

Efektivitas Kombinasi Filtrasi dan Adsorbsi Menggunakan Green Media untuk Mengolah Parameter Organik, Besi dan Mangan Di Sidoarjo

Silvi Mas'ulah, Novirina Hendrasarie*

Program Studi teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: novirina@upnjatim.ac.id

Diterima: 3 Juli 2025

Disetujui: 12 Juli 2025

Abstract

Groundwater is usually use for water for the community, both residential and industrial use. The method for taking groundwater is done using dug wells and drilled wells through electric pumps or manually using buckets. But, actually not all groundwater has good quality. However, groundwater often has a high content of substances in it such as TDS, TSS, iron or manganese that all have an impact to the quality of clean water. So, it is important to process the groundwater first so that it is safe to use for daily needs and to reduce the high content of hazardous substances in it. Just like in this study which about to test the effectiveness process of aeration-filtration and aeration-adsorption processing and the media used from filtration and adsorption in reducing the content of TDS, TSS, iron, manganese, to TOC in drilled well water. In addition, there are also other variations used besides the media, namely variations in contact time for 2, 3, to 4 hours in filtration and adsorption to see the effectiveness of each media that use to in reducing parameters. This research can be the basis for household-scale water purification and filtration methods by utilizing natural materials that are often found in the surrounding area and with simple methods.

Keywords: *groundwater, water treatment, aeration-filtration, iron and manganese content, filtration and adsorption media*

Abstrak

Air tanah biasanya digunakan sebagai sumber air bersih utama bagi masyarakat, baik untuk penggunaan skala pemukiman hingga industri. Metode untuk pengambilan air tanah biasanya dilakukan dengan cara sumur gali dan sumur bor melalui proses dari pompa listrik atau pengambilan secara manual menggunakan timba. Namun perlu diwaspadai bahwa tidak semua air tanah bagus kualitasnya. Seringkali air tanah memiliki kandungan zat yang tinggi didalamnya seperti misalnya TDS, TSS, besi maupun mangan yang berdampak pada kualitas air bersih. Sehingga perlunya air diolah terlebih dahulu agar aman untuk digunakan sehari-hari dan untuk menurunkan kandungan zat berbahaya yang tinggi didalamnya. Seperti halnya pada penelitian ini yang bertujuan untuk menguji efektivitas pengolahan aerasi-filtrasi dan aerasi-adsorbsi serta media yang digunakan dari filtrasi dan adsorbsi untuk menurunkan kandungan TDS, TSS, besi, mangan, hingga TOC dalam air sumur bor. Selain itu, juga terdapat variasi lain yang digunakan selain media yaitu dilakukan variasi waktu kontak selama 2, 3, hingga 4 jam pada filtrasi dan adsorbsi guna melihat efektivitas tiap media terhadap penurunan parameter. Penelitian ini dapat menjadi dasar untuk metode penjernihan maupun penyaringan air skala rumah tangga dengan memanfaatkan bahan alami disekitar yang sering ditemukan dan dengan metode sederhana.

Kata kunci: *air tanah, pengolahan air, aerasi-filtrasi, kandungan besi dan mangan, media filtrasi dan adsorpsi*

1. Pendahuluan

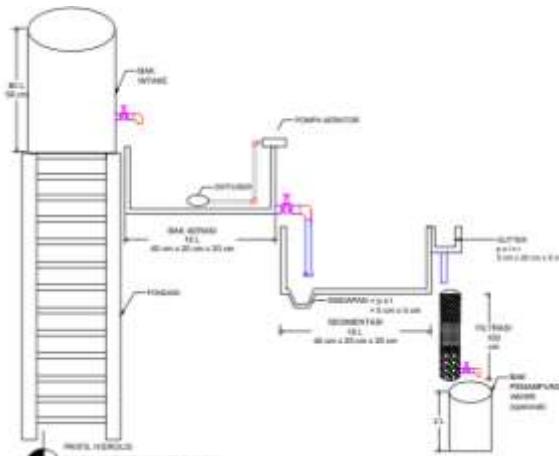
Air tanah atau air sumur adalah salah satu sumber air utama yang penting bagi masyarakat yang memiliki. Air tanah ini biasa dapat ditemukan pada lapisan dangkal dan dalam pada tanah. Untuk dapat mengambil air tersebut, masyarakat menggunakan metode sumur gali dan sumur bor melalui pompa listrik atau pengambilan air secara manual menggunakan timba. Akan tetapi, kualitas pada air sumur tersebut memiliki kandungan yang dapat terbilang berbeda dari kualitas air permukaan. Air tanah memang biasanya terlihat jernih dan bersih, namun terkadang dapat mengandung zat yang tinggi seperti mineral atau garam hingga zat organik maupun anorganik, dikarenakan akibat dari aktivitas alami dibawah tanah yang dilalui oleh air tanah. Sehingga cukup mengkhawatirkan apabila digunakan sehari-hari .

Untuk mengurangi dampak zat tersebut, maka sebaiknya dilakukan pengolahan dan penjernihan pada air tanah agar kualitas air tetap baik dan untuk menghilangkan zat berbahaya sehingga aman digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu contoh metode sederhana yang dapat diaplikasikan pada pengolahan dan penjernihan air yaitu filtrasi. Filtrasi yaitu metode penjernihan atau penyaringan air yang menggunakan media filter untuk memisahkan antara partikel koloid (padatan) dengan cairan. Selain filtrasi, terdapat juga metode adsorbsi yang sering digunakan khususnya untuk menyerap logam berat dan parameter lainnya [1].

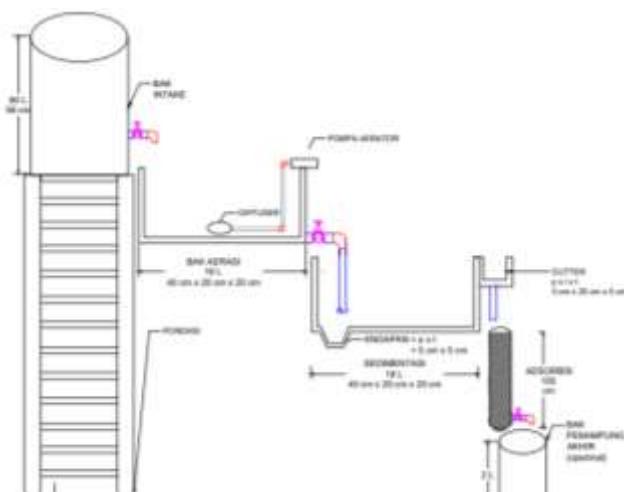
Namun dalam hal ini sebelum dilakukan metode filtrasi maupun adsorbsi, dilakukan metode awal seperti aerasi dan sedimentasi untuk membantu meringankan penurunan parameter pencemar dan pemisahan padatan di dalam air agar tidak terlalu membebani proses filtrasi maupun adsorbsi. Pemilihan proses yang digunakan berdasarkan konsentrasi zat parameter serta kondisi air baku yang digunakan. Seperti pada penelitian Hendrasarie, 2023 yang menggunakan filtrasi pada pengolahan air tanah [2]. Juga pada penelitian Hendrasarie yang lain menggunakan adsorbsi dengan bahan alami ampas tebu karena memiliki potensi menyerap kandungan parameter pencemar [3]. Serupa dengan penelitian lainnya bahwa selain logam berat, zat organic pun juga dapat diturunkan dengan filtrasi maupun adsorbsi [4]. Penelitian ini juga memanfaatkan media alami sekitar yang memiliki kandungan yang dapat bereaksi dengan parameter pencemar, seperti misalnya penelitian lain menggunakan sabut kelapa sebagai adsorben untuk menurunkan zat organic seperti COD dan BOD [5].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode aerasi, sedimentasi, filtrasi/adsorbsi. Penambahan aerasi dan sedimentasi sebelum mengarah ke filtrasi/adsorbsi bertujuan agar parameter pencemar tidak membebani kerja filtrasi dan adsorbsi.



Gambar 1. Rancangan Reaktor Aerasi-Filtrasi
Sumber : Gambar Perancangan (2024)



Gambar 2. Rancangan Reaktor Aerasi-Adsorbsi
Sumber : Gambar Rancangan (2024)

Beberapa variabel yang digunakan seperti diantaranya terdapat variabel tetap yaitu sampel air sumur bor dan metode pengolahan yang ditentukan. Juga dengan variabel bebas terdapat perbandingan antara metode yang digunakan yaitu aerasi-filtrasi dan aerasi-adsorbsi. Juga terdapat media filter yang digunakan yaitu pasir silika, media alami untuk perbandingan (sabut kelapa, sekam padi, dan tempurung kelapa), spons, dan kerikil zeolit serta pada adsorben yang digunakan yaitu media perbandingan ampas tebu, kulit durian, dan sekam padi. Variasi waktu terdapat pada sampling filtrasi/adsorbsi yang memakan waktu kontak selama 2, 3, dan 4 jam. Terakhir pada parameter yang dianalisis adalah besi, mangan, dan zat organik seperti TDS, TSS, dan TOC. Pengambilan sampling dilakukan di tiap treatment pengolahan guna mengetahui penurunan dan efektivitas tiap bak terhadap parameter.

Pada filtrasi, pengisian media filter terdiri dari paling atas yaitu pasir berukuran 30 cm, media filter yang akan dibandingkan seperti sabut kelapa/seksam padi/tempurung kelapa berukuran 30 cm, spons berukuran 10 cm, dan paling bawah kerikil berukuran 30 cm. Pada tiap media bagian bawah diberi pembatas berupa kapas/kassa agar tiap media tidak bersangkutan. Sedangkan pada adsorbsi hanya berisi adsorben yang telah dilakukan pengarangan dan aktivasi

Sebelum dilakukan penelitian utama metode aerasi-filtrasi dan aerasi-adsorbsi, terlebih dahulu dilakukan penelitian awal yaitu mengujikan parameter asli air sumur bor berupa besi, mangan, dan zat organik yaitu TDS, TSS, dan TOC guna mengetahui kondisi awal air sumur bor dan menyesuaikan dengan baku mutu. Proses pengolahan metode aerasi-filtrasi dan aerasi-adsorbsi dilakukan secara kontinyu dengan aerasi memakan waktu 1 jam dilanjutkan sedimentasi waktu tinggal selama 2 jam sebelum dilanjutkan ke filtrasi maupun adsorbsi.

3. Hasil dan Pembahasan

Parameter yang diuji yaitu zat organic seperti TDS, TSS, dan TOC serta logam berat besi dan mangan yang mempengaruhi kondisi air sumur bor terasa sedikit asin dan bisa menyebabkan karat apabila berkontak dengan benda berbahan dasar besi. Parameter yang digunakan untuk perbandingan yaitu mengarah pada Permenkes No. 2 Tahun 2023 [6] tentang hygine dan sanitasi yaitu peraturan mengenai baku mutu air tanah yang aman untuk digunakan.

Sesuai dengan metode yaitu pada awal pengujian dilakukan uji kandungan asli air sumur bor untuk diketahui kandungan aslinya. Lalu dilakukan pengolahan awal dengan aerasi guna membantu menurunkan besi dan mangan. Sedimentasi pun juga nantinya akan mengendapkan besi dan mangan apabila kandungan besi dan mangan dapat diendapkan. Serta juga mengendapkan lumut-lumut halus yang terdapat pada air sumur bor.

Tabel 1. Uji pre-treatment

No	Parameter	Influent (mg/L)	Aerasi Selama 1 jam (mg/L)	Sedimentasi Selama 2 jam (mg/L)	Baku mutu (mg/L)	Keterangan
1	TDS	783	762	758	<300	Tidak memenuhi
2	TSS	35,2	25	10	100	Memenuhi
3	Besi	0,2	0,1	0,1	0,2	Memenuhi
4	Mangan	0,0534	0,020	0,019	0,1	Memenuhi
5	TOC	18,3	18	18,1	-	-

Sumber : Hasil Pengujian (2025)

Dari pengujian awal yang dihasilkan dari tabel tersebut, bahwa parameter air baku seperti TSS, besi, dan mangan telah memenuhi baku mutu. Namun TDS masih diatas baku mutu sehingga memerlukan treatment lebih lanjut. Namun sesaat setelah melewati proses aerasi dan sedimentasi, TDS masih diatas baku mutu, namun berpengaruh pada parameter TSS, besi, dan mangan yang menyebabkan penurunan. Maka dari itu dilakukan treatment lanjutan yaitu filtrasi dan adsorbsi untuk menurunkan TDS lebih lanjut.

a. Hasil Analisa Filtrasi

Setelah dilakukan uji metode filtrasi dengan bantuan aerasi dan sedimentasi sebelumnya, ditunjukkan bahwa parameter TDS yang sebelumnya masih diatas nilai baku mutu perlahan dapat diturunkan dengan variasi waktu kontak dan media filter yang ditentukan. Begitu pula dengan parameter yang lain seperti TSS, besi, mangan, dan TOC. Meskipun TSS, besi, dan mangan sebelumnya telah memenuhi peraturan pada baku mutu, namun menggunakan filtrasi dapat menurunkan lebih banyak dan cukup berpengaruh. Pada TOC tidak terdapat peraturan khusus mengenai air sumur. Namun ketidak stabilan hasil pada tiap waktu

yang berbeda dikarenakan sifat air sumur secara alami yang dapat berubah, juga dengan kemampuan tiap media yang sewaktu-waktu mencapai optimal. Maka dapat diketahui bahwa semua parameter dapat diturunkan dengan filtrasi dan media yang digunakan.

Tabel 2. Hasil Uji Filtrasi

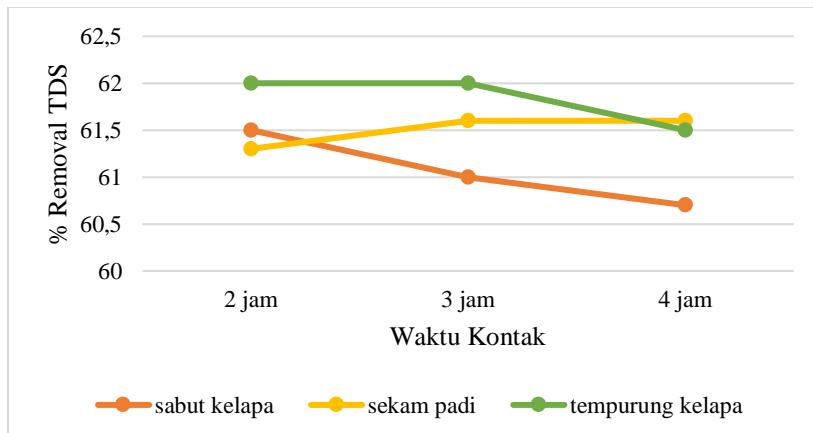
Parameter	Inlet dari sedimentasi (mg/L)	Filtrasi (mg/L)										Baku Mutu (mg/L)	Keterangan		
		Sabut Kelapa			Sekam Padi			Tempurung Kelapa							
		2 jam	3 jam	4 jam	2 jam	3 jam	4 jam	2 jam	3 jam	4 jam					
TDS	758	300	305	307	303	300	300	297	297	300	<300	Memenuhi			
TSS	10	6	6	5	21	11	15	8	6	6	100	Memenuhi			
Besi	0,1	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,07	0,06	0,2	Memenuhi			
Mangan	0,019	0,019	0,017	0,017	0,019	0,017	0,015	0,026	0,026	0,024	0,1	Memenuhi			
TOC	18,1	17,7	17,7	17,1	15,1	15,3	15,5	12,6	12,3	12	-	-			

Sumber : Hasil Pengujian (2025)

Setelah dilakukan uji Analisa pada proses, maka dilakukan perhitungan efisiensi penurunan yang akan dinyatakan dalam persentase (%) yang akan diperoleh %removal pada variable yang akan dibandingkan yaitu media filtrasi sabut kelapa, sekam padi, dan tempurung kelapa.

b. Efisiensi TDS Pada Filtrasi

Padatan Terlarut Total atau biasa disebut (*Total Dissolved Solid* atau TDS) yaitu kumpulan dari zat organik, garam, hingga gas terlarut [7]. Padatan yang terlarut dalam air juga bisa berbentuk zat yang larut dan berada dalam bentuk suspensi yang merupakan senyawa dan partikel lain yang sulit dapat disaring. Dari kandungan tersebut dapat menyebabkan air terasa asin. Namun rasa asin karena TDS beragam yang dapat dikarenakan dominan garam maupun dominan besi.



Gambar 3. Grafik % Removal TDS Filtrasi

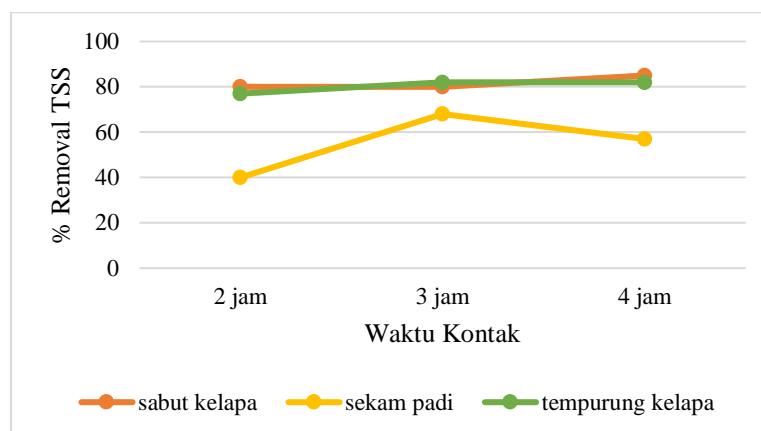
Sumber : Hasil Analisis (2025)

Berdasarkan grafik **Gambar 3** dan **Tabel 2** hasil uji, terjadi nilai TDS mengalami penurunan setelah proses filtrasi dari hasil influent sedimentasi yang dinyatakan masih tinggi dan melebihi baku mutu. Ditunjukkan juga berdasarkan grafik 4,6 % removal tersebut bahwa media tempurung kelapa mampu menurunkan lebih banyak TDS dengan range mencapai 62% pada waktu kontak 2 dan 3 jam. Sedangkan pada waktu 4 jam turun dengan range 61,6%. Begitu pula dengan sabut kelapa dan sekam padi yang efektivitasnya turun pada waktu kontak jam ke 4 yang dimana bisa dipastikan media telah jenuh. Karena TDS pun merupakan zat terlarut yang dimana tentunya perlu perawatan lebih baik meskipun kandungan alami media filter dapat membantu mengubah zat terlarut tersebut. Seperti pada teori Pustaka sebelumnya bahwa tempurung kelapa memiliki kandungan selulosa dan lignin yang lebih banyak daripada sabut kelapa dan sekam padi. Hal ini juga memicu bahwa tempurung kelapa pun mampu menurunkan TDS lebih baik.

c. Efisiensi TSS Pada Filtrasi

Padatan *Total Suspended Solid* atau TSS adalah total berat kering lumpur dalam satuan mg/L yang terdapat pada air sesudah melalui sistem penyaringan menggunakan membran dengan ukuran pori 0,45

mikron. Kandungan TSS didalam perairan umumnya melibatkan fitoplankton, zooplankton, limbah dari hewan dan manusia, sedimen lumpur dari kegiatan alami maupun manusia.



Gambar 4. Grafik % Removal TSS Filtrasi

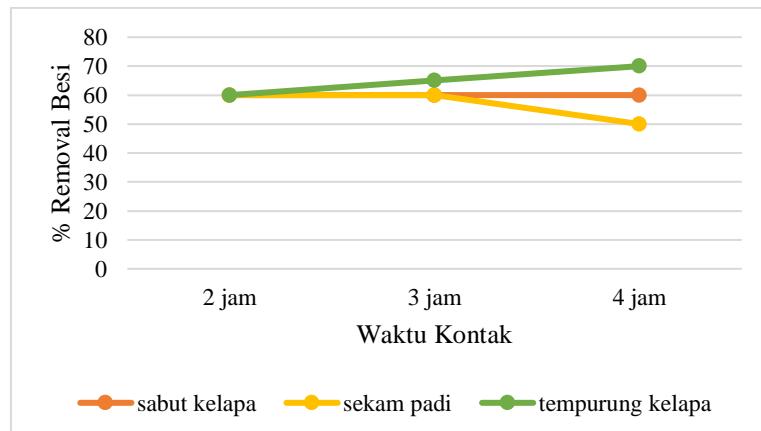
Sumber : Hasil Analisis (2025)

Ketika air mengalir melalui media filtrasi, partikel-partikel padat yang tersuspensi dalam air akan menumpuk di permukaan media. Seiring waktu lapisan partikel akan bertambah tebal dan memungkinkan filtrasi yang lebih efisien dan lebih optimal. Selain itu, ukuran partikel media yang digunakan juga berpengaruh dalam menurunkan kadar TSS, yang dimana jika semakin kecil ukuran partikel media yang digunakan maka akan semakin tinggi efektivitas penurunan TSS yang didapatkan.

Meskipun TSS sebelumnya sudah memenuhi baku mutu, namun dengan filtrasi ditunjukkan bahwa TSS juga dapat turun. Pada penelitian ini TSS dikarenakan air terdapat lumut-lumut kecil yang dapat lolos saring sehingga filtrasi disini sangat membantu dengan susunan pasir paling atas yang dapat menahan partikel padat sehingga tidak dapat lolos saring. Pada **Gambar 4** ditunjukkan bahwa tempurung kelapa dan sabut kelapa memiliki hampir kesetaraan penurunan terbanyak dengan range 80% dibandingkan sekam padi yang hanya memiliki maksimal range paling bagus 70% pada waktu kontak ke 3.

d. Efisiensi Besi Pada Filtrasi

Di dalam air tanah, selain terdapat mineral dan garam maupun padatan tersuspensi juga biasanya mengandung kadar besi yang tinggi akibat aktivitas alami di dalam tanah yang tidak dapat terkontrol. Nilai kadar besi yang tinggi inilah yang apabila dirasakan maka terasa seperti rasa logam. Selain itu kadar besi ini juga dapat menodai kain hingga mudah menyebabkan korosi apabila bersentuhan dengan benda terbuat dari logam.



Gambar 5. Grafik % Removal Besi Filtrasi

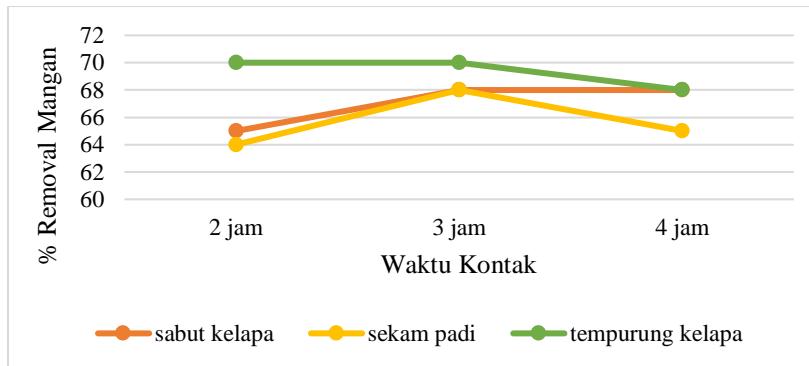
Sumber : Hasil Analisis (2025)

Pada gambar **Gambar 5** ditunjukkan bahwa masing-masing media pada waktu ke 2 jam memiliki penurunan yang setara sebesar 60%. Lalu pada waktu selanjutnya ditunjukkan bahwa tempurung kelapa memiliki penurunan terbanyak pada waktu kontak jam ke 3 sebesar 65% dan jam ke 4 sebesar 70%. Seperti

pada umumnya bahwa hal ini dikarenakan waktu kontak permukaan media dengan air semakin lama sehingga memberikan kesempatan terjadinya reaksi, pengikatan, dan pengendapan antara air yang diolah dengan media filter. Lebih besar dari sabut kelapa yang penurunannya tidak berubah di range 60% dan sekam padi yang turun pada waktu kontak ke 4 dengan range 50%. Hal ini menunjukkan tempurung kelapa juga unggul untuk menurunkan besi.

e. Efisiensi Mangan Pada Filtrasi

Air sumur dengan konsentrasi zat besi dan mangan yang tinggi apabila terkena udara dapat berubah warna menjadi kuning kecokelatan. Meskipun unsur-unsur tersebut dapat larut dalam air tanah secara alami melalui proses geokimia. Mangan juga memiliki sifat yang mirip dengan besi, di mana kelebihan mangan dalam air menghasilkan rasa, warna, dan kekeruhan yang mirip dengan yang disebabkan oleh besi [8].



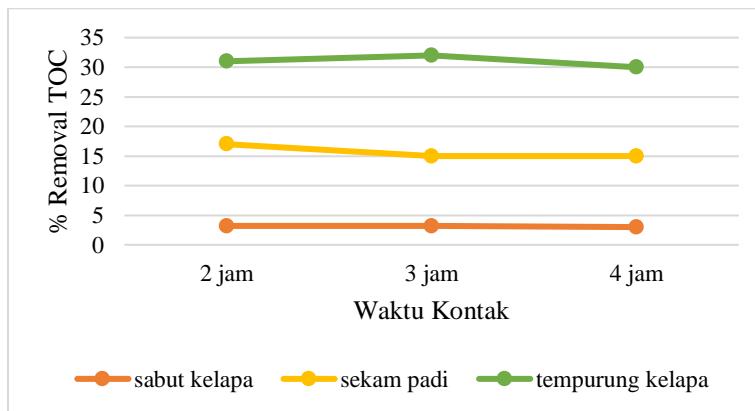
Gambar 6. Grafik % Removal Mangan Filtrasi

Sumber : Hasil Analisis (2025)

Pada mangan juga telah memenuhi baku mutu di kondisi uji awal influent pada **Tabel 2**. Dengan digunakannya treatment filtrasi menunjukkan bahwa kemampuan filtrasi dan tiap media mampu untuk menurunkan mangan lebih banyak seperti pada gambar 6 yang ditunjukkan pada media tempurung kelapa lagi dapat menurunkan terbanyak hingga pada range 70% pada waktu kontak ke 2 dan ke 3. Lalu turun efektivitasnya pada waktu kontak ke 4 sebesar 68%. Dibandingkan sabut kelapa dan sekam padi sama-sama dengan keadaan masih ber proses pada waktu kontak ke 2. Lalu naik efektivitasnya pada waktu kontak ke 3 sebesar 68%. Dan jenuh Kembali pada waktu kontak ke 3. Keadaan media tetap terlihat bahwa semakin lama waktu kontak berlangsung maka media sudah jenuh

f. Efisiensi TOC Pada Filtrasi

TOC merupakan total seluruh zat organic yang ada di dalam air dengan dipengaruhi beberapa faktor alami seperti bahan organic, mikroba, serta pengaruh lingkungan atau kedalaman air sumur.



Gambar 7. Grafik % Removal TOC Filtrasi

Sumber : Hasil Analisis (2025)

Beberapa sumber tidak terdapat penelitian khusus mengenai penurunan TOC. Meskipun tidak terdapat peraturan khusus yang tertulis mengenai TOC, namun dengan filtrasi dan media yang digunakan

ditunjukkan mampu untuk menurunkan beberapa persen TOC. Ditunjukkan dengan tempurung kelapa juga dihasilkan penurunan paling besar hingga mencapai 30% pada waktu kontak jam ke 2. Lalu naik sedikit dan menurunkan lagi hingga didapatkan sebesar 32% pada waktu kontak jam ke 3. Lalu jenuh pada waktu kontak jam ke 4 sebesar 30%. Lebih besar dan banyak jika dibandingkan sabut kelapa yang memiliki penurunan sebesar 3,2% dan sekam padi 17% pada waktu kontak ke 2 lalu jenuh menjadi 15% pada waktu kontak ke 3 dan 4.

Hasil Uji Adsorbsi

Pada adsorbsi pun prosesnya juga sama dengan filtrasi. Dengan proses awal menggunakan aerasi selama 1 jam dilanjutkan dengan sedimentasi selama 2 jam sebelum memasuki kolom adsorbsi. Setelah dilakukan proses adsorbsi, didapatkan hasil uji yang seperti pada **tabel.4**. Pada Adsorbsi, ditunjukkan penurunan yang lebih banyak terutama pada parameter TDS. Kemampuan penurunan yang lebih tinggi dikarenakan sifat adsorbsi yaitu menyerap zat. Pada adsorbsi hanya berisikan media arang aktif yang keseluruhan dapat menyerap logam berat dan zat organic lebih banyak dikarenakan telah melewati proses pengarangan yang menimbulkan pembukaan pada pori-pori media alami dan dibantu dengan aktivasi cairan asam kuat untuk menguatkan proses penyerapan zat sehingga hasil parameter yang diuji mengalami penurunan yang besar.

Tabel 3. Hasil Uji Adsorbsi

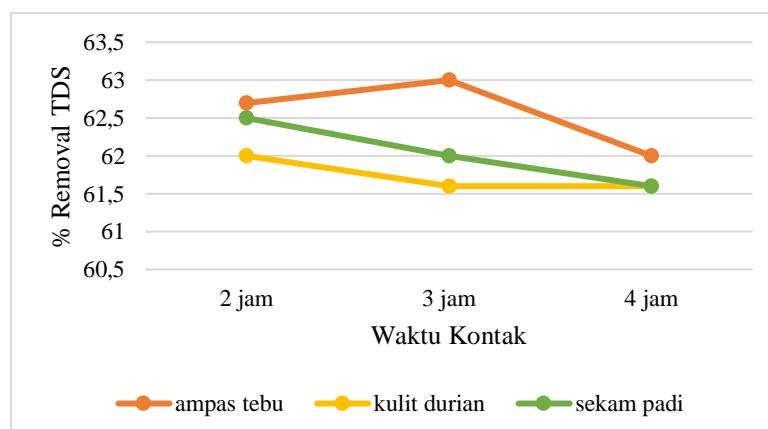
Parameter	Inlet dari sedimentasi (mg/L)	Adsorbsi (mg/L)										Baku Mutu (mg/L)	Keterangan		
		Ampas Tebu			Kulit Durian			Sekam Padi							
		2 jam	3 jam	4 jam	2 jam	3 jam	4 jam	2 jam	3 jam	4 jam					
TDS	758	292	289	290	297	300	290	293	297	300	<300	Memenuhi			
TSS	10	11	11	10	8	8	8	22	20	22	100	Memenuhi			
Besi	0,1	0,1	0,04	0,06	0,1	0,07	0,06	0,1	0,07	0,07	0,2	Memenuhi			
Mangan	0,019	0,019	0,016	0,015	0,019	0,019	0,017	0,019	0,017	0,016	0,1	Memenuhi			
TOC	18,1	16,9	14,5	14	16,1	16	16	16,3	15	15	-	-			

Sumber : Hasil Pengujian (2025)

Berbeda dari media filtrasi, pada adsorben terdapat perhitungan kadar abu dan kadar air untuk mendukung dan mengetahui kemampuan penyerapan masing-masing adsorben dalam penyisihan sehingga kemampuan penyerapan paling besar. Menurut SNI 06- 3730-1995 [9] ketentuan kadar abu sesuai batas maksimal yaitu 10%, dan kadar air dengan batas maksimal yaitu 15%.

a. Efisiensi TDS Adsorbsi

Total Dissolve Solid atau biasa disebut TDS yaitu padatan terlarut dalam air yang dimana ukuran padatannya lebih kecil apabila dibandingkan dengan padatan yang melayang (TSS). TDS ini biasa berupa terkandung zat anorganik, zat organik, hingga gas terlarut yang biasanya dapat berasal dari banyak faktor seperti daun berserakan, organisme plankton, lumpur, kotoran, limbah rumah tangga hingga limbah industry yang lewat. Sedangkan faktor anorganik dan gas terlarut dapat berasal dari aktivitas alami seperti batuan dan udara yang mengandung CaCO₃, gas N₂, Fe, P, S dan zat mineral lainnya [10].



Gambar 8. Grafik % Removal TDS Adsorbsi

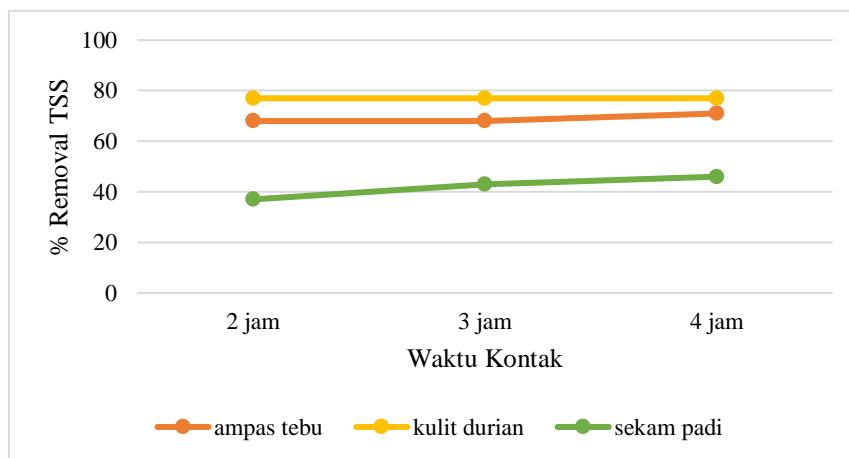
Sumber : Hasil Analisis (2025)

Pada adsorbsi akan membuat penurunan lebih banyak dikarenakan hasil dari pengarangan yang menyebabkan penyerapan ion semakin besar dari pori-pori arang yang terbuka akibat pengarangan dan aktivasi cairan kimia. Namun kondisi efisiensi media tidak jauh berbeda dibanding media filtrasi bahwa semakin lama memakan waktu kontak, media akan jenuh pada parameter TDS.

Pada **Gambar 8** ditunjukkan bahwa media ampas tebu memiliki penurunan TDS terbanyak dibanding kulit durian dan sekam padi. Seperti pada Pustaka sebelumnya yang menjelaskan bahwa ampas tebu memiliki kandungan selulosa dan lignin yang lebih banyak jika dibandingkan kulit durian dan sekam padi. Dan pada grafik ditunjukkan perbedaan bahwa ampas tebu memiliki penurunan tertinggi pada jam ke 3 dan jenuh pada jam ke 4. Sedangkan kulit durian tinggi efektivitas pada jam ke 2 dan jenuh pada jam ke 3 dan jam ke 4. Sekam padi pun sama juga efektif pada jam ke 2 namun jenuh pada jam ke 3 dan jam ke 4.

b. Efisiensi TSS Adsorbsi

Total Suspended Solid atau dapat disebut TSS seperti yang diketahui pada umumnya yaitu padatan yang tersuspensi atau yang melayang-layang dan timbul dalam air. Secara fisika biasanya TSS dapat menjadi penyebab kekeruhan pada air dikarenakan partikelnya dapat dilihat secara nyata.



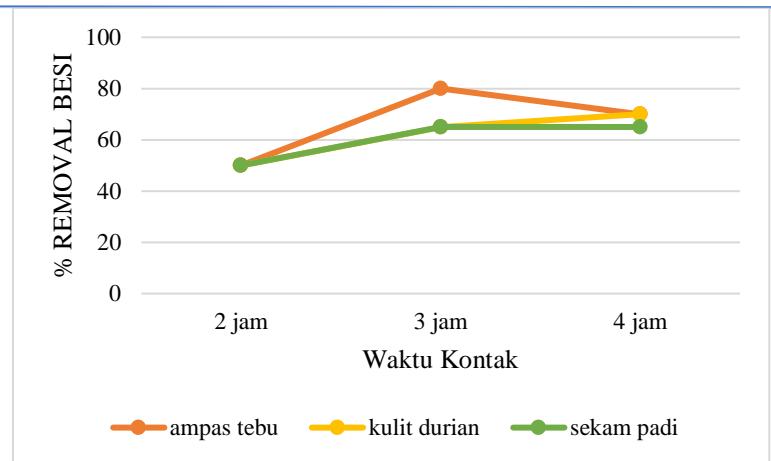
Gambar 9. Grafik % Removal TSS Adsorbsi

Sumber : Hasil Analisis (2025)

Dari proses pengarangan, terkadang sisa-sisa abu arang yang halus ikut lolos saring sehingga membuat penurunan kandungan TSS tidak maksimal. Maka dapat diasumsikan tiap jam yang naik arang halus dapat ikut turun dan lolos saring sehingga hasil TSS juga meningkat. Namun meskipun demikian, TSS masih tetap terlihat memenuhi baku mutu dikarenakan hasil air tidak menjadi keruh atau dapat dikatakan bahwa dari proses pengarangan ampas tebu juga bersih tidak terdapat sisa abu lolos saring. Seperti yang ditunjukkan pada grafik bahwa adsorben ampas tebu tergolong memiliki penurunan TSS paling banyak sebesar 60% pada waktu ke 3 jam dan jenuh pada jam ke 4 dengan nilai yang masih besar yaitu 57%. Dibandingkan adsorben kulit durian dan sekam padi dengan range penurunan 30-46%.

c. Efisiensi Besi Adsorbsi

Pada kondisi air permukaan biasanya tidak sering ditemukan kadar besi yang nilainya lebih tinggi dari 1 mg/L, akan tetapi bila di dalam air tanah kadar besi biasanya bernilai lebih tinggi dari 1 mg/L. Lagi-lagi hal ini berdominan sebab aktivitas alami di dalam tanah itu sendiri. Konsentrasi nilai besi yang tinggi ini dapat menyebabkan rasa logam, warna kuning, pengendapan pada dinding pipa dan juga dapat menodai kain menjadi warna kuning serta perkakas dapur yang berbahannya dasar besi menjadi korosi.

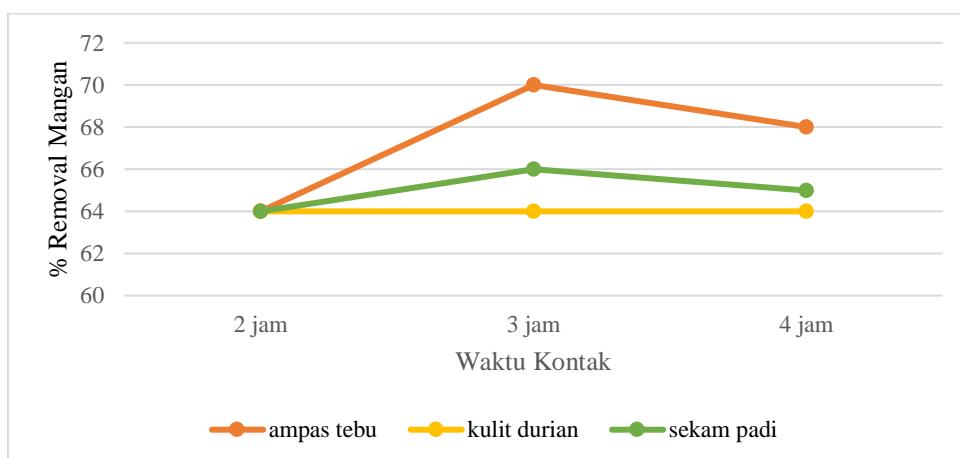
**Gambar 9.** Grafik % Removal Besi Adsorbsi

Sumber : Hasil Analisis (2025)

Pada **Gambar 9** ditunjukkan bahwa masing-masing media pada jam ke 2 menghasilkan % removal yang sama yaitu range 50%. Lalu ditunjukkan ampas tebu memiliki kenaikan penurunan paling banyak hingga mencapai 80% di waktu 3 jam. Lalu turun pada waktu 4 jam menjadi 70% atau dapat diasumsikan telah jenuh. Sedangkan kulit durian dan sekam padi pada jam ke 3 juga mengalami kenaikan menghasilkan penurunan terbesar sebanyak 65%. Lalu pada jam ke 4 masing-masing tidak mengalami apapun dan tetap pada range 65% yang dapat diasumsikan telah jenuh.

d. Efisiensi Mangan Adsorbsi

Selain besi, mangan juga merupakan salah satu logam berat yang nilainya sering terdeteksi di dalam air tanah. Nilai mangan di dalam air tanah dapat dipengaruhi beberapa faktor alami seperti misalnya terdapat kandungan oksigen yang berada di dalam air tanah tersebut. Kandungan oksigen yang terdapat di dalam air tanah akan membentuk reaksi oksida yang dapat mengakibatkan terbentuknya unsur Mn semakin mengendap dan dapat merubah warna air sehingga nilai Mn akan tinggi.

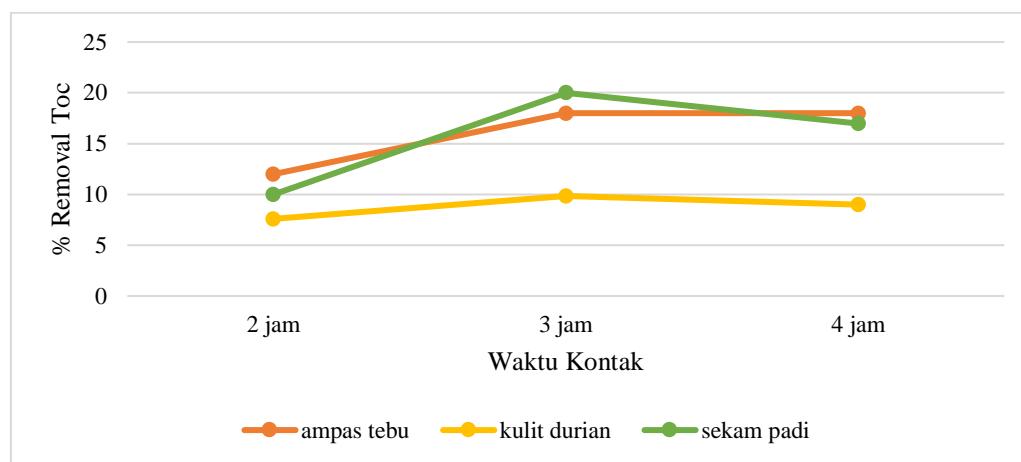
**Gambar 10.** Grafik % Removal Mangan Adsorbsi

Sumber : Hasil Analisis (2025)

Masing-masing ampas tebu, kulit durian dan sekam padi mengalami range % removal yang sama yaitu 64% pada waktu kontak jam ke 2. Pada ampas tebu mengalami kenaikan yang tinggi hingga menghasilkan range 70% pada waktu kontak jam ke 3. Lalu jenuh sehingga turun pada waktu kontak jam ke 4 pada range 68%. Begitu pula dengan sekam padi pada waktu kontak jam ke 3 mengalami kenaikan hingga menjadi 66%, lalu pada waktu kontak jam ke 4 turun menjadi 65%. Sedangkan untuk kulit durian tetap stabil pada range 64% dan tidak terjadi perubahan.

e. Efisiensi TOC Adsorbsi

TOC merupakan total gabungan atau seluruh zat organic yang ada di dalam air sumur itu sendiri yang juga dengan dipengaruhi beberapa faktor alami seperti bahan organic, mikroba, serta pengaruh lingkungan atau kedalaman air sumur yang menyebabkan tingginya nilai TOC pada air sumur.



Gambar 11. Grafik % Removal TOC Adsorbsi

Sumber : Hasil Analisis (2025)

Untuk TOC juga ditunjukkan mendapatkan penurunan yang besar dikarenakan efektivitas penyerapan melalui system adsorbsi. Ditunjukkan pada grafik bahwa media ampas tebu juga dominan dengan range terbesar di waktu kontak 3 jam mampu menurunkan hingga sebesar 20%. Meskipun begitu, sekam padi juga memiliki range mendekati ampas tebu yaitu terbesar mencapai 18%. Untuk kulit durian masih terendah dengan terbesar mencapai 9,85%.

Media Terbaik Filtrasi dan Adsorbsi

Pada proses filtrasi, ditunjukkan dari tiap grafik per parameter bahwa media tempurung kelapa memiliki penurunan terbanyak jika dibandingkan dengan media sabut kelapa dan sekam padi. Hal ini sejalan dengan teori Pustaka menyebutkan bahwa media tempurung kelapa terdiri 62% selulosa dan hemiselulosa serta mengandung 35% lignin [11] Lebih besar jika dibandingkan media sabut kelapa yang mengandung sel lignin sebesar 35% – 45% dan sel selulosa sebesar 23%–43% [12] serta media sekam padi yang mengandung sel selulosa bernilai 34,34–43,80 dan sel lignin yang bernilai 21,40–46,97. Selulosa sel tau zat alami pada tumbuhan untuk penyusun dinding sel tanaman. Beberapa bentuk molekul yang dihasilkan dari selulosa mempunyai kecenderungan untuk membentuk ikatan-ikatan hydrogen yang menyebabkan selulosa ini dapat memiliki sifat kekuatan menarik senyawa yang tinggi [13]. Maka dapat disimpulkan bahwa adanya selulosa tersebut dapat membantu mengikat senyawa ion pada pengolahan yang digunakan untuk menurunkan parameter pencemar. Sedangkan lignin merupakan zat yang mirip dan bersama dengan struktur sel selulosa yang terdapat di dalam kayu pada tumbuhan. Lignin ini biasa berfungsi dengan sifat menyerupai lem ataupun semen yang dapat mengikat beberapa sel lainnya sehingga menjadi satu kesatuan yang akhirnya berfungsi sebagai kekuatan pada kayu (*mechanical strength*) agar tanaman menjadi kokoh dan berdiri tegak [14]. Maka dapat disimpulkan bahwa kandungan alami tanaman dari sel selulosa dan sel lignin membantu untuk menyerap parameter pencemar pada air sumur bor.

Sedangkan pada adsorbsi, ditunjukkan oleh grafik bahwa adsorben ampas tebu mendominasi penurunan terbanyak. Menurut [15], komposisi ampas tebu terdiri dari 50% sel selulosa, 25% sel hemiselulosa dan 25% sel lignin. Untuk melihat perbandingan lebih luas, juga telah dilakukan uji kadar abu dan kadar air untuk mengetahui efektivitas penyerapan adsorben. Dan diketahui bahwa adsorben ampas tebu lebih ideal memenuhi SNI 06- 3730-1995 dengan kadar abu 10,20% sesuai batas maksimal yaitu 10%, dan kadar air 10% sesuai dengan batas maksimal yaitu 15%. Seperti yang disebutkan pada Pustaka oleh Sari, 2021 dalam penelitian uji karakteristik fisik pembuatan karbon aktif dari limbah daun nanas (ananas comosus) menggunakan aktivator H₃PO₄, bahwa semakin rendahnya kadar air, maka dapat diartikan dan ditunjukkan bahwa sedikitnya air yang menutupi yang terdapat pada pori karbon aktif. sehingga efektivitas adsorben akan baik dalam menyerap zat.

Selain itu, alasan digunakannya aktivator H₃PO₄ untuk aktivasi adsorben dikarenakan aktivator tersebut biasa dipakai untuk media alami yang dimana kandungan aktivator juga tidak terlalu kuat bagi

media alami. Aktivasi dengan cairan kimia jika terkait Pustaka ialah suatu proses secara kimia pemisahan senyawa kimia rantai karbon dari senyawa organik dengan menggunakan bahan kimia yaitu cairan kimia. Penggunaan aktivasi cairan kimia ini akan merubah karbon menjadi karbon aktif yang dapat menyerap lebih tinggi dan maksimal. Cara aktivasi karbon dilakukan dengan cara merendam karbon atau arang ke dalam cairan kimia sebagai aktivator yang akan digunakan seperti misalnya asam fosfat (H_3PO_4) selama kurang lebih 24 jam. Selain itu, menurut Othmer, 1940, bahan kimia yang cocok dan biasa digunakan untuk menjadikan adsorben sebagai karbon aktif adalah $Ca(OH)_2$, $CaCl_2$, HNO_3 , $ZnCl_2$, H_2SO_4 salah satunya dengan H_3PO_4 .

4. Kesimpulan

Dari media filter yang digunakan dalam aerasi-filtrasi, pada data tabel 2 dan grafik % removal ditunjukkan bahwa media tempurung kelapa dominan menurunkan lebih banyak dibandingkan media sekam padi dan media sabut kelapa dikarenakan menurut sumber teori Pustaka yang menyebutkan bahwa tempurung kelapa terdiri 62% sel selulosa dan hemiselulosa serta mengandung 35% sel lignin. Lebih besar jika dibandingkan media sabut kelapa yang mengandung sel lignin 35% – 45% dan sel selulosa 23%–43% serta sekam padi yang mengandung sel selulosa 34,34-43,80 dan sel lignin 21,40-46,97. Selain itu pada media adsorben dalam aerasi-adsorbsi didapatkan pada tabel 3 dan grafik % removal bahwa ampas tebu merupakan adsorben terbaik yang memiliki penurunan terbanyak dibandingkan kulit durian dan sekam padi, serta telah memenuhi ideal SNI kadar abu maksimal 10% dengan perhitungan sebesar 10,20% dan ideal SNI kadar air maksimal 15% dengan perhitungan sebesar 10%.

Maka dari perbandingan aerasi-filtrasi dan aerasi-adsorbsi lebih mampu dilakukan dengan proses adsorbsi dikarenakan media arang aktif pada adsorben bersifat menyerap zat atau ion pada air yang lebih efisien dan cepat dikarenakan media adsorbs melalui masa karbonisasi dan aktivasi yang menyebabkan mengalami efisiensi penurunan lebih banyak dibandingkan dengan filtrasi yang hanya menyaring, meskipun media filtrasi yang memiliki fungsi penyerapan zat atau ion secara alami tanpa melalui aktivasi atau pengkarbonan namun tidak maksimal.

5. Daftar Pustaka

- [1] Hendrasarie, N. and Susanti, E. (2018). “Degradation of Crude Oil Spills in Marine Waters Using Ultra Filtration Membranes and Biological Processes”, NST Proceedings, International Seminar of Research Month Science and Technology for People Empowerment Volume 2018, 300-308
- [2] Hendrasarie, N., Najwa, I. (2023). Pembuatan Clay Ceramic Filter untuk Mengurangi Kandungan Ion Mangan, Besi, COD dan DO Pada Air Tanah, Jurnal Serambi Engineering, 8(3), 6236-6242
- [3] Hendrasarie, N., Belaon, T. B. (2023). Penurunan Beban Organik Limbah Batik Jetis Menggunakan Adsorben Serat Tebu, Kulit Kedelai dan Kulit Bawang, Jurnal Serambi engineering, 8(3), 6180-6190
- [4] Hendrasarie, Novirina, Maria, S.H. (2021). Combining Grease Trap and Moringa Oleifera as Adsorbent to Treat Wastewater Restaurant. South African Journal of Chemical Engineering, 37(December 2020), 196–205. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2021.05.004>
- [5] Hendrasarie, N., Zarfandi, F. I. (2023). Intergated Anoxic-Oxic Sequencing Batch Reactor Combined with Coconut Fiber Waste as Biofilm and Adsorbent Media. Journal of Ecological Engineering, 24(11), 176-189
- [6] Kementerian Kesehatan. Republik Indonesia. (2023). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Hygine dan Sanitasi. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
- [7] Fardiaz, S. (1992). Polusi Air dan Udara, Kanisius, Yogyakarta
- [8] Febrina, A., Astrid, A. (2014). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. Jurnal Teknologi, 7(1), 36–44.
- [9] SNI, 0.-3.-1. (1995). Arang Aktif Teknis. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [10] Lantapon, H., Pinontoan, O. R., Akili, R. H., Kesehatan, F., Universitas, M., Ratulangi, S., & Abstrak, M. (2019). Analisis Kualitas Air Sumur Berdasarkan Parameter Fisik dan Derajat Keasaman(pH) di Desa Moyongkota Kabupaten Bolaang Mong
- [11] McKay dan Roberts. (1982). Carbon. Vol. 20, No. 2, PP. 105.
- [12] Carrijo, O.A., Liz, R.S., Makishima, N. (2002). Fiber of Green Coconut Shell as Agriculture Substratum, Brazilian Horticulture, 20, 533-535.

-
- [13] Azhary H., Dodi. (2010). Pembuatan Pulp dari Batang Rosella dengan Proses Soda. Sriwijaya : Universitas Sriwijaya.
 - [14] Purnawan dan C. I. Parwati. (2014). Pembuatan Pulp Dari Serat Aren (Arenga pinnata) dengan Proses Nitrat Soda. Jurusan Teknik Lingkungan dan Teknik Industri Institut Sains & Teknologi, Universitas AKPRIND Yogyakarta.
 - [15] Kartika, A.A., dkk. (2013). Penggunaan Pretreatment Basa Pada Proses Degradasi Enzimatik Ampas Tebu Untuk Produksi Etanol. Jurnal Teknik Pomits, 2(1), 2301-9271.