

ANALISIS FILTRASI SUSUN RANGKAP PADA FORMASI FILTER SEJENIS DENGAN MEDIA AIR GAMBUT

Rachmat Subagyo^{1*}, Hajar Isworo¹, Najib Rahman¹, Hansen Rivaldo N¹, Dani Silalahi¹

¹ Prodi Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat, Jl. Brigjen H. Hasan Basri, Kayu Tangi, Banjarmasin, Indonesia

*Corresponding author: rachmatsubagyo@ulm.ac.id

Abstrak. Air merupakan suatu yang sangat penting di alam ini, karena tanpa air kehidupan tidak dapat berlangsung. Air gambut yang tersedia di wilayah kalimantan merupakan sumber air yang sangat diharapkan bisa digunakan sebagai air yang layak untuk dikonsumsi. Proses yang sudah banyak dilakukan untuk pemurnian air gambut adalah dengan proses filtrasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa desain filtrasi susun rangkap pada formasi filter sejenis. Metode penelitian ini dilakukan secara eksperimental dan simulasi menggunakan ANSYS seri 14.5. Adapun proses penelitian ini dimulai dengan membuat sebuah alat filtrasi dengan type: two-filter, three-filter dan four-filter kemudian melakukan filtrasi air gambut yang hasilnya di uji tingkat kejernihannya. Adapun proses simulasi dilakukan dengan memasukan nilai properties air gambut kedalam persamaan atur. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan jumlah filter berpengaruh terhadap penurunan tingkat kekeruhan hasil filtrasi dan sebaliknya. Presentase tingkat kekeruhan menunjukkan formasi filter jenis A lebih baik jika dibandingkan dengan filter jenis B, hal ini disebabkan oleh ukuran lubang filtrasi yang berbeda dimana jenis filitasi A lebih kecil jika dibandingkan dengan lubang filtrasi B. Munculnya daerah CFR (*Cross-Flow-Reversal*) pada proses filtrasi yang nampak pada desain Four-filter yang menyerap energi kecepatan aliran yang terjadi sehingga memperlambat kecepatan filtrasi. Untuk hasil filtrasi yang terbaik direkomendasikan untuk menggunakan lubang filtrasi 100 mikron pada formasi dua hingga empat filter, Jika menggunakan lubang filtrasi 200 mikron tidak disarankan untuk menggunakan type empat filter disebabkan munculnya CFR yang menghambat laju filtrasi.

Kata kunci: Air gambut, filtrasi, ANSYS seri 14.5, Cross flow reversal

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sesuatu yang sangat penting di alam ini, karena tanpa air kehidupan tidak dapat berlangsung. Air gambut yang tersedia di wilayah kalimantan merupakan sumber air yang sangat diharapkan bisa digunakan sebagai air yang layak untuk dikonsumsi. Proses untuk pengolahan air gambut sudah banyak dilakukan dengan cara filtrasi, hal ini dilakukan untuk menghilangkan kandungan zat-zat yang mencemari air tersebut. Menurut [1], terdapat dua jenis pencemaran air yang berasal dari: sumber domestik (rumah tangga), perkampungan, kota, pasar, jalan, dan sebagainya. Sumber non-domestik (pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, serta sumber-sumber lainnya).

Sumber-sumber air yang ada di alam ini adalah berasal dari: air hujan, air sungai dan air tanah. Air hujan biasanya banyak dan berlimpah ketika musim penghujan, bisa dimanfaatkan dengan cara membuat sumur-sumur resapan yang berfungsi untuk menyimpan air ketika diperlukan. Air hujan ini berkualitas baik karena berasal dari penguapan air daratan. Air hujan yang meresap ketanah disebut sebagai air tanah. Air sungai diperoleh dari air limpasan daratan ataupun berasal dari mata air yang terletak di hulu sungai. Air sungai kualitasnya sangat ditentukan oleh lingkungan disekitarnya.

Untuk mencukupi kebutuhan air dalam kebutuhan sehari-hari, sebagian besar masyarakat di wilayah Kalimantan Selatan menggunakan air sumur. Masyarakat di sekitarnya tidak tahu apakah air sumur tersebut layak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari atau tidak. Berdasarkan hasil penelitian air tanah yang ada di daerah Kalimantan Selatan tidak memenuhi kesehatan jika dikonsumsi secara langsung, hal ini disebabkan bersifat asam. Karena situasi dan kondisi yang kurang mendukung biasanya menyebabkan manusia terpaksa menggunakan air yang tidak memenuhi syarat untuk kehidupannya. Untuk dapat memberikan gambaran tentang sifat-sifat air, maka kita harus mengetahui kandungan zat yang terdapat pada air. Berdasarkan standart baku mutu air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang syarat kualitas air bersih, zat yang penting diperiksa secara kimiawi adalah Besi, Calcium, Magnesium, Arsen, Flourida, Clorida, Sulfat, Nitrat dan Kesadahanannya. Selain itu air tidak boleh mengandung bahan berbahaya lainnya seperti logam berat dan bakteri yang membahayakan.

Air keruh adalah air yang mengandung bahan padat dan mencemari lingkungan sehingga dapat menyebabkan gangguan pada kesehatan. Air keruh juga merupakan air yang tercemar dan kotor, sehingga dapat menyebabkan terjangkit penyakit menular dan gangguan kesehatan. Kekeruhan belum tentu dari sifat air



yang membahayakan, tetapi masyarakat pada umumnya berpendapat bahwa air keruh adalah air yang tercemar dan kotor, sehingga timbul kekhawatiran terjangkit penyakit-penyakit menular dan gangguan kesehatan lainnya. Air yang sangat keruh mempercepat terjadinya penyumbatan pada celah-celah media penyaring, sehingga menghasilkan daya kerja penyaringan yang kurang memuaskan.

Pemakaian air yang derajat kekeruhannya melebihi ambang batas yang diperbolehkan dapat menyebabkan efek yang tidak baik terhadap kesehatan, terutama karena kekeruhan yang tinggi merupakan media yang cukup baik bagi perkembangan mikro-organisme serta dapat melindunginya dari pengaruh berbagai ancaman, sehingga efek dari desinfektan mengharapakan mikroorganisme berada di permukaan partikel-partikel penyebab kekeruhan, oleh sebab itu pada proses desinfeksi diperlukan pengadukan (pencampuran) dan waktu kontak yang optimum.

Zat besi (Fe) merupakan suatu komponen dari berbagai enzim yang mempengaruhi seluruh reaksi kimia yang penting di dalam tubuh meskipun sukar diserap (10-15%). Besi juga merupakan komponen dari hemoglobin yaitu sekitar 75%, yang memungkinkan sel darah merah membawa Oksigen dan mengantarkannya ke jaringan tubuh. Kelebihan zat besi (Fe) bisa menyebabkan keracunan dimana terjadi muntah, kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, mudah marah, radang sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker, sirosis ginjal, diabetes, diare, pusing, mudah lelah, kulit kehitam – hitaman, sakit kepala, gagal hati, hepatitis, mudah emosi, hiperaktif, hipertensi, infeksi, insomnia, sakit liver, masalah mental, rasa logam di mulut, mudah gelisah dan iritasi, parkinson, rematik, sikoprenia, sariawan perut, *sicklecell anemia*, keras kepala, *strabismus*, gangguan penyerapan vitamin dan mineral, serta hemokromatis.

Salah satu strategi penyediaan air bersih saat ini yaitu memanfaatkan teknologi tepat guna. Teknologi tepat guna merupakan solusi yang paling cocok dalam menangani kebutuhan air dan sanitasi dengan melalui teknologi yang inovatif dan memberdayakan masyarakat untuk mencapai tujuan yang diinginkan [2]. Kandungan-kandungan air yang membahayakan bagi tubuh manusia perlu dilakukan penyaringan atau filtrasi. Filtrasi merupakan salah satu pengolahan air secara fisik. Filtrasi adalah proses pemisahan solid-liquid dengan cara melewatkan liquid melalui media berpori atau bahan-bahan untuk menyisihkan atau menghilangkan sebanyak-banyaknya butiran-butiran halus zat padat tersuspensi dari liquida.

Tebal media dan laju aliran filtrasi sangat berpengaruh pada nilai efisiensi filtrasi [3], Menurut [5] bahwa tipe filtrasi aliran *up flow* lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan arah aliran *down flow*. Hal ini dikarenakan jika saringan telah jenuh atau buntu dapat dilakukan pencucian dengan cara membuka kran penguras, sehingga lebih praktis dan mudah untuk dilakukan.

Sistem automasi pada filtrasi telah dilakukan oleh: [6] yaitu dengan merancang sebuah alat filtrasi yang dikontrol dengan mikrokontroller Atmega 32, dimana sensor mampu mendeteksi tingkat kejernihan air sumber dan hasil penyaringan ditampilkan pada LCD. Penelitian simulasi CFD telah dilakukan oleh [7], simulasi ini untuk memprediksi laju aliran dan analisis kinerja hidraulik pada berbagai tekanan air filtrasi.

Penelitian yang dilakukan oleh [8], untuk mengetahui efektifitas penggabungan 3 sistem penjernihan air yaitu sistem aerasi tray, sedimentasi dan filtrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem aerasi tray, sedimentasi dan filtrasi efektif menurunkan kekeruhan dan tingkat zat besi pada air tanah. Penelitian ini menunjukkan penggabungan dari ketiga sistem sangat baik untuk dilakukan khususnya dalam meningkatkan kualitas air hasil filtrasi.

Penelitian kombinasi proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi untuk mengolah limbah industri perikanan dengan variabel berubahnya yaitu laju alir limbah dan tinggi batu apung [9]. Hasil terbaik yang didapatkan pada penelitian ini adalah proses laju alir limbah 228.33 ml/menit dan tinggi batu apung 50 cm, dengan hasil COD akhirnya adalah: 58,95 mg/l.

Penelitian kombinasi tiga jenis media filtrasi yaitu: pasir, serat kelapa, dan arang tempurung kelapa telah dilakukan oleh [10]. Hasil penelitian menunjukkan media filtrasi arang batok kelapa lebih baik daripada dua jenis lainnya, namun, jika media filtrasi digabungkan, menghasilkan kualitas air limbah yang lebih baik dibandingkan dengan media penyaringan tunggal (tanpa kombinasi).

Untuk meneliti lebih jauh kombinasi media filtrasi maka akan dilakukan simulasi dengan menggunakan dua jenis filter dengan ukuran mesh yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mengetahui susunan filter yang terbaik dengan hasil filtrasi yang memenuhi standar kesehatan.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan cara simulasi menggunakan ANSYS seri 14.5. Adapun proses simulasi dimulai dengan mendesain sebuah alat filtrasi dengan type: Two-filter, Three-filter dan Four-filter seperti

ditunjukkan gambar (2.1). Masing-masing type memiliki dua formasi dengan rincian sebagai berikut: Type-2 adalah (2A; 2B), Type-3 adalah (3A; 3B) dan Type-4 adalah (4A; 4B) seperti ditunjukkan tabel (3.1). Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh jumlah saringan terhadap pola kecepatan aliran dan pengaruh jumlah saringan terhadap pola tahanan aliran. Hasil pengukuran properties air gambut pada tiga tempat lokasi di wilayah Banjarbaru ditunjukkan pada tabel 2.1. Sedangkan dimensi membran filtrasi ditunjukkan pada gambar 2.2, digunakan 2 filter, masing-masing ukuran lubangnya adalah 0,1 mm dan 0,2 mm.

Dalam proses simulasi ini dimulai dengan memasukan properties air gambut tabel 2.1., hasil pengukuran kedalam persamaan atur sebagai berikut:

$$Q = \frac{dv}{dt}, \quad (1)$$

$$Q = \frac{\Delta PA}{\mu \left(\frac{\alpha_{ave} C_v}{A} + R_m \right)}, \quad (2)$$

dengan nilai, $\left(\frac{\alpha_{ave} C_v}{A} + R_m \right) = 1$,

Dimana:

- Q= Debit (m³/s)
- T= Waktu filtrasi (s)
- ΔP= Penurunan tekanan (Pa)
- A= Area efektif filtrasi (m²)
- μ= Viskositas filtrasi (Pa.s)
- α_{ave}= Spesifik resistance rata-rata
- c= kg of dry cake per volume of filtrate
- V= Volume filtrasi (m³)
- R_m= Resistance medium

Variabel air gambut yang diukur adalah:

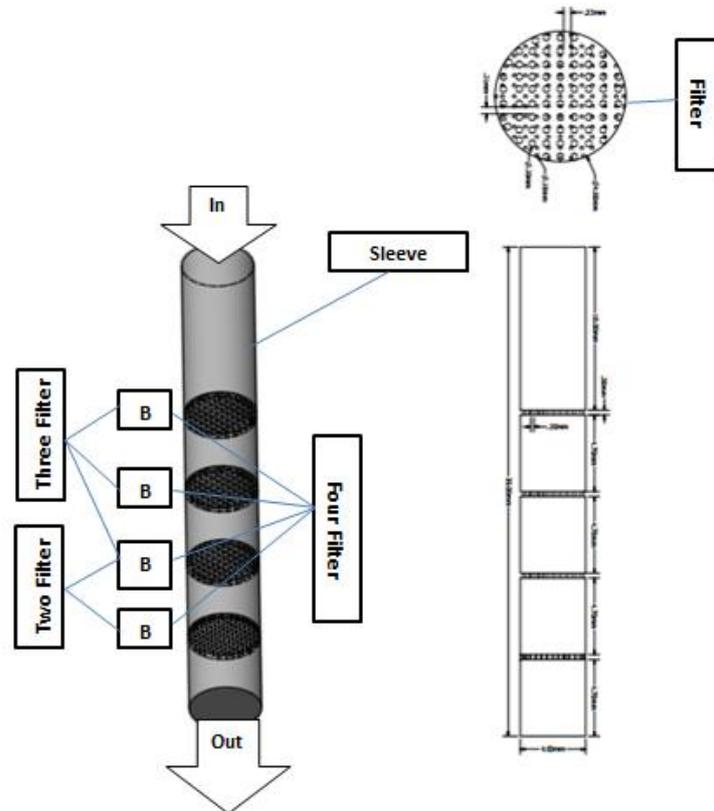
Massa jenis (ρ), temperatur (T), tekanan udara (P) dan viskositas (μ) ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Asumsi: area konstan, gaya gravitasi diabaikan.

Tabel 2.1 Hasil pengukuran properties air gambut

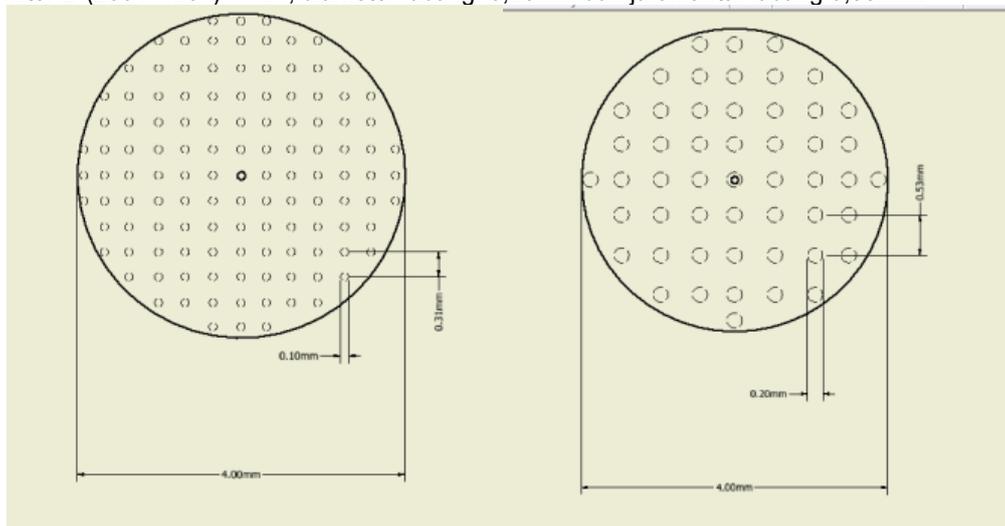
| Properties | satuan | Hasil pengukuran | | | Hasil rata-rata |
|-------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Massa jenis (ρ) | (gr/m ³) | 1,00175 | 0,99425 | 0,9950 | 0,9970 |
| Temperatur (T) | (°C) | 28 | 29 | 30 | 29 |
| Tekanan udara (P) | (hPa) | 1006,4 | 1006,2 | 1006,7 | 1006,4 |
| Viskositas (μ) | Pa.s | 1,109 × 10 ⁻³ | 1,101 × 10 ⁻³ | 1,143 × 10 ⁻³ | 1,118 × 10 ⁻³ |





Gambar 2.1 Rancangan alat filtrasi air gambut type-four filter

Gambar 2.1., menunjukkan rancangan filtrasi type-four filter, pada variasi filter 4B, posisi air masuk dari atas melewati 4 filter tersusun vertikal kemudian air keluar sebagai hasil filtrasinya. Jarak inlet= 10mm, jarak antar filter= 4,70mm, dan jarak outlet= 4,70mm. Dimensi filter yang digunakan ditunjukkan pada gambar 2.2., dengan diameter filter-A (100 mikron): 4mm, diameter lubang 0,10mm dan jarak antar lubang 0,31mm. Sedangkan diameter filter-B (200 mikron): 4mm, diameter lubang 0,20mm dan jarak antar lubang 0,53mm.



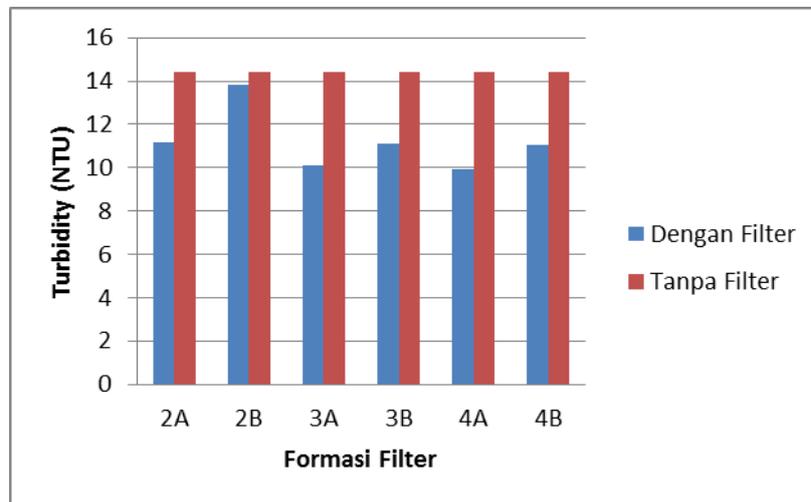
(a)(b)

Gambar 2.2. Dimensi ukuran filter (a). Filter ukuran 100 mikron dan (b). Filter ukuran 200 mikron

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Grafik Hubungan antara formasi filter terhadap turbidity

Gambar 3.1. menunjukkan grafik hubungan antara formasi filter terhadap tingkat kekeruhan hasil filtrasi. Pada eksperimen ini menggunakan 6 formasi filter masing-masing dengan rincian sebagai berikut: formasi dua filter (2A, 2B), formasi tiga filter (3A, 3B) dan formasi empat filter (4A, 4B).



Gambar 3.1. Grafik hubungan antara formasi filter terhadap turbidity

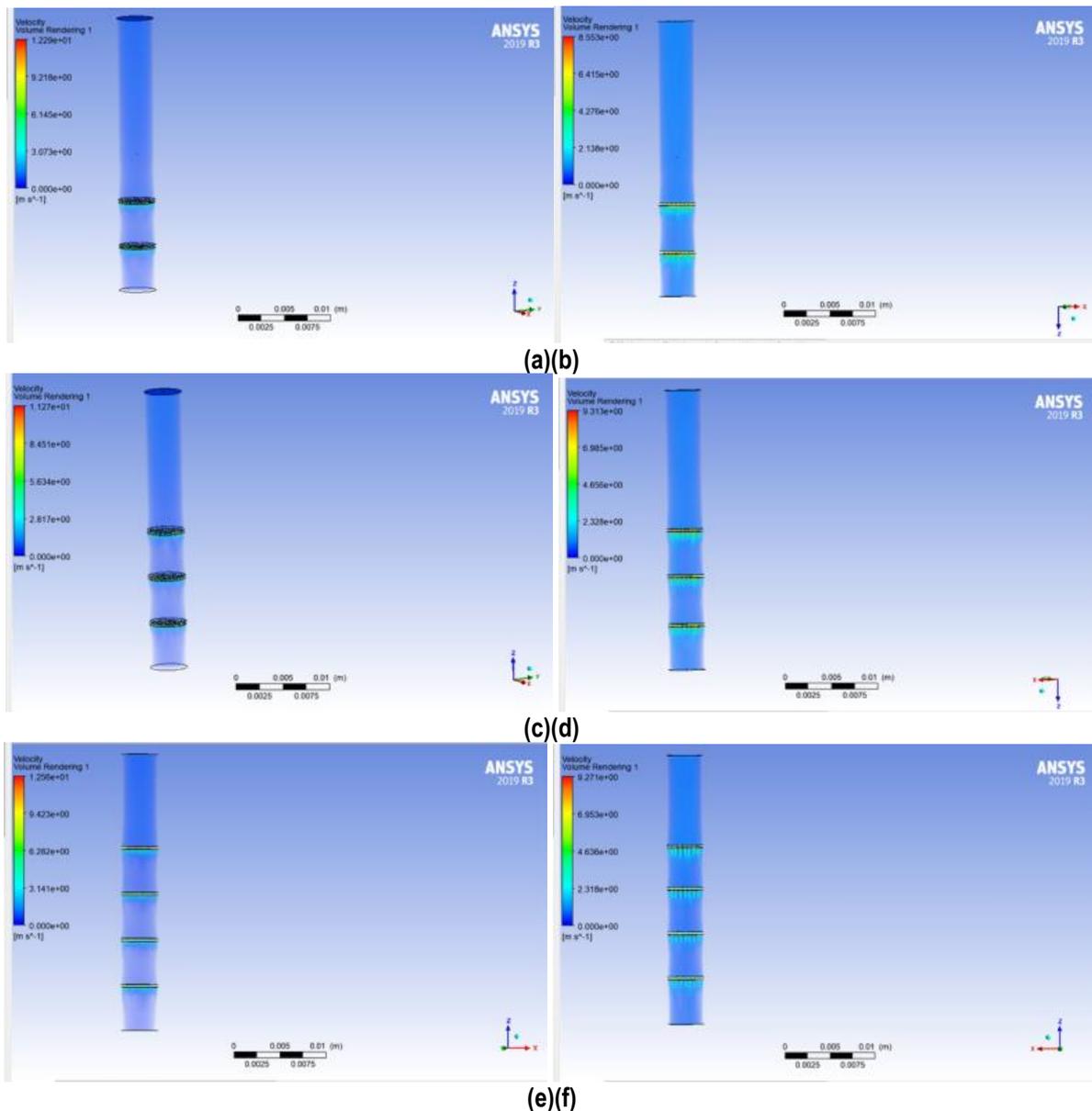
Tabel 3.1. menunjukkan hasil pengambilan data tingkat kekeruhan (turbidity) air gambut. Hasil pengujian ini menunjukkan tingkat kekeruhan yang berbeda berkisar antara (9,90-11,17 NTU) pada formasi (4A-2A) dan (11,03-13,80 NTU) pada formasi (4B-2B). Hasil presentase penurunan kekeruhan ditampilkan dalam tabel 3.1., dimana presentase penurunan kekeruhan berkisar (22,43-31,25%) pada formasi 2A, 3A dan 4A. Sedangkan pada formasi 2B, 3B dan 4B berkisar antara (4,17-23,40%). Hasil ini menunjukkan peningkatan jumlah filter berpengaruh terhadap penurunan kekeruhan filtrasi dan berlaku sebaliknya. Hasil presentase kekeruhan menunjukkan formasi filter jenis A lebih baik jika dibandingkan dengan filter jenis B. Hal ini disebabkan oleh ukuran lubang filtrasi jenis A yang lebih kecil jika dibandingkan dengan lubang filtrasi B seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.

Tabel 3.1. Hasil Tes turbidity pada air gambut

| No. | Formasi Filter | Uji Turbidity (NTU) | Uji Turbidity/ Tanpa filter (NTU) | Presentase penurunan kekeruhan (%) |
|-----|----------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1. | 2A | 11,17 | 14,4 | 22,43 |
| 2. | 2B | 13,80 | 14,4 | 4,17 |
| 3. | 3A | 10,13 | 14,4 | 29,65 |
| 4. | 3B | 11,10 | 14,4 | 22,92 |
| 5. | 4A | 9,90 | 14,4 | 31,25 |
| 6. | 4B | 11,03 | 14,4 | 23,40 |

3.2. Hasil simulasi kecepatan pada berbagai formasi filter susun rangkap

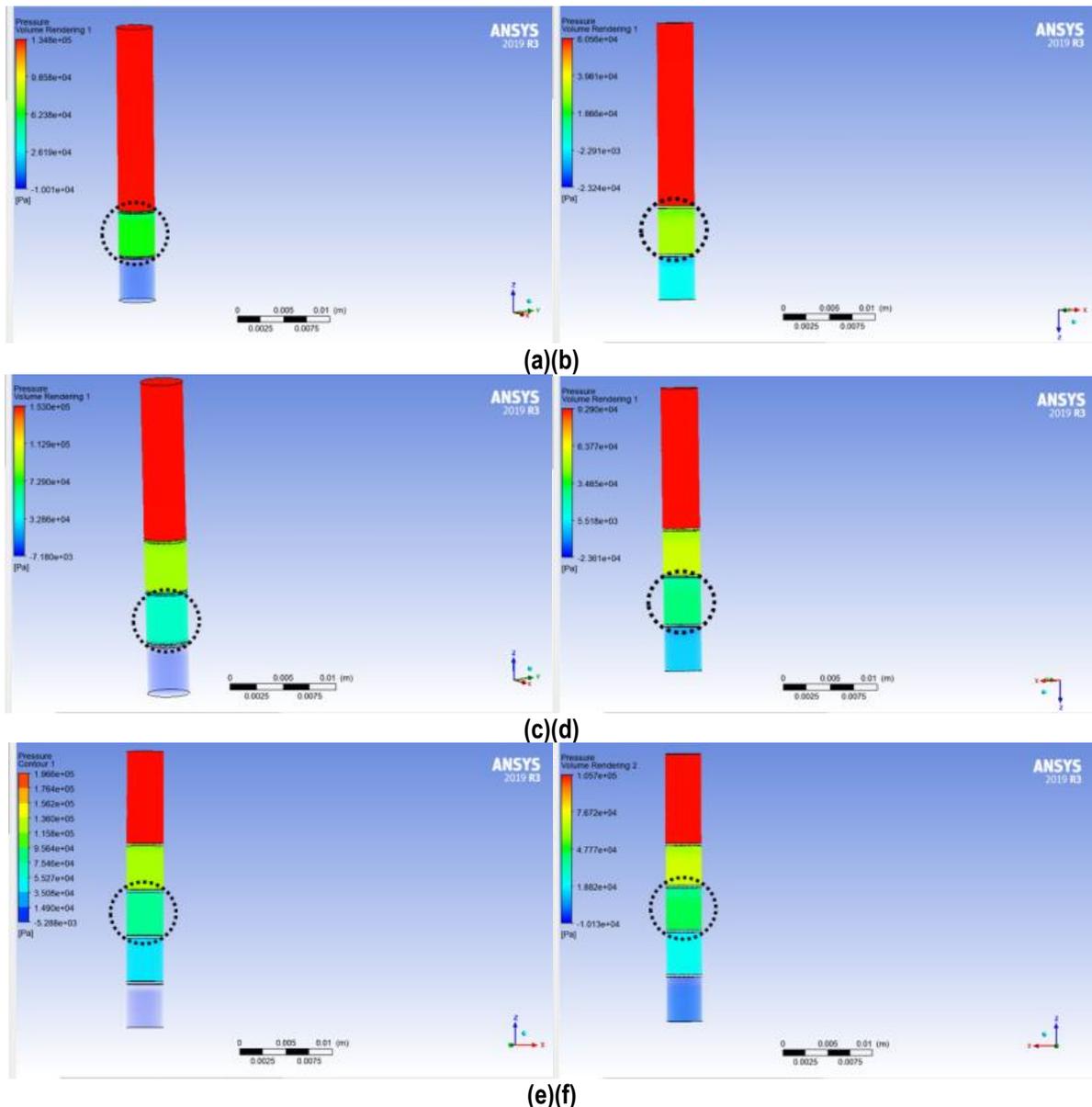
Gambar 3.3. menunjukkan hasil simulasi kecepatan pada formasi filter 2A, 2B, 3A, 3B dan 4A, 4B. Masing-masing kecepatan dalam setiap formasi filter jenis A (2A, 3A, 4A) adalah: 12,29 m/s, 11,27 m/s, 12,56 m/s dan jenis filter B (2B, 3B, 4B) adalah: 8,553 m/s, 9,313 m/s, 9,271 m/s. Kecepatannya filtrasi cenderung meningkat dengan penambahan jumlah filter. Hasil simulasi ini menunjukkan tingkat kecepatan filtrasi jenis A lebih tinggi jika dibandingkan dengan filtrasi jenis B. Hal ini disebabkan oleh lubang filtrasi jenis A yang lebih kecil jika dibandingkan dengan lubang filtrasi jenis B.



Gambar 3.3. Simulasi kecepatan pada: (a). Formasi-2A (b). Formasi-2B (c). Formasi-3A (d). Formasi-3B (e). Formasi-4A (f). Formasi-4B

3.3. Hasil simulasi tekanan pada berbagai formasi filter susun rangkap

Gambar 3.4. menunjukkan hasil tekanan pada formasi filter 2A, 2B, 3A, 3B, 4A dan 4B. Masing nilai tekaannya adalah sebagai berikut: $P_{2A}=1,348 \times 10^5 \text{ Pa}$, $P_{2B}= 6,056 \times 10^4 \text{ Pa}$, $P_{3A}= 1,530 \times 10^5 \text{ Pa}$, $P_{3B}= 9,290 \times 10^4 \text{ Pa}$, $P_{4A}= 1,966 \times 10^5 \text{ Pa}$, $P_{4B}= 1,057 \times 10^5 \text{ Pa}$. Hasil tekanan ini menunjukkan jenis filtrasi-A lebih tinggi tekanannya jika dibandingkan dengan tipe-B, Hal ini menunjukkan penggunaan filter dengan lubang kecil meningkatkan tekanan yang terjadi pada proses filtrasi. Daerah tekanan yang berbeda mulai terjadi pada level kedua masing-masing ditunjukkan tanda lingkaran hitam, sedangkan pada formasi 3, 4 terjadi pada level ketiga. Hal ini disebabkan oleh tahanan yang terjadi ketika air melewati filtrasi pada level kedua yang terus meningkat hingga mencapai filtrasi pada level yang terakhir. Simulasi ini menggambarkan peningkatan tekanan yang semakin tinggi ketika menggunakan jumlah saringan yang semakin banyak.



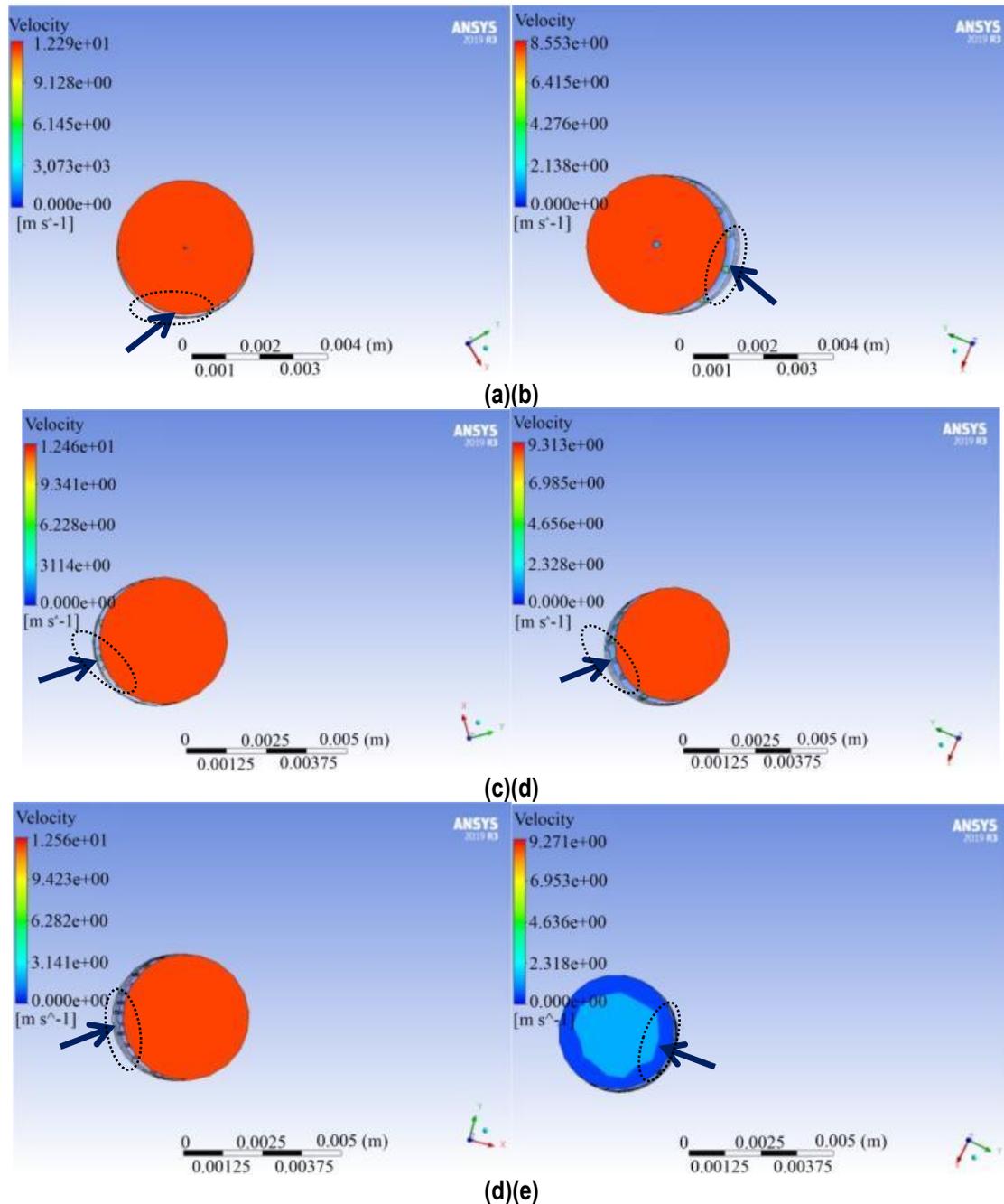
Gambar 3.4. Simulasi tekanan pada: (a). Formasi-2A (b). Formasi-2B (c). Formasi-3A, (d). Formasi-3B (e). Formasi-4A (f). Formasi-4B

3.4. Hasil simulasi kecepatan pada penampang melintang formasi filter susun rangkap

Gambar 3.5. menunjukkan gambar kecepatan pada formasi filter 2A, 2B; 3A, 3B dan 4A dan 4B masing-masing menunjukkan hasil kecepatan sebagai berikut $V_{2A}=12,29$ m/s, $V_{3A}= 12,46$ m/s, $V_{4A}= 12,56$ m/s dan $V_{2B}= 8,553$ m/s, $V_{3B}= 9,313$ m/s, $V_{4B}= 9,27$ m/s. Hasil data ini menunjukkan adanya tren peningkatan kecepatan dengan penambahan jumlah filter.

Operasi bertekanan tinggi berkontribusi pada lapisan batas yang berkembang pesat di seluruh saluran. Kondisi ini tidak memungkinkan sistem mencapai kondisi steady-state aksial [11, 12]. Perkembangan lapisan batas ini juga dipengaruhi oleh kecepatan masuknya, saat kecepatan masuknya rendah maka zat terlarut cenderung berada di sepanjang saluran medium dengan kecepatan tinggi cenderung macet dan menurun akibat pengaruh viskositas. Dalam kasus lain, sistem yang beroperasi pada tekanan tinggi muncul di area Cross-Flow Reversal (CFR) seperti yang ditunjukkan pada Gambar (3.5) tanda lingkaran. Pada area dekat dinding, tekanan cenderung melambat akibat CFR dan gesekan dengan dinding. Peningkatan kecepatan yang terjadi pada formasi A gambar (3.5a, b, d) mampu mengatasi terjadinya *Cross-Flow-Reversal* (CFR), sehingga hambatan ini hanya terjadi pada daerah yang tidak terlalu luas ditandai oleh lingkaran. Tetapi pada variasi 3B, gambar (3.5d) nampak jelas daerah CFR yang terbentuk (tanda lingkaran) daerah ini semakin membesar dan pada formasi 4B, gambar (3.5e) daerah CFR sangat nyata. CFR ini mampu menyerap energi kecepatan aliran sehingga

memperlambat kecepatan filtrasi. Ketika kecepatan menurun terjadi perubahan warna pada penampangnya dari merah gambar (3.5d) menjadi warna biru tua dan muda gambar (3.5e) yang ditunjukkan oleh tanda lingkaran elips.



Gambar 3.5 Simulasi kecepatan (a). Formasi-2A (b). Formasi-2B (c). Formasi-3A (d). Formasi-3B (e). Formasi-4A (f). Formasi-4B

4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

- Peningkatkan jumlah filter berpengaruh terhadap penurunan tingkat kekeruhan hasil filtrasi dan berlaku sebaliknya. Presentase kekeruhan menunjukkan formasi filter jenis A lebih baik jika dibandingkan dengan filter jenis B. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh ukuran lubang filtrasi terhadap hasil filtrasi.
- Tingkat kecepatan filtrasi dipengaruhi oleh jenis lubang filtrasi yang digunakan semakin kecil ukuran lubang filtrasi maka proses filtrasi lebih cepat.

- c) Terbentuknya *Cross-Flow-Reversal* (CFR) ketika menggunakan lubang filtrasi ukuran 200 mikron pada formasi 4 filter. Efek CFR sangat merugikan karena menyerap energi kecepatan aliran sehingga memperlambat kecepatan filtrasi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan bantuan dana penelitian dosen wajib meneliti dengan skema pembiayaan PNBPN tahun anggaran 2020, sehingga penelitian ini dapat terselenggara dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Asmadi, Khayan dan Heru SB, (2011) Teknologi Pengolahan Air Minum, Edisi Pertama, Gosyen Publishing, Yogyakarta, Hal: 16 – 31.
- Murphy, Mike. (2008). Optimizing Filter Backwashing Bergren Associates, Inc www.Entechdesign.com/pdf/Optimizing%20Filter%20Backwashing.pdf.
- Permenkes nomor 492/Men.Kes/ PER/IV/2010.
- Deni Maryani, Ali Masduqi dan Atiek Moesriati.(2014). Pengaruh Ketebalan Media dan Rate filtrasi pada Sand Filter dalam Menurunkan Kekeruhan dan Total Coliform, Jurnal Teknik Pomits, Vol. 3, No. 2, (2014), ISSN: 2337-3539 (2301 -9271 Print).
- Said Idaman Nusa, Wahyono, H., (1999). Pembuatan Filter Untuk Menghilangkan Zat Besi dan Mangan di dalam Air. (online) dari: <http://www.kelair.ppt.go.id/publikasi/buku10Patek/02Filter.pdf> [7oktober2016].
- Diko Susanto, Toibah Umi Kalsum, Yanolanda Suzantri H. (2014). Alat Penyaringan Air Kotor Menjadi Air Bersih Menggunakan Mikrokontroller Atmega-32, Jurnal Media Infotama Vol. 10 No. 2, September 2014, ISSN 1858 – 2680 Alat Penyaringan Air 142.
- Ing. Daniel Kweku, Govi Paul Goddey G, (2016). Design of a Model Filtration System and Performing CFD/ Floxpress Analysis on It, Journal of Resources Development and Management ISSN 2422-8397 An International Peer-reviewed Journal Vol.16, 2016.
- Irfan Febiary, Agnes Fitria W, Saudin Yuniarno, (2016). Efektivitas Aerasi, Sedimentasi, dan Filtrasi untuk Menurunkan Kekeruhan dan Kadar Besi (Fe) Dalam Air, Jurnal Kesmas Indonesia, Volume 8 No 1, Januari 2016, Hal 32-39.
- Luluk Edahwati dan Suprihatin (2012). Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan, J u r n a l Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.1 No.
- Sarman Oktovianus Gultom, Trhessya N. Mess, Isak Silamba, (2018). Pengaruh Penggunaan Beberapa Jenis Media Filtrasi Terhadap Kualitas Limbah Cair Ekstraksi Sagu, AGROINTEK Volume 12, No. 2 Agustus 2018.
- Braulio Bernales, (2013). Modeling of hydro dynamics and transfer phenomena in cross-flow membrane filtration, These *pour obtenir le grade de* Doctorat De L’universite D’aix-Marseille Discipline: M’ecanique et Physique des Fluide Pr’esent’ee et soutenue par: Braulio Bernalesle 10 d’ecembre 2013.
- Rachmat Subagyo, Hajar Isworo, (2020). Membrane Filtration Simulation Study with Variation in the Number of Filters on Peat Water Media, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774 5/10 (107) 2020, DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210462.