5.22	Purata Bacaan Ammonia Nitrogen bagi R3	100
5.23	Ammonia Nitrogen melawan OLR bagi R2	102
5.24	Ammonia Nitrogen melawan OLR bagi R3	103
5.25 (a)	Purata Bacaan COD pada julat pH 6.5-7.5	105
5.25 (b)	Graf min COD melawan OLR pada julat pH 6.5-7.5	106
5.26 (a)	Purata Bacaan COD pada julat pH 5.5-6.5	107
5.26 (b)	Graf min COD melawan OLR pada julat pH 5.5-6.5	108
5.27 (a)	Purata Bacaan COD pada julat pH 4.5-5.5	109
5.27 (b)	Graf min COD melawan OLR pada julat pH 4.5-5.5	110
5.28 (a)	Purata Bacaan COD pada julat pH 3.5-4.5	111
5.28 (b)	Graf min COD melawan OLR pada julat pH 3.5-4.5	112
5.29 (a)	Purata Bacaan COD pada julat pH 2.5-3.5	113
5.29 (b)	Graf min COD melawan OLR pada julat pH 2.5-3.5	114
5.30	Penentuan nilai pekali k1 bagi julat pH 6.5-7.5	116
5.31	Penentuan nilai pekali k2 bagi julat pH 6.5-7.5	116
5.32	Penentuan nilai pekali k1 bagi julat pH 4.5-5.5	117
5.33	Penentuan nilai pekali k2 bagi julat pH 4.5-5.5	117
5.34	Pembentukan lapisan sekam dan apungan biojisim	118
5.35	Pembentukan alga merah	119

SENARAI SIMBOL

%	Peratus
Cr^{3+}	Ion Dikromat
g	Gram
mg/L	Miligram Per Liter
$^{\circ}\text{C}$	Darjah Celcius
cm	Sentimeter
mm	Milimeter
d	hari
s_0	Kepekatan COD Influen
s_e	Kepekatan COD Efluen
m^3	Meter Isipadu
H_2	Hidrogen
CO_2	Karbon Dioksida
Na^+	Ion Natrium
NH_4^+	Ion Ammonium
K^+	Ion Kalium
Ca^{2+}	Ion Kalsium
Cu^{2+}	Ion Kuprum
Zn^{2+}	Ion Zink
Cd^{2+}	Ion Kadmium
meq/kg	Miliequation Per Kilogram
Zn	Zink
Ni	Nikel
Pb	Plumbum
kg	Kilogram
CH_4	Metana

BAB 1

Pengenalan

Air merupakan unsur terpenting dalam kehidupan manusia dan seluruh kehidupan di muka bumi ini. Keperluan manusia bukan sekadar memperolehi bekalan air yang mencukupi, tetapi air yang dibekalkan tersebut juga haruslah bersih dan berkualiti. Pencemaran air secara fizikal boleh dilihat melalui perubahan warna, suhu dan kekeruhan. Selain itu air yang tercemar juga akan mengeluarkan bau dan rasa yang tidak enak.

Malaysia adalah pengeluar minyak sawit terbesar dunia dengan menyumbang 50% keperluan dunia. Hampir 130 buah negara menggunakan minyak sawit dan dilihat bahawa permintaan terus meningkat berasaskan tiga faktor utama, iaitu pertumbuhan penduduk dunia, pertumbuhan penghasilan dan pendapatan yang boleh dibelanjakan, dan meningkatnya tahap kesedaran mengenai kesihatan. Aktiviti perindustrian yang pesat dalam sesebuah negara biasanya cenderung menghasilkan pelbagai jenis efluen dan kumbahan ke dalam sistem air semulajadi di mana menyebabkan terjadinya pencemaran air. Kandungan kumbahan domestik dan sisa pertanian lazimnya terdiri daripada bahan-bahan organik dalam bentuk pepejal atau cecair.

Bahan-bahan organik boleh di takrifkan sebagai bahan yang mudah reput hasil tindak balas oksigen dalam air (Ahmad *et al*, 2003). Efluen yang dibuang akan menjadi septik dengan kadar yang cepat disebabkan kekurangan oksigen dan seterusnya

menyebabkan bau busuk, terutamanya dalam iklim yang berhawa panas. Dewasa ini dapat kita lihat banyak sungai di Malaysia yang tercemar. Menurut laporan Jabatan Alam Sekitar 2003, sebanyak 60% daripada sungai di Malaysia diklasifikasikan sebagai kotor. Antara punca yang dilihat menyumbang kepada pencemaran air ini ialah hasil buangan sisa pertanian, industri, domestik mahupun secara semulajadi.

Malaysia adalah pengeluar dan pengeksport terbesar minyak sawit. Jabatan Alam Sekitar di dalam laporan tahunan 2003 menyatakan anggaran bahawa sebanyak 0.67 tan Efluen Industri Minyak Sawit, (EIMS) dihasilkan daripada setiap tan buah sawit segar yang diproses. Malaysia kini mengeluarkan sekitar 12 juta tan minyak sawit mentah (CPO) setahun.

Jumlah EIMS yang akan terhasil dari aktiviti pemprosesan itu iaitu hampir kepada 42.3 juta tan. EIMS adalah cecair yang berwarna sangat keruh yang mana mengandungi kuantiti bahan pencemar seperti keperluan oksigen kimia (COD), pepejal terampai, minyak dan gris dan keperluan oksigen biokimia (BOD) yang tinggi (Jabatan Alam Sekitar, 2003).

1.1 Latarbelakang Penyelidikan

Penilaian kesan alam sekitar merupakan satu perancangan untuk mengelakkan dan mengurangkan masalah-masalah akibat tindakan pembangunan. Sebelum ini kebanyakan industri melepaskan sisa efluen mereka ke sungai atau sumber air tanpa rawatan terlebih dahulu. Laporan daripada Jabatan Alam Sekitar 2003 menyatakan bahawa terdapat beberapa industri di dapati beroperasi tanpa loji rawatan dan terdapat juga fenomena di mana kilang terbabit mempunyai loji rawatan efluen tetapi tidak berupaya untuk mengolah efluen yang mematuhi standard pelepasan yang ditetapkan.

Pada umumnya, parameter yang sukar dipatuhi oleh industri ialah BOD, COD, pepejal terampai (SS), minyak dan gas (O&G) dan logam-logam berat seperti tembaga, nikel, plumbum, kromium dan mangan. Faktor lain yang menyebabkan ketidakpatuhan ini adalah penyelenggaraan yang lemah dan kurangnya pengetahuan dan pengalaman dalam pengendalian loji pengolahan efluen, (Jabatan Alam Sekitar, 2003).

1.2 Pernyataan Masalah

Efluen Industri Minyak Sawit (EIMS), secara umumnya boleh diuraikan secara anaerobik mahupun aerobik. Walaubagaimanapun jika dilepaskan ke dalam sumber air, tindakbalas tidak lengkap akan berlaku. Jika kita perhatikan kebanyakan kilang-kilang industri didirikan berhampiran kawasan perairan dan berdekatan sungai atau laut. Rata-rata pihak pengurusan kilang mengambil jalan mudah dengan mengalirkan kumbahan kilang terus ke sungai tanpa rawatan melalui paip limbah keluar.

Tanaman sawit terus menjadi pilihan sektor perladangan dan pekebun kecil bagi pembangunan tanah di seluruh negara dan sehingga kini, keluasan tanaman sawit mencapai 4.12 juta hektar meliputi 68 peratus keluasan yang berupaya menghasilkan produk untuk memenuhi permintaan pasaran akan diberikan penekanan bagi memastikan pertumbuhan mapan industri ini (Jabatan Alam Sekitar, 2003).

Rawatan ke atas efluen kilang sepatutnya sentiasa dipertimbangkan sebagai langkah utama dalam penyelesaian alternatif, dan bukannya menambah lagi beban pencemaran yang sedia ada tetapi cuba mengurangkan pencemaran air yang merupakan sumber bernilai tinggi, sama ada dari sudut ekonomi mahupun ekologi.

1.3 Objektif Penyelidikan

Penyelidikan ini dijalankan bagi memperluaskan lagi maklumat mengenai rawatan EIMS melalui proses pengolahan anaerobik menggunakan reaktor UASB. Tujuan utama penyelidikan ini dijalankan adalah bagi mengurangkan kepekatan bahan organik pencemar tertentu pada tahap di mana pelepasan efluen ini tidak akan memudaratkan persekitaran. Sehubungan dengan itu, penyelidikan ke atas rawatan EIMS dijalankan dalam kajian ini, di mana merangkumi beberapa objektif seperti dinyatakan di bawah.

Objektif penyelidikan yang telah digariskan;

- i. Mengkaji kesan peningkatan beban organik COD ke atas kecekapan rawatan EIMS menggunakan reaktor UASB
- ii. Mengkaji kesan HRT ke atas kecekapan rawatan EIMS menggunakan reaktor UASB.
- iii. Mengkaji kesan perubahan nilai pH ke atas rawatan EIMS menggunakan reaktor UASB.
- iv. Menentukan nilai pekali penyingkiran sisa EIMS untuk reaktor UASB di dalam rawatan EIMS.

1.4 Skop Penyelidikan

Bagi memenuhi objektif penyelidikan, skop penyelidikan adalah merangkumi aspek penyelidikan seperti yang telah dinyatakan. Reaktor UASB di dirikan di makmal Kejuruteraan Air dan Alam Sekitar, Universiti Tun Husien Onn Malaysia (UTHM). Manakala sampel EIMS diperolehi daripada kilang minyak sawit Kian Hoe Plantation Bhd. yang beroperasi di Kluang, Johor. Oleh kerana EIMS adalah antara efluen yang mempunyai beban organik yang tinggi, pencairan telah dilakukan bagi mengelakkan reaktor UASB menerima beban organik yang terlalu tinggi. Pengukuran di tapak dilakukan terhadap parameter pH manakala parameter lain seperti COD, BOD, ammonia nitrogen dan jumlah kandungan pepejal dijalankan di dalam makmal. Data-data yang diperolehi akan di analisis dan dibuat perbandingan dengan kajian yang telah dijalankan sebelum ini oleh penyelidik lain.

1.5 Ringkasan Kandungan Tesis

Secara ringkas tesis ini mengandungi 6 bab dalam mencapai matlamat dan objektif penyelidikan termasuklah bab pengenalan, perkembangan industri minyak sawit mentah di Malaysia, latar belakang penyelidikan yang telah dilakukan sebelum ini ke atas EIMS dan efluen industri yang lain, metodologi, keputusan dan perbincangan serta di akhiri dengan kesimpulan dan cadangan bagi memperbaiki lagi kajian pada masa akan datang.

Bab 2 melihat kepada industri minyak sawit di Malaysia, sorotan dan perkembangannya. Pemprosesan minyak sawit mentah juga turut dibincangkan dan bagaimana terhasilnya EIMS. Isu-isu alam sekitar yang melibatkan kilang minyak sawit juga dibincangkan dan peranan penting yang perlu di ambil perhatian serius.

Bab 3 pula membincangkan dan membuat ulasan daripada penyelidikan berkaitan reaktor UASB dan EIMS. Pencirian EIMS dan penggunaan reaktor UASB sebagai medium perantaraan dalam merawat efluen industri secara anaerobik. Peranan mikroorganisma sebagai mekanisma pengurai di dalam sistem rawatan, faktor-faktor persekitaran yang perlu diberi penekanan dan permasalahannya akan turut dibincangkan.

Bab 4 menerangkan kaedah penyelidikan yang dilakukan termasuklah pembangunan reaktor UASB pada skala makmal. Pembenihan enapcemar, permulaan operasi dan pensampelan yang dilakukan akan dinyatakan dan dibincangkan dalam bab ini. Semua ujikaji makmal yang dijalankan adalah mengikut standard yang telah ditetapkan seperti yang disarankan dalam buku *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, Edisi 21, 2005*.

Bab 5 pula merangkumi keputusan dan hasil daripada ujikaji di dalam makmal dan pemantauan yang dilakukan semasa proses rawatan berjalan. Perbincangan dilakukan bagi setiap data yang diperolehi serta dilakukan perbandingan dengan penyelidikan lain yang telah dilakukan.

Bab 6 merupakan bab penutup bagi tesis penyelidikan ini. Ringkasan penyelidikan dilakukan dan kesimpulan dinyatakan bersama-sama. Beberapa idea turut dicadangkan bagi memperbaiki lagi penyelidikan pada masa akan datang.



BAB 2

INDUSTRI MINYAK SAWIT MENTAH DI MALAYSIA

2.1 Pengenalan

Sejak wujudnya penempatan manusia di dunia ini, masalah pencemaran telah timbul dan merebak ke seluruh dunia. Pencemaran alam sekitar berlaku seiring dengan kehairahan manusia untuk memajukan diri di samping proses pembangunan yang tidak mengenal batasan. Pencemaran alam sekitar yang berlaku juga akibat pengurusan dan sistem pelaksanaan yang tidak seimbang sehingga mengancam keindahan alam semulajadi. Oleh kerana itu, satu sistem pengurusan alam sekitar yang lebih sistematik perlulah diperkenalkan bagi memelihara dan menjaga alam sekitar daripada mengalami pencemaran yang lebih teruk akibat aktiviti manusia.

Masalah pencemaran alam sekitar yang dianggap serius termasuklah masalah pencemaran sungai. Masalah pencemaran sungai ini di lihat bukanlah suatu isu baru dan antara faktor yang menyumbang kepada pencemaran ini adalah akibat pembuangan sisa kumbahan domestik dari kawasan penempatan, aktiviti pertanian dan penternakan serta perindustrian yang di dirikan di sepanjang koridor sungai. Pelbagai pendekatan telah di ambil dalam meningkatkan kualiti sistem pengurusan air sungai antaranya termasuklah merangka polisi-polisi, peraturan serta program-program mengurangkan penurunan kualiti air sungai (Jabatan Alam Sekitar, 2003).

Malaysia tidak kekurangan peraturan yang mengawal selia industri minyak sawitnya. Kepatuhan dan penguatkuasaan peraturan terutamanya Akta Kualiti Alam Sekitar 1974, Akta Racun Perosak 1974 dan arahan Penilaian Kesan Alam Sekitar (EIA) 1987 menghasilkan sebuah industri yang telah menepati banyak peraturan dalam usaha meminimumkan pencemaran, atau menghindari bencana kepada alam sekitar (Jabatan Alam Sekitar, 2003).

Kerajaan akan terus memberi perhatian utama kepada tanaman sawit sejajar dengan matlamat memajukan sektor berasaskan pertanian dan menjadikannya sebagai salah satu penjana utama ekonomi negara. Selain daripada itu ciri pokok sawit itu sendiri yang bersifat kekal, boleh dikatakan secara semula jadi sangat sesuai untuk amalan pengurusan dan menggalakkan pertanian berkekalan. Faktor utama kepada keadaan ini adalah pengurusan alam sekitar yang efektif.

Dari awal lagi, industri minyak sawit Malaysia telah meletakkan penekanan kuat kepada pelbagai aspek penyelidikan dan pembangunan (R&D) dengan menitikberatkan alam sekitar, termasuk penggunaan bahan sampingan dan amalan pertanian kekal. Dalam konteks pemuliharaan alam sekitar, industri ini secara keseluruhan telah melangkah gagah dengan kemampuan untuk mengekalkan alam sekitar.

Penggunaan bahan buangan atau bahan sampingan, seperti tandan kosong dan EIMS yang dirawat sebagai baja organik, adalah antara yang diamalkan dan diguna pakai dalam industri ini. Antaranya, pihak industri telah mengadakan dan mengkomersilkan teknologi buangan sifar, di mana tandan kosong dan EIMS digabungkan dalam pengeluaran kompos bernilai.

Amalan mesra alam yang telah dilaksanakan secara meluas adalah teknik pembakaran sifar semasa penyediaan ladang untuk ditanam semula, amalan pemulihan tanah merangkumi penyediaan jalan, membina teres dan pembinaan lubang dan 'bunds' tanah, penanaman tanaman kacang penutup bumi dan pengurusan perosak bersepadu.

Pengalaman Malaysia mengawal efluen dalam industri minyak sawit telah menunjukkan bahawa satu polisi alam sekitar yang baik adalah sangat berkesan untuk mengawal pencemaran perindustrian di negara membangun. Usaha kerajaan Malaysia untuk mengurangkan efluen dari kilang buah dan kilang penapis sawit telah dilaksanakan melalui satu sistem pelesenan merangkumi standard dan yuran efluen.

Standard efluen yang sentiasa diperketatkan telah diperkenalkan dalam peraturan kualiti alam sekitar dan dilaksanakan secara berperingkat. Kilang industri minyak sawit dikehendaki mengurangkan kadar pembuangan efluen (dengan menggunakan kepekatan BOD sebagai pengukur utama) dari 25000 mg/L efluen tidak dirawat kepada 5000 mg/L dalam tahun 1978/79 dan 500 mg/L menjelang tahun 1981, dan akhirnya turun kepada 100 mg/L daripada tahun 1984 dan tahun seterusnya (Jabatan Alam Sekitar 2003).

Menteri Perusahaan Perladangan dan Komoditi, Datuk Peter Chin Fah Kui, berkata pembangunan pesat sektor perladangan dan pengilangan sawit berjaya memberi peluang pekerjaan kepada lebih sejuta keluarga dan meningkatkan sosioekonomi masyarakat luar bandar (Johari, 2007). Industri minyak sawit telah mengalami perkembangan berterusan ke arah mencapai sasaran BOD 100 mg/L. Dalam sektor pemprosesan berasaskan kelapa sawit, keprihatinan alam sekitar adalah terhadap penghasilan efluen dan pengeluaran asap yang menjadi fokus utama. Kini terdapat pertukaran paradigma dan cara untuk menghadapi isu ini.

Seandainya dulu, pendekatan di hujung paip digunakan untuk memastikan pematuhan kepada peraturan alam sekitar, kini ia bertukar kepada pengurusan di dalam paip. Di hujung paip bermaksud sampel dilakukan analisis pada aliran terakhir efluen dibuang manakala di dalam paip bermaksud sampel tidak lagi di ambil pada bahagian akhir tetapi di ambil sepanjang proses. Dalam laporan Jabatan Alam Sekitar 2003 menyatakan, sembilan buah kilang buah sawit di Malaysia telah melaksanakan ISO 14001 Sistem Pengurusan Alam Sekitar.

2.2 Dari Persepektif Umum

Prestasi industri sawit Malaysia pada tahun 2003, mencatatkan peningkatan yang memberangsangkan khususnya prestasi eksport dan arah aliran harga yang meningkat. Harga minyak sawit yang melonjak ke paras melebihi RM1500 per tan adalah kesan daripada kekurangan bekalan minyak sayuran dan lemak di pasaran dunia, demikian menurut Ketua Pengarah MPOB, Datuk Dr. Yusof Basiron dalam laporan prestasi industri minyak sawit Malaysia 2003 yang dikeluarkan oleh Lembaga Minyak Sawit Malaysia, MPOB (Johari, 2007).

Rajah 2.1 menunjukkan tandan buah kelapa sawit masak yang digunakan dalam industri minyak sawit. Pengeluaran minyak sawit Malaysia meningkat sebanyak 12.1 peratus atau 1.4 juta tan kepada 13.4 juta tan pada tahun 2003 berbanding 11.9 juta tan pada tahun sebelumnya. Peningkatan pengeluaran minyak sawit adalah disebabkan peningkatan kawasan tanaman sawit matang dan fenomena cuaca (jumlah hujan dan sinaran matahari yang cukup sepanjang tahun), menyumbang kepada peningkatan hasil buah tandan segar sebanyak 5.7 peratus kepada 18.99 tan berbanding 17.97 tan pada tahun sebelumnya.



Rajah 2.1 : Buah Kelapa Sawit dan Tandan Buah Segar (FFB)

Walau bagaimanapun, kadar perahan minyak merosot daripada 19.91 peratus kepada 19.75 peratus berbanding tahun sebelumnya. Eksport hasil keluaran minyak sawit (minyak sawit, minyak isirong sawit, dedak isirong sawit, produk oelokimia dan produk akhir) meningkat kepada 14.2 peratus atau 2.09 juta tan kepada 16.78 juta tan. Peningkatan eksport produk keluaran sawit adalah berikutan kekurangan bekalan minyak dan lemak dunia dan penurunan paras stok minyak dan lemak dunia telah mendorong peningkatan harga minyak sawit (Johari, 2007).

Pokok kelapa sawit seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2 pada asalnya adalah pokok semulajadi yang tumbuh di Afrika, di mana ia wujud sebagai tumbuhan liar. Di Malaysia, keadaan cuaca dan tanahnya adalah sangat sesuai untuk penanaman pokok kelapa sawit, dan kini ianya merupakan salah satu sumber pendapatan negara.



Rajah 2.2. Ladang Kelapa Sawit

Secara keseluruhannya gambaran industri minyak sawit mentah di Malaysia dilihat sebagai cukup memberangsangkan. Minyak sawit di perkenalkan di Malaysia seawal tahun 1875, di mana pokok kelapa sawit ini diperkenalkan sebagai tumbuhan hiasan. Tetapi pada tahun 1917 ianya dilihat berpotensi dan telah dimajukan sebagai satu sektor penting negara dan hari ini boleh dilihat menghasilkan satu sektor industri yang bernilai beribu-juta ringgit (Jabatan Alam Sekitar, 1995).

RUJUKAN

- Ahmad, A.L., Bhatia, S., dan Sumanthi, S., (2003). "Adsorption of Residual Oil From POME using Rubber Power." *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 32 pp 334-342.
- Ahmad, A. L., Ismail, S., dan Bahtia, S., (2003). "Water Recycling from Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Membrane Technology." *Desalination* 157, pp 87-95.
- Alimahmodi Mahmud, (2004). "CO₂ Capture and Bioconversion to Biogas in an Anaerobic System using a UASB Reactor." Thesis for The Degree Master Of Applied Science At Concordia University Montreal, Qubec Canada.
- Amatya, P.L, (1996). "Anaerobic Treatment Of Tapioca Strach Industry Wastewater By Bench Scale Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactor." *Water Research* 38 (1996), pp 32-38.
- Annachhatre, A. P., and Bhamidimarri, S. M. Roa. (1992). "Microbial Attachment And Growth In Fixed-Film Reactors: Process Startup Considerations." *Biotechnology Advances*, pp 59-60.
- Austermann-Haun, U., Seyfried, C.F., Kunst, S., Brockmann, M., Banzinger, W. and Rosenwinkel, K.H. (1994) "Anaerobic Pretreatment in Campaign Industries". *Proceedings. 7th Int. Symposium. on Anaerobic Digestion., Cape Town.* pp 325-336.
- Borja, R., Banks, C.J., and Sanchez, E., (1996). " Anaerobic Treatment of Palm oil Mill Effluent in A Two Stage UASB System." *Journal of Biotechnology*, 45. pp 125-135

- Britz, T.J., Tronovec, W., Van Schalkwyk, C. and Roos, P. (1999) "Enhanced Granulation in Upflow Anaerobic Sludge-Bed Digesters (UASB) by Process Induction and Microbial Stimulation." WRC Report. No.667/1/99.
- Buswell M.D.,(1947). "Use of UASB Technology To Treat Crab Processing Wastewaters." Journal Of Environmental Engineering, pp 776- 784
- Caixeta, E.T. Claudia, Cammarota, C. Magali nd Xavier, M.F. Alcina, (2001). " Slaughter wastewater treatment : evaluation of a ew three-phase separation system in a UASB reactor." Bioresource Technology 81, pp 61-69.
- Christopher, J.O., (2003). "An Assessment of Variability of Pulp Mill Wastewater Treatment System Bacterial Communities using Molecular Methods. " Water Quality Research Journal of Canada., pp 183-188
- Chun, F. S., (1993). "Effects of Environmental Factors on Anaerobic Granular Sludge in Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor ". Thesis for The Degree Doctor of Philosophy, Department of Chemical and Biochemical Engineering, University of Western Ontario London, Ontario. July 1993.
- Choo, S.C., (1991). "Microbiology Of Anaerobic Digetion." Palm Oil Research Institute Of Malaysia. Anaerobic Diggestion Technology In Pollution Control.SIRIM, pp 115-210
- Chou, H.H., and Huang, J.S., (2005). "Role of Mass Transfer Resistance in Overall Substrate Removal Rate in Upflow Anaerobic Sludge Bed Reactors." Journal of Environmental Engineering April, 2005. pp 548-556.
- Chowdhury, R., and Mehrotra, I., (2004). "Minimization of Short-Circuiting flow Through Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor." Journal Environmental Engineering, September 2004. pp 951-959.

- Correa, S.B., Ruiz, E., and Romero, F.,(2003). "Evolution of Operational Parameters in a UASB Wastewater Plant." *Water SA* Vol. 29,pp 345-351
- Davis, J.M., and Cornwell, D.A., (1991). "Introduction to Environmental Engineering." Boston Massachussets: P.W.S.
- Driessen, W . J . M. B., Tielbaard. H., Ielbaard, M. H., and Vereijken T. L. F. M, (1994). "Experience On Anaerobic Treatment Of Distillery Effluent With The UASB Process." *Proceedings. 7th Int. Symposium. on Anaerobic Digestion., Cape Town.* 253-262.
- Duguay, L.S.(2003). "Bench-Scale Treatability Study Of A Dilute Synthetic Dairy Wastewater By Combined Anaerobic-Aerobic Systems, At Ambient Temparture. Conditions." Thesis for The Degree Master Of Applied Science in Civil Engineering at University of Ottawa, Canada.
- Fang, C.S., and Chui, Y. P., (1993). "A Combined Anaerobic-Aerobic system to treat domestic sewage." *Water Res.* 31. pp 3057-3063.
- Fang, L.F., Yu, H.Q., and Tay, J.H., (1995). "Enhanced Sludge Granulation in Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactors by Aluminium Chloride" *Chemosphere* 43 pp 23-34
- Fang, H.H.P., Member, ASCE, Liu, Y., and Chen, T.(1997). "Effect Of Sulfate An Anaerobic Degradation Of Benzoate In UASB Reactor." *Journal Of Environmental Engineering* April 1997. pp 320-328.
- Fang, H.D., (2000). "UASB Treatment Of Wastewater With Concentrated Mixed VFA." *Journal Of Environmental Engineering.* pp 153-160.

- Ferry G., (1993). "Anaerobic Digestion Of Wastewater . In : Biotechnology Processes In Environmental Technology." Laboratory General And Applied Microbial Ecology, State University Of Gent Belgium. pp 16-21
- Flores, E.R, Gonzalez, M.I, Lora, P.O., and Grajales, L.P.,(2003). "Bidegradation of Mixtures of Phenolic Compounds in an Upward flow Anaerobic Sludge Blanket Reactor." Journal Of Environmental Engineering, Nov. 2003. pp 999-1006.
- Fourie, J.M. (1974). "A Guide to the Treatment of Winery Effluent." CSIR Guide K18. 1-16.
- Ghangrekar, M.M., (2006). "Performance and Correlation of Sludge Age and Efficiency of UASB Reactor during Step Increase in Loading Rates." IE(I) Journal-EN 87 September 2006.
- Grady, Jr.C.P.L., and Daigger, G.T. (1999). "Biological Wastewater Treatment" 2nd Edition New York.:Marcel Dekker. 673-710.
- Gujer, W. and Zehnder, A.J.B. (1983). Conversion Process in Anaerobic Digestion." Water Science Technology. pp 292-342
- Hach Inc. (1997). "Spectrophotometer Procedures Manual for Hach." DR2010. USA.
- Hammer, M.J. (1997). "Water and Wastewater Technology. 2nd Ed. New York: John Wiley and Sons.
- Hawkes D., (1979). "Automatic StartUp of UASB Reactor. Journal Of Environmental Engineering." pp 397-400.

- Henzen, M. and Harremous, P. (1983). "Anaerobic Treatment of Waste Water in Fixed Film Reactor." *Water Science Technology*. 360-372
- Hickey, R.F., Wu, W.M, Veuga, M.C. and Jones, R. (1991). "Start-up, Operation, Monitoring and Control of High-rate Anaerobic Treatment Systems." *Water Sci. Technol.* pp 87-94.
- Hiraishi, A., Narlhiro, T., and Yamanaka, Y. (2003). "Microbial Community Dynamics During Start-up Operation of Flowepot-using Fed-Batch Reactors for Composting of Household Biowaste." *Environmental Microbiology* (2003) 5(9), pp 765-776.
- Horan, N. (1996). "Environment Waste Management, A European Perspective" England: West Sussex. 1-30.
- Hulshoff Pol, L. W. , de Castro Lopes, S. I. ,Lettinga, G., and Lens, P. N. L., (2004). "Anaerobic Sludge Granulation." *Water Research* 38 (2004), 1376-1389
- Jabatan Alam Sekitar (1995). "Industrial Processes & The Environment, Crude Palm Oil Industry." Handbook No.3. Malaysia: Department of Environment. 5-10.
- Jabatan Alam Sekitar (1998). "Water pollution control project: Assesement of Pollution Level in The Langat River Basin. Kuala Lumpur ": Kementerian Sains Dan Teknologi dan Alam Sekitar.
- Jabatan Alam Sekitar (1999). Malaysia Environmental Quality Report 1999
Kementerian Sains Dan Teknologi Alam Sekitar
- Jabatan Alam Sekitar, (2003). Malaysia Environmental Quality Report 2003.
Kementerian Sains Dan Teknologi Alam Sekitar.

- Jini Anak Gilbert Malandang (2007). "Treatment of Modified UASB for Palm Oil Mill Effluent." Universiti Teknologi Malaysia.
- Johari Mamat (2007). "Industri Minyak Sawit Malaysia ; perkembangannya". Malaysian Palm Oil Buletin. Utusan Malaysia Online.
- Hanif, J., (1994). "Management on Palm Oil Waste." Conference of Environment Management on Palm Oil & Rubber Waste." Malaysian Palm Oil Board Report 1994.
- Jeris, J.S. (1982). "Industrial Waste Water Treatment Using Anaerobic Fluidised Bed Reactor." IAWPRC Seminar on Anaerobic Treatment. Denmark.
- Jewell, W.J. (1982). "Development of the Attached Microbial Film Expanded Bed Process for Anaerobic Waste Treatment."
- Jules B. van Lier (1999). "Design and Operation of UASB for Treatment of Domestic Wastewater.", Wageningen University /Lettinga Associates Foundation (LeAF).
- Kalogo, Y. , Mbouche, J.H., and Verstrace, W. (2001). "Physical and Biological Performance of self-Inoculated UASB Reactor Treating Raw Domestic Sewage." Journal Environmental Engineering, Feb 2001. pp179-183
- Karim, K., dan Gupta, S. K., (2006). "Effect Of Schock And Mixed Nitrophenolic Loading On The Performance of UASB Reactors." Water Reasearch 2006, 935-942.
- Khalil, N., Sinha, R., Raghav, A.K., and Mittal, A.K., (2008). " ANFIS Modelling and Biotreatment of Penicilin-G Wastewater using a Hybrid Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor." International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT 2008), pp 916-920.

- Kittikun A. H-, P.Prasertsan, G. Srisuwan and A. Krause (2000). "Environmental Management for Palm Oil Mill." Internet Conference on Material Flow Analysis of Intergrated Bio-Systems.
- Laubscher, A. C .J, MC Wentzel, M. C., Le Roux J. M. W., and Ekama, G. A., (2001) "Treatment of Grain Distillation Wastewaters in an Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB) System." Water S.A., pp 200-215.
- Lens, P. N.L., Klijn, R., Van Lier, J.B., and Lettinga, G., (2003). Effect Of Specific Gas Loading Rate On Thermophilic (55⁰C) Acidifying (pH 6) And Sulfate Reducing Granular Sludge Reactors." Water Research 37, pp 1033-1047.
- Lettinga, G., Velsen, L.van., Hobma, S., De Zeeuw, A. Klapwijk (1980). "Use Of Upflow Sludge Blanket Reactor Concept For Biological Waste Water Treatment, Especially For Anaerobic Treatment." Biotechnol. Bioengineering, pp 315-324
- Lettinga, G. Roersma, R., Grin, G., Zeeuw, W. de, Hulshoff Pol, L., Velsen, L. van, Hobma, S. and Zeeman, G. (1987). "Anaerobic Treatment of Sewage and Low Strength Wastewaters". Proc. Anaerobic Digestion 1981, Elseiver Biomedical Press, Amsterdam. 271-291.
- Lettinge, G and Hulshoff Pol, L.W. (1991). "UASB-Process Design for Various Types of Wastewaters." Water Science Technology, pp 34-41
- Lettinga, G., Hulshoff, L.W., and Lens, P.N.L., (1993). "Anaerobic Sludge Granulation." Water Research Vol. 38 pp 1433-1440.
- Lettinga. and. Van Haandel A.C. , (1994). "Anaerobic Sewage Treatment – A Practical Guide for Regions with a Hot Climate." Chichester: J Wiley and Sons.UK.

- Ma. A.N. (2000). "Palm Oil Development". Desalination Vol 33, pp. 442-446
- Mahmod, N. Zeeman, G., Gijzen, H., and Lettinga, G., (2003). "Solids Removal In Upflow Anaerobic Reactors, a Review." Bioresource Technology 90, pp 1-9.
- Maharaj, I.J., (1999). "Acid Phase Anaerobic Digetion Of Primary Sludge The Role Of Hydraulic Retention Time (HRT) Temperature And A Starch-Rich Industriual Waste Water." Thesis for The Degree Master Of Science At University Monitoba, Winnipeg, Manitoba.
- Malina, J.F,(1992). "Design Of Anaerobic Processes For The Treatment Of Industrial And Muncipal Waste." Water Quality Managment Library. pp 9-21
- Malina, J.F,(2006). "Nitrogen Removal from Wastewater by Biological Nitrification and Denitrification. Dept of Environmental Engineering.
- Mara D., (1976). "Inhibit of sewage sludge by chlorinated hydrocarbon" Water Pollution Control. Vol 70. pp 58-70
- Mara D., (1994). Sewage Treatment in Hot Climates. John Wiley&Sons Ltd.
- Masse, D.I., and Masse, L., (2000). "Treatment of Slaughterhuse Wastewater in Anaerobic Sequencing Batch Reactors." Canadian Agricultural Engineering, Vol. 42, No. 3, July/August/September 2000. pp 131-137.
- McCarty J.M., (1964). "Aerated Lagoon Treatment of Sulfate Pulping Effluents." U.S. Environment Protection Agency Water Pollution Control Research Series. Report No.12040 ELW 12/70.
- Metcalf and Eddy Inc. (1999). Wastewater Engineering :Treatment , Disposal and Reuse. Edisi ke-3. McGraw-hill, Inc.:New York.

- Metcalfe and Eddy Inc. (2003). *Wastewater Engineering :Treatment , Disposal and Reuse*. Edisi ke-4. McGraw-hill, Inc.:New York
- O'Rourke, J.T. (1968). "Kinetics of Anaerobic Treatment at Reduced Temperature." Stanford University, USA: PhD Thesis Thesis for The Degree Master Of Applied Science At Concordia University Montreal, Qubec Canada.
- Orhon, D., Okutman, D., and Insel, G. (2002). "Characterisatin and Bidegradation of Settleable Organic Matter for Domesric Wastewater." *Water SA* Vol. 28 No. 3, pp 299-306.
- Peavy, H.S., Rowe, D.R., and Tchobanoglous, G. (1986). *Environmental Engineering*. McGraw-Hill, Inc; New York.
- Pfeffer, (1979). "Anaerobic Waste Treatment-Attached Growth And Sludge Blanket." *Process. Environment Sanit Reviews* vol 19/20. 1-100
- Rajesh, G., Bandyopadhyay, M., and Das, D. (1998). "Some Studies on UASB Bioreactor for The Stabilization of Low Strenght Industrial Effluents." *Bioprocess Engineering* 21 . pp 113-116.
- Ragen, A.K L., Wong S.H., Ramjeawon, T (1999). "Pilot Plant Investigation of the Treatment of Synthetic Sugar Factory Wastewater Using the Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Process." Mauritius Sugar Industry Research Institute. University of Mauritius.
- Ricardo, J.(1996). "Treatment Of Coffee Wastewater by The UASB Process." A Dissertation Master Of Science In Civil Engginnering University Of Puerto Rico 1996.

- Sakshaug, E. Bricaud, A. Dandonneau, Y. Falkowski, P.G. Kiefer, D.A. Legendre, L. Morel, A. Parslow, A.J. and Takahashi, M. (1997). "Parameters of Photosynthesis : Definations, Theory and Interpretation of Results. Journal of Plankton Research. 19(11): 1637-1670.
- Sam-Soon Palns, Loewenthal Re, Wentzel M.C., and Marais GvR (1989). "Pelletization in the Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB) Reactor." Research Report. Univ. of Cape Town,. Rondebosch , South Africa
- Shin, H. S., Bae, B. U., Lee, J. J., and Paik, B. C. (1992). "Anaerobic Digestion of Distillery Wastewater in Two-phase UASB System." Water Science and Technology.
- Shin, H.S., Han, S.K., Song, Y.C., and Lee, Y., (2001). "Performance of UASB Reactor Treating Leachate From Acidogenic Fermenter in The Two-phase Anaerobic Digestion Of Food Waste." Elsevier Science, Water Resource Vol. 35, No. 14, pp 3441-3447.
- Show, K. Y., Ying Wang, Foong S. F., and Tay, J.H., (2004). "Accelerated Start-Up And Enhanced Graulation In Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors." Water Reasearch (2004) 293-2304.
- Siang, L.C., (2006). "Biodegration of Oil and Grease in UASB reactor for POME Treatment." Universiti Teknologi Malaysia.
- Speece, R.E. (1996). "Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater Treatment." *Environment Science Technology*. 17. 416A.
- Sponza, D.T.,(2005). "Biotranformation f Carbon Tetrachloride and Anaerobic Granulation in a Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor." Journal of Environmental Engineering, March 2005, pp 425-433.

- Steffen Robertson and Kirsten (1993). "Water and Waste-Water Management in The Wine Industry." WRC Report. No TT 51/90.
- Suki, A. and Idris, A., (1991). "Anaerobic Bioreactor Design Principle". Proceeding of The Workshop On Anaerobic Digestion Technology in Pollution Control at SIRIM, pp. 33-48
- Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, (2005). 21th Ed. Washington D.C. : American Public Health Association.
- Souza, M.E. (1986). "Criteria for the Utilization, Design and Operational of UASB Reactor." *Water Science Technology*. 18(12). 55-63
- Tay, J.H., Jiang, H.L., and Tay, S.T.L., (2004). "High Rate Biodegradation of Phenol by Aerobically Grown Microbial Granules." *Journal of Environmental Engineering*, December 2004, pp 1415-1423.
- Teo, K.C., Xu, H.L., and Tay, J.H. (2000). "Molecular Mechanism of Granulation. II: Proton Translocation Activity." *Journal of Environmental Engineering*, May 2000. pp 411-418.
- Tchobanoglous G. dan Burton F.L (1991). "Effects of Media Characteristics on the Performance of Up Flow Anaerobic Bed Reactors." *Journal of Environmental Engineering ASCE* 1991; 122(6), pp 466-481.
- Torkian, A., Egbali, A., Hashemian, S. J., (2003). "The Effect of Organic Loading Rate on The Performance of UASB Reactor Treating Slaughterhouse Effluent." *Resources, Conservations and Recycling* 40 (2003) 1-11.

- United Nation Economic & Social Commission for Asia & The Pacific (2003).
“Integrating Environment Considerations into The Economic Decision-Making Process.” 3. ESCAP, 1-5.
- Van Haandel and Lettinga, G. (1994). “ Use of upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment.”
Biotechnol. Bioeng . 22: 699-734.
- Wheatley, A., (1990). “Anaerobic Digestion: A Waste Treatment Technology , Elsevier Applied Science VFA.” Journal Of Environmental Engineering. Vol 51, pp 79-87
- Wu. M.W., (1991). “Characterization of performance and monitoring of the upflow anaerobic sludge blanket reactor.” A Dissertation Thesis For Master of Science at University of Canada, Canada.
- Wu, M.W.(1995). “Dynamic Model For UASB Reactor Including Reactor Hydraulic Reactor And Diffusion.” Journal Of Environmental Engineering. Dissertation Doctor Of Philosophy Michigan State University, Department of Civil and Environmental Engginering .
- Wu, M.W., and Hickey, R.F.,(1997). “Dynamic Model for UASB Reactor Including Reactor Hydraulics, Reaction and Diffusion.” Journal of Environmental Engineering , March 1997. pp 244-252.
- Water Pollution Control Federation (1990). “Operation of Municipal Wastewater Treatment Plant.” Manual of Practice 11. Virginia: Water Pollution Control Federation.
- White, S.C. and Rich. L.G. (1976). “How to Design Aerated Lagoon System to Meet 1977 Effluent Standards-Experimental Studies.” Water and Sewage Works. 123(3). 85-87.

Wolmaran, B. and Villiers, G.H. (2001). "Start-up of a UASB Effluent Treatment Plant on Distillery Wastewater." *Water S.A.* Vol. 28. pp 63-68.

Zakaria, M.B., Jais, M.J., Ahmad, Y., Othman, M.R., dan Harahap, Z.A. (2002). "Penurunan Kekeruhan EIMS oleh Koagulan Konvensional dan Kitosan. UKM-ITB 2002." *Prosiding Seminar Kimia Bersama UKM-ITB ke-5.*

Zaid Ismail, (1991). "Fundamental Of Anaerobic Waste Treatment Technology". *Anaerobic Digestion Technology in Pollution Control*, pp. 1-17 1991, SIRIM

Zinatizadeh, A. A.L, Mohmad, A.R, Abdullah A.Z, Mashitah, M.D, Hasnain Isa, M., Najapfur, G.D., (2006). "Process Modeling And Analysis Of Palm Oil Mill Effluent Treatment In An Upflow Anaerobic Sludge Fixed Film Bioreactor Using Response Surface Methodology (RSM)." *Water research* 40 (2006) 3193-3208.



PTTA
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH