

Karakterisasi Permeabilitas Serabut Kelapa Sebagai Bahan Media Filtrasi

N. Wahyudi^{1*}, H.S.B. Rochardjo², dan J. Waluyo²

¹Magister Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

²Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika 2, Yogyakarta 55281, Indonesia

E-mail: lek Nur2000@gmail.com

Abstrak

Media filtrasi merupakan material yang pada saat kondisi operasi sebuah filter memiliki sifat mampu alir terhadap fluida tertentu dan juga memiliki sifat tidak mampu alir terhadap zat-zat pengotor tertentu. Filter tipe *Deep-bed filtration* memiliki media filtrasi berbentuk padatan granular seperti pasir maupun berupa lapisan serat alam, serat sintesis ataupun serat metal yang dipadatkan. Serat yang digunakan sebagai media filtrasi *Deep-bed filtration* bekerja dengan prinsip saat fluida mengalir melalui filter maka zat-zat partikulat pengotor tertahan dan terkumpul di sela-sela rongga pori-pori yang terbentuk diantara sekumpulan serat media filtrasi. Jumlah serat yang digunakan per satuan volume atau densitas media filtrasi menentukan nilai tahanan alir atau permeabilitas sebuah media filtrasi. Penelitian ini difokuskan dalam melihat karakteristik permeabilitas media filtrasi serat sabut kelapa berdasarkan jumlah kerapatan serat yang digunakan. Karakteristik permeabilitas media filtrasi sangat berpengaruh terhadap efisiensi aliran fluida dalam aplikasi filter pasir sumur minyak bumi. Karakteristik permeabilitas serat sabut kelapa diukur dengan cara membuat core spesimen uji diameter 3,8 cm, panjang 7 cm dan variasi massa serat sabut kelapa spesimen uji 7,5; 10; 15; 17,5 dan 20 gram. Kemudian masing-masing spesimen uji core diukur nilai permeabilitasnya menggunakan alat *Permeability Meter* AFS200. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai permeabilitas serat sabut kelapa menurun seiring bertambahnya massa serat sabut kelapa yang digunakan untuk membuat core spesimen uji. Nilai permeabilitas paling rendah 8508 miliDarcy diperoleh dari spesimen uji dengan massa sabut 20 gram dan nilai permeabilitas paling tinggi 19.790 miliDarcy dihasilkan dari spesimen uji dengan massa sabut 7,5 gram.

Kata kunci : Media Filtrasi, Serat Sabut Kelapa, Permeabilitas, miliDarcy.

Abstract

A filter medium is a material which at the operating conditions of the filter has flowability to certain fluids and also has an impermeability to selected impurities. A Deep Bed Filtration type filter have a filtration medium in the form of granular solids such as sand or in the form of fibers layer as Natural fibers, Synthetic fibers and Metal fibers. The fibers as a filter medium of Deep Bed Filtration works on the principle that when the fluid flows through the filter, the impurities particulate solids are held and collected in between the porous cavities formed by group of filter medium fibers. An number of fibers per unit volume or density used to develop the filter lead the flow resistance or permeability value of a filter medium. This research focused on permeability characterization of coir as filter medium material based on the coir fiber density. The permeability characterization of the filter medium is highly impact to the fluid flow efficiency of the oil well with sand filter application. The permeability characterization process of the coir fiber was carried out by build a core specimen with a diameter of 3.8 cm, 7 cm in length and weight variable of the coir fiber specimens for 7.5, 10, 15, 17.5, and 20 grams. Then the permeability of the core specimens measured using permeability meter AFS200. The results showed the permeability value of coir decreased as increasing the coir fiber weight for developing the core specimens. The lowest permeability value recorded at 8508 millidarcy for 20-gram coir specimen and the highest permeability value at 19.790 millidarcy for 7.5-gram coir specimen.

Keywords : Filter medium, Coir fiber, Permeability, miliDarcy.

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan tropis dengan panjang garis pantai terpanjang nomor 2 (dua) di dunia merupakan salah satu negara penghasil buah kelapa terbesar di dunia. Dengan jumlah produksi buah kelapa mencapai 17 juta ton per tahun menjadikan Indonesia memiliki 30% production share dari seluruh total produksi buah kelapa di dunia (*worldatlas.com*, 2019). Besarnya produksi buah kelapa ini ternyata tidak dibarengi dengan besarnya produksi produk sampingan dari pemrosesan buah kelapa berupa serabut kelapa atau coir. Berdasarkan data dari Direktorat Jendral Perkebunan-Kementrian Pertanian, total ekspor produk serabut kelapa mentah dan yang sudah diproses pada tahun 2015-2017 hanya sekitar 35.000-ton. Indonesia hanya menempati peringkat ke-5 sebagai negara produsen serabut kelapa mentah (*coir*) di dunia, jauh dibawah negara India yang mampu memproduksi sekitar 390.000-ton pertahun. (*marketwatch.com*, 2019). Menurut Lay dan Pasang (2003), serabut kelapa ini terkenal memiliki sifat kuat, ulet, elastis, tahan suhu tinggi dan tidak mudah lapuk. Serabut kelapa memiliki ukuran diameter serat antara 0,1-1,5 mm (Djarmiko dkk., 1990) dan memiliki kemampuan filtrasi limbah cair rumah makan dengan menurunkan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) (Utomo dkk., 2018).

Penelitian pemanfaatan serabut serat kelapa sebagai adsorban pada aplikasi filter air telah dilakukan untuk memproses limbah cairan industri tekstil. Penelitian tersebut dilakukan dengan memadatkan serabut kelapa di dalam pipa dengan ketebalan 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm. Simulasi cairan limbah tekstil yang terbuat dari methylene blue dicampur air dilewatkan pada pipa yang sudah terisi serabut kelapa. Cairan yang keluar dari saluran pipa dengan serabut kelapa ditampung dan diukur tingkat intensitas cahayanya menggunakan Luxmeter. Kesimpulan dari percobaan pemanfaatan serabut kelapa pada aplikasi filter air limbah pewarna tekstil didapatkan hasil bahwa ketebalan dan kerapatan serabut kelapa sangat berpengaruh terhadap efektivitas filtrasi. Semakin tebal dan rapat serabut kelapa yang digunakan maka semakin efektif dalam melakukan filtrasi limbah pewarna tekstil, hal ini dapat dilihat dari semakin jernihnya air keluaran dari filter tersebut (Pratama dkk., 2016).

Menurut Wahyuningrum dkk. (2014) serabut serat kelapa bisa digunakan sebagai media filtrasi fluida gas untuk memisahkan padatan dari aliran gas. Aplikasi serabut kelapa pada proses filtrasi fluida gas dilakukan dengan melakukan pengujian filtering padatan emisi zat partikulat berukuran PM 2,5-mikron yang berasal dari kendaraan sepeda motor. Proses penelitian dilakukan dengan cara membentuk serabut kelapa menjadi filter batangan yang menyerupai bentuk Diesel particulate Filter (DPF). Pembentukan filter DPF menggunakan serabut kelapa dilakukan beberapa variasi kerapatan batangannya. Efisiensi filtrasi gas buang ini dibuktikan dengan mengukur konsentrasi zat partikulat berukuran PM 2,5 mikron yang keluar dari filter tersebut. Dari hasil pengujian efektivitas filtrasi sebuah filter DPF serabut kelapa didapatkan nilai efektivitas sistem filtrasi sekitar 36% sampai 47%. Pengaruh kerapatan batang filter DPF serabut kelapa menyebabkan perbedaan efisiensi filtrasi. Semakin kecil nilai kerapatan batang filter DPF yang digunakan menghasilkan semakin rendah nilai efisiensi filtrasinya.

Hasil penelitian aplikasi filtrasi menggunakan sabut kelapa oleh Pratama dkk. (2016) dan Wahyuningrum dkk. (2014) menunjukkan adanya hubungan antara densitas serabut kelapa yang digunakan dengan efektivitas filtrasi. Kenaikan densitas serabut kelapa yang digunakan menaikkan efektivitas sistem filtrasinya. Kedua penelitian tersebut belum menyinggung masalah permeabilitas yang terjadi pada media filtrasi berdasarkan densitasnya. Penulis berkeinginan untuk meneliti karakteristik permeabilitas serat sabut kelapa berdasarkan massa per satuan volume serat atau densitas.

Penelitian tentang hubungan antara permeabilitas media filtrasi aplikasi filter pasir (K_{ann}) dan permeabilitas reservoir (K_r) sumur minyak bumi sudah dilakukan oleh Hodge dkk. (2002). Nilai permeabilitas media filtrasi mempengaruhi efisiensi aliran fluida dari reservoir ke lubang sumur. Nilai permeabilitas media filtrasi sebuah filter pasir (K_{ann}) yang sama besar nilainya dengan nilai permeabilitas reservoir (K_r) (perbandingan $K_{ann}/K_r = 1$) menyebabkan nilai efisiensi aliran fluida menjadi 50%. Nilai perbandingan $K_{ann}/K_r = 3$ menghasilkan efisiensi aliran fluida 72%. Dan nilai efisiensi aliran fluida tertinggi 80% dihasilkan dari perbandingan nilai $K_{ann}/K_r = 50$, serta nilai efisiensi 80% cenderung flat sampai perbandingan nilai $K_{ann}/K_r = 1000$.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, serat sabut kelapa memiliki potensi untuk diaplikasikan sebagai media filtrasi aplikasi filter pasir sumur minyak bumi jenis *Deep-bed filtration*. Prinsip kerja *Deep-bed filtration* filter pasir adalah apabila fluida minyak mengalir melalui filter maka padatan partikulat pengotor pasir formasi tertahan dan terkumpul di sela-sela rongga porous yang terbentuk diantara sekumpulan serat media filtrasi. Data permeabilitas media filtrasi merupakan salah satu faktor yang penting dalam perencanaan aplikasi filter pasir. Sejauh yang penulis ketahui dari berbagai referensi, saat ini belum ada penelitian yang menunjukkan data permeabilitas serat sabut kelapa berdasarkan kerapatan serat.

Pada penelitian ini, penulis ingin meneliti karakteristik permeabilitas serat sabut kelapa berdasarkan densitas kerapatan serat. Data permeabilitas serat sabut kelapa selanjutnya digunakan sebagai acuan perencanaan kerapatan

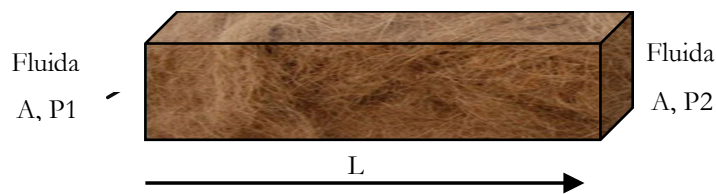
serat yang sesuai untuk aplikasi filter pasir sumur minyak miyak bumi lapangan Delta di Riau. Sumur minyak lapangan Delta memiliki data permeabilitas reservoir antara 500-2000 miliDarcy.

2. METODE PENELITIAN

Filtrasi merupakan proses pemisahan dengan menghilangkan partikel padatan, mikro organisme ataupun droplets yang berasal dari cairan maupun gas yang kemudian diendapkan pada media filtrasi (septum). Partikel yang ditangkap diendapkan pada permukaan media filtrasi maupun di dalam media filtrasi. Proses filtrasi pada umumnya berguna untuk membersihkan fluida dari partikel-partikel pengotor yang kadang terikut dalam aliran fluida. Partikel-partikel pengotor yang terkumpul pada media filtrasi selanjutnya dibuang secara kontinyu selama filter beroperasi maupun secara intermitten dibersihkan ketika filter sedang tidak digunakan.

2.1. Pengukuran Permeabilitas

Permeabilitas merupakan kemampuan untuk mengalirkan fluida oleh suatu media berpori, yang mana masing-masing pori-pori tersebut saling terhubung antara satu dengan lainnya. Nilai permeabilitas suatu media di industri lebih sering dinyatakan dalam satuan Darcy. Nilai permeabilitas (k) 1 Darcy menunjukkan media dengan luas penampang (A) 1 cm² dengan panjang (L) 1 cm mampu mengalirkan fluida yang memiliki viskositas (μ) 1 centipoise dengan menghasilkan debit aliran (Q) 1 cm³/detik dan pressure drop aliran (dP) 1 atm. Gambar formulasi untuk mencari nilai permeabilitas suatu material (bahan) dapat dilihat seperti pada Gambar 1. dan rumus untuk mencari formulasi nilai permeabilitas dapat dijelaskan pada persamaan (1) berikut ini:



Gambar 1. Formulasi permeabilitas suatu material

$$Q = k \frac{dP}{L} \frac{A}{\mu} \quad (1)$$

Pengujian permeabilitas material porous menggunakan media air mengacu pada standar pengujian ASTM D5084. Standar pengujian ini menjelaskan metode pengukuran konduktivitas hidrolis atau permeabilitas sebuah material berongga menggunakan permeameter dinding fleksibel. Pengujian permeabilitas di industri perminyakan biasanya dilakukan terhadap spesimen core batuan reservoir yang diambil dari dalam sumur minyak bumi. Data permeabilitas batuan selanjutnya digunakan sebagai data pendukung optimisasi produksi sumur minyak bumi.

2.2. Pengujian Permeabilitas Serat Sabut Kelapa

2.2.1. Pemilahan sabut kelapa

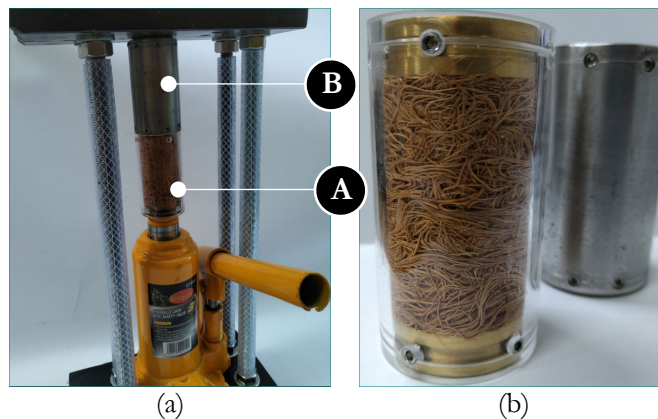
Bahan sabut kelapa sebelum diproses menjadi spesimen uji core permeabilitas, diperlukan langkah-langkah persiapan agar didapatkan spesimen uji yang baik dan seragam. Langkah pertama yang dilakukan yaitu pemilahan serat sabut kelapa yang baik, bersih & seragam serta memisahkan dari sisa-sisa kulit kelapa dan gabus yang masih menempel pada serat sabut kelapa. Pemilahan dimaksudkan agar data permeabilitas yang didapatkan selama pengukuran merupakan gambaran nilai permeabilitas serat sabut kelapa murni dan meminimalkan kemungkinan adanya pengaruh zat pengotor gabus dan kulit kelapa. Zat pengotor gabus dan kulit kelapa yang sudah dipisahkan dari serat sabut kelapa dapat dilihat pada Gambar 2 (a). Dan serat sabut kelapa yang baik terlihat seperti pada Gambar 2 (b).



Gambar 2. (a) Zat pengotor dan (b) serat sabut kelapa hasil pemilahan

2.2.2. Pembentukan core spesimen uji permeabilitas

Serat sabut kelapa yang sudah lulus proses pemilahan selanjutnya dilakukan penimbangan menggunakan neraca massa. Serat sabut kelapa ditimbang masing-masing massanya 7,5 gram, 10 gram, 15 gram, 17,5 gram dan 20 gram sebagai variasi massa serat sabut kelapa spesimen uji. Kemudian masing-masing spesimen serat sabut kelapa dimasukkan ke dalam core spesimen uji yang terbuat dari selongsong plastik akrilik & selongsong baja tahan karat. Core uji memiliki tutup yang terbuat dari kuningan berlubang pada kedua bagian sisi selongsong. Core spesimen uji memiliki dimensi ukuran diameter luar 3,8 cm, diameter dalam 3,2 cm, panjang total 7 cm dan tebal tutup kuningan masing-masing 1 cm. Alat tekan hidrolik digunakan untuk memudahkan proses pemasukan serabut kelapa ke dalam selongsong core. Detail susunan proses penekanan serabut kelapa dapat dilihat pada Gambar 3 (a). Cara penekanan serabut kelapa diawali dengan memasukkan serabut kelapa ke dalam selongsong plastik pembantu (A) dan selongsong core (B), kemudian selongsong core disusun diatas selongsong plastik pembantu. Lalu dari bagian bawah selongsong plastik pembantu ditekan dengan poros alat tekan hidrolik sehingga serabut kelapa bergerak masuk ke dalam selongsong core spesimen uji. Setelah serat sabut kelapa ditekan ke dalam selongsong core selanjutnya pada kedua tutup kuningan diikat dengan menggunakan baut tanam agar bentuk core spesimen uji permeabilitas memiliki ukuran panjang yang tetap dan seragam. Core spesimen uji permeabilitas serat sabut kelapa yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3 (b).



Gambar 3. (a) Alat tekan dan (b) core Spesimen untuk uji permeabilitas

2.2.3. Pengujian permeabilitas

Pengujian permeabilitas serabut kelapa dilakukan di fasilitas laboratorium PT. CPI, di Duri, Riau. Peralatan yang digunakan untuk mengukur permeabilitas yaitu permeability meter AFS200. Detail gambar alat permeability meter AFS200 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alat uji permeability meter AFS200

Secara umum, komponen alat uji *Permeability Meter* AFS200 terdiri dari *Teledyne Isco Pump*, *Hassler Core Holder*, *Hydraulic Pump*, *Pressure Transmitter* dan *Digital Backpressure*. Detail diagram skematik alat uji *Permeability Meter* AFS200 dapat dilihat pada Gambar 5.

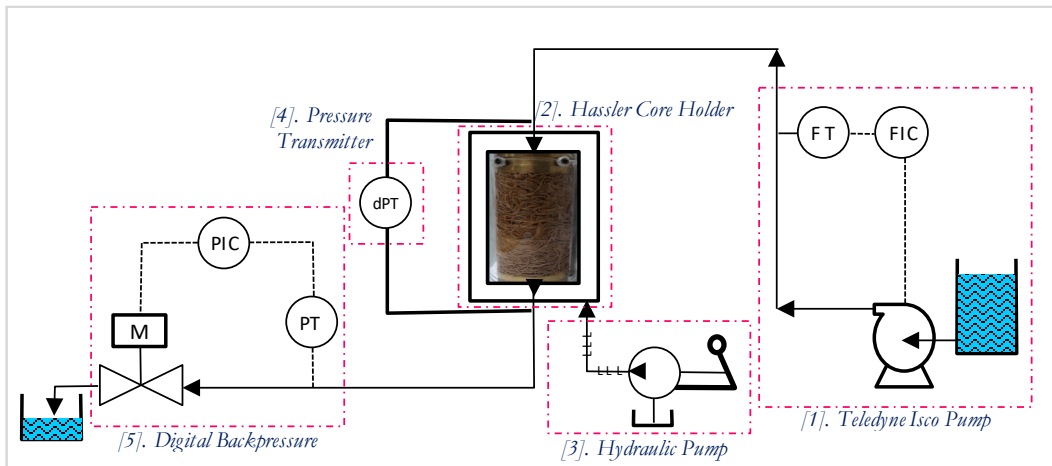
Teledyne Isco Pump 500D berfungsi untuk memompa fluida uji secara kontinyu dengan prinsip pompa piston. Alat ini memiliki spesifikasi debit aliran sebesar 0,001 – 200 ml/menit dengan akurasi 0,5% dari titik setingnya. Alat ini mampu beroperasi pada range tekanan 0 – 260 kg/cm² dengan akurasi 0,5% dari titik setingnya.

Hassler Core Holder berfungsi sebagai tempat spesimen core yang memegang spesimen uji. Alat ini memiliki spesifikasi tekanan kerja maksimal sampai 560 kg/cm² dan mampu memegang spesimen uji core dengan ukuran diameter core 2,5 – 3,8 cm dan panjang core maksimal sampai 10 cm.

Hydraulic Pump berfungsi untuk memberikan tekanan oli terhadap karet perapat di dalam *Hassler Core Holder*.

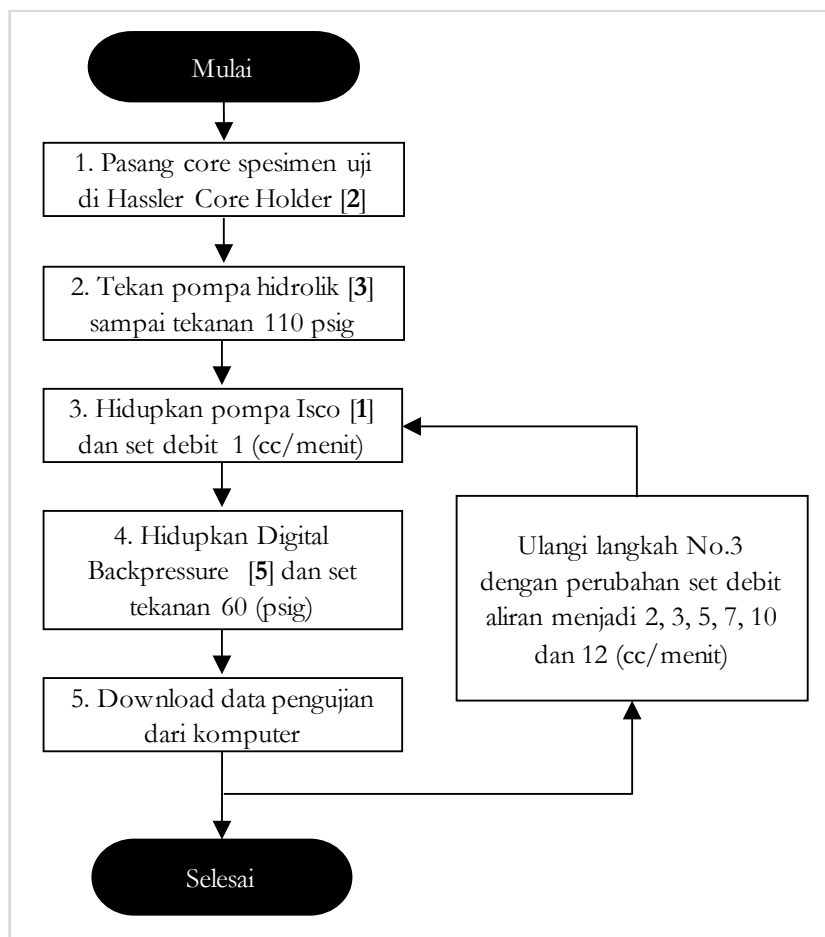
Pressure Transmitter berfungsi untuk mengukur perbedaan tekanan disisi *upstream* dan *downstream* spesimen uji. Perbedaan tekanan antara *upstream* dan *downstream* ini menunjukkan pressure drop aliran yang terjadi pada core. Nilai perbedaan tekanan tersebut digunakan dalam perhitungan nilai permeabilitas spesimen uji. Alat ini memiliki spesifikasi tekanan kerja maksimum sampai 560 kg/cm² dengan batasan perbedaan tekanan antara 7×10^{-4} – 70 kg/cm².

Digital Back Pressure berfungsi untuk mengontrol tekanan pori pada sistem dengan menggunakan kontrol elektronik motor servo. Alat ini memiliki spesifikasi tekanan kerja antara 3 – 527 kg/cm².



Gambar 5. Diagram skematik alat uji permeability meter AFS200

Langkah-langkah proses pengujian permeabilitas core dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir proses pengujian permeabilitas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pengujian permeabilitas core spesimen uji massa serat 7,5 – 20 gram dapat dilihat pada Tabel 1 – 5.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Massa Serat 7,5 gram

Debit [Q] (ml/menit)	Viskositas [μ] (cP)	Panjang [L] (cm)	Area [A] (cm ²)	dP (psid)	1000*14.7*Q* μ *L/(60*A)
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.01	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.01	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.01	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.01	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.01	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.01	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.01	386.8
5	0.9	4.83	8.2610	0.03	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.04	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.04	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.04	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.03	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.02	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.02	644.7
7	0.9	4.83	8.2610	0.04	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.05	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.05	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.05	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.05	902.6
10	0.9	4.83	8.2610	0.07	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.06	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.07	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.06	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.06	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.06	1289.5
12	0.9	4.83	8.2610	0.08	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.08	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.08	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.07	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.08	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.08	1547.4

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Massa Serat 10 gram

Debit [Q] (ml/menit)	Viskositas [μ] (cP)	Panjang [L] (cm)	Area [A] (cm ²)	dP (psid)	1000*14.7*Q* μ *L/(60*A)
1	0.9	4.83	8.2610	0.01	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.01	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.01	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.01	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.01	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.01	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.01	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.01	128.9

Debit [Q] (ml/menit)	Viskositas [μ] (cP)	Panjang [L] (cm)	Area [A] (cm ²)	dP (psid)	1000*14.7*Q* μ *L/(60*A)
5	0.9	4.83	8.2610	0.03	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.03	644.7
7	0.9	4.83	8.2610	0.04	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.05	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.04	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.04	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.05	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.04	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.05	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.04	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.04	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.04	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.04	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.04	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.04	902.6
10	0.9	4.83	8.2610	0.06	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.06	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.06	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.07	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.07	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.06	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.07	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.06	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.07	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.07	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.06	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.07	1289.5
12	0.9	4.83	8.2610	0.08	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.08	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.08	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.08	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.09	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.08	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.08	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.08	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.09	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.09	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.09	1547.4

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Massa Serat 17,5 gram.

Debit [Q] (ml/menit)	Viskositas [μ] (cP)	Panjang [L] (cm)	Area [A] (cm ²)	dP (psid)	1000*14.7*Q* μ *L/(60*A)
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9

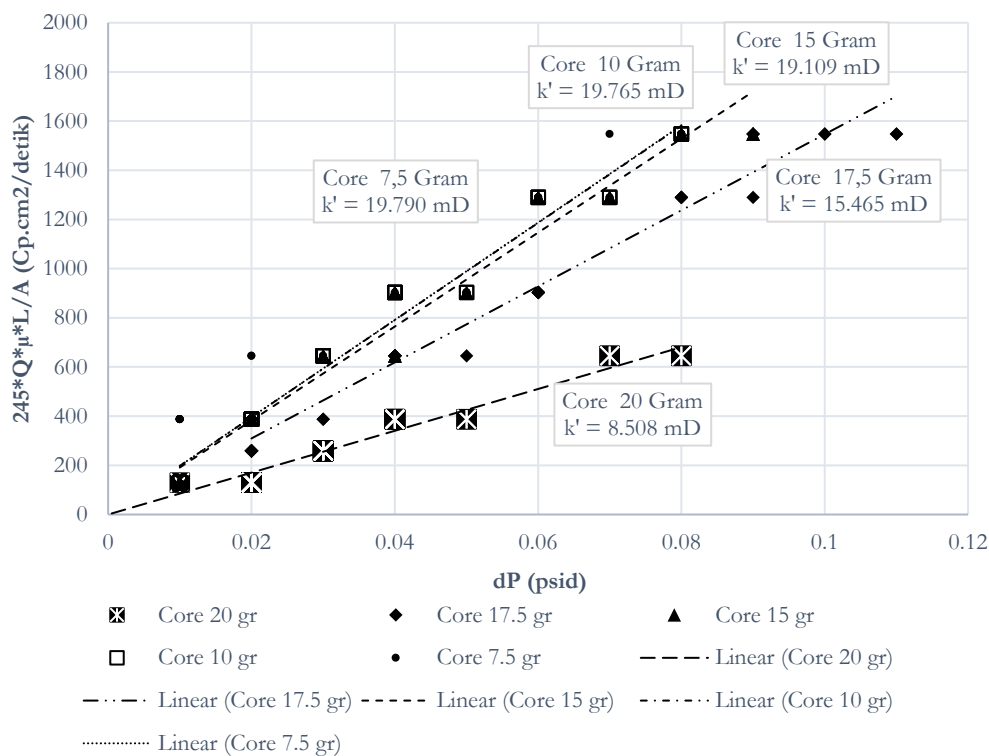
Debit [Q] (ml/menit)	Viskositas [μ] (cP)	Panjang [L] (cm)	Area [A] (cm ²)	dP (psid)	1000*14.7*Q* μ *L/(60*A)
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
2	0.9	4.83	8.2610	0.02	257.9
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.03	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.03	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
3	0.9	4.83	8.2610	0.02	386.8
5	0.9	4.83	8.2610	0.04	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.04	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.04	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.05	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.04	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.04	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.04	644.7
5	0.9	4.83	8.2610	0.04	644.7
7	0.9	4.83	8.2610	0.06	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.06	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.06	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.06	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.06	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.06	902.6
10	0.9	4.83	8.2610	0.08	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.08	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.08	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.08	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.09	1289.5
12	0.9	4.83	8.2610	0.1	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.11	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.11	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.1	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.09	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.09	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.09	1547.4

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Massa Serat 20 gram.

Debit [Q] (ml/menit)	Viskositas [μ] (cP)	Panjang [L] (cm)	Area [A] (cm ²)	dP (psid)	1000*14.7*Q* μ *L/(60*A)
1	0.9	4.83	8.2610	0.01	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.02	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.02	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.02	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.02	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.02	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.02	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.02	128.9
1	0.9	4.83	8.2610	0.02	128.9

Debit [Q] (ml/menit)	Viskositas [μ] (cP)	Panjang [L] (cm)	Area [A] (cm ²)	dP (psid)	1000*14.7*Q* μ *L/(60*A)
7	0.9	4.83	8.2610	0.11	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.1	902.6
7	0.9	4.83	8.2610	0.11	902.6
10	0.9	4.83	8.2610	0.15	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.15	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.15	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.15	1289.5
10	0.9	4.83	8.2610	0.15	1289.5
12	0.9	4.83	8.2610	0.19	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.18	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.18	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.19	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.19	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.19	1547.4
12	0.9	4.83	8.2610	0.19	1547.4

Plot data hasil pengujian permeabilitas core serat sabut kelapa dapat dilihat pada Gambar 7.



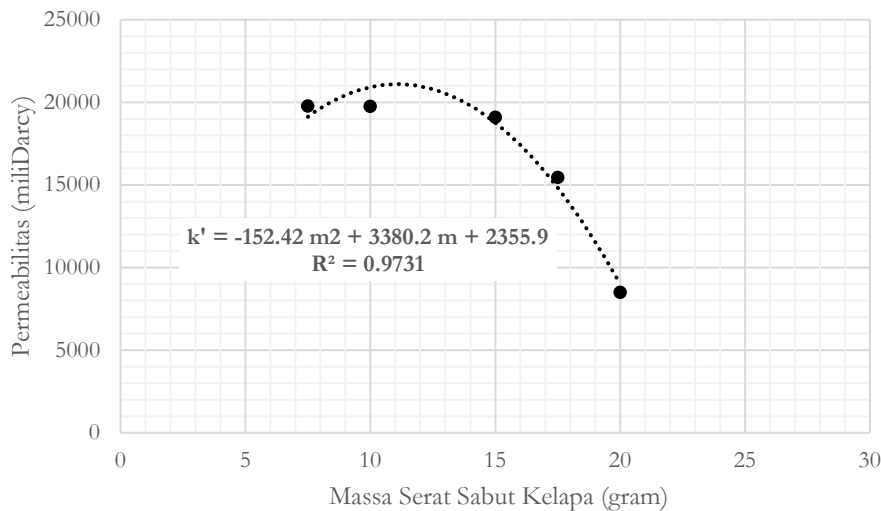
Gambar 7. Permeabilitas core sabut kelapa

Data hasil pengujian nilai permeabilitas core spesimen uji memperlihatkan bahwa untuk massa core sabut kelapa 7,5 gr, 10 gr & 15 gr memiliki nilai permeabilitas yang relatif sama. Ketiga spesimen uji tersebut memiliki nilai permeabilitas sekitar 19.000 mili Darcy ($19 \times 10^{-2} \text{ m}^2$). Specimen uji massa core sabut kelapa massa 17,5 gr nilai permeabilitasnya mulai kelihatan turun $\pm 21\%$ seiring bertambahnya massa sabut kelapa (dibandingkan nilai permeabilitas massa core spesimen uji massa 7,5 gr) menjadi sekitar 15.000 mili Darcy ($15 \times 10^{-2} \text{ m}^2$). Relasi massa core sabut kelapa dengan nilai permeabilitas semakin kelihatan pada spesimen uji dengan massa serat 20 gr dimana nilai permeabilitasnya turun hingga 57% jika dibandingkan dengan nilai permeabilitas core spesimen uji massa 7,5 gr menjadi 8.508 mili Darcy ($8,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$). Data hasil pengujian permeabilitas dari Gambar 7. kemudian dibuat tabel permeabilitas serat berdasarkan massa serat yang digunakan seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Permeabilitas Core Sabut Kelapa

Data	Massa Core Spesimen Uji (gram)	Permeabilitas (miliDarcy)
1	7,5	19.790
2	10	19.765
3	15	19.109
4	17,5	15.465
5	20	8.508

Data dari Tabel 6 kemudian diplot dalam Gambar 8. yang memperlihatkan hubungan antara data nilai permeabilitas masing-masing spesimen uji core sabut kelapa dengan massa serat sabut kelapa yang digunakan untuk membuat core spesimen uji.



Gambar 8. Relasi nilai permeabilitas dan massa core sabut kelapa

Gambar 8. menjelaskan hubungan permeabilitas & massa serat sabut kelapa yang digunakan untuk membuat core spesimen uji dengan batasan massa serat antara 7,5 – 20 gram. Dengan mengaplikasikan regresi polinomial derajat-2 pada titik-titik data, didapatkan kurva yang menyatakan bahwa massa serat sabut kelapa berpengaruh terhadap nilai permeabilitas spesimen uji dengan formulasi persamaan (2).

$$k' = -152.42 m^2 + 3380.2m + 2355.9 \quad (2)$$

Persamaan (2) menunjukkan hubungan massa serat sabut kelapa (m) yang digunakan untuk membuat spesimen core mempengaruhi nilai permeabilitas core (k') dengan batasan massa serat antara 7,5 – 20 gram. Semakin besar massa serat sabut kelapa yang digunakan untuk membuat core menyebabkan nilai permeabilitas core semakin menurun. Nilai permeabilitas core menurun seiring semakin besar massa serat sabut kelapa dapat dijelaskan korelasinya dimana saat jumlah helai serat yang digunakan bertambah dengan volume tabung core yang tetap maka jumlah ruang porous yang terbentuk di dalam core berkurang. Volume ruang porous di dalam core berkurang yang menjadi salah satu faktor penyebab turunnya nilai permeabilitas core sabut kelapa. Pernyataan ini sesuai dengan materi yang disebutkan dalam buku *Filters and Filtration Handbook* dalam sub bab *Filter Permeability* yang menyatakan bahwa ketebalan atau jumlah material filtrasi mempengaruhi nilai permeabilitas, dimana dengan adanya media filtrasi menyebabkan adanya hambatan di dalam sebuah aliran fluida (Sparks and Chase, 2016).

Berdasarkan penelitian Hodge dkk. (2002) tentang hubungan permeabilitas media filtrasi dan nilai efisiensi aliran fluida sumur minyak bumi, Spesimen uji core massa 20 gram memiliki nilai efisiensi aliran fluida sekitar 72% jika diaplikasikan sebagai filter pasir sumur minyak bumi lapangan Delta di Riau. Filter pasir memiliki perbandingan $K_{ann}/K_r > 4$ saat menggunakan massa spesimen uji core 20 gram. Core spesimen uji memiliki diameter dalam core 3,2 cm, panjang efektif core yang terisi serat 5 cm dan massa serat 20 gram memiliki densitas atau kerapatan serat sekitar 0,5 gram/cm².

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian permeabilitas serat sabut kelapa dengan variasi massa serat dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Nilai permeabilitas core sabut kelapa menurun seiring bertambahnya massa serat sabut kelapa yang digunakan untuk membuat core spesimen uji permeabilitas. Nilai permeabilitas serat dengan massa serat spesimen uji 7,5 gram memiliki nilai permeabilitas terbesar dengan nilai 19.790 miliDarcy. Nilai permeabilitas mulai menurun saat serat sabut kelapa yang digunakan untuk membuat core memiliki massa 15 gram dan dalam pengujian core dengan massa 20 gram nilai permeabilitasnya mencapai 8508 mili Darcy.
2. Nilai permeabilitas sabut kelapa menurun saat massa serat sabut kelapa yang digunakan membuat core filter bertambah disebabkan oleh densitas serat di dalam core meningkat. Hal ini dapat dijelaskan bahwa saat jumlah massa serat yang digunakan di dalam core semakin meningkat dengan volume tabung core yang tetap, maka jumlah ruang porous yang terbentuk di dalam core filter berkurang (densitas serat meningkat). Bertambahnya densitas serat di dalam core filter mengakibatkan bertambahnya hambatan yang dialami fluida saat melewati core filter tersebut. Kesimpulan ini sesuai dengan materi yang disebutkan dalam buku "*Filters & Filtration Handbook*" dalam sub bab "*Filter Permeability*" yang menyatakan bahwa ketebalan atau jumlah media filtrasi mempengaruhi nilai permeabilitas sebuah filter, media filtrasi menyebabkan adanya tambahan hambatan di dalam sebuah aliran fluida (Sparks and Chase, 2016).
3. Filter pasir dengan media filtrasi serat sabut kelapa yang memiliki kerapatan serat 0,5 gram/cm² apabila diaplikasikan pada sumur minyak lapangan Delta di Riau akan mampu menghasilkan efisiensi aliran fluida sekitar 72% berdasarkan data hubungan nilai permeabilitas reservoir lapangan Delta dan nilai permeabilitas media filtrasi yang disebutkan dalam penelitian Hodge dkk. (2002).
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menguji nilai permeabilitas sabut kelapa dengan variasi massa sabut kelapa yang lebih besar untuk mengetahui massa sabut kelapa yang menghasilkan nilai permeabilitas lebih beragam.
5. Perlu dilakukan penelitian lanjutan juga untuk menguji efektivitas filtrasi sabut kelapa berdasarkan variasi ukuran diameter butiran pasir didalam fluida agar bisa diketahui hubungan nilai permeabilitas sabut kelapa terhadap efektivitas filtrasi berdasarkan variasi ukuran diameter butiran pasir.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Djarmiko B., Raharja S., dan Iskandar A., 1990, *Pra Studi Kelayakan Komoditi*, Semarang.
- Hodge R. M., Burton R. C., Constein V., and Skidmore V., 2002, An Evaluation Method for Screen-Only and Gravel-Pack Completions, *SPE-73772*.
- Lay, A. dan Pasang P. M., 2003, Alat penyerat sabut kelapa tipe balitka, *Prosiding Konferensi Nasional Kelapa V*, Riau.
- Pratama I. M. R., Sulhadi, Aji M. P., 2016, Pemanfaatan Serabut Cocos Nucifera Sebagai Filter Air Limbah Pewarna tekstil, *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXX HFI Jateng & DIY*, Salatiga.
- Sparks, T., and Chase, G., 2016, *Filter & Filtration Handbook*, Edisi Ketujuh, Butterworth-Heinemann, Inggris.
- Utomo K. P., Pramadita S., and Saziati A., 2018, Coco Fiber Sebagai Filter Limbah Cair Rumah makan Cepat Saji, *Jurnal Teknologi Lingkungan Laban Basah*, Vol.01, No.2, 2018: 030-039
- Wahyuningrum A., Wardoyo A. Y. P., dan Darmawan H. A., 2014, *Sistem Filtering Berbahan Serabut Kelapa Untuk Emisi Partikulat PM 2,5 (Particulate Matter 2,5) dari Sepeda Motor*, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya, Malang.
- Marketwatch, 2019. <https://www.marketwatch.com/press-release/coir-market-growth-opportunities-analysis-of-sales-unit-and-share-by-players-and-forecast-to-2025-2019-05-14>, (online accessed 16 Agustus 2019).
- Worldatlas, 2019. The World Leaders in Coconut Production. <https://www.worldatlas.com/articles/the-world-leaders-in-coconut-production.html>, (online accessed 18 Agustus 2019).