

Efektivitas Media Filter Pasir Silika dan Arang Ampas Tebu untuk Menurunkan Warna Menggunakan Filtrasi *Upflow*

Raihan Farras Fadillah¹, Ririn Endah Badriani^{1*}, Cantika Almas Fildzah¹

¹Fakultas Teknik Universitas Jember

Jl. Kalimantan Tegalboto No 37 Sumbersari Jember Jawa Timur 68121

*E-mail Korespondensi : ririn.teknik@unej.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v18i1.24483>

Submitted February 1st 2024, Accepted November 24th 2024, Published April 7th 2025

Abstrak

Ketersediaan air berkualitas sangat krusial untuk kelangsungan hidup manusia. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efisiensi penurunan warna air melalui metode filtrasi upflow dengan variasi media filter pasir silika dan arang ampas tebu. Metode penelitian melibatkan persiapan penelitian, alat, dan bahan, pembuatan arang ampas tebu, serta reaktor filter. Tahapan eksperimen mencakup pembuatan dan pengujian air baku, proses filtrasi, pengambilan dan pengujian air hasil filtrasi, serta analisis data. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penyisihan warna pada kadar 16,72 TCU tertinggi di reaktor 2 (77,07%) dan terendah di reaktor 3 (45,85%). Pada kadar 34,28 TCU, efisiensi tertinggi di reaktor 2 (63,24%) dan terendah di reaktor 3 (29,09%). Kadar 46,08 TCU menunjukkan efisiensi tertinggi di reaktor 2 (59,33%) dan terendah di reaktor 3 (22,53%). Analisis *Two Ways ANOVA* diperoleh hasil bahwa ketebalan media filter arang ampas tebu berpengaruh signifikan terhadap penurunan warna dikarenakan nilai *p value* lebih kecil dari 0,05. Sedangkan ketebalan pasir silika tidak berpengaruh signifikan dikarenakan nilai *p value* lebih besar dari 0,05. Keterbatasan penyisihan warna disebabkan luas permukaan pasir silika kecil sehingga tidak dapat menyerap zat warna dalam jumlah batas.

Kata Kunci: arang ampas tebu, media filter, pasir silika, filtrasi upflow

Abstract

*The availability of quality water is crucial for human survival. This study aims to evaluate the efficiency of reducing water colour through the upflow filtration method with variations in silica sand filter media and bagasse charcoal. The research method involves the preparation of research tools and materials, the manufacture of bagasse charcoal, and filter reactors. Experimental stages include raw water preparation and testing, the filtration process, filtration result water collection and testing, and data analysis. The results showed that the colour removal efficiency at 16.72 TCU was highest in reactor 2 (77.07%) and lowest in reactor 3 (45.85%). At 34.28 TCU, the highest efficiency was in reactor 2 (63.24%) and the lowest in reactor 3 (29.09%). The level of 46.08 TCU showed the highest efficiency in reactor 2 (59.33%) and the lowest in reactor 3 (22.53%). Two Ways ANOVA analysis showed that the thickness of bagasse charcoal filter media has a significant effect on colour reduction because the *p value* is smaller than 0.05. While the thickness of silica sand has no significant effect because the *p value* is greater than 0.05. The limitation of colour removal is due to the small surface area of silica sand, which cannot absorb a limited amount of dye.*

Key words: bagasse charcoal, silica sand, filter media, upflow filtration

PENDAHULUAN

Ketersediaan air memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kelangsungan hidup manusia. Penggunaan air oleh manusia melibatkan berbagai aspek kehidupan, termasuk aktivitas sehari-hari dan berbagai kegiatan usaha yang dijalankan (Pradana *et al.*, 2019). Seringkali air yang digunakan untuk keperluan higiene sanitasi tidak memiliki kualitas yang memadai karena tingginya kandungan warna. Sungai Sambas memiliki kandungan warna 73,6 TCU yang digunakan untuk kebutuhan masyarakat (Apriani *et al.*, 2014). Air yang memiliki warna melebihi baku mutu dapat berdampak negatif terhadap peranan dan kualitas air. Warna air yang dihasilkan oleh logam berat dapat menghambat aktivitas enzimatis sehingga menyebabkan gangguan metabolisme tubuh dan berpotensi mengakibatkan kanker dan mutasi (Pratiwi, 2020). Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pengolahan terhadap air berwarna untuk mencegah timbulnya dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan.

Air dengan kandungan warna yang tinggi dapat ditingkatkan kualitasnya menggunakan metode filtrasi. Filtrasi merupakan salah satu teknik atau metode untuk menghilangkan mikroorganisme, warna, bau, rasa,

besi, partikel tersuspensi dan koloid sebanyak mungkin dari air menggunakan media berpori atau bahan berpori lainnya (Roslinda & Hardiansyah, 2019). Pengurangan kontaminan pada air menggunakan proses filtrasi tergantung pada media filter yang digunakan. Media filter pasir silika memiliki efektivitas yang tinggi dalam proses penyaringan air untuk mengurangi tingkat kekeruhan, zat besi atau mangan, dan partikel-partikel halus yang tersuspensi (Kurniasih & Fadhillah, 2018). Media filtrasi arang dari ampas tebu adalah salah satu jenis media yang berasal dari limbah padat yang tersisa setelah proses ekstraksi nira dari batang tebu (Nurhayati *et al.*, 2015). Ketersediaan ampas tebu di Jawa Timur melimpah, sesuai dengan luas area perkebunan tebu seluas 188.589 hektar dan produksi gula sebanyak 1.003.162 ton pada tahun 2020 (Badan Pusat Statistik, 2021). Ampas tebu memiliki potensi yang dapat dimanfaatkan menjadi arang. Pemanfaatan ampas tebu menjadi arang mempunyai prospek yang bagus dan ekonomis untuk dikembangkan karena mengandung lignoselulosa yang memiliki kadar karbon tinggi sehingga sangat berpotensi dalam proses filtrasi (Hidayati *et al.*, 2016). Komposisi yang ada dalam ampas tebu meliputi abu sebesar 3,82%, lignin sebanyak 22,09%, selulosa mencapai 37,65%, sari sekitar 1,81%, pentosan sejumlah 27,97%, dan SiO_2 dengan persentase 3,01% (Putri *et al.*, 2019). Penggunaan arang ampas tebu dalam uji larutan yang terdiri dari 50 ppm pewarna metilen biru dan memiliki volume 50 ml. Berdasarkan hasil penelitian, ampas tebu sebanyak 0,5 gram mampu menyerap 99,63% pewarna metilen biru dalam waktu 30 menit (Harahap, 2018). Sementara penggunaan arang aktif dari ampas tebu dalam mengurangi zat warna limbah industri songket menghasilkan efisiensi penurunan sebesar 76,3% (Sari *et al.*, 2017).

Penelitian yang dilaksanakan memanfaatkan kombinasi media filtrasi dari pasir silika dan arang ampas tebu melalui metode filtrasi upflow. Penelitian bertujuan untuk mengetahui efektivitas dan pengaruh variasi ketebalan media filter pasir silika dan pengaruh variasi setiap media filter pasir silika dan arang ampas tebu dalam proses penurunan warna air melalui metode filtrasi upflow. Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui bahwa pemanfaatan kombinasi media filter karbon aktif dan pasir silika mampu mengurangi kepekatan warna sekitar 69,01% (Ningrum, 2020). Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan kombinasi arang ampas tebu dengan pasir silika sebagai media filtrasi, yang belum pernah diterapkan dalam penelitian sebelumnya. Hasil penelitian diharapkan memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai penerapan kombinasi media filter pasir silika dan arang ampas tebu dalam pengolahan air, serta berkontribusi pada pengembangan teknologi filtrasi yang lebih efisien dan ramah lingkungan

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di rumah yang beralamat Desa Tegalgede, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur dan Laboratorium Kesehatan Daerah Jember.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian meliputi beberapa rangkaian tahapan yaitu:

1. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian yang diperlukan adalah mengumpulkan data dan informasi mengenai topik permasalahan yang akan diteliti. Informasi tersebut akan diperkuat dengan referensi dari literatur yang relevan untuk digunakan sebagai panduan dalam melaksanakan penelitian.

2. Persiapan Alat dan Bahan

Bahan dan alat yang digunakan untuk penelitian yaitu pipa paralon diameter 3 inchi, dop paralon diameter 3 inchi, lem pipa paralon, gergaji pipa, *sock drat* luar, *seal tape*, kran, spektrofotometer, tong besi, *elbow*, pipa paralon 1/2 inchi, air, *methylene blue*, bak plastik, pasir silika 0,45-0,55 mm (Sulastri & Nurhayati, 2014), arang ampas tebu 8 mesh (Pujiasih *et al.*, 2020) dan sampel air baku buatan.

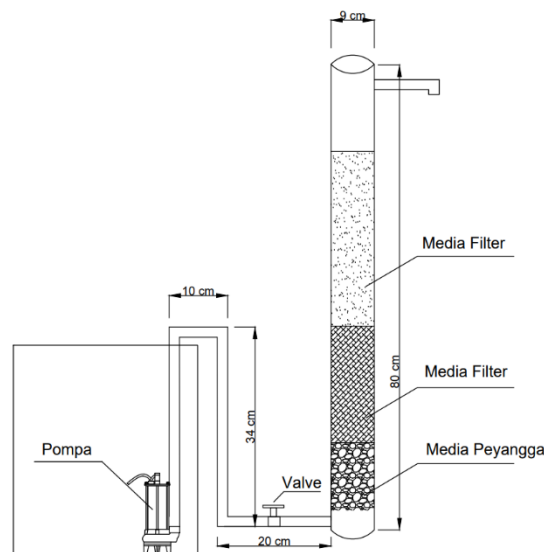
3. Pembuatan Arang Ampas Tebu

Ampas tebu dilakukan proses penjemuran dibawah matahari, selanjutnya ampas tebu dilakukan proses pengarangan. Kemudian dilakukan proses pengayakan 8 mesh dan disimpan.

4. Pembuatan Reaktor Filter

Berikut merupakan cara pembuatan reaktor filter

- Pertama, siapkan pipa paralon berukuran 3 inci dan memotongnya menjadi panjang 80 cm menggunakan gergaji.
- Selanjutnya, pasang dop pada bagian bawah pipa sebagai dasar reaktor filter.
- Kemudian pasang sock drat pada bagian paralon tepatnya di bagian atas dop, *sock drat* berfungsi sebagai *inlet* air masuk ke reaktor.
- Lalu pasang sock drat pada bagian atas paralon sebagai *outlet* dari reaktor filter.
- Selanjutnya, masukkan kerikil sebagai media penyangga dengan ketinggian 10 cm dan tambahkan lapisan media filter pada setiap reaktor sesuai dengan komposisi berikut yaitu reaktor 1 (pasir silika 30 cm & arang ampas tebu 20 cm), reaktor 2 (pasir silika 20 cm & arang ampas tebu 30 cm), reaktor 3 (pasir silika 50 cm), dan reaktor 4 (arang ampas tebu 50 cm). Gambar rancangan reaktor filtrasi, reaktor filtrasi dan susunan media filter dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Reaktor Filter

5. Pembuatan dan Pengujian Pendahuluan Air Baku

Air baku dibuat dari pencampuran air dengan *methylene blue*, hingga mencapai warna 16,72 TCU, 34,28 TCU, dan 46,08 TCU. Warna diukur dengan bantuan alat spektrofotometer di Laboratorium Kesehatan Daerah Jember. Pengukuran dilakukan untuk memperoleh nilai awal parameter warna sebelum perlakuan atau pengujian filtrasi dilakukan.

6. Proses Filtrasi

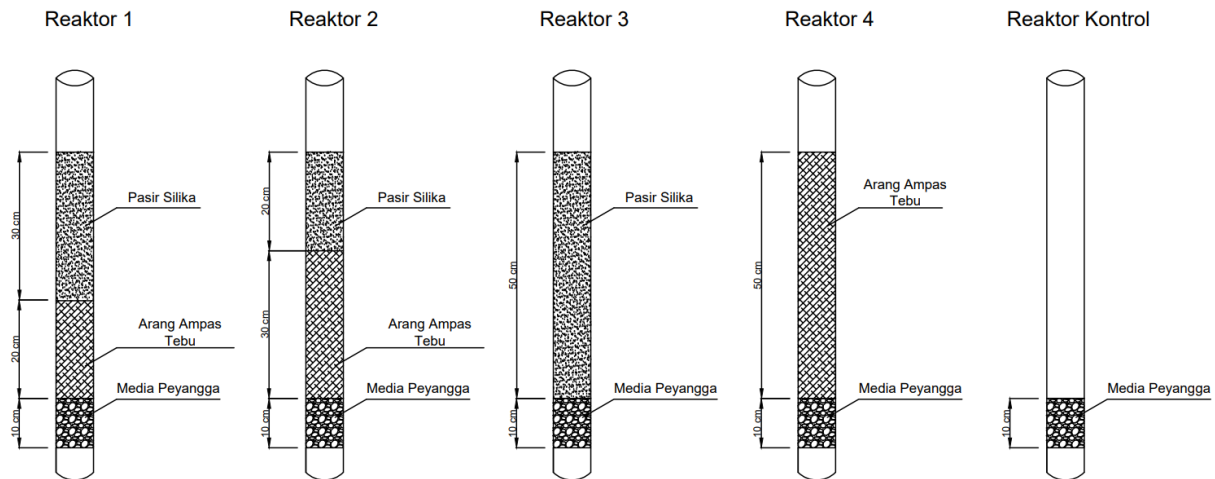
Proses filtrasi dilakukan dengan mengalirkan air pada tempat air sampel menuju reaktor filter dengan membuka kran dengan debit 1 liter/menit. Pengukuran debit dihitung dengan menggunakan *stopwatch* dan mengatur besar kecilnya bukaan kran. Proses filtrasi yang dilakukan pada setiap reaktor filter diulang sebanyak 3 kali.

7. Pengambilan dan Pengujian Air Hasil Filtrasi

Pengambilan sampel air hasil filtrasi di ambil pada masing-masing reaktor pada setiap kali pengulangan. Proses pengujian air hasil filtrasi dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Jember

8. Analisis Data

Metode analisis yang digunakan yaitu menganalisis efisiensi reaktor filter untuk penyisihan zat warna dari air. Pengolahan data juga dilakukan dengan *two ways ANOVA*

**Gambar 2.** Susunan Media Filter**Variabel dan Rancangan Penelitian**

Variabel dan rancangan yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel Bebas	Variabel Terikat	Variabel Kontrol
1. Variasi warna yang digunakan meliputi 16,72; 34,28; 46,08 TCU. 2. Variasi ketebalan yang digunakan meliputi media penyangga (10 cm)-pasir silika (30 cm)-arang ampas tebu (20 cm) pada reaktor 1 , media penyangga (10 cm)-pasir silika (20 cm)-arang ampas tebu (30 cm) pada reaktor 2, media penyangga (10 cm)-pasir silika (50 cm) pada reaktor 3, dan media penyangga (10 cm)- arang ampas tebu (50 cm) pada reaktor 4, dan media penyangga (10 cm) pada reaktor kontrol. 3. Media filter pasir silika 0,45-0,55 mm dan arang ampas tebu 8 mesh.	Penurunan warna pada kualitas air baku yang sudah melalui proses filtrasi.	1. Volume air baku sebanyak 10 liter. 2. Media penyangga dengan ketebalan 10 cm. 3. Debit air sebesar 1 liter/menit.

Tabel 2. Rancangan Penelitian

Warna (W)	Pengulangan (P)	Susunan Media Filter				
		PS- AAT		PS	AAT	Kontrol
		30 cm : 20 cm (R1)	20 cm : 30 cm (R2)	50 cm (R3)	50 cm (R4)	10 cm (R5)
16.72 (W1)	1 (P1)	W1P1R1	W1P1R2	W1P1R3	W1P1R4	W1P1R5
	2 (P2)	W1P2R1	W1P2R2	W1P2R3	W1P2R4	W1P2R5
	3 (P3)	W1P3R1	W1P3R2	W1P3R3	W1P2R4	W1P3R5
34.28	1 (P1)	W2P1R1	W2P1R2	W2P1R3	W2P1R4	W2P1R5

Warna (W)	Pengulangan (P)	Susunan Media Filter				
		PS- AAT		PS	AAT	Kontrol
		30 cm : 20 cm (R1)	20 cm : 30 cm (R2)	50 cm (R3)	50 cm (R4)	10 cm (R5)
46,08 (W3)	2 (P2)	W2P2R1	W2P2R2	W2P2R3	W2P2R4	W2P2R5
	3 (P3)	W2P3R1	W2P3R2	W2P3R3	W2P3R4	W2P2R5
	1 (P1)	W3P1R1	W3P1R2	W3P1R3	W3P1R4	W3P1R5
	2 (P2)	W3P2R1	W3P2R2	W3P2R3	W3P1R4	W3P2R5
	3 (P3)	W3P3R1	W3P3R2	W3P3R3	W3P1R4	W3P2R5

Keterangan : R1-R4 = Reaktor 1 sd 4; R5 = Reaktor control; W= Warna; P = Pengulangan; PS= Pasir silika; AAT = Arang ampas tebu

HASIL PEMBAHASAN

Analisis Air Warna Buatan

Analisis air warna buatan dilakukan melalui pencampuran air dengan methylene blue yang selanjutnya diuji di laboratorium, sebelum dilakukan proses filtrasi. Penelitian dilakukan di Kabupaten Jember. Sampel air yang diambil diuji di Laboratorium Kesehatan Daerah Jember. Hasil uji pendahuluan air warna buatan berdasarkan hasil Laboratorium Kesehatan Daerah Jember diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Air warna buatan yang di gunakan untuk proses filtrasi sebanyak 10 liter dengan kandungan 8.783 ml air + 1217 ml *methylene blue* memiliki kandungan warna 16,72 TCU.
2. Air warna buatan yang di gunakan untuk proses filtrasi sebanyak 10 liter dengan kandungan 7.246 ml air + 2754 ml *methylene blue* memiliki kandungan warna 34,28 TCU.
3. Air warna buatan yang di gunakan untuk proses filtrasi sebanyak 10 liter dengan kandungan 6.266 ml air + 3734 ml *methylene blue* memiliki kandungan warna 46,08 TCU

Nilai Air Warna Buatan Setelah Filtrasi

Hasil filtrasi air yang tercantum pada Tabel 3 diperoleh melalui proses filtrasi yang kemudian diuji di laboratorium untuk memastikan kualitasnya. Pengujian ini dilakukan untuk menganalisis kandungan air setelah proses penyaringan:

Tabel 3. Hasil Filtrasi Air Warna

Kadar Warna Air Baku (TCU)	Reaktor Filter	Hasil Filtrasi (TCU)
16,72	Reaktor 1	5,84
	Reaktor 2	3,83
	Reaktor 3	9,05
	Reaktor 4	4,88
	Reaktor Kontrol	15,67
34,28	Reaktor 1	18,74
	Reaktor 2	12,6
	Reaktor 3	24,31
	Reaktor 4	13,81
	Reaktor Kontrol	33,6
46,08	Reaktor 1	27,52
	Reaktor 2	18,74
	Reaktor 3	35,70
	Reaktor 4	24,44
	Reaktor Kontrol	44,4

Keterangan :

Reaktor 1 = media penyangga (kerikil 10 cm), pasir silika 30 cm, dan arang ampas tebu 20 cm

Reaktor 2 = media penyangga (kerikil 10 cm), pasir silika 20 cm, dan arang ampas tebu 30 cm
 Reaktor 3 = media penyangga (kerikil 10 cm), dan pasir silika 50 cm
 Reaktor 4 = media penyangga (kerikil 10 cm), dan arang ampas tebu 50 cm
 Reaktor Kontrol = media penyangga (kerikil 10 cm)

Berdasarkan hasil tersebut rata-rata penyisihan yang rendah terdapat pada reaktor 3 dengan nilai 9,05 TCU dalam kadar warna air 16,72 TCU, 33,6 TCU dalam kadar warna air 34,28 TCU, dan 35,07 TCU dalam kadar warna air 46,08 TCU yang disebabkan oleh penggunaan media filter pasir silika setebal 50 cm. Pasir silika memiliki luas permukaan kecil sebesar 54,43 m²/g (Salamah et al., 2022). Keterbatasan luas permukaan menyebabkan sedikitnya penyerapan partikel warna di dalam air. Namun penggunaan ukuran butiran pasir silika yang kecil berpengaruh terhadap porositas media yang dapat meningkatkan efektivitas filtrasi penyisihan warna (Syahensa Arip et al., 2022). Sebaliknya, reaktor 2 menunjukkan penyisihan warna yang tinggi dengan rata-rata 3,83 TCU dalam kadar warna air 16,72 TCU; 12,6 TCU dalam kadar warna air 34,28 TCU, dan 18,74 TCU dalam kadar warna air 46,08 TCU yang disebabkan oleh penggunaan media filter berupa pasir silika setebal 20 cm dan arang ampas tebu setebal 30 cm. Peran besar arang ampas tebu dalam mengadsorpsi zat warna dikarena memiliki luas permukaan besar sehingga memiliki kemampuan adsorpsi warna lebih baik (Apriani et al., 2014). Arang ampas tebu memiliki luas permukaan sekitar 176,1918 m²/g (Ariyani et al., 2020). Keberadaan luas permukaan besar diyakini memiliki pengaruh besar terhadap kemampuan arang untuk menyerap atau mengadsorpsi zat warna (Sari et al., 2017). Pasir silika memiliki luas permukaan sebesar 54,43 m²/g (Salamah et al., 2022). Luas permukaan yang kecil menyebabkan minimnya adsorpsi partikel warna dalam air. Penggunaan ukuran butiran pasir silika yang kecil berpengaruh terhadap porositas media yang dapat meningkatkan efektivitas filtrasi (Syahensa Arip et al., 2022). Kombinasi media filter pasir silika dengan arang ampas tebu dapat menciptakan efisiensi penyisihan warna yang optimal.

Waktu Kontak

Rata-rata waktu kontak pada proses filtrasi yang menunjukkan durasi rata-rata aliran air selama melewati media filtrasi. Waktu kontak ini dihitung berdasarkan lamanya air mengalir dari inlet hingga keluar outlet sistem filtrasi. Berikut merupakan rata-rata waktu kontak pada proses filtrasi terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Waktu Kontak

Kadar Warna	Rata-Rata Waktu Kontak (detik)				
	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3	Reaktor 4	Reaktor Kontrol
16,72 TCU	283	269	320	250	410
34,28 TCU	288	274	317	253	405
46,08 TCU	294	265	324	246	401
Rata- Rata Total	288	269	320	249	408

Waktu kontak tercepat terjadi pada reaktor 4 (arang ampas tebu 50 cm) karena kapilaritasnya yang tinggi. Hal tersebut disebabkan oleh banyaknya pori pada media filter arang ampas tebu. Semakin banyak pori-pori dalam media filtrasi, semakin tinggi kapilaritasnya. Pori yang banyak memungkinkan aliran air dengan lebih cepat karena memberikan jalur yang mudah bagi air untuk melewati media filter. Arang ampas tebu dengan butiran besar pada media filter membuat celah antar butiran semakin renggang sehingga kecepatan penyaringan menjadi lebih cepat (Manurung, 2022). Ketebalan arang ampas tebu 50 cm memperpendek jalur aliran air mencapai *outlet* reaktor, sehingga menyebabkan waktu kontak yang cepat.

Waktu kontak terlama terjadi pada reaktor kontrol (kerikil 10 cm) dikarenakan penggunaan kerikil yang memiliki sedikit pori sehingga rendahnya kapilaritasnya. Hal tersebut menyebabkan aliran air menjadi lebih lambat karena memberikan jalur yang sulit bagi air untuk melewati media filter. Media penyangga memiliki ukuran butiran yang besar, namun ketebalan nya tipis sebesar 10 cm membuat jalur aliran air lebih panjang mencapai *outlet* reaktor, sehingga waktu kontak nya menjadi lebih lama.

Perbandingan antara reaktor 3 (pasir silika 50 cm) dengan reaktor 4 (arang ampas tebu 50 cm) yang memiliki jumlah media filter dan ketebalan setiap media filter yang sama pada reaktor. Reaktor 3 memiliki waktu kontak lebih lama dibandingkan reaktor 4 dikarenakan menggunakan media filter dengan ukuran butiran lebih kecil. Diameter butiran yang kecil pada media filter membuat celah antar butiran semakin rapat, sehingga kecepatan penyaringan menjadi lebih lambat (Manurung, 2022). Perbandingan antara reaktor 1 (pasir silika 30 cm dan arang ampas tebu 20 cm) dengan reaktor 2 (pasir silika 20 cm dan arang ampas tebu 30 cm) yang memiliki jumlah media filter yang sama, namun memiliki perbedaan ketebalan antar media filter. Reaktor 1 memiliki waktu kontak lebih lama dibandingkan reaktor 2 dikarenakan media filter pasir silika memiliki ketebalan media lebih tebal. Media filter pasir silika lebih tebal pada reaktor 1 mengakibatkan luas permukaan penahan partikel semakin besar dan jalur air yang memanjang pada saat filtrasi, sehingga meningkatkan waktu kontak (Firmansyah & Sihombing, 2022). Diameter butiran pasir silika lebih kecil dibandingkan arang ampas tebu membuat celah antar butiran pada pasir silika semakin rapat, sehingga kecepatan penyaringan menjadi lebih lambat (Manurung, 2022).

Efisiensi Penyisihan Warna

Penelitian dilaksanakan dengan kadar warna awal yang berbeda yakni 16,72 TCU, 34,28 TCU, dan 46,08 TCU. Pembuatan sampel air warna buatan dalam satu kali percobaan sebanyak 10 liter dengan komposisi yang sudah di tentukan. Komposisi warna yang sudah ada di buat sebanyak 10 liter untuk satu kali percobaan. Susunan media filter yaitu reaktor 1 memiliki susunan 30 cm pasir silika & 20 cm arang ampas tebu, reaktor 2 memiliki susunan 20 pasir silika & 30 cm arang ampas tebu, reaktor 3 memiliki susunan 50 cm pasir silika, reaktor 4 memiliki susunan 50 cm arang ampas tebu, dan reaktor kontrol memiliki susunan media peyangga 10 cm. Efisiensi penyisihan warna dengan kadar warna 16,72 TCU, 34,28 TCU dan 46,08 dapat dilihat secara berurutan pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7

Tabel 5. Efisiensi Penyisihan Warna dengan Kadar Awal 16,72 TCU

Pengulangan	Reaktor 1		Reaktor 2		Reaktor 3		Reaktor 4		Reaktor Kontrol	
	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)
1	5,72		3,18		9,12		4,92		16,42	
2	6,04	65,07%	4,1	77,07%	8,88	45,85%	4,72	70,81%	14,44	6,26 %
3	5,76		3,52		9,16		5		16,16	

Tabel 6. Efisiensi Penyisihan Warna dengan Kadar Awal 34,28 TCU

Pengulangan	Reaktor 1		Reaktor 2		Reaktor 3		Reaktor 4		Reaktor Kontrol	
	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)
1	18,4		12,32		27,24		13,32		33,6	
2	19,6	45,33%	12,14	63,24%	24,66	29,04%	13,9	59,72%	33,46	1,98 %
3	18,22		13,34		21,08		14,42		33,74	

Tabel 7. Efisiensi Penyisihan Warna dengan Kadar Awal 46,08 TCU

Pengulangan	Reaktor 1		Reaktor 2		Reaktor 3		Reaktor 4		Reaktor Kontrol	
	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)	Nilai (TCU)	Rata-rata (%)
1	27,96		17,42		35,72		23,8		43,8	
2	26,8	40,28%	19,54	59,33%	31,48	22,53%	25,46	46,96%	44,94	3,65 %
3	27,8		19,24		39,9		24,06		44,45	

Efisiensi penyisihan warna dari tertinggi melalui filtrasi *upflow* dengan konsentrasi warna 16,72 TCU, 34,28 TCU, dan 46,08 TCU terjadi pada reaktor 2, reaktor 4, reaktor 1, reaktor 3, dan reaktor kontrol. Efisiensi penyisihan warna tertinggi terdapat di reaktor 2 yang memiliki susunan material filtrasi berupa lapisan 30 cm arang ampas tebu dan 20 cm pasir silika. Reaktor 2 memiliki waktu kontak selama 269 detik, walaupun memiliki waktu kontak yang cepat tetapi reaktor 2 memiliki efisiensi penyerapan yang besar dikarenakan media filter arang ampas tebu memiliki luas permukaan besar yang meningkatkan kemampuan arang untuk menyerap atau mengadsorpsi zat warna (Sari *et al*, 2017). Pasir silika memiliki butiran kecil menyebabkan kemampuan adsorpsi pada air meningkat (Ardiatma & Ilyas, 2020). Reaktor 3 memiliki efisiensi penyisihan terendah dengan susunan media filter pasir silika setebal 50 cm. Reaktor 3 memiliki waktu kontak yang lama selama 320 detik, namun efisiensi penurunan warna pada reaktor 3 rendah karena luas permukaan pasir silika sebesar 54,43 m²/g (Salamah *et al*, 2022). Luas permukaan yang kecil membuat tidak optimalnya proses filtrasi zat warna.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan warna cenderung menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi warna, dimana semakin tinggi kadar warna, maka efisiensi penurunannya menjadi semakin rendah. Penurunan efisiensi disebabkan oleh ketidakseimbangan antara konsentrasi warna dan jumlah partikel pada media filter yang mengakibatkan media filter mendekati titik jenuh dimana tidak dapat lagi menyerap kadar warna pada air (Harahap, 2018).

Analisis Statistika

Analisis statistik dilakukan melalui metode *two way ANOVA* dengan bantuan perangkat lunak R Studio. ANOVA adalah pendekatan analisis statistik yang biasa digunakan untuk menilai perbandingan antara dua atau lebih rata-rata suatu data dari populasi atau sampel tertentu (Bustami *et al*, 2014). Hasil *two ways ANOVA* dapat di lihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji *Two Ways ANOVA*

Variabel	p-value	Keterangan
Ketebalan Pasir Silika	0.056397	Tidak berpengaruh signifikan
Ketebalan Arang Ampas Tebu	2×10^{-16}	Berpengaruh signifikan
Warna Air	$3,14 \times 10^{-8}$	Berpengaruh signifikan
Waktu Kontak	0.000324	Berpengaruh signifikan

Berdasarkan Tabel 8 hasil *two way ANOVA* dapat disimpulkan bahwa ketebalan arang ampas tebu, warna air dan waktu kontak dapat mempengaruhi penurunan warna. Hal tersebut dibuktikan dari nilai *p-value* ketebalan arang ampas tebu, warna air dan waktu kontak lebih kecil dari 0,05. Sementara ketebalan pasir silika tidak berpengaruh signifikan dikarenakan nilai *p-value* lebih besar dari 0,05. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian langsung bahwasanya ketebalan pasir silika memiliki ketebatan dalam penyisihan warna. Hal tersebut dibuktikan pada reaktor 3 (pasir silika 50 cm) memiliki efisiensi terendah dalam penyisihan warna. *Methylene blue* memiliki panjang partikel 1,382 nm dan lebar 0,95 nm (Jia *et al*, 2018). Pasir silika memiliki ukuran pori pasir silika sebesar 3,13 nm (Salamah *et al*, 2022). Perbedaan ukuran menyebabkan partikel *methylene blue* yang lebih kecil dapat lolos dari media filter pasir silika. Hal tersebut menyebabkan proses straining menjadi tidak optimal, sehingga efisiensi penyisihan warna menjadi rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan studi yang sudah dijalankan serta dianalisis menggunakan data statistik diketahui arang ampas tebu dan pasir silika mampu menurunkan kadar warna sebagai berikut.

1. Rata-rata efisiensi penyisihan warna pada kadar warna 16,72 TCU yaitu 65,07% pada reaktor 1, 77,07% pada reaktor 2, 45,85% pada reaktor 3, 70,81% pada reaktor 4, 6,26% pada reaktor kontrol. Rata-rata efisiensi penyisihan pada kadar warna 34,28 TCU yaitu 45,33% pada reaktor 1, 63,24% pada reaktor 2, 29,09% pada reaktor 3, 59,72% pada reaktor 4, 1,98% pada reaktor kontrol. Rata-rata efisiensi penyisihan pada kadar warna 46,08 TCU yaitu 40,28% pada reaktor 1, 59,33% pada reaktor 2, 22,53% pada reaktor 3, 46,96% pada reaktor 4, 4,64% pada reaktor kontrol.
2. Berdasarkan hasil uji statistika *two way ANOVA* diperoleh hasil bahwa ketebalan media filter arang ampas tebu berpengaruh signifikan terhadap penurunan warna dikarenakan nilai *p value* lebih kecil

dari 0,05, sedangkan ketebalan pasir silika tidak berpengaruh signifikan dikarenakan nilai p value lebih besar dari 0,05. Perbedaan ukuran menyebabkan partikel methylene blue dapat lolos melalui pori-pori pasir silika. Hal tersebut menyebabkan proses *straining* menjadi tidak optimal, sehingga efisiensi penyisihan warna menjadi rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriati, Y. (2021). Model Pengolahan Air Baku dengan Sistem Kombinasi Filter Downflow- Upflow. (Vol. 3, Issue 2). Universitas Hasanuddin.
- Apriani, W., Perdana, I., & Saraswati, S. P. (2014).). Pengaruh Jenis Arang Aktif Ampas Tebu, Tatal Kayu dan Tempurung Kelapa Terhadap Kemampuan Penjerapan Warna Air Sungai Sambas. 59–64.
- Ardiani, S., Dany Rahmayanti, H., Akmalia, N., Program, S., Penerbitan, J., Penerbitan, P., Negeri, M., & Kreatif, I. (2019). Analisis Kapilaritas Air pada Kain. Jurnal Fisika, 9(2), 47–51. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jf/index>
- Ardiatma, D., & Ilyas, N. I. H. (2020). Pengaruh Diameter Media Filtrasi Zeolit Terhadap Turbidity, Total Disolved Solids Dan Total Suspended Solids Pada Reaktor Filter. Jurnal Pelita Teknologi, 15(2), 95–105.
- Ariyani, R., Wirawan, T., & Hindryawati, N. (2020). Pembuatan arang aktif dari ampas tebu dan aplikasinya sebagai adsorben zat warna merah dari limbah pencelupan benang tenun sarung samarinda. Prosiding Seminar Nasional Kimia Berwawasan Lingkungan, 86–94. <http://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/prosiding/article/view/995>
- Badan Pusat Statistik. (2021). Statistika Tebu Indonesia. In dan P. Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura (Ed.), Badan Pusat Statistik. Badan Pusat Statistik.
- Bustami, Abdullah, D., & Fadlisyah. (2014). Statistika Terapannya pada Bidang Informatika. Graha Ilmu.
- Cescon, A., & Jiang, J. Q. (2020). Filtration process and alternative filter media material in water treatment. Water (Switzerland), 12(12), 1–20. <https://doi.org/10.3390/w12123377>
- Dwiratna, C., Setyobudiarso, H., & Cahyani, A. (2022). Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Media Filter Untuk Menurunkan Nikel, Krom DAN TSS pada Limbah Cair Elektroplating.
- Fairuz, S.V. (2022). Penggunaan Media Filter Pasir Silika dan Karbon Aktif untuk Menurunkan Kekeruhan, TDS, Kesadahan, dan Besi Pada Reaktor Filter. Skripsi. Magelang: Fakultas Teknik Universitas Tidar
- Firmansyah, M., & Sihombing, B. (2022). Demonstrasi Penyaringan Air Sederhana di Dusun Tegalamba Desa Kedungjaya, Cibuaya Karawang. Prosiding Konferensi Nasionak Penelitian dan Pengabdian Universitas Buana Perjuangan Karawang, 2(1), 1249–1257.
- Gusmareta, Y. (2016). Teknik Plumbing dan Sanitasi. In Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Pusat Pengembangan Dan Pemberdayaan Pendidik Dan Tenaga Kependidikan Bisnis Dan Pariwisata (Vol. 173).
- Handayani, A. (2023). Analisis Kinerja Sistem Filtrasi Up Flow Dan Down Flow Menggunakan Media Filter Alami Dalam Meningkatkan Kualitas Air Sungai Di Desa Gegerung, Kabupaten Lombok Barat.
- Harahap, S. (2018). Pemanfaatan Ampas Tebu sebagai Adsorben Zat Warna Metthylene Blue dan Malachite Green (Vol. 2021, Issue 0511).
- Heriyani, O., & Mugisidi, D. (2016). Pengaruh Karbon Aktif dan Zeolit pada pH Hasil Filtrasi Air Banjir. Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Kualitas Dan Aplikasi Fakultas Teknik UHAMKA, January 2016, 199–202.
- Hidayati, A. S. D. S. N., Kurniawan, S., Restu, N. W., & Ismuyanto, B. (2016). Potensi Ampas Tebu Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembuatan Karbon Aktif. Natural B, 3(4), 311–317.

- Jia, P., Tan, H., Liu, K., & Gao, W. (2018). Removal of methylene blue from aqueous solution by bone char. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/app8101903>
- Kementerian PUPR. (2022). Fungsi Unit Air Baku dan Produksi.
- Kurniasih, D., & Fadhillah, R. (2018). Pelatihan Pembuatan Alat Penjernihan Air pada Masyarakat Kecamatan Sebawi Kabupaten Sambas. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 3(1), 10–27. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Manurung, Alfrida Maria (2022) Kombinasi Media Filter Resin dan Arang Aktif untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Gali di Industri Catering dan Kue. Skripsi. Yogyakarta: Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Mugiyantoro, A., Rekinagara, I. H., Primaristi, C. D., & Soesilo, J. (2017). Penggunaan Bahan Alam Zeolit, Pasir Silika, dan Arang Aktif dengan Kombinasi Teknik Shower Dalam Filterisasi Fe, Mn, dan Mg pada Air Tanah di UPN "Veteran" Yogyakarta. *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-10*, 492, 1127–1137.
- Munfiah, S., Nurjazuli, & Setiani, O. (2013). Kualitas Fisik dan Kimia Air Sumur Gali dan Sumur Bor di Wilayah Kerja Puskesmas Guntur II Kabupaten Demak Physical and Chemical Water Quality of Dug and Bore Well in the Working Area of Public Health Center II Guntur Demak Regency. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 12(2), 154–159. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jkli/article/view/8553>
- Ningrum, S. V. (2020). Penggunaan Media Filter Pasir Silika dan Karbon Aktif untuk Menurunkan Kekeruhan, TDS, Kesadahan dan Besi pada Reaktor Filter. In *Bussiness Law binus* (Vol. 7, Issue 2).
- Nurhayati, I., Sutrisno, J., Tebu, A., & Aktif, K. (2015). Arang Aktif Ampas Tebu Sebagai Media Adsorpsi Untuk Meningkatkan Kualitas Air Sumur Gali. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 13(2), 9-18.
- Pradana, H. A., Wahyuningsih, S., Novita, E., Humayro, A., & Purnomo, B. H. (2019). Identifikasi kualitas air dan beban pencemaran sungai bedadung di intake instalasi pengolahan air PDAM Kabupaten Jember. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 18(2), 135-143.
- Pujiasih, D. A., Nurhasanah, N., & Nurhanisa, M. (2020). Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Biji Salak (*Salacca edulis*) pada Sistem Filtrasi Air Gambut. *Prisma Fisika*, 7(3), 275. <https://doi.org/10.26418/pf.v7i3.38207>
- Putri, R. W., Haryati, S., & Rahmatullah. (2019). Pengaruh suhu karbonisasi terhadap kualitas karbon aktif dari limbah ampas tebu. *Jurnal Teknik Kimia*, 25(1), 1–4. <https://doi.org/10.36706/jtk.v25i1.13>
- Roslinda, E., & Hardiansyah, G. (2019). Teknologi Multi Media Filter Untuk Memproduksi Air Bersih di Lahan Gambut. *JPPM (Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat)*, 3(1), 141. <https://doi.org/10.30595/jppm.v3i1.3123>
- Salamah, S., Trisunaryanti, W., Kartini, I., & Purwono, S. (2021). Synthesis and characterization of mesoporous silica from beach sands as silica source. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1053(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1053/1/012027>
- Salamah, S., Trisunaryanti, W., Kartini, I., & Purwono, S. (2022). Hydrocracking of Waste Cooking Oil into Biofuel Using Mesoporous Silica from Parangtritis Beach Sand Synthesized with Sonochemistry. *Silicon*, 14(7), 3583–3590. <https://doi.org/10.1007/s12633-021-01117-0>
- Sampatrao, T. S., Vijay, P. P., & Mothybhau, G. D. (2023). Low-Cost Water Filtration Process. 262–264. <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-12442>
- Sari, M. F. P., Loekitowati, P., & Mohadi, R. (2017). Penggunaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Merah Limbah Cair Industri Songket. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 7(1), 37–40. <https://doi.org/10.19081/jpsl.2017.7.1.37>
- Shafira, C. Z. (2023). Pembedaan Ketebalan Media Filtrasi Arang Sekam Padi dan Pasir Silika Terhadap Penyisihan TDS Air PDAM Tuban. Skripsi. Jember: Fakultas Teknik Universitas Negeri Jember.

- Sianturi, R. (2022). Uji homogenitas sebagai syarat pengujian analisis. *Jurnal Pendidikan, Sains Sosial, Dan Agama*, 8(1), 386–397. <https://doi.org/10.53565/pssa.v8i1.507>
- Sihabudin, D., Wibowo, D., Mulyono, S., Kusuma, J. W., Arofah, I., Ningsi, B. A., Saputra, E., Purwasih, R., & Syaharuddin. (2021). *Ekonometrika Dasar: Teori dan Praktik Berbasis SPSS*. CV. Pena Persada. ISBN: 978-623-315-681-3
- Sulastri, S., & Nurhayati, I. (2014). Pengaruh Media Filtrasi Arang Aktif Terhadap Kekeruhan, Warna Dan Tds Pada Air Telaga Di Desa Balongpanggang. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 12(1), 43–47. <https://doi.org/10.36456/waktu.v12i1.825>
- Sulianto, A. A., Kurniati, E., & Hapsari, A. A. (2019). Perancangan Unit Filtrasi untuk Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Sistem Downflow. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 6(3), 31–39. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2019.006.03.4>
- Syahensa Arip, M., Isna, A., & Kadaria, U. (2022). Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis Pengaruh Waktu Kontak Proses Adsorpsi dan Filtrasi Terhadap. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis*, 3(1), 75–82.
- Trigunarso, S. I., Mulyono, R. A., & Suprawihadi, R. (2019). Alat Pengolah Air Tanah Menjadi Air Bersih dengan Proses Kombinasi Aerasi-Filtrasi Upflow (Desain Rancang Bangun). *Jurnal Kesehatan*, 10(1), 53. <https://doi.org/10.26630/jk.v10i1.1174>
- Wilian, R. M., Fitria, L., & Sutrisno, H. (2019). Pengaruh Susunan Multimedia Filter dalam Kolom Filtrasi terhadap Penurunan Parameter Zat Organik (Effect of Multimedia Filter Composition in Filtration Column Against the Decrease in Organic Matter Parameters). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 7(2), 045. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v7i2.35978>