

KONSENTRASI BIOMASSA LIMBAH MSG PADA BIOREAKTOR MEMBRAN TERENDAM

Yustia Wulandari M*, Agung Rasmito, Jenny Caroline

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITATS

Jl. Arif Rachman Hakim 100 Surabaya

yw_mirza@yahoo.com*

ABSTRAK

Pengolahan limbah cair domestik umumnya menggunakan proses biologis dengan lumpur aktif untuk mendegradasi limbah organik. Kombinasi Bioreaktor Membran terendam (BRMt) dan lumpur aktif merupakan salah satu alternatif yang dapat memberikan solusinya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh beban organik terhadap kinerja kombinasi lumpur aktif dan membran terendam, mengetahui pengaruh konsentrasi mikroorganisme terhadap kinerja kombinasi lumpur aktif dan membran terendam. Bioreaktor Membran Terendam (BRMt) yang digunakan mempunyai volume operasi 12 liter, dengan konsentrasi biomassa yang akan digunakan adalah 15.000 mg/L, 20.000 mg/L dan 25.000 mg/L, serta konsentrasi COD limbah MSG yang digunakan adalah 10.000 mg/L dan 15.000 mg/L. Pada BRMt dilengkapi pula diffuser sebagai penyalur oksigen dan memperkecil fouling. Kemudian dilakukan analisa untuk mengetahui efisiensi penurunan yang diperoleh jika menggunakan sistem tersebut. Pengolahan limbah cair yang menggabungkan teknologi membran dengan lumpur aktif sangat efektif untuk mengatasi kelemahan yang ditimbulkan pada proses lumpur aktif secara konvensional. Beban COD yang berhasil diremove rata-rata untuk setiap variasi beban COD yaitu hingga 98%. Pada proses pengolahan limbah menggunakan membran, fouling merupakan salah satu kendala yang dapat mengganggu kinerja dari bioreaktor membran terendam, sehingga dengan adanya backflushing dan backwash sangat membantu memperbaiki kinerja membran dalam proses separasi pada pengolahan limbah tersebut. Hal ini ditunjukkan dengan hasil analisa yang memenuhi standart baku mutu Limbah Cair berdasarkan Kep. Gub No.45 tahun 2002.

Kata kunci: limbah cair, limbah MSG, bioreaktor membran terendam, Hollow fiber, pengolahan limbah

ABSTRACT

General domestic wastewater treatment using activated sludge biological process to degrade organic waste. The combination of submerged membrane bioreactor (BRMt) and activated sludge is one alternative that can provide a solution. The purpose of this study was to determine the effect of organic load on the performance of the combination of activated sludge and membrane submerged, know the effect of microorganism concentration on the performance of the combination of activated sludge and membrane submerged. Membrane bioreactor Awash (BRMt) used has a volume of 12 liters of operation, with a concentration of biomass to be used is 15,000 mg / L, 20,000 mg / L and 25,000 mg / L, and COD concentration of MSG wastewater used was 10,000 mg / L and 15,000 mg / L. On equipped also BRMt diffuser as pensuplay oxygen and minimize fouling. Then do the analysis to know the efficiency of the obtained when using the system. Wastewater treatment that combines membrane technology with activated sludge is very effective to overcome the weaknesses that caused the conventional activated sludge process. COD load successfully diremove average for each variation of the COD load of up to 98%. In wastewater treatment using membrane processes, fouling is one of the obstacles that can interfere with the performance of submerged membrane bioreactor, so that by the backflushing and backwash is to help improve the performance of membrane separation process in the processing of the waste. This is indicated by the analysis results that meet the standard of quality standards based on the Liquid Waste Kep. Gub No.45 of 2002.

Key words: wastewater, waste MSG, submerged membrane bioreactor, hollow fiber, waste management

PENDAHULUAN

Proses lumpur aktif merupakan proses pengolahan biologi yang secara luas telah banyak diaplikasikan untuk mengolah limbah cair. Dalam instalasi pengolahan limbah cair, bangunan lumpur aktif diikuti oleh bangunan clarifier. Bangunan clarifier berfungsi untuk memisahkan bioflok mikroorganisme dengan cara mengendapkan. Selain itu proses lumpur aktif kadangkala menunjukkan kinerja yang tidak sesuai harapan. Hal ini terjadi, manakala terjadi fluktuasi limbah cair baik kuantitas maupun kuantitas. Fluktuasi tersebut menghasilkan *shock loading* bagi lumpur aktif baik *hydraulic loading* maupun *organik loading*, yang akan berpengaruh terhadap rasio F/M (Food : Mikroorganisme) dalam bioreaktor. Adanya pergeseran rasio F/M akan mempengaruhi mikroorganisme dominan, selanjutnya mempengaruhi karakteristik bioflok. Bila karakteristik bioflok berubah, maka pengendapan bioflok pada clarifier tidak dapat optimal, sehingga kualitas effluent pengolahan tidak memenuhi persyaratan yang diharapkan.

Pada proses pengolahan lumpur aktif konvensional umumnya menggunakan konsentrasi MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids) antara 2.000 – 3.500 mg/L. Nilai tersebut bukan merupakan nilai MLSS optimal, melainkan disebabkan oleh nilai maksimum yang dapat diolah secara gravitasi pada pemisahan padatan/cairan pada tangki clarifier yang menyertai proses lumpur aktif. Clarifier tak dapat dipisahkan dari proses lumpur aktif, karena berperan dalam menghasilkan effluent yang berkualitas melalui mekanisme pengendapan serta berpengaruh pada perilaku proses biologi.

Teknologi pemisahan menggunakan membran menawarkan alternatif yang menarik pada pemisahan padatan/cairan karena memungkinkan menahan/menyaring 100% biomassa, sehingga tangki aerasi dapat bekerja pada konsentrasi MLSS yang lebih tinggi. Penggunaan membran untuk memisahkan padatan bila dibandingkan clarifier dapat mengeliminasi persoalan pemisahan padatan pada proses lumpur aktif konvensional, seperti rendahnya laju pengendapan disebabkan konsentrasi MLSS yang tinggi, filamentous bulking, pertumbuhan filament, serta pinpoint floc.

Proses pengolahan limbah cair dengan bioreaktor membran terendam, mempunyai banyak keuntungan dibandingkan pengolahan limbah dengan proses membran yang lain. Hal ini dilihat dari sisi efektifitas dan efisiensi dari proses itu sendiri yang lebih sederhana dan otomatis biaya operasinya juga jauh lebih kecil dengan hasil yang lebih baik. Secara

teoritis, pengolahan kombinasi lumpur aktif dan membran terendam akan menghasilkan kinerja pengolahan yang lebih baik dibandingkan lumpur aktif konvensional (lumpur aktif dan clarifier). Hal ini karena kemampuan filtrasi dari membran tidak dipengaruhi oleh karakteristik bioflok yang terbentuk.

Penelitian ini mencoba mengembangkan modifikasi pengolahan lumpur aktif yang lebih kompak dari segi konstruksi bangunan melalui konfigurasi tertentu. Yaitu dengan diadakannya bangunan clarifier setelah bangunan lumpur aktif. Sebagai pengganti clarifier digunakan membran yang dipasang terendam dalam bioreaktor lumpur aktif.

Dengan adanya modifikasi tersebut maka penelitian ini mencoba mengeksplorasi faktor-faktor yang mempengaruhi kombinasi lumpur aktif dan membran terendam. Dengan mencoba beberapa variabel akan diketahui apakah kombinasi lumpur aktif dan membran terendam ini cukup andal dan mampu mengatasi permasalahan yang sering muncul dalam pengolahan lumpur aktif biasa.

TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi membran mempunyai peranan penting untuk mengatasi berbagai persoalan seperti pada pemisahan biokatalis, pemisahan produk, efek inhibisi produk, dan tingkat konversi yang relative rendah. Pemanfaatan teknologi membran dalam proses biokatalitik disebut juga sebagai bioreaktor membran. Potensi aplikasi bioreaktor membran sangat besar karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bioreaktor konvensional, antara lain:

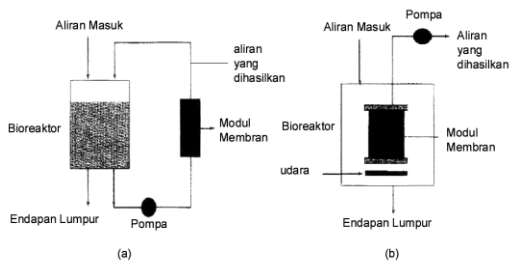
- a) beroperasi pada kondisi lunak;
- b) tidak melibatkan perubahan fasa;
- c) bersifat modular dan mampat; dan
- d) harga membran cenderung turun.

Bioreaktor membran merupakan suatu alat dari membran yang berfungsi sebagai reaktor dan pemisah, dimana reaksi yang berlangsung biasanya dikatalisis oleh enzim yang diamobilisasi pada matriks membran.

Membran bioreaktors menunjukkan beberapa kelebihan seperti kualitas effluent stabil, beban volumetric tinggi dan produksi lumpur rendah. Berdasarkan fungsinya, bioreaktor membran dikelompokkan menjadi dua jenis. Pertama, membran merupakan bagian integral dari bioreaktor yang berfungsi sebagai unit pemisahan biokatalis dan/atau substrat dan produk. Tipe yang banyak digunakan dalam aplikasinya adalah membran ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi. Kedua, membran berfungsi sebagai

reaktor dan separator sekaligus yang memungkinkan pemisahan enzim, substrat, dan produk secara *in situ*. Masalah utama yang sering dijumpai dalam proses filtrasi membran adalah polarisasi konsentrasi dan *fouling* yang menyebabkan penurunan kinerja membran secara drastis.

Berdasarkan karakteristik permeasi substrat, bioreaktor membran dapat diklasifikasikan menjadi dua (Fane dan Chang, 2002), yaitu (a) bioreaktor untuk substrat dengan berat molekul rendah, dan (b) bioreaktor untuk substrat dengan berat molekul tinggi. Tipe (a) substrat dan produk dapat melewati pori-pori membran dengan bebas, sedangkan pada tipe (b) substrat tidak permeabel tetapi produk permeabel.



Gambar 1. Skema dari sistem bioreaktor (a) membran eksternal re-sirkulasi dan (b) membran terendam (*submerged*)

Membran bioreaktor terdiri dari activated sludge dan mikrofiltrasi crossflow. Berdasarkan susunannya terdapat dua jenis, yaitu :

- Membrane bioreactors dengan membran eksternal. Membran untuk memisahkan air yang telah diolah dari lumpur (bioflok), terletak di luar tangki aerasi. Konsentrat yang terkumpul dialirkan kembali ke dalam tangki lumpur aktif.
- Membrane bioreactors dengan membran terendam internal. Pemisahan oleh membran berlangsung dalam tangki lumpur aktif sehingga tidak diperlukan recycle konsentrat. Pada praktek, membran terendam kadang diletakkan dalam tangki terpisah.

Membran dalam bioreaktor dapat dikelompokkan dalam desain bioreaktor membran (BRM) air limbah melalui dua sistem, yaitu secara re-sirkulasi eksternal atau membran terendam (BRMt) seperti ditunjukkan pada gambar di atas.

Berdasarkan karakteristik air limbah, baik limbah industri maupun limbah domestik/limbah kota, cara yang paling efektif dan efisien untuk pengolahannya adalah dengan menerapkan proses membran dalam sebuah bioreaktor.

Sistem BRMt mempunyai kecenderungan besar digunakan dalam mendesain BRM karena dianggap potensial untuk fabrikasi dan biaya perawatan rendah. Hal penting dalam sistem BRMt adalah kemampuan penyerapan permeal yang dibantu oleh tekanan dari bioreaktor itu sendiri yang berasal dari gelembung udara yang digunakan sebagai kontrol deposisi pada metode mekanika fluida dan pencemaran (Fane dan Chang, 2002).

Proses pengolahan limbah cair dengan BRMt, mempunyai banyak keuntungan dibandingkan pengolahan limbah dengan proses membran yang lain. Hal ini dilihat dari sisi efektifitas dan efisiensi dari proses itu sendiri yang lebih sederhana dan otomatis biaya operasinya juga jauh lebih kecil dengan hasil yang lebih baik.

Yamamoto, dkk (1989), meneliti tentang pemisahan langsung padat cair dengan menggunakan membran hollow fiber pada perlakuan air limbah yang menggunakan lumpur aktif. Modul membran yang digunakan mempunyai ukuran pori 0,1 mikron yang dicelupkan langsung ke dalam bak aerasi (sebagai BRMt). Air limbah yang digunakan adalah air limbah sintesis yang terdiri dari glukosa dan peptone dalam air. Variasi operasi dilakukan untuk menyelidiki kondisi fluks yang stabil guna penyisihan bahan organik dan nitrogen. Perlakuan yang stabil pada HRT 4 jam dapat dijaga selama 120 hari. Operasi dilakukan pada pembebanan organik volumetris 1,5 kgCOD/(m³.hari) dan menggunakan penyedotan umpan membran secara intermittent pada tekanan rendah (13 kPa). Penyisihan COD yang diperoleh lebih dari 95%. Pembebanan organik kritis diperoleh antara 3-4 kgCOD/(m³.hari) untuk bisa menjaga fluks dan kondisi aerobik yang stabil. Penyedotan umpan membran secara intermittent dan tekanan operasi yang rendah tanpa pencucian dapat mengurangi fouling.

Penelitian BRMt dengan menggunakan modul lembaran datar (*flat*) yang telah dilakukan oleh Jin Kie Shim, dkk (2002), untuk pengolahan limbah cair, memberikan kesimpulan bahwa dengan desain BRMt yang tepat dapat memberikan hasil yang sangat efektif dan efisien untuk menurunkan kadar COD dan N₂ dengan konsentrasi tinggi dari senyawa-senyawa organik yang terdapat di dalam limbah cair tersebut. Pembersihan membran dengan bahan kimia memberikan hasil yang sangat baik, tetapi masih perlu dikaji lebih lanjut untuk mendapatkan waktu yang lebih singkat.

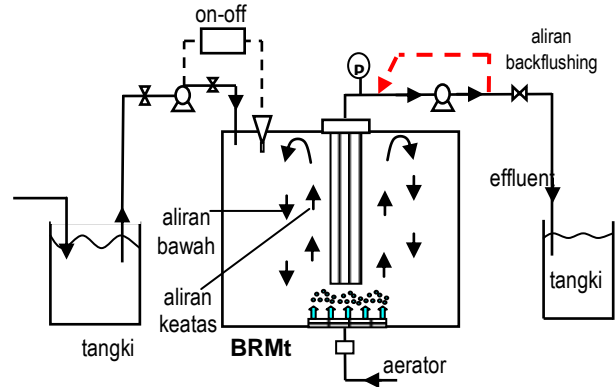
Pierre Côté, dkk. (1997), menggunakan BRMt untuk mengolah limbah domestik, dan membandingkannya dengan BRM eksternal dan konvensional. Pada BRMt diaplikasikan sistem sirkulasi udara yang berfungsi sebagai aerasi sekaligus dapat membersihkan membran dari dasar

modul, sehingga mempunyai fungsi ganda selama operasi. Hasilnya menunjukkan bahwa tanpa pembersihan secara kimia, membran yang digunakan dapat beroperasi lebih lama dan memberikan keuntungan dalam hal kualitas, keamanan, dan kekompakan. Keunggulan lainnya adalah dapat menghilangkan senyawa nitrogen, meminimalkan *fouling*, dan mereduksi produksi *sludge* hingga 50% dibandingkan dengan cara konvensional.

Suing-il Choi, dkk. (2003), menggunakan plate membran ukuran 0,45m x 0,44m dengan pori 0,4 µm dalam penelitiannya untuk mengetahui pengaruh partikel pada operasi membran. Sistem beroperasi dengan tekanan penyedotan umpan 0,5 kg/cm² dan 1 kg/cm². Fluks nominal 25 l/m².jam dalam bioreaktor berdimensi 0,45m x 0,2m x 0,8m; flow udara 1 m³/m².jam untuk mengolah air dengan turbidity 3 NTU dan 50 NTU. Tekanan penyedotan dijaga 0,1 dan 0,3 kg/cm² dengan aliran *dead-end*. Hasil penelitian diperoleh partikel dengan ukuran 10 µm menempel di permukaan membran dan mudah dibersihkan dengan cara *backwash*, sedangkan partikel ukuran < 2 µm tetap berada dalam pori membran. Namun demikian partikel tersebut membantu pembersihan membran saat dilakukan *backwash*. Hal ini terlihat pada awal operasi ftuks mencapai 58 l/m².jam dengan tekanan penyedotan 0,1 kg/cm² dan setelah 1 jam fluks turun sampai 45 l/m².jam dengan tekanan penyedotan 0,25 kg/cm².

METODE PENELITIAN

Penelitian mengenai pengolahan limbah cair menggunakan kombinasi proses lumpur aktif dengan membran terendam ini menggunakan satu unit reaktor biologis lumpur aktif dimana proses separasi membran juga terjadi didalamnya. Volume operasi reaktor adalah 12 liter. Bioreaktor tersebut juga dilengkapi dengan diffuser yang berfungsi sebagai penyuply oksigen serta dapat juga berfungsi untuk memperkecil *fouling*. Sedangkan untuk tangki influent dan tangki effluent (*permeate*), dibuat terpisah menggunakan tangki tersendiri. Hal serupa juga berlaku untuk tangki pembibitan-aklimatisasi yang dibuat dengan tangki tersendiri. Sedangkan untuk influent, menggunakan limbah sintetik dengan konsentrasi COD yang bervariasi.



Gambar 2. Diagram Skematik Kombinasi Proses *Activated Sludge* dengan Bioreaktor Membran Terendam (BRMt)

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Konsentrasi Mikroorganisme (MLSS) : 15.000; 20.000 dan 25.000 mg/l
- Beban Organik (Konsentrasi COD) : 10.000 dan 15.000 mg/l

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lumpur aktif yang digunakan adalah lumpur yang berasal dari Instalansi Pengolahan Limbah Tinja (IPLT) Sukolilo Surabaya. Pengambilan lumpur berasal dari bak clarifier (20 lt) dan oxidation ditch (20 lt). Sebelum melakukan pembibitan dan aklimatisasi, lumpur aktif tersebut dianalisa lebih dahulu untuk mengetahui kondisi awal sebelum digunakan. Lumpur aktif tersebut memiliki pH = 8 dan suhu = ± 24 – 26 °C. Analisa awal lumpur aktif IPLT Sukolilo Surabaya adalah sebagai berikut:

Parameter Lumpur aktif	Konsentrasi (mg/L)
MLSS	11.880
MLVSS	6.040
COD	710
BOD	285
TSS	5270,16

Tabel 1 Karakteristik lumpur aktif (Oxidation Ditch) di IPLT Sukolilo Surabaya

Sumber : Hasil analisa sampel awal

Pembiakan kultur/mikroorganisme dilakukan dalam dua buah tangki aerasi dengan volume masing-masing 40 liter dengan suhu kamar dan pH netral serta suplay oksigen (*Dissolved Oxygen-DO*) yang cukup yaitu sekitar ± 2 mg/l. Selain suhu, pH serta DO, F/M ratio juga menjadi salah satu parameter untuk mengetahui bahwa

lumpur aktif dalam kondisi yang baik. Mikroorganisme yang berkembangbiak dalam kondisi yang seimbang dengan jumlah nutrient yang diberikan. Sedangkan untuk F/M ratio tergantung pada konsentrasi biomassa dan pemberian substrat, selain itu F/M ratio juga dapat dikendalikan dengan laju pembuangan lumpur yang berbanding terbalik dengan *Hydraulic Retention Time* (HRT). Keadaan demikian dipertahankan agar mikroorganisme dapat berkembangbiak dengan baik.

Pada tahap pembibitan dilakukan penambahan substrat, yaitu glukosa serta NPK dengan perbandingan yang sesuai. Adanya pemberian tersebut dimaksudkan guna memenuhi kebutuhan karbon dan energi yang dibutuhkan dalam metabolisme sel atau pertumbuhan biomassa. Perbandingan pemberian glukosa:NPK adalah 10:1. Penetapan perbandingan tersebut telah disesuaikan dengan volume tangki dan kebutuhan konsentrasi yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dan diharapkan jumlah tersebut dapat memenuhi kebutuhan perkembangbiakan mikroorganisme yang terkandung dalam lumpur aktif. Penambahan nutrien yang dimaksud adalah nitrogen dan fosfor serta unsur-unsur lain yang termasuk didalam *micronutrient*. Unsur nitrogen dan kebutuhan unsur fosfor berasal dari NPK. Perbandingan kebutuhan nutrien dan glukosa, C:N:P untuk pertumbuhan biomassa pada lumpur aktif minimum adalah 100:5:1.

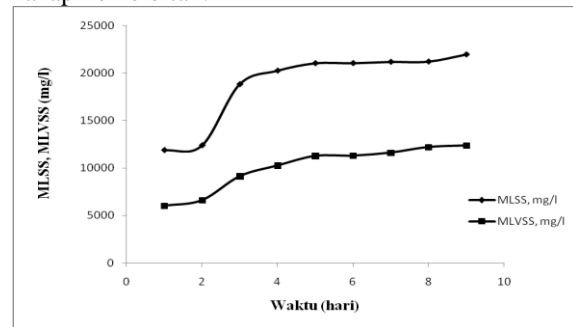
Perkembangbiakan mikroorganisme dapat dilihat berdasarkan konsentrasi biomassa (*Mixed Liquor Suspended Solid* - MLSS). Jika konsentrasi MLSS telah mencapai ± 20.000 mg/l, secara perlahan-lahan mengurangi konsentrasi glukosa diiringi dengan proses aklimatisasi. Aklimatisasi merupakan proses adaptasi mikroorganisme dengan limbah sintesis yang mana dalam penelitian ini digunakan sebagai influent dengan cara mengganti seluruh volume supernatant. Dengan demikian mikroorganisme yang terkandung dalam lumpur aktif telah teraklimatisasi sehingga dapat mendegradasi limbah sintesis. Pada proses aklimatisasi, pemberian glukosa dan nutrient dihentikan dan diganti dengan limbah sintesis.

Gambar 1 menunjukkan bahwa pembibitan dilakukan selama 9 hari untuk memperoleh konsentrasi MLSS yang sesuai dengan keperluan penelitian ini. Kemudian dilanjutkan dengan proses aklimatisasi yang membutuhkan waktu 30 hari selama penelitian ini berlangsung hingga akhir. Dengan demikian diharapkan, selama proses penelitian utama berlangsung maka lumpur yang digunakan selalu dalam kondisi yang baik. Proses perkembangbiakan mikroorganisme pada proses aklimatisasi ditunjukkan oleh gambar 5.2. Dalam

proses pembibitan maupun aklimatisasi, sering terjadi penurunan konsentrasi MLSS ataupun MLVSS dimana penurunan tersebut dimungkinkan adanya mikroorganisme dalam lumpur aktif tersebut ada yang mati dan terikut bersama supernatan yang terganti dengan limbah sintesis. Aklimatisasi terus dilakukan hingga seluruh supernatan terganti dengan limbah sintesis, hal tersebut seiring dengan meningkatnya konsentrasi MLSS. Selain konsentrasi MLSS, konsentrasi MLVSS juga dilakukan analisa dalam tahap pembibitan dan aklimatisasi. Pengamatan konsentrasi MLVSS dilakukan untuk mengetahui senyawa inorganik yang terkandung dalam lumpur aktif tersebut. Analisa MLVSS dilakukan dengan pemanasan dan pengeringan hasil MLSS pada suhu 550°C . Dengan dilakukannya pemanasan tersebut maka bagian yang terbakar habis dinyatakan sebagai zat padat tersuspensi organik dan residu yang tersisa disebut sebagai zat padat tersuspensi inorganik. Sedangkan yang ditimbang adalah zat padat anorganik.

Berikut ini gambar pertumbuhan mikroorganisme, dapat diamati melalui grafik pembibitan:

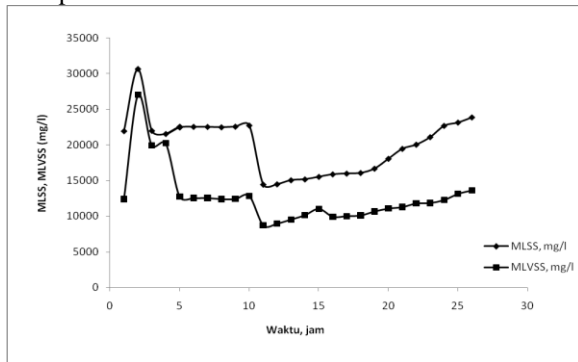
Tahap Pembibitan:



Gambar 2. Pengamatan MLSS terhadap penambahan substrat selama pembibitan

Sedangkan berikut ini adalah gambar pertumbuhan mikroorganisme, selama proses aklimatisasi:

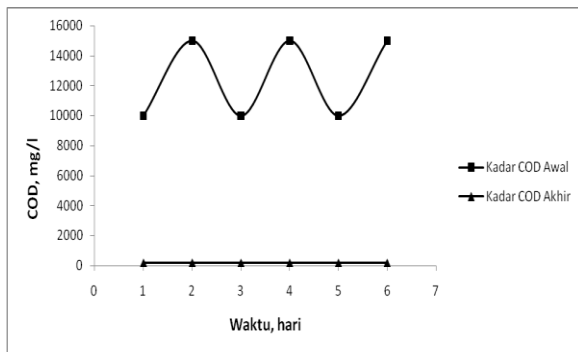
Tahap Aklimatisasi:



Gambar 3. Pengamatan MLSS dan MLVSS terhadap penambahan substrat dan limbah sintesis selama aklimatisasi

Reaktor MBRt dioperasikan pada volume efektif 12 liter dengan debit aliran dari reaktor umpan menuju bioreaktor sebesar 1,42 liter/jam. Sedangkan aliran efluen dari bioreaktor menuju reaktor efluen diupayakan seimbang dengan debit influen.

Berdasarkan hasil analisa, bahwa pengolahan limbah cair berasal dari limbah pabrik MSG dengan menggunakan Bioreaktor membran terendam yang dikombinasi dengan lumpur aktif dapat menghasilkan removal COD sebesar 98%.



Gambar 4. Pengamatan hasil removal COD

Dengan demikian proses biologis dengan lumpur aktif yang menggunakan bantuan mikroorganisme yang dikombinasi dengan proses filtrasi yang menggunakan membran ultrafiltrasi dengan modul hollow fiber menghasilkan removal COD yang maksimal yaitu sekitar 98%. Dan hasil analisa COD telah memenuhi ambang batas yang telah ditetapkan berdasarkan Kep. Gub No.45 tahun 2002.

Penelitian ini kemudian dilanjutkan dengan menggunakan limbah umpan (influent) adalah limbah sintesis. Konsentrasi mikroorganisme yang digunakan termasuk konsentrasi yang tinggi yaitu 5000 mg/l,

10000 mg/l dan 15000 mg/l dengan konsentrasi COD sebesar 2000 mg/l dan 5000 mg/l. Hasilnya menunjukkan kecenderungan bahwa dengan menggunakan proses pengolahan limbah cair menggunakan proses separasi/filtrasi dengan membran yang dikombinasi dengan proses biologis menunjukkan hasil yang sesuai dengan ambang batas yang ditentukan oleh pemerintah untuk pembuangan limbah cair ke lingkungan yaitu sebesar 200 mg/l. Pengolahan limbah cair menggunakan prototipe bioreaktor ini mampu meremoval COD hingga 98-99% dari semula.

KESIMPULAN

1. Kinerja bioreaktor membran terendam [BRMt] pada MLSS = 15.000 mg/L, 20.000 mg/L dan 25.000 mg/L dengan limbah umpan adalah limbah MSG menunjukkan penyisihan atau removal COD limbah sintesis pada bioreaktor dengan COD = 10.000 mg/L dan MLSS = 15.000 mg/L menunjukkan penyisihan COD yang relatif lebih tinggi yaitu sekitar 98%.
2. Kinerja bioreaktor membran terendam [BRMt] pada MLSS = 5.000 mg/L menunjukkan bahwa : (a) Nilai MLSS maupun MLVSS pada beban organik rendah memiliki nilai yang lebih tinggi ; (b) Nilai SRT rendah cenderung menunjukkan nilai MLSS dan MLVSS rendah ; (c) Penyisihan atau removal COD limbah sintesis pada bioreaktor dengan COD = 2.000 mg/L dan MLSS = 5.000 mg/L menunjukkan penyisihan COD yang relatif lebih tinggi.
3. Kinerja bioreaktor membran terendam [BRMt] pada MLSS = 10.000 mg/L menunjukkan bahwa : (a) Variasi nilai COD larutan umpan relatif kurang berpengaruh terhadap nilai MLSS dan MLVSS; (b) Nilai SRT berpengaruh pada nilai MLSS maupun MLVSS; (c) SRT tak terhingga (tanpa pembuangan lumpur) menunjukkan nilai MLSS yang relatif lebih tinggi dibanding SRT= 15 hari serta terendah pada nilai SRT = 5 hari; (d) Removal COD lebih besar terjadi pada nilai COD = 5.000 mg/L dibandingkan pada nilai COD = 2.000 mg/L.
4. Kinerja bioreaktor membran terendam [BRMt] pada MLSS = 15.000 mg/L menunjukkan bahwa : (a) Nilai MLSS maupun MLVSS lebih tinggi pada COD = 5.000 mg/L dibandingkan pada reaktor dengan nilai COD = 2.000 mg/L; (b) Nilai MLSS maupun MLVSS bervariasi terhadap nilai SRT urutan relatif SRT tak terhingga

dilanjutkan SRT = 15 hari dan SRT = 5 hari;
(c) Removal limbah sintesis, pada bioreaktor membran terendam dan lumpur aktif pada MLSS = 15.000 mg/L dan COD = 5.000 mg/L lebih tinggi dibandingkan pada bioreaktor membran terendam dan lumpur aktif pada MLSS = 15.000 mg/L dan COD = 2.000 mg/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Bodzek., Michael, Zuzanna Debkowska, Ewa Lobos, and Krystyna Konieczny.** 1996. *Biomembran Wastewater Treatment by Activated Sludge Method.* Elsevier. Desalination. 107. 83-95
- Chang, In-Soung., Clech, Pierre Le., Jefferson, Bruce., dan Judd, Simon.,** 2002, *Membrane Fouling in Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment.* Journal of Environmental Engineering, Vol.128, No. 11.
- Chriemchaisri, C., and Kazuo Yamamoto.** 1994. *Performance Of Membrane Separation Bioreactor At Various Temperature For Domestic Wastewater Treatment.* Journal of Membrane Science, 87, 119-129.
- Cicek, N., J.P. Franco, M.T. Suidan, V. Urbain, J. Manem.** 1999. *Characterization and Comparison of a Membrane Bioreactor and a Conventional Activated-sludge System in The Treatment of Wastewater Containing High-molecular-weight Compounds.* Wat. Environ. Res. 71, 64-70
- Fane, A. and Sheng Chang.** 2002. *Membrane Bioreactors: Design & Operational Options.* Filtration and separation. 26 June 2002
- Shim, J.K., Ik-Keun Yoo, Young Moo Lee.** 2002. *Design and operation consideration for wastewater treatment using a flat submerged membrane bioreactor.* Elsevier Science. Process Biochemistry Journal. 38, 279-285
- Yamamoto, K., M. Hiasa, T. Mahmood, and T. Matsuo.** 1989. *Direct Solid-Liquid Separation Using Hollow Fiber Membrane in an Activated Sludge aeration Tank.* Water Science Technology. 21. 43-54.