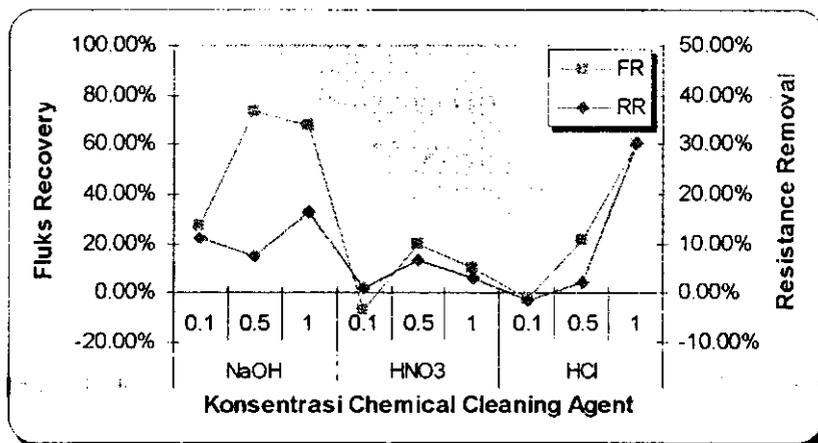


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Efisiensi Pencucian.

Efisiensi pencucian dindikasikan oleh parameter *Fluks Recovery* (FR) dan *Resistance Removal* (RR). Kedua indikator ini oleh Mohamadi *et all* (2002) dan Kazemimoghdam dan Mohammadi (2007) telah dijadikan sebagai tolok ukur guna melihat efisiensi pencucian. Parameter ini mengindikasikan sejauh mana proses pencucian mampu meningkatkan kembali efektivitas kinerja membran baik setelah pembentukan *fouling* oleh kunyit maupun setelah dilakukan pencucian membran. Efisiensi pencucian sangat dipengaruhi oleh konsentrasi bahan pencuci serta jenis bahan pencuci yang digunakan. Data ini disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Nilai FR dan RR Pada Masing-masing Konsentrasi Bahan Pencuci.

Nilai FR tertinggi adalah 73,63% pada penggunaan NaOH 0,5 N. Sedangkan nilai FR terendah dicapai adalah -7,41% pada penggunaan HNO₃ 0,1 N. Jika dilihat secara keseluruhan nilai FR cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan RR. Nilai RR berkisar dibawah 50%. Nilai RR tertinggi mencapai 29,94% pada penggunaan HCl 1 N. Sedangkan yang terendah mencapai -1,46% pada penggunaan HCl 0,1 N.

Indikasi penggunaan basa (NaOH) menunjukkan bahwa telah terjadi proses hidrolisis. Menurut Lim dan Bai (2003) reaksi yang terjadi adalah hidrolisis dan pemutusan ikatan. Hal ini menunjukkan terjadinya pelarutan foulant dengan larutan NaOH. Namun pada penggunaan HNO₃, efisiensi yang dicapai lebih rendah dari 0% mengindikasikan bahwa chemical agent ini belum mampu menyerap *foulant* yang terdeposisi pada permukaan pori yang membentuk clogging. Pengamatan mohamadi et al (2002), *foulant* dari mineral lebih cepat diserap oleh permukaan membran dibandingkan lemak dan protein. Mineral juga mampu mempercepat membentuk permukaan eksternal (lapisan *cake*).

Nilai FR dan RR terendah diperoleh menunjukkan bahwa konsentrasi chemical agent yang digunakan belum cukup mampu untuk merecovery fluks dan mengembalikan tegangan permukaan. Hal ini ditandai dengan angka minus yang diperoleh. Selain itu, efisiensi pencucian pada parameter FR selalu lebih besar dibandingkan dengan RR kecuali pada penggunaan HNO₃ 0,1 N.

Perbedaan kedua parameter efisiensi pencucian ini, jika dibandingkan dengan hasil pengamatan Kazemimoghadam dan Mohammadi (2007) menunjukkan informasi yang berbeda. Pada pengolahan limbah industri susu, efisiensi pencucian untuk parameter RR mengindikasikan kecenderungan lebih tinggi dibandingkan dengan FR. Sedangkan hasil pengamatan Mohammadi *et al* (2002), nilai FR sangat tergantung daripada konsentrasi pada kondisi tekanan operasi yang sama. Namun hasil pengamatan pada penelitian ini menunjukkan FR sangat dipengaruhi oleh konsentrasi *chemical agent cleaning*.

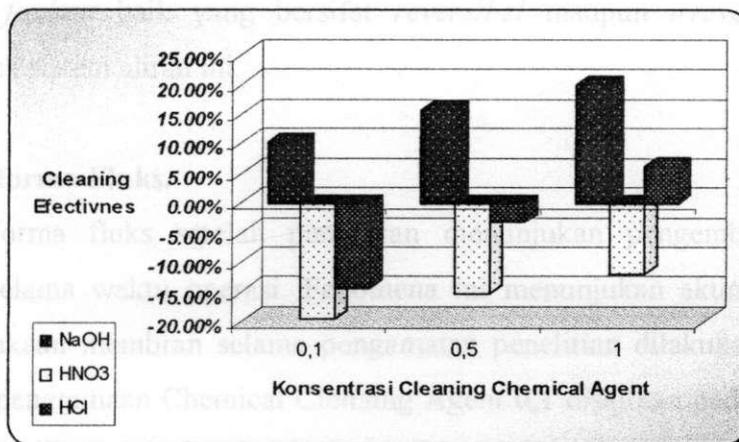
Indikasi rendahnya nilai RR diduga karena floktualisasi *foulant* kunyit (pembentukan floks) secara terus menerus dan polarisasi terkonsentrasi pada permukaan membran, sehingga pada saat pencucian akan bereaksi dengan agen pencuci. Hal ini teramati dengan adanya kekeruhan pada saat penelitian karena terjadinya reaksi antara bahan pencuci dengan *foulant* kunyit. Lim dan Bai (2003) mengemukakan reaksi yang terjadi selama proses pencucian dengan bahan kimia adalah hidrolisis maupun pemutusan ikatan. Hal ini mengakibatkan pembentukan material pengotor baru pada permukaan membran. Kekeruhan pada saat pencucian membran mampu menghalangi turunnya permeat sehingga fluks awal



semakin kecil. Karena, pada waktu dilakukan pencucian membran hanya menghilangkan jumlah *fouling* tertentu. Sedangkan, *fouling* yang tertinggal pada konsentrasi yang lebih tinggi juga semakin besar, faultant ini dikatakan irreversible. Fenomena fluktuasi selama proses setelah pencucian dikatakan sebagai *irreversibel fouling*.

4.2. Efektivitas Pencucian.

Efektivitas pencucian merupakan perbandingan antara fluks sebelum dilakukan pencucian dibandingkan dengan setelah dilakukan pencucian. Efektivitas pencucian cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan transmembran. Gambar 4.2 menyajikan informasi efektivitas pencucian menggunakan NaOH.



Gambar 4.2. Efektivitas Pencucian Pada Masing-masing Konsentrasi Chemical Cleaning Agent.

Efektivitas pencucian menggunakan NaOH 0,1 N pada ekstraksi kunyit pada tekanan transmembran 1 bar mencapai 10,38% dan cenderung meningkat seiring peningkatan konsentrasi. Efektivitas tertinggi mencapai 20,11%. Namun Efektivitas pencucian pada penggunaan HNO₃ belum menunjukkan informasi yang berarti. Sedangkan, efektivitas pencucian menggunakan HCl mengindikasikan pada konsentrasi 0,1 N dan 0,5 N belum menunjukkan terjadinya proses pencucian, namun, Efektivitas terjadi ketika menggunakan HCl 1 N.

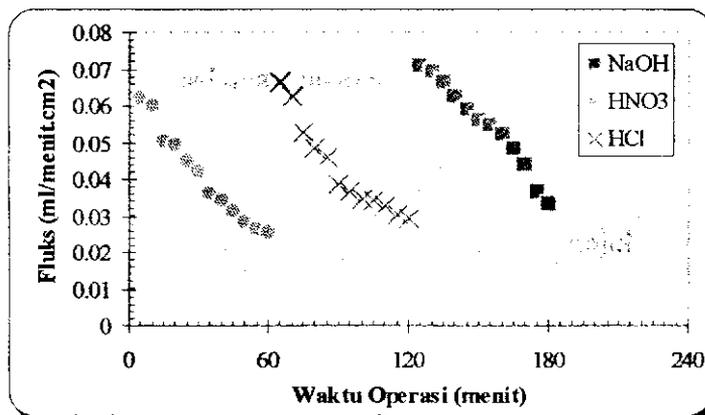


Capaian data pada penelitian ini berbeda dengan Costa (2006), Park (2006), dan Handoko, Adiarto dan Anggono (2003). Efektivitas pencucian pada penelitian Costa (2006) dipengaruhi oleh pH dan temperatur, sedangkan pada penelitian Park (2006) sangat tergantung daripada membran yang digunakan. Sementara pada penelitian Handoko, Adiarto dan Anggono (2003) dipengaruhi oleh metode pencucian.

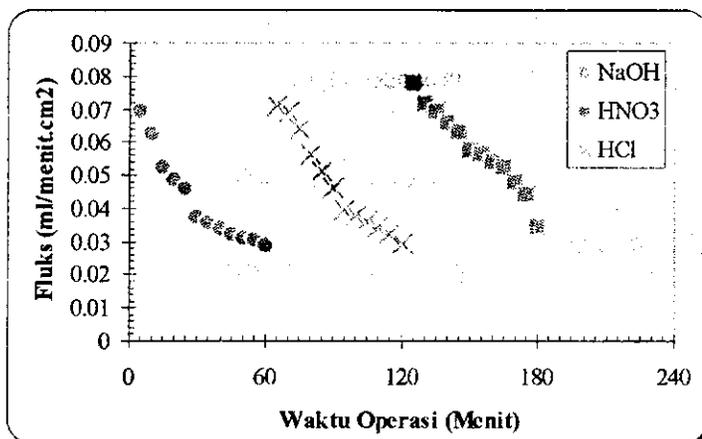
Perbedaan penelitian ini diduga karena perbedaan metode, kondisi operasi dan variabel yang digunakan. Selain itu, sistem aliran yang dilakukan pada penelitian ini adalah sistem aliran *dead end* sedangkan pencucian dilakukan secara *forward*. Sistem aliran *dead end*, kompaksi lebih cepat terjadi dan polarisasi konsentrasi kecendrungan perubahan lebih signifikan seiring dengan waktu operasi. Meskipun pencucian secara *forward* dihipotesiskan akan mereduksi *foulant* baik yang bersifat *reversibel* maupun *irreversibel* secara merata untuk sistem aliran ini.

4.3. Performa Fluks.

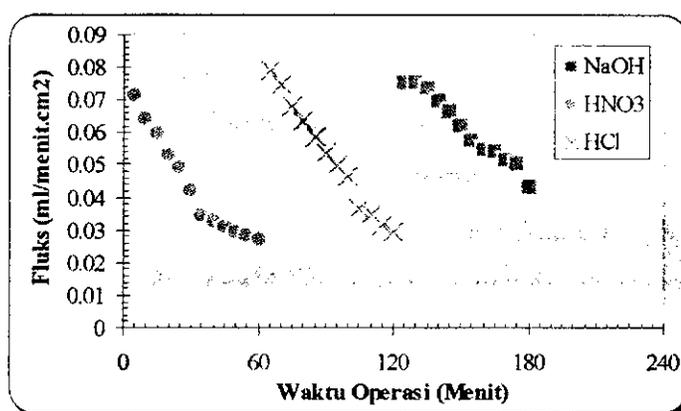
Performa fluks setelah pencucian menunjukkan pengembalian kinerja membran selama waktu operasi. Fenomena ini menunjukkan akumulasi *foulant* pada permukaan membran selama pengamatan penelitian dilakukan. Fenomena fluks pada penggunaan Chemical Clenaing Agent 0,1 disajikan pada Gambar 4.3 dan 0,5 N disajikan pada Gambar 4.4 serta 1N pada Gambar 4.5.



Gambar 4.3. Performa Fluks Sepanjang Waktu Operasi Pada Chemical Cleaning Agent 0,1 N.



Gambar 4.4. Performa Fluks Sepanjang Waktu Operasi Pada Chemical Cleaning Agent 0,5 N.



Gambar 4.4. Performa Fluks Sepanjang Waktu Operasi Pada Chemical Cleaning Agent 1 N.

Fenomena fluks selama proses untuk perlakuan pencucian kimia mengindikasikan perubahan fluks yang cenderung menurun. Indikasi ini diduga terbentuknya foulant yang bersifat irreversibel (irreversible *fouling*) meningkat sepanjang waktu operasi. Data hasil penelitian menunjukkan fluks membran sebelum perlakuan pencucian rata-rata sepanjang waktu operasi mencapai 0,0487 ml/menit.cm² selama waktu operasi cenderung menurun hingga mencapai 0,0253 ml/menit.cm² dari fluks awal yakni 0,0846 ml/menit.cm².

Setelah pencucian, fluks awal mampu dicapai sebesar 0,0708 ml/menit.cm² menggunakan NaOH 0,1 N dan meningkat hingga 0,0775

ml/menit.cm² pada penggunaan NaOH 0,5 N namun menurun pada 1 N (0,0753 ml/menit.cm²). Sedangkan fluks awal pencucian menggunakan HNO₃ hanya mencapai 0,0617 ml/menit.cm² pada konsentrasi 0,1 N dan 0,0690 pada konsentrasi 0,5 N serta 0,0713 pada konsentrasi 1 N. Untuk penggunaan HCl, fluks awal pada konsentrasi 1 N mencapai 0,0666 ml/menit.cm², 0,5 N mencapai 0,0709 ml/menit.cm², serta 1 N mencapai 0,0790 ml/menit.cm².

Fenomena fluktuasi ini menunjukkan perubahan karena pengaruh konsentrasi. Hal ini diduga pada konsentrasi yang lebih tinggi, kemampuan bahan pencuci untuk menghidrolisis atau pemutusan ikatan pada foulant yang bersifat irreversibel lebih besar.

Meskipun pencucian mampu meningkatkan fluks, tetapi fluks yang diperoleh tidak sebesar waktu awal operasi. Hal ini disebabkan karena pencucian tidak dapat membersihkan partikel-partikel yang tertangkap oleh pori membran secara sempurna hal ini disebut dengan *irreversible fouling*, fenomena ini menunjukkan terjadinya penyempitan pori membran. Selain itu, pada permukaan membran terjadi polarisasi konsentrasi dan pembentukan *cake*. Kedua fenomena tersebut menurunkan fluks tetapi akan meningkatkan daya saring membran terhadap konstituen. Pengamatan ini juga telah dibuktikan oleh Notodarmodjo dan Deniva (2004) dan Handoko, Adiarso dan Anggono (2003) pencucian membran untuk treatment emulsi minyak.

Fenomena fluktuasi membran sangat dipengaruhi oleh pencucian baik dengan bahan kimia maupun aquades. Meskipun pada penelitian ini, pencucian belum mampu sempurna meningkatkan fluks awal lebih optimal. Tetapi, informasi penggunaan bahan kimia dan metode yang digunakan mampu memberikan informasi yang dapat dipertimbangkan. Pencucian membran akan membantu meningkatkan kenaikan fluks, hal ini disebabkan oleh partikel-partikel yang mengotori permukaan membran dapat dibersihkan dengan pencucian. Fenomena ini yang dinamakan dengan *reversible fouling* (Faibish dan Cohen, 2006).

Hasil pengamatan pada penelitian ini juga membuktikan bahwa permeat hasil pencucian menampilkan kekeruhan namun pada penelitian ini nilai



kekeruhan tidak dikaji lebih lanjut. Hal ini diduga karena pada saat pencucian, terjadi turbulensi pada aliran yang akan menggerus permukaan membran sehingga terbentuk lubang pori baru pada membran, menyebabkan lolosnya sebagian zat organik dalam permeat. Fenomena ini hampir mirip dengan penelitian yang dilakukan oleh Handoko, Adiarto dan Anggono (2003) untuk pencucian pada treatment emulsi minyak.

Kinerja membran sangat tergantung dari kondisi operasi dan foulant begitu juga dengan metode pencucian dan bahan kimia yang digunakan. Kinerja membran dapat ditinjau dari fenomena fluks sepanjang waktu operasi. Sepanjang waktu operasi fluks cenderung menurun. Hal ini mengindikasikan telah terjadinya pembentukan lapisan *cake* baik di permukaan maupun terdeposisi ke bagian pori membran sehingga akan meningkatkan tegangan permukaan sama seperti yang diamati oleh Zulkarnaen *et al* (2002) begitu juga dengan pengamatan pereduksian *foulant* reversibel yang dilakukan oleh Choi *et al* (2005). Karena itu, pada penelitian ini kecenderungan untuk mengembalikan tegangan permukaan pada penggunaan chemical cleaning agent lebih kecil bahkan pada konsentrasi dan jenis chemical cleaning agent baik HNO_3 maupun HCl ada yang belum mampu mengembalikan tegangan permukaan membran.

