



**AQUASPARKLE ECO-FRIENDLY FLOOD WATER TREATMENT
SOLUTIONS: COMBINATION OF SOLAR POWERED UV DISINFECTION
FOR PORTABLE WATER BOX**

Disusun Oleh :

Dyah Ayu Fitria Ningsih	(M0321019)
Evan Arka Erlangga Putra	(M0321021)
Qanita Ridwan	(M0321057)

**UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2023**

Aquasparkle Eco-Friendly Flood Water Treatment Solutions: Combination of Solar Powered UV Disinfection for Portable Water Box

Dyah Ayu Fitria Ningsih¹, Evan Arka Erlangga Putra², Qanita Ridwan³

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta, 57126 Indonesia

ABSTRAK

Banjir merupakan bencana alam yang menduduki urutan pertama dari total kejadian bencana alam di Indonesia. Hal tersebut dibuktikan berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana, dimana sebanyak 43,1% bencana yang terjadi sepanjang tahun 2022 merupakan bencana banjir. Bencana ini menyebabkan banyak air bersih terkontaminasi oleh zat-zat beracun sehingga terdapat kelangkaan air bersih di daerah bencana. Inovasi alat penjernih air yang mengkombinasikan filter multimedia, membran RO, dan disinfeksi UV dengan memanfaatkan tenaga surya dapat menjadi solusi dari permasalahan ini. Filter multimedia dapat menangani kontaminan yang lebih kompleks dan memberikan hasil lebih efektif dalam memurnikan air dibandingkan filter sederhana. Adapun beberapa lapisan yang digunakan berupa silika gel, arang aktif, zeolit, sabut kelapa, pasir, dan kapas. Setiap lapisan memiliki sifat yang berbeda untuk menghilangkan berbagai jenis kontaminan, seperti partikel kasar, zat organik, bau, rasa, dan bahan kimia tertentu. Inovasi ini juga dilengkapi dengan *Reverse Osmosis* membrane (membran RO) dengan penambahan sinar UV yang terbukti efektif untuk pemurnian air. Penambahan sinar UV bertujuan untuk mematikan bakteri yang tertinggal pada larutan filtrat. Selain itu, pada inovasi ini memanfaatkan panel surya sebagai solusi alternatif ramah lingkungan untuk menggantikan energi listrik. Penggunaan panel surya ini menyebabkan alat dapat dibentuk seperti *portable box* sehingga mudah dipindahkan ke tempat lain. Adapun inovasi yang ditawarkan berdasarkan metode studi literatur dengan mengumpulkan beberapa artikel ilmiah dari penelitian sebelumnya terkait keefektifan masing-masing komponen alat, di mana hasil pengujian menyatakan bahwa alat yang dibuat dapat memenuhi standar air siap minum, yaitu Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010. Oleh karena itu, inovasi dari kombinasi filtrasi multimedia, membran RO, dan disinfeksi UV bertenaga surya dapat menjadi solusi efektif untuk pengolahan air banjir di Indonesia.

Kata Kunci: air siap minum, filter multimedia, pengolahan banjir, reverse osmosis, sinar ultraviolet

I. Pendahuluan

Banjir merupakan bencana alam yang paling banyak terjadi di Indonesia dengan persentase sebesar 43,1% dari total bencana yang terjadi sepanjang tahun 2022. Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), sebanyak 910 bencana banjir telah terjadi sepanjang tahun 2021 (Akbar dkk., 2023). Tingkat intensitas banjir yang tinggi dapat menyebabkan air bersih terkontaminasi oleh zat-zat beracun dan bakteri sehingga dapat menimbulkan risiko serius bagi kesehatan manusia. Berbagai faktor penyebab air bersih terkontaminasi adalah air limbah yang bercampur dengan air hujan, sampah dan limbah yang terbawa arus banjir, serta kerusakan sistem sanitasi yang terjadi selama banjir. Dengan adanya permasalahan tersebut, penulis menggagas inovasi alat *Aquasparkle*, yaitu alat yang mengkombinasikan filtrasi multimedia, membran mikrofiltrasi, membran RO, dan disinfeksi UV bertenaga surya untuk air siap minum.

Penelitian menunjukkan bahwa filter multimedia dengan kombinasi pasir silika, karbon aktif, dan zeolit dapat meningkatkan kualitas efluen di setiap parameter melalui proses filtrasi dan adsorpsi fisik serta pertukaran ion (Oktaviani dan Suwartha, 2021). Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa filter 3 lapis, yaitu pasir halus, sabut kelapa, dan karbon aktif merupakan unit filter yang efektif untuk menghasilkan air bersih (Chowdhury dan Nihal, 2021). Pada filtrasi multimedia ini, digunakan sabut kelapa sebagai upaya pemanfaatan limbah sabut kelapa. Sabut kelapa dipilih Indonesia memiliki produksi sabut kelapa rata-rata 15,5 miliar per tahun atau setara dengan 1,8 juta ton serat sabut. Oleh karena itu, limbah sabut kelapa merupakan salah satu jenis limbah organik terbesar di Indonesia sehingga perlu dilakukan upaya pemanfaatan limbah sabut kelapa (Azzaki dkk., 2020).

Komponen filter multimedia lainnya yang bisa mendukung upaya pemanfaatan limbah ada pada bagian karbon aktif. Karbon aktif dapat diperoleh melalui sumber daya alam di Indonesia, seperti tempurung kelapa, eceng gondok, batu bara ataupun kayu. Namun, di antara keempat bahan tersebut, tempurung kelapa sebagai bahan yang paling umum digunakan dan memiliki nilai komersial yang besar di pasar global. Hal tersebut dikarenakan selain kesediaannya yang melimpah, penggunaan tempurung kelapa dapat ikut berkontribusi dalam mengurangi dan meningkatkan daya jual limbah (Sujiono dkk., 2022). Selain tempurung kelapa, eceng gondok juga berpotensi untuk menghasilkan karbon aktif. Eceng gondok memiliki daya jual yang tinggi disebabkan karena keberadaannya yang melimpah akibat kecepatan pertumbuhannya yang tinggi sehingga dapat penggunaannya dapat ikut berkontribusi dalam upaya untuk menghindari kerusakan ekosistem laut (Saratale dkk., 2020). Filter multimedia digunakan sebagai filter pra-penyaringan sebelum air masuk ke membran *Reverse Osmosis* (RO).

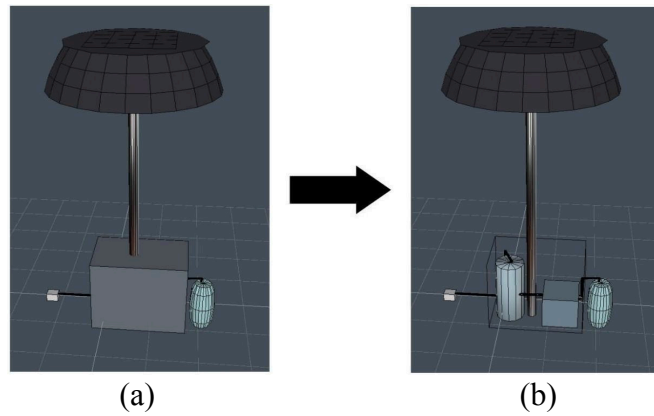
Air yang dihasilkan filter multimedia hakikatnya tidak sepenuhnya murni sehingga perlu adanya proses filtrasi kembali melalui membran RO. Membran RO

merupakan membran filtrasi yang digunakan untuk memisahkan makromolekul, mikromolekul atau ion terlarut, polutan, ion monovalen, dan pengotor lainnya di dalam air (Chairunissa dkk., 2021). Sementara itu, penonaktifan patogen dan mikroorganisme dalam air yang masih tertinggal setelah melewati membran RO dapat dilakukan dengan disinfeksi UV (Li dkk., 2019). Secara umum, teknologi filter air membutuhkan energi listrik selama proses pengolahan air. Seperti yang diketahui, pada daerah bencana seringkali terjadi kendala aliran listrik. Alat yang diinovasikan ini dapat memanfaatkan energi listrik dari energi matahari. Pemanfaatan energi matahari sebagai bentuk implementasi energi terbarukan dengan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi dan panel surya sebagai *solar feeders*. Penggunaan panel surya memiliki dampak yang signifikan dalam mengurangi konsumsi bahan bakar fosil. Hal tersebut merupakan salah satu upaya pemanfaatan energi terbarukan dan optimalisasi potensi alam (Vegatama dkk., 2020).

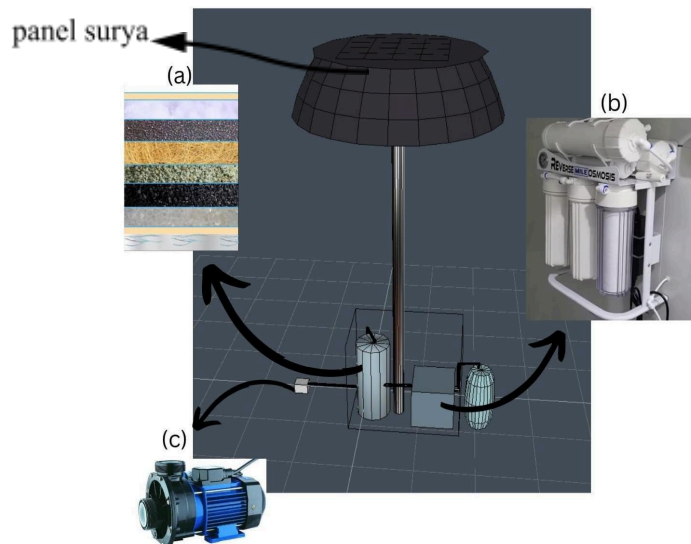
Kombinasi alat filtrasi pada alat yang dinamai *Aquasparkle* ini berpotensi menghasilkan air siap minum yang memenuhi standar baku mutu untuk air minum, yaitu Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 (Urbayanti dkk., 2022). *Aquasparkle* juga memanfaatkan panel surya sebagai alternatif solusi yang ramah lingkungan untuk menggantikan energi listrik. Oleh karena itu, solusi yang ditawarkan berdasarkan studi literatur ini dapat berkontribusi dalam upaya pengolahan air banjir menjadi air siap minum sekaligus mengurangi polusi udara akibat emisi penggunaan listrik dari bahan bakar fosil.

II. Pembahasan

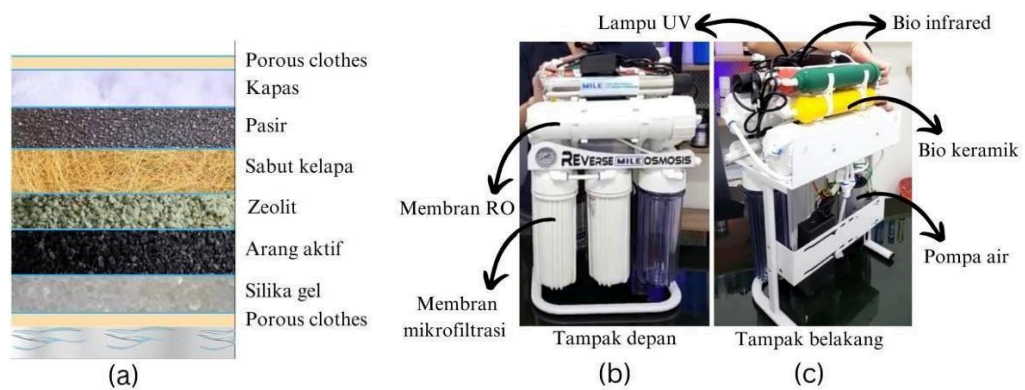
Aquasparkle merupakan alat yang dirancang untuk mengubah air banjir menjadi air siap minum. Selain itu, alat ini juga menjadi solusi dari permasalahan banjir yang ada di Indonesia. Nama *Aquasparkle* berasal dari kata "*aqua*" yang mencerminkan bahwa alat filtrasi air tersebut dirancang untuk menjaga ketersediaan dan kualitas air yang lebih baik sehingga dapat digunakan oleh manusia dengan aman. Lalu, kata "*sparkle*" yang mencerminkan bahwa diharapkan alat ini dapat memancarkan sejuta manfaat dan dapat menarik perhatian masyarakat. Alat filtrasi air tersebut tidak hanya dirancang untuk memurnikan air, tetapi juga untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Alat ini berfungsi sebagai penyaring air yang dapat menghilangkan bahan-bahan berbahaya dan meningkatkan kualitas air. Alat ini dapat berperan membantu mengatasi masalah kualitas air di wilayah yang kekurangan sumber air bersih, terutama di daerah yang terkena banjir. Proses perancangan desain *Aquasparkle* menggunakan *software* 3D Modelling App dan didapatkan desain seperti *Gambar 3*.



Gambar 1. Desain Alat *Aquasparkle* (a) Tampilan Luar (b) Tampilan Dalam



Gambar 2. Komponen Alat *Aquasparkle*



Gambar 3. Komponen (a) Filtrasi Multimedia (b) Membran RO Tampak Depan
(c) Membran RO Tampak Belakang

Desain luar yang berbentuk *box* pada *Gambar 3(a)* dimaksudkan agar alat *Aquasparkle* lebih mudah dipindahkan dari satu tempat ke tempat lainnya karena bentuknya yang *compact* dan *portable*. Selain itu, berdasarkan *Gambar 4*, pompa air berfungsi untuk memompa air banjir ke filtrasi multimedia dan memompa air masuk ke membran RO. Air dari proses filtrasi multimedia dipompa dan masuk ke membran RO dengan cara melewati pori-pori membran. Air dengan nilai TDS rendah dapat melewati pori-pori membran RO dan mengalir ke tangki keluaran (Chairunissa dkk., 2021). Selain itu, pompa juga berfungsi untuk meningkatkan energi aliran air selama proses filtrasi (Kaslum dkk., 2019). Adapun penjelasan dari komponen penyusun alat *Aquasparkle* :

1. Filtrasi Multimedia

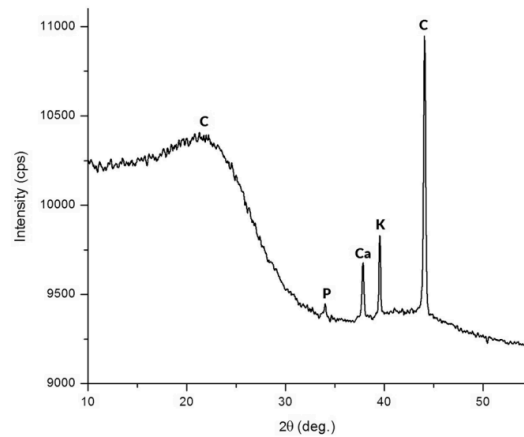
Proses pemurnian air dimulai melalui filtrasi multimedia dengan urutan seperti pada *Gambar 5(a)*. Setiap lapisan filtrasi multimedia yang digunakan memiliki fungsi tersendiri dalam filtrasi air, seperti kapas yang berfungsi untuk menangkap partikel-partikel besar. Pasir berfungsi untuk menangkap partikel-partikel halus dan debu yang tersisa. Sabut kelapa yang memiliki serat halus dan padat dapat menyaring partikel yang lebih kecil (Chowdhury dan Nihal, 2021). Adapula zeolit yang merupakan bahan adsorben dapat digunakan untuk menghilangkan bau, ion logam berat, dan senyawa organik polar dari air, seperti amonia dan nitrogen. Kemudian, karbon aktif yang merupakan bahan adsorben berfungsi untuk menghilangkan bahan organik dari air, seperti bau, rasa, warna, dan bahan kimia organik berbahaya. Lapisan paling bawah, yaitu silika gel berfungsi untuk menghilangkan senyawa organik yang tersisa dan meningkatkan kejernihan air (Oktaviani dan Suwartha, 2021).

Variasi ketebalan media meningkatkan kualitas efluen dimana pada penelitian yang dilakukan oleh Oktaviani dan Suwartha (2021) menyatakan bahwa proses filtrasi dapat mencapai 100% penghilangan nitrit, 29% penghilangan nitrat, dan penghilangan 94,4% untuk bakteri coliform. Filtrasi multimedia tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas efluen pada beberapa parameter. Semakin tipis ketebalan zeolit pada filtrasi multimedia maka akan mengurangi tingkat kekeruhan suatu air. Oleh karena itu, pada pengaplikasiannya variasi yang paling efektif adalah dengan ketebalan 20% zeolit, 30% karbon aktif, dan 50% silika dengan HLR sebesar 1.125 m³/m² per jam. Kemudian salah satu komponen terpenting pada filter multimedia, yaitu karbon aktif. Karbon aktif dapat diperoleh pada berbagai macam sumber daya alam, seperti tempurung kelapa dan eceng gondok.

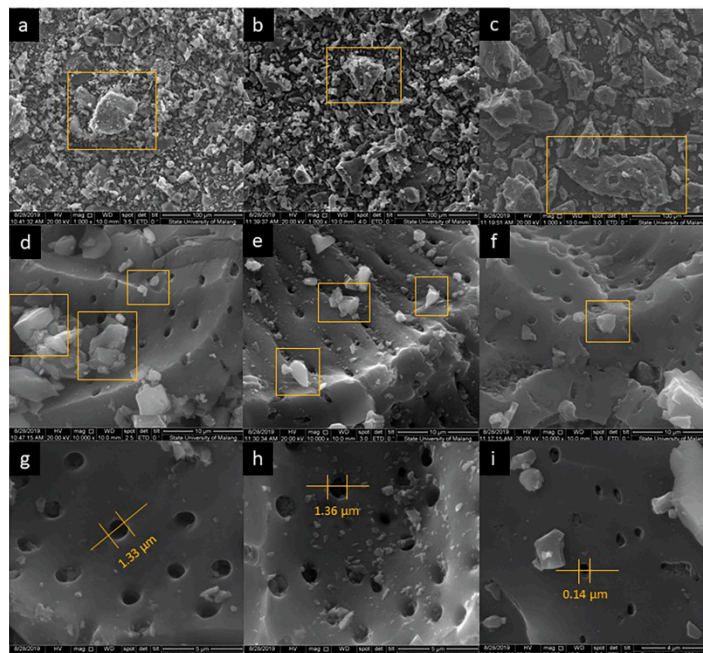
a. Tempurung kelapa

Tempurung kelapa berpotensi dalam menghasilkan karbon aktif karena strukturnya yang berpori. Hal tersebut berhasil dibuat dengan menggunakan tiga bahan aktivasi yang berbeda dengan dibuktikan pada sampel serbuk tempurung kelapa yang ditambahkan agen aktivasi terhadap kualitas air diuji melalui karakterisasi menggunakan XRD, SEM EDX dan FTIR. Sampel yang memenuhi syarat ini kemudian diuji untuk mengukur pengaruh agen aktivasi

terhadap kualitas air. Adapun reagen yang dapat digunakan sebagai agen aktivasi untuk menghasilkan karbon aktif, seperti Natrium Hidroksida (NaOH), Seng Klorida (ZnCl_2), dan Asam Fosfat (H_3PO_4). Berdasarkan ketiga reagen tersebut diperoleh masing-masing komponen penyusun yang berbeda-beda melalui hasil analisis XRD untuk menunjukkan bahwa tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang tinggi yang dapat dilihat pada Gambar 4. Kemudian dilakukan analisis SEM EDX yang menggambarkan terbentuknya pori-pori pada permukaan sampel, yang menunjukkan keberhasilan aktivasi proses dengan ditunjukkan sebagai berikut (Sujiono dkk., 2022).



Gambar 4. Hasil Spektra XRD tempurung kelapa

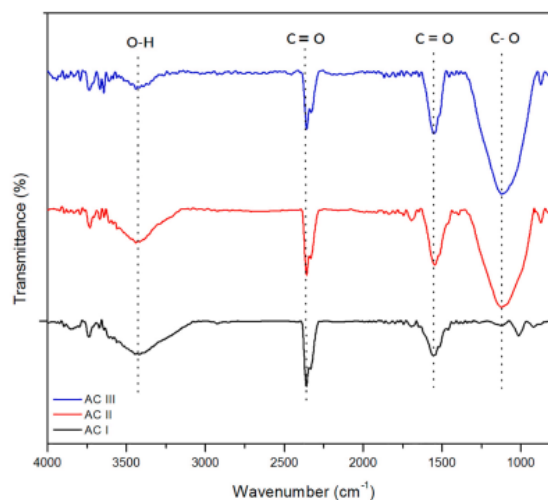


Gambar 5. Hasil Analisis SEM pada sampel AC I NaOH (a,d,g), AC II ZnCl_2 (b,e,h), dan AC III H_3PO_4 (c,f,i)

Berdasarkan, Gambar 4. analisis SEM digunakan untuk mengkarakterisasi permukaan morfologi sampel. Dimana dapat dilihat pada gambar perbesaran 1000 kali Gambar 4. (a,b,c) menunjukkan adanya perbedaan ukuran partikel dari masing-masing sampel dengan urutan dari terbesar hingga terkecil, yaitu pada sampel AC III, AC I, dan AC II. Kemudian untuk permukaan morfologi pada

Gambar 4. (d,e,f) menunjukkan adanya degradasi warna yang berbeda dimana pada sampel AC I dan AC II menunjukkan adanya banyak warna grayscale pada partikel butir sedangkan pada AC III lebih didominasi dengan warna domain yang gelap pada bagian grain partikelnya. Degradasi warna tersebut disebabkan adanya kandungan sampel organik dan proses aktivasi yang terjadi. Oleh karena itu, berdasarkan analisis tersebut menunjukkan bahwa sampel dengan warna degradasi grayscale yang rendah akan memiliki kemurnian yang lebih tinggi, yaitu pada sampel AC I dan AC II dibandingkan sampel AC III. Kemudian analisis SEM selanjutnya dilakukan pada perbesaran 20.000 kali pada Gambar 4. (g,h,i) menggambarkan morfologi sampel dengan struktur pori di permukaan dengan distribusi pori yang berbeda-beda. Hasil analisis sampel permukaan menunjukkan AC I, AC II, dan AC III memiliki ukuran pori sekitar 1,33 μm , 1,36 μm , dan 0,14 μm , masing-masing. Struktur pori yang terbentuk pada permukaan menunjukkan sampel memiliki klasifikasi ukuran makropori atau ukuran pori di atas 50 nm (Sujiono dkk., 2022).

Kemudian, dilakukan proses analisis FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada masing-masing sampel. Analisis FTIR tersebut diperoleh suatu spektra yang hampir mirip satu sama lain. Spektra tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 (Sujiono dkk., 2022).



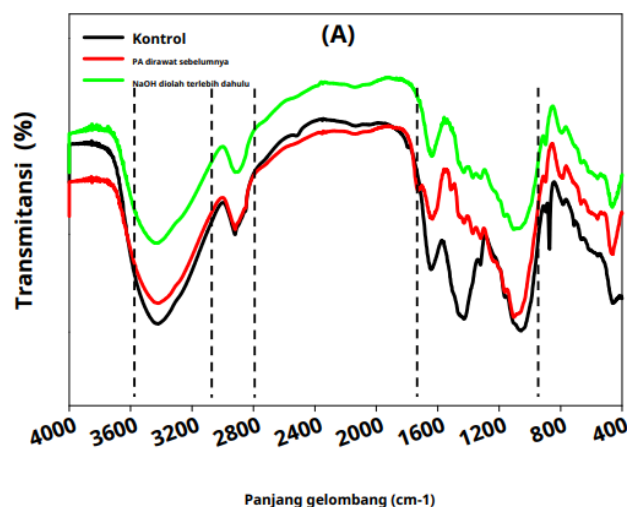
Gambar 6. Spektrum FTIR karbon aktif berbasis tempurung kelapa

Karakterisasi FTIR menggunakan data spektrum transmitansi dan direkam dalam jarak 750–4000 cm^{-1} . Hasil karakterisasi menunjukkan gugus fungsi pada suatu permukaan sampel saling berdekatan. Spektra FTIR AC I dengan aktivator NaOH diperoleh puncak 3442,94 cm^{-1} , 2360,87 cm^{-1} , dan 1556,55 cm^{-1} . Lalu, pada sampel AC II, dengan bahan aktivasi H_3PO_4 diperoleh puncak 3415,93 cm^{-1} , 2357,01 cm^{-1} , 1543,05 cm^{-1} , dan 1122,57 cm^{-1} . Serta, sampel AC III dengan aktivator ZnCl_2 menunjukkan puncak 3439,08 cm^{-1} , 2357,01 cm^{-1} , 1552,70 cm^{-1} , dan 1120,64 cm^{-1} . Puncak yang dihasilkan sekitar 3400 cm^{-1} disebabkan oleh vibrasi O–H, yang menunjukkan gugus fenolik. Puncaknya pada 2350 cm^{-1} dan 1550 cm^{-1} , yaitu asam karboksilat dengan vibrasi ulur C–O dan puncaknya pada 1120 cm^{-1} dikaitkan dengan CO. Gugus fungsi karbon aktif yang

diperoleh vibrasi ulur O–H, C–O, dan CO berperan penting sebagai penyerap polutan. Selanjutnya, gugus fungsi yang mengandung oksigen pada permukaan sampel merupakan lokasi pengendapan untuk menyerap partikel logam pada aplikasi katalis. Gugus fungsi yang mengandung karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa memiliki kemiripan dengan penelitian sebelumnya dan karbon aktif komersial. Hasil FTIR juga menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dari sampel pada puncak 1120 cm^{-1} di mana tidak ada puncak pada AC I. Oleh karena itu, menunjukkan bahwa peran tempurung kelapa dalam bahan penghasil karbon aktif dengan zat pengaktif NaOH telah secara signifikan meningkatkan kualitas air yang tercemar. Hasil data analisis menunjukkan bahwa karbon aktif berbahan dasar limbah tempurung kelapa memiliki potensi untuk diaplikasikan sebagai teknologi pengolahan air limbah terbarukan (Sujiono dkk., 2022).

b. Eceng Gondok

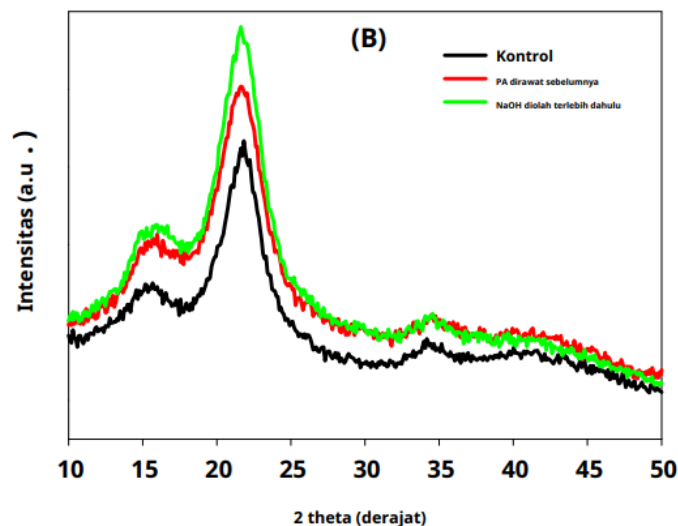
Eceng gondok digunakan sebagai agen untuk proses penyaringan air tercemar untuk berbagai jenis bahan pewarna industri dan logam berat, seperti besi (Fe), seng (Zn), tembaga (Cu), kromium (Cr), kadmium (Cd), mangan (Mn), merkuri (Hg) dan arsenik (As) dari larutan berair (Priya dan Selvan, 2017). Eceng gondok berpotensi dapat menghasilkan karbon aktif sebagai agen filter air tersebut disebabkan susunan strukturnya yang berpori. Hal tersebut dikarenakan eceng gondok mengandung 40–60% selulosa, 20–40% hemiselulosa, dan 15–30% lignin sehingga dapat digunakan sebagai prekursor dalam sintesis karbon aktif. Kandungan karbon aktif tersebut dapat dibuktikan melalui analisis FTIR, SEM, dan XRD. Pada analisis FTIR diterapkan untuk menganalisis transformasi kimia selulosa, lignin dan hemiselulosa dari biomassa Eceng Gondok sebelum dan sesudah perlakuan dengan asam parasetat dan NaOH. Spektrum FTIR menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam bentuk dan transmisi intensitas pita serapan. Perubahan peregangan konsentrasi pita serapan pada $2920\text{--}3330\text{ cm}^{-1}$ setelah pretreatment kimia mengungkapkan disosiasi –OH peregangan lignin dan –CH peregangan, menunjukkan gangguan selulosa biomassa Eceng gondok. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 7 (Saratale dkk., 2020).



Gambar 7. Spektrum spektroskopi inframerah transformasi Fourier (FTIR).

Hasilnya menunjukkan penghilangan lignin yang signifikan di Eceng gondok setelah perlakuan NaOH. Sedangkan, modifikasi berat pada 2914 cm^{-1} terkait dengan $-\text{CH}_2$ peregangan terjadi disosiasi gugus metil atau metilen dari selulosa. Selain itu, intensitas puncak berkurang pada 1645 cm^{-1} menggambarkan konfirmasi pengecualian parsial hemiselulosa. Penurunan intensitas puncak yang signifikan diamati pada 1424 , 1062 , dan 882 cm^{-1} , menyimpulkan depolimerisasi lignin dan penghilangan sebagian hemiselulosa dan lignin. Secara keseluruhan, hasil FTIR menunjukkan bahwa *pretreatment* NaOH mengarah pada transformasi struktural, dengan perluasan puncak yang menunjukkan disosiasi ikatan hidrogen intra dan antarmolekul, yang pada akhirnya mengurangi kristalinitas biomassa (Saratale dkk., 2020).

Analisis selanjutnya melalui analisis XRD yang memberikan bukti tentang perlakuan kristalinitas dan sifat amorf selulosa biomassa dengan menghitung indeks kristalinitas. perlakuan NaOH (58,8%) dan asam parasetat (52,8%) menunjukkan peningkatan kristalinitas yang signifikan dibandingkan dengan biomassa eceng gondok yang tidak diberi perlakuan (41,4%). Peningkatan yang signifikan dalam kristalinitas dari biomassa yang diolah dengan NaOH mengungkapkan terjadinya proses penghilangan lignin pada material berlignoselulosa yang lebih tinggi, serta terjadi penghilangan sebagian hemiselulosa dan peningkatan kandungan selulosa dari biomassa eceng gondok. Analisis XRD akan didapatkan pola difraksi sinar X dari eceng gondok dengan perbedaan perlakuan yang ditunjukkan pada Gambar 8 (Saratale dkk., 2020).



Gambar 8. Pola difraksi sinar-X (XRD) dari eceng gondok

Analisis selanjutnya, yaitu analisis SEM yang digunakan untuk mengetahui struktur morfologi yang terbentuk pada masing-masing perlakuan eceng gondok. Analisis tersebut dapat diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Gambar 9. (Saratale dkk., 2020).



Gambar 9. Hasil Analisis SEM dari Eceng gondok

Berdasarkan Gambar 9. Perlakuan NaOH menunjukkan penghancuran morfologi permukaan yang lebih tinggi dan peningkatan porositas dan luas permukaan sampel biomassa relatif daripada perlakuan asam parasetat. Oleh karena itu, perlakuan dengan alkali dan kondisinya dapat dioptimalkan untuk meningkatkan biomassa eceng gondok dengan tujuan agar proses lebih ekonomis dan ramah lingkungan (Saratale dkk., 2020).

Keefektifan eceng gondok dalam menyerap senyawa logam pada air yang tercemar sudah tidak diragukan lagi dimana menurut Priya dan Selvan, (2017) pada eceng gondok kering dengan kandungan air Cd (II) dan Pb (II) dapat mengadsorpsi dengan kapasitas 75% untuk logam Cd (II) dan 90% untuk Pb (II) melalui permodelan *second order kinetic*. Kemudian pada aliran anaerobik air yang tercemar dapat mengadsorpsi dengan kapasitas 98% untuk logam Cd, 99% logam Cu, 98% untuk Pb, dan 84% untuk logam Zn dengan kondisi optimasi 10 hari melalui retensi hidrolis dalam kurun satu hari.

2. Membran Mikrofiltrasi

Proses pemurnian selanjutnya dilakukan melalui membran mikrofiltrasi. Teknologi ini dirancang untuk memisahkan partikel padat besar dari cairan dengan prinsip tekanan melewati membran dengan ukuran pori 0,1 hingga 10 mikron agar air menjadi lebih jernih (Meidinariasty dkk., 2019). Menurut Kaslum dkk. (2019), kombinasi filtrasi multimedia dan membran mikrofiltrasi mampu mengolah air pada laju alir paling optimum sebesar 33 mL/detik dengan menghasilkan TDS sebesar 494 mg/L. Kandungan TDS tersebut telah sesuai dengan kandungan batas konsentrasi maksimum TDS (*Total Dissolved Solids*) air minum sebesar 500 mg/L pada PERMENKES RI No.492/Per/IV/2010. Hasil TDS yang mendekati batas maksimumnya tersebut menandakan masih terdapat komponen zat padat atau kontaminan lainnya. Hal tersebut menyebabkan air harus dilakukan filtrasi kembali melalui membran RO. Apabila bakteri dan kontaminan lainnya masih melewati membran mikrofiltrasi maka dapat dihilangkan dengan membran RO sehingga dengan adanya membran mikrofiltrasi ini juga dapat meningkatkan efisiensi membran RO agar masa pakainya lebih lama.

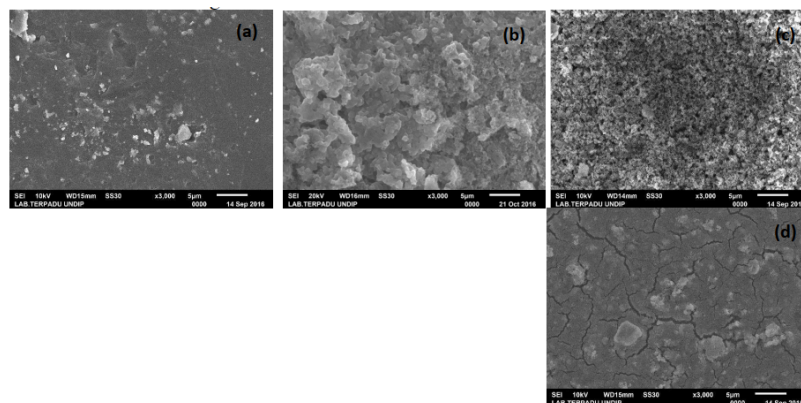
3. Membran Reverse Osmosis (RO)

Membran RO dapat digunakan untuk memisahkan molekul makro, molekul mikro, atau ion terlarut sehingga dapat menolak kontaminan kecil, ion monovalen, dan pengotor lainnya. Resistansi hidrodinamika membran ini sangat tinggi sehingga membutuhkan tekanan antar membran yang sangat tinggi (30-300

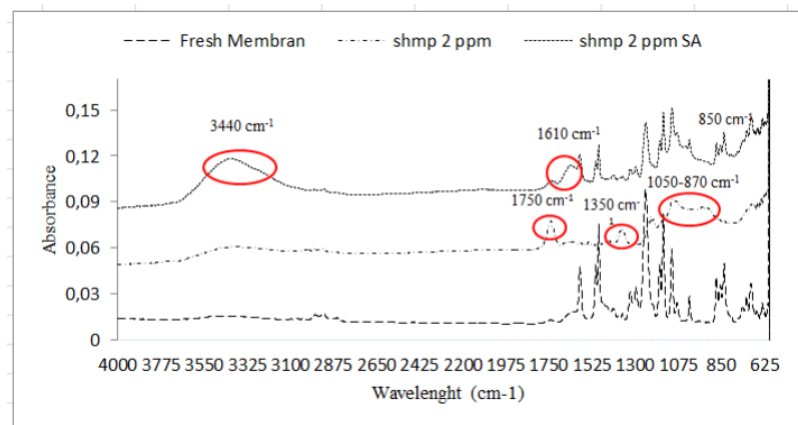
bar). Membran RO diklasifikasikan sebagai membran *non-porous*. Transportasi membran dikendalikan oleh difusi dalam mekanisme yang disebut *solution-diffusion*. Pada *solution-diffusion*, air melewati membran RO dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah penyerapan ke permukaan membran, kemudian difusi melalui celah membran, dan kemudian desorpsi dari permukaan membran yang permeabel.

Air mineral memiliki kandungan mineral yang tinggi dibandingkan air keran biasa, sehingga perlu dilakukan pemurnian melalui membran RO. Proses tersebut menghilangkan banyak kandungan mineral, zat aditif, dan kontaminan. *Reverse Osmosis* mengurangi jumlah total padatan terlarut dalam air. Proses RO digunakan untuk menghilangkan kandungan mineral dengan cara mendorong mineral di bawah tekanan melalui membran RO semi-permeabel. Proses RO dapat menghilangkan hingga 90-99% kontaminan yang terdapat pada air termasuk mineral. RO menghilangkan mineral dikarenakan mineral memiliki molekul yang lebih besar daripada air. Parameter kinerja membran RO adalah persen penyisihan. Persen penyisihan didasarkan pada zat terlarut, sedangkan persen *recovery* didasarkan pada air. Membran RO biasanya digunakan pada persen *recovery* 35-85 persen tergantung pada komposisi air, *pretreatment*, dan desain energi yang optimal. Adapun hasil air demineral yang didapatkan melalui membran RO ini, yaitu pada sifat fisika dengan nilai TDS sebesar 114 mg/L; skala kekeruhan sebesar 0,37 NTU; dan menghasilkan skala warna sebesar 5 TCU. Sementara itu, pada sifat kimia didapatkan pH sebesar 8,43 (Chairunissa dkk., 2021).

Struktur morfologi membran sebelum dan sesudah digunakan dapat diketahui melalui analisis dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil Uji SEM Membran Sebelum dan Sesudah Digunakan Analisis ini menunjukkan gambar dengan mode pencitraan daerah gelap dan terang pada perbesaran tertentu sehingga diketahui bentuk pori yang terbentuk dari material sebelum dan sesudah digunakan (Jia dkk., 2019). Gugus fungsi yang ada pada permukaan membran dapat diketahui melalui karakterisasi fouling membran melalui uji FTIR seperti yang ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Spektrum FTIR pada Membran

Karakteristik fouling pada permukaan membran ditandai dengan terjadinya pergeseran dari peak spektrum dan muncul peak spektrum baru (Ilma dkk., 2017).

4. Bio *Ceramic* dan Bio *Infrared*

Hasil yang diperoleh berupa air demineral tersebut dapat diubah menjadi air siap minum melalui pengaplikasian membran bio-mineral. Bio-mineral terdiri dari bio *ceramic* dan bio *infrared* sebagai bahan aditif yang sering digunakan pada filter air untuk meningkatkan kualitas air yang dihasilkan. Bio *ceramic* yang terbuat dari bahan mineral dengan permukaan berpori dapat meningkatkan kualitas air dengan menghilangkan bau dan rasa yang tidak enak, mengurangi klorin dan bahan kimia berbahaya lainnya, serta menambahkan mineral bermanfaat seperti kalsium dan magnesium. Oleh karena itu, air yang dihasilkan dapat bermanfaat bagi tubuh yang salah satunya dapat mencegah osteoporosis (Zhao dkk., 2020). Bio *infrared* adalah aditif yang dapat menghasilkan gelombang infra merah. Bio *infrared* meningkatkan kualitas air dengan mengaktifkan dan meningkatkan energi molekul air sehingga air lebih mudah diserap tubuh, lebih mudah mengalir, dan terasa lebih segar (Urbayanti dkk., 2022).

Kombinasi bio *ceramic* dan bio *infrared* sangat efektif dalam menghasilkan air minum yang berkualitas. Hal tersebut dikarenakan filter bio *ceramic* biasanya digunakan dalam satu unit sistem mesin RO yang memodifikasi dan meningkatkan rasa setelah proses filtrasi membran RO. Penyaringan air melalui membran RO menyebabkan air yang dihasilkan mengalami penurunan pH sehingga pH air menjadi tidak seimbang. Padahal, air murni bersifat netral dengan pH 7 pada suhu 25°C. Oleh karena itu, pH air harus diperbaiki dengan menggunakan filter bio *ceramic*. Filter bio *ceramic* dapat meningkatkan cita rasa air sehingga lebih segar dan enak untuk dikonsumsi. Adapun data hasil yang diperoleh melalui metode ini, yaitu kandungan TDS sebesar 91,4 mg/L, pH sebesar 7,37, dengan kandungan zat besi sebesar 0,313 mg/L, serta kekeruhan air sebesar 0,29 NTU. Berdasarkan data tersebut dapat mengindikasikan bahwa air yang dihasilkan adalah air siap minum sesuai dengan persyaratan kualitas air minum, yaitu PERMENKES RI No.492/Per/IV/2010 (Urbayanti dkk., 2022). Adapun jenis parameter persyaratan kualitas air minum yang didasarkan pada

PERMENKES RI No.492/Per/IV/2010 dapat ditunjukkan pada *Tabel 1*.

Tabel 1. Persyaratan Kualitas Air Minum Menurut PERMENKES RI No.492/Per/IV/2010

Jenis Parameter yang Tidak Berhubungan Langsung dengan Kesehatan	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
a. Parameter Fisik		
1) Bau		Tidak berbau
2) Warna	TCU	15

3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/L	500
4) Kekeruhan	NTU	5
5) Rasa		Tidak berasa
6) Suhu	°C	Suhu udara $\pm$ 3
b. Parameter Kimiawi		
1) Aluminium	mg/L	0,2
2) Besi	mg/L	0,3
3) Kesadahan	mg/L	500
4) Khlorida	mg/L	250
5) Mangan	mg/L	0,4
6) pH		6,5-8,5
7) Seng	mg/L	3
8) Sulfat	mg/L	250
9) Tembaga	mg/L	2
10) Amonia	mg/L	1,5

5. Disinfeksi UV

Proses pemurnian selanjutnya dapat dilakukan melalui disinfeksi UV yang terbukti efektif dalam menonaktifkan patogen dan merusak mikroorganisme dalam makanan, air, dan minuman. Disinfeksi merupakan proses pemusnahan mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit. Organisme akan mati ketika DNA atau RNA-nya menyerap sinar UV. Pada sistem pemurnian air, UV mencegah replikasi dan transkripsi materi genetik mikroba. Panjang gelombang 260 nm atau 280 nm memiliki sifat penonaktifan yang kuat. Namun panjang gelombang yang digunakan yaitu panjang gelombang 280 nm dikarenakan biaya yang lebih rendah dengan keluaran cahaya yang tinggi. Sehingga pemilihan panjang gelombang tersebut adalah solusi yang tepat. Fluks emisi tinggi dan waktu paparan yang lebih singkat dapat mencapai efisiensi yang lebih tinggi daripada fluks rendah dan waktu paparan lama. Melalui fluks radiasi disinfeksi yang lebih tinggi, efisiensi yang lebih tinggi dapat dicapai. Meskipun fluks iradiasi yang lebih tinggi dicapai dengan jarak iradiasi yang lebih kecil, disinfeksi tetap berada di sekitar air permukaan atau air permukaan sampai iradiasi penuh tercapai, karena daya keluaran eksternal chip LED UV sangat rendah. Oleh karena itu, pada perlakuan disinfeksi UV tersebut dapat membuat air yang diperoleh terbebas dari bakteri berbahaya (Li dkk., 2019).

6. Panel Surya sebagai Sumber Listrik

Rangkaian alat yang digunakan pada proses filtrasi memerlukan sumber listrik. Sumber listrik yang penulis tawarkan berupa panel surya atau *photovoltaic* (PV) sebagai perangkat semikonduktor yang dapat mengubah cahaya dari matahari menjadi energi listrik secara langsung (Vegatama dkk., 2020). Maka dari itu, sistem pengolahan air ini dapat beroperasi tanpa pasokan listrik dari jaringan listrik umum karena adanya panel surya. Panel surya tipe *monocrystalline* adalah jenis panel surya yang terbuat dari satu kristal silikon tunggal. Jika dibandingkan dengan jenis silikon lainnya seperti silikon *polycrystalline* atau silikon amorf, silikon *monocrystalline* memiliki efisiensi konversi yang lebih tinggi. Efisiensi panel surya akan meningkat sebesar 36,5% ketika silikon *monocrystalline* digunakan sebagai bahan penyerap (*absorbing material*) (Liu dkk., 2022). Panel surya tipe *monocrystalline* menghasilkan lebih banyak listrik daripada panel surya tipe *polycrystalline* karena kristal tunggal memiliki efisiensi yang lebih tinggi dalam mengubah sinar matahari menjadi listrik. Panel surya tipe *monocrystalline* juga lebih efisien dan tahan lama sehingga sering menjadi pilihan yang lebih baik dalam jangka panjang. Panel surya jenis ini memiliki kinerja yang lebih baik dalam kondisi cahaya rendah atau cuaca buruk, seperti berawan atau wilayah dengan intensitas sinar matahari yang rendah.

Kelebihan dari alat ini adalah ramah lingkungan karena tidak hanya menggunakan sumber energi terbarukan, tetapi juga mengurangi dampak negatif

banjir. Alat ini menggunakan sumber energi surya dalam prosesnya sehingga membuat pengolahan air menjadi lebih hemat energi. Selain itu, alat ini juga efektif dalam pengolahan air karena dapat menghilangkan berbagai jenis pencemar, seperti logam berat, bakteri, virus, dan bahan kimia organik lainnya dalam air banjir sehingga air dapat diubah menjadi air siap minum. Namun, alat ini juga memiliki beberapa aspek yang harus diperhatikan, seperti biaya awal yang cukup besar serta perawatan yang intensif dan berkala, termasuk pemeliharaan panel surya, perawatan sistem filtrasi, dan penggantian membran RO secara teratur.

III. Kesimpulan

Berdasarkan permasalahan tingginya tingkat intensitas banjir yang dapat menyebabkan air bersih terkontaminasi oleh zat-zat beracun dan bakteri maka dibuat sebuah inovasi berupa alat yang mengkombinasikan filtrasi multimedia, mikrofiltrasi, membran RO, dan desinfeksi UV bertenaga surya untuk mengubah air banjir menjadi air siap minum. Melalui hasil kajian studi literatur, diperoleh hasil sebagai berikut.

1. Kombinasi alat filter yang ditawarkan tersebut berpotensi menghasilkan air siap minum yang memenuhi baku mutu untuk air minum, yaitu Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010.
2. Alat *Aquasparkle* efektif untuk pengolahan air banjir menjadi air siap minum karena dapat menghilangkan berbagai jenis pencemar seperti logam berat, bakteri, virus, dan bahan kimia organik lainnya dalam air banjir.
3. Alat *Aquasparkle* memiliki kelebihan, seperti ramah lingkungan, hemat energi, dan efektif dalam pengolahan air banjir. Sementara itu, alat ini juga memiliki beberapa kekurangan, seperti mahal biaya awal, ketergantungan pada cuaca, serta membutuhkan perawatan yang intensif dan berkala.

IV. Saran

Dengan demikian, alat ini dapat berpeluang untuk diadopsi oleh pemerintah dan organisasi lingkungan dalam memenuhi kebutuhan air bersih di daerah yang terdampak banjir. Hal tersebut dikarenakan dalam jangka panjang, alat *Aquasparkle* yang memanfaatkan air banjir untuk menghasilkan air bersih dapat berpotensi sebagai upaya dalam mengurangi limbah di Indonesia melalui pemanfaatan sabut kelapa dan tempurung kelapa sekaligus mengurangi dampak perubahan iklim akibat penggunaan bahan bakar fosil.

V. Daftar Pustaka

- Akbar, T.I.S., Sayuti, M., Ikhsan, M., dan Ersya, N.S. 2023. Peningkatan Pemahaman Masyarakat dalam Penanganan Darurat Banjir di Desa Ceubrek Pirak, Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Vokasi*, 7(1): 43-49.
- Azzaki, D.A., Iqbal, M., Maulidia, V., Arifin, A., Apriani, I., dan Jati, D.R. 2020. Potensi Pemanfaatan Limbah Serabut Kelapa (Cocofiber) Menjadi Pot Serabut Kelapa (Cocopot) (The Potential Utilization of Coconut Fiber Waste into Vase of Coconut Fiber (Cocopot)). *Jurnal Teknologi*

- Lingkungan Lahan Basah*, 8(1): 039-048.
- Chairunissa, A.A., Prasetyo, D., dan Mulyadi, E. 2021. Pembuatan Air Demineral Menggunakan Membran Reverse Osmosis (RO) dengan Pengaruh Debit dan Tekanan. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2): 66-72.
- Chowdhury, A. dan Nihal, M.A. 2021. Stormwater Treatment Using Natural Bio-adsorbents. *International Conference on Planning, Architecture and Civil Engineering*, 1(1): 197-202.
- Ilma, H.I., Istirokhatun, T. dan Susanto, H. 2017. Kandungan Antiscalant Sodium Hexametaphosphate Pada Limbah Konsentrat Reverse Osmosis Menggunakan Membran Nanofiltrasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1) : 1-20.
- Jia, H., Wang, S., Sun, J., Yin, K., Xie, X., dan Sun, L. 2019. Nitrogen-Doped Microporous Carbon Derived From a Biomass Waste- Metasequoia Cone for Electrochemical Capacitors. *Journal of Alloys and Compounds*, 794(1): 163–170.
- Kaslum, L., Zikri, A., Tanjung, Y., Oktavia, Y., dan Aulia, A. 2019. Kinerja Pada Sistem Filtrasi dalam Menurunkan Kandungan TDS, Fe, dan Organik Dalam Pengolahan Air Minum. *Kinetika*, 10(1): 46-49.
- Li, X., Cai, M., Wang, L., Niu, F., Yang, D., dan Zhang, G. 2019. Evaluation survey of microbial disinfection methods in UV-LED water treatment systems. *Science of the Total Environment*, 659(1): 1415-1427.
- Liu, H., Du, Y., Yin, X., Bai, M., dan Liu, W. 2022. Micro/Nanostructures for Light Trapping in Monocrystalline Silicon Solar Cells. *Journal of Nanomaterials*, 2022(1): 1-40.
- Meidinariasty, A. 2019. Uji Kinerja Membran Mikrofiltrasi dan Reverse Osmosis Pada Proses Pengolahan Air Reservoir Menjadi Air Minum Isi Ulang. *Kinetika*, 10(3): 35-41.
- Oktaviani, A. dan Suwartha, N. 2021. Analysis of Multimedia Filter Effectiveness to Improve the Quality of Rainwater Runoff in Fulfilling Urban Raw Water Supply. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 623(1): 1-7.
- Priya, E.S, dan Selvan, P.S. 2017. Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*)—An Efficient and Economic Adsorbent for Textile Effluent Treatment—A Review. *Arabian Journal of Chemistry*, 10(1): 3548-3558.
- Saratale, R.G., Cho, S.K., Ghodake, G.S., Shin, H.S., Saratale, G.D., Park, Y., Lee, H.S., Bharagava, R.N. dan Kim, D.S., 2020. Utilization of noxious weed water hyacinth biomass as a potential feedstock for biopolymers production: A novel approach. *Polymers*, 12(8):1704.
- Sujiono, E.H., Zabrian, D., Zurnansyah., Mulyati., Zharvan, V., Samnur., dan Humairah, N.A. 2022. Fabrication and characterization of coconut shell activated carbon using variation chemical activation for wastewater treatment application. *Results in Chemistry*, 4(1) : 100291.
- Urbayanti, I., Sriwinarno, H., dan Basuki, B. 2022. Studi Pengembangan Aspek

- Teknis dan Finansial Sistem Penyediaan Air Minum Tingkat Pabrik di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 22(1): 1-14.
- Vegatama, M.R., Willard, K., Saputra, R.H., Sahara, A., dan Ramadhan, M.A. 2020. Rancangan Pembangunan Filter Air dengan Filtrasi Sederhana Menggunakan Energi Listrik Tenaga Surya. *PETROGAS: Journal of Energy and Technology*, 2(2): 1-10.
- Zhao, R., Chen, S., Zhao, W., Yang, L., Yuan, B., Ioan, V.S., Iulian, A.V., Yang, X., Zhu, X., dan Zhang, X. 2020. A bioceramic scaffold composed of strontium-doped three-dimensional hydroxyapatite whiskers for enhanced bone regeneration in osteoporotic defects. *Theranostics*, 10(4): 572-589.