

## **PENGOLAHAN EFLUEN POND FAKULTATIF ANAEROBIK IPAL INDUSTRI KELAPA SAWIT SECARA FAKULTATIF ANAEROBIK-FITOREMEDIASI SEBAGAI PRE-TREATMENT MEDIA TUMBUH ALGAE**

**Reni Krismawati (L2C008093) dan Rizky Ahdia (L2C008097)**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jln. Prof. Sudarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058  
Pembimbing: Ir. Danny Soetrisnanto, M.Eng.

### **Abstrak**

Peningkatan permintaan pasar terhadap Crude Palm Oil (CPO) mendorong tumbuhnya industri minyak kelapa sawit. Saat ini diperkirakan jumlah limbah cair industri kelapa sawit yang dihasilkan mencapai 28,7 juta ton. Limbah ini merupakan sumber pencemaran, akan tetapi berpeluang untuk digunakan sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhan alga. Pengolahan limbah cair minyak kelapa sawit menggunakan pond fakultatif anaerobik hanya mampu menurunkan kadar COD hingga 500-750 ppm, sementara alga mensyaratkan kualitas air yang baik dengan kandungan COD kurang dari 150 ppm. Untuk itu perlu dikembangkan metode pengolahan air limbah lanjutan dengan metode fakultatif anaerobik-fitoremediasi Tanaman Apu-apu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya penurunan COD, Nitrogen dan Fosfor pada beragam waktu tinggal dan mengetahui pengaruh rasio volume lumpur anaerob terhadap penurunan COD, Nitrogen, dan Fosfor. Penelitian ini terdiri dari tiga tahapan yaitu tahap persiapan bahan berupa efluen pond fakultatif anaerobik Limbah industri kelapa sawit, tahap pemrosesan, dan tahap analisis. Rancangan percobaan yaitu variasi waktu tinggal 2, 3, 4, 5, dan 6 hari dan prosentase volum lumpur anaerob dalam reaktor sebesar 35%, 50%, dan 65%. Metode fakultatif anaerobik-fitoremediasi ini mampu menurunkan kandungan COD sebesar 39.1%-59.66%, menyerap kandungan Nitrogen sebesar 17.73%-30.78%, dan menyerap kandungan Fosfor 6.14%-18.46%. Apu-apu sebagai tanaman fitoremediasi memberikan hasil yang kurang maksimal karena terjadi kerusakan akar oleh organisme aerob dalam air limbah.

**Kata kunci : Fakultatif anaerobik, fitoremediasi, crude palm oil**

### **1. Pendahuluan**

Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman industri andalan bagi perekonomian Indonesia yang tetap bertahan pada saat terjadinya krisis ekonomi berkepanjangan dan merupakan salah satu komoditas perkebunan yang menyumbang devisa besar bagi negara. Menurut Pahan (2008), kelapa sawit adalah salah satu palmae yang menghasilkan minyak nabati, yang lebih dikenal dengan sebutan *crude palm oil* (CPO).

Dari tahun 1998-2010 terjadi peningkatan volume dan nilai ekspor CPO yang signifikan (Ditjenbun, 2010). Peningkatan permintaan pasar ini memicu peningkatan luas perkebunan kelapa sawit yang mendorong tumbuhnya pabrik minyak kelapa sawit (PMKS) yang menghasilkan CPO. PMKS merupakan industri yang sarat dengan

residu pengolahan. Menurut Naibaho (1996), PMKS hanya menghasilkan 25-30 % produk utama berupa 20-23 % CPO dan 5-7 % inti sawit (*kernel*). Sementara sisanya sebanyak 70-75 % adalah residu hasil pengolahan berupa limbah.

Selama ini pengolahan limbah cair kelapa sawit hanya berbasis pada pemenuhan standar baku mutu limbah tanpa adanya pemanfaatan lebih lanjut terhadap nilai-nilai ekonomis yang mampu dihasilkan dari limbah tersebut. Menurut Loebis dan Tobing (1989), limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit mengandung unsur hara yang tinggi seperti N, P, K, Mg, dan Ca, sehingga limbah cair tersebut berpeluang untuk digunakan sebagai sumber hara bagi pertumbuhan berbagai jenis alga yang bernilai ekonomis tinggi seperti spirulina dan chlorella.

Pada pengolahan limbah cair minyak kelapa sawit menggunakan pond fakultatif anaerobik, effluent keluarannya masih mengandung COD dengan kadar tinggi berkisar 500-750 ppm. Sementara itu alga mensyaratkan kualitas air yang baik dengan kandungan COD kurang dari 150 ppm untuk dapat tumbuh.

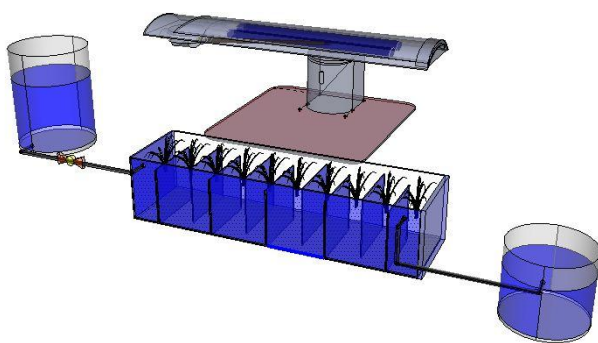
Untuk itu perlu dikembangkan metode pengolahan air limbah lanjutan terhadap effluen dari pond fakultatif anaerobik. Salah satu teknik pengolahan limbah lanjutan yang diharapkan mampu memenuhi kriteria pertumbuhan alga adalah dengan metode gabungan pengolahan lanjutan air limbah minyak kelapa sawit secara fakultatif anaerobik-fitoremediasi, dimana metode ini diharapkan mampu memenuhi kualifikasi media tumbuh alga ditinjau dari penurunan kadar COD serta analisa kandungan nitrogen dan fosfor yang tersisa.

## 2. Bahan dan Metodologi

### 2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah effluen pond fakultatif anaerobik, lumpur anaerob, Tanaman Apu-apu, dan reagen untuk analisa COD, nitrogen, dan fospor.

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain reaktor anaerobik ukuran 75 x 20 x 14 cm, lampu TL 20 W, selang, valve, tangki, labu Kjeldahl, peralatan distilasi, peralatan gelas, dan Spektrofotometer.



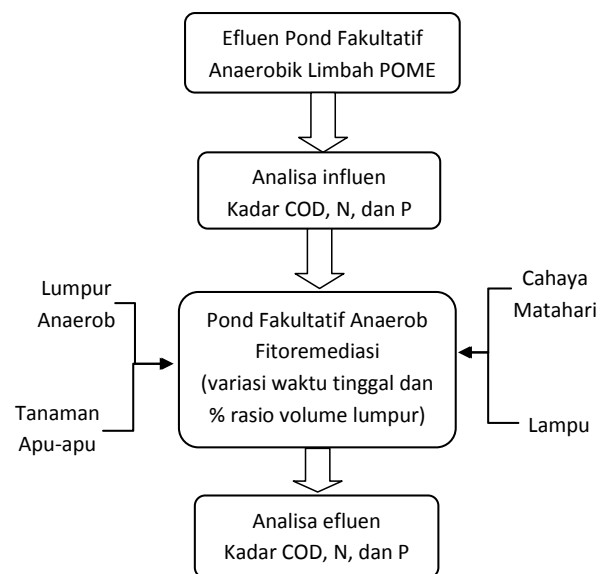
Gambar 2. Rangkaian alat percobaan

### 2.2 Metode Penelitian

Pengolahan air limbah lanjutan ini menggunakan metode fakultatif anaerobik-fitoremediasi dengan parameter hasil berupa penurunan COD dan penyerapan kandungan nitrogen dan fospor.

Proses pengolahan dimulai dengan menganalisa kadar awal COD, nitrogen, dan fospor. Setelah itu mengalirkan influen dengan flowrate sesuai variabel waktu tinggal ke dalam reaktor yang telah berisi lumpur anaerob (rasio sesuai variabel) dan tanaman Apu-apu. Tanaman Apu-apu diberi penyinaran tambahan dengan lampu TL 20 W selama pengolahan berlangsung. Setelah mencapai waktu tinggal yang telah ditentukan, effluen keluaran dari reaktor/pond ditampung dan dianalisa kadar akhir COD, Nitrogen, dan Fospor.

Diagram alir penelitian disajikan pada gambar 1 sebagai berikut,

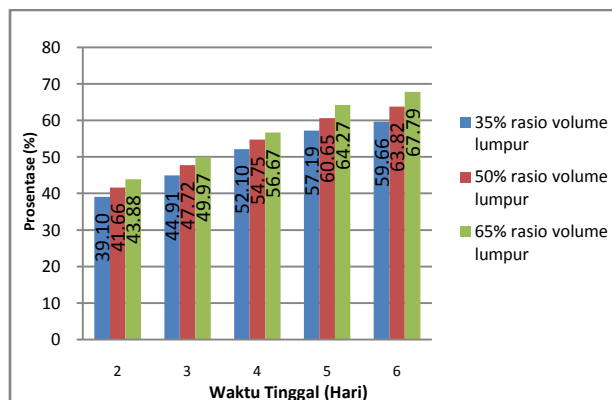


Gambar 1. Diagram alir rancangan percobaan

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pengolahan air limbah minyak kelapa sawit dilakukan dengan metode fakultatif anaerob - fitoremediasi menggunakan reaktor anaerob dengan bentuk reaktor yang bersekat. Permukaan air limbah ditutup dengan tanaman Apu-apu yang merata pada semua bagian permukaan. Variasi percobaan yang dilakukan pada pengolahan air limbah ini yaitu variasi prosentase lumpur (35%, 50% dan 65%) ; variasi waktu tinggal (2, 3, 4, 5, dan 6 hari). Seeding dilakukan sesuai dengan variasi waktu tinggal sampai keadaan tunak/steady state. Pengukuran diambil pada 2 titik yaitu influen dan effluen reaktor anaerobik.

### 3.1. Pengaruh Prosentase Penurunan COD Terhadap Prosentase Volume Lumpur



Gambar 2. Grafik prosentase penurunan COD kondisi steady state pada berbagai variasi rasio volume lumpur

Dari gambar 2 tersebut diketahui bahwa semakin besar prosentase volume lumpur maka efisiensi penurunan COD nya semakin besar. Penurunan kadar COD pada air limbah dipengaruhi oleh besarnya prosentase volume lumpur anaerob. Hal ini berkaitan erat dengan keberadaan banyaknya organisme anaerob dalam menguraikan zat-zat organik yang terkandung di dalam air limbah. Semakin besar rasio volume lumpur, maka semakin banyak pula mikroorganisme anaerob yang terdapat dalam lumpur. Mikroorganisme dalam lumpur ini berperan sebagai pengurai zat-zat organik dalam air limbah tanpa adanya oksigen (fasa anaerob) dan juga menjadikan air limbah yang terurai ini sebagai tempat berkembang biaknya.

Keberadaan lumpur ini menyebabkan adanya dua zona yaitu zona aerob dan zona anaerob. Mikroorganisme anaerob ini hidup dengan melakukan respirasi anaerob dengan cara mendegradasi senyawa-senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa organik sederhana ini kemudian dimanfaatkan oleh organisme aerob sebagai makanan atau nutrient untuk melakukan metabolisme.

Organisme aerob melakukan metabolisme dengan memanfaatkan oksigen yang dihasilkan tanaman Apu-apu sebagai *electron acceptor* untuk mengoksidasi senyawa organik yang ada dalam air limbah menjadi senyawa yang lebih stabil seperti CO<sub>2</sub>, nitrit, dan pospat. Tercukupinya suplai nutrisi dari organisme anaerob menyebabkan organisme

aerob ini berkembang biak dengan baik. Pada mulanya hanya terdapat sejumlah kecil organisme aerob yang hidup tersebar, dengan bertambahnya jumlah organisme maka cenderung terbentuk flok-flok yang lama kelamaan menjadi besar. Flok-flok organisme aerob yang semakin besar akan mengendap dan kekurangan oksigen sehingga lama kelamaan akan mati. Biomassa ini kemudian mengalami resis dan menjadi makanan/nutrisi bagi organisme anaerob.

Keberadaan tanaman apu-apu berperan dalam memutus siklus timbal balik antara zona aerob dan zona anerob dengan cara menyerap zat-zat organik yang dihasilkan oleh organisme aerob sebagai nutrient untuk melangsungkan fotosintesis. Fotosintesis terjadi apabila terdapat nutrisi yang cukup, CO<sub>2</sub>, klorofil, dan sinar matahari. Nutrisi ini didapat tanaman Apu-apu dari hasil metabolisme organisme aerob yang diserap melalui pembuluh kapiler yang terdapat pada akar, kemudian didistribusikan menuju daun. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) selain didapat dari udara bebas juga berasal dari hasil metabolisme aerob yang terdifusi lepas dari permukaan air.

Reaksi fotosintesis yang terjadi sebagai berikut



Oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis ini kemudian digunakan oleh organisme aerob untuk melakukan metabolisme seperti penjelasan diatas. Oksigen ini terdifusi dari udara ke dalam air melalui permukaannya.

Keseluruhan siklus dari zona anaerob, zona aerob dan keberadaan tanaman apu-apu dalam pengolahan air limbah POME inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan kadar COD. Variasi terhadap siklus ini dengan adanya penambahan rasio volume lumpur menyebabkan kandungan COD menjadi turun.

### 3.2. Pengaruh Efisiensi Penurunan COD Fungsi Waktu tinggal

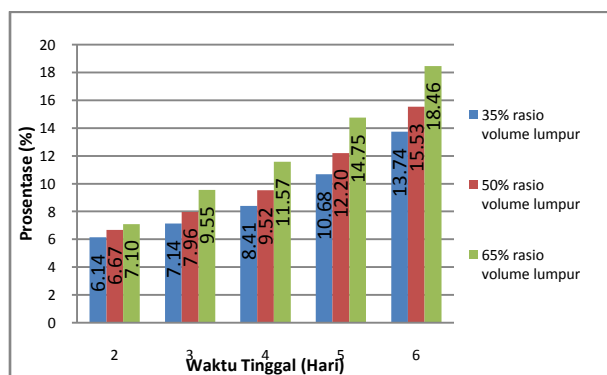
Waktu tinggal yang semakin lama berpengaruh terhadap waktu kontak antara limbah dengan lumpur sehingga proses penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme terjadi dalam waktu yang lama dan dengan kuantitas yang meningkat sehingga kandungan bahan organik yang terurai semakin banyak.

Waktu kontak antara air limbah dengan lumpur memberikan kesempatan yang lebih

banyak terhadap organisme anaerob untuk melakukan degradasi. Ini berarti semakin banyak nutrient yang dihasilkan untuk didegradasi oleh organisme aerob. Metabolisme organisme aerob ini menghasilkan senyawa-senyawa stabil berupa nitrit, pospat, dan CO<sub>2</sub> yang mudah diserap oleh tanaman apu-apu.

Semakin banyak siklus antara zona anaerob, zona aerob, dan tanaman apu-apu terjadi maka semakin banyak pula zat-zat organik yang terdegradasi. Hal ini mengakibatkan kandungan COD yang terdapat dalam air limbah POME semakin berkurang.

### 3.3. Prosentase penyerapan Fosfor dengan variasi rasio volume lumpur dan waktu tinggal



Gambar 3. Grafik prosentase penyerapan fosfor total kondisi steady state pada berbagai waktu tinggal dan rasio volume lumpur

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu tinggal dan semakin besar rasio volume lumpur prosentase penyerapan Fosfor nya semakin besar. Waktu tinggal yang semakin lama mempengaruhi waktu kontak antara lumpur dengan air limbah sehingga proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme menjadi lebih sering terjadi dan menyebabkan kandungan bahan organik yang terurai lebih banyak. Zat organik yang dihasilkan dari proses degradasi organisme anaerob dan aerob ini diserap oleh tanaman Apu-apu sebagai nutrien untuk melakukan fotosintesis dengan bantuan sinar matahari. Selain diserap oleh Apu-apu, organisme dalam air limbah tersebut juga menyerap zat organik sederhana tersebut sebagai nutrien untuk melakukan metabolisme.

Salah satu nutrient yang dibutuhkan dalam jumlah besar oleh tanaman adalah Fosfor, sehingga fosfor dikategorikan sebagai makronutrient. Fosfor merupakan unsur esensial yang fungsinya tidak dapat digantikan unsur hara lain. Poerwowidodo (1992) menyatakan bahwa, peran unsur P adalah dalam hal penyimpanan dan pemindahan energi serta reaksi biokimia seperti ; pemindahan ion, kerja osmotik, reaksi fotosintesis, dan glikolisis. Fosfor juga merupakan makronutrient bagi mikroorganisme yang berperan penting dalam pembentukan ATP, asam nukleat, dan koenzim.

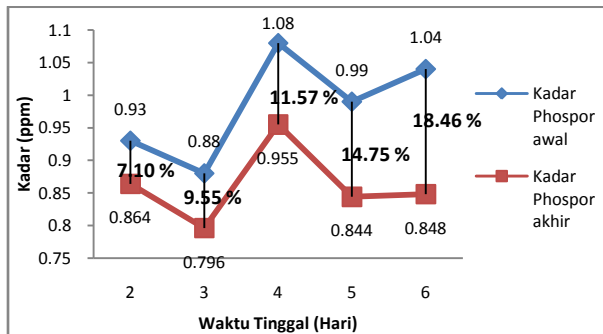
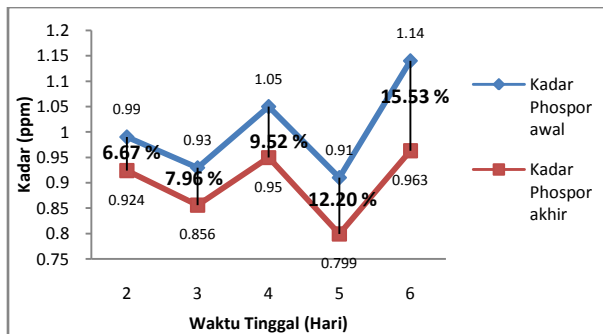
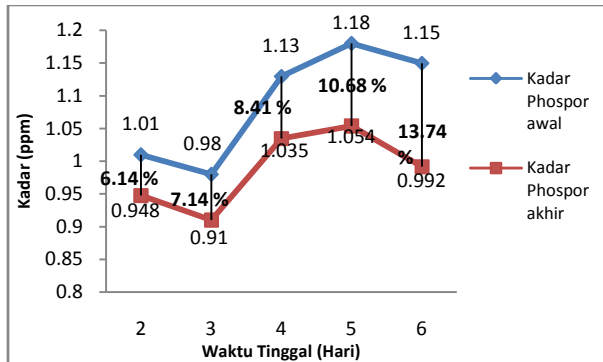
Tanaman apu-apu mampu menurunkan P total sebesar 69,3% pada limbah pabrik tahu dengan waktu detensi optimum adalah 20 hari (Ariefianto, 2003). Pada air limbah POME dengan waktu tinggal 6 hari dan 65% rasio volume lumpur mampu menurunkan P total sebesar 18,46%.

Pentingnya fosfor dalam pertumbuhan dan metabolisme menjadikan konsumsi akan zat ini cukup besar. Semakin lama waktu tinggal akan menyebabkan semakin banyak konsumsi fosfor oleh Apu-apu dan mikroorganisme. Hal inilah mengapa terjadi penurunan kadar fosfor dalam air limbah POME.

Selain waktu tinggal, variasi besarnya rasio volume lumpur juga mempengaruhi konsumsi terhadap fosfor. Besarnya rasio volume lumpur berkaitan dengan banyaknya mikroorganisme dalam lumpur tersebut. Meningkatnya jumlah organisme anaerob dalam lumpur akan mempercepat terjadinya proses degradasi senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana. Senyawa sederhana ini digunakan organisme aerob sebagai nutrient untuk melakukan degradasi senyawa sederhana menjadi senyawa stabil dengan oksigen sebagai *acceptor electron*. Apu-apu menggunakan senyawa sederhana ini sebagai nutrient untuk melangsungkan fotosintesis dengan bantuan sinar matahari.

Salah satu senyawa sederhana yang dihasilkan adalah fosfor dalam bentuk pospat (PO<sub>4</sub>). Semakin banyak jumlah organisme yang ada dalam air limbah maka semakin sering proses degradasi terjadi yang berarti semakin banyak produk pospat terbentuk. Konsumen terbesar fosfat dalam metode ini adalah tanaman Apu-apu yang menggunakan zat ini sebagai nutrient untuk melangsungkan fotosintesis. Fotosintesis ini menghasilkan oksigen yang digunakan oleh

organisme aerob. Oleh karena itu terjadi pengurangan kada fosfor pada air limbah POME.

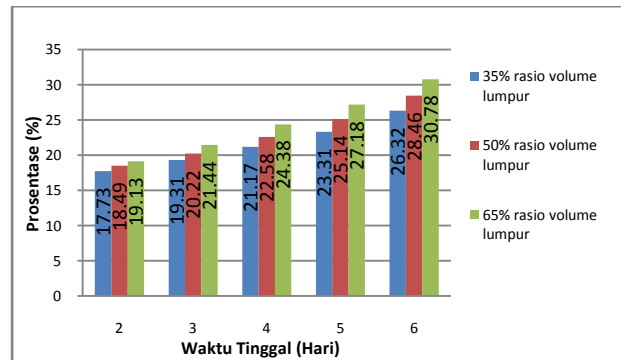


Gambar 4. Grafik kadar fosfor total awal dan akhir 35%, 30%, dan 65% rasio volume lumpur pada berbagai waktu tinggal

Dari ketiga gambar tersebut diketahui bahwa input untuk masing-masing waktu tinggal berbeda. Hal ini disebabkan adanya ketidakstabilan komposisi input air limbah POME. Ketidakstabilan ini disebabkan akibat terjadinya degradasi zat-zat organik dalam air limbah oleh organisme yang sudah terdapat pada air limbah POME tersebut. Waktu penyimpanan yang lama menjadi alasan terjadinya self degradation ini.

Komposisi input air limbah POME pada waktu tinggal 4 - 6 hari tidak terlalu mengalami perbedaan yang signifikan akibat preparasi air limbah yang hampir seragam dan treatment yang dilakukan dalam waktu yang relatif kontinu. Pada waktu tinggal 2 dan 3 hari terjadi penurunan input fosfor yang dikarenakan terjadinya selang waktu yang lama dalam memulai treatment kembali.

### 3.4. Prosentase penyerapan Nitrogen Total dengan variasi rasio volume lumpur dan waktu tinggal



Gambar 4. Grafik prosentase penyerapan nitrogen total kondisi steady state pada berbagai waktu tinggal dan rasio volume lumpur

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin lama waktu tinggal dan semakin besar rasio volume lumpur prosentase penyerapan Fosfor nya semakin besar. Waktu tinggal yang semakin lama mempengaruhi waktu kontak antara lumpur dengan air limbah sehingga proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme menjadi lebih sering terjadi dan menyebabkan kandungan bahan organik yang terurai lebih banyak. Zat organik yang dihasilkan dari proses degradasi organisme anaerob dan aerob ini diserap oleh tanaman Apu-apu sebagai nutrisi untuk melakukan fotosintesis dengan bantuan sinar matahari. Selain diserap oleh Apu-apu, organisme dalam air limbah tersebut juga menyerap zat organik sederhana tersebut sebagai nutrisi untuk melakukan metabolisme.

Nitrogen merupakan makronutrient yang lebih banyak dibutuhkan oleh tanaman dibandingkan dengan makronutrient lainnya, seperti fosfor. Kegunaan nitrogen pada tanaman antara lain sebagai pemacu pertumbuhan tanaman secara umum, berperan dalam pembentukan klorofil, sintesa asam amino, asam nukleat, lemak,

koenzim, dan persenyawaan lain. Sedangkan untuk mikroorganisme nitrogen berperan sebagai sintesa asam amino dan asam nukleat.

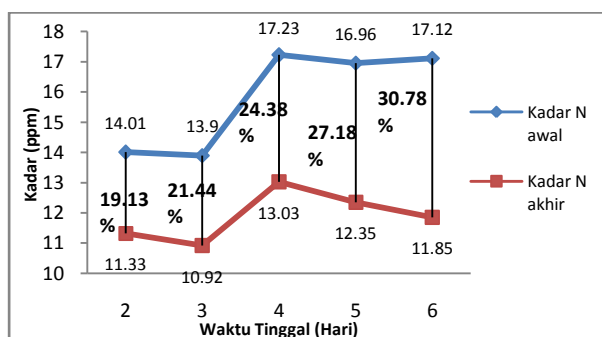
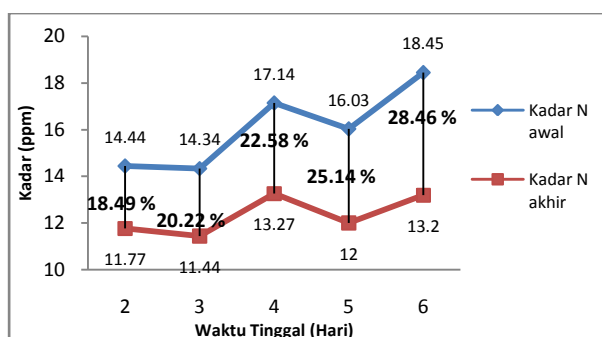
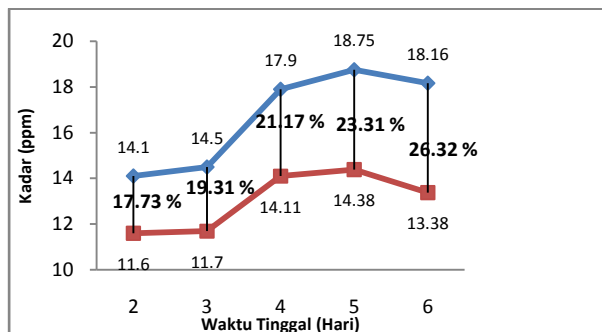
Konsumsi nitrogen sebagai makronutrient utama lebih besar dibanding konsumsi phosphor, hal ini terbukti bahwa tanaman apu-apu mampu menurunkan P total sebesar 69,3% dan mampu menurunkan N total sebesar 72,3% pada limbah pabrik tahu dengan waktu detensi optimum adalah 20 hari (Ariefianto, 2003). Pada air limbah POME dengan waktu tinggal 6 hari dan 65% rasio volume lumpur mampu menurunkan P total sebesar 18,46% dan N total sebesar 30,78%.

Nitrogen sebagai makronutrient penting dalam pembentukan asam amino dan asam nukleat menjadikan nitrogen penting bagi semua kehidupan. Hal ini menyebabkan konsumsi akan nitrogen jauh lebih besar dibandingkan phosphor. Semakin lama waktu tinggal akan menyebabkan semakin banyak konsumsi nitrogen oleh Apu-apu dan mikroorganisme. Hal inilah mengapa terjadi penurunan kadar phosphor dalam air limbah POME.

Selain waktu tinggal, variasi besarnya rasio volume lumpur juga mempengaruhi konsumsi terhadap nitrogrn. Besarnya rasio volume lumpur berkaitan dengan banyaknya mikroorganisme dalam lumpur tersebut. Meningkatnya jumlah organisme anaerob dalam lumpur akan mempercepat terjadinya proses degradasi senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana. Senyawa sederhana ini digunakan organisme areob sebagai nutrient untuk melakukan degradasi senyawa sederhana menjadi senyawa stabil dengan oksigen sebagai *acceptor electron*. Apu-apu menggunakan senyawa sederhana ini sebagai nutrient untuk melangsungkan fotosintesis dengan bantuan sinar matahari.

Salah satu senyawa sederhana yang dihasilkan adalah nitrogen dalam bentuk N-organik dan amonia (NH<sub>3</sub>). Semakin banyak jumlah organisme yang ada dalam air limbah maka semakin sering proses degradasi terjadi yang berarti semakin banyak produk nitrit yang terbentuk. Tanaman apu-apu menjadi konsumen nitrogen terbesar dalam siklus tersebut. Nitrogen yang berperan dalam pembentukan klorofil sangat penting bagi tanaman untuk melangsungkan fotosintesis. Klorofil merupakan tempat berlangsungnya reaksi fotosintesis yang mengubah air dan CO<sub>2</sub> menjadi energi dan O<sub>2</sub>. Oksigen yang dihasilkan apu-apu akan terdifusi ke dalam air untuk digunakan oleh

organisme aerob dalam melakukan metabolismenya. Pentingnya nitrogen ini menyebabkan terjadinya pengurangan kandungan nitrogen dalam air limbah POME.



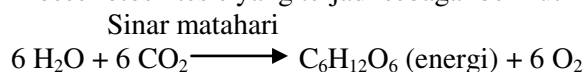
Gambar 4. Grafik kadar phosphor total awal dan akhir 35%, 30%, dan 65% rasio volume lumpur pada berbagai waktu tinggal

Dari ketiga gambar tersebut diketahui bahwa input untuk masing-masing waktu tinggal berbeda. Hal ini disebabkan adanya ketidakstabilan komposisi input air limbah POME. Ketidakstabilan ini disebabkan akibat terjadinya degradasi zat-zat organik dalam air limbah oleh organisme yang sudah terdapat pada air limbah POME tersebut. Waktu penyimpanan yang lama menjadi alasan terjadinya self degradation ini. Komposisi input air limbah POME pada waktu tinggal 4 - 6 hari tidak terlalu mengalami perbedaan yang signifikan akibat preparasi air

limbah yang hampir seragam dan treatment yang dilakukan dalam waktu yang relatif kontinyu. Pada waktu tinggal 2 dan 3 hari terjadi penurunan input fosfor yang dikarenakan terjadinya selang waktu yang lama dalam memulai treatment kembali.

### 3.5. Pengaruh fitoremediasi tanaman apu-apu terhadap penurunan COD, N, dan P

Penggunaan tanaman apu-apu pada pengolahan fakultatif anaerob ini berperan dalam penyedia oksigen bagi mikroorganisme aerob. Oksigen ini berasal dari hasil fotosintesis yang dilakukan tanaman Apu-apu dengan bantuan sinar matahari. Proses fotosintesis yang terjadi sebagai berikut



Oksigen tersebut terdifusi ke dalam air melalui permukaan air. Organisme aerob kemudian menggunakan oksigen sebagai *electron acceptor* untuk mengoksidasi senyawa organik yang ada pada air limbah menjadi senyawa sederhana yang stabil. Senyawa yang dihasilkan berupa CO<sub>2</sub>, nitrit, dan pospat ini merupakan nutrisi bagi tanaman Apu-apu untuk dapat melangsungkan proses fotosintesis. Dalam hal ini terjadi hubungan timbal balik anatar tanaman Apu-apu dengan organisme aerob yang terdapat dalam air limbah tersebut.

Dari hasil penelitian kami, terdapat ketidakefisienan dalam penggunaan tanaman apu-apu. Hal ini dikarenakan apu-apu mudah sekali menjadi layu dan kurang bisa berkembang. Apu-apu merupakan tanaman yang memiliki daun yang lebar membentuk roset, lebar daun dapat mencapai 14 cm. Akarnya merupakan akar serabut yang lebat menggantung di bawah daun dan terendam di dalam air.

Akar serabut Apu-apu ini mengganggu pergerakan organisme aerob serta menghambat difusi oksigen ke dalam air. Untuk dapat bertahan hidup organisme yang ada pada air limbah berkumpul disekitar tanaman untuk merusak akar tersebut. Ini bertujuan untuk memudahkan oksigen terdifusi ke dalam air. Namun bagi tanaman apu-apu hal ini menghambat akar dalam penyerapan nutrient akibat tertutupnya pembuluh-pembuluh kapiler pada akar. Hambatan dalam mendapatkan nutrient menyebabkan terhambatnya pembentukan klorofil sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis. Fotosintesis yang terjadi menjadi berkurang dan menyebabkan daun tanaman apu-apu menjadi kekuningan.

### 3.6. Penggunaan efluen fakultatif anaerobik-fitoremediasi sebagai media kultur alga

Pengolahan limbah dengan metode fakultatif anaerobik-fitoremediasi ini menunjukkan hasil yang kurang memuaskan sebagai media kultur alga. Ditinjau dari keberhasilan proses pengolahan, pengolahan metode ini mampu mencapai target yang diharapkan yaitu mampu menurunkan kandungan COD antara 50-70%. Namun sebagai media kultur alga, penurunan COD yang dihasilkan masih jauh dari harapan. Hal ini dikarenakan masih tingginya kandungan COD pada efluen air limbah. Nilai COD yang dihasilkan dari pengolahan air limbah dengan metode ini berkisar antara 206.67 – 324.67 ppm, berada di luar target awal yang menghendaki kadar COD dibawah 100 ppm. Hal ini sebenarnya masih bisa diatasi dengan pengenceran limbah.

Ditinjau dari sisa kandungan nutrient, efluen hasil pengolahan ini masih cukup banyak memiliki kandungan nutrient. Prosentase penyerapan untuk kandungan N total berkisar antara 17,73% - 30,78%, hal ini menunjukkan bahwa kandungan sisa N total masih cukup banyak yaitu lebih dari 69%. N sebagai unsur makronutrient dibutuhkan dalam jumlah yang besar, untuk alga digunakan sebagai pembentukan asam amino, asam nukleat.

Selain kandungan fosfor konsumsi kandungan P total berkisar antara 6,14% - 18,46% yang berarti kandungan fosfor yang tersisa masih cukup banyak yaitu lebih dari 81%. Phosphor juga merupakan makronutrient, namun kebutuhan akan phosphor ini tidak setinggi kebutuhan terhadap nitrogen. Alga menggunakan phosphor sebagai pembentukan ATP, asam nukleat, dan koenzim.

Ditinjau dari kadar COD akhir memang masih belum memenuhi persyaratan media kultur alga. Namun jika ditinjau dari kandungan sisa nutrient yang ada, efluen dari pengolahan air limbah POME dengan metode ini cocok untuk media kultur alga. Alga mampu tumbuh dengan optimal dengan kebutuhan ideal nutrisi berdasarkan rasio berat untuk masing nutrient C : N : P = 56 : 8.6 : 1.2 (Phang & Ong, 1988) per hari. Penambahan nutrisi dirasa perlu dalam rangka mengoptimalkan pertumbuhan alga. Kebutuhan nutrisi dapat tercukupi dengan penambahan bikarbonat sebagai sumber carbon, urea sebagai sumber nitrogen, dan TSP sebagai sumber phosphate.

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut,

1. Penurunan kadar COD dalam air limbah POME meningkat dengan semakin besarnya rasio volume lumpur dan lamanya waktu tinggal.
2. Prosentase penyerapan kandungan nitrogen dan phosphor meningkat dengan dengan semakin besarnya rasio volume lumpur dan lamanya waktu tinggal.
3. Penggunaan tanaman Apu-apu sebagai fitoremediasi memberikan hasil yang kurang signifikan. Apu-apu kurang dapat berkembang dengan baik akibat perusakan akar oleh mikroorganisme aerob.
4. Kadar COD yang masih diatas 200 ppm tidak mencapai target sebagai media biakan algae.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan pada civitas Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro yang telah membantu penelitian ini dan pada Ir. Danny Soetrisnanto, M.Eng. selaku dosen pembimbing penelitian.

#### Daftar Pustaka

Amdenes dkk. 1999. *Pengolahan Limbah Tahu Secara Fakultatif Anaerob menggunakan Mikroba Noptor*. Semarang : Universitas Diponegoro.

Anonym. 2003. *Upaya Mengolah Air Limbah Dengan Media Tanaman*. Jakarta

Ariefianto, Deny. 2003. Pengaruh Berat Kayu Apu, Ph Larutan, Dan Kadmiun Terhadap Penyerapan Seng Oleh Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*, Linn). Institut Teknologi Sepuluh November : Surabaya.

Awuah, E., 2006. Pathogen Removal Mechanisms in Macrophyte and Algal Waste Stabilization Ponds. Taylor and Francis/Balkema: Leiden-The Netherlands.

Benefield, L. D, and C. W. Randall. 1980. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. 18th Ed American Public Health Association. New York.

Dalimartha, Setiawan. 2011. *Manfaat Tanaman Apu-Apu untuk kesehatan anda*. [http://id.shvoong.com/medicine-and-health/alternative-medicine/2114623-](http://id.shvoong.com/medicine-and-health/alternative-medicine/2114623-manfaat-tanaman-apu-apu-untuk/)

[manfaat-tanaman-apu-apu-untuk/](http://id.shvoong.com/medicine-and-health/alternative-medicine/2114623-manfaat-tanaman-apu-apu-untuk/).(11 Mei 2011 19.17).

Direktorat Jenderal Perkebunan, Departemen Pertanian tentang *Volume dan Nilai Ekspor, Impor Kelapa Sawit Indonesia tahun 1981-2010*.

Dirjen IKM. 2007. *Pengelolaan Limbah Industri Pangan*. Jakarta: Dirjen IKM.

Eckenfelder, W.W. 1989. *Industrial Water Pollution Control*. McGraw-Hill, Inc. New York.

Harsanto, Soni. 2009. *Analisis Asam Lemak Mikroalga Nannochloropsis Oculata*. Surabaya: FMIPA ITS.

Isroi. 2008. *Energi Terbarukan dari Limbah Pabrik Kelapa Sawit*. Isroi .wordpress.com/2008/02/2005energi\_dari\_li mbah\_sawit/-70-k. (17 Maret 2009).

Kengne, I.M., Brissaud, F., Akoa, A., Eteme, R.A., Nya, J., Ndikeyfor, A. and Fonkou, T., 2003. Mosquito development in a macrophyte-based wastewater treatment plant in Cameroon (Central Africa). *Ecological Engineering*. Vol. 21: 53–61

Keputusan Menteri KLH Nomor KEP 51/MEN KLH/10/1995 tentang *Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri*.

Loebis, B. dan P. L. Tobing. 1989. *Potensi pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit*. Buletin Perkebunan. Pusat Penelitian Perkebunan Kelapa Sawit.Medan. 20 (1): 49–56.

Mahajoeno,Edwi.2008. *Pengembangan Energi Terbarukan Dari Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit*.Bogor:ITB.

Mahida, U. N. 1984. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. C.V.Rajawali, Jakarta.

Manurung, Renita. 2004. *Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Untuk Mengolah Limbah Sawit*. Medan: FT UNSU.

Metcalf & Eddy. 1979. *Wastewater Engineering*, 3<sup>rd</sup> edition. Mc Graw Hill Book : New York.

Milasari, Nurita I ,Dan Ariyani,Sukma B. 2010. *Pengolahan Limbah Cair Kadar Cod Dan Fenol Tinggi Dengan Proses Anaerob Dan Pengaruh Mikronutrient Cu : Kasus Limbah Industri Jamu Tradisional*.Semarang: Tekim Undip.



- Naibaho, Ponten M. 1996. *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit*, Medan : Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Naibaho, Ponten M. 1999. *Aplikasi Biologi dalam Pembangunan Industri Berwawasan Lingkungan*, Jurnal Visi 7.
- Pahan, I. 2008. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta. 412 hal.
- Pang, S.M. and K. C. Ong. 1988. Algae Biomass Production in Digested Palm Oil Mill Effluent. *Biological Wastes* 25: 177-191.
- Qin Lu. 2009. *Evaluation Of Aquatic Plants For Phytoremediation Of Eutrophic Stormwaters*. Florida: University Of Florida.
- Sani, Elly Y. 2006. *Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Reaktor Anaerob Bersekat Dan Aerob*. Semarang: FT Undip.
- Santoso, Urip. 2009. *Produksi Biogas Melalui Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Dengan Digester Anaerobik..*  
<http://uwityangyoyo.wordpress.com/-2009/04/11/produksi-biogas-melalui-pemanfaatan-limbah-cair-pabrik-minyak-kelapa-sawit-dengan-digester-anaerob/>.(13 Maret 2011,16.44).
- Sihaloho, Wira S. 2009. *Analisa Kandungan Amoniak Dari Limbah Cair Inlet Dan Outlet Dari beberapa Indusri Kelapa Sawit*. Medan: FMIPA UNSU.
- Standar Nasional Indonesia. 2005. Air dan air limbah – Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) dengan Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri. SNI 06-6989.2-2004. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. 2005. Air dan air limbah – Bagian 52: Cara Uji Kadar Nitrogen Organik Secara Makro Kjeldahl dan Titrasi. SNI 06-6989.52-2005. Badan Standarisasi Nasional.
- Sugiyana, Doni. 2008. *Metode Biologi Anaerobik – Aerobik dan Pengolahan Limbah Cair Tekstil*. Balai Besar Tekstil : Bandung.
- Pena-Varon, M. and Mara, D., 2004. *Waste Stabilization Ponds*. IRC: Delft- The Netherlands.
- Pescod, M.B., 1992. *Wastewater Treatment and Use in Agriculture: FAO Irrigation and Drainage Paper 47*. Rome: FAO
- Polprasert, C., Van der Steen, N.P., Veenstra, S., and Gijzen, H.J., 2001. *Wastewater Treatment II: Natural System for Wastewater Management*. Delft: International Institute for Infrastructure, Hydraulics and Environmental Engineering (IHE Delft).
- Truu J, et all. 2003. Phytoremediation of solid oil shale waste from chemistry industry. *Acta Bioetanol*. 23: 301-307.
- Veenstra,S .2000 . *Wastewater Treatment*. Delft: Institute for Infrastructure, Hydraulics and Environmental Engineering (IHE Delft)
- Wahyuni, Mardiana. 2010. *Laju Dekomposisi Aerob Dan Mutu Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Penambahan Mikroorganisme Selulolitik, Amandemen Dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Medan : Jurnal Penelitian STIPAP.
- Wardhanu, Adha Panca. 2009. *Cleaner Production : Mewujudkan industri Kelapa Sawit Kalimantan Barat yang Berwawasan Lingkungan dan Berdaya Saing Tinggi di Pasar Global*.
- Wibisono, G. 1995. *Sistem Pengelolaan dan Pengolahan Limbah Domestik*, Jurnal Science 27.
- Wikipedia. 2010. Kayu Apu. [http://id.wikipedia.org/wiki/Kayu\\_apu](http://id.wikipedia.org/wiki/Kayu_apu). Diakses tanggal 20 Mei 2011, 19:30.
- Wikipedia. 2010. Kelapa Sawit. [http://id.wikipedia.org/wiki/Kelapa\\_sawit](http://id.wikipedia.org/wiki/Kelapa_sawit). Diakses tanggal 20 Mei 2011, 19:30.
- Yudisti, Willyarta. 2010. *Paper: Teknik Budidaya Chlorella sp dan Beberapa Pemanfaatannya Dalam Kehidupan Sehari-hari*. Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta : Jakarta.