

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari percobaan diolah untuk mendapatkan hubungan antara fluks terhadap waktu, tekanan dan konsentrasi, serta mencari efisiensi pencucian terhadap *agent chemical cleaning* yang digunakan. Uji statistik untuk mendapatkan kombinasi parameter yang terbaik. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik.

5.1. Rejeksi Phosphorus dan FFA

Permselektivitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu membran untuk menahan suatu spesi atau melewatkan suatu spesi tertentu, hal ini sangat tergantung pada interaksi antar muka dengan spasi yang akan melewatinya, ukuran spasi dan ukuran pori.

Analisa	Konsentrasi dalam umpan	Konsentrasi dalam permeat	Rejeksi (%)
FFA %	23,4	4,914	79
Phosphorus, ppm	95	53	44

Tabel :5.1 Rejeksi membran(hasil analisis Sucofindo 2008)

Tabel 5.1 menunjukkan kemampuan membran dalam merejeksi Phosphorus dan FFA yang relatif baik, konsentrasi FFA dalam permeat telah memenuhi syarat untuk proses pembuatan biodiesel satu tahap, dan konsentrasi phosphorus memenuhi standar untuk kualitas biodiesel yang baik.

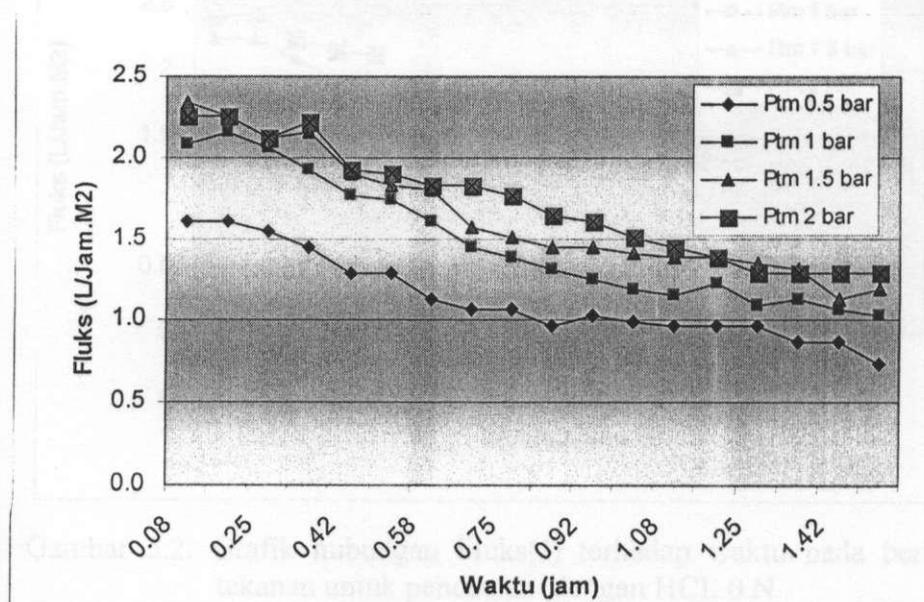
5.2. Karakteristik Fluks

5.2.1. Fluk tanpa pencucian kimia (NaOH 0 N)

Perubahan fluks terhadap waktu pada berbagai tekanan pada proses tanpa pencucian kimia, dari Gambar 5.1. menunjukkan bahwa secara keseluruhan semakin besar tekanan maka fluks yang dihasilkan semakin besar, tetapi pada tekanan 1,5 dan 2 bar kecendrungan fluksnya sama terutama pada separuh waktu run. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh resistensi membran dan fouling jauh lebih besar dari tekanan yang diberikan sehingga peningkatan tekanan tidak berpengaruh langsung pada peningkatan fluks. Pada tekanan 1 bar laju penurunan fluks terhadap waktu lebih stabil dibandingkan pada tekanan yang lain, dengan

fluks tertinggi dicapai 2,5 L/Jam.m² dan terendah 1 L/Jam.m². Secara keseluruhan laju penurunan fluks terhadap waktu separuh waktu run awal lebih cepat dibandingkan dengan setelahnya, hal ini kemungkinan disebabkan oleh peningkatan tahanan baik oleh polarisasi konsentrasi maupun pembentukan fouling pada membran.

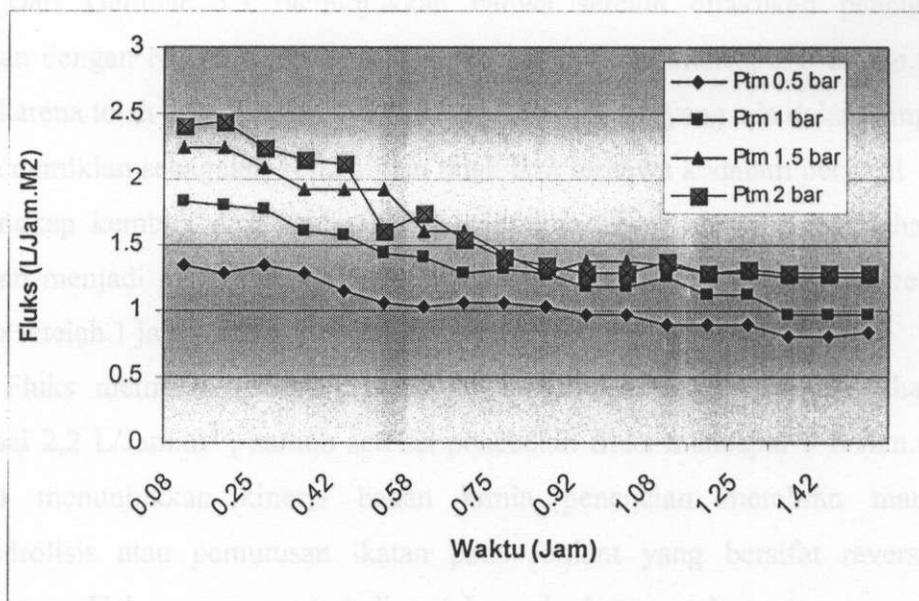
Pada sistem ultrafiltrasi peningkatan tekanan sebelum terbentuknya gel atau cake akan sebanding dengan peningkatan fluks, meskipun untuk larutan makromolekul peningkatan ini biasanya tidak linier. Pada peningkatan tekanan lebih lanjut, lapisan polarisasi konsentrasi suatu saat akan menjangkau suatu harga konsentrasi batas sehingga fluks akan menjadi bebas dari pengaruh tekanan dan berada dibawah kontrol perpindahan massa. Jika tekanan tetap dilanjutkan maka efeknya hanya akan meningkatkan fluks sesaat saja, sehingga perpindahan solut ke dan dari permukaan membran mencapai kesetimbangan dan fluks secara esensial tidak akan berubah (Cheryan, 1986). Keadaan ini akan berubah ketika lapisan fouling terbentuk dan terpadatkan pada tekanan tinggi. Peningkatan tekanan pada saat ini hanya akan menghasilkan suatu fluks yang lebih rendah. Hubungan fluks permeat terhadap waktu seperti gambar 5.1



Gambar 5.1. Grafik hubungan Fluks(J) terhadap waktu pada berbagai tekanan untuk pencucian dengan NaOH ON

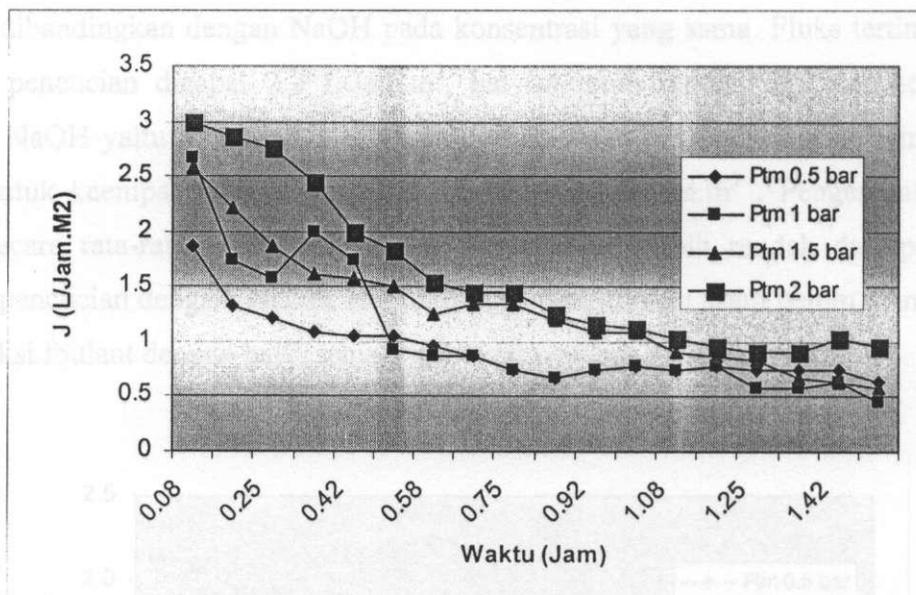
5.2. 2. Fluks tanpa diikuti pencucian kimia (HCL 0 N)

Hubungan fluks terhadap waktu pada berbagai tekanan pada proses tanpa pencucian kimia seperti pada Gambar 5.2. menunjukkan secara keseluruhan semakin tinggi tekanan maka fluks semakin tinggi. Namun demikian perkembangan fluks pada tekanan 1,5 bar dan 2 bar relatif sama, hal ini kemungkinan disebabkan oleh peningkatan resistensi membran yang semakin cepat akibat terjadi polarisasi konsentrasi dan pembentukan fouling. Secara keseluruhan penurunan fluks relatif lambat setelah 1 jam operasi dilakukan, hal ini kemungkinan disebabkan oleh peningkatan tahanan yang diberikan membran. Polarisasi konsentrasi dapat mengakibatkan difusivitas padatan menurun dan meningkatkan tahanan dengan cepat. Hal ini mengakibatkan konsentrasi padatan pada permukaan membran akan meningkat hingga mencapai suatu harga maksimum. Perkembangan fluk permeat seperti gambar 5.2



Gambar 5.2. Grafik hubungan Fluks(J) terhadap waktu pada berbagai tekanan untuk pencucian dengan HCL 0 N

5.2.3 Fluks pada pencucian dengan NaOH 0.5 N



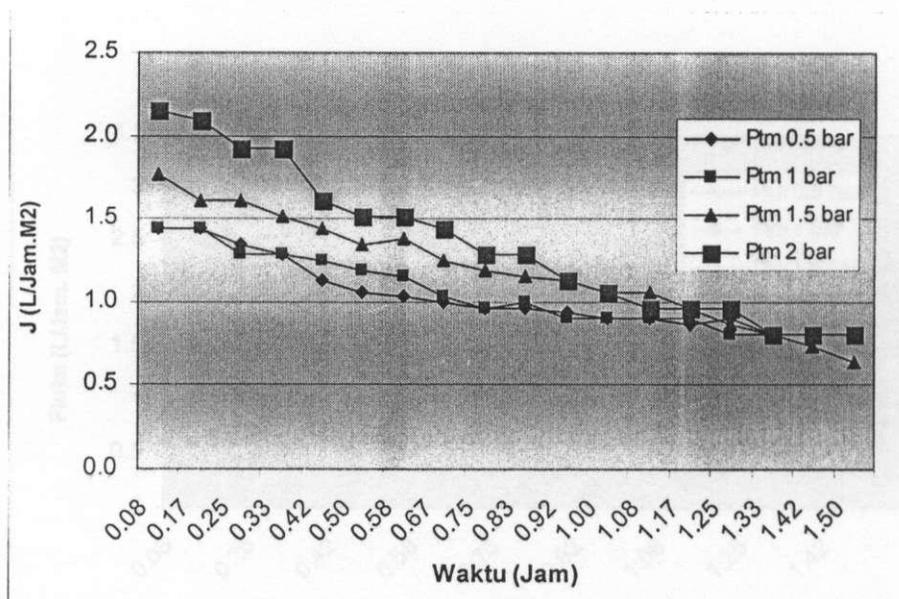
Gambar 5.3. Grafik hubungan Fluks(J) terhadap waktu pada berbagai tekanan untuk pencucian dengan NaOH 0,5 N

Dari Gambar 5.3 menunjukkan bahwa setelah dilakukan pencucian membran dengan NaOH 0.5 N terjadi peningkatan fluks mencapai 3 L/Jam.m². hal ini karena telah terjadi pelarutan sejumlah kontaminan yang ada dalam umpan. Namun demikian sebagian kontaminan tidak ikut terbawa kedalam permeat dan terperangkap kembali didalam membran sehingga akan menyebabkan tahanan membran menjadi meningkat dan laju perkembangan fluks menurun dan relatif konstan setelah 1 jam operasi membran.

Fluks membran sebelum perlakuan pencucian dengan NaOH hanya mencapai 2,2 L/Jam.m², namun setelah pencucian fluks mencapai 3 L/Jam.m², hal ini menunjukkan kinerja bahan kimia pencucian membran mampu menghidrolisis atau pemutusan ikatan pada foulant yang bersifat reversibel berlangsung. Hal yang sama terjadi untuk peningkatan tekanan, pemompaan fluida berpengaruh yang berarti terhadap fluks akibat terjadi turbulensi didekat permukaan membran dan akan menyapu solut yang terakumulasi sehingga mengurangi ketebalan dari lapisan batas dan memperkecil faktor fouling.

5.2.4. Fluks pada pencucian dengan HCL 0.5 N

Gambar 5.4 menunjukkan bahwa efektifitas pencucian dengan HCL lebih rendah dibandingkan dengan NaOH pada konsentrasi yang sama. Fluks tertinggi setelah pencucian dicapai 2.2 L/Jam.m², hal ini lebih rendah dari pencucian dengan NaOH yaitu mencapai 3 L/jam.m². fluks terendah yang dicapai hampir sama untuk keempat tekanan yaitu rata mencapai 1 L/Jam.m². Pengembalian fluks secara rata-rata setelah pencucian dengan HCL lebih rendah dari pada setelah pencucian dengan NaOH. Hal ini diduga penggunaan asam belum mampu mereduksi foulant dengan baik, sehingga foulant tersebut bersifat irreversibel.



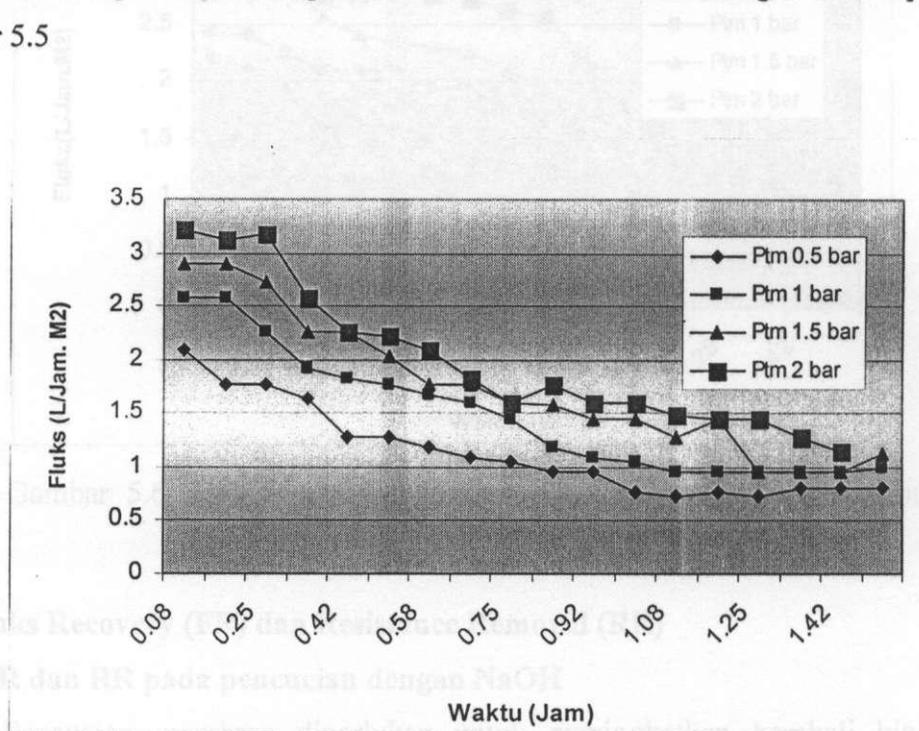
Gambar 5.4. Grafik hubungan Fluks(J) terhadap waktu pada berbagai tekanan untuk pencucian dengan HCL 0,5 N

5.2.5. Fluks pada pencucian dengan NaOH 1 N

Gambar 5.5 menunjukkan setelah pencucian dengan NaOH 1N fluks secara keseluruhan meningkat mencapai 3,3 L/Jam.m². hal ini menunjukkan kinerja bahan pencuci lebih efektif dibandingkan pada konsentrasi lebih kecil dari 1 N. Pada konsentrasi yang tinggi, kemampuan bahan pencuci untuk menghidrolisis atau pemutusan ikatan pada foulant yang bersifat irreversibel lebih besar. Perkembangan penurunan fluks hampir sama untuk semua tekanan, laju

penurunan fluks untuk tekanan 2 bar jauh lebih cepat dibandingkan dengan tekanan yang lain. Hal ini disebabkan terbentuknya polarisasi dan fouling yang lebih cepat sehingga mendorong lebih banyak foulant terperangkap didalam membran.

Fenomena Fluks tertinggi secara rata untuk keseluruhan proses dicapai pada konsentrasi pencucian 1 N dengan NaOH dibandingkan dengan pencucian pada konsentrasi 0.5 N. Tingginya pengembalian fluks mengindikasikan proses pencucian berjalan dengan baik, sehingga tahanan-tahanan yang terbentuk berkurang seperti tahanan yang diakibatkan oleh pore-blocking, adsorption, pembentukan lapisan gel dan polarisasi konsentrasi. Perkembangan fluks seperti gambar 5.5

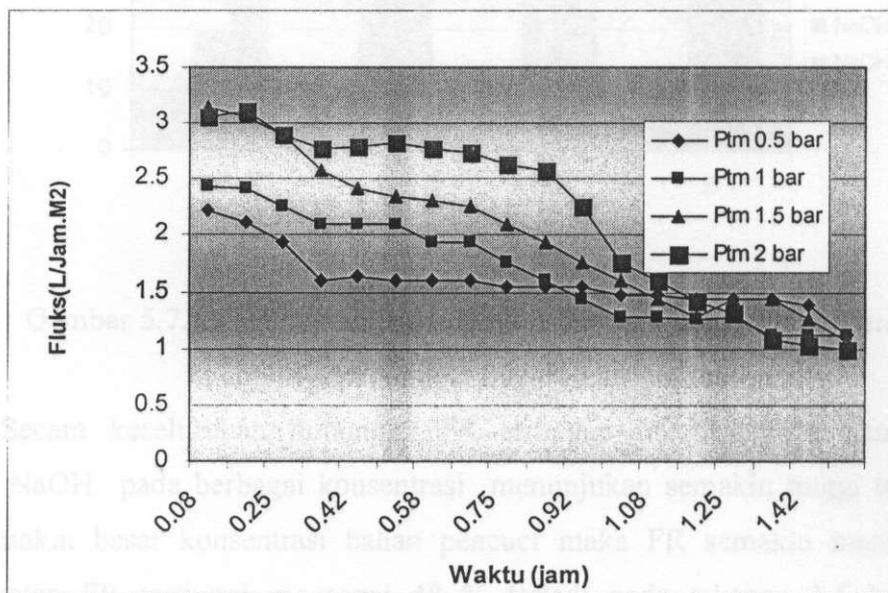


Gambar 5.5. Grafik hubungan Fluks(J) terhadap waktu pada berbagai tekanan untuk pencucian dengan NaOH 1N

5.2.6. Fluks pada pencucian dengan HCL 1 N

Gambar 5.6. menunjukkan karakteristik fluks terhadap tekanan dengan pencucian HCL 1 N menunjukkan pada tekanan 2 bar lebih tinggi mencapai 3 L/Jam.m², dan laju penurunan fluks relatif lambat pada waktu mencapai 1 jam. Setelah satu jam pertama laju penurunan fluks hampir sama untuk ke empat tekanan dan fluks akhir dicapai pada kisaran 1.5 L/Jam.m²

Laju pengembalian fluks rata-rata pada pencucian dengan HCL 1 N lebih kecil dari pencucian dengan NaOH pada konsentrasi yang sama. Pencucian dengan asam belum mampu sepenuhnya melarutkan foulant dari CPO parit. Pencucian dengan asam efektif menghilangkan foulant-foulant jenis kalsium dan terbatas pada foulant-foulant organik dan biologi.

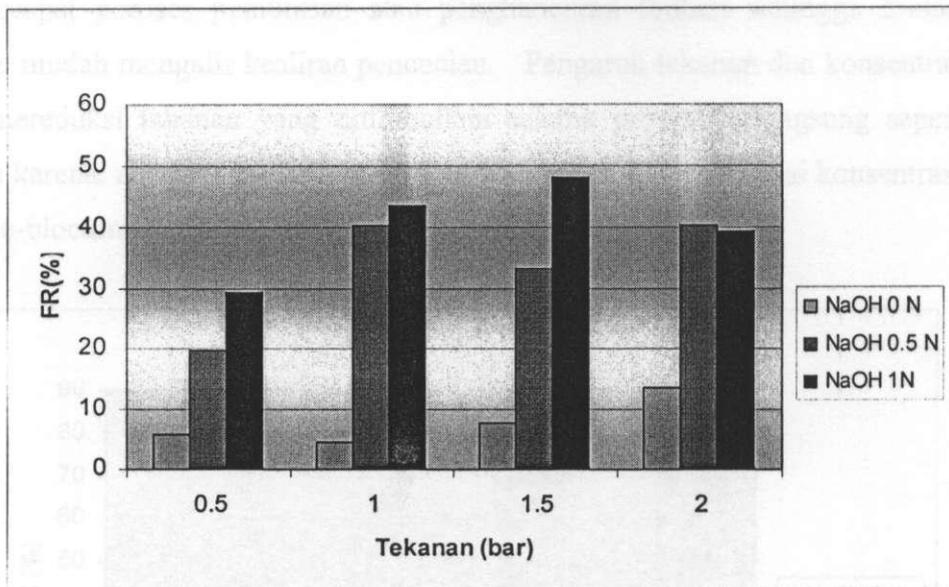


Gambar 5.6. Grafik hubungan Fluks(J) terhadap waktu pada berbagai tekanan untuk pencucian dengan HCL 1 N

5.3. Fluks Recovery (FR) dan Resistance Removal (RR)

5.3.1 FR dan RR pada pencucian dengan NaOH

Pencucian membran diperlukan untuk meningkatkan kembali kinerja membran. Kinerja membran setelah pencucian dapat dilihat antara lain dari parameter *Fluks Recovery (FR)* dan *Resistance Removal (RR)*. Phenomena FR terhadap tekanan transmembran dengan pencucian NaOH pada konsentrasi 0, 0.5 dan 1 N dapat dilihat pada Gambar 5.7

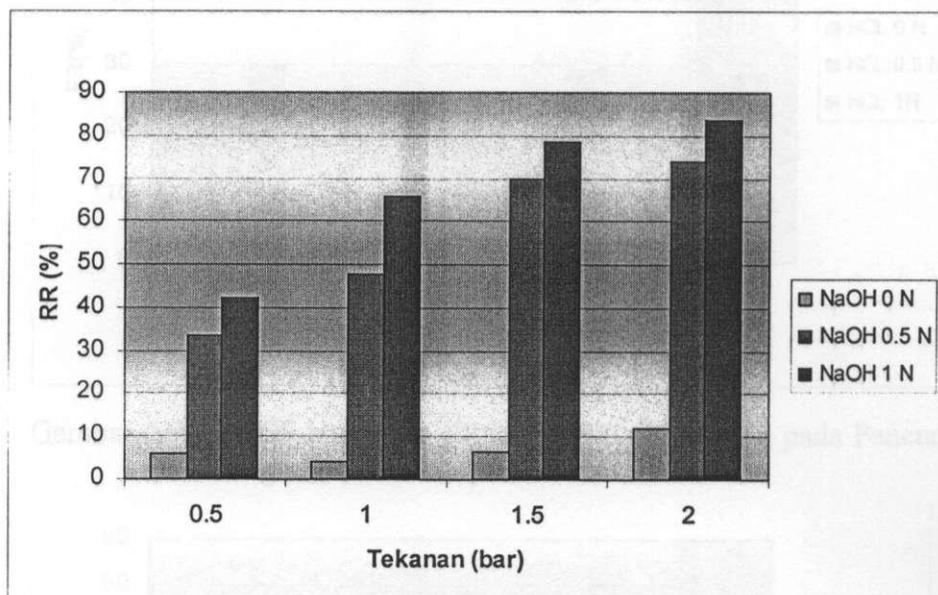


Gambar 5.7. Grafik hubungan FR(%) terhadap Tekanan pada Pencucian dengan NaOH

Secara keseluruhan hubungan FR terhadap tekanan pada pencucian dengan NaOH pada berbagai konsentrasi menunjukkan semakin tinggi tekanan dan semakin besar konsentrasi bahan pencuci maka FR semakin meningkat. Peningkatan FR tertinggi mencapai 48 % terjadi pada tekanan 1,5 bar dan konsentrasi NaOH 1N. FR paling kecil 0,5 % dicapai pada tekanan 1 bar dan konsentrasi NaOH 0 N. Pengaruh tekanan yang tinggi menyebabkan foulant-foulant yang terdeposisi pada permukaan membran dengan cepat tersapu dan ikut kealiran pencucian. Demikian juga konsentrasi menyebabkan foulant yang reversibel maupun irreversibel akan mudah terhidrolisis dan terputus ikatannya dengan membran.

Gambar 5.8. menunjukkan nilai RR semakin tinggi dengan naiknya tekanan dan konsentrasi. RR tertinggi mencapai 82 % dicapai pada tekanan 2 bar dan konsentrasi 1N, sedangkan nilai RR terendah dicapai pada tekanan 1 bar dengan konsentrasi bahan pencuci 0 N. Tekanan dan konsentrasi memberi pengaruh yang besar terhadap nilai RR karena tekanan yang tinggi akan meningkatkan turbulensi aliran sehingga foulant yang terdeposisi pada permukaan atau pada pori membran akan terangkat dan ikut kealiran pencuci. Sedangkan peningkatan konsentrasi akan

mempercepat proses pemutusan atau penghancuran foulant sehingga foulant semakin mudah mengalir kealiran pencucian. Pengaruh tekanan dan konsentrasi dapat mereduksi tahanan yang ditimbulkan selama proses berlangsung seperti tahanan karena: adsorpsi foulant, pembentukan lapisan gel, polarisasi konsentrasi, dan pore-blocking.

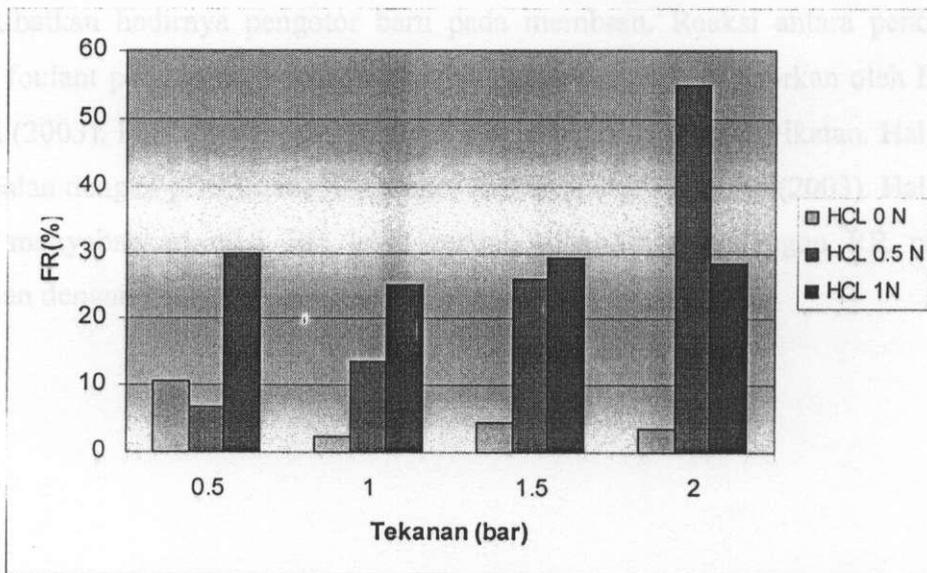


Gambar 5.8. Grafik hubungan RR(%) terhadap Tekanan pada Pencucian dengan NaOH

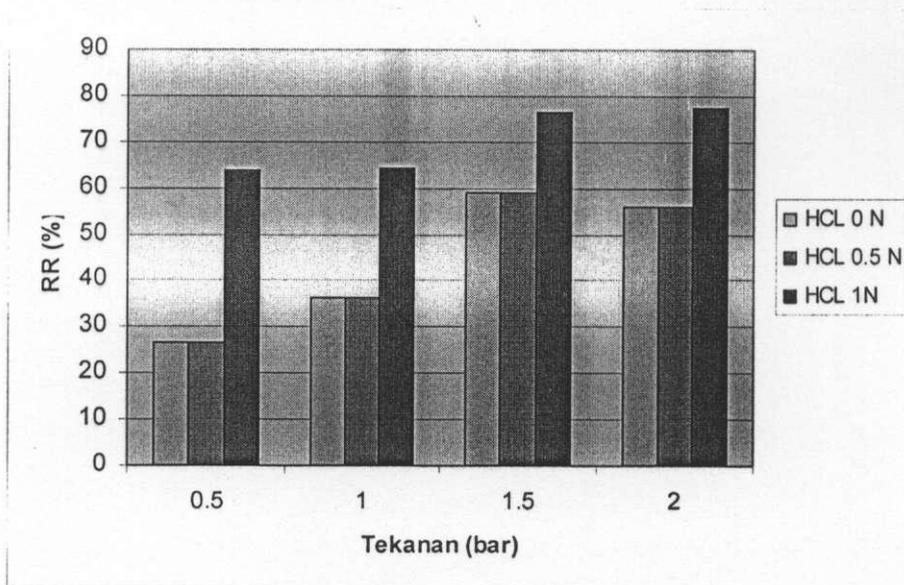
5.3.2 FR dan RR pada pencucian dengan HCL

Gambar 5.9. menunjukkan bahwa pengaruh FR terhadap tekanan dan konsentrasi mencapai 55% pada tekanan 2 bar dan konsentrasi 0.5 N, sedangkan FR terendah dicapai pada tekanan 1 bar dan konsentrasi 0, dan FR rata-rata 30% dicapai pada konsentrasi 1N untuk semua tekanan. Rendahnya FR secara rata-rata diperkirakan karena tahanan akibat polarisasi konsentrasi, gel layer formation dan sebagainya foulant telah terjadi pore-blocking dan adsorption. Hal ini akan menyebabkan penurunan fluks yang sulit dipulihkan. yang semakin besar, dan terbentuknya flok-flok yang akan bereaksi dengan agent pencuci, hal ini akan mengakibatkan hadirnya pengotor baru pada membran. Reaksi antara pencuci

dengan foulant pada kasus pengolahan emulsi minyak telah dilaporkan oleh Lim dan Bei (2003). Pendugaan reaksi adalah hidrolisis dan pemutusan ikatan.



Gambar 5.9. Grafik hubungan FR(%) terhadap Tekanan pada Pencucian dengan HCL



Gambar 5.10. Grafik hubungan RR(%) terhadap Tekanan pada Pencucian dengan HCL

Gambar 5.10 menunjukkan nilai RR meningkat dengan naiknya tekanan dan konsentrasin, nilai RR tertinggi mencapai 70% terjadi pada tekanan 1.5 dan 2 bar.

Hal ini lebih rendah dari RR pada pencucian dengan NaOH., adanya pembentukan flok-flok yang akan bereaksi dengan agent pencuci, hal ini akan mengakibatkan hadirnya pengotor baru pada membran. Reaksi antara pencuci dengan foulant pada kasus pengolahan emulsi minyak telah dilaporkan oleh Lim dan Bei (2003). Pendugaan reaksi adalah hidrolisis dan pemutusan ikatan. Hal ini juga sejalan dengan pengamatan Handoko, Ardianto dan Anggono (2003). Hal ini diduga menyebabkan nilai RR lebih rendah dibandingkan dengan RR pada pencucian dengan NaOH.

- 2) Fluks permeat tertinggi dicapai 3,5 l/jam.m² pada pencucian dengan NaOH 1 N dan tekanan operasi membran 2 bar;
- 3) Fluks permeat Recovery (FR) tertinggi mencapai 55% pada pencucian dengan HCL 0,5 N dan tekanan operasi 2 bar;
- 4) Resistance Removal (RR) paling tinggi mencapai 82% pada tekanan 2 bar dan konsentrasi pencucian dengan NaOH 1 N;
- 5) Faktor konsentrasi larutan pencuci memberikan kontribusi terbesar yaitu mencapai 55,85% untuk FR dan 48,51% untuk RR dan diikuti oleh kombinasi tekanan konsentrasi mencapai 12,65% untuk FR dan kombinasi jenis bahan pencuci dengan konsentrasi dengan kontribusi 20,62%.

5.2. Saran-Saran

Pada penelitian lebih lanjut disarankan untuk mempelajari lebih jauh tentang kinerja membran terhadap tekanan, konsentrasi, jenis bahan pencuci serta material membran dan jenis model yang lainnya sehingga mendapatkan suatu sistem membran yang mempunyai kemampuan kinerja yang lebih sehingga aplikasinya bersifat efektif dan ekonomis.