

OPTIMASI KONDISI PROSES PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KELAPA SAWIT

Christofora Desi Kusmindari¹, Erna Yuliwati^{2,3*}

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bina Darma
Jln. Jenderal Ahmad Yani No. 3, 9/10 Ulu, Kec. SU I, Kota Palembang,
Sumatera Selatan 30111. Telp: (0711) 55582

²Program Studi Teknik Kimia Program Magister, Pascasarjana
Universitas muhammadiyah Palembang

³Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang

Jln. Jenderal Ahmad Yani 13 Ulu Seberang Ulu II, 13 Ulu, Kec. Plaju,
Kota Palembang, Sumatera Selatan 30263. Telp: (0711) 513022

*Corresponding author: erna_yuliwati@um-palembang.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan kondisi proses optimum pengolahan limbah cair industri kelapa sawit dengan menggunakan response surface methodology (RSM) yang terdiri dari 4 tahapan yaitu membuat rancangan percobaan, model fitting, optimasi dan verifikasi. Rancangan percobaan menggunakan 23 full factorial design dengan 28 run yang terdiri dari 18 run pada level dua (-1/+1), 6 run star points dan 4 run replikasi pada center points (0). Model fitting untuk persamaan pada polinomial tingkat empat (fourth-order polynomial) dibentuk untuk menggambarkan goodness-of-fit. Respon beberapa variabel yaitu air bubble flow rate (ABFR), hydraulic retention time (HRT), mixed liquor suspended solids (MLSS), and pH, digunakan untuk mendapatkan nilai optimum kondisi proses filtrasi, nilai maksimum pemisahan total suspended solids (TSS) dan ammonium nitrogen (NH₃-N). Hasil RSM menunjukkan nilai optimum kondisi proses filtrasi untuk memisahkan TSS sebesar 99.63% dan NH₃-N sebesar 92.82 % dengan ABFR pada 2.25 ml/min, HRT pada 276.93 min, MLSS concentration pada 4.50 g/L, and pH pada 6.50. Variabel yang digunakan pada penelitian ini mempengaruhi proses pemisahan secara signifikan untuk TSS dan ammonium nitrogen dengan nilai ANOVA dari R² sebesar 0,9974 dan 0,999. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa sebuah pendekatan matematis dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi secara teori dan dapat diverifikasi dengan baik.

Kata Kunci : response surface methodology, fourth-order polynomial, limbah industri, optimasi

Abstract

The aim of this study was to determine the morphology of ultrafiltration membrane (UF) and performance of refinery wastewater treatment as a result of lithium chloride dispersion. The submerged UF module is made from polyvinylidene fluoride (PVDF) hollow fiber, made by dispersing lithium chloride monohydrate (LiCl.H₂O) and titanium dioxide (TiO₂). Comparison of morphological and performance analysis was carried out on the used PVDF ultrafiltration membrane such as hydrophilic and tensile tests, mean pore and surface porosity, which were calculated based on the permeate flux. Membrane morphology was analyzed by field emission scanning electron microscopy (FESEM). A mixture of 3 g / L and 4.5 g / L solid suspended liquid (MLSS) was used to obtain the filtration result using a PVDF composite membrane. The results showed that the effect of the air bubble flow rate of 2.4 ml / min increased the flux significantly by 148.82 L / m²h, total suspended solids (TSS) was 82% and the reduction of sulfides was 89.2%. This is due to increased turbulence around the membrane surface which creates shear stress that could minimize accumulation of particles on the membrane surface. It is concluded that this submerged PVDF composite is the right choice to filtrate refinery wastewater.

Keywords: response surface methodology, fourth-order polynomial, industrial wastewater, optimization.

PENDAHULUAN

Proses Indonesia mempunyai potensi yang cukup besar untuk pengembangan industri kelapa sawit. Pada saat ini perkembangan industri kelapa sawit tumbuh cukup pesat. Mempunyai dampak positif dan dampak negatif bagi masyarakat. Dampak positif yaitu meningkatkan devisa negara dan kesejahteraan masyarakat meningkat, sedangkan dampak negatif yaitu menimbulkan limbah yang

dapat mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Metode yang digunakan adalah pengolahan limbah secara fisik, kimia dan biologi atau kombinasi untuk mengatasi pencemaran.

Limbah cair yang berasal dari industri sangat bervariasi, serta tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri. Pada saat ini umumnya industri melakukan pengolahan limbah cair secara kimia yaitu proses koagulasi –flokulasi, sedimentasi dan secara flotasi dengan menggunakan udara terlarut, serta pengolahan limbah cair secara biologi yaitu proses aerob dan proses anaerob. Proses kimia seringkali kurang efektif dikarenakan biaya untuk pembelian bahan kimianya cukup tinggi dan pada umumnya pengolahan air limbah secara kimia akan menghasilkan sludge yang cukup banyak, sehingga industri harus menyediakan prasarana untuk penanganan sludge. Pada pengolahan limbah cair secara flotasi akan menggunakan energi yang cukup banyak. Pada proses pengolahan limbah secara biologi, umumnya menggunakan lahan yang cukup luas dan energy yang banyak dan menjadi pertimbangan bagi industri yang terletak di daerah yang mempunyai lahan sempit.

Teknologi membran sudah merupakan pilihan sejak 10 tahun yang lalu sebagai pengganti teknologi pemisahan limbah. Sebagaimana yang diketahui, bahan pembuat membran sangat mempengaruhi kualitas membran yang digunakan. Bahan polimer, keramik banyak digunakan untuk pemisahan cairan ataupun gas dalam industri. Membran selulosa acetate (CA) mempunyai sifat pemisahan yang bagus namun sayangnya dapat dirusak oleh bakteri dan zat kimia, rentan pH. Adapula membran dari polimer polisulfon, akrilik, juga polikarbonat, PVC, poliamida, poliviniliden fluorida, kopolimer AN-VC, poliasetal, poliakrilat, kompleks polielektrolit, PVA ikat silang. Juga dapat dibuat membran dari keramik, aluminium oksida, zirconium oksida(Cao dkk, 2006; Guglielmi dkk, 2007).

Dalam penelitian ini polimer poliviniliden fluorida digunakan sebagai bahan utama pembuat membran ultrafiltrasi. Beberapa komposisi membran telah dibuat untuk mendapatkan permukaan membran yang optimal sehingga menghasilkan fluks yang maksimal. Penggunaan metode optimasi untuk mendapatkan kondisi proses optimum sangat membantu dalam proses pemisahan yang efisien dan lebih ekonomis.

METODE PENELITIAN

Karakteristik limbah cair industri kelapa sawit

Pada proses pengolahan kelapa sawit menjadi CPO, selain menghasilkan minyak sawit tetapi juga menghasilkan limbah cair, dimana air limbah tersebut berasal dari :

- Hasil kondensasi uap air pada unit pelumatan (digester) dan unit pengempaan (pressure). Injeksi uap air pada unit pelumatan bertujuan mempermudah pengupasan daging buah, sedangkan injeksi uap bertujuan mempermudah pemerasan minyak. Hasil kondensasi uap air pada kedua unit tersebut dikeluarkan dari unit pengempaan.
- Kondensat dari depericarper, yaitu untuk memisahkan sisa minyak yang terikut bersama batok/cangkang. Hasil kondensasi uap air pada unit penampung biji/inti. Injeksi uap ke dalam unit penampung biji bertujuan memisahkan sisa minyak dan mempermudah pemecahan batok maupun inti pada unit pemecah biji.
- Kondensasi uap air yang berada pada unit penampung atau penyimpan inti Penambahan air pada hydrocyclone yang bertujuan mempermudah pemisahan serat dari cangkang.
- Penambahan air panas dari saringan getar, yaitu untuk memisahkan sisa minyak dari ampas.

Tabel 1 Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit Dari PTP VII Kabupaten Banyuasin

Nomor	Parameter	Hasil Analisa
1	BOD (mg/l)	25.000 mg/l
2	COD (mg/l)	40.000 mg/l
3	TSS (mg/l)	21.270 mg/l
4	Minyak dan lemak (mg/l)	8.370 mg/l
5	pH	5
6	Temperatur	50 °C

Limbah cair kelapa sawit mengandung konsentrasi bahan organik yang relatif tinggi dan secara alamiah dapat mengalami penguraian oleh mikroorganisme menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Limbah cair kelapa sawit umumnya berwarna kecoklatan, mengandung padatan terlarut

dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan kandungan BOD tinggi. Berdasarkan hasil analisa pada tabel 1 menunjukkan bahwa limbah cair industri kelapa sawit bila dibuang kepengairan sangat berpotensi untuk mencemari lingkungan, sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum di buang keperairan, walaupun pada umumnya industri kelapa sawit yang berskala besar telah mempunyai pengolahan limbah cair.

Membran ultrafiltrasi adalah teknik proses pemisahan (menggunakan) membran untuk menghilangkan berbagai zat terlarut. Penelitian ini menggunakan teknologi membran untuk mengolah limbah cair industri kelapa sawit. Tekanan sistem filtrasi rendah yaitu 10-100 psi (70-700 kPa). Membran dapat memurnikan air termasuk menghilangkan koloid (penyebab fouling) dan penghilangan mikroba, pirogen dan partikel dengan modul higienis.

Tabel 2 Komposisi dari Limbah Cair Sesuai Standar Nasional

Parameter, satuan	Konsentrasi (S.D.)	Standar Nasional
pH	6.7	5.5 – 9.0
COD, mg/L	555.0 (0.25)	200
NH ₃ -N, mg/L	29.1 (1.02)	20.0
Suspended Solid, mg/L	213.0 (0.07)	100.0

Metodologi Respon Permukaan

Metodologi respon permukaan (Response Surface Methodology/RSM) adalah merupakan kumpulan teknik matematika dan statistik, yang biasa digunakan untuk meningkatkan dan mengoptimalkan proses. Hal ini dapat digunakan untuk mengevaluasi signifikansi relatif dari beberapa faktor yang mempengaruhi dihadapan. interaksi kompleks. Ketika kombinasi dari beberapa variabel independen dan interaksi mereka mempengaruhi respon yang diinginkan, RSM adalah alat yang efektif untuk mengoptimalkan proses. RSM menggunakan desain eksperimental seperti komposit desain pusat (CCD) untuk menyesuaikan model dengan kuadrat teknik. Metodologi ini mengoptimalkan TSS, NH₃-N kepindahan di terendam proses membran serat berongga.

Design Expert 8.0.5.2 software digunakan untuk desain statistik eksperimen dan analisis data dan dilakukan dalam rangkap. Empat variabel operasi yang paling penting (faktor), tingkat gelembung udara aliran (x1), waktu retensi hidrolis (x2), konsentrasi suspended solid (x3), dan pH (x4), yang dioptimalkan. Rentang studi yang dipilih seperti yang ditunjukkan nilai-nilai kode untuk x1, x2, x3, x4 ditetapkan pada 5 tingkat -2, -1 (minimum), 0 (tengah), 1 (maksimum), dan 2. Empat parameter tergantung dianalisis sebagai tanggapan, yaitu, TSS, NH₃-N kepindahan, di mana achieved permeat fluks adalah 145,7 L/m² jam, untuk mendapatkan kondisi proses optimum.

Dalam RSM , model dengan bentuk Persamaan 1 dilengkapi dengan data eksperimental dan metode optimasi untuk koefisien model yang dihitung .Untuk mengidentifikasi model yang tepat yang dapat ditampung data, dapat dimulai dengan bentuk model yang paling sederhana seperti pertama dan kedua dari derajat Scheffe polinomial. Setelah pengujian model ini untuk kecukupan fit, akan ditambah untuk simpleks massa dan model quartic khusus dengan mendapatkan respon yang tepat. Dalam penelitian ini, model quartic digunakan untuk memprediksi titik optimal dengan persamaan berikut:

$$y(x) = \sum_{i=1}^N e_i x_i^4 + \sum_{ij(i<j)}^N e_{ij} x_i^3 x_j + \sum_{ij(i<j)}^N e_i x_i^2 x_j^2 + \sum_{ijk(i<j<k)}^N e_{ijk} x_i^2 x_j x_k + \sum_{ijkl(i<j<k<l)}^N e_{ijkl} x_i x_j x_k x_l \tag{1}$$

dimana y adalah variabel respon, e_i, E_{ij}, E_{ijk}, dan e_{ijkl} adalah koefisien polinomial dari model , xi, xj, xk dan xl yang tingkat kode dari variabel independen.

Semua variabel koefisien ini dianalisis dengan analisis regresi berganda dan kontur respon plot dihasilkan menggunakan software Design- Expert . Validitas model yang dipilih digunakan untuk mengoptimalkan parameter proses harus diuji menggunakan analisis varians (ANOVA) yang ditentukan dengan melakukan uji statistik Fisher. Secara khusus, proporsi varians dipamerkan oleh koefisien determinasi R² beberapa harus dekat dengan 1 karena hal ini akan menunjukkan korelasi yang lebih baik antara eksperimen dan nilai-nilai diprediksi (Hami dkk, 2007). Selain itu, model yang

baik harus signifikan berdasarkan F - nilai dan P - nilai yang bertentangan dengan kurangnya fit (tidak signifikan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Statistik

Pada penelitian ini, hubungan antara empat faktor (ABFR, HRT, konsentrasi MLSS, dan pH) dan dua tanggapan (TSS dan NH₃-N efisiensi hasil filtrasi) untuk membran ultrafiltrasi dianalisis dengan menggunakan RSM. Istilah model yang signifikan diinginkan untuk mendapatkan cocok dalam model tertentu.

RSM dianalisis melalui ANOVA, dimana ANOVA adalah teknik statistik yang membagi total variasi dalam satu set data menjadi bagian-bagian yang terkait dengan sumber spesifik dari varians untuk tujuan pengujian hipotesis pada parameter model. ANOVA model ini telah menunjukkan bahwa model ini sangat signifikan sebagai terlihat dari Tabel yang ditabulasikan efek dan interaksi ABFR, HRT, MLSS, dan pH pada TSS dan NH₃-N filtrasi air limbah. Prosedur filtrasi dilakukan untuk menghindari hal yang tidak penting.

Nilai-nilai dari analisis ANOVA menentukan peringkat taraf signifikansi itu. Semakin besar besarnya F-nilai dan Sejalan kecil nilai 'Prob> F', yang lebih signifikan adalah model yang sesuai dan koefisien individu. Nilai besar F menunjukkan bahwa sebagian besar variasi dalam respon dapat dijelaskan oleh persamaan regresi. Terkait nilai P menunjukkan juga bahwa model dianggap signifikan secara statistik. Dari Dari analisis ANOVA bahwa tingkat kepercayaan lebih besar dari 80% (P <0,05) untuk respon filtrasi TSS sementara F-nilai dan P-nilai dari model yang masing-masing 163,57 dan 0,0001. Hal ini menunjukkan bahwa model estimasi sesuai dengan data eksperimen memadai. Selanjutnya, Yuan dkk (2008) menyarankan bahwa untuk cocok model, R² harus setidaknya 0,80. Dalam penelitian ini, koefisien determinasi R² model itu sangat dekat dengan 1 (0,9974), menyiratkan bahwa sekitar 99,9% dari variabilitas dalam data dijelaskan oleh model. Lebih lanjut menunjukkan bahwa efek utama ABFR (x1), HRT (x2), MLSS (x3), dan pH (x4) dan interaksi tingkat x1, x2, x3, x4, x1x2, x1x4, x2x3, x2x4, x3x4, x22, x42, x1x2x3, x1x3x4, x2x3x4, x12x2, x12x3, x12x22 adalah Model signifikan (faktor).

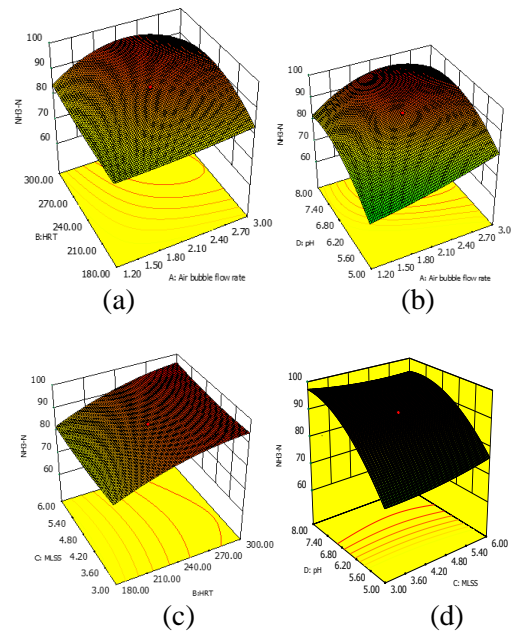
Tingkat kepercayaan analisis ANOVA respon filtrasi NH₃-N, seperti yang ditunjukkan pada Tabel, yang lebih besar dari 80% (P <0,05) untuk NH₃-N respon sementara F-nilai dan P- nilai dari model yang 1.975,47 dan 0,0001 masing-masing. Indicatess ini juga bahwa model estimasi sesuai dengan data eksperimen memadai. Lebih lanjut menunjukkan bahwa efek utama ABFR (x1), HRT (x2), MLSS (x3), dan pH (x4) dan interaksi tingkat yang lebih dari x1, x2, x3, x4, x1x2, x1x3, x1x4, x2x3, x2x4, x3x4, x12, x22, x32, x42, x1x2x3, x1x2x4, x1x3x4, x2x3x4, x12x2, x12x3, x12x4 x1x22 dan x1x2x3x4 adalah model signifikan (faktor).

Pengaruh Faktor Gelembung Udara Pada Pemisahan Total Suspended Solid Dan Ammonia Nitrogen

Model regresi dipasang berikut (persamaan dalam hal nilai-nilai kode untuk regressors) digunakan untuk kuantitatif menyelidiki efek dari laju aliran gelembung udara (ABFR), hidrolis waktu retensi (HRT), campuran minuman keras padatan tersuspensi (MLSS) konsentrasi, dan pH pada karakterisasi proses membran terendam total padatan tersuspensi (TSS) dan amonia nitrogen (NH₃-N) efisiensi removal. Menurut model sum berurutan kotak, model dipilih berdasarkan polinomial tertinggi-order di mana persyaratan tambahan yang signifikan. Hubungan empiris antara respon dan variabel diungkapkan oleh persamaan berikut derajat keempat. Efek dari variabel independen terhadap variabel dependen, yaitu TSS (y1) dan NH₃-N (y2) efisiensi removal, dievaluasi menggunakan fungsi mendekati pers. (4) dan (5).

$$y1 = 99.63 + 0.037 x1 + 0.62 x2 - 0.078 x3 - 0.00741 x4 + 0.081 x1x2 - 0.019 x1x3 - 0.12 x1x4 + 0.014 x2x3 + 0.092 x2x4 - 0.055 x3x4 + 0.018 x12 - 0.33 x22 + 0.040 x42 + 0.054 x1x2x3 + 0.12 x1x3x4 - 0.052 x2x3x4 - 0.63 x12x2 + 0.22 x12x3 + 0.19 x12x22 \quad (4)$$

dimana y1 didefinisikan sebagai filtrasi TSS dalam larutan permeat dan x1, x2, x3 dan x4 mewakili ABFR dinormalisasi, HRT, MLSS, dan pH

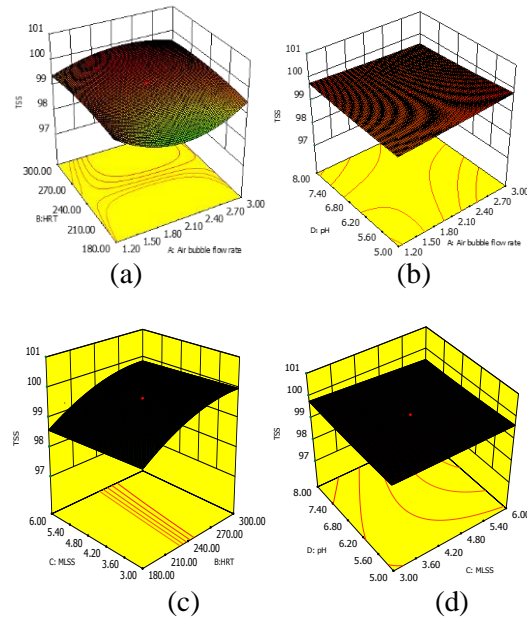


Gambar 1. 3-D Plot Ammonia-Nitrogen dari Sebagai Efek dari (a) ABFR, (b) pH (c) HRT, (d) MLSS

$$y_2 = 90.39 + 5.14 x_1 + 6.56 x_2 + 0.40 x_3 + 10.88 x_4 + 0.16 x_1x_2 + 0.13 x_1x_3 - 1.10 x_1x_4 + 0.50 x_2x_3 - 1.63 x_3x_4 - 3.86 x_1x_2 - 2.64 x_2x_3 + 1.11 x_3x_4 - 6.29 x_1x_2x_3 - 0.35 x_2x_3x_4 - 0.68 x_1x_3x_4 - 0.12 x_2x_3x_4 - 4.46 x_1x_2x_3 + 3.45 x_1x_2x_4 - 5.06 x_1x_2x_4 - 3.46 x_1x_2x_3x_4 \quad (5)$$

dimana y_2 didefinisikan sebagai filtrasi $\text{NH}_3\text{-N}$ dalam larutan permeal dan x_1, x_2, x_3 dan x_4 mewakili ABFR dinormalisasi, HRT, MLSS, dan pH.

Persamaan model empiris tersebut dapat digunakan untuk memprediksi dan mengoptimalkan TSS dan filtrasi $\text{NH}_3\text{-N}$ dalam berbagai faktor variabel penelitian ini. Analisis pada plot probabilitas normal dari residual untuk TSS dan filtrasi $\text{NH}_3\text{-N}$ digambarkan hampir garis lurus sisa distribusi, seperti yang digambarkan pada Gambar 1a, b, yang menunjukkan kesalahan yang merata dan karena itu mendukung kecukupan fit setidaknya persegi. Titik-titik pada plot ini cukup dekat dengan garis lurus, memberikan dukungan untuk kesimpulan yang berasal dari pers. (4) dan (5). Namun, beberapa poin dalam Gambar 1b menunjukkan kesalahan signifikan dalam asumsi variabel. Persamaan (4) dan (5) digunakan untuk memvisualisasikan efek dari faktor eksperimental pada respon dalam kondisi optimal dalam grafik 3D Gambar 4 dan 5. TSS dan efisiensi removal $\text{NH}_3\text{-N}$ diperoleh dengan parameter operasi sebagai ditabulasikan pada Tabel 3. TSS filtrasi efficiency ditemukan meningkat dengan peningkatan ABFR dari 1,2 ml / menit menjadi 2,1 ml / menit dan kemudian menurun dengan peningkatan lebih lanjut ABFR, saat HRT adalah 300 menit. Ini disarankan ABFR signifikan mempengaruhi filtrasi TSS. Efek dari pH dan ABFR, pH dan MLSS pada filtrasi TSS digambarkan dalam Angka 4b, d menunjukkan bahwa filtrasi TSS meningkat ketika pH berubah 8,00-5,00 dan sebagai ABFR meningkat 2,10-3,00 ml / menit (Gambar 1b). Sementara itu, filtrasi TSS meningkat juga ketika pH berubah 8,00-5,00 dan konsentrasi MLSS meningkat 4,50-6,00 g / L (Gambar 1d). Berdasarkan hasil, filtrasi maksimum 99,83% diperoleh saat pH, ABFR, dan MLSS yang 6,50, 2,25 ml / menit, dan 4,50 g/L, masing-masing, di HRT dari 225 menit. Perubahan removal TSS selanjutnya dianalisis sebagai fungsi dari MLSS dan HRT (Gambar 1c). Perlu dicatat bahwa efisiensi penyisihan ditemukan maksimum pada faktor tingkat rendah (-1) dari HRT. Selain itu, filtrasi TSS menurun ketika MLSS berubah 3,00-6,00 g/L. Perlu dicatat bahwa peningkatan HRT pada konsentrasi rendah MLSS (3,00 g/L), mengakibatkan peningkatan removal TSS, namun peningkatan MLSS ke 6,00 g/L sedikit menurun filtrasi TSS, menunjukkan bahwa kinerja proses pada dasarnya diatur oleh konsentrasi MLSS. Sebuah puncak tertinggi di sekitar HRT dari 273 menit dan MLSS 3,00 g/L diamati dalam menghasilkan kontur TSS.



Gambar 2. 3-D Plot Terhadap Total Suspended Solid Berdasarkan Efek (a) ABFR, (b) pH, (c) HRT, (d) MLSS.

Dapat disimpulkan bahwa peningkatan filtrasi TSS terjadi dengan meningkatnya ABFR dan HRT dan dengan menurunnya pH dan konsentrasi MLSS. Namun, peningkatan lebih lanjut dalam ABFR mengakibatkan penurunan filtrasi TSS. Hal ini sesuai dengan kesimpulan yang dibuat oleh Xianling dkk (2005). Perhatikan bahwa pada Gambar 2a, ketika ABFR meningkat 1,2-2,1 ml / menit, filtrasi TSS meningkat dengan peningkatan ABFR karena polarisasi konsentrasi berkurang karena turbulensi kuat. Namun, aerasi berlebihan dapat menyebabkan pengurangan ukuran partikel menyebarkan karena geser-diinduksi difusi dan pasukan angkat inersia, sehingga penyumbatan pori lebih parah. Dengan demikian, ada nilai kritis di luar yang meningkat di ABFR telah hampir tidak berpengaruh pada ketahanan fouling atau bahkan memiliki efek yang merugikan. Selain itu, gelembung mungkin terjebak dalam kantong gas antara kelompok serat, meminimalkan luas permukaan membran yang efektif. Xianling dkk (2005) mengamati tingkat aerasi maksimal luar yang peningkatan lebih lanjut tidak berpengaruh pada fouling suppression. Aliran turbulen dapat mengkonsumsi tekanan trans-membran dari sistem, menyebabkan lemah faktor hidrolis dan kemampuan penyerangan yang menyebabkan penurunan filtrasi padatan ditanggihkan.

Filtrasi TSS sangat tergantung pada pH larutan umpan. Filtrasi TSS pada berbagai nilai pH dipengaruhi tidak hanya oleh karakteristik membran, tetapi juga oleh sifat zat terlarut (droplet). Ukuran tetesan emulsi tidak seragam. Pada tingkat pH rendah, kontribusi biaya netralisasi didominasi untuk pembentukan mikro-flok yang cukup untuk halangan sterik. Oleh karena itu, meskipun suspensi digumpalkan yang terakumulasi padat dalam bentuk lapisan pada permukaan membran, sejauh mana ditanggihkan penolakan padat ditingkatkan. Ukuran emulsi dan zeta potensi tetesan emulsi pada air limbah menunjukkan juga bahwa variasi jelas ada dalam ukuran rata-rata tetesan bawah berbagai nilai pH. Pada pH rendah ($pH < 4$), peningkatan filtrasi ditanggihkan agregasi padat sementara itu filtrasi TSS disebabkan oleh pembentukan tebal ditanggihkan deposito padat. Hal ini mungkin karena pengurangan tolakan elektrostatis.

Gambar 2 menunjukkan grafik 3-D dari filtrasi NH_3-N . Hal ini jelas ditunjukkan oleh Gambar 2a bahwa sedikit peningkatan filtrasi NH_3-N terjadi monoton dengan peningkatan ABFR di HRT = 180 min. Filtrasi NH_3-N menunjukkan maksimum pada ABFR dari 2,25 mL / menit ketika HRT dipertahankan pada 300 menit. Kecenderungan serupa diilustrasikan dalam Gambar 2b, yaitu filtrasi NH_3-N meningkat dengan peningkatan inABFR dari 1,2 mL / menit 2,25 mL / menit, dan kemudian menurun dengan peningkatan lebih lanjut dalam ABFR ketika pH adalah 8,00. Alasan adanya nilai ABFR kritis telah diberikan, sementara membahas efeknya pada TSS removal. The ABFR harus hati-hati dikendalikan untuk mempertahankan ekspansi yang memadai dan perpindahan massa cair-cair dan meminimalkan efek geser. Jeison dkk (2006) juga menyebutkan bahwa ukuran partikel yang lebih kecil di angin-anginkan ultrafiltrasi terendam terutama disebabkan turbulensi kekerasan yang

aerasi diproduksi di bawah membran bundel. Pada Gambar 2d $\text{NH}_3\text{-N}$ sedikit menurun, pada pH 8,00, ketika konsentrasi MLSS meningkat dari 3,00 g / L menjadi 6,00 g / L. Kedua Gambar. 2b dan 2d menunjukkan efek yang kuat dari kenaikan pH dari 5 sampai 8. Menurut Gambar. 2c $\text{NH}_3\text{-N}$ menjadi yang tertinggi dengan nilai HRT tertinggi 300 menit. Hal ini terjadi pada konsentrasi MLSS terendah (3,00 g / L) dan tertinggi (6,00 g/L). Pengamatan atas konsisten dengan kesimpulan yang dibuat oleh Xianling dkk (2005).

Filtrasi $\text{NH}_3\text{-N}$ meningkat dengan meningkatnya HRT dan pH dan penurunan konsentrasi MLSS. ABFR harus carrefully dikontrol untuk mempertahankan ekspansi yang memadai dan perpindahan massa dan meminimalkan efek geser dekat nilai optimum. Lebih rendah $\text{NH}_3\text{-N}$ filtrasi pada konsentrasi MLSS yang tinggi adalah karena membran fouling serius seperti adsorpsi membran dan pori memasukkan yang terjadi pada permukaan membran. Konsentrasi polarisasi pada permukaan membran juga salah satu faktor, seperti yang telah diamati pada ABFR rendah. Senyawa nitrogen diserap ke hal-hal yang disimpan ditahan oleh membran dalam proses filtrasi. Selain itu, biomassa juga asimilasi nitrogen organik. Ini nilai filtrasi tinggi juga dimungkinkan karena reaksi nitrifikasi yang terjadi di waduk mana amonium adalah sangat larut dalam air. Ion amonium yang terbentuk dapat segera dikurangi menjadi nitrit dan nitrat. Zularisam dkk (2008) mengamati bahwa persentase filtrasi amonia meningkat dengan meningkatnya alkalinitas terlarut amonium dalam air, seperti yang diketahui bahwa ion amonium terbentuk dengan meningkatnya alkalinitas (pH 8,00).

Tabel 3 Kondisi proses optimum pengolahan limbah

Faktor	Nilai Optimum (S.D)
y1 (TSS)	99,63 (0,70)
y2 ($\text{NH}_3\text{-N}$)	92.80 (0,92)
x1 (ABFR)	2,6 (0,30)
x2 (HRT)	300 (0,96)
x3 (MLSS)	4.25 (1.01)
x4 (pH)	6,90 (0,90)

SIMPULAN

Metodologi respon permukaan digunakan untuk mencari parameter proses optimal dalam filtrasi nitrogen padatan tersuspensi dan amonia untuk pengelolaan air limbah. Analisis statistik ini menunjukkan bahwa semua variabel yang ditetapkan dalam penyusunan model, dalam batas-batas diuji model, memiliki pengaruh yang signifikan pada model. Empat parameter proses, seperti tingkat gelembung udara aliran, waktu retensi hidrolis, campuran padatan tersuspensi dan pH mempengaruhi efisiensi filtrasi TSS dan $\text{NH}_3\text{-N}$. Kondisi filtrasi optimal untuk efisiensi filtrasi maksimum TSS (99,63%) dan $\text{NH}_3\text{-N}$ (92,89%) pada kondisi operasi di ABFR pada 2,25 ml / menit, HRT pada 276,93 menit, konsentrasi MLSS sebesar 4,50 g/L, dan pH 6,50. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa empat parameter yang diuji memiliki dampak yang signifikan terhadap TSS dan filtrasi $\text{NH}_3\text{-N}$, ditanggung oleh analisis statistik (ANOVA) dari nilai R^2 yang 0,9974 dan 0,9999. Telah disimpulkan bahwa pendekatan matematika berguna untuk memprediksi proses kondisi pada proses ultrafiltrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Cao, X.C. J. Ma, X.H. Shi, Z.J. Ren. (2006). Effect of TiO_2 Nanoparticle Size on the Performance of PVDF Membrane. *Appl. Surf. Sci.*, 253, 2003-2010.
- Guglielmi, G. Chiarani D., Judd, S.J. Andreottola G. (2007). Flux Criticality And Sustainability in A Hollow Fibre Submerged Membrane Bioreactor for Municipal Wastewater Treatment. *J.Membr. Sci.*, 289, 241-248.
- Hami, M.L. Al-Hasyimi, M.A. Al-Doori, M.M. (2007). Effect of Activated Carbon of BOD and COD Removal in A Dissolved Air Flotation Unit Treating Refinery Wastewater. *Desalination*, 216, 116-122.
- Jeison D., J.B. van Lier. (2006). Cake Layer Formation in Anaerobic Submerged Membrane Bioreactors (An MBR) for Wastewater Treatment. *J. Membr. Sci.*, 284, 227-236.
- Wicaksana, F.A.G. Fane, V. Chen. (2006). Fibre Movement Induced by Bubbling using Submerged Hollow Fibre Membranes. *J.Membr.Sci.*, 271, 186-195.

- Xianling, L., Jianping, W. Qing, Y. Xuemin, Z. (2005). The Pilot Study for Oil Refinery Wastewater Treatment Using A Gas-Liquid-Solid Three Phase Flow Airlift Bioreactor. *Biochem.Eng.J.*, 27, 40-44.
- Yuan, Z. X.D. Li. (2008). Porous PVDF/TPU Blends Asymmetric Hollow Fiber Membranes Prepared with the Use of Hydrophilic Additive PVP (K30). *Desalination*, 223, 438-447.
- Zularisam, A.W. Ismail, A.F.. Salim, M.R Mimi Sakinah, Matsuura, T. (2008). Application of Coagulation-Ultrafiltration Hybrid Process for Drinking Water Treatment: Optimization of Operating Conditions Using Experimental Design, *Sep. Purif. Technol.*