

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA.

2.1. Kunyit.

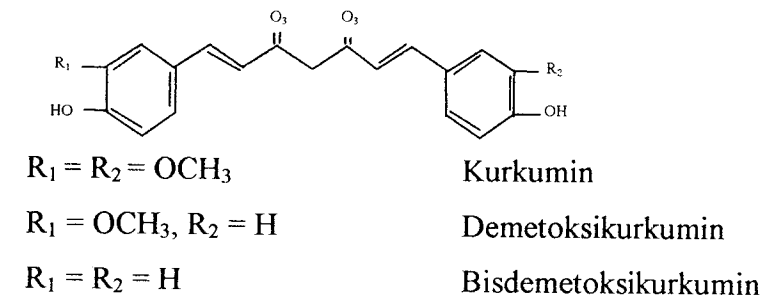
Kunyit merupakan tanaman asli Asia Tenggara. Pusat penyebaran kunyit di daerah Semenanjung Melayu, Pulau Sumatera, Pulau Jawa dan menyebar hingga Australia. Kunyit termasuk salah satu tanaman temu-temuan (*zingiberaceae*) yang banyak ditanam dipekarangan, kebun, dan disekitar hutan jati. Kehadiran kunyit dimaksudkan untuk memberikan aroma, rasa, dan warna kuning yang khas baik pada makanan, tekstil, maupun tikar, juga untuk penetral bau anyir pada masakan seperti gulai, opor dan soto. Selain sebagai pewarna, kunyit juga dapat digunakan untuk obat. Umbi akar ini bersifat mendinginkan, membersihkan, mempengaruhi bagian perut, merangsang, melepas kelebihan gas di usus, menyetop pendarahan dan mencegah pengentalan darah, selain itu juga digunakan sebagai bumbu masak (bagian dari bubuk kari).

Kunyit dipakai juga sebagai anti gatal dan anti-kejang dan sebagai obat gingivitis (pembengkakan selaput lendir mulut). Kunyit diminum sebagai ekstrak atau dipakai sebagai salep untuk mengobati borok, absis, bengkak dan encok. Setelah dibakar dan dihisap asapnya, kunyit berkhasiat melegakan hidung tersumbat. Berdasarkan Farmakope Cina, umbi akar Kunyit dipakai sebagai obat sakit dada dan perut, lengan sakit, luka-luka dan borok (Winarto, 2003).

2.2. Kandungan Senyawa Kimia.

Rimpang kunyit kering mengandung kurkuminoid sekitar 10%, kurkumin 1-5% dan sisanya demetoksikurkumin, serta bisdemetoksikurkumin. Disamping itu, kunyit juga mengandung zat warna lain seperti monodesmetoksi kurkumin dan biodesmetoksikurkumin. Selain itu, rimpang kunyit juga mengandung minyak atsiri 1-3%, lemak 3%, karbohidrat 30%, protein 8%, pati 45-55%, dan sisanya terdiri dari vitamin C, garam-garam mineral seperti zat besi, fosfor, dan kalsium. Didalam minyak atsiri terdapat bau karakteristik dan rasa yang tajam. Bau dan

rasa dipengaruhi dan berasal dari beberapa zat yang terdapat di dalam minyak tersebut. Zat-zat tersebut, meliputi D- α - Pelandren (1%), D- sabinen (0,6%), Cineol (1%) borneol (0,5%), Zingiber (25%) Tirmiron (58%), Sekulterpen alkohol (5,8%), alfa-aflanton dan gama-aflanton (Nugroho, 1998). Gambar 2.1 menyajikan struktur Kurkumin.



Gambar 1 Struktur Kurkumin (Nugroho, 1998)

2.3. Proses Pengambilan Kurkumin.

Soemartono dkk (1991) telah melakukan proses pengambilan zat warna (kurkumin) pada kunyit secara ekstraksi dengan variasi lama pengadukan, jenis pelarut dan suhu operasi. Kondisi yang relatif baik diperoleh sebagai berikut: lama pengadukan 50 menit; jenis pelarut alkohol; suhu operasi 60°C; dan kadar kunyit 50 g dalam 200 mL pelarut. Penentuan kadar kurkumin pada kunyit (*Curcuma domestica* Val.) secara kromatografi dan spektrofotometri (Eddy Yusuf, 1989). Sedangkan proses pemisahan ekstrak kunyit dengan metode kromatografi kolom. Untuk analisis kualitatif digunakan cara kromatografi lapis tipis dengan pelarut kloroform : metanol: n-heksana = 10 : 1 : 0,5. Analisis kuantitatif dilakukan dengan cara spektrofotometri UV-VIS pada panjang gelombang 424 nm. Diperoleh kurkumin murni pada fraksi 1 sampai 10; sedang fraksi 11 sampai 20 masih merupakan campuran, demikian pula fraksi yang diperoleh berikutnya. Kadar kurkumin yang dihitung dari fraksi 1 sampai 10 adalah 4,58%.

Analisis kandungan kurkumin pada rimpang beberapa (empat belas) jenis kurkuma dan Jawa (Eddy Jusuf, 1980). Analisis kandungan kurkumin dari rimpang 14 (empat belas) jenis *Curcuma* asal Jawa secara kualitatif dan

kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan cara reaksi perubahan warna terhadap larutan NaOH dan cara kromatografi kertas. Analisis kuantitatif dilakukan dengan pengukuran spektrofotometri terhadap ekstrak kasar dan ekstrak bercak kromatogram. *Curcuma zedoaria* (temu putih), *Curcuma mangga* (temu mangga), *Curcuma phaeocaulis* (temu ilam), *Curcuma aeruginosa* (temu ireng), *Curcuma petiolata* (temu putri) dan *Curcuma aurantiaca* (temu blobo). Gambaran negatif pada uji NaOH.

Hasil pengujian dengan kromatografi, hanya 2 jenis yang disebutkan terakhir tidak menunjukkan bercak kurkumin. Bercak kurkumin pada kromatogram berbentuk bundar panjang dengan nilai $R_f = 0,24$, diperoleh dari larutan baku dengan konsentrasi 0,01%. Dari cuplikan yang diuji, nilai kurkumin bervariasi dengan kisaran dari 0,22 sampai 0,40. Adanya perbedaan nilai R_f ini disebabkan oleh adanya campuran dengan senyawa lain, seperti lemak yang mempengaruhi migrasi dalam ekstrak kasar. Bercak lain yang didapatkan pada larutan baku kurkumin dan cuplikan diperkirakan bercak isomer kurkumin atau kurkuminoid lain. Dengan analisis spektrofotometri keenam jenis *Curcuma* yang disebutkan di atas menunjukkan kandungan kurkumin yang sangat rendah. Pada umumnya berkisar antara 0,001-0,004% per berat kering rimpang.

Hasil analisis ekstrak kasar dan ekstrak kromatogram tidak menunjukkan perbedaan. Dari 8 jenis lainnya dengan kedua cara analisis spektrofotometri tersebut menunjukkan angka persentase yang mencolok dari masing-masing jenis. Angka dari hasil analisis spektrofotometri ekstrak bercak kromatogram dianggap lebih mendekati ketepatan sebagai kadar kurkumin kasar dari suatu cuplikan. Kandungan kurkumin tertinggi didapat pada *Curcuma domestica* (kunyit) (10-14%), diikuti oleh *Curcuma colorata* (temu ketek) (9-11%), *Curcuma purpurascens* (temu kebo) (3-5%), *Curcuma euchroma* (3-4,75%) (kunyit kebo), *Curcuma soloensis* (temu blenreh) (1-3,5%), *Curcuma xanthorrhiza* (temu lawak) (1,25-2%), *Curcuma bmg* (0,5-0,7%) dan *Curcuma heyneana* (temu giring) (0,2-0,3%). Juga didapatkan bahwa kandungan kurkumin pada rimpang utama (umbi pokok) lebih tinggi dibandingkan dengan rimpang cabang.

Isolasi kurkuminoid dari *Curcuma domestica* Val. dan upaya peningkatan kecepatan disolusi kurkuminoid dengan sistem dispersi solida kurkuminoid-povidon (Esti Pamevtaningtyas, 1987) telah dilakukan isolasi kurkuminoid dengan pelarut benzen dari serbuk rimpang *Curcuma domestica* Val. dengan hasil rendemen 7,8%. Kurkuminoid hasil isolasi menunjukkan kesamaan dengan kurkuminoid pembanding, yang dinyatakan dengan reaksi warna, sedang kesamaan komponennya dinyatakan dengan kromatografi lapis tipis yang terdiri dari : kurkumin desmetoksi kurkumin dan bisdesmetoksi kurkumin.

Kurkuminoid praktis tidak larut dalam air, kelarutan kurkuminoid dalam HCl 0,1 N menunjukkan 0,59 mcg/mL Selanjutnya dibentuk kopresipitat kurkuminoid dengan povidon K30 untuk memperbaiki kelarutan dan kecepatan disolusinya. Dari percobaan penentuan kelarutan kopresipitat kurkuminoid-povidon K30 (1:1, b/b) memberikan kenaikan kelarutan 3,5 kali lebih besar dari kurkuminoid, sedang campuran fisis kurkuminoid-povidon K30 (1:1, b/b) memberikan kenaikan kelarutan 1,5 kali lebih besar dari kurkuminoid. Kenaikan ini mungkin disebabkan karena terjadinya dispersi molekul atau bentukan amorf kurkuminoid dalam pembawa povidon yang mudah larut dalam air. Perhitungan efisiensi disolusi dari kurkuminoid, campuran fisis kurkuminoid-povidon dan kopresipitat kurkuminoid-povidon sampai waktu 30, 60 dan 120 menit menunjukkan perbedaan yang bermakna.

Isolasi kurkuminoid dari *Curcuma domestica* Val. dan upaya peningkatan kecepatan disolusi kurkuminoid dengan sistem dispersi solida kurkuminoid-povidon (Esti Pamevtaningtyas, 1987) telah dilakukan isolasi kurkuminoid dengan pelarut benzen dari serbuk rimpang *Curcuma domestica* Val. dengan hasil rendemen 7,8%. Kurkuminoid hasil isolasi menunjukkan kesamaan dengan kurkuminoid pembanding, yang dinyatakan dengan reaksi warna, sedang kesamaan komponennya dinyatakan dengan kromatografi lapis tipis yang terdiri dari : kurkumin desmetoksi kurkumin dan bisdesmetoksi kurkumin. Kurkuminoid praktis tidak larut dalam air, kelarutan kurkuminoid dalam HCl 0,1 N menunjukkan 0,59 mcg/mL Selanjutnya dibentuk kopresipitat kurkuminoid dengan povidon untuk memperbaiki kelarutan dan kecepatan disolusinya.

Percobaan penentuan kelarutan kopresipitat kurkuminoid-povidon (1:1, b/b) memberikan kenaikan kelarutan 3,5 kali lebih besar dari kurkuminoid, sedang campuran fisis kurkuminoid-povidon K30 (1:1, b/b) memberikan kenaikan kelarutan 1,5 kali lebih besar dari kurkuminoid. Kenaikan ini mungkin disebabkan karena terjadinya dispersi molekul atau bentukan amorf kurkuminoid dalam pembawa povidon yang mudah larut dalam air. Perhitungan efisiensi disolusi dari kurkuminoid, campuran fisis kurkuminoid-povidon dan kopresipitat kurkuminoid-povidon sampai waktu 30, 60 dan 120 menit menunjukkan perbedaan yang bermakna.

Perbandingan beberapa cara ekstraksi untuk mengisolasi kurkuminoid dari rimpang temulawak *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. Dan rimpang kunyit *Curcuma domestica* Val. (Amir Hamzah Mauzy, 1987). Penelitian ini akan membandingkan efektifitas berbagai pelarut untuk mengisolasi kurkuminoid, ditinjau dari rendemen dan kadar kurkuminoid, serta pengaruh minyak atsiri terhadap rendemen dan kadar kurkuminoid isolat. Kurkuminoid diisolasi dengan cara ekstraksi menggunakan berbagai 5 pelarut organik dan air.

Rendemen ditentukan secara gravimetris dan kadar isolat ditentukan secara spektrofotometri dengan menggunakan sinar tampak. Cara isolasi ialah: a) soksletasi dengan aseton, eter minyak tanah-aseton, eter minyak tanah-etanol, eter minyak tanah-heksan-aseton, heksan; b) refluks dengan aseton, etanol; c) maserasi dengan etanol dan ekstraksi air. Meskipun soksletasi dengan aseton merupakan cara yang paling efisien. Namun penggunaan teknologi membran diharapkan lebih efisien dalam mengekstrak kurkumin yang terdapat dalam kunyit. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan tekanan dan luas permukaan ekstraksi yang mampu dilakukan oleh membran ultrafiltrasi.

2.4. Membran Ultrafiltrasi.

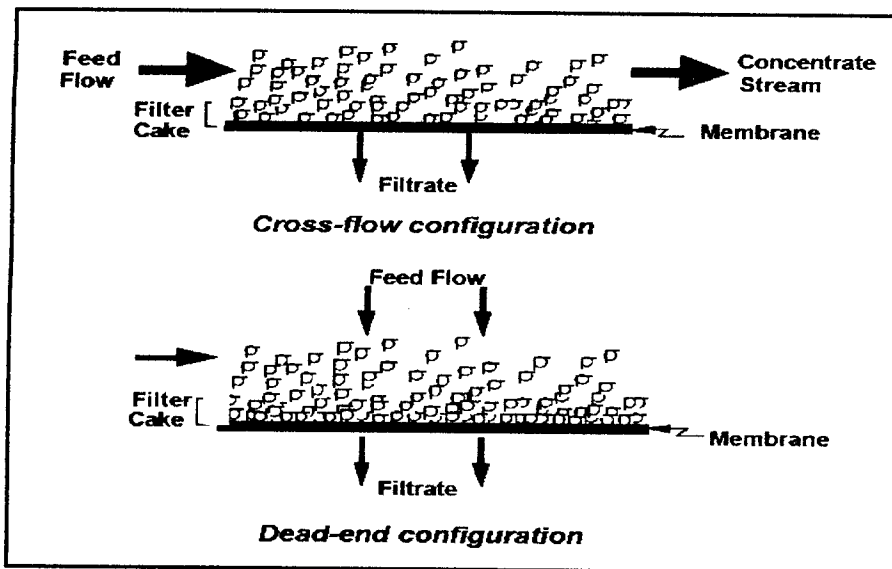
Membran Ultrafiltrasi (UF) merupakan proses membran dengan gaya dorong (*driving force*) tekanan untuk memisahkan partikel, mikroorganisme, molekul-molekul besar (*large molecule*) dan *droplets* emulsi. Membran ultrafiltrasi menjadi teknik pemisahan yang menarik pada pengolahan limbah

emulsi minyak karena diyakini mudah dalam pengoperasian dan ekonomis dibandingkan dengan proses pemisahan lainnya seperti sentrifugasi, sedimentasi dan filtrasi konvensional (Notodarmojo S *et al*, 2004).

Membran ini umumnya diterapkan untuk memisahkan senyawa berberat molekul tinggi dari senyawa berberat molekul rendah, seperti industri makanan, pengolahan susu, industri farmasi, tekstil, industri kimia, industri kertas, kulit dan pengolahan limbah cair. Pori-porinya dapat terdeteksi dengan alat SEM dan kebanyakan berbentuk asimetrik, berukuran 1 - 100 μm . Tekanan yang diperlukan relatif besar antara 1 - 10 bar dengan batasan fluks mencapai 10 - 50 $\text{L/m}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{bar}$ (Mulder, 1996). Membran Ultrafiltrasi dapat dibuat dari berbagai bahan polimer dan zat organik (minimum berukuran 10–2000 Å), seperti Selulosa Asetat (CA), Polimer Polysulfon, Akrilik, Polikarbonat, PVC, Poliamida, Poliasetat, Poliakrilat, Polivilidenefluorida (Cheryan, M., 1986). Membran Juga dapat dibuat dari bahan Keramik, Aluminium Oksida, Zinkonium (Faibish RS dan Cohen Y, 2000).

2.5. Sistem Aliran.

Pengoperasian membran telah dikenal dua jenis aliran umpan, yaitu aliran *cross flow* dan aliran *dead end*. Pada sistem *cross flow*, arah aliran umpan paralel atau sejajar pada permukaan membran. Aliran paralel tersebut akan menghasilkan gaya geser (*shear forces*) dan atau turbulensi didekat permukaan membran sehingga pembentukan *filter cake* (deposisi partikel yang menumpuk pada permukaan membran) relatif kecil. Fenomena konfigurasi sistem aliran disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Konfigurasi Sistem Aliran *Cross flow* dan *dead end*.
Sumber : EPA, 2001.

Pada aliran *dead end*, keseluruhan dari fluida melewati membran (sebagai media filter) dan partikel tertahan pada membran, dengan demikian fluida umpan mengalir melalui tahanan membran dan tahanan penumpukan partikel pada permukaan membran. Dengan demikian, pada aliran *dead end* penyumbatan (*clogging*) dan pembentukan *cake* pada membran lebih cepat terjadi dibandingkan dengan sistem aliran *cross flow* karena deposisi partikel pada permukaan membran akan tersapu (*swept away*) oleh kecepatan aliran umpan.

Pengujian filtrasi menggunakan membrane ultrafiltrasi selulosa asetat untuk aliran *dead end* telah dilakukan oleh Notodarmojo dan Deniva (2004) dan Mahmud dan Notodarmodjo (2006). Dari kedua system aliran tersebut beberapa penelitian yang telah dilakukan, dan menginformasikan adanya penurunan fluks sepanjang waktu operasi, fenomena ini dikatakan sudah adanya pembentukan *fouling* pada permukaan membran.

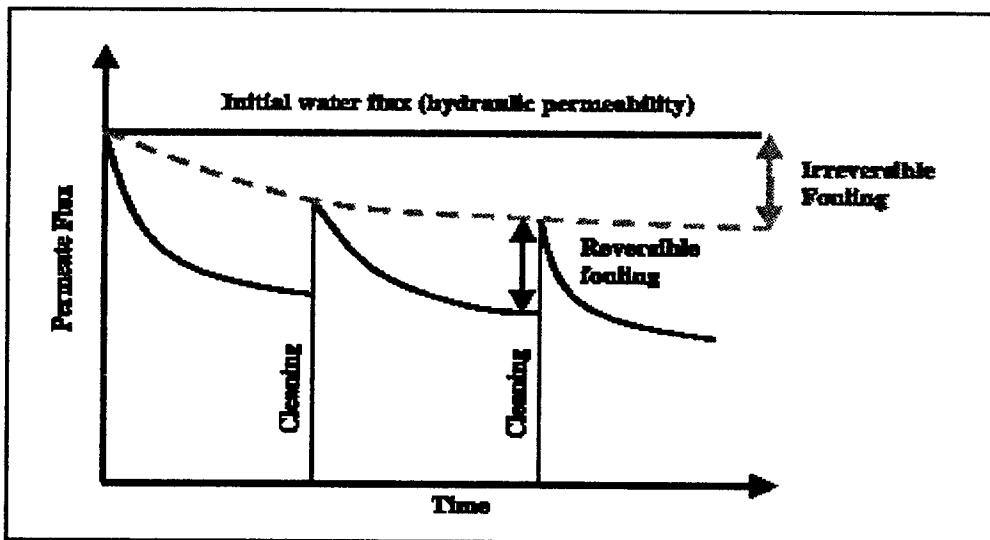
2.6. Permasalahan Membran Ultrafiltrasi.

Fenomena membran *fouling* merupakan batasan yang sangat penting pada aplikasi teknologi. Membran *fouling* didefinisikan sebagai eksistensi pertumbuhan mikroorganisme dan material yang bersifat *irreversible* maupun *reversible* pada

permukaan membran (Mohammadi *et al*, 2002). Material yang terakumulasi pada membran dapat menurunkan permeabilitas membran dengan cara menutupi atau mengecilkan pori dengan membentuk lapisan *cake* (Faibish dan Cohen, 2001 dan Choi *et al*, 2004).

Membran *fouling* mengakibatkan penurunan secara substansial terhadap kondisi awal hidraulik permeabilitas membran. Penurunan permeabilitas *reversible* (*Reversible fouling*) disebabkan adanya partikel koloid terdeposit pada permukaan dan pori membran. Sedangkan penurunan permeabilitas *irreversible* (*Irreversible fouling*) disebabkan oleh adanya partikel secara kimia fisik berikatan kuat terhadap permukaan membran maupun pori.

Permasalahan *irreversible fouling* sangat signifikan terjadi pada membran ultrafiltrasi untuk pengolahan limbah minyak. Membran *fouling* akan mereduksi fluks filtrat. Pengembalian fluks dapat dilakukan secara mekanik maupun kimia. (Faibish dan Cohen, 2001). Umumnya material *fouling* pada mikroemulsi minyak dalam air diidentifikasi sebagai surfaktan *anionic octanoat*. Ilustrasi *reversible fouling* dan *irreversible fouling* tertera pada Gambar 2.3.



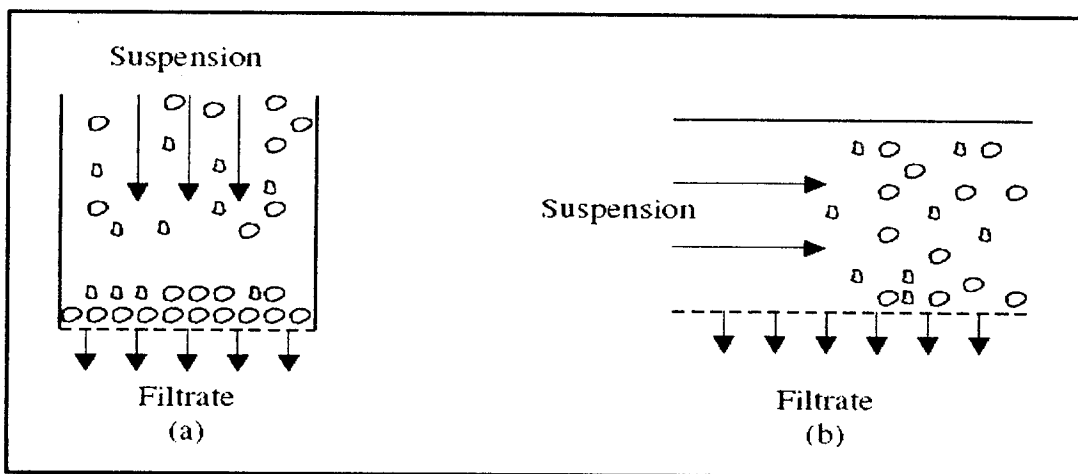
Gambar 2.3. Ilustrasi Reversible dan *Irreversible fouling* pada Membran.
Sumber : Faibish dan Cohen, 2001.

Karakteristik dan lokasi material yang terdepositasi memegang peranan penting dalam menentukan sejauh mana penurunan fluks. Material dalam umpan

yang menghasilkan penurunan fluks permeat disebut *foulant*. Proses terjadinya *fouling* pada membran meliputi tahapan sebagai berikut:

- Polarisasi konsentrasi
- Perpindahan solut dari permukaan membran kedalam material membran

Struktur lapisan *fouling* tergantung pada tekanan operasi. Pada tekanan tinggi, kompaksi dan resistan spesifik pada lapisan koloid secara substansi meningkat, dan berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan fluks. Semakin tinggi tekanan akan membentuk lapisan *cake* yang sangat padat pada koloid. Meskipun masa terdeposit pada membran lebih rendah daripada membran *permeable*, penurunan fluks dialami pada *tight* membran secara signifikan karena resistan spesifik lebih tinggi pada koloid *cake* yang terbentuk pada membran (Costa AR et al, 2006). Gambar 2.4 mengilustrasikan pembentukan serta mekanisme pembentukan *cake* pada membran.



Gambar 2.4. Ilustrasi *fouling* serta mekanisme pembentukan *cake* pada membran sistem aliran *dead end* (a) dan *cross flow* (b)
Sumber : Chapar, 2005

Fouling merupakan penyebab utama berkurangnya fluks selama pemisahan secara membran dan khususnya pada mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi (Scott, 1995). *Fouling* dapat terjadi akibat proses endapan anorganik (kerak air), adsorpsi

molekul organik, endapan partikulat dan pelekatan atau pertumbuhan mikroba (*bio fouling*) (Cheryan, 1986).

Perubahan pada sifat membran dapat terjadi sebagai akibat buruknya sifat fisika dan kimianya. Proses membran merupakan proses yang bergantung pada tekanan, kemungkinan proses berlangsung pada tekanan tinggi. Sehingga membran kemungkinan mengalami fenomena yang disebut kompaksi (*compaction*) yakni penurunan permeabilitas membran. Akibat buruk bahan kimia pada kondisi lainnya dapat terjadi bila pH, suhu dan faktor lingkungan lainnya tidak cocok dengan membran (Cheryan, 1986). Untuk mengatasi permasalahan tersebut yang salah satunya disebabkan oleh fenomena *fouling* perlu dilakukan penanganan pada membran agar kinerja membran dapat dioptimalkan kembali.

2.7. Penanganan Fouling pada Membran.

Secara umum penanganan fouling pada membran dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya (Mulder, 1996) :

1. Perlakuan pretreatmen pada umpan;
2. Merubah properties membran;
3. Mengurangi polarisasi konsentrasi (kondisi modul dan proses); dan
4. Pencucian.

Pada metode pencucian dapat dilakukan dengan berbagai cara yakni :

1. Pencucian secara hidroulik;
2. Pencucian secara mekanik;
3. Pencucian secara kimia dan
4. Pencucian secara elektrik.

Perbandingan berbagai metode pencucian tersebut telah dilakukan oleh Handoko D.K., Tokok Adiarto dan Tri Anggono P (2003). Hasil penelitian menginformasikan bahwa kekeruhan juga mampu menurunkan fluks. Hal ini terjadi pada semua cara pencucian membran karena untuk kekeruhan yang semakin tinggi, maka *fouling* yang terjadi juga semakin banyak. *Fouling* tersebut menghalangi turunnya permeat sehingga fluks semakin kecil. Sehingga pada waktu dilakukan pembersihan membran yang dapat menghilangkan jumlah

fouling tertentu, maka *fouling* yang tertinggal pada konsentrasi yang lebih tinggi juga semakin besar.

Untuk pencucian dengan cara *hydraulic cleaning (backwash)*, membran yang berisi *fouling* dibalik dan di-*backwash* dengan tekanan $1,2 \text{ kg/cm}^2$ selama 10–15 menit dengan menggunakan air suling. Dari hasil percobaan Handoko D.K., Tokok Adiarto, Tri Anggono P (2003) didapatkan bahwa efisiensi kinerja membran dengan metode pencucian *backwash* berkisar 70% - 80%. Hal ini disebabkan karena masih ada penyumbatan pada pori-pori membran dan waktu yang digunakan untuk *backwash* terbatas, sehingga tidak semua endapan terbawa air suling dan keluar sebagai permeat. Untuk pencucian dengan cara *chemical cleaning*, membran dicelupkan ke dalam larutan deterjen, diamkan sebentar lalu dibersihkan sampai *fouling* hilang.

Namun Efisiensi kinerja membran akan lebih tinggi dengan metode pencucian *chemical cleaning* adalah 88% - 90%. Cara pencucian dengan *chemical cleaning* secara teknis paling efektif karena deterjen mengandung bahan aktif yang dapat menurunkan tegangan permukaan. Penurunan tegangan permukaan ini akan menyebabkan melemahnya ikatan antara *fouling* dan membran sehingga *fouling* akan hilang saat dibersihkan.

2.8. Pencucian Kimia pada Membran Ultrafiltrasi.

Teknik-teknik untuk penghilangan (pembersihan) endapan dari membran yang mengalami *fouling* diantaranya secara kimia (menggunakan bahan kimia), mekanis (osmosis langsung, pembilasan) dan kombinasi keduanya. Pencucian membran menggunakan bahan kimia merupakan metode yang secara luas digunakan untuk mengendalikan *fouling*. Mekanisme pencucian dan efektivitas setiap metode pencucian yang berbeda terhadap perbedaan tipe *fouling* (Lim dan Bai, 2003). Pabrikan membran umumnya merekomendasikan bahan-bahan yang sesuai untuk produknya. Tipe bahan pencuci adalah (Scott, 1995) :

- 1) asam (kuat atau lemah);
- 2) alkali (NaOH);
- 3) deterjen;

- 4) bahan pengkompleks (EDTA) dan
- 5) desinfektan.

Pencucian dengan asam, efektif dalam menghilangkan kerak-kerak kalsium (seperti kalsium karbonat dan kalsium pospat) besi oksida, dan logam sulfida akan tetapi pengaruhnya terbatas pada kerak-kerak yang terbentuk oleh silika dan metal silikat dan dalam menghilangkan padatan-padatan tersuspensi biologi dan *foulant* organik lainnya. Larutan pencuci alkali (seperti pospat, karbonat dan hidoksida) digunakan untuk melepaskan, emulsi dan dispersi endapan. Efek deterjen dari *alkaline cleaner* biasanya ditingkatkan dengan penambahan surfaktan (Scott, 1995). Pencucian membran menyebabkan bahan kimia bereaksi dengan endapan, kerak, produk korosi dan *foulant* yang lainnya.

Pencucian secara kimiawi dilakukan dengan beberapa mekanisme :

- a. Pemindahan *foulant* dari permukaan membrane (dengan adsorpsi kompetitif zat pembersih/*cleaning agents* seperti surfaktan).
- b. Pelarutan *foulant* (dengan mengubah kelarutan *foulant* menggunakan emulsifier, dispersan, atau *perpaizing agent*).
- c. Modifikasi struktur kimia dari *foulant* (saponifikasi dari lemak dan minyak, oksidasi dan degradasi protein, kelasi kation divalent, atau reaksi metal oksida dengan metal asam).

Mohammadi *et al* (2002) melakukan penelitian pencucian kimia menggunakan Sodium Hidroksida pada rentang konsentrasi 0.6 – 0.8 menghasilkan hasil yang terbaik. Konsentrasi yang tinggi menyebabkan efisiensi pada recovery fluks menurun. Azemimoghdam dan Mohammadi (2006) telah mengkombinasikan *agent chemical cleaning* (NaOH) dengan agen lainnya seperti SDS, EDTA dan asam hipoklorit, dimana kondisi operasi seperti temperatur pencucian, waktu dan pH yang paling baik dilakukan adalah 60 °C, 50 menit dan 12 untuk pencucian *foulant* susu perah dari membran.

Pencucian secara kimia pada limbah emulsi minyak *cutting oil* menggunakan NaOH sebagai *agent chemical cleaning* seperti yang diteliti oleh Adyatmadja (2002). Hasil yang diperoleh hanya sebagian *foulant* yang bereaksi dan terhidrolisis dengan larutan NaOH. Sedangkan sebagian lagi membentuk

irreversible foulant yang menjadi lapisan *cake* pada permukaan membran serta pori.

Menurut Costa (2006) penggunaan NaOH dengan pH 9,5 pada membran selulosa asetat efisiensi berkisar antara 40. hingga 60% pada temperatur 35 °C untuk *foulant* organik. Sedangkan menurut Park (2006) efisiensi pencucian hampir tetap untuk membran nanofiltrasi yakni sekitar 2,4%. Lim dan Bai (2003) mengemukakan pada prinsipnya pencucian secara kimia adalah menghidrolisis molekul-molekul organik menghilangkan partikel atau biofilm (*cake*) dan menyerang membran. Hasil penelitiannya menunjukan *Fluks Recovery* mencapai 76,8% pada penggunaan campuran NaOH dan HNO₃ 0,05%.