

PEMISAHAN GUM DARI MINYAK JARAK DENGAN MEMBRAN MIKROFILTRASI

Sri Yuliani¹, Ika Amalia Kartika², Niken Harimurti¹ dan Djajeng Sumangat¹

¹Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
Jl. Tentara Pelajar No. 12A Bogor 16114

²Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga, Bogor

Pemisahan gum (*degumming*) merupakan salah satu tahap pemurnian minyak nabati yang menentukan mutu produk dan efisiensi proses lanjutan. Dalam penggunaan langsung sebagai bahan bakar, adanya gum dalam minyak dapat menyebabkan penyumbatan aliran minyak melalui saluran atau sumbu dalam kompor. Gum dalam minyak juga dapat mengganggu jalannya proses esterifikasi/transesterifikasi untuk produksi biodiesel. Aplikasi teknologi membran untuk memisahkan gum merupakan alternatif teknik pemisahan gum yang dianggap ramah lingkungan dan hemat energi. Untuk mendapatkan efisiensi pemisahan gum yang tinggi, diperlukan kajian kondisi operasi membran. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh kondisi operasi membran (lama filtrasi dan lama *backflush*) pada fluks dan rejeksi gum (fosfolipid). Lama filtrasi dan lama *backflush* yang dikaji masing-masing terdiri atas tiga taraf (berturut-turut 2, 4 dan 6 menit, dan 2, 4 dan 6 detik). Membran yang digunakan berupa membran polipropilen dengan ukuran pori 0,01 μm yang dilengkapi dengan pompa diafragma dan dioperasikan pada tekanan 1 bar. Lama filtrasi dan lama *backflush* berpengaruh pada fluks dan pengurangan fosfolipid. Kombinasi perlakuan lama filtrasi 4 menit dan lama *backflush* 2 detik memberikan pemisahan fosfolipid tertinggi (25,47%), sedangkan fluks tertinggi (8,42 l/m^2) diperoleh dari kombinasi perlakuan lama filtrasi 2 menit dan lama *backflush* 6 detik. Filtrasi membran juga dapat memisahkan fosfolipid *non-hydratable* yang ditunjukkan dengan menurunnya kadar mineral (kalsium, magnesium dan besi) di dalam minyak jarak.

Kata kunci: gum, minyak jarak, membran, fosfolipid, *degumming*

ABSTRACT. Yuliani, S., Amalia Kartika, I., Harimurti, N and D. Sumangat 2008. Separation of gum from *jatropha* oil by using microfiltrasi. Degumming is an oil-refining step determining product quality and further processing efficiency. In direct use of oil for stove fuel, the presence of gum can block the oil channel or wick. Gum can also lower the efficiency of esterification/transesterification process in biodiesel production. The use of membrane filtration is an environmentally friendly and low energy approach for separating gum. Study on membrane process condition is required to obtain high separation efficiency. This research was aimed at investigating the influence of membrane operation conditions (length of filtration and backflushing time) on the oil fluxes and rejections of gum (phospholipid). The experiment was conducted in factorial completely randomised design with two factors (length of filtration and backflushing time) and three levels (2, 4 and 6 minutes, and 2, 4 dan 6 seconds, respectively). A polypropylene membrane (average pore size of 0.01 μm) equipped with diaphragm pump was operated at 1 bar for the whole experiments. Length of filtration and backflushing time influenced oil fluxes and rejection of phospholipids. Length of filtration time of 4 minutes and length of backflushing time of 2 seconds gave the highest phospholipid separation (25.47%). The highest flux (8.42 $\text{l/m}^2\text{h}$) was observed at length of filtration time of 2 minutes and length of backflushing time of 6 seconds. Membrane filtration also separated non-hydratable phospholipids indicated by the decrease in mineral contents (calcium, magnesium, iron) in *jatropha* oils.

Keywords : gum, *jatropha* oil, membrane, phospholipids, *degumming*

PENDAHULUAN

Minyak jarak pagar merupakan salah satu bentuk bioenergi yang memiliki potensi untuk dikembangkan di Indonesia. Pemanfaatan minyak nabati ini menawarkan alternatif solusi masalah bahan bakar berbasis fosil yang cadangannya makin menipis serta harganya yang melonjak. Minyak jarak dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar atau dikonversi menjadi biodiesel melalui reaksi esterifikasi/transesterifikasi (Openshaw, 2000; Pramanik, 2003; Shah *et al.*, 2004; Meher *et al.*,

2006). Sebelum digunakan, kotoran-kotoran yang secara alami terkandung di dalam minyak jarak hasil pengepresan perlu dipisahkan. Kotoran tersebut dapat berupa asam lemak bebas (*free fatty acid* atau FFA), fosfolipid, bahan pembentuk warna, karbohidrat, senyawaan nitrogen dan komponen runtu seperti besi, sulfur, tembaga dan halogen (Cmolik dan Pokorny, 2000; Kim *et al.*, 2002; Manjula dan Subramanian, 2006). Adanya pengotor tersebut dapat menurunkan stabilitas minyak selama penyimpanan dan mengganggu proses pemurnian. Pada penggunaan minyak jarak secara langsung sebagai bahan bakar, pengotor yang

sebagian besar berbentuk gum, dapat menyebabkan penyumbatan aliran minyak melalui saluran atau sumbu di dalam kompor. Keberadaan gum juga dapat menurunkan perolehan biodisel (metil ester) yang diproses setelah minyak dinetralisasi (Lin *et al.*, 1997; Ramadhas *et al.*, 2005). Hasil samping netralisasi yang berupa sabun (*soap-stock*) dapat menyerap gum dan menyulitkan pemisahannya. Sebagian minyak akan terambil ketika sabun tersebut dipisahkan sehingga mengurangi perolehan minyak. Oleh karena itu, pemisahan gum merupakan bagian penting dari proses pemurnian minyak.

Fosfolipid, komponen utama pembentuk gum, merupakan senyawa serupa trigliserida yang salah satu asam lemaknya disubstitusi oleh gugus fosforil. Berdasarkan kemampuan hidrasinya, fosfolipid digolongkan menjadi fosfolipid yang dapat dihidrasi (*hydratable phospholipids*) dan fosfolipid yang tidak dapat dihidrasi (*non hydratable phospholipids*) (Dijkstra, 1998). Pemisahan fosfolipid *hydratable* lebih mudah dilakukan karena fosfolipid tersebut dapat menyerap air sehingga menjadi bersifat tidak larut dalam minyak dan dapat dipisahkan secara mekanis. Fosfolipid *non-hydratable* lebih sulit dipisahkan, terutama yang berbentuk garam kalsium dan magnesium. Untuk dapat menghidrasinya diperlukan dekomposisi fosfatidat (Manjula dan Subramanian, 2006). Fosfolipid mempunyai dua gugus yaitu gugus polar (*fosforil*) dan gugus nonpolar (asam lemak). Oleh karena itu, fosfolipid cenderung membentuk agregat atau misela dalam lingkungan *non-aqueous* seperti minyak.

Gum dapat dipisahkan dengan beberapa teknik, diantaranya pemisahan secara kimia dengan asam dan air, pemisahan secara enzimatis dan pemisahan dengan membran. Masing-masing teknik memiliki keunggulan dan kelemahan sehingga diperlukan pengkajian yang komprehensif sebelum menentukan pilihan. Sebagai contoh, pemisahan dengan cara penambahan asam dan air dianggap cukup memuaskan dengan tingkat pengurangan fosfolipid lebih dari 90% (Yuliani *et al.*, 2006). Namun demikian, pemisahan secara kimia mengakibatkan kehilangan minyak dalam jumlah yang besar selama pemisahan, membutuhkan konsumsi energi, air dan bahan kimia dalam jumlah yang besar dan dihasilkannya limbah cair sehingga teknik ini dinilai tidak lagi menarik (Koseoglu dan Engalgau, 1990; Lin *et al.*, 1997; Koris dan Vatai, 2002; Nasirullah, 2005; Manjula dan Subramanian, 2006). Pemisahan dengan membran, walaupun belum banyak diaplikasikan dalam skala komersial, dianggap potensial untuk dikembangkan karena konsumsi energinya yang rendah dan limbah yang dihasilkan minimum.

Prinsip operasi pemisahan dengan membran adalah memisahkan satu atau lebih komponen dari suatu aliran

fluida. Secara umum proses ini digunakan untuk memisahkan makromolekul, substansi biologi, komponen yang tidak terlarut (suspensi dan koloid) serta partikel lain yang tidak dikehendaki dalam suatu cairan. Parameter utama yang digunakan dalam penilaian kinerja membran filtrasi adalah fluks dan rejeksi (Osada dan Nakagawa, 1992).

Kinerja membran dapat menurun dengan semakin panjang waktu filtrasi yang ditunjukkan dengan penurunan fluks. Penurunan fluks dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain polarisasi konsentrasi, adsorpsi, pembentukan lapisan gel dan penyumbatan pada membran yang disebut *fouling* (Mulder, 1991). *Fouling* dapat diatasi dengan pencucian hidrolik yang dikenal dengan *backpulsing* atau *backflushing*. Metode ini pada prinsipnya membalikkan aliran permeat melalui membran dalam periode waktu yang sangat pendek dan frekuensi yang tinggi untuk mengangkat atau mengeluarkan partikel-partikel pengotor dari permukaan atau pori membran (Mores *et al.*, 1999; Sondhi dan Bhawe, 2001). *Backflushing* efektif dalam mengurangi *fouling* dan dapat menjaga fluks tetap tinggi. Selain itu, *backflushing* dapat mengembalikan fluks seperti semula hingga 97,5% (Sondhi dan Bhawe, 2001).

Untuk mendapatkan kinerja pemisahan gum yang baik, diperlukan kajian kondisi operasi membran. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh lama filtrasi dan lama *backflush* pada fluks dan kinerja pemisahan fosfolipid dari minyak jarak. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran kinerja pemisahan gum dari minyak jarak dengan menggunakan teknologi membran sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam memilih teknik pemisahan gum.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai dengan Oktober 2007 di Laboratorium Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.

A. Bahan dan Alat

Minyak jarak pagar yang digunakan diperoleh dari pengempaan biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) asal Sumbawa dengan kadar air 8,92%. Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis antara lain kalium hidroksida, alkohol netral 95%, asam klorida, amonium molibdat, amonium vanadat, lantanum oksida, indikator fenolftalein, akuades dan lain-lain.

Membran yang digunakan berupa membran *hollow fiber* polipropilen (luas membran 1 m²; diameter pori rata-rata 0,01 µm) yang dilengkapi dengan pompa diafragma.

Peralatan yang digunakan untuk analisis berupa gelas piala, erlenmeyer, labu ukur, cawan porselen, buret, pipet, pengaduk, penangas air, desikator, tanur, spektrofotometer dan lain-lain.

B. Metode

Penelitian ini terdiri atas penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan bertujuan untuk menentukan lama filtrasi dan tekanan operasi membran. Lama filtrasi dan tekanan operasi yang diperoleh dari penelitian pendahuluan digunakan pada penelitian utama untuk mempelajari pengaruh lama filtrasi dan backflush terhadap fluks dan rejeksi fosfolipid. Karakterisasi dilakukan terhadap minyak jarak sebelum dan sesudah filtrasi yang meliputi kadar fosfor (P) dan fosfolipid ekuivalen, kadar kalsium (Ca), magnesium (Mg), besi (Fe), bilangan asam dan FFA.

1. Penelitian Pendahuluan

Penentuan lama filtrasi dilakukan pada tekanan 0,25 bar dan suhu ruang (29°C) selama 60 menit. Fluks diukur setiap menit lalu hasil pengukurannya diplotkan dalam grafik untuk mendapatkan lama filtrasi pada saat nilai fluks konstan. Tekanan operasi ditentukan dengan mengukur fluks pada suatu rentang tekanan (0,25 - 1,25 bar) selama waktu filtrasi yang telah ditentukan dari percobaan sebelumnya. Hasil pengukuran fluks pada tiap satuan tekanan diplotkan dalam grafik untuk mendapatkan tekanan operasi pada saat fluks konstan.

2. Penelitian Utama

Tekanan operasi yang diperoleh dari penelitian pendahuluan digunakan untuk proses pemurnian minyak jarak pagar dengan lama filtrasi dan backflush yang bervariasi. Waktu filtrasi yang dicobakan adalah 2, 4 dan 6 menit dengan lama backflush 2, 4 dan 6 detik.

Filtrasi dilakukan dengan mengalirkan minyak jarak pagar ke dalam modul membran menggunakan pompa diafragma yang dioperasikan secara otomatis. Tekanan trans-membran akan mendorong minyak untuk menembus pori-pori membran yang sangat kecil dan akan menahan pengotor-pengotor seperti fosfolipid dan padatan tersuspensi. Minyak yang telah difiltrasi selanjutnya dialirkan melalui saluran permeat menuju tempat penampungan produk. Proses filtrasi akan berlangsung selama waktu filtrasi yang telah ditentukan. Setelah lama filtrasi tercapai, backflush akan berjalan secara otomatis selama waktu yang telah ditentukan. Kompresor akan mendorong udara ke dalam modul membran dalam arah yang berlawanan dengan aliran umpan dan selanjutnya dialirkan melalui bagian bawah modul membran menuju

tempat penampungan buangan. Siklus filtrasi dan backflush berlangsung secara otomatis selama peralatan dioperasikan (30 menit) untuk menyaring minyak sekitar 4l.

3. Analisis

Analisis yang dilakukan meliputi penentuan kadar fosfor dengan spektrofotometer (Paquot, 1979), fosfolipid (Carelli *et al.*, 2002), bilangan asam dan kadar asam lemak bebas (SNI 01-3555-1998), kadar Fe (SNI 19-2896-1998), kadar Ca (SNI 01-2362-1991) dan kadar Mg (SNI 01-2362-1991).

4. Rancangan Percobaan

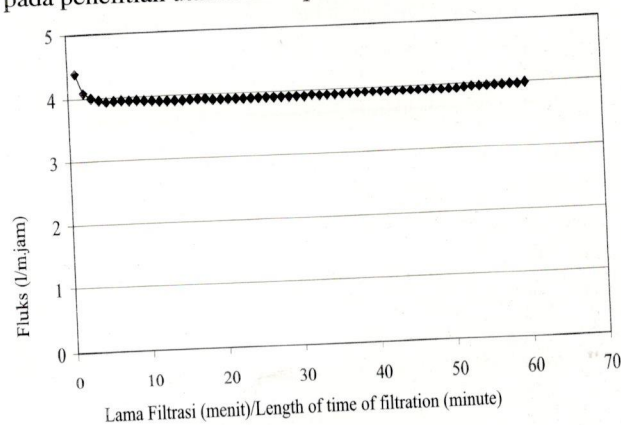
Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian utama adalah rancangan acak lengkap faktorial. Faktor-faktor yang dipelajari adalah lama filtrasi (A) dan lama backflush (B). Faktor lama filtrasi (A) mempunyai 3 taraf, yaitu 2, 4 dan 6 menit, sedangkan faktor lama backflush (B) mempunyai 3 taraf, yaitu 2, 4 dan 6 detik. Seluruh perlakuan dalam penelitian ini dilakukan dalam tiga kali ulangan. Parameter yang diamati meliputi fluks, kadar fosfor dan fosfolipid ekuivalen, bilangan asam, FFA, kadar kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan besi (Fe).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penelitian Pendahuluan

1. Penentuan Lama Filtrasi

Fluks minyak jarak rata-rata sekitar 4 l/m².jam dan mencapai nilai konstan pada lama filtrasi 4 menit (Gambar 1). Fenomena ini menunjukkan bahwa pada mikrofiltrasi minyak jarak tidak terjadi "long-term fouling". Proses berjalan dengan stabil dan tidak terjadi fouling yang berarti. Berdasarkan hasil ini, lama filtrasi yang digunakan pada penelitian utama ditetapkan 4 menit.



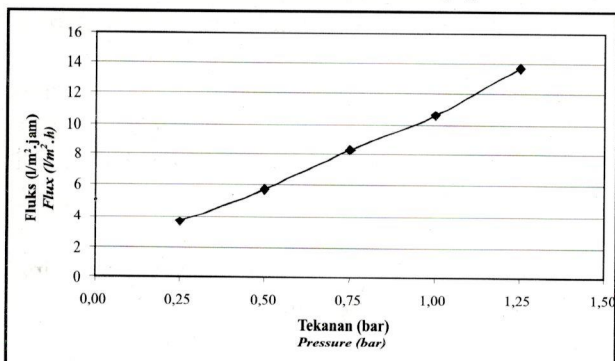
Gambar 1. Profil hubungan antara lamanya filtrasi dengan fluks
Figure 1. Profile of correlation between length of time of filtration and flux

Tabel 1. Karakteristik minyak jarak kasar dan permeat serta rejeksi fosfolipid selama mikrofiltrasi minyak jarak
 Table 1. Characteristics of filtered jatropha oil and phospholipid rejection

Lama Filtrasi (menit) <i>Length of Filtration time (minutes)</i>	Bilangan Asam (mg KOH/g sampel) <i>Acid Number (mg KOH/g sample)</i>	FFA (%)	Kadar Fosfor (mg/kg) <i>Phosphor content (mg/kg)</i>	Kadar Fosfolipid (mg/kg) <i>Phospholipid content (mg/kg)</i>	Rejeksi Fosfolipid (%) <i>Phospholipid rejection (%)</i>
0	5,30	2,81	38,85	1165,5	-
1	5,48	2,75	37,21	1116,3	4,22
4	5,43	2,73	35,01	1050,3	9,88
7	5,52	2,77	34,19	1025,7	11,99
10	5,35	2,69	30,75	922,5	20,85
48	5,67	2,85	16,40	492,0	57,79
60	5,46	2,74	24,68	740,4	36,48

Karakteristik minyak jarak hasil filtrasi (permeat) yang meliputi kadar fosfor, fosfolipid, bilangan asam dan FFA ditampilkan pada Tabel 1. Fosfolipid menurun dengan tingkat rejeksi 4,22 – 57,79%. Semakin panjang lama filtrasi, tingkat rejeksi fosfolipid semakin tinggi. Fosfolipid dapat ditahan oleh membran karena di dalam sistem *non-aqueous*, molekul-molekul fosfolipid dapat membentuk misela atau kompleks agregat yang besar dimana bobot molekulnya dapat mencapai 20.000 Da atau lebih, dengan ukuran molekul adalah 0,018 sampai 0,2 μm (Snape dan Nakajima, 1996; Ochoa *et al.*, 2001). Ukuran pori membran yang digunakan adalah 0,01 μm , sehingga misela fosfolipid yang ukurannya lebih besar dari 0,01 μm akan tertahan di atas permukaan membran. Dalam penelitian ini, rejeksi fosfolipid yang diperoleh mencapai 57,79%.

Bilangan asam dan FFA tidak menunjukkan penurunan yang berarti. Hal ini menunjukkan bahwa selama mikrofiltrasi, membran tidak mampu menahan lolosnya asam lemak bebas. Fenomena ini dapat disebabkan oleh ukuran pori membran yang lebih besar (0,01 μm) dibandingkan ukuran asam lemak bebas (± 200 Da atau setara dengan 0,0004 μm). Manjula dan Subramanian (2006) menyatakan bahwa membran yang ideal untuk memisahkan asam lemak bebas adalah membran yang bersifat hidrofobik dengan ukuran pori yang lebih spesifik atau memiliki ukuran pori yang lebih kecil dari ukuran molekul asam lemak bebas. Penurunan jumlah asam lemak bebas kurang dari 10% dengan menggunakan membran dengan MWCO 30 dan 50 kDa juga disebutkan



Gambar 2. Profil hubungan antara tekanan dengan fluks
 Figure 2. Profile of correlation between pressure and flux

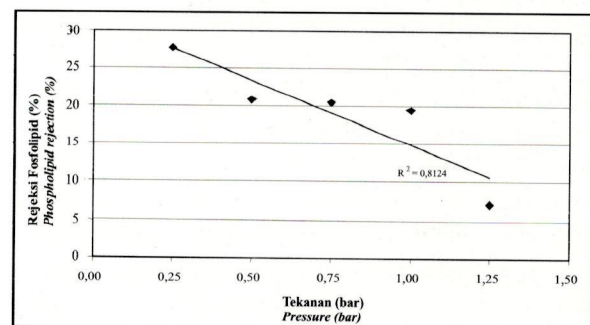
dalam literatur (Kartika, 2006). Material membran yang digunakan pada penelitian ini adalah polipropilen yang bersifat hidrofobik tetapi ukuran pori yang digunakan masih terlalu besar sehingga meloloskan asam lemak bebas.

2. Pengaruh Tekanan terhadap Fluks dan Rejeksi Fosfolipid

Pengujian pengaruh tekanan terhadap fluks permeat dilakukan pada tekanan 0,25 - 1,25 bar, suhu ruang (29°C) dan lama filtrasi 4 menit. Fluks meningkat dengan meningkatnya tekanan (Gambar 2). Mulder (1991) mengemukakan bahwa peningkatan tekanan sampai batas tertentu akan meningkatkan fluks tetapi pada peningkatan tekanan selanjutnya fluks akan konstan (*pressure independent flux*) akibat polarisasi konsentrasi pada permukaan membran. Peningkatan tekanan akan meningkatkan konsolidasi partikel-partikel untuk membentuk lapisan partikel-partikel pada permukaan membran dan mengakibatkan peningkatan tahanan perpindahan.

Pada rentang tekanan yang dicobakan, kondisi *pressure independent flux* belum dicapai. Namun demikian, untuk penelitian selanjutnya tekanan 1 bar ditetapkan sebagai tekanan operasi karena pada tekanan tersebut diperoleh fluks yang cukup tinggi dan rejeksi fosfolipid yang lebih besar dari tekanan 1,25 bar (Tabel 1).

Hasil karakterisasi permeat yang diperoleh dari percobaan penetapan tekanan operasi disajikan pada



Gambar 3. Profil hubungan antara tekanan dengan rejeksi fosfolipid

Figure 3. Profile of correlation between pressure and rejection of phospholipids

Tabel 2. Karakteristik minyak jarak kasar dan permeat serta rejeksi fosfolipid selama mikrofiltrasi minyak jarak pada berbagai tekanan yang digunakan

Table 2. Characteristics of filtered jatropha oil at different pressures and rejection of phospholipid

Tekanan (bar) Pressure (bar)	Bilangan Asam (mg KOH/g sampel) Acid Number (mg KOH/g sample)	FFA (%)	Kadar Fosfor (mg/kg) Phosphor content (mg/kg)	Kadar Fosfolipid (mg/kg) Phospholipid content (mg/kg)	Rejeksi Fosfolipid (%) Phospholipid rejection (%)
0,00	4,51	2,27	50,36	1510,8	-
0,25	5,39	2,71	36,40	1092,0	27,72
0,50	5,08	2,55	39,87	1196,1	20,83
0,75	5,70	2,86	40,05	1201,5	20,47
1,00	5,08	2,55	40,54	1216,2	19,48
1,25	4,91	2,47	46,78	1403,4	7,11

Tabel 2. Kadar fosfor dan fosfolipid permeat meningkat dengan meningkatnya tekanan yang digunakan. Penurunan tingkat rejeksi fosfolipid ini dapat disebabkan oleh adanya fenomena polarisasi konsentrasi (Gambar 3). Pada saat terjadi polarisasi konsentrasi maka konsentrasi solut di permukaan membran akan meningkat, demikian pula dengan konsentrasi solut di permeat akibat semakin tingginya tekanan dan fluks permeat. Pada tekanan tinggi lapisan gel yang terbentuk dari molekul yang terejeksi menumpuk pada permukaan membran menyebabkan aliran proses menjadi sangat tergantung pada kekuatan lapisan tersebut (Pagliero *et al.*, 2001). Oleh karena itu, tingkat rejeksi akan menurun pada daerah fluks yang dipengaruhi tekanan (*pressure-dependent flux region*) dan meningkat pada daerah yang tidak tergantung tekanan (*gel polarised/pressure-independent region*).

Bilangan asam dan FFA permeat tidak menunjukkan perbedaan yang berarti dengan meningkatnya tekanan. Seperti telah dijelaskan sebelumnya fenomena ini terjadi karena ukuran pori membran jauh lebih besar dari asam lemak bebas sehingga membran tidak mampu merejeksi asam lemak bebas.

B. Penelitian Utama

Pada penelitian utama dipelajari pengaruh lama filtrasi dan *backflush* terhadap fluks minyak jarak dan rejeksi fosfolipid. Lama atau durasi filtrasi yang digunakan adalah 2, 4 dan 6 menit, sedangkan durasi *backflush* yang digunakan adalah 2, 4 dan 6 detik. Karakteristik minyak jarak kasar ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik minyak jarak kasar

Table 3. Characteristics of crude jatropha oil

Komponen Components	Kandungan Contents
Fosfor Phosphor	38,70 ± 4,08 mg/kg
Fosfolipid Phospholipid	1161,07 ± 122,46 mg/kg
Kalsium Calcium	73,75 ± 25,06 mg/kg
Magnesium Magnesium	17,49 ± 4,65 mg/kg
Besi Iron	57,82 mg/kg

1. Pengaruh Lama Filtrasi dan *Backflush* terhadap Fluks

Pengujian pengaruh lama filtrasi dan waktu *backflush* terhadap fluks dilakukan pada tekanan 1 bar dan suhu ruang (29°C). Fluks yang terukur pada setiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar tersebut menunjukkan bahwa *backflush* dapat mengembalikan fluks seperti semula bahkan nilainya lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya polarisasi konsentrasi pada permukaan membran.

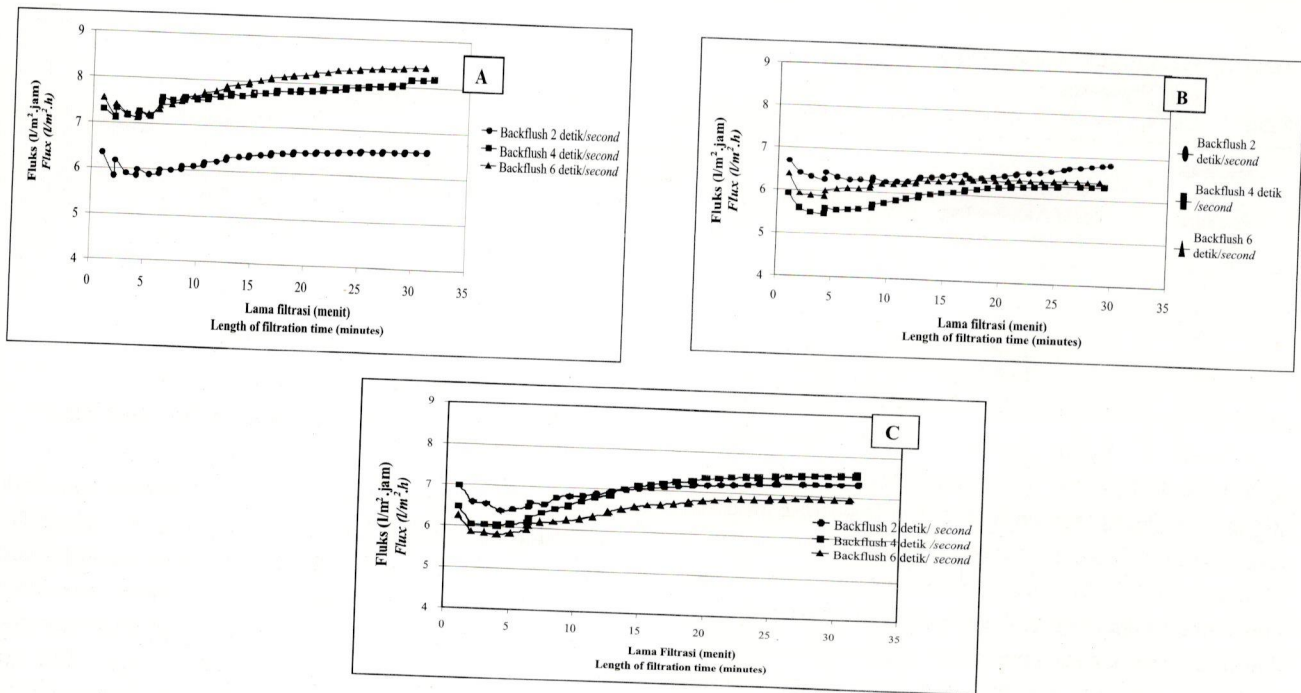
Lama filtrasi 2 menit dan *backflush* 6 detik menghasilkan fluks tertinggi (8,42 l/m².jam). Hal ini disebabkan karena pada kombinasi perlakuan tersebut frekuensi dilakukannya *backflush* paling tinggi (15 kali) dengan periode *backflush* yang panjang sehingga kotoran-kotoran yang menyumbat membran atau yang berada di atas permukaan membran dapat lebih banyak terangkat dibandingkan dengan kombinasi perlakuan lainnya.

Pada perlakuan lama filtrasi 4 menit, fluks tertinggi dihasilkan dari perlakuan *backflush* 2 detik (6,87 l/m².jam) (Gambar 4B), sedangkan pada perlakuan lama filtrasi yang lebih panjang (6 menit), fluks tertinggi diperoleh dari perlakuan *backflush* 4 detik. Interaksi kedua perlakuan tersebut berpengaruh terhadap fluks permeat dimana frekuensi *backflush* yang tinggi dengan periode yang panjang (pada lama filtrasi yang pendek) menghasilkan fluks yang tinggi.

2. Pengaruh Lama Filtrasi dan *Backflush* terhadap Rejeksi Fosfolipid

Rejeksi fosfolipid merupakan parameter utama untuk mengetahui efektifitas membran dalam memisahkan gum. Kadar fosfolipid minyak jarak sebelum dan setelah mikrofiltrasi pada berbagai perlakuan dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan, bahwa kadar fosfolipid cenderung menurun dengan meningkatnya lama filtrasi. Hal ini dapat disebabkan oleh terjadinya lebih banyak



Gambar 4. Fluks pada berbagai perlakuan lama filtrasi dan *backflush* untuk pengoperasian membran selama 30 menit (A) Lama filtrasi 2 menit; (B) Lama filtrasi 4 menit; (C) Lama filtrasi 6 menit

Figure 4. Fluxes of *Jatropha* oil at different length of filtration time and backflush for 30 minutes of membrane operation (A) Length of filtration time of 2 minutes for 30 minutes of membrane operation; (B) Length of filtration time of 4 minutes; (C) Length of filtration time of 6 minutes

penumpukan kotoran pada waktu filtrasi yang lebih panjang. Kotoran tersebut dapat membentuk lapisan gel yang menutup pori membran dan memperkecil ukuran pori yang sebenarnya.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, lama filtrasi, lama *backflush* dan interaksi keduanya berpengaruh nyata pada kadar fosfolipid. Perlakuan filtrasi selama 6 menit dan *backflush* selama 4 detik menghasilkan permeat dengan kadar fosfolipid terendah (832,8 mg/kg). Perlakuan ini secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan filtrasi selama 6 menit dan *backflush* selama 6 detik. Namun demikian, perlakuan filtrasi selama 6 menit dan *backflush* selama 4 detik dianggap memberikan hasil terbaik karena memiliki fluks yang lebih tinggi.

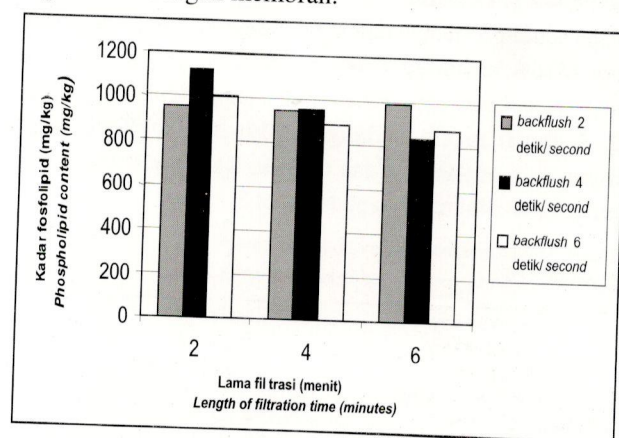
Rejeksi fosfolipid cenderung menurun dengan semakin panjangnya periode *backflush* (Gambar 6). Hal ini disebabkan karena dengan periode *backflush* yang panjang, tumpukan misela fosfolipid lebih banyak yang terangkat dari permukaan membran. Setelah *backflush*, fosfolipid yang memiliki ukuran yang lebih kecil dari pori membran akan dengan mudah lolos.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, lama filtrasi, lama *backflush* dan interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap rejeksi fosfolipid. Dari hasil uji lanjut Duncan diperoleh kombinasi perlakuan filtrasi selama 4 menit dan selama *backflush* 2 detik merupakan perlakuan yang memiliki rejeksi fosfolipid terbaik (25,47%). *Backflush* akan efektif bila dilakukan dalam periode waktu yang sangat

pendek dengan frekuensi yang tinggi (Mores *et al.*, 1999; Sondhi dan Bhawe, 2001). Pada perlakuan ini, waktu *backflush* sangat singkat (2 detik) dan frekuensi yang cukup tinggi (7 kali) sehingga dapat memberikan rejeksi fosfolipid paling tinggi.

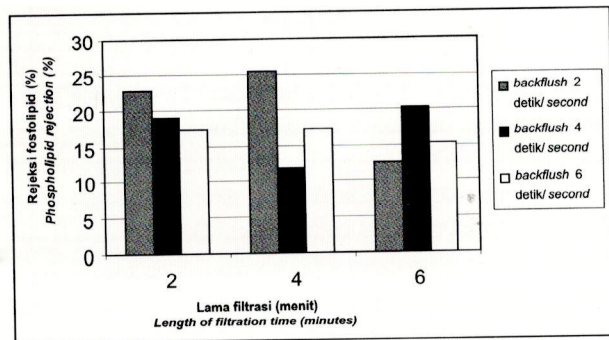
3. Pengaruh Lama Filtrasi dan *Backflush* terhadap Rejeksi Mineral

Pada penelitian ini, rejeksi mineral diukur untuk memberikan gambaran bagian fosfolipid *non-hydratable* yang dapat dipisahkan dengan membran.



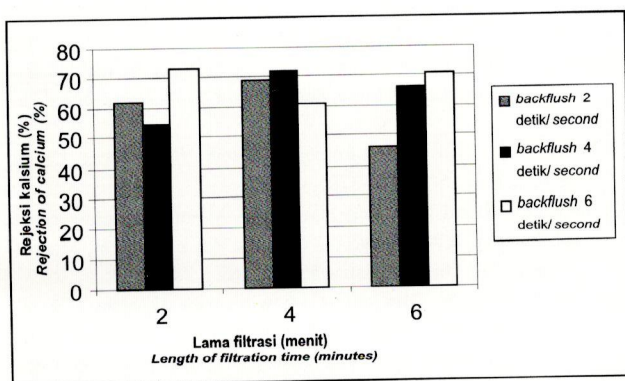
Gambar 5. Kadar fosfolipid minyak jarak kasar hasil mikrofiltrasi pada berbagai lama filtrasi dan *backflush* untuk pengoperasian membran selama 30 menit

Figure 5. Phospholipids content of filtered *Jatropha* oil at different length of filtration time and backflush for 30 minutes of membrane operation



Gambar 6. Rejeksi fosfolipid mikrofiltrasi minyak jarak pada berbagai lama filtrasi dan backflush untuk pengoperasian membran selama 30 menit

Figure 6. Phospholipid rejection of jatropha oil microfiltration at different length of filtration time and backflush for 30 minutes of membrane operation



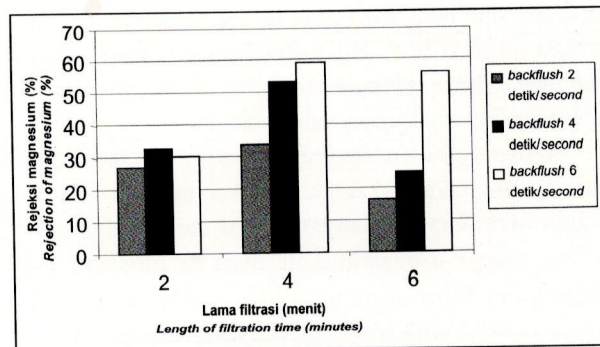
Gambar 7. Rejeksi kalsium mikrofiltrasi minyak jarak pada berbagai lama filtrasi dan backflush untuk pengoperasian membran selama 30 menit

Figure 7. Rejection of calcium of microfiltration of Jatropha oil at different length of filtration time and backflush for 30 minutes of membrane operation

a. Rejeksi Kalsium

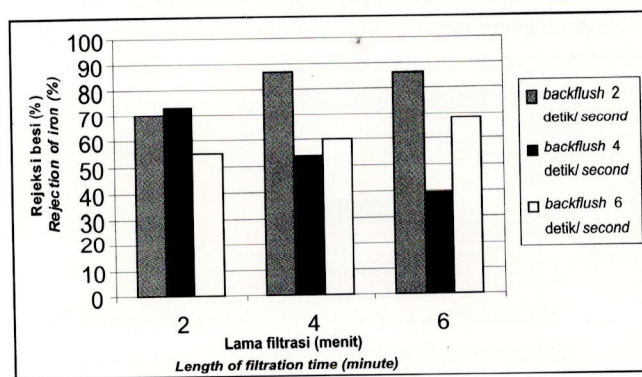
Rejeksi kalsium sekitar 40,87-74,44% (Gambar 7). Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, faktor A (lama filtrasi), faktor B (lama backflush) dan interaksi kedua faktor (lama filtrasi dan waktu backflush) berpengaruh nyata terhadap kadar kalsium.

Lama filtrasi 4 dan 6 menit dengan backflush selama 4 detik menghasilkan rejeksi kalsium yang meningkat dan selanjutnya menurun pada backflush selama 6 detik. Fenomena ini dapat disebabkan karena backflush selama periode yang panjang akan menghilangkan kotoran lebih banyak sehingga filtrasi minyak setelah backflush akan menurunkan rejeksi disebabkan kotoran yang ukurannya lebih kecil dari pori membran dapat melewati membran. Kalsium yang terdapat dalam minyak jarak terdapat dalam bentuk garam kalsium yang berikatan dengan molekul fosfolipid. Filtrasi selama 2 menit dan backflush selama 6 detik merupakan kombinasi perlakuan yang memiliki rejeksi kalsium tertinggi (73,01%).



Gambar 8. Rejeksi magnesium mikrofiltrasi minyak jarak berbagai lama filtrasi dan backflush untuk pengoperasian membran selama 30 menit

Figure 8. Rejection of magnesium of microfiltration of jatropha oil at different length of filtration time and backflush for 30 minutes of membrane operation



Gambar 9. Rejeksi besi mikrofiltrasi minyak jarak pada berbagai lama filtrasi dan backflush untuk pengoperasian membran selama 30 menit

Figure 9. Rejection of iron of microfiltration of jatropha oil at different length of filtration time and backflush for 30 minutes of membrane operation

b. Rejeksi Magnesium

Rejeksi magnesium berkisar 14,30 - 64,51% (Gambar 8) dan cenderung meningkat dengan meningkatnya waktu filtrasi dan backflush. Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, hal ini berhubungan dengan fenomena polarisasi konsentrasi yang dapat meningkatkan rejeksi fosfolipid.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, faktor lama filtrasi, lama backflush dan interaksi keduanya berpengaruh nyata pada rejeksi magnesium. Uji lanjut Duncan memberikan hasil bahwa kombinasi perlakuan filtrasi selama 4 menit dan backflush selama 6 detik memberikan rejeksi magnesium terbaik (59,27%).

c. Rejeksi Besi

Rejeksi besi berkisar 35,07 - 89,37% (Gambar 9). Analisis sidik ragam menunjukkan, bahwa lama filtrasi tidak berpengaruh nyata pada rejeksi besi, sedangkan lama

backflush dan interaksi kedua faktor berpengaruh nyata terhadap rejeksi besi. Uji lanjut Duncan menghasilkan kombinasi filtrasi selama 4 menit dan *backflush* selama 2 detik memiliki rejeksi besi terbaik (86,44%).

Hasil penelitian menunjukkan, bahwa besi merupakan mineral yang memiliki tingkat rejeksi tertinggi. Hal ini diduga berhubungan dengan bobot molekulnya yang paling tinggi dibandingkan dengan kalsium dan magnesium. Mineral-mineral yang terkandung dalam minyak jarak ini tidak hanya mineral yang berikatan dengan fosfolipid tetapi juga dapat berupa kotoran-kotoran yang tidak larut dalam minyak (*fat insoluble* dan terdispersi dalam minyak) seperti abu dan mineral yang terkandung dalam pigmen. Penelitian yang dilakukan oleh Subramanian dan Nakajima (1997), menyatakan bahwa tidak hanya fosfolipid *hydratable* yang dapat dipisahkan dengan membran tetapi juga fosfolipid *nonhydratable*. Penurunan fosfolipid *nonhydratable* dengan membran lebih tinggi dibandingkan dengan *degumming* secara konvensional.

KESIMPULAN

1. Filtrasi membran polipropilen berukuran pori 0,01 μm menurunkan kadar fosfolipid dalam minyak jarak pagar tetapi tidak dapat mengurangi kadar asam lemak bebas. Perlakuan lama filtrasi dan *backflush* serta kombinasi keduanya berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar fosfolipid. Perlakuan yang memberikan rejeksi fosfolipid terbaik adalah filtrasi selama 4 menit dengan *backflush* selama 2 detik (25,47%). Perlakuan *backflush* mampu mengembalikan dan meningkatkan fluks. Fluks terbaik diperoleh dari perlakuan filtrasi 2 menit dengan *backflush* 6 detik (fluks 8,42 l/m². jam).
2. Mikrofiltrasi minyak jarak dan perlakuan *backflush* juga dapat merejeksi kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan besi (Fe) yang menunjukkan terpisahnya fosfolipid *nonhydratable*. Perlakuan yang memberikan rejeksi kalsium terbaik adalah filtrasi selama 2 menit dengan *backflush* selama 6 detik (73,01%). Rejeksi magnesium terbaik diperoleh dari perlakuan lama filtrasi 4 menit dengan *backflush* 6 detik (59,27%), sedangkan rejeksi besi terbaik diperoleh dari perlakuan lama filtrasi 4 menit dengan *backflush* 2 detik (86,44%).

SARAN

Studi lebih lanjut pemisahan gum dari minyak jarak pagar menggunakan membran dengan ukuran pori yang lebih kecil (0,01 – 0,001 μm) perlu dilakukan sehingga rejeksi fosfolipidnya dapat ditingkatkan dan kandungan asam lemak bebasnya dapat diturunkan. Dengan demikian, teknologi membran dapat lebih berdaya guna karena dapat digunakan untuk pemisahan gum sekaligus deasidifikasi tanpa penambahan pelarut.

DAFTAR PUSTAKA

- Carelli, A. A., L. N. Ceci and G. H. Crapiste. 2002. Phosphorus to phospholipid conversion factors for crude and degummed sunflower oils. *Journal of American Oil Chemistry Society* 79 : 1177 – 1180.
- Cmolik, J. and J. Pokorny. 2000. Physical refining of edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* 102:472-486.
- Dijkstra, A.J. 1988. Degumming revisited. *Oleagineux, Corps Gras, Lipide*. 5(5):367-370.
- Koseoglu, S. S and D. E. Engalgau. 1990. Membrane applications and research in the edible oil industry: An assessment. *Journal of American Oil Chemistry Society*. 67 : 239 -249.
- Kartika, I. A. 2006. Purification of twin-screw extruder-pressed sunflower oil using polyethersulfone ultrafiltration membranes. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 16 : 58 – 65.
- Kim, I.-C., J.-H. Kim, K.-H. Lee and T.-M. Tak. 2002. Phospholipids separation (degumming) from crude vegetable oil by polyimide ultrafiltration membrane. *Journal of Membrane Technology* 205:113-123.
- Koris, A. and G. Vatai. 2002. Dry degumming of vegetable oils by membran filtration. *Desalination*. 148:149-153.
- Lin, L., K.C. Rhee and S.S. Koseoglu. 1997. Bench-scale of membrane degumming of crude vegetable oil: Process optimisation. *Journal of Membrane Science*. 134:101-108.
- Manjula, S. and R. Subramanian. 2006. Membrane technology in degumming, dewaxing, deacidifying and decolorizing edible oils. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46 : 569 - 592.
- Meher, L.C. V.D. Sagar and S.N. Naik, 2006. Technical aspects of biodiesel production by transesterification—a review, *J.Renew. Sustain. Energy Rev.* 10: 248–268.
- Mores, W. D., C. N. Bowman and R. H. Davis. 1999. Theoretical and experimental flux maximization by optimization of backpulsing. *Journal of Membrane Science* 165 : 225 – 236.
- Mulder, M. 1991. Basic principles of membrane technology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Nasirullah. 2005. Physical refining: Electronic degumming of nonhydratable gums from selected vegetable oils. *Journal of Food Lipids* 12:103-111.

- Ochoa, N., C. Pagliero, J. Marchese and M. Mattea. 2001. Ultrafiltration of vegetable oils degumming by polymeric membranes. *Separation and Purification Technology* 22-23: 417-422.
- Osada, Y. dan T. Nakagawa. 1992. *Membrane Science and Technology*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy* 19: 1-15
- Pagliero, C., N. Ochoa, J. Marchese and M. Mattea. 2001. Degumming of crude soybean oil by ultrafiltration using polymeric membranes. *Journal of American Oil Chemistry Society*, Vol. 78, no. 8 : 793 – 796.
- Paquot, C. 1979. *Standard Method for The Analysis of Oils, Fats and Derivatives*. Pergamon Press, England.
- Pramanik, K., 2003. Properties and use of *Jatropha curcas* oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. *Renewable Energy* 28, 239–248.
- Ramadhas, A.S., S. Jayaraj dan C. Muraleedharan. 2005. Biodiesel production from high FFA rubber seed oil. *Fuel* 84:35-340
- Snape, J. B and M. Nakajima. 1996. Processing of agricultural fats and oils using membrane technology. *Journal of Food Engineering* 30 : 1 – 41.
- Shah, S., S. Sharma and M.N. Gupta. 2004. Biodiesel preparation by lipase-catalysed transesterification of *jatropha* oil. *Energy and Fuels*. 18:154-159.
- Sondhi, R and R. Bhawe. 2001. Role of backpulsing in fouling minimization in crossflow filtration with ceramic membranes. *Journal of Membranes Science* 186 : 41 – 52.
- Subramanian, R. and M. Nakajima. 1997. Membrane degumming of crude soybean and rapeseed oils. *Journal of The American Oil Chemists' Society* 74 : 971 – 975.
- Yuliani, S., A. Chairunnisa, N. Harimurti dan D. Sumangat. 2006. Pemisahan gum dari minyak jarak dengan cara penambahan air dan asam. *Prosiding Lokakarya II: Status Tanaman Jarak Pagar*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. h 348-353.