

PENGGUNAAN KARBON AKTIF DARI BIJI KELOR DAN BERBAGAI BIOMASSA LAINNYA DALAM MENGATASI PENCEMARAN AIR : ANALISIS REVIEW

Jacky A. Nenohai¹, Zelen S. Minata¹, Burhanuddin Ronggopuro¹, Eli Hendrik Sanjaya², dan Yudhi Utomo²

¹Mahasiswa Pascasarjana S2-Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No.5, Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia; e-mail: jackynenohai82@gmail.com

²Dosen Pascasarjana S2-Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No.5, Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui (1) penggunaan karbon aktif dari berbagai biomassa dalam penjernihan air dan (2) penggunaan biji kelor dalam penjernihan air, dan (3) cara menganalisis logam berat dari hasil penjernihan air. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode telaah pustaka yang sistematis, atau biasa disebut dengan *Systematic Literature Review* (SLR) yang dimana hasilnya menggunakan database artikel online yaitu Google Scholar. Hasil telaah dari artikel yang berkaitan dengan topik diperoleh bahwa penggunaan karbon aktif atau arang yang terbuat dari bahan alami seperti kayu kesambi, ampas tebu, tongkol jagung, kulit buah durian, eceng gondok dan bahan biomassa lainnya yang sangat efektif dalam penyerapan zat terlarut air, baik organik maupun anorganik dalam menghasilkan air yang jernih. Selain itu, penggunaan biji kelor juga sangat efektif sebagai biokoagulan dan bioflokulan dalam menurunkan pH, kesadahan, kekeruhan dan total padatan tersuspensi, sehingga memungkinkan munculnya rekomendasi bahwa air hasil penjernihan dengan menggunakan karbon aktif dari berbagai bahan alami dan serbuk biji kelor dapat dijadikan air minum.

Kata kunci: Biji Kelor, Biomassa, Karbon Aktif, Penjernihan air

ABSTRACT

The purpose of this study is to find out (1) the use of activated carbon from various biomass in water purification and (2) the use of moringa seeds in water purification, and (3) how to analyze heavy metals from water purification results. The method used in this study is a systematic literature study method, or commonly called Systematic Literature Review (SLR) where the results use an online article database, namely Google Scholar. The results of the study from articles related to the topic obtained that the use of activated carbon or charcoal made from natural materials such as kesambi wood, sugarcane pulp, corn cobs, durian fruit peels, hyacinths and other biomass materials are very effective in the absorption of water solute, both organic and inorganic in producing clear water. In addition, the use of Moringa seeds is also very effective as a biocoagulant and biofloculant in lowering the pH, hardness, turbidity and total suspended solids, thus allowing the emergence of recommendations that water from purification using activated carbon from various natural ingredients and moringa seed powder can be used as drinking water.

Keywords: Moringa Seeds, Biomass, Activated Carbon, Water purification

Citation: Nenohai, Jacky A., Minata, Zelen S., Ronggopuro, Burhanuddin, Sanjaya, Eli H., dan Utomo, Yudhi. (2023). Penggunaan Karbon Aktif dari Biji Kelor dan Berbagai Biomassa dalam Mengatasi Pencemaran Air : Analisis Review. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 29-35, doi:10.14710/jil.21.1.29-35

1. Pendahuluan

Air merupakan sumber kebutuhan utama manusia yang dapat dikonsumsi dan juga digunakan dalam kegiatan sehari-hari. Namun, seiring bertambahnya aktivitas manusia yang meningkat, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam pembangunan pabrik dan ketidakpedulian masyarakat terhadap pembuangan sampah di sungai, danau, laut maupun lingkungan sekitar sehingga mengakibatkan pencemaran yaitu pencemaran air.

Salah satu pencemaran air yang berada dekat sekeliling kita berasal dari limbah rumah tangga.

Limbah rumah tangga adalah limbah yang dihasilkan dari dapur, kamar mandi, cucian, limbah bekas industri rumah tangga dan kotoran manusia. Laporan Statistik Lingkungan Hidup Indonesia tahun 2020 menunjukkan, bahwa lebih dari separuh rumah tangga atau 57,42% di Indonesia membuang air limbah mandi, mencuci, dan dapur ke got/selokan/sungai. Selain itu, sebanyak 18,71%

membuang limbah rumah tangga ke lubang tanah. Ada juga 10,26% orang Indonesia yang membuang limbah ke tangki septik. Berikutnya, 1,67% orang Indonesia membuang limbah rumah tangga ke sumur resapan. Namun, hanya ada 1,28% yang membuang limbah melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) atau Saluran Pembuangan Air Limbah (SPAL) (Annur, 2021).

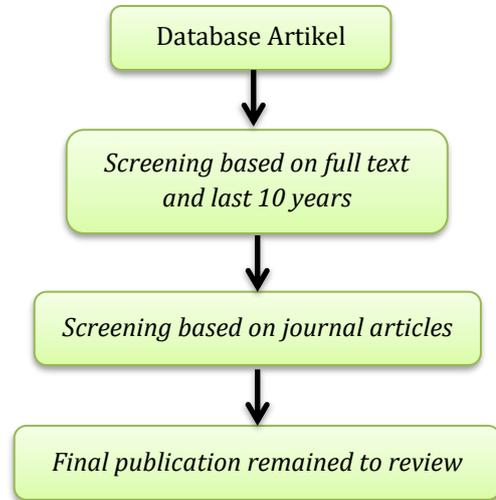
Dalam mengatasi permasalahan pencemaran air, maka diperlukan solusi atau teknik untuk pengolahan air yang tercemar agar dapat digunakan atau dikonsumsi kembali. Salah satu tekniknya yaitu dengan cara adsorpsi. Dalam teknik tersebut digunakan karbon aktif atau arang yang bertindak sebagai adsorben yang sangat efektif dalam penyerapan zat terlarut air, baik organik maupun anorganik (Bujawati, 2014). Karbon aktif dapat dibuat dari bahan-bahan alami, seperti dari kayu kesambi, ampas tebu, tongkol jagung, kulit buah durian, eceng gondok atau bahan yang berasal dari lingkungan sekitar kita. Selain itu juga gunakan bahan alami lainnya yaitu biji tanaman kelor yang berguna sebagai biokoagulan dan bioflokulan untuk menurunkan kekeruhan, pH, kesadahan dan total padatan tersuspensi (Huwae, 2018). Oleh karena itu, dengan memanfaatkan bahan-bahan alami dari daerah kita, maka dapat mengatasi pencemaran air sehingga dapat mengurangi atau menghilangkan penggunaan senyawa-senyawa berbahaya atau kita sebut kimia hijau.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode telaah pustaka yang sistematis, atau biasa disebut dengan *Systematic Literature Review* (SLR). SLR merupakan tinjauan literatur yang mengikuti seperangkat aturan standar untuk mengidentifikasi dan mensintesis semua studi yang relevan dan memberikan penilaian tentang apa yang diketahui dari topik yang diteliti (Xiao & Watson, 2019). Dengan SLR didapatkan lebih banyak ringkasan informatif atau sintesis penelitian serta kritik penelitian yang komprehensif. SLR dalam penelitian ini dilakukan dengan mencari hasil publikasi penelitian ilmiah menggunakan database artikel online yaitu Google Scholar. Kata kunci yang digunakan adalah "Efektivitas Karbon Aktif dalam Penjernihan Air" dan "Efektivitas Biji kelor dalam penjernihan air".

Hasil pencarian artikel yang terkait dengan topik yaitu diperoleh 505 artikel setelah dilakukan *screening peer review article*. *Screening* artikel ini merupakan langkah-langkah dalam melakukan tinjauan pustaka yang sistematis, yang dapat meningkatkan ketelitian dalam tinjauan pustaka dalam perencanaan pendidikan dan penelitian khususnya dalam mereview artikel (Xiao & Watson, 2019). Dari 505 artikel tersebut, abstrak dibaca kemudian dikurangi menjadi 49 artikel dengan mempertimbangkan kesesuaian konten abstrak dan persyaratan inklusi. Selanjutnya, 49 naskah dibaca dalam teks lengkap, dan diperoleh 15 naskah yang memenuhi semua kriteria inklusi yang telah

ditetapkan. Kriteria inklusi untuk pencarian artikel yang dilakukan antara lain: (1) Artikel tentang isu-isu pembelajaran berbasis konteks dalam kimia. (2) Publikasi 10 tahun terakhir antara 2012 sampai dengan 2021; (3) Terakreditasi dan terpublikasi pada jurnal internasional bereputasi; (4) *Full text*, artikel jurnal, dan akses terbuka.



Gambar 1. Diagram alir *screening* artikel

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengertian, Metode Pembuatan Karbon Aktif dan Hasil Karakterisasi Karbon Aktif

Karbon aktif atau sering disebut *activated charcoal* adalah produk dari metode karbonisasi yang komponen utamanya sebagian besar dari karbon yang selanjutnya mengalami proses dengan pemanasan yang tinggi atau di reaksikan dengan bahan kimia, sehingga pori-pori pada yang dimiliki arang terbuka dan mampu menjadi zat penyerap pada permukaan (adsorben). Daya serap yang besar dari arang aktif inilah yang menjadikan arang aktif banyak digunakan pada produk kecantikan dan kesehatan. Daya serap pada arang aktif terjadi karena adanya pori-pori berukuran mikro yang jumlahnya banyak (Yustinah dan Hartini, 2011). Pemanfaatan arang aktif sebagai adsorben banyak digunakan untuk menyerap cairan beracun, gas beracun, bau busuk, penjernih air, filter air minum, dan sebagainya (Akhmad, 2012). Pada bidang kesehatan, arang aktif digunakan untuk mengatasi keracunan atau gangguan pencernaan, seperti perut kembung atau diare.

Secara umum. Metode pembuatan arang aktif atau karbon aktif ini ada 3 tahap yaitu karbonisasi, Penggilingan (*Crushing*) dan Aktivasi (Secara fisika maupun kimia).

1. Karbonisasi

Proses karbonisasi merupakan proses bahan baku pembuatan karbon aktif yang akan dipanaskan dengan suhu 300-900°C.

2. Penggilingan (*Crushing*)

Bahan baku yang telah mengalami proses karbonisasi dan menjadi arang kemudian

dihaluskan menjadi bentuk serbuk untuk memperluas bidang sentuh kemudian diayak

3. Aktivasi

Proses aktivasi merupakan proses terakhir dalam membuat arang menjadi aktif. Dalam mengaktivasi arang ada dua metode aktivasi yang sering digunakan yaitu aktiasi secara kimia dan aktivasi secara fisika. Aktivasi secara kimia yaitu dengan penggunaan bahan-bahan kimia sebagai pemutus rantai karbon dari senyawa organik, biasanya bahan-bahan yang sering digunakan antara lain seperti hidroksida logam alkali garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya $ZnCl_2$, asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 (Budiono dkk, 2009), sedangkan aktivasi secara fisika yakni dengan bantuan panas, uap dan CO_2 untuk memutus rantai karbon, biasanya dilakukan dengan pemanasan pada temperatur 800-900°C selama 2 jam (Akhmad, 2012). Hubungan antara metode yang digunakan untuk membuat karbon aktif dengan hasil hasil karakterisasi dari karbon aktif yang telah diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1.

3.2 Penggunaan Karbon Aktif dari Berbagai Biomassa dalam Penjernihan Air

Karbon aktif merupakan suatu bahan berupa karbon amorf yang sebahagian besar terdiri atas atom karbon bebas dan mempunyai permukaan dalam sehingga mempunyai kemampuan daya serap yang baik. Bahan ini mampu mengadsorpsi anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas. Karbon aktif dapat dibedakan dari karbon berdasarkan sifat pada permukaannya (Giva dan Firdaus, 2020). Permukaan pada karbon masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon yang dapat menghambat keaktifannya, sedangkan pada arang aktif permukaannya relatif telah bebas dari deposit sehingga mampu mengabsorpsi karena permukaannya luas dan pori-porinya telah terbuka (Laos, 2016).

Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai biomassa yang mengandung karbon seperti kayu kesambi, ampas tebu, tongkol jagung, kulit buah durian, dan eceng gondok. Berikut hasil penggunaan karbon aktif yang berasal dari berbagai biomassa yang dapat mengatasi polutan khususnya dalam pencemaran air. Pada Tabel 2 dapat dilihat beberapa hasil penelitian penggunaan karbon aktif dari berbagai Biomassa dalam mengatasi pencemaran air.

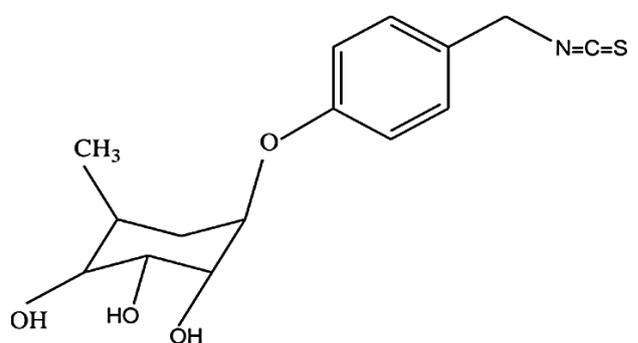
Hasil penelitian beberapa peneliti menggunakan karbon aktif yang berasal dari berbagai biomassa, memberitahukan bahwa kekayaan alam di sekitar kita sangat berpotensi dalam mengurangi pencemaran air, tinggal kita yang mengeksekusi dan memanfaatkan lebih optimal dalam mengatasi pencemaran air, sehingga mengurangi atau menghilangkan penggunaan senyawa-senyawa berbahaya.

3.3 Penggunaan Biji Kelor dalam Penjernihan Air

Biji kelor juga berperan sebagai koagulan yang efektif karena adanya zat aktif 4-alfa-4-rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate yang terkandung dalam biji kelor (Rustiah dan Andriani, 2018), struktur zat aktif tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. Zat aktif itu mampu mengadsorpsi partikel-partikel air limbah. Dengan perubahan ukuran menjadi ukuran yang lebih sangat kecil, maka zat aktif yang berasal dari biji kelor tersebut akan semakin banyak karena luas permukaan biji kelor semakin luas bidang sentuhnya (Bangun,dkk. 2013). Biji kelor dapat dipergunakan sebagai salah satu koagulan alami alternatif yang tersedia secara lokal. Biji kelor yang dipergunakan dibiarkan sampai matang atau tua dipohon baru dipanen setelah kering dengan kadar air kurang lebih sama dengan 10 %. Menurut penelitian dilaporkan bahwa tepung biji kelor adalah bahan alami yang dapat membersihkan limbah cair relatif sama efektifnya bila dilakukan dengan cara pembersihan menggunakan bahan kimia (Bangun, dkk. 2013).

Serbuk biji kelor ketika diaduk dengan air, protein terlarutnya memiliki muatan positif. Larutan ini dapat berperan sebagai polielektrolit alami yang kationik. Fakta ini sangat menguntungkan karena kebanyakan koloid di Indonesia bermuatan listrik negatif, karena banyak berasal dari material organik. Ion koagulan dengan muatan serupa dengan muatan koloid akan ditolak, sebaliknya ion yang berbeda muatan akan ditarik (Hayat, 2019). Prinsip perbedaan muatan antara koagulan dan koloid inilah yang menjadi dasar proses koagulasi. Pemanfaatannya sebagai biokoagulan khususnya di negara tropis, memberikan keuntungan karena ketersediaannya di alam sangat banyak, mudah dibudidayakan, dan belum dimanfaatkan secara intensif. (Hidayat, 2009).

Dapat dilihat pada Tabel 3, beberapa penelitian yang berkaitan dengan biji kelor yang membantu mengatasi pencemaran air .



Gambar 2. Zat aktif 4-alfa-4-rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate (Husna)

Tabel 1. Hubungan antara Metode dan Hasil Karakterisasi Karbon Aktif yang Dibuat

Metode yang digunakan	Hasil Pembuatan Karbon Aktif	Sumber
Aktivasi Fisika (steam pada suhu 650°C) dan aktivasi Kimia (kalium hidroksida 10% dan asam fosfat 10%)	Nilai kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, daya jerap iod, daya jerap biru metilen dan daya jerap benzena masing-masing sebesar 1,83-3,74%; 2,86-8,14; 7,36-13,55; 82,8-89,78%; 355,21-569,39 mg/g; 10,34-17,61 mg/g; 8,09-19,26%. Hasil FTIR menunjukkan bahwa gugus fungsi yang terdeteksi pada karbon aktif adalah gugus OH, CH alifatik, CH aromatik, C=O, C-C, C=C dan C-O, sedangkan kristalinitas karbon aktif berkisar antara 11,34-30,78% dengan ukuran pori sebesar 5-9 µm. Karbon aktif dengan aktivator KOH dapat menyerap senyawa iod dan metilen biru lebih baik sedangkan karbon aktif aktivasi steam memiliki daya jerap terbaik pada adsorpsi senyawa benzena.	Efiyanti, dkk (2020)
Aktivasi kimia (H ₃ PO ₄) sedangkan aktivasi fisika menggunakan microwave dengan beberapa parameter waktu	Bilangan iodin tertinggi sebesar 1196,60 mg/g pada daya 560 watt dan waktu aktivasi 10 menit dengan luas permukaan sebesar 936,221 m ² /g. Berdasarkan analisa morfologi permukaan menunjukkan bahwa arang bakau hasil aktivasi memiliki permukaan yang lebih porous dibandingkan sebelum aktivasi	Udyani, dkk (2019)
Karbonisasi (250°C; 350°C; dan 450°C) dan jenis zat aktivator (CaCl ₂ 5%; NaOH 5%; dan H ₃ PO ₄ 5%)	Karbon aktif terbaik dengan daya serap iodium sebesar 1007,8242 mg/g dihasilkan dari suhu karbonisasi 350°C, dengan menggunakan zat aktivator NaOH, dan lama aktivasi 24 jam. Analisa kandungan kimia kulit kayu gelam yang diperoleh, yaitu kadar air sebesar 5,72%; kadar abu 1,33%; hemiselulosa 27,42%; selulosa 47,00%; dan lignin 18,28%.	Haryati, dkk (2017)
Karbonisasi melalui pembakaran sampel pada suhu 400°C dan diaktivasi dengan KOH pada suhu 800°C dalam lingkungan gas nitrogen	Komposisi unsur karbon yang dihasilkan dari karbon aktif TKS adalah sebesar 88,93 %wt. Struktur kristalit dari karbon aktif TKS menunjukkan struktur amorf pada sudut 2θ 26,20° dan 43,08°. Hasil analisis SAA dengan metode Brunauer-Emmet-Teller (BET) didapatkan luas permukaan karbon aktif TKS sebesar 898,229 m ² /g. Pengukuran sifat listrik karbon Aktif TKS sebagai elektroda superkapasitor menggunakan larutan elektrolit H ₂ SO ₄ 1M dengan metoda Cyclic Voltametry (CV) didapatkan nilai kapasitansi spesifik sebesar 107,83 F/g.	Hardi, dkk (2020)

Tabel 2. Hasil Penggunaan Karbon Aktif Dari Berbagai Biomassa Dalam Mengatasi Pencemaran Air

Asal Karbon Aktif	Hasil Penjernihan Air	Sumber
Ampas Tebu	Konsentrasi yang digunakan dalam aktivasi karbon aktif dari ampas tebu adalah dengan konsentrasi Ca(OH) ₂ 0,00562 M yang telah memenuhi SII 0258-88. Filter yang terbuat dari PVC dengan dengan lebar 4 dim dan ketinggian 100 cm dengan susunan media karbon aktif 20 cm dapat menurunkan kandungan Fe dari 5,99 mg/l menjadi 0,36 mg/l dan penurunan kandungan Mn dari 1 mg/l menjadi 0,36 mg/l sehingga menghasilkan air bersih yang memenuhi baku mutu sesuai keputusan menteri Kesehatan RI nomor Permenkes RI No 416/Menkes/Per/IX/90. Filtrasi dengan media karbon aktif dari ampas tebu dengan ketebalan 20 cm mempunyai efisiensi penurunan Fe yaitusebesar 93% dan Mn sebesar 76%, dengan waktu operasi 90 menit.	Nurhayati (2016)
Tongkol Jagung	Rata-rata kadar kekeruhan sebelum perlakuan sebesar 75NTU dan setelah filtrasi dengan menggunakan karbon aktif diperoleh rata-rata kadar kekeruhan sebesar 19,84 NTU pada filter seberat 12 g, untuk memperoleh kadar kekeruhan yang memenuhi syarat dapat dilakukan filtrasi dengan menggunakan karbon aktif tongkol jagung dengan berat lebih dari 12 g	Munfiah (2015)
Kulit Buah Durian	Limbah kulit durian dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif yang digunakan untuk mengadsorpsi zat warna tekstil merah. Hasil pengujian daya serap karbon aktif kulit durian terhadap zat warna tekstil merah menggunakan metode Spektrofotometer UV-Visible menunjukkan kondisi adsorpsi optimum pada konsentrasi KOH 30% (%b/v) dengan perbandingan kulit durian dan KOH 2:1 dan suhu kalsinasi 800°C.	Arlofa (2016)

Eceng Gondok	Arang eceng gondok yang teraktivasi asam phospat mampu menyerap kekeruhan, COD dan BOD lebih besar dibandingkan dengan arang eceng gondok non aktivasi. Selain itu penyerapan adsorben terhadap bahan pencemar semakin banyak dengan bertambahnya waktu kontak sampel terhadap arang aktif eceng gondok.	Valentina (2013)
Tempurung Kemiri	Proses adsorpsi terbaik menggunakan tempurung kemiri dengan konsentrasi 33ctivator 9% dengan waktu perendaman 24 jam mampu menyisihkan logam Fe sebesar 91,38% serta Konsentrasi 33ctivator yang lebih besar serta waktu perendaman yang lebih lama menyebabkan terjadinya peningkatan penjerapan logam Fe.	Nunik (2013)
Kayu kesambi	Konsentrasi awal Pb(II) yang dapat diadsorpsi oleh GO-Fe ₃ O ₄ dari kayu kusambi adalah sebesar 40 mg/L dengan kapasitas adsorpsi sebesar 4.527 mg/g. Berdasarkan kajian termodinamika diketahui bahwa adsorpsi Pb(II) pada permukaan GO-Fe ₃ O ₄ dari kayu kusambi berlangsung spontan melalui mekanisme fisisorpsi.	Neolaka, dkk (2019)
Tempurung Kemiri	Proses adsorpsi terbaik menggunakan tempurung kemiri dengan konsentrasi aktivator 9% dengan waktu perendaman 24 jam mampu menyisihkan logam Fe sebesar 91,38% pada air sumur	Nunik (2013)
Kulit Singkong	Karbon aktif dari kulit singkong mampu mengurangi kotoran maupun logam yang ada di dalam air sumur yaitu Fe = 87,75%, Cl ⁻ = 63,67%, TDS = 67,6%, kekeruhan= 57,68%, dan pH = 4,73%. Spesifikasi tersebut sesuai dengan persyaratan kualitas air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 82/2001	Maulinda, dkk (2015)
Tempurung Kelapa	Pengaruh ketebalan arang tempurung kelapa terhadap tingkat kesadahan air. Persentase penurunan kesadahan pada ketebalan 60 cm (72.71 %), 70 cm (16.03%), dan 80 cm (20.05%). Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kesadahan yang paling efektif dari variasi ketebalan 60 cm, 70 cm, dan 80 cm yaitu pada ketebalan 60 cm. Penelitian ini menyarankan agar masyarakat yang menggunakan mata air sebagai air bersih yang memiliki tingkat kesadahan tinggi disarankan sebaiknya melakukan pengolahan terlebih dahulu. Salah satu alternatifnya yaitu dengan menggunakan filtrasi dengan karbon aktif dengan ketebalan filter 60 cm	Bujawati (2014)
Kulit Pisang Kepok	Karbon aktif limbah kulit pisang Kepok mempunyai karakteristik kadar abu, daya serap terhadap Iodium, luas permukaan dan pH dengan nilai yang tinggi didasarkan pada SNI, hanya kadar air yang masuk SNI. Aktivasi kimia mempengaruhi dalam karakterisasi karbon aktif. Pada karbon aktif dengan aktivasi luas permukaannya lebih besar dibandingkan karbon aktif tanpa aktivasi. Kandungan Fe dan Mn setelah perlakuan untuk karbon aktif dengan aktivasi lebih rendah dibandingkan karbon aktif tanpa aktivasi. Pemberian variasi dosis karbon aktif mempengaruhi kandungan Fe dan Mn pada air sumur Banjarbaru.	Abdi, dkk (2015)
Sekam Padi	Arang aktif dari sekam padi dengan aktivasi HCl telah memenuhi kriteria SNI nomor 06-3730-1995. Kondisi optimum penyerapan kadar amonia limbah cair tahu oleh arang aktif sekam padi terjadi pada waktu 30 menit dengan hasil penurunan persentase penyerapan sebesar 47%, massa optimum terjadi pada 1,5 gram dengan persentase penyerapan sebesar 47%, dan kondisi optimum pH terjadi pada pH 7 dengan penurunan persentase penyerapan sebesar 38%. Penurunan persentase kandungan amonia dalam limbah cair industri tahu sebesar 47%	Alpin (2019)

Tabel 3. Hasil Penelitian Biji Kelor Mengatasi Penjernihan Air

Topik	Hasil Penjernihan Air	Sumber
Pengaruh Massa dan Ukuran Biji Kelor pada Proses Penjernihan Air	Penambahan koagulan biji kelor ke dalam air ternyata dapat mempengaruhi beberapa kandungan parameter air, seperti kekeruhan (turbiditas), padatan tersuspensi total (TSS) dan sedikit pH air. Dosis optimum koagulan yang diperlukan untuk menyisihkan kandungan TSS, kekeruhan dan TDS adalah sekitar 0,4 gr/l. Untuk dapat menyisihkan kandungan parameter tersebut di atas diperlukan waktu pengendapan, untuk memberi kesempatan partikel-partikel padat membentuk flok yang relatif besar. Dari penelitian yang dilakukan, waktu pengendapan efektif adalah sekitar 4-6 jam. Pengaruh dosis koagulan terhadap penurunan pH larutan tidak begitu signifikan. Pada rentang pengamatan yang dilakukan, penambahan koagulan ke dalam air dapat menurunkan pH larutan rata-rata 15%. Kondisi efektif penyisihan turbiditas, TSS dan TDS yang paling baik adalah dengan dosis koagulan biji kelor 0,4 - 0,5 gr/l, ukuran partikel 300 mesh dan waktu tinggal 4-6 jam dengan penyisihan turbiditas (71,8%), TDS (78,28%), TSS (72,13%) serta penurunan pH (7,63%).	Pandia dan Husin (2005)
Pengaruh Kadar Air, Dosis dan Lama Pengendapan koagulan Serbuk Biji Kelor	Semakin rendah kadar air yang terdapat di dalam biji kelor, maka semakin besar kemampuannya dalam menurunkan turbiditas, TSS, dan COD dalam limbah cair industri tahu. Semakin kecil (halus) ukuran serbuk biji kelor dan semakin banyak dosisnya, maka penurunan turbiditas, TSS, dan COD juga semakin besar. Penambahan koagulan tidak mempengaruhi nilai pH limbah cair industri tahu. Lama pengendapan optimum adalah 60 menit dengan penurunan turbiditas 77,43%, TSS 90,32% dan COD 63,26% pada dosis koagulan 5000 mg/L, kadar air 7%, pH akhir limbah cair industri tahu 4 dan ukuran partikel koagulan 70 mesh. Terjadinya penyimpangan hasil penelitian yang diperoleh mungkin disebabkan karena tidak semua koagulan yang terkoagulasi dan terflokulasi secara sempurna. Biji kelor merupakan koagulan yang efektif untuk limbah cair industri tahu, ini terlihat dari penurunan kadar turbiditas, TSS, dan COD optimum yang diperoleh melebihi 50 %.	Bangun, dkk (2013)
Serbuk Biji Kelor (<i>Moringa Oleifera</i>) Sebagai Koagulan Dan Flokulan Dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah	Biji Kelor (<i>Moringa Oleifera</i>) menurunkan turbiditas limbah cair sebesar 98,6%, konduktifitas sebesar 10,8%, BOD sebesar 11,7%, dan menghilangkan kadar logam (Cd, Cr, Mn). Pada air tanah, <i>M. oleifera</i> menurunkan turbiditas sebesar 97,5%, konduktifitas sebesar 53,4%, dan BOD sebesar 18%. Penggunaan koagulan <i>M. oleifera</i> juga menurunkan nilai total koliform pada sampel. <i>M. oleifera</i> tidak menurunkan nilai pH seperti penggunaan PAC sehingga tidak memerlukan pengolahan lanjutan untuk menaikkan pH	Yuliatstri (2012)

Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa biji kelor dapat digunakan sebagai bahan penjernih air karena di dalam biji kelor terdapat kandungan protein bermuatan positif yang berperan sebagai polielektrolit kationik dan penting sebagai agen penjernihan air. Hal ini mengargumentasikan bahwa, biji-bijian yang menghasilkan komponen bermuatan listrik positif dapat dipakai sebagai bahan penjernih air yang alami (Hidayat, 2009).

4. Kesimpulan

Penggunaan karbon aktif atau arang yang terbuat dari berbagai biomassa seperti kayu kesambi, ampas tebu, tongkol jagung, kulit buah durian, eceng gondok dan bahan lainnya yang sangat efektif dalam penyerapan zat terlarut air, baik organik maupun anorganik dalam menghasilkan air yang jernih. Selain itu, penggunaan biji kelor juga sangat efektif sebagai biokoagulan dan bioflokulan dalam menurunkan pH, kesadahan, kekeruhan dan total padatan tersuspensi, sehingga memungkinkan munculnya rekomendasi bahwa air hasil penjernihan dengan menggunakan karbon aktif dari berbagai bahan alami dan serbuk biji kelor dapat dijadikan air minum.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, C., Khair, R. M., & Saputra, M. W. (2015). Pemanfaatan limbah kulit pisang kepok (*Musa acuminata* L.) sebagai karbon aktif untuk pengolahan air sumur kota Banjarbaru: Fe Dan Mn. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 1(1).
- Akhmad, A., Diah, S., & Hariyati, P. (2012). Pengaruh Temperatur Karbonisasi dan Konsentrasi Zink Klorida ($ZnCl_2$) Terhadap Luas Permukaan Karbon Aktif Enceng Gondok. *Teknik Material dan Metalurgi. ITS*.
- Rohmani, A. A. R. (2019). Optimasi Adsorben Arang Aktif Sekam Padi Teraktivasi HCl Terhadap Penurunan Kadar Amoniak Limbah Cair Tahu Di Kelurahan Kekalik Kota Mataram (Doctoral dissertation, Universitas Mataram).
- Mutia, A. C. (2021). Lebih dari 50% rumah tangga di Indonesia membuang air limbah ke selokan hingga sungai. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/08/23/lebih-dari-50-rumah-tangga-di-indonesia-membuang-air-limbah-ke-selokan-hingga-sungai>
- Arlofa, N. (2016). Kondisi Optimum Konsentrasi Aktivator dan Suhu Kalsinasi Karbon Aktif Kulit Durian Sebagai Biosorben Pada Zat Warna Tekstil. *Jurnal UMJ*. P-issn : 2407 - 1846. E-issn : 2460 - 8416.

- Nenohai, Jacky A., Minata, Zelen S., Ronggopuro, Burhanuddin, Sanjaya, Eli H., dan Utomo, Yudhi. (2023). Penggunaan Karbon Aktif dari Biji Kelor dan Berbagai Biomassa dalam Mengatasi Pencemaran Air : Analisis Review. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 29-35, doi:10.14710/jil.21.1.29-35
- Bangun., Ridaniati, A., Aminah, S., Hutahaean., Rudi., A., dan Ritonga, R. A.(2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU: Vol. 2, No. 1.*
- Budiono, A., Suhartana, S., & Gunawan, G. (2009). Pengaruh aktivasi arang tempurung kelapa dengan asam sulfat dan asam fosfat untuk adsorpsi fenol.
- Bujawati, E., Rusmin, M., & Basri, S. (2014). Pengaruh ketebalan arang tempurung kelapa terhadap tingkat kesadahan air di wilayah kerja puskesmas sudu kabupaten enrekang tahun 2013. *Jurnal Kesehatan*, 7(1).
- Efiyanti, L., Wati, S. A., & Maslahat, M. (2020). Pembuatan dan analisis karbon aktif dari cangkang buah karet dengan proses kimia dan fisika. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 14(1), 94-108.
- Giva, E., Mulyazmi, M., & Firdaus, F. (2020). Pra Rancangan Pabrik Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dengan Kapasitas Produksi 6.000 Ton/Tahun (Doctoral dissertation, Universitas Bung Hatta).
- Hardi, A. D., Joni, R., Syukri, S., & Aziz, H. (2020). Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Elektroda Supercapacitor. *Jurnal Fisika Unand*, 9(4), 479-486.
- Haryati, S., Yulhan, A. T., & Asparia, L. (2017). Pembuatan karbon aktif dari kulit kayu gelam (*Melaleuca leucadendron*) yang berasal dari tanjung api-api sumatera selatan. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(2), 77-86.
- Hayat, A. F. (2019). Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Koagulan Dalam Menurunkan Kadar Amoniak (NH₃) pada Air Limbah Rumah Sakit. *Celebes Health Journal*, 1(2), 91-98.
- Hidayat, S. (2009). Protein Biji Kelor sebagai Bahan Aktif Penjernihan Air . *Biospecies*, Volume 2 no. 2, Juni 2009, Hlm 12 – 17.
- Husna, J. (2010) Penurunan Kadar Logam Kadmium Pada Air dengan Menggunakan Koagulan Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*, Lamk) dan Poly Aluminium Chloride. Undergraduate (S1) thesis, UIN Alauddin Makassar
- Huwae, J.F., Lawa, Y., dan Sarifudin, K. (2018). Uji Efektifitas Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*moringa oleifera*, lamk) dan Arang Kusambi (*schleichera oleosa*, merr) Teraktivasi Dalam Proses Penjernihan Grey Water. Skripsi. Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Nusa Cendana.
- Laos, L. E. (2016). Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*. Vol 1, no 1
- Maulinda, L., Nasrul, Z. A., & Sari, D. N. (2017). Pemanfaatan kulit singkong sebagai bahan baku karbon aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 11-19.
- Munfiah, S., dan Ariabawani, R. R. Mustika, P. (2015). Kemampuan Karbon Aktif Tongkol jagung dalam Menurunkan Kekeruhan Air. *Jurnal Ilmiah Medsains*. Vol 1 no 1.
- Neolaka, Y. A. B., Lawa, Y., Naat, J. N., Nubatonis, Y. K., dan Riwu, A. A., Pau. (2019). Studi Termodinamika Adsorpsi Pb(II) menggunakan Adsorben Magnetik Go-Fe₃O₄ yang disintesis dari Kayu Kusambi (*schleichera oleosa*). *Jurnal Saintek Lahan Kering*. International standard of serial number 2622-1020.
- Nunik, P. (2013) Penyisihan Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur Dengan Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri. *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5 (2). Pp. 33-41. ISSN 2085-501-x
- Nurhayati, I. (2016). Penggunaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu Sebagai Media Adsorpsi untuk Menurunkan Kadar Fe (Besi) dan Mn (Mangan) pada Air Sumur Gali di Desa Gelam Candi. *Jurnal Teknik UNIPA*. Vol. 14 no. 1
- Pandia, S., dan Husin, A. (2005). Pengaruh Massa dan Ukuran Biji Kelor Pada Proses Penjernihan Air. *Jurnal Teknologi Proses Media* . 4(2) juli 2005 : 26 – 33 ISSN 1412-7814
- Rustiah, W., & Andriani, Y. (2018). Analisis Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*, Lamk) Dalam Menurunkan Kadar COD Dan BOD Pada Air Limbah Jasa Laundry. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 5(2), 96-100.
- Saudale, F., dan Boelan, E. (2018). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Polar Dan Non Polar Biji Kelor (*moringa oleifera*) Asal Pulau Timor NTT. *Jurnal Sains dan Teknologi*. P-issn : 2303-3142 E-issn : 2548-8570. Vol. 7, no. 1.
- Udyani, K., Purwaningsih, D. Y., Setiawan, R., & Yahya, K. (2019). Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia dan Fisika Dengan Microwave. *Jurnal IPTEK*, 23(1), 39-46.
- Valentina, A. E., Miswadi, S. S., dan Latifah. (2013). Pemanfaatan Arang Eceng Gondok dalam Menurunkan Kekeruhan, COD, BOD pada Air Sumur. *Indonesian Journal Of Chemical*. ISSN No 2252-6951
- Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance On Conducting A Systematic Literature Review. *Journal of planning education and research*, 39(1), 93-112. <https://doi.org/10.1177/0739456x17723971>
- Yuliasri, I. R. (2012). Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*moringa oleifera*) sebagai Koagulan dan Flokulan dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah. Skripsi. Uin Syarif Hidayatullah Jakarta: Fakultas Sains dan Teknologi
- Yustinah, Y., & Hartini, H. (2011). Adsorpsi minyak goreng bekas menggunakan arang aktif dari sabut kelapa. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*.