

# Kombinasi Pengolahan Anaerob dan Membran Ultrafiltrasi Berbahan Polipropilen Untuk Proses Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit

Salmiati Talis, Syarfi Daud, dan Adrianto Ahmad,

Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau  
Jl. HR Subrantas Km 12,5Kampus BinaWidya Panam Pekanbaru 28293  
Email: mialalis@rocketmail.com  
085271225848

## ABSTRACT

*Palm oil wastewater of PTPN V potentially contaminating environment if we can't handle correctly. The result of analysis showed that acidic pH's value 4.0, the value of COD is 30,000 mg/L and TSS value is 8635 mg/L. This value is not in accordance with the decree of minister Environment number 51 of 1995 for pH values were in the range 6-9, for a COD value is 500 mg/L and TSS value is 300 mg/L. Research was done to reduce the value of that parameters to fit the provisions of the Government of Indonesia. Process carried out is anaerobic process. Problems that arise in this process is the washout of biomass so that was developed by combining anaerobic digestion process with membrane ultrafiltration. Anaerobic process carried out several stages, the seeding stage, acclimatization, startup and operational. pH values obtained in the final stage anaerobic process that is equal to 8.7, COD is 5000 mg/L with an efficiency of COD is 66.67% and TSS is 1510 mg/L. The results of the anaerobic process is passed through a membrane with pressure variation is 1.6 bar, 1.8 bar, and 2.0 bar. The best pressure is 1.8 bar with a pH value is 8.5, the value of COD is 2000 mg/L with an efficiency COD is 60% and TSS is 20 mg/L with an efficiency of TSS is 98.67%*

**Keywords:** Anaerobic, COD, Polypropylene, TSS, Ultrafiltration membranes.

## Pendahuluan

Minyak kelapa sawit merupakan salah satu komoditi yang sangat penting dalam perekonomian Indonesia. Selain produksi minyak kelapa sawit yang tinggi, produk samping atau limbah pabrik kelapa sawit juga tinggi. Limbah cair kelapa sawit memiliki BOD sekitar 24.884-27.421 mg/L, COD sebesar 47.165-49.765 mg/L dan pH 3,3-4,6 sehingga limbah bersifat asam (Ahmad, 2003). Limbah ini akan menimbulkan masalah bagi lingkungan hidup jika dibuang secara langsung. Sesuai dengan Keputusan Kementrian Lingkungan Hidup No.51 tahun 1995, batasan limbah yang diperbolehkan untuk dibuang ke alam adalah 100 mg/L untuk BOD, 350 mg/L untuk COD dan kisaran pH sebesar 6-9 (Kepmen LH Nomor 51/MEN LH/10/1995).

Limbah cair kelapa sawit perlu diolah sebelum dibuang lingkungan. Proses yang stabil dan efisien untuk mengolah limbah cair adalah proses anaerob (Metcalf dan Eddy,

1991). Proses anaerob merupakan proses biodegradasi senyawa organik secara biologis dalam kondisi tanpa kehadiran oksigen. Permasalahan umum yang ditemui pada proses anaerob ini adalah faktor pengendalian konsentrasi biomassa, sehingga dikembangkan proses dengan mengkombinasikan pengolahan anerob dengan teknologi membran ultrafiltrasi.

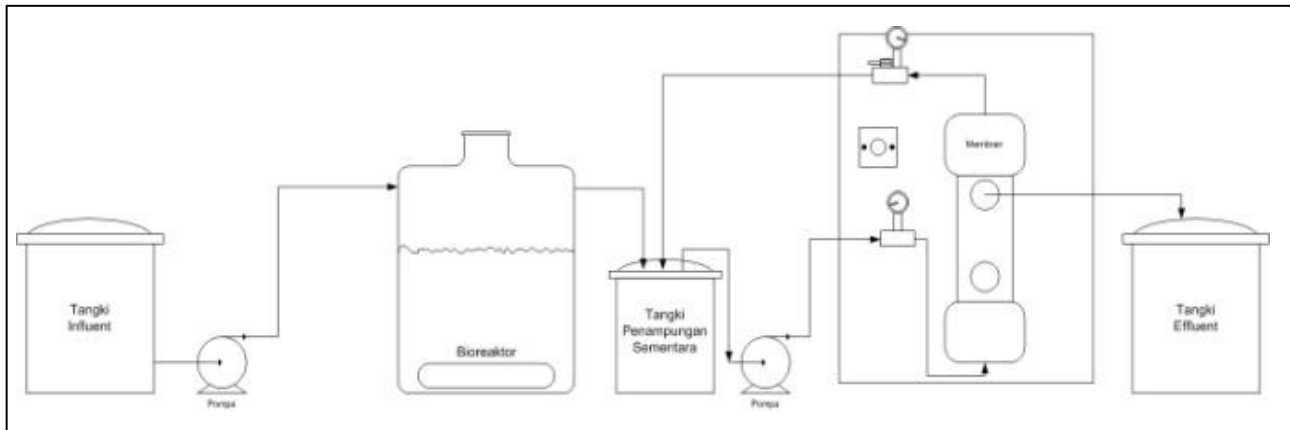
Proses anaerob dikombinasikan dengan teknik pemisahan membran memberikan keuntungan sinergi yaitu proses anaerob berfungsi untuk mendegradasi senyawa organik menjadi gas metan dan karbon dioksida sedangkan membran berfungsi sebagai pemisah antara padatan biomassa dari cairan. Padatan biomassa yang tertahan dikembalikan ke dalam bioreaktor anaerob, sedangkan cairan yang lolos (permeat) akan dikeluarkan dengan kualitas yang sangat baik dan dapat dipergunakan kembali (Ahmad dan Wenten, 1999). Membran juga berfungsi

untuk lebih meningkatkan proses pemisahan partikel atau kontaminan didalam air limbah.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinerja reaktor anaerob dalam menurunkan COD dan TSS pada proses pengolahan limbah cair kelapa sawit dan juga untuk mempelajari penyisihan COD dan TSS serta nilai pH yang diperoleh pada pengolahan limbah cair dengan membran ultrafiltrasi.

## Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain Limbah cair berupa POME yang diambil dari unit *fat pit* di PTPN V Sei. Pagar Kab. Kampar Riau, bibit mikroorganisme yang berasal dari kotoran sapi, gas nitrogen, NaOH 5 M, akuades dan Larutan garam jenuh. Adapun gambar peralatan diperlihatkan pada Gambar 1 sebagai berikut:



**Gambar 1 Rangkaian Alat penelitian**

Langkah-langkah penelitian meliputi analisa COD dan TSS pada umpan, proses pembibitan, proses aklimatisasi, *start-up*, operasional, pemisahan dengan teknologi membran dan analisa hasil.

### a. Proses Pembibitan

Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini langsung berasal dari kotoran sapi. Kotoran sapi tersebut disaring untuk memisahkan filtrat dengan serat-serat kasarnya. Filtrat tersebut dimasukkan kedalam digester anaerob sebanyak 1 liter. Selama 10 hari akan ditambahkan limbah cair segar setiap harinya sebanyak 100 ml, sehingga didapat volume lumpur sebesar 2 liter. Untuk memperoleh volum lumpur sebesar 10 liter maka diperlukan 5 buah erlenmeyer. Proses pembibitan dilakukan pada suhu ruang. Produksi biogas dianalisa setiap hari sebagai parameter berkembangbiaknya mikroorganisme. Proses pembibitan selesai, selanjutnya dilakukan proses aklimatisasi (Atikalidia, 2011).

### b. Proses Aklimatisasi

Mikroorganisme harus dapat menyesuaikan diri dengan kondisi air buangan yang akan diolah. Tahap inilah yang disebut aklimatisasi. Aklimatisasi dilakukan dengan metode buang dan isi (*fill and draw*) yaitu dengan membuang cairan dalam digester sebanyak 200 ml kemudian menambahkan 200 ml limbah cair segar ke dalam digester sehingga volume dalam digester tetap 2 liter. Aklimatisasi dilakukan pada suhu ruang. Selama proses aklimatisasi, diinjeksikan nitrogen untuk mengusir oksigen yang terlarut. Apabila fluktuasi produksi biogas mengalami peningkatan sebesar 10%, maka proses ini dianggap selesai (Atikalidia, 2011).

### c. Start-up

Kondisi operasi dilakukan pada temperatur ruang. Selama *start-up*, dilakukan analisa COD dan TSS setiap 2 hari sekali. Apabila nilai fluktuasi COD mengalami penurunan berkisar 10%, maka kondisi tunak (*steady state*) telah tercapai. Setelah itu

dilanjutkan dengan tahap operasional (Atikalidia, 2011).

#### d. Operasional

Tahap operasional dilakukan dengan mengkondisikan laju alir umpan digester dengan Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) selama 3 hari (Atikalidia, 2011). Sebanyak 3,3 liter dialirkan setiap hari untuk mendapatkan volume digester sebesar 10 liter. Lalu dilakukan analisa COD dan TSS terhadap lumpur tersebut (Atikalidia, 2011).

#### e. Pemisahan dengan Teknologi Membran

Cairan dari sistem bioreaktor anaerob berupa campuran lumpur biomassa atau limbah cair industri minyak sawit dialirkan ke unit pemisah membran ultrafiltrasi. Cairan akan merembes melalui pori membran (permeat) sedangkan padatan biomassa tertahan dipermukaan membran (rentetat) dan terbawa aliran kembali kedalam sistem bioreaktor anaerob. Pada tahap ini dilakukan dengan variasi tekanan umpan membran yaitu 1,6 bar, 1,8 bar dan 2,0 bar. Konfigurasi membran ultrafiltrasi yang digunakan adalah *hollow fiber*, dengan diameter 50,8 mm, panjang modul 325 mm, dan kapasitas permeat nya sebesar 50 liter/jam. Pola aliran menerapkan *cross flow* yaitu dari *shell* ke lumen.. *Fiber ID* 0,8 mm dan *fiber OD* 2,1 mm. Material membran menggunakan jenis polimer yaitu Polipropilen.

#### f. Analisa Hasil

Permeate yang dihasilkan di analisa COD dan TSS dengan *Standard Methods for Examination of water and Wastewater* (APHA, AWWA, WCF, 1992). Analisis dapat menunjukkan berapa besar tingkat keberhasilan penurunan COD dan TSS.

### Hasil dan Pembahasan

#### 1. Analisa pH, COD dan TSS Limbah Cair

Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah cair pabrik kelapa sawit PTPN V Sei. Pagar Kabupaten Kampar. Limbah cair berupa *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang diambil dari unit *Fat Pit* yang masih berwarna coklat dengan analisis seperti ditampilkan dalam tabel 1.

**Tabel 1 Hasil Analisis Limbah Cair**

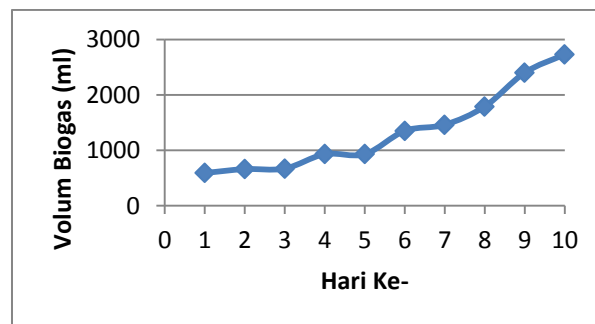
Parameter	Satuan	Nilai	Ambang Batas Limbah *)
COD	mg/L	30000	500
TSS	mg/L	8635	300
pH	-	4,0	6-9

\*) Kepmen LH nomor 51/MEN LH/10/1995

Tabel 1 menampilkan hasil analisis limbah cair PTPN V Sei. Pagar dengan perolehan konsentrasi COD sebesar 30.000 mg/L dan TSS sebesar 8635 mg/L. Sementara baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh Departemen Lingkungan Hidup untuk konsentrasi COD adalah 500 mg/L dan untuk TSS sebesar 300 mg/L. Data pada tabel 1 menunjukkan harga yang lebih besar dari yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, sehingga limbah cair tersebut harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan sehingga tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.

#### 2. Produksi Biogas Pada Tahap *Seeding* (pembibitan).

Parameter yang digunakan untuk melihat perkembangan mikroorganisme ialah produksi biogas selama 10 hari yang berasal dari 5 digester. Mikroorganisme akan berkembangbiak jika produksi biogas meningkat dari hari ke hari (Ahmad, 2003). Jumlah produksi biogas dapat dilihat pada Gambar 2



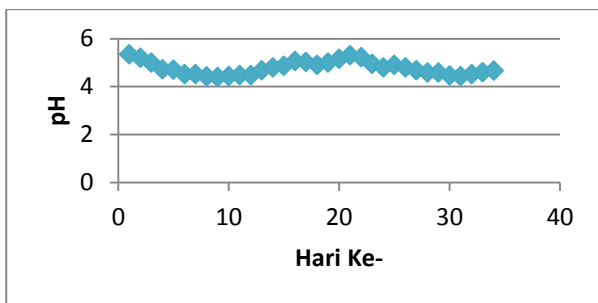
**Gambar 2 Hubungan antara Waktu Pembibitan Terhadap Produksi Biogas Pada Tahap *Seeding* (Pembibitan)**

Gambar 2 menunjukkan bahwa produksi biogas mengalami peningkatan selama tahap pembibitan. Dapat dilihat pada hari pertama pembibitan biogas yang dihasilkan sebesar 590 ml dan semakin meningkat hingga hari ke-10 sebesar 2730 ml. Peningkatan produksi biogas ini menunjukkan bahwa mikroorganisme telah tumbuh dan berkembang dengan baik (Ahmad, 2003). Apabila mikroorganisme telah tumbuh dan berkembang, maka dapat dilakukan proses selanjutnya yaitu aklimatisasi.

### 3. Pengamatan pada Tahap Aklimatisasi

#### Perubahan pH selama Aklimatisasi

Hasil pengukuran pH selama aklimatisasi dapat dilihat pada Gambar 3



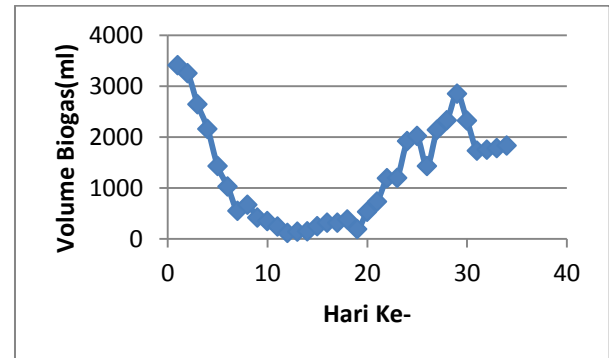
**Gambar 3 Hubungan Antara Waktu terhadap Nilai pH pada Tahap Aklimatisasi.**

Gambar 3 dapat dilihat bahwa selama tahap aklimatisasi, nilai pH berfluktuasi dari hari pertama hingga hari ke-34. Pada hari pertama sampai hari ke-12 terjadi penurunan pH dari 5,34 menjadi 4,44 yang disebabkan kondisi air buangan yang bersifat asam. Selama berlangsungnya proses aklimatisasi, nilai pH pada masing-masing digester mengalami naik turun. Nilai pH turun dapat mengganggu aktivitas mikroorganisme metanogen (Ahmad, 1992). Oleh karena itu, dilakukan pengontrolan pH dengan menggunakan larutan NaOH 5 M sebagai *buffer* sehingga dapat menjaga kenetralan pH (Manurung, 2004).

#### Produksi Biogas Selama Aklimatisasi

Produksi biogas merupakan salah satu indikator yang menunjukkan apakah

tahap aklimatisasi telah tercapai atau tidak. Pengukuran biogas dilakukan untuk mengetahui perkembangan mikroorganisme selama masa adaptasi (Ahmad, 2004). Pada penelitian ini, produksi biogas yang dihasilkan dari lima digester tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4 Hubungan Antara Waktu dengan Produksi Biogas pada Tahap Aklimatisasi.**

Gambar 4 menjelaskan bahwa produksi biogas menurun dari hari pertama hingga hari ke-12, dan hari berikutnya mengalami fluktuasi. Penurunan produksi biogas disebabkan karena pH mikroorganisme di dalam digester juga menurun sehingga dapat mengganggu aktivitas mikroorganisme (Ahmad, 1992). Berkurangnya nilai pH cairan dalam digester menyebabkan berkurangnya aktivitas bakteri metanogen yang menghasilkan biogas (Ahmad, 1992). Produksi biogas pada hari pertama sebesar 3410 ml terus menurun hingga 120 ml pada hari ke-12. Sementara peningkatan produksi biogas menunjukkan bahwa proses biodegradasi bahan organik berlangsung dengan baik sehingga menghasilkan biogas. Kondisi tunak dicapai pada hari ke- 31 hingga hari ke- 34, karena produksi biogas tidak terlalu menunjukkan fluktuasi kenaikan volume yang terlalu signifikan setiap harinya. Aklimatisasi dihentikan pada hari ke 34.

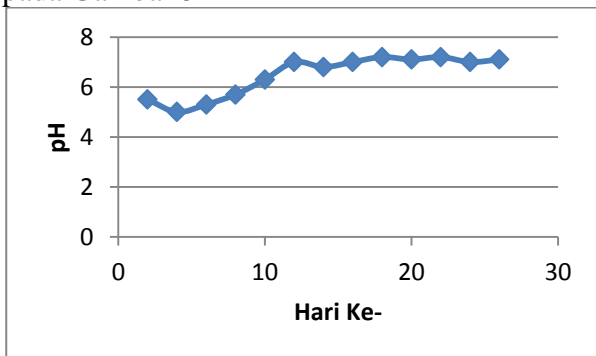
### 3. Pengamatan Terhadap Proses *Start-up*

*Start-up* dilakukan dengan cara mengalirkan limbah cair dari hasil aklimatisasi ke dalam bioreaktor. Selama *Start-up*, kondisi operasi bioreaktor dilakukan pada suhu ruang. Analisa pH, COD dan TSS dilakukan setiap 2 (dua) hari sekali sampai tercapai keadaan tunak (*steady state*) yang

ditandai dengan fluktuasi COD sebesar 10% (Ahmad, 2003).

### Perubahan pH selama *Start-up*

Nilai pH dianalisa setiap dua hari sekali. Nilai pH perlu di analisa untuk mengetahui perkembangan bakteri Metanogenik sebagai bakteri penghasil biogas. Bakteri Metanogenik sangat sensitif terhadap perubahan pH dan hanya dapat tumbuh dalam rentang pH 6,5 – 8,2 (Speece, 1996). Perubahan nilai pH selama berlangsungnya proses *Start-up* ditampilkan pada Gambar 5

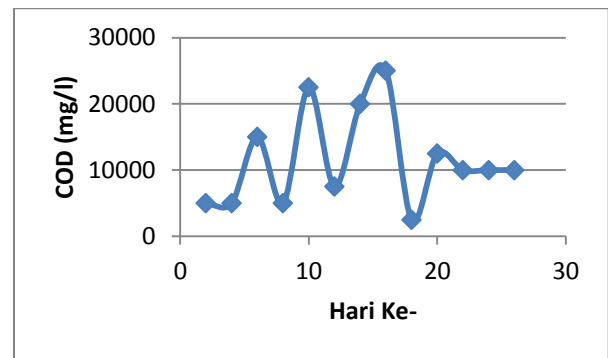


**Gambar 5 Hubungan Antara Waktu terhadap pH Limbah cair pada proses *Start-up*.**

Gambar 1.4 menunjukkan bahwa nilai pH berfluktuasi dalam rentang 5,0 – 7,2. Rata-rata nilai pH selama proses *Start-up* ialah sebesar 6,4. Pada hari ke-2 hingga hari ke-10 proses *Start-up* nilai pH berada pada rentang 5,0 – 6,3. Sementara pada hari ke-12 hingga hari ke-26 terjadi fluktuasi nilai pH yang tidak terlalu signifikan yaitu pada rentang 7,0 – 7,2. Pengamatan dihentikan pada hari ke-26 yaitu pada nilai pH sebesar 7,1. Ini menunjukkan kondisi bakteri masih dalam hidup pada pengolahan ini, karena rentang pH untuk metabolisme bakteri metanogen berkisar antara 6,5-8,2 (Speece, 1996).

### Perubahan COD selama *Start-up*

Pada tahap *Start-up* digunakan limbah cair dari pabrik dengan kadar COD sebesar 30.000 mg/L. Analisa COD dilakukan dua hari sekali. Hubungan antara perubahan nilai COD terhadap waktu *start-up* ditampilkan dalam Gambar 6

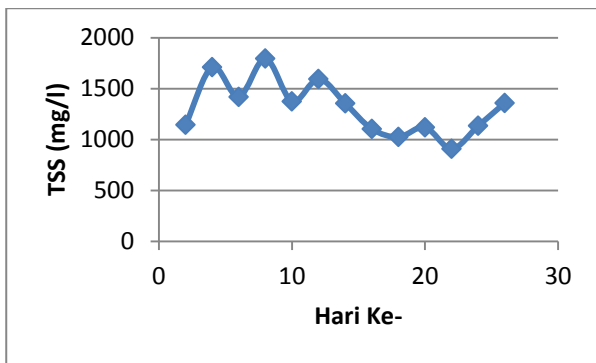


**Gambar 6 Hubungan Antara Waktu dengan Nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada Tahap *Start-up***

Gambar 6 menunjukkan bahwa perubahan nilai COD cenderung menurun dan berfluktuasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kondisi non tunak diperlihatkan dengan berfluktuasinya konsentrasi COD mulai dari hari pertama hingga hari ke-20. Setelah hari ke-20 fluktuasi konsentrasi COD relatif kecil. Menurunnya nilai COD pada tahap *start-up* dari 30.000 mg/L menjadi 10.000 mg/L dalam waktu 26 hari. Hal ini menunjukkan mikroorganisme anaerob sebagai agen pendegradasi mulai mampu mendegradasi senyawa-senyawa organik yang terdapat pada limbah yang diumpangkan. Kondisi tunak dicapai pada hari ke 22, 24 dan 26, nilai COD yang ditunjukkan sama yaitu sebesar 10.000 mg/L. Ahmad (2002) mendapatkan proses *start-up* pada bioreaktor anaerob selama 44 hari dengan efisiensi COD sebesar 88%. Sedangkan efisiensi penyisihan COD yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 66,67% dengan waktu proses *start-up* selama 26 hari.

### Perubahan TSS selama *Start-up*

Perubahan konsentrasi padatan yaitu *total suspended solid* atau TSS dapat ditampilkan dalam Gambar 7 berikut ini.



**Gambar 7 Hubungan Antara Waktu dengan Nilai TSS pada proses Start-up**

Gambar 7 dapat memperlihatkan bahwa nilai TSS mengalami fluktuasi dari hari kedua analisa hingga hari ke-12 pada proses *start-up*. Nilai TSS cenderung menurun dari hari ke-14 sampai hari ke-18. Penurunan ini menunjukkan bahwa mikroorganisme yang terdapat dalam bioreaktor telah mampu mendegradasi senyawa organik dengan baik. Nilai TSS naik lagi pada hari ke-20, turun pada hari ke-22, dan kembali naik pada hari ke-24 hingga hari ke-26. Nilai TSS yang diperoleh sebesar 1360 mg/L pada hari ke-26 telah membuktikan bahwa proses pendegradasian senyawa-senyawa solid tersuspensi telah berjalan dengan baik yang dibandingkan dengan nilai TSS limbah segar yaitu sebesar 8635 mg/L. Nilai TSS yang meningkat pada tiga hari terakhir mungkin saja dipengaruhi oleh limbah cair segar yang dialirkan setiap hari selama proses *start-up*.

#### 4. Pengamatan pada Tahap Operasional

Proses *Start-up* pada bioreaktor telah mencapai keadaan tunak (*Steady State*), sehingga dapat dilanjutkan dengan proses selanjutnya yaitu proses operasional. Proses operasional dilakukan dengan mengkondisikan laju alir umpan bioreaktor dengan Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) 3 hari (Atikalidia, 2011). Untuk mendapatkan WTH 3 hari dengan volume bioreaktor sebesar 10 liter maka dialirkan umpan dengan laju alir 3,3 L/hari. Analisa pH, COD dan TSS dilakukan pada keluaran bioreaktor. Dari hasil analisa diperoleh pH sebesar 8,7, nilai COD sebesar 5000 mg/L dan nilai TSS sebesar 1510 mg/L. Perbandingan antara nilai pH,

COD dan TSS pada tahap *Start-up* dengan tahap Operasional dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2 Perbandingan antara nilai pH, COD dan TSS pada tahap Start-up dengan nilai pH, COD dan TSS pada tahap Operasional**

Parameter	Start-up	Operasional
pH	7,1	8,7
COD	10.000 mg/L	5000 mg/L
TSS	1360 mg/L	1510 mg/L

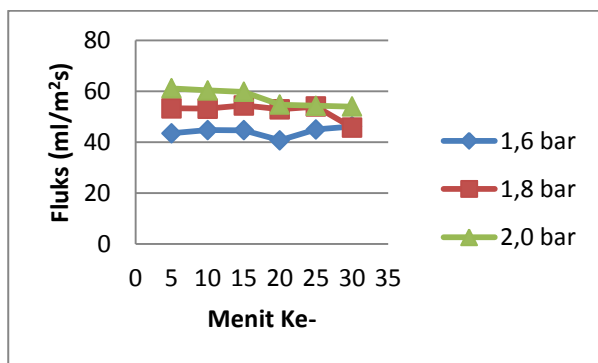
Dari Tabel 2 ditampilkan nilai pH pada tahap operasional sebesar 8,7 yang sudah memenuhi baku mutu lingkungan yaitu pada rentang 6-9. Sementara untuk nilai COD dan TSS masih belum memenuhi syarat. Dari tabel 4.2 juga dapat dilihat nilai COD mengalami penurunan dari 10.000 mg/L menjadi 5000 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah pada tahap berjalan dengan baik. Sementara itu, nilai TSS yang diperoleh pada tahap operasional mengalami peningkatan dari 1360 mg/L menjadi 1510 mg/L. Hal ini kemungkinan terjadi akibat aliran umpan limbah yang secara kontinu pada proses operasional sehingga kemungkinan kadar padatan tersuspensi bertambah sehingga menyebabkan nilai TSS pada proses ini mengalami kenaikan.

#### 5. Pengamatan pada Tahap Pemisahan dengan Teknologi Membran

Setelah proses operasional selesai, cairan dari sistem bioreaktor anaerob dialirkan ke unit membran dengan menggunakan pompa diafragma 2,2 LPM. Membran yang digunakan adalah ultrafiltrasi berbahan polipropilen dengan diameter 50,8 mm, panjang modul 325 mm, dan kapasitas permeat nya sebesar 50 liter/jam. Pola aliran menerapkan *cross flow*. Luas permukaan membran yaitu sebesar 0,4 m<sup>2</sup>. Pada tahap pemisahan ini dilakukan dengan variasi tekanan umpan yaitu sebesar 1,6 bar, 1,8 bar dan 2,0 bar dan dilakukan perhitungan fluks membran pada setiap tekanan.

## Nilai Fluks Membran Polipropilen terhadap Umpan Membran

Nilai fluks menunjukkan jumlah volume permeat yang melewati satu satuan luas membran dalam waktu tertentu dengan adanya gaya dorong, dalam hal ini adalah tekanan (Mulder, 1996). Pada penelitian ini, nilai fluks membran ultrafiltrasi yang berbahan polipropilen diukur terhadap tekanan umpan membran. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui kinerja membran terhadap sampel yang digunakan dengan cara mengukur debit permeat membran per satuan waktu setiap 5 menit selama 30 menit pengamatan. Hubungan waktu terhadap nilai fluks yang diperoleh ditampilkan pada Gambar 8.



**Gambar 8 Hubungan Antara waktu Pengukuran terhadap Nilai Fluks Membran Pada Berbagai Variasi Tekanan**

Dari Gambar 8 menunjukkan hubungan waktu pengukuran terhadap nilai fluks pada tekanan 1,6 bar, 1,8 bar dan 2,0 bar. Dapat dilihat pada tekanan 1,6 bar pada 5 menit pertama sebesar 43,44 ml/m<sup>2</sup>s dan mengalami kenaikan pada menit ke-10 menjadi 44,72 ml/m<sup>2</sup>s. Setelah itu, pada menit ke 15 dan 20 nilai fluks mengalami penurunan menjadi 44,66 ml/m<sup>2</sup>s dan 40,7 ml/m<sup>2</sup>s. Dan mengalami kenaikan kembali pada menit ke-25 yaitu sebesar 45 ml/m<sup>2</sup>s dan berakhir di menit 30 dengan nilai fluks yang meningkat menjadi 46,16 ml/m<sup>2</sup>s. Secara teori, fluks menunjukkan kecenderungan semakin lama semakin menurun. Sementara data yang didapat pada penelitian ini menunjukkan nilai fluks yang berfluktuasi. Hal ini mungkin saja disebabkan oleh belum tercapainya kestabilan alat yaitu pompa dalam mengalirkan limbah

umpan ke perangkat membran yang menyebabkan tidak tercapainya kondisi fouling. Kondisi ini akan tercapai bila waktu pengamatan fluks dibuat lebih lama.

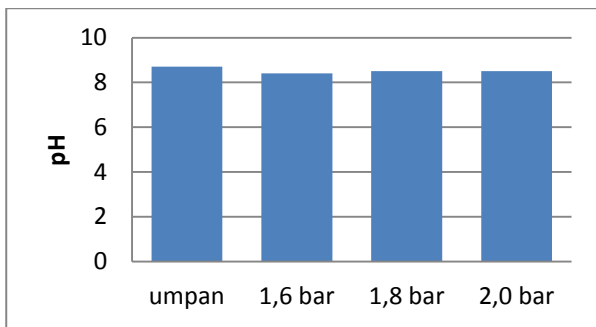
Nilai fluks juga mengalami fluktuasi pada kondisi tekanan umpan membran sebesar 1,8 bar. Pada menit ke-5 nilai fluks sebesar 53,24 ml/m<sup>2</sup>s menurun pada menit ke-10 yaitu sebesar 53,13 ml/m<sup>2</sup>s. Nilai fluks mengalami kenaikan pada menit ke 15 menjadi 54,39 ml/m<sup>2</sup>s, dan pada menit ke-25 yaitu sebesar 53,96 ml/m<sup>2</sup>s. Nilai fluks menurun pada menit ke-30 yaitu sebesar 45,71 ml/m<sup>2</sup>s.

Gambar 8 memperlihatkan nilai fluks pada tekanan 2,0 bar mengalami penurunan dari menit ke-5 sebesar 61,13 ml/m<sup>2</sup>s hingga menit ke-30 yaitu 53,93 ml/m<sup>2</sup>s. Penurunan tersebut menunjukkan telah terjadinya proses *fouling* pada membran. *Fouling* didefinisikan sebagai deposisi dan akumulasi dari partikel tertahan, koloid, emulsi, suspensi, makromolekul, garam, dan lain-lain. (Mulder, 1996). Hal ini mengakibatkan berkurangnya kinerja dari membran tersebut untuk menyaring padatan-padatan tersuspensi. Oleh karena itu perlu dilakukan regenerasi membran dengan teknik *backflushing* yaitu pendorongan kembali permeat yang keluar dengan menggunakan aliran gas bertekanan ke arah permukaan membran untuk membebaskan pori-pori membran dari kerak atau padatan biomassa (Ahmad dan Wenten, 1999).

Hubungan linier antara tekanan dan nilai fluks juga dapat dilihat pada Gambar 8, semakin besar tekanan yang diberikan, maka nilai fluks juga akan meningkat. Hal ini disebabkan tekanan yang besar akan lebih mendesak sehingga volume fluida yang melewati membran per satuan luas permukaan juga akan semakin besar.

## Pengamatan Nilai pH pada Proses Membran

Nilai fluks telah diperoleh, selanjutnya dilakukan analisa pH, COD dan TSS terhadap permeat yang telah mengalir keluar dari membran dengan tekanan sebesar 1,6 bar, 1,8 bar dan 2,0 bar. Untuk mengetahui perbandingan pH pada variasi tekanan tersebut dapat dilihat pada Gambar 9

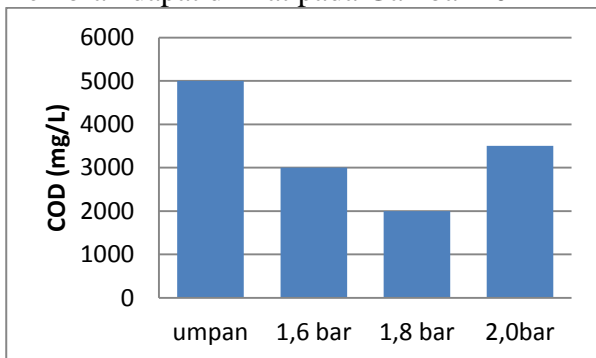


**Gambar 9 Perbandingan Hasil Pengukuran pH berbagai Variasi Tekanan**

Gambar 9 menunjukkan nilai pH limbah cair umpan membran yang belum dilewatkan adalah sebesar 8,7. Namun setelah dilewatkan dengan tekanan sebesar 1,6 bar, pH menurun yaitu sebesar 8,4. Sementara untuk tekanan 1,8 bar dan 2,0 bar nilai pH sama yaitu sebesar 8,5. Dari hasil penelitian diperoleh nilai pH yang masih berada pada rentang yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 (1995). Baku mutu yang ditetapkan oleh Pemerintah adalah dalam rentang 6-9. Sementara Hasil penelitian didapat dalam rentang 8,4 – 8,7. Sehingga nilai pH telah memenuhi kriteria yang ditetapkan Pemerintah Indonesia.

#### Nilai COD pada Proses Membran

Untuk mengetahui Nilai COD yang diperoleh pada variasi tekanan umpan membran dapat dilihat pada Gambar 10



**Gambar 10 Perbandingan Hasil Pengukuran COD berbagai Variasi Tekanan**

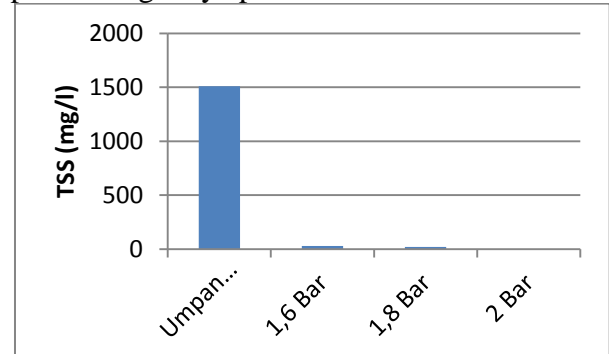
Nilai COD umpan membran sebelum dilewatkan sebesar 5000 mg/L. Dan setelah dilewatkan dengan tekanan umpan sebesar 1,6 bar, nilai COD menurun menjadi

3000 mg/L. Begitu juga pada tekanan 1,8 bar, nilai COD menurun menjadi 2000 mg/L. Sementara pada tekanan 2,0 bar, nilai COD juga mengalami kenaikan sehingga nilai COD menjadi 3500 mg/L.

Gambar 10 memperlihatkan bahwa nilai COD belum memenuhi baku mutu lingkungan yang ditetapkan Pemerintah Indonesia. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 1995, nilai COD yang diperbolehkan untuk industri minyak kelapa sawit adalah sebesar 500 mg/L. Nilai COD yang gagal dicapai dan tidak sesuai baku mutu lingkungan tersebut mungkin saja dipengaruhi oleh proses pemanasan yang kurang maksimal pada *heating block*. Nilai % rejeksi COD untuk tekanan 1,6 bar yaitu sebesar 40%, tekanan 1,8 bar sebesar 60% dan untuk tekanan 2,0 bar sebesar 30%.

#### Nilai TSS pada Proses Membran

Nilai TSS diamati pada variasi tekanan umpan membran yaitu sebesar 1,6 bar, 1,8 bar dan 2,0 bar dapat dilihat perbandingannya pada Gambar 11



**Gambar 11 Perbandingan Hasil Pengukuran TSS berbagai Variasi Tekanan**

Nilai TSS pada setiap variasi tekanan umpan membran yang ditampilkan pada Gambar 11 memperlihatkan penurunan yang sangat signifikan. Nilai TSS umpan membran yang awalnya sebesar 1510 mg/L, setelah dilewatkan melalui membran dengan tekanan 1,6 bar menurun sangat jauh yaitu diperoleh nilai TSS sebesar 30 mg/L. Begitu juga dengan tekanan sebesar 1,8 bar, nilai TSS yang diperoleh sebesar 20 mg/L, sementara untuk tekanan umpan membran 2,0 bar diperoleh tidak ada nya padatan



tersuspensi atau nilai TSS yang diperoleh sebesar 0 mg/L. Kondisi ini menunjukkan banyaknya partikel-partikel solid yang tertahan dipori-pori membran sehingga permeat yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi yang sangat sedikit, bahkan tidak ada sama sekali.

Baku mutu yang ditetapkan Pemerintah Indonesia untuk parameter TSS limbah cair industri minyak kelapa sawit berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan hidup no 51 tahun 1995 adalah sebesar 300 mg/L, sementara hasil penelitian yang diperoleh untuk TSS pada variasi tekanan 1,6 bar, 1,8 bar, dan 2,0 bar yaitu sebesar 30 mg/L, 20 mg/L dan 0 mg/L telah memenuhi ketentuan baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan Pemerintah Indonesia dengan efisiensi penyisihan TSS berturut-turut sebesar 98,01%, 98,67% dan 100%.

## Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Proses *Start-up* bioreaktor anaerob dalam pengolahan limbah cair minyak kelapa sawit dilakukan selama 26 hari, dengan nilai pH sebesar 7,1 , nilai COD yang diperoleh sebesar 10.000 mg/L dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 66,67 % dan nilai TSS sebesar 1360 mg/L dengan efisiensi penyisihan TSS sebesar 84,25%. Selanjutnya pada proses operasional diperoleh nilai pH sebesar 8,7, COD sebesar 5000 mg/L dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 83,33 % dan TSS sebesar 1510 mg/L dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 82,5 %.
2. Nilai fluks membran berbanding lurus dengan tekanan umpan membran. Semakin besar tekanan yang diberikan, maka nilai fluks akan semakin besar pula. Rata-rata nilai fluks untuk tekanan umpan membran 1,6 bar adalah 44,11 ml/m<sup>2</sup>s, tekanan 1,8 bar sebesar 52,22 ml/m<sup>2</sup>s dan untuk tekanan 2,0 bar sebesar 57,336 ml/m<sup>2</sup>s.

3. Tekanan Umpan yang baik yaitu pada tekanan 1,8 bar dengan nilai pH yang diperoleh yaitu sebesar 8,5, nilai COD sebesar 2000 mg/L dengan % rejeksi permeat sebesar 60 % dan TSS sebesar 20 mg/L dengan % rejeksi permeat sebesar 98,67 %.
4. Konsentrasi COD yang diperoleh membran ultrafiltrasi berbahan polipropilen sebesar 2000 mg/L dengan %rejeksi sebesar 60 % lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi COD pada membran mikrofiltrasi yang berbahan dasar sama yaitu 1813 mg/L dengan %rejeksi sebesar 94,89 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, 2007, *Pemanfaatan Limbah Cair Kelapa Sawit*, <http://afrizal.wordpress.com/2007/05/10/pemanfaatan-limbah-cair-kelapa-sawit-cpo-parit/>, 4 November 2010.
- Agustina, S., S.Pudji, T. Widiyanto, dan Trisni, *Penggunaan Teknologi Membran Pada Pengolahan air Limbah Industri Kelapa sawit*, <http://www.bbkk-litbang.go.id/ind/admin/upload/TEKNOLOGIMEMBRAN.pdf> 2 November 2010.
- Ahmad, A. dan I.G. Wenten, 1999, *Membran Bioreaktor Anaerob Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Minyak Sawit*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia I 1999, Bioteknologi ITB, Bandung.
- Ahmad, A., T. Setiadi dan I.G. Wenten, 2002, *Kombinasi Proses Anaerob Dengan Membran Polipropilen Untuk Pengolahn Limbah Cair Industri Minyak Sawit : Pembentukan Flok dan Identifikasi Bakteri Dominan*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia I 2002, Bioteknologi ITB, Bandung.

- Ahmad, A., 2004, *Studi Komparatif Sumber dan Proses Aklimatisasi Bakteri Anaerob pada Limbah Cair yang Mengandung Karbohidrat, Protein, dan Minyak dan Lemak*, Jurnal Sains dan Teknologi Vol.3, Universitas Riau.
- Amri, I., 2010, *Separation Membrane Materials and Structure*, Materi Presentasi, Teknik Kimia Universitas Riau.
- APHA, AWWA, and WPCF, 1992, *Standard Methods for The Examination of Water dan Wastewater*, American Public Health Association, Washington DC.
- Atikalidia, M., 2011, *Penyisihan COD & Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit*, Laporan Penelitian Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Anonim, 1995, *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-51/MENLH/10/1995 Tentang Baku Kutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Minyak Sawit*.
- Anonim, 2008, *Produksi Berdasarkan Jenis Tanaman 1995-2007 (ton)*, Badan Pusat Statistik, <http://www.bps.go.id>, (2 November 2010).
- Desmiarti, R., A. Ahmad, dan T. Setiadi, 2001, *Fenomena Flok Bakteri dalam Bioreaktor Membran Anaerob untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2001, Bioteknologi ITB, Bandung.
- Desmiarti, R., A. Ahmad, dan T. Setiadi, 2001, *Penerapan Kombinasi Proses Anaerob dengan Membran Polipropilena untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit*, Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2001, Bioteknologi ITB, Bandung.
- Faisal, 1994, *Pengolahan air limbah industri minyak kelapa sawit dengan bioreaktor berpenyekat anaerobik*, Thesis Magister ITB, Bandung.
- Firmansyah, A. dan A. Saputra, 2001, *Pengolahan Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Anaerob*, ITB, Bandung
- Grady, Jr, C.P.L dan H.C. Lim. 1980. *Biological Wastewater Treatment: Theory and Application*, 2<sup>nd</sup> ed., Marcel Dekker, New York.
- Hanum, F., 2009, *Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit dari Unit Deooling Ponds Menggunakan Membran Mikrofiltrasi*, Tesis Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Komalig, R., 2010, *Pengolahan Limbah Cair*, <http://rino14.blogspot.com/2010/08/pengolahan-limbah-cair.html>, 10 Maret 2011.
- Ndaru, M., 2009, *Membran Ultrafiltrasi*, <http://ndarucs.blogspot.com/2009/10/membran-ultrafiltrasi.html> 11 November 2011.
- Manurung, R., 2004, *Proses Anaerobik sebagai Alternatif untuk Mengolah Limbah Sawit*, e-USU Repository, Universitas Sumatra utara.
- Metcalf dan Eddy, 1991, *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse*, Mc-Graw Hill, New York.
- Mulder, M., 1996, *Basic Principle of Membrane Technology*, Kluwer Aca Publisher, Nederland.
- Prastiono, I, 2010, *MEMBRAN Polipropilena*, <http://impras7.wordpress.com/2010/05/13/membran-poli-propilena>, 11 November 2011

Sharma, R., 2010, *Membran Filtration*,  
<http://www.OzScientific.com> , 2  
November 2010.

Siregar, P., 2009. *Produksi Biogas Melalui  
Pemanfaatan Limbah Cair PKS dengan  
Digester Anaerob*,  
[http://uwityangyoyo.wordpress.com/20  
09/04/11/  
produksi-biogas-melalui-pemanfaatan-  
limbah-cair-pabrik-minyak-kelapa-  
sawit-dengan-digester-anaerob](http://uwityangyoyo.wordpress.com/2009/04/11/produksi-biogas-melalui-pemanfaatan-limbah-cair-pabrik-minyak-kelapa-sawit-dengan-digester-anaerob), 29  
November 2009.

Speece R.E., 1996. *Anaerobic Biotechnology  
for Industrial Wastewaters*, Archae  
Press, Vanderbilt University.

Wagner, J., 2001, The Four Membrane  
Processes, di dalam Wagner, J.,  
*Membrane Filtration Handbook*,  
Osmonic Inc, Minnetonka, 7

Wenten, I.G., 2001, *Teknologi Membran  
Industrial*, Institut Teknologi Bandung.