

1000002619

**PRA-RAWATAN EFLUEN KILANG MINYAK KELAPA SAWIT  
MENGUNAKAN KAEDAH FOTO-FENTON**

**TAN BOON TEONG**

**TESIS INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN  
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS  
DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM KIMIA INDUSTRI  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**Mac 2004**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: PRA - RAWATAN EFLUEN KILANG MINYAK KELAPA  
SAKIT MENGGUNAKAN CAEDAH FOTO - FENTON

Ijazah: SARJANA MUDA SAINS (KIMIA INDUSTRI)

SESI PENGAJIAN: 2001/2002

Saya TAN BOON TEONG  
 (HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)\* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. \*\*Sila tandakan ( / )

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh



(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 360-7-4 GAT  
LEBUH MACALELLAN, 10300,

PULAU PINANG

\_\_\_\_\_  
 Nama Penyelia

Tarikh: 24/03/04

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

CATATAN: \* Potong yang tidak berkenaan.

\*\* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu diklasifikasikan sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



## PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

9 Mac 2004



---

(TAN BOON TEONG)

(HS 2001 — 1631)

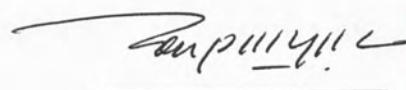


## DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

1. PENYELIA

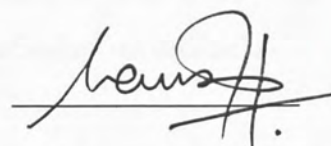
(EN. MOH PAK YAN)



---

2. PEMERIKSA 1

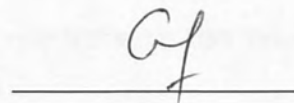
(PROF. MADYA DR. MARCUS JOPONY)



---

3. PEMERIKSA 2

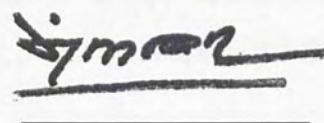
(EN. COLLIN JOSEPH)



---

4. DEKAN

(PROF. MADYA DR. AMRAN AHMED)



---





## PENGHARGAAN

Terlebih dahulu saya ingin menyampaikan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia saya, En. Moh Pak Yan yang telah banyak memberikan tunjuk ajar tanpa jemu serta bimbingan yang saya pasti telah banyak memantapkan latihan ilmiah ini.

Selain itu, saya juga mengambil kesempatan ini untuk merakamkan ribuan terima kasih saya terhadap pensyarah-pensyarah Kimia Industri yang telah sudi memberikan komen dan idea yang bernas semasa projek penyelidikan ini dijalankan.

Tidak lupa juga saya ucapkan terima kasih kepada pembantu makmal En. Sani dan En. Muhin atas bantuan yang telah diberikan sepanjang kerja makmal dijalankan. Sekalung budi ini juga tidak lengkap tanpa ucapan kepada ahli keluarga dan rakan seperjuangan atas sokongan dan dorongan yang berterusan.

Akhirnya, saya ingin menamatkan ruang penghargaan ini dengan memohon maaf atas segala kesilapan yang telah saya lakukan sepanjang proses persiapan latihan ilmiah ini.

Sekian. Terima kasih.

TAN BOON TEONG

9 MAC 2004



## ABSTRAK

Satu kajian penyahwarnaan sampel POME menggunakan kaedah Proses Pengoksidaan Tahap Tinggi (AOPs) yang berasaskan ion  $\text{Fe}^{2+}$  telah dilakukan terhadap sampel efluen kilang minyak kelapa sawit dari Kilang Minyak Kelapa Sawit Syarikat Borneo Samudera Sdn. Bhd., Lumadan, Beaufort, Sabah. Sampel POME dituras sebelum dan selepas rawatan dan intensiti keserapan masing-masing ditentukan pada  $\lambda = 400 \text{ nm}$  dengan menggunakan Spektrofotometer UL-nampak. Enam parameter berbeza yang melibatkan kombinasi kepekatan ion  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan lampu UL telah digunakan dalam kajian ini. Hasil kajian menunjukkan bahawa Proses foto-Fenton dengan kepekatan ion  $\text{Fe}^{2+} 5 \times 10^{-4} \text{ molL}^{-1}$  dan kepekatan larutan  $\text{H}_2\text{O}_2 1.25 \times 10^{-2} \text{ molL}^{-1}$  (bersamaan dengan nisbah 1:25) berserta sinaran UL berjarak gelombang 365 nm adalah paling efektif di mana 96.08% daripada warna sampel POME telah berjaya disingkirkan.



## ABSTRACT

A study on POME decolourization was carried out by using AOPs method based on photo-Fenton process on a sample collected from Syarikat Borneo Samudera Sdn. Bhd., Lumadan, Beaufort, Sabah. Then, POME sample was filtered before and after the experiment and the respective absorbance was measured at  $\lambda = 400$  nm by using UV-Visible Spectrophotometer. The experiment involved six different parameters with different combination of  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  and UV light. The results showed that the photo-Fenton process at  $5 \times 10^{-4} \text{ molL}^{-1} \text{ Fe}^{2+}$  ion and  $1.25 \times 10^{-2} \text{ molL}^{-1} \text{ H}_2\text{O}_2$  solution (equivalent to 1:25 ratio) and with UV assistance irradiation (365-nm wavelength) was most effective, whereby 96.08% of the POME sample initial colour was successfully decolourized.



## KANDUNGAN

	Muka Surat
HALAMAN JUDUL	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI FOTO	xii
SENARAI SIMBOL	xiii
SENARAI LAMPIRAN	xv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 PENGENALAN	1
1.2 OBJEKTIF KAJIAN	4
1.3 SKOP KAJIAN	5
<b>BAB 2 ULASAN LITERATUR</b>	<b>6</b>
2.1 DEFINISI EFLUEN KILANG MINYAK KELAPA SAWIT	6
2.2 SUMBER-SUMBER EFLUEN KILANG MINYAK KELAPA SAWIT (POME)	7
2.3 CIRI-CIRI EFLUEN KILANG MINYAK KELAPA SAWIT (POME)	8
2.4 TEKNOLOGI RAWATAN POME	10
2.4.1 Sistem Kolam	12
2.5 DEFINISI WARNA	14
2.5.1 Penyerapan Foton oleh Molekul	16
2.5.2 Spektrokopi Serapan UV-Nampak	18
2.6 AOPs ( <i>Advanced Oxidation Processes</i> )	19
2.6.1 Proses Foto-Fenton	21





<b>BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH</b>	26
3.1 SAMPEL LARUTAN POME	26
3.1.1 Jenis Sampel dan Persampelan	26
3.1.2 Penyediaan Larutan Tindak Balas	26
3.2 ALAT RADAS	27
3.3 PENENTUAN KEPEKATAN HIDROGEN PEROKSIDA	27
3.4 PENENTUAN KEPEKATAN FERUS SULFAT	28
3.4.1 Penyediaan Larutan Stok Ferus Sulfat	28
3.4.2 Penentuan Isipadu Larutan Stok Ferus Sulfat	29
3.5 SISTEM FOTO-FENTON DENGAN PARAMETER YANG BERBEZA	30
3.6 ANALISIS DARJAH PENYAHWARNAAN SAMPEL POME DALAM SISTEM FOTO-FENTON	31
3.7 ANALISIS DATA	33
3.7.1 Keserapan Sinaran UL-Nampak (Abs)	32
3.7.2 Penentuan Peratus Penyahwarnaan Sampel POME	34
3.8 PENYEDIAN GRAF	34
 <b>BAB 4 HASIL</b>	 35
4.1 PENGENALAN	35
4.2 DARJAH KESERAPAN SAMPEL POME	35
4.3 DARJAH PENYAHWARNAAN SAMPEL POME MENGIKUT SISTEM	37
4.3.1 Sistem S1 dan Sistem S2	37
4.3.2 Sistem S3, Sistem S4, Sistem S5 dan Sistem S6	37
4.4 PERATUS PENYAHWARNAAN SAMPEL POME	38
4.5 PERBANDINGAN PERATUS PENYAHWARNAAN SAMPEL POME	42
4.5.1 Kesan Kehadiran Lampu UL <sub>365</sub>	42
4.5.2 Kesan Kehadiran Ion Fe <sup>2+</sup>	43
4.5.3 Kesan Kepekatan H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	44



<b>BAB 5 PERBINCANGAN</b>	46
5.1 PENYAHWARNAAN SAMPEL POME	46
5.1.1 Kesan Kehadiran Lampu UL <sub>365</sub> Terhadap Keberkesanan Sistem	46
5.1.2 Kesan Kehadiran Ion Fe <sup>2+</sup> Terhadap Keberkesanan Sistem	47
5.1.3 Kesan Kepekatan H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Terhadap Keberkesanan Sistem	48
5.2 PEMILIHAN NILAI pH	48
5.3 PERBANDINGAN KEEFEKTIFAN ANTARA SISTEM	49
<b>BAB 6 KESIMPULAN (DAN CADANGAN)</b>	51
<b>RUJUKAN</b>	53
<b>LAMPIRAN</b>	56



**SENARAI JADUAL**

No. Jadual		Muka Surat
2.1	Ciri-ciri POME	9
2.2	Kandungan logam dalam POME	10
3.1	Proses AOPs berasaskan ion $\text{Fe}^{2+}$ dengan kombinasi kepekatan ion $\text{Fe}^{2+}$ dengan kombinasi kepekatan ion $\text{Fe}^{2+}$ , larutan $\text{H}_2\text{O}_2$ dan lampu UL yang berbeza	31
4.1	Nilai Keserapan, Abs 14 sampel POME ( $\lambda = 400 \text{ nm}$ ) pada masa tindak balas 0 minit	36
4.2	Keserapan, Abs sampel POME pada sela masa 0 dan 120 minit dalam Sistem S1 dan Sistem S2	37
4.3	Keserapan Abs sampel POME pada sela masa 0, 30, 60 dan 120 minit dalam Sistem S3, S4 S5 dan S6	38
4.4	Peratus penyahwarnaan sampel POME mengikut masa tindak balas dalam enam sistem yang berbeza	39



## SENARAI RAJAH

No. Rajah		Muka Surat
2.1	Skema bagi sistem kolam	12
2.2	Warna yang dapat dilihat di dalam kawasan UL	14
2.3	Pengelasan AOPs	20
3.1	Pemasangan peralatan reactor-foto	31
4.1	Peratus penyahwarnaan bagi sampel S1	39
4.2	Peratus penyahwarnaan bagi sampel S2	40
4.3	Peratus penyahwarnaan bagi sampel S3	40
4.4	Peratus penyahwarnaan bagi sampel S4	41
4.5	Peratus penyahwarnaan bagi sampel S5	41
4.6	Peratus penyahwarnaan bagi sampel S6	42
4.7	Perbandingan peratus penyahwarnaan antara Sistem S2 dengan Sistem S6 dalam masa tindak balas 120 minit	43
4.8	Perbandingan peratus penyahwarnaan antara Sistem S1 dengan Sistem S2 dalam masa tindak balas 120 minit	44
4.9	Perbandingan peratus penyahwarnaan antara Sistem S3 (◆), S4 (■), S5 (▲) dan S6 (●)	45
5.1	Perbandingan peratus penyahwarnaan antara Sistem S1, S2, S3, S4, S5 dan S6 dalam masa tindak balas 120 minit	50





**SENARAI FOTO**

No. Foto		Muka Surat
3.1	Spektrofotometer UL-nampak (model Cary 50 bio.)	33



## SENARAI SIMBOL

kg	Kilogram
g	Gram
mg	Miligram
$\mu\text{g}$	Mikrogram
mL	Mililiter
$\mu\text{L}$	Mikroliter
$\text{mgL}^{-1}$	Miligram per liter
nm	Nanometer
UL	Ultralembayung
$\text{UL}_{365}$	Sinaran Ultralembayung berjarak gelombang 365 nm
Abs	Keserapan Spektrofotometer UL-nampak
t	Masa
%	Peratus
pH	Log negatif kepekatan hidrogen
$^{\circ}\text{C}$	Darjah celsius
$\lambda$	Panjang gelombang
E	Tenaga
$\Delta E$	Perbezaan tenaga
$\nu$	Frekuensi
$c$	Halaju cahaya ( $3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ )
$h$	Pemalar Planck ( $6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$ )
$\varepsilon$	Koefisien penyerapan molar
—	Hingga
$\approx$	Lebih kurang
<	Lebih daripada
POME	Efluen kilang minyak kelapa sawit
AOPs	Proses Pengoksidaan Tahap Tinggi

•OH	Radikal Bebas Hidroksil
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UL	Proses Sistem Pengoksidaan Fotolisis Hidrogen Peroksida
Fe <sup>2+</sup> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Proses Sistem Pengoksidaan Reagen Fenton
Fe <sup>2+</sup> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UL	Proses Sistem Pengoksidaan photo-Fenton
BOD	Permintaan Oksigen Biokimia
COD	Permintaan Oksigen Kimia
TOC	Jumlah karbon organik
SS	Pepejal terampai
DS	Pepejal terlarut
TN	Jumlah nitrogen
AN	Ammoniacal nitrogen
HRT	Masa penahanan hidraulik



**SENARAI LAMPIRAN**

## No. Lampiran

- |            |  |
|------------|--|
| Lampiran A | Carta aliran proses kilang minyak kelapa sawit                   |
| Lampiran B | Data-data penyerapan larutan sampel, $D_{Abs}$                   |
| Lampiran C | Spektrum serapan UL-nampak bagi sampel POME                      |
| Lampiran D | Peratus penyahwarnaan sampel POME                                |
| Lampiran E | Foto sampel POME pada sebelum dan selepas rawatan bagi Sistem S6 |





## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 PENGENALAN

Industri kelapa sawit merupakan salah satu bahan eksport yang memainkan peranan penting dalam ekonomi negara Malaysia. Pada bulan Mac 2003, jumlah eksport minyak kelapa sawit dan hasil barangan kelapa sawit ialah RM6.0 bilion, menyumbang kepada 6.8 peratus daripada jumlah eksport negara Malaysia (Jabatan Perangkaan Malaysia, 2003).

Minyak kelapa sawit dihasilkan melalui penghadaman dan pemerasan secara berskrew ke atas buah kelapa sawit yang dituai dari ladang untuk mendapatkan isirung, serabut dan minyak kelapa sawit kasar. Isirung yang diperolehi akan diproses menjadi minyak isirung kelapa sawit dan kerak isirung. Selain daripada minyak kelapa sawit dan kernel kelapa sawit, industri kelapa sawit juga menghasilkan bahan buangan atau sisa-sisa dalam bentuk cecair dengan kuantiti yang banyak. Secara umumnya, bahan buangan dalam bentuk cecair ini dikenali sebagai efluen kilang minyak kelapa sawit atau POME (*Palm Oil Mill Effluent*) (Singh *et al.*, 1999).



Kuantiti air yang banyak amat diperlukan dalam operasi penghasilan minyak kelapa sawit. Lebih kurang 1 hingga 1.5 ton air, termasuklah pembekalan air dididih adalah diperlukan untuk memproses 1 ton buah tandan (*fresh fruit bunches*, FFB). Jelasnya, kebanyakan amaun air yang digunakan akan ditukar sebagai air buangan dan sedikit daripadanya akan hilang dalam bentuk berwap atau gas. Amaun air yang dijanakan dari proses pemeluwapan (mesin pemeluwapan, *sterilizer condensate*), proses pembersihan dan klasifikasi minyak (mesin pengasingan sluj, *separator sludge*) dan air buangan hidrosiklon masing-masing mencatatkan 0.6, 2.5 dan 0.25 ton per ton minyak kelapa sawit yang dihasilkan. Oleh itu, lebih kurang 3.35 ton air buangan campuran atau POME telah dijanakan dari setiap ton minyak kelapa sawit yang telah dihasilkan (Singh *et al.*, 1999).

Terdapat beberapa pilihan untuk rawatan POME pada masa kini. Tiga sistem yang berkesan dan biasa dilaksanakan oleh industri minyak kelapa sawit di Malaysia ialah sistem kolam (*ponding system*), penghadaman dan pengudaraan tambahan di bawah tekanan secara tangki terbuka (*open tank digester and extended aeration*), penghadaman dengan pemulihan biogas dan pengusahaan tanah secara tangki tertutup (*closed tank digester with biogas recovery and land application*) (Singh *et al.*, 1999). Dalam kesemua cara perawatan, hanya pengurangan kualititi BOD dititik beratkan. Masalah warna efluen kilang minyak kelapa sawit masih tidak dapat diselesaikan selepas proses rawatan dijalankan. Selepas mengalami rawatan yang rapi, efluen yang mengandungi nilai BOD yang rendah tetapi berwarna gelap akan menyebabkan keseimbangan ekosistem di dalam sungai terganggu apabila disalurkan ke dalam sungai.





Secara amnya, Kaedah Proses Pengoksidaan Tahap Tinggi (*Advance Oxidation Processes, AOPs*) merupakan kaedah yang biasa digunakan untuk rawatan sisa air buangan. Dewasa ini, beberapa siasatan kajian telah menunjukkan teknik AOPs berupaya menyahwarnakan pewarna yang reaktif (Arslan *et al.*, 2000). Proses foto-Fenton merupakan salah satu daripada kaedah AOPs. Reagen Fenton boleh dipertimbangkan sebagai teknik yang terkawal untuk menghasilkan radikal hidroksil  $\cdot\text{OH}$  (Aris *et al.*, 1998). Proses pengoksidaan yang melibatkan penggunaan hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) yang diaktifkan oleh garam ferum dikenali sebagai reagen Fenton (Neyens & Baeyens, 2002). Gabungan antara  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan sinaran ultralembayung (UL) dengan ion  $\text{Fe}^{2+}$  atau  $\text{Fe}^{3+}$  dikenali sebagai proses foto-Fenton dan menyakinkan berdasarkan kepada konsep ini di mana ion garam digunakan sebagai mangkin foto dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  digunakan sebagai agen pengoksidaan. Teknik ini merupakan satu kaedah yang murah lagi efisien untuk rawatan sisa air buangan serta berupaya menghasilkan lebih banyak radikal  $\cdot\text{OH}$  berbanding dengan sistem  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$  atau  $\text{UL}/\text{H}_2\text{O}_2$  (Ghaly *et al.*, 2000).

Rawatan dengan menggunakan reagen Fenton, bantuan sinaran dengan oksidasi Fenton dan  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UL}$  telah dinilai dengan teliti dan membuat perbandingan terhadap kepelbagaian jenis komponen organik dan sisa air buangan pada masa lampau. Selain itu, beberapa beberapa siasatan telah membuktikan bahawa AOPs adalah sangat berkesan dalam menyahwarnakan dan mananggalkan sebahagian kandungan organik daripada bahan pewarna (Arslan & Balcioglu, 1999). Tambahan pula, banyak kelebihan penggunaan reagen Fenton jikalau dibandingkan dengan kaedah rawatan oksidasi yang lain kerana reagen Fenton lebih efisien; kaedah pemusnahan bahan yang dicemari tanpa meninggalkan baki mudah dijalankan dan



difahami; berupaya merawat bahan-bahan yang dicemari dalam lingkungan yang luas dengan stabil; tidak memerlukan kelengkapan yang khas dan sebagainya (Malik & Saha, 2002). Apabila tidak dipancarkan oleh sinaran UL, ion ferum juga berupaya mengoksidasikan komponen organik di dalam larutan berasid (Feng & Nanshang, 2000). Oleh itu, teknik ini adalah amat sesuai untuk perawatan POME.

## 1.2 OBJEKTIF KAJIAN

Kajian ini adalah bertujuan untuk:

- (a) Mengkaji tahap penyahwarnaan sampel POME dengan menggunakan proses foto-Fenton, dan
- (b) Menilai kesan pelbagai parameter dalam proses foto-Fenton terhadap penyahwarnaan POME.

Sampel-sampel efluen yang dikaji merupakan efluen yang akan dialirkan ke sungai selepas melalui rawatan kolam terakhir (*final discharge*) yang diperoleh dari Kilang Minyak Kelapa Sawit Syarikat Borneo Samudera Sdn. Bhd. Lumadan, Beaufort, Sabah.





### 1.3 SKOP KAJIAN

Foto-Fenton merupakan satu kaedah yang terdiri daripada pergabungan antara  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan sinaran UL dan ion  $\text{Fe}^{2+}$  atau  $\text{Fe}^{3+}$  sebagai sistem  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UL}$  atau  $\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UL}$  (Ghaly *et al.*, 2000). Kesemua eksperimen dalam kajian ini akan dijalankan dalam makmal kimia industri dengan menggunakan reaktor foto (isipadu 600 mL). Sampel efluen kilang minyak kelapa sawit (POME) akan diperolehi dari Kilang Minyak Kelapa Sawit Syarikat Borneo Samudera Sdn. Bhd. Lumadan, Beaufort, Sabah. Dalam keseluruhan kajian, tiga parameter utama iaitu kehadiran ion  $\text{Fe}^{2+}$ , kepekatan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan kehadiran lampu  $\text{UL}_{365}$  akan diberi perhatian dan sampel akan dikeluarkan dari reaktor foto dalam selang masa yang ditetapkan. Spektrofotometer UL-nampak akan digunakan untuk menganalisis sampel yang telah dikeluarkan. Graf peratus penyerapan Abs sampel POME melawan masa tindak balas akan diplotkan untuk menilai keefektifan atau darjah penyahwarnaan yang telah berlaku.



## BAB 2.

### ULASAN LITERATUR

#### 2.1 DEFINISI EFLUEN KILANG MINYAK KELAPA SAWIT (POME)

Secara umumnya, POME merupakan satu sumber utama yang mengakibatkan pencemaran air di dalam kawasan pedalaman apabila disalurkan ke dalam sungai ataupun tasik tanpa sebarang rawatan. Ia mengandungi bahan buangan lignosellulolik dengan campuran berkarbohidrat dan minyak (Oswal *et al.*, 2002).

Efluen kilang minyak kelapa sawit ialah ampai koloid yang terdiri daripada 95 hingga 96% air, 0.6 hingga 0.7% minyak dan 4 hingga 5% jumlah pepejal (TS) yang termasuk 2 hingga 4% pepejal terampai (SS) dalam sisa air yang berasal dari gabungan mesin pemeluwapan steril (*sterilizer condensate*), mesin pemisahan sluj (*separator sludge*) dan sisa air hidrosiklon (*hydrocyclone wastewater*). Kandungan jirim organik yang amat tinggi dalam POME mentah adalah disebabkan oleh kewujudan sedikit minyak kelapa sawit yang belum diproses (Ahmad *et al.*, 2003).



Selain itu, POME merupakan komponen fiber bebas yang diperolehi dari zon pembersihan dan klasifikasi (*clarification zone*) dalam kilang. POME terdiri daripada pelbagai jenis komponen ampaiian seperti dinding sel, berbagai-bagai jenis organel, fiber pendek, pelbagai jenis karbohidrat dalam lingkungan antara hemisellulosa hingga ke gula ringkas, lingkungan sebatian nitrogenous dari protein hingga ke asid amino, asid organik bebas dan kumpulan organik minor serta sebahagian daripada jujuk mineral (Ugoji, 1997).

## 2.2 SUMBER-SUMBER EFLUEN KILANG MINYAK KELAPA SAWIT (POME)

Kuantiti air yang banyak adalah diperlukan untuk melaksanakan operasi kilang minyak kelapa sawit. Dalam jangkaan, lebih kurang 1 ton air (termasuk bekas pembekal air) adalah diperlukan untuk memproses 1 ton buah tandan (FFB). Jelasnya, kebanyakan amaun air akan dialirkan keluar sebagai air buangan dan umumnya dikenali sebagai efluen kilang minyak kelapa sawit (POME, *Palm Oil Mill Effluent*) (Hui, 1999).

POME terutamanya dihasilkan dari proses pensteril dan pengelasan minyak di mana banyak kuantiti air yang berkeadaan stim dan panas digunakan. Satu lagi sumber aliran sisa buangan berasal dari operasi hidrosiklon di mana air (bersama dengan tanah liat atau garam) akan digunakan sebagai medium untuk memisahkan kulit kelapa sawit dan kernel (Singh *et al.*, 1999). Jikalau operasi dijalankan di bawah penjagaan yang baik, amaun sisa air yang dihasilkan dari proses pensteril (mesin pemeluwapan steril, *sterilizer condensate*), proses pengelasan minyak (mesin pemisahan sluj, *separator*





*sludge*), dan hidrosiklon akan mencatatkan 0.9, 1.5 dan 0.1 ton masing-masing untuk memproseskan satu ton minyak kelapa sawit. Oleh itu, lebih kurang 2.5 ton POME akan dihasilkan untuk pemprosesan setiap satu ton minyak kelapa sawit (Hui, 1999).

Mesin pemeluwapan steril (*sterilizer condensate*) dan mesin pemisahan sluj (*separator sludge*) adalah diasingkan kepada lubang-lubang minyak yang berbeza untuk mengumpulkan residu minyak pemulihan sebelum minyak itu dicampurkan semula untuk rawatan. Sisa air hidrosiklon mengandungi sedikit residu minyak dan akan dialir keluar secara langsung ke tumbuhan rawatan. Sisa air campuran yang teakhir secara umumnya dikenali sebagai efluen kilang minyak kelapa sawit (POME) (Hui, 1999). Carta aliran proses kilang minyak kelapa sawit ditunjukkan dalam Rajah 1, Bahagian Lampiran A.

### 2.3 CIRI-CIRI EFLUEN KILANG MINYAK KELAPA SAWIT (POME)

Apabila dalam keadaan segar, POME ialah air yang keruh, berwarna coklat pekat, berkoloid, mencerma, berminyak dan mempunyai pepejal terampai yang halus (Singh *et al.*, 1999). Ia adalah bersuhu tinggi (80 hingga 90°C) dan berkeadaan asid (pH4 hingga 5) dan mengandungi banyak sebatian organik yang seperti ditunjukkan dalam nilai Permintaan Oksigen Biokimia (BOD<sub>3</sub>, sampel didedahkan di bawah suhu 30°C selama 3 hari). Nilai BOD yang dicatatkan oleh POME adalah lebih tinggi daripada sisa buangan tempatan. Ia juga mengandungi nilai pepejal terampai yang tinggi (SS), terutamanya sebatian minyak bersellulosa yang berasal dari buah kelapa sawit. POME adalah tidak bertoksik kerana tiada bahan kimia ditambahkan ke dalam proses pengekstrakan minyak (Hui, 1999). Ciri-ciri sisa air dari mesin pemeluwapan steril





## RUJUKAN

- Ahmad, L. A., Ismail, S. & Bhatia S., 2003. Water recycling from palm oil mill effluent (POME) using membrane technology. *Desalination* **157**, 87—95.
- Aleboye, A., Aleboye, H. & Moussa, Y., 2002. “Critical” effect of hydrogen peroxide in photochemical oxidative decolorization of dyes: Acid Orange 8, Acid Blue 74 and Methyl Orange. *Dyes and Pigments* **57**, 67—75.
- Andreozzi, R., Caprio, V., Insola, A. & Marotta, R., 1999. Advance oxidation processes (AOP) for water purification and recovery. *Catalysis Today* **53**, 51—59.
- Aris, A., Salim, R. & Sanagi, M., 1998. Treatment Of Textile Finishing Wastewater Using Fenton’s Reagent. *Journal of Civil Engineering* **11** (2), 35—45.
- Arslan, I. & Balcioglu, A. I., 1999. Degradation of commercial reactive dyestuffs by heterogenous and homogenous advance oxidation processes: a comparative study. *Dyes and Pigments* **43**, 95—108.
- Arslan, I., Balcioglu, A. I. & Bahnemann, W. D., 2000. Advance chemical oxidation of reactive dyes in simulated dyehouse effluents by ferrioxalate-Fenton /UV—A and TiO<sub>2</sub>/UV—A processes. *Dyes and Pigments* **47**, 207—218.
- Burgess, C. & Knowles, A., 1981. *Standards In Absorption Spectrometry: UV Spectrometry Group*. Chapman & Hall Ltd. University Press, Cambridge.
- Christian, D. G., 1994. *Analytical Chemistry*. Ed. ke-5. John Wiley & Son, Inc., United States of Amerika.
- Collier, B. J. & Helen, H. E., 1999. *Textile testing and analysis*. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.



- Crittenden, C. J., Hu, S., Hand, W. D. & Green, A. S., 1999. A kinetic model for  $H_2O_2$ /UV process in a completely mixed batch reactor. *Wat. Res.* **33**, 2315—2328.
- Ghaly, Y. M., Hartel, G., Mayer, K. & Haseneder, R., 2000. Photochemical oxidation of p-chlorophenol by UV/ $H_2O_2$  and photo-Fenton processes. A comparative study. *Waste Management* **21**, 41—47.
- Goi, A. & Trapido, M., 2002. Hydrogen peroxide photolysis, Fenton reagent and photo-Fenton for the degradation of nitrophenols: a comparative study. *Chemosphere* **46**, 913—922.
- Hui, Y. H., 1996. *Bailey's Industrial Oil & Fat Products*. Ed. ke-5. John Wiley & Son, New York.
- Ince, H. N. & Tezcanli, G., 1999. Treatability of textile dye-bath effluents by advanced oxidation: preparation for reuse. *Wat. Sci. Tech.* **40**, 183—190.
- Jabatan Perangkaan Malaysia 2003. *Malaysia : Perangkaan Perdagangan Luar Negeri Bulanan 2003 Mac*.
- Lee, Y., Jeong, J., Lee, C., Kim, S. & Yoon, J., 2002. Influence of various reaction parameters on 2,4-D removal in photo/ferrioxalate/ $H_2O_2$  process. *Chemosphere* **4638**, 1—12.
- Lunak, S. & Sedlak, P., 1992. Photoinitiated reactions of hydrogen peroxide in the liquid phase. *J. Photochem. Photobiol. A: Chem* **68**, 1—33.
- Malik, P. K. & Saha, S. K., 2002. Oxidation of direct dyes with hydrogen peroxide using ferrous ion as catalyst. *Separation and Purification Technology* **00**, 1—10.



- Moh, P. Y., 2002. *Photo-oxidative degradation of sumifix supra blue BRF by titania-assisted and ozone-assisted system*. Disertai Sarjana Sains, Universiti Teknologi Malaysia (tidak diterbitkan).
- Neyens, E. & Baeyens, J., 2002. A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique. *Journal of Hazardous Materials* **3973**, 1—19.
- Oswal, N., Sarma, M. P., Zinjarde, S. S. & Pant, A., 2002. Palm oil mill effluent treatment by a tropical marine yeast. *Bioresource Technology* **85**, 35—37.
- Sarria, V., Parra, S., Adler, N., Peringer, P., Norbeto, B. & Pulgarin, C., 2002. Recent developments in the coupling of photoassisted and aerobic biological processes for the treatment of biorecalcitrant compounds. *Catalysis Today* **76**, 301—315.
- Sarria, V., Parra, S., Invernizzi, M., Peringer, P. & Pulgarin, C., 2001. Photochemical-biological treatment of a real industrial biorecalcitrant wastewater containing 5-amino-6-methyl-2-benzimidazolone. *Water Science and Technology* **44**, 93—101.
- Shen, S. Y. & Wnag, K. D., 2002. development of photoreactor design equation for the treatment of dye wastewater by UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process. *Journal of Hazardous Material* **B89**, 267—277.
- Singh, G., Lim, K. H., Leng, T. & David, L. K., 1999. *Oil palm and the environment. A Malaysian Perspective*. Malaysia oil palm growers' council, Kuala Lumpur.
- Ugoji, O. E., 1997. Anaerobic digestion of palm oil mill effluent and its utilization as fertilizer for environment protection. *Renewable Energy* **10**, 291—294.

