Merdeka Indonesia Journal International (MIJI)
Vol. 4, No. 1, Juni 2024

ANALISIS POTENSI AIR TANAH SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN KEKERINGAN DI KABUPATEN BANJARNEGARA

Sri Subekti, Adi Sasmito, Eny Apriyanti, Widi Astuti, Dzati Utomo, Naufal Kresna Diwangkara
Universitas Pandanaran Semarang
UIN Prof. K.H. Saifuddin Zuhri Purwokerto
Email: bekti@unpand.ac.id, sasmito308@gmail.com, enyapriyanti@unpand.ac.id, tomo.udzati@gmail.com, naufalkresnadiwangkara@uinsaizu.ac.id

Abstrak

Air tanah merupakan kebutuhan utama sebagai sumber kehidupan bagi setiap makhluk hidup di bumi, sehingga tanpa adanya air maka kehidupan tidak dapat berjalan dengan selaras. Air tanah adalah air yang berada di dalam tanah dibagi menjadi dua, air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal merupakan air yang berasal dari air hujan yang diikat oleh akar pohon, terletak tidak jauh dari permukaan tanah serta berada diatas lapisan kedap air. Metode deksriptif menggambarkan masalah yang terjadi dan metode pelaksanaan berupa survey primer pendataan sebaran potensi mata air, survey sekunder yaitu pendataan data dalam bentuk dokumen. Simpulan potensi daerah rawan kekeringan di Kabupaten Banjarnegara secara umum didominasi oleh rendah hingga sedang sebanyak 79%. Sedangkan potensi daerah rawan kekeringan tinggi teridentifikasi hanya sebanyak 31%. untuk potensi daerah rawan kekeringan tinggi ini paling banyak tersebar di Kecamatan Pagedongan, Kecamatan Punggelan, Kecamatan Susukan. Penyebab kekeringan di Kabupaten Banjarnegara yaitu pola curah hujan yang tidak teratur, jenis tanah yang tidak dapat menampung air, penggunaan air tanah yang berlebihan, belum adanya sarana pendukung seperti bak penampung air. Dampak dari kekeringan di Banjarnegara kekurangan air, kesehatan, penurunan produksi pertanian, masalah pangan, konflik air, pengaruh terhadap lingkungan, gangguan pada sektor industri, kerusakan infrastruktur.

Kata kunci : Analisis Potensi Air Tanah

Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan utama yang dibuuthkan untuk pemenuhan hidup sehari-hari sehingga perlu dijaga kelestariannya dan dimanfaatkan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat dan nantinya dapat dinikmati oleh generasi sekarang maupun generasi yang akan datang. Hal ini merupakan amanat Undang–Undang nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup bahwa setiap orang berhak atas lingkungan hidup yang baik dan sehat sebagai bagian dari hak asasi manusia. Oleh karena itu, setiap orang berkewajiban memelihara kelestarian fungsi lingkungan hidup serta mengendalikan pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup.

Air tanah merupakan kebutuhan utama sebagai sumber kehidupan bagi setiap makhluk hidup di bumi, sehingga tanpa adanya air maka kehidupan tidak dapat berjalan dengan selaras. Air tanah adalah air yang berada di dalam tanah dan dibagi menjadi dua, air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal merupakan air yang berasal dari air hujan yang diikat oleh akar pohon. Air tanah ini terletak tidak jauh dari permukaan tanah serta berada diatas lapisan kedap air. Jenis tanah atau tutupan serta jenis tanaman atau vegetasi sangat berpengaruh terhadap kondisi air tanah pada suatu Kawasan.

Metode Penelitian

Metode deksriptif merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menggambarkan masalah yang terjadi pada masa sekarang atau yang sedang berlangsung, bertujuan untuk mendeskripsikan apa yang terjadi sebagaimana mestinya pada saat penelitian dilakukan.

Metode pelaksanaan yang dilakukan berupa survey primer dan survey sekunder. Dimana survey primer merupakan pendataan secara langsung mencatat data di masing-masing Kecamatan dan Desa terkait dengan sebaran potensi sumber mata air dan terkait dengan kualitas mata air, sedangkan survey sekunder merupakan pendataan secara tidak langsung dengan cara mengumpulkan data-data yang sudah ada dalam bentuk dokumen.

Hasil dan Pembahasan

Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah pada zona jenuh air, dengan tekanan hidrostatis lebih besar atau sama dengan tekanan udara (Setyawan Purnama, 2010). Sebanyak 98% dari air di bawah permukaan disebut air tanah dan digambarkan sebagai air yang terdapat pada zona jenuh di bawah muka air tanah, sedangkan dua persen sisanya adalah lengas tanah yang terletak pada zona tidak jenuh, Gelhar (1972, dalam Ersin Seyhan 1990).

Air tanah (groundwater) merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah ditemukan pada akifer pergerakan air tanah sangat lambat kecepatan arus berkisar antara 10-10 – 10-3 m/detik dan dipengaruhi oleh porositas, permeabilitas darilapisan tanah, dan pengisian kembali air. Karakteristik utama yang membedakan air tanah dan air permukaan adalah pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal yang sangat lama, dapat mencapai puluhan bahkan ratusan tahun. Karena pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal yang lama tersebut, air tanah akan sulit untuk pulih kembali jika mengalami pencemaran (Effendi, 2003).

Terdapat empat perlapisan batuan yang mengakibatkan perlakuan terhadap air tanah menjadi berbeda (Setyawan Purnama, 2010: 27) antara lain:

1. Akuifer, merupakan bentuk dari formasi batuan yang dapat menyimpan serta dapat dilalui oleh air. Lapisan tanah atau akuifer ini sering disebut resevoir air tanah atau formasi air, contoh terdapatnya material berupa pasir, kerikil, batu pasir, batu gamping yang berlubang dan terdapatnya lava yang retak.
2. Akuifug, yaitu suatu formasi batuan yang tidak dapat menyimpan maupun dilalui oleh air, jenis ini misalnya granit.

3. Akuiklud, yaitu formasi batuan yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat dilewati air dalam jumlah yang cukup banyak, contoh dari jenis ini adalah lempung.
4. Akuitard, merupakan bentuk formasi batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa hingga dapat menyimpan air tetapi hanya dapat dilewati air dalam jumlah terbatas

Kekeringan adalah salah satu jenis bencana alam yang kompleks dan ditandai dengan kekurangan air berkepanjangan. Kekeringan terjadi secara perlahan (slow on-set) dengan durasi sampai dengan musim hujan tiba, serta berdampak sangat luas dan bersifat lintas sektor (ekonomi, sosial, kesehatan, dan pendidikan) (IRBI, 2015).

Kekeringan dapat disebabkan karena suatu wilayah tidak mengalami hujan atau kemarau dalam kurun waktu yang cukup lama atau curah hujan di bawah normal, sehingga kandungan air di dalam tanah berkurang atau bahkan tidak ada. Menurut Indarto et al., (2014) pada umumnya bencana kekeringan tidak dapat diketahui mulainya, namun dapat dikatakan bahwa kekeringan terjadi saat air yang ada sudah tidak lagi mencukupi untuk kebutuhan sehari-hari. Kerusakan lahan dan dampak kerugian yang diakibatkan oleh kejadian kekeringan sangat luas dan nilai ekonomi kerugian cukup besar.

Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) bahwa kekeringan merupakan suatu peristiwa yang terjadi pada musim kemarau, apalagi ketika musim kemarau panjang melanda. Definisi kekeringan secara umum adalah kondisi di mana suatu wilayah, lahan, maupun masyarakat mengalami kekurangan air sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhannya. Kekeringan dapat disebabkan karena suatu wilayah tidak mengalami hujan atau kemarau dalam kurun waktu yang cukup lama atau curah hujan di bawah normal, sehingga kandungan air di dalam tanah berkurang atau bahkan tidak ada.

BPBD juga menyatakan bahwa konsumsi air yang berlebihan pun dapat menjadi penyebab kekeringan, hal tersebut disebabkan konsumsi air berlebih tidak diimbangi dengan sumber air yang berlebih pula. Konsumsi air berbanding terbalik dengan sumber air, artinya bencana ini dapat terjadi saat konsumsi air sudah melampaui batasnya namun sumber air hanya mengeluarkan air dengan jumlah yang sama (terbatas).

Kelangkaan air atau stress air dan defisit air dalam waktu tertentu dan dapat memperparah kelangkaan air. Kejadian kelangkaan air dapat disebabkan adanya perubahan iklim serta kejadian berubahnya pola cuaca seperti terjadinya pergantian ekstrem antara kekeringan dan musim hujan yang menyebabkan banjir. Peningkatan jumlah penduduk berpengaruh terhadap kebutuhan jumlah air serta adanya pencemaran air menjadi penyebab kelangkaan air.

Kelangkaan air adalah situasi dimana sumber daya air tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan rata-rata jangka panjang. Kelangkaan air merupakan ketidakseimbangan jangka panjang, dimana ketersediaan air kecil dari kebutuhan air, dan berarti bahwa kebutuhan air melebihi sumber daya air yang dapat didayagunakan secara berkelanjutan (sustainable). (EU, 2007; UNEP, 2011) UN-WATER (2006). Sedangkan FAO (2007) mendefinisikan kelangkaan air adalah suatu kondisi dimana pasokan atau

kualitas air tidak dapat memenuhi kebutuhan semua sektor, termasuk lingkungan. Sementara Van Loon, menyatakan bahwa kelangkaan air disebabkan oleh eksploitasi sumber daya air secara berlebihan, ketika kebutuhan air lebih besar dari ketersediaan air, jadi berfokus pada akibat aktivitas manusia terhadap sistem hidrologi. Komisi Eropa (2012) merumuskan perbedaan antara kekeringan dan kelangkaan air pada tabel berikut ini:

Tabel 1 Kekeringan dan Kelangkaan Air

Penyebab	Jangka pendek (harian, mingguan)	Jangka Menengah (bulanan, musiman, tahunan)	Jangka panjang (puluhan tahun)
Alami	Musim kering (*dry spell*)	Kekeringan (*drought*)	Daerah yang kering (*aridity*)
Manusia	Kekurangan air (*water shortage*)	Kelangkaan air (*water scarcity*)	Penggurunan (*desertification*)

Sumber Pereira et al., 2002

Perbedaan mendasar kekeringan dengan kelangkaan air adalah bahwa pengelolaan sumber daya air dapat menanggulangi kelangkaan air, akan tetapi hanya dapat melakukan adaptasi terhadap kekeringan dengan mengurangi kerentanan (vulnerability) dan meningkatkan ketahanan (resilience) dengan upaya pro-aktif. Palmer et al. (2008) dan Schiermeier (2008) menyarankan pergeseran fokus pengelolaan kelangkaan air dari mengurangi kerentanan terhadap kekeringan menjadi mengurangi eksploitasi berlebihan dari sumber daya air, atau dari menghadapi variabilitas alam menjadi mengurangi akibat yang disebabkan oleh manusia (anthropogenic).

Air tanah adalah air yang terdapat dalam pori-pori dan celah-celah batuan di bawah permukaan tanah. Air ini merupakan salah satu bentuk sumber daya air yang sangat penting bagi kehidupan dan aktivitas manusia. Air tanah terbentuk melalui proses infiltrasi, yaitu ketika air hujan atau air permukaan meresap ke dalam tanah dan menumpuk di zona air tanah.

Menurut Peraturan Pemerintah No 43 Tahun 2008 bahwa air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Seiring dengan meningkatnya jumlah populasi penduduk Indonesia dalam dekade terakhir ini, maka kebutuhan akan air dengan sendirinya akan meningkat. Pertumbuhan populasi yang meningkat ini tidak diiringi dengan bertambahnya jumlah air di alam.

Ketika air hujan atau air permukaan meresap ke dalam tanah, air tersebut mengisi pori-pori dan celah-celah batuan, membentuk apa yang disebut akuifer. Akuifer adalah formasi geologi yang memiliki kemampuan menyimpan dan mengalirkan air tanah. Air tanah dapat ditemukan di berbagai kedalaman, tergantung pada karakteristik hidrogeologi setempat. Berikut adalah beberapa keunggulan dari air tanah dan kegunaan antara lain:

a. Sumber air bersih: Air tanah sering kali merupakan sumber air bersih yang penting bagi kebutuhan air minum dan kehidupan sehari-hari.
b. Sumber air untuk pertanian: Air tanah digunakan untuk irigasi pertanian, memungkinkan pertanian berlanjut bahkan selama musim kemarau.
c. Pengisian sungai dan danau: Air tanah menyuplai air ke sungai dan danau, berperan dalam menjaga aliran sungai dan keberlanjutan ekosistem air.
d. Pasokan air untuk industri dan keperluan komersial lainnya.

Pengelolaan air tanah yang bijaksana sangat penting untuk memastikan ketersediaan air yang berkelanjutan, menghindari penurunan permukaan air tanah, dan melindungi kualitas air untuk masa depan. Pengambilan air tanah yang berlebihan atau tidak terkendali dapat menyebabkan penurunan permukaan air tanah, yang dapat mengakibatkan kekeringan dan dampak negatif lainnya pada lingkungan dan masyarakat.

Potensi air tanah di Banjarnegara seperti di daerah lainnya, sangat dipengaruhi oleh geologi, hidrogeologi serta karakteristik hidrologi setempat. Kabupaten Banjarnegara terletak di daerah pegunungan dengan formasi geologi yang beragam, yang dapat mempengaruhi ketersediaan dan kualitas air tanah.

Hidrogeologi merupakan cabang ilmu geologi yang pada khususnya mempelajari mengenai kondisi air di bawah permukaan tanah, seperti air tanah, akuifer dan interaksi antara air dengan batuan dan formasi geologi lainnya. Istilah "hidrogeologi" berasal dari gabungan dua kata, yaitu "hidro" yang berarti air, dan "geologi" yang merujuk pada ilmu yang mempelajari tentang bumi, termasuk komposisi dan struktur batuan. Beberapa jenis hidrogeologi di Kabupaten Banjarnegara adalah:

a) Akuifer Kecil Setempat

Akuifer Kecil Setempat merujuk pada jenis akuifer yang memiliki cakupan dan kapasitas penyimpanan air yang terbatas. Akuifer ini umumnya terdiri dari formasi geologi yang memiliki ukuran terbatas dan hanya dapat menyimpan sejumlah air yang relatif kecil. Jenis akuifer ini rentan terhadap pengambilan berlebihan karena kapasitas penyimpanan yang terbatas, pengambilan air dari akuifer terbatas harus diatur dengan bijaksana untuk mencegah penurunan permukaan air tanah yang berlebihan dan risiko kekeringan.

b) Akuifer Produktif

Akuifer Produktif adalah jenis akuifer yang memiliki kemampuan yang tinggi untuk menyimpan dan mengalirkan air tanah dengan baik. Akuifer produktif biasanya terdiri dari batuan dengan porositas dan permeabilitas yang tinggi, yang memungkinkan air untuk dengan mudah bergerak melalui pori-pori dan celah-celah batuan.

Akuifer produktif merupakan sumber air tanah yang penting untuk kebutuhan air minum, pertanian, dan industri. Pengelolaan sumber daya air tanah yang bijaksana diperlukan untuk memastikan pengambilan air dari akuifer produktif dilakukan dengan berkelanjutan dan tidak mengganggu kesinambungan sumber daya air tersebut. Monitoring dan pengaturan pengambilan air tanah juga diperlukan untuk mencegah penurunan permukaan air tanah dan masalah ketersediaan air di masa depan.

c) Daerah Air Tanah Langka

Daerah air tanah langka atau daerah dengan ketersediaan air tanah yang terbatas umumnya terjadi di wilayah-wilayah yang memiliki karakteristik hidrogeologi tertentu atau mengalami masalah ketersediaan air yang signifikan. Beberapa faktor yang menyebabkan daerah air tanah langka antara lain:

- Curah Hujan Rendah: Daerah dengan curah hujan yang rendah cenderung memiliki air tanah yang langka. Karena curah hujan yang terbatas, air sulit meresap ke dalam tanah untuk membentuk akuifer, sehingga sumber air tanah menjadi terbatas.
- Kekeringan: Daerah yang sering mengalami periode kekeringan atau musim kemarau panjang dapat menyebabkan penurunan permukaan air tanah. Selama musim kering, sumber daya air tanah dapat menipis dan menjadi langka.
- Formasi Geologi: Sifat formasi geologi di suatu daerah dapat mempengaruhi ketersediaan air tanah. Batuan yang padat atau memiliki sedikit pori-pori mungkin tidak dapat menyimpan banyak air tanah, sehingga wilayah tersebut memiliki daerah air tanah langka.
- Pengambilan Air Berlebihan: Eksploitasi air tanah yang berlebihan oleh manusia tanpa adanya pengelolaan yang bijaksana dapat menyebabkan penurunan permukaan air tanah dan membuat air tanah menjadi langka.
- Polusi Air Tanah: Pencemaran air tanah dapat menyebabkan kualitas air yang buruk dan tidak layak untuk digunakan. Akibatnya, daerah tersebut mungkin mengalami kesulitan dalam mendapatkan air tanah yang aman dan bersih.

Tabel 1 Daerah Air Tanah Langka di Kabupaten Banjarnegara

No	Kecamatan	Luas (Ha)
1	Banjarmangu	2.460,17
2	Banjarnegara	3.473,29
3	Batur	1.910,06
4	Bawang	1.807,93
5	Kalibening	7.563,14
6	Karangkobar	1.444,16
7	Madukara	425,15
8	Mandiraja	841,97
9	Pagentan	2.832,65
10	Pejawaran	130,61
11	Punggelan	4.394,83
12	Purwonegoro	2.885,98
13	Wanayasa	2.557,62
Jumlah		32.727,53

Sumber : RTRW Kabupaten Banjarnegara,2011

Berdasarkan data peta Hidrogeologi di Kabupaten Banjarnegara, bahwa Daerah Air Tanah Langka di Kabupaten Banjarnegara tersebar di 13 Kecamatan dengan luas mencapai 32.727,53 Ha, dengan luas terbesar berada di Kecamatan Punggelan dengan luas 4.394,83 Ha dan yang terkecil di Kecamatan Pejawaran dengan luas 130,61 Ha.

Indeks kekeringan meteorologi IKM dan indeks kekeringan hidrologi IKH memiliki fungsi yang penting dalam mitigasi bencana kekeringan, yaitu sebagai masukan utama dari pengelolaan kekeringan, dalam memberikan evaluasi secara obyektif mengenai tingkat kekeringan yang terjadi, dan dapat digunakan untuk deteksi dini dalam rangka antisipasi bencana kekeringan.

Gambar Diagram Sebab-Akibat Penyebab Kekeringan dan Kelangkaan Air Serta Upaya Mitigasinya

lndeks Kelangkaan Air (IKA) selain menjadi masukan untuk pengelolaan kekeringan, juga dapat digunakan sebagai masukan untuk rencana tata ruang, disamping juga untuk pengelolaan sumber daya air, yang pada prinsipnya dimaksudkan untuk menyeimbangkan antara kebutuhan air dengan air yang tersedia.

lndikator kekeringan seperti misalnya data runtut waktu hujan atau debit Xt dipotong pada suatu ambang batas Xo, yang dapat berupa nilai rata-rata, median, atau persentil tertentu, atau angka lainnya yang dapat berupa angka tetap maupun bervariasi menurut musim. Kekeringan didefinisikan sebagai kondisi bilamana nilai indikator setelah dipotong berada di bawah garis ambang batas, atau dengan lain perkataan jika nilainya negatif setelah dilakukan pemotongan

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk hasil uji SEM diperoleh morfologi struktur kristal penyusun membrane abu batubara yang lebih dominan adalah gugus Al_2O_3. Maka gugus atom AL memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan Si, sehingga semakin besar ratio AL/Si pada bahan baku sehingga dihasilkan membran dengan ukuran pori yang lebih besardalam hal ini sebagai support pada pembentukan pembuatan membran keramik.
2. Mengurangi limbah dengan pemanfaatan SDA (Sumber Daya Alam) *fly ash* batubara menjadi membran yang dapat meningkatkan nilai ekonomis, serta mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan.
3. Hasil uji permeabilitas diperoleh bahwa Atom Al memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan Si, sehingga semakin besar ratio AL/Si pada bahan baku sehingga dihasilkan membrandengan ukuran pori yang lebih besar
4. Hasil penelitian mengenai pengaruh komposisi alumina dan kaolin pada pembuatan membran keramik berbasis fly ash menunjukkan bahwa membran keramik M3, yang terdiri dari 20% fly ash, 30% kaolin, dan 40% alumina, memiliki kuat tekan tertinggi

mencapai 65,45 kg/cm2. Porositas air membran berkisar antara 42,82% - 50,22%, dan semakin tinggi suhu pemanasan membran keramik TiO2 – fly ash, penyerapan air dan porositas meningkat

Bibliografi

1. Asmatulu, R. (2013), Removal of The Discoloring Contaminants of An eastGeorgia Kaolin Clay and Its Dewatering, Turkish J. Eng. Env.Sci. 26: 447-453

2. Ahmad, Syahril, (2014), Karakterisasi Membran Serat Berongga Polisulfon Asam Malat dengan Metode Scanning Electron Microscope, Journal Sains Materi Indonesia, Vol. 15, No.3, 171-175

3. Astuti, W., A. Prasetya, E.T Wahyuni dan I.M Bendiyasa. (2011),The Adsorptions of Lead From Aqueous Solutions Using Coal Fly ash: Effect Of World Academy of Science Engineering and Tecnology 5(6) ;805-810.

4. Astuti, W.,E.T Wahyuni, A. Prasetya dan I.M Bendiyasa (2012), The Effect Of Coal Fly ash Treatment with NaOH on the Characters And Adsorption Mechanism toward Methyl Violet in The Solution 38: 155-160.

5. Abdullah, M., Dan , K. (2008), Review: Karakterisasi Nanomaterial, Jurnal Nanosains & Nanoteknologi, 2,1

6. Astuti, D, (2008), Akttifitas Fotokatalitik TiO2 Untuk Degradasi Bahan Pewarna Tekstil Jenis Procion Red MX-88. Jember: Universitas Jember.

7. Agmalini, S.,Lingga, N.N dan Nasir, S. (2017), Peningkatan Kualitas Air Rawa Menggunakan membran Keramik Berbahan Tanah Liat dan Abu Terbang Batubara, Jurnal Teknik Kimia. Vol 19(2),hal. 59-68.

8. Agarwal, A., Samanta, A., Nandi, B. K., & Mandal, A. (2020). Synthesis, characterization and performance studies of kaolin-fly ash-based membranes for microfiltration of oily waste water. Journal of Petroleum Science and Engineering, 194, 107475.

9. Apriyanti, E., Hadiyanto, & Wijayanto, W. (2018). Preparation and Characterization of Volcanic Ash-chitosan Composite Ceramic Membrane for Clean Water Production. Journal of Environmental Science and Technology, 11(3), pp. 112–118.

10. Chen, M., Heijman, S. G. J., & Rietveld, L. C. (2021). State-of-the-Art Ceramic Membranes for Oily Wastewater Treatment: Modification and Application. Membranes, 11(11), Article 11.

11. Chathurappan, R., & Jayapal, A. (2022). Synthesis and characterization of coal fly ash based multipurpose ultrafiltration membrane. Materialia, 25, 101548.

12. Chasri N (2015), The Utilization of Coal Fly ash as Ceramic Membranes for the Unit of Peat Water Treatment J. Dinamika Kim. 26(2),pp.95-105
13. Chen, J., Lv, Q., Meng, Q., Liu, X., Xiao, X., Li, X., & Gao, P. (2022). Study on Treatment of Low Concentration Oily Wastewater Using Alumina Ceramic Membranes. Crystals, 12(2), 127, pp. 1-11.

14. Dong, Y., S.Hampshire, J.Zhou, B.Lin, Z.Ji, X.Zhang, dan G.Meng (2010) *Recyclin of Fly ash for Preparing Porous Mullite Membrane Supports with Titania Addition,* Journal of Hazardous Material. 180: 173-180

15. Kusworo, T. D., Kumoro, A. C., Utomo, D. P., Kusumah, F. M., & Pratiwi, M. D. (2021). *Performance of the Crosslinked PVA Coated PES-TiO2 Nano Hybrid Membrane for the Treatment of Pretreated Natural Rubber Wastewater Involving Sequential Adsorption – Ozonation Processes.* Journal of Environmental Chemical Engineering, 9(2), 104855.

16. Kyriakogona, K., Giannopoulou, I., & Panias, D. (2017, June). *Extraction of Aluminium from Kaolin: A Comparative Study of Hydrometallurgical Processes.* The 3rd World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering. pp. 133-1 – 133-6.

17. Lu, Y. *et al*, (2015), *When Bioelectrochemical System Meet Forward Osmosis: Accomplishing Wastawater Treatment and Reuse through Synergy*, Journal water, Vol 7, pp. 38-50.

18. Lestari, Yuliani Tri. (2013), *Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (Fly ash) Batubara Sebagai Adsorben untuk Penentuan Kadar Gas NO2 di Udara*. Skripsi. Jurusan Kimia: Universitas Jember.