

Efektifitas Arang Aktif Terhadap Peningkatan Kualitas Air Tanah dengan Metode *Multi Soil Layering* (MSL)

Fitri Mairizki¹⁾, Arief Yandra Putra²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik

Email: fitrimairizki@eng.uir.ac.id

²⁾Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nasution No. 113, Pekanbaru, Riau

Email : ariefyandra0811@edu.uir.ac.id

Detail Artikel

Diterima : 9 Mei 2021

Direvisi : 26 Mei 2021

Diterbitkan : 26 Mei 2021

Kata Kunci

Groundwater

MSL

Activated Charcoal

Heavy Metal

Penulis Korespondensi

Name : Arief Yandra Putra

Affiliation : Prodi Kimia,

Universitas Islam Riau

Email :

ariefyandra0811@edu.uir.ac.id

ABSTRAK

Pencemaran air tanah dapat disebabkan oleh berbagai macam limbah dan hasil kegiatan manusia. Air tanah yang mengandung COD, BOD dan zat berbahaya lainnya dalam konsentrasi tinggi harus melalui pengolahan sebelum digunakan. Karbon aktif merupakan karbon bebas dengan permukaan bagian dalam yang memiliki daya serap yang baik. Salah satu alternatif sistem pengolahan air limbah dan airtanah yang ekonomis, tidak membutuhkan lahan yang luas dan mudah dalam pengoperasiannya adalah sistem Multi Soil Layering (MSL). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas sumber arang aktif dalam menurunkan COD, BOD, kandungan logam berat dan peningkatan pH airtanah. Pengambilan sampel menggunakan teknik random sampling. Sistem MSL menggunakan berbagai sumber arang aktif yaitu batok kelapa, sekam padi dan serbuk gergaji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber arang aktif yang paling efektif meningkatkan pH adalah sekam padi (53,57%).

Sedangkan sumber arang aktif yang menurunkan COD, BOD, Hg, Pb, dan Fe adalah serbuk gergaji (31,16%), sekam padi (73,16%), batok kelapa (70,75%), serbuk gergaji (26,74%), serbuk gergaji (46,94%), masing-masing. Sumber arang aktif terbaik dalam mereduksi kandungan polutan di airtanah adalah serbuk gergaji.

ABSTRACT

Ground water pollution can be caused by various kinds of wastes and the results of human activities. Ground water containing COD, BOD and other harmful substances in high concentrations must pass through a treatment before use. Activated carbon is free carbon with an internal surface that has good absorption. One alternative to wastewater and groundwater treatment systems that is economical, does not require a large area and is easy to operate is the Multi Soil Layering (MSL)

system. This study aims to determine the effectiveness of activated charcoal sources in reducing COD, BOD, heavy metal content and increasing groundwater pH. Sampling using random sampling technique. The MSL system uses a variety of activated charcoal sources, namely coconut shells, rice husks and sawdust. The results showed that the source of activated charcoal which gave the most effective increase in pH was rice husk (53.57%). In other hand, the sources of activated charcoal that decreased COD, BOD, Hg, Pb, and Fe were sawdust (31.16%), rice husks (73.16%), coconut shells (70.75%), sawdust (26.74%), sawdust (46.94%), respectively. The best source of activated charcoal in reducing pollutant content in groundwater is sawdust

PENDAHULUAN

Air merupakan salah zat yang paling penting bagi kehidupan selain oksigen. Air yang kan dikonsumsi oleh manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman. Air berdasarkan sumbernya terbagi dua yaitu alami yang terdiri dari 1) air permukaan seperti air sungai, danau, kolam/ genangan, dan air laut ; 2) air tanah. Sumber air buatan seperti air sumur, air bor dan air yang diproses. [1]

Air tanah yang memiliki masalah kualitas didalamnya perlu mendapatkan perhatian khusus apalagi yang tercemar oleh berbagai macam limbah dan hasil kegiatan manusia. Air tanah yang mengandung kadar COD, BOD dan kandungan berbahaya lainnya sebelum digunakan harus melewati proses pengolahan terlebih dahulu karena jika digunakan maka akan mengganggu proses kesehatan. Hal ini tertera dalam PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengolahan Kualitas Air dan Permenkes No. 416 Tahun 1990 Tentang Persyaratan Air Bersih. [2]

Pengurangan kandungan logam berat dapat menggunakan metode koagulasi, membran pertukaran ion dan adsorbs. Metode adsorbsi merupakan yang paling banyak digunakan dalam menyerap ion logam. Proses ini diharapkan dapat menyisahkan ion logam berat dari suatu larutan.[3]

Karbon aktif merupakan karbon yang bebas dan memiliki permukaan dalam (*internal surface*) yang mempunyai daya serap yang baik. Tingkat keaktifan dari suatu karbon aktif tergantung pada komponen yang terdapat seperti karbon bebas 85-95%, hidrogen 0,6-0,7%, senyawa organi 0,040-0,45% dan senyawa anorganik (abu) 1,2-3,3%. Sifat lain dari karbon aktif antara lain berwarna hitam, tidak berbau, tidak terasa.[4]

Ada beberapa alternatif sistem pengolahan air limbah dan air bersih salah satunya menggunakan sistem *Multi Soil Layering* (MSL) yang terbukti ekonomis dan tidak membutuhkan lahan yang luas dan mudah dioperasikan. MSL mengoptimalkan proses filtrasi, adsorbs dan proses membrane dalam suatu sistem reaktor MSL. Reaktor ini terdiri dari lapisan impermeable yaitu campuran tanah, arang dan material organik serta lapisan permeable yaitu kerikil atau jenis batuan lainnya. Di Indonesia, Salmariza dkk (2002 dan 2003) serta Kasman (2004) berhasil mereduksi pencemar dalam limbah cair industri kecil dengan menggunakan MSL.[5]

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya tentang analisis kualitas air tanah tanah pada desa Teluk Nilap Kecamatan Kubu Babussalam, Riau diperoleh hasil seperti nilai pH, kandungan COD, BOD dan Logam Berat yang tidak memenuhi syarat baku mutu air bersih menurut *Permenkes No.416 Tahun 1990* sehingga peneliti ingin melakukan pengolahan terhadap air yang digunakan oleh warga sehingga memenuhi syarat baku mutu air bersih. Maka, peneliti menggunakan metode Multi Soil Layering (MSL) dengan melakukan variasi terhadap sumber arang aktif pada lapisan

permeable dan melihat tingkat keefektifan dari arang aktif tersebut dalam mereduksi kandungan COD, BOD, logam berat serta menaikkan nilai pH.

METODE PENELITIAN

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3 unit bak akrilik (60 x 15 x 60 cm) sebagai reaktor MSL untuk setiap variasi sumber karbon aktif yang dilengkapi pipa inlet, outlet dan aerasi, neraca teknis, ember plastik, jaringan plastik net, sarung tangan, penggaris, dan gelas ukur serta pH meter.

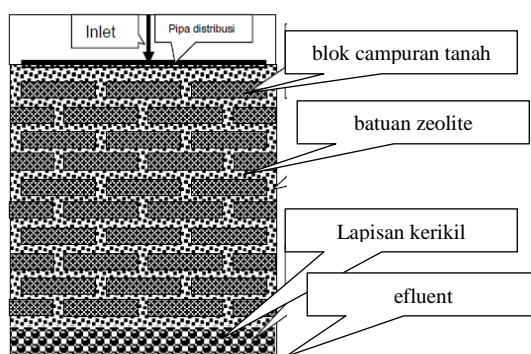
Bahan Kimia yang digunakan adalah yang berkualitas pro-analis, diantaranya HNO₃ pH 2,2 untuk mengawetkan kadar logam yang terkandung didalam air tanah dan akuades, es batu untuk mengawetkan kondisi sampel untuk pengukuran COD dan BOD.

2. Persiapan dan Pengambilan Sampel

a. Proses Pengambilan Sampel

Penelitian ini dilakukan pada laboratorium kimia terapan yang terdapat di Universitas Islam Riau sebagai tempat untuk preparasi sampel, proses pengolahan air tanah yang tercemar menggunakan reaktor MSL serta proses pengukuran kandungan COD, BOD, Logam Berat (Hg, Pb, Fe) dilakukan di laboratorium Baristand Padang. Sampel air tanah diambil dari air sumur gali dan air sungai atau parit pada Desa Teluk Nilap, Kubu Babussalam, Rokan Hilir. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Agustus 2020. Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik pengambilan sampel acak (*random sampling*) tapi titik sampel masih berada atau terkena aliran dampak pembuangan limbah minyak mentah

b. Proses Persiapan Reaktor MSL



Gambar 1. Susunan Reaktor MSL yang Digunakan
(Sumber : Salmariza, Sofyan. 2017)[6]

Berdasarkan Gambar 1 diatas menunjukkan susunan reaktor MSL yang digunakan dalam penelitian ini. Blok berasal dari campuran tanah andosol, sekam padi dan karbon akti^f

yang masing-masing berasal dari tiga sumber yaitu batok kelapa, sekam padi dan serbuk gergaji yang digunakan sebagai lapisan *impermeable* yang disusun menyerupai susunan batu bata. Kemudian diantara susunan campuran tanah digunakan batuan zeolite sebagai lapisan permeable dengan diameter 3-5 mm.

3. Metode Analisis

a. Pengukuran pH

Sampel air yang telah disiapkan didalam botol sampel kemudian dilakukan pengecekan dengan menggunakan pH meter portable (ATC) yang langsung dilakukan pengecekan saat di lapangan. Kemudian catat nilai pH-nya.[7]

b. Parameter Biologi

Pengukuran nilai kandungan COD dan BOD dilakukan menggunakan spektrofotometri sesuai dengan SNI 06-0689.2:2009 dan SNI 6989.72:2009

c. Logam Berat (Fe, Pb, Hg)

Pengukuran kandungan logam berat dilakukan menggunakan spektrofotometri serapan atom dengan metode yang mengacu kepada SNI masing-masingnya. SNI 6989.78.2011 untuk metode uji logam berat Hg, SNI 6989.4:2009 untuk metode uji logam berat Fe serta SNI 6989.8:2009 untuk metode uji logam berat Pb

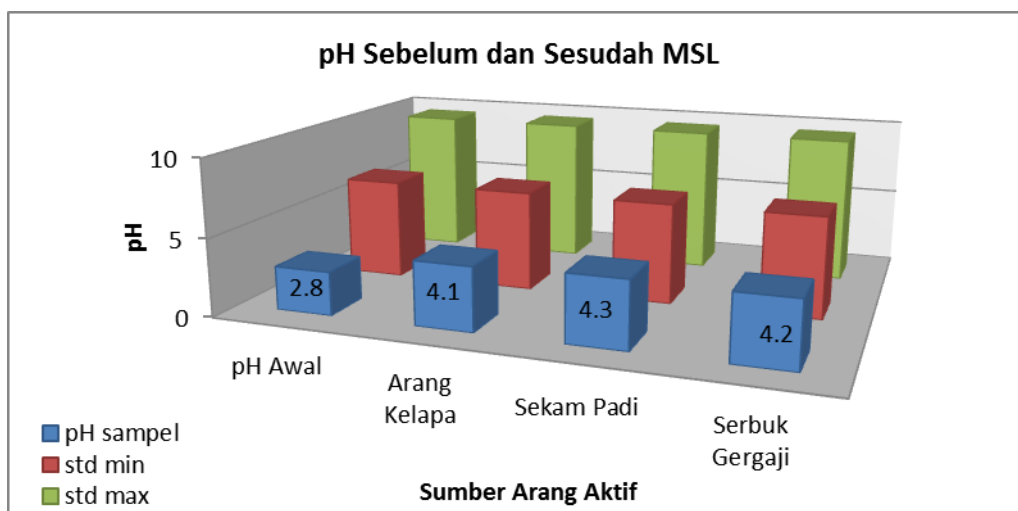
Hasil analisis yang didapatkan secara laboratorium kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan Permen RI. No. 82/ 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air terhadap parameter BOD dan COD. [8] serta parameter kandungan logam berat dan pH larutan dibandingkan dengan Permenkes No. 416/ 1990 tentang syarat dan pengawasan kualitas air.[9]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel yang digunakan pada penelitian ini diambil dari air sungai/ parit di Desa Teluk Nilap Kecamatan Kubu Babussalam, Rokan Hilir yang terkena dampak dari pembuangan limbah minyak mentah XYZ yang kemudian akan dilakukan proses pengolahan air tersebut menggunakan metode MSL dengan variasi sumber arang aktif. Setelah dilakukan proses pengolahan kemudian diperiksa serta dianalisis kandungan parameter COD dan BOD, kandungan logam berat serta nilai pH larutan sampel yang dibandingkan nilai antara sebelum dan sesudah menggunakan sistem MSL dengan variasi arang aktif. Hasil yang telah didapatkan kemudian dibandingkan berdasarkan pada Permen RI No. 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dan Permenkes No. 416 Tahun 1990 tentang syarat dan pengawasan kualitas air.

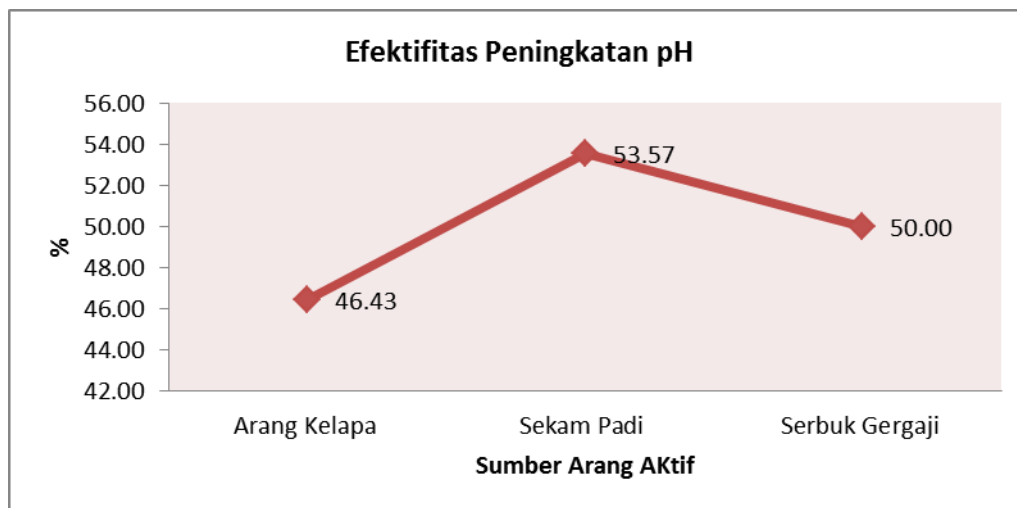
1. Pengukuran pH sampel

Ukuran untuk menentukan sifat asam dan basa suatu perairan disebut dengan derajat keasaman. Nilai pH dalam suatu larutan dipengaruhi oleh proses fisika, kimia maupun biologi dari organisme yang ada didalamnya.[10] Hasil pengukuran pH dengan variasi sumber arang aktif dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan pH sebelum dan sesudah Proses dengan Reaktor MSL dengan Variasi sumber arang aktif

Berdasarkan Gambar 2, dapat dianalisa terjadi kenaikan pH larutan pada masing-masing sumber arang aktif jika dibandingkan dengan hasil pengukuran pH awal sampel. Dari ketiga sumber arang aktif mengalami kenaikan pH yang paling tinggi sebesar 4,3 dengan sumber arang aktif dari sekam padi. Sedangkan yang paling rendah pada arang batok kelapa sebesar 4,1. Dari ketiga hasil peningkatan pH larutan masih berada dibawah range standar pH antara 6,5-9,5. Tingkat efektifitas ketiga sumber arang aktif dalam menaikkan pH larutan dapat dilihat pada gambar 3.

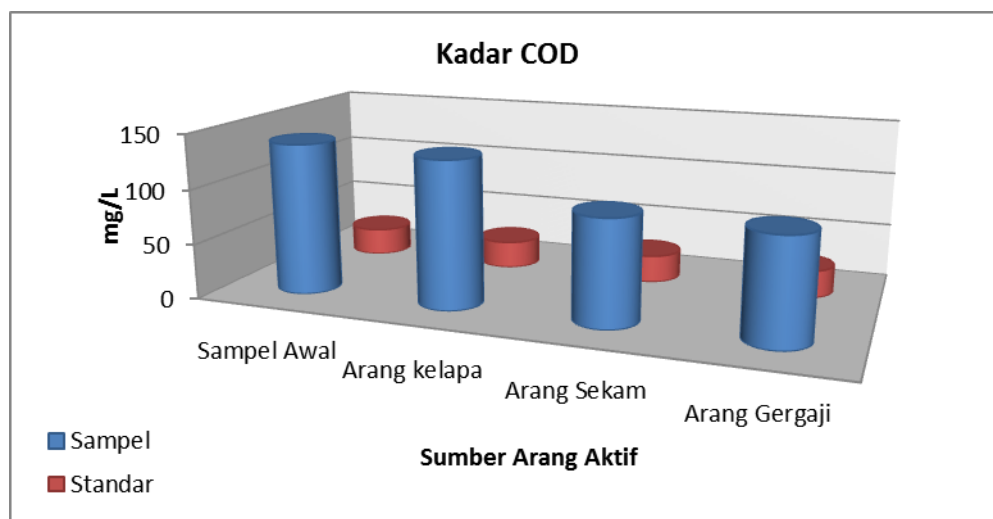


Gambar 3. Efektifitas Sumber Arang Aktif dalam meningkatkan nilai pH sampel

Jika diamati tingkat efektifitas peningkatan pH dari ketiga sumber arang aktif, peningkatan yang paling besar terdapat pada arang aktif dari sekam padi sebesar 53,57% jika dibandingkan dengan kedua sumber yang lainnya. Kenaikan pH larutan setelah sampel melewati sistem MSL dipengaruhi oleh proses netralisasi muatan negatif karbon oleh ion-ion nitrogen pada zeolite. [11]

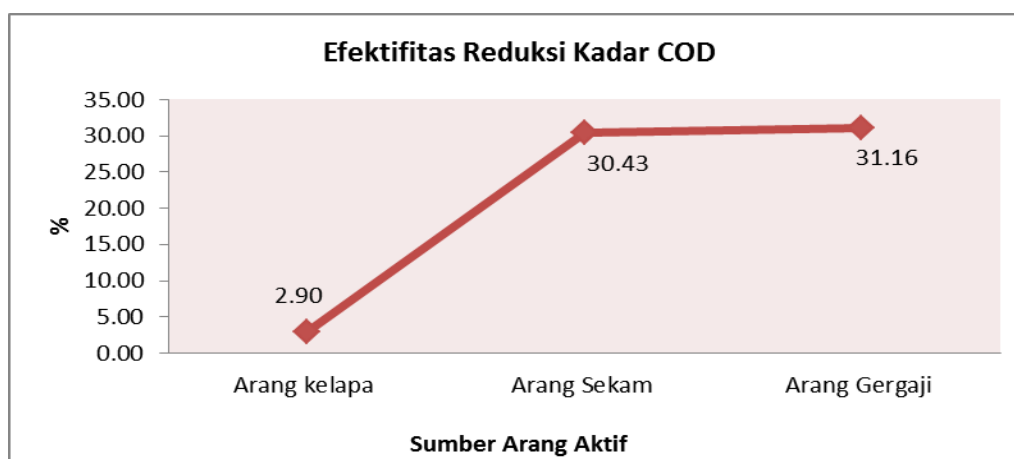
2. Pengukuran Kandungan COD

Kandungan COD merupakan jumlah oksigen (O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada didalam 1 liter air. Proses pengukuran kadar COD pada bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium pada keadaan asam dan panas dengan menggunakan katalisator perak sulfat sehingga bahan organik mudah terurai. [12] Hasil reduksi kadar COD pada variasi arang aktif dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kandungan COD sebelum dan sesudah Proses dengan Reaktor MSL

Berdasarkan Gambar 4, dapat dianalisis terjadi reduksi kadar COD setelah dilakukan proses dengan menggunakan sistem MSL secara berturut-turut nilai COD dengan variasi arang aktif pada sistem MSL sebesar 134 mg/L; 96 mg/L dan 95 mg/L. Hasil reduksi yang paling baik ditunjukkan oleh sumber arang aktif dari serbuk gergaji. Walaupun hasil reduksi COD dari ketiga variasi arang aktif masih menunjukkan nilai yang masih diatas standar, sehingga untuk melihat tingkat efektifitas dari ketiga sumber arang aktif dalam mereduksi kadar COD dapat dilihat pada gambar 5.



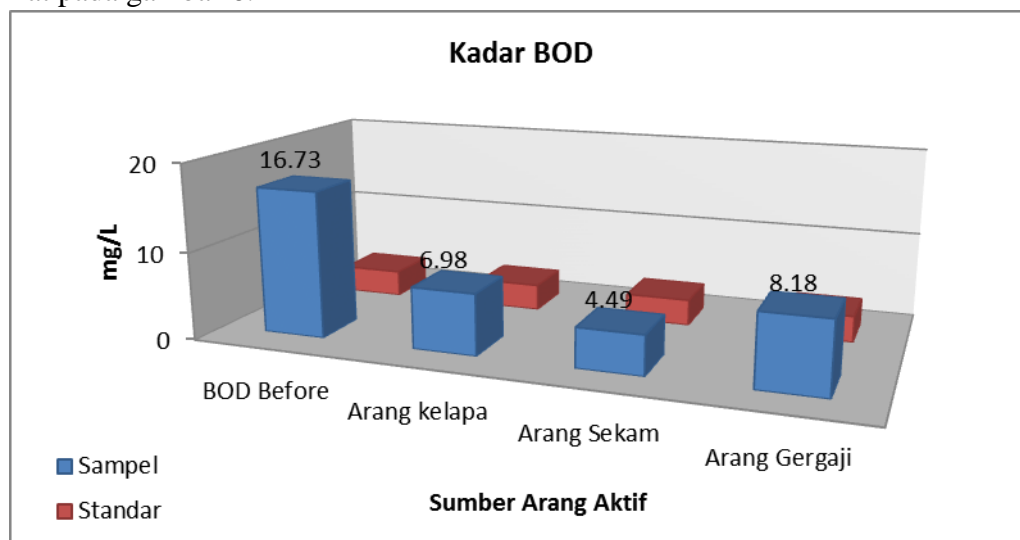
Gambar 5. Efektifitas Sumber Arang Aktif dalam mereduksi Kadar COD pada Reaktor MSL

Berdasarkan Gambar 5, dapat diamati bahwa sumber arang aktif dari sekam padi dan serbuk gergaji memberikan tingkat efektifitas dalam mereduksi kadar COD sebesar 30,43% dan 31,16%. Tingkat efektifitas ini jauh lebih baik jika dibandingkan dari sumber arang aktif dari batok kelapa sebesar 2,90%.

3. Pengukuran Kandungan BOD

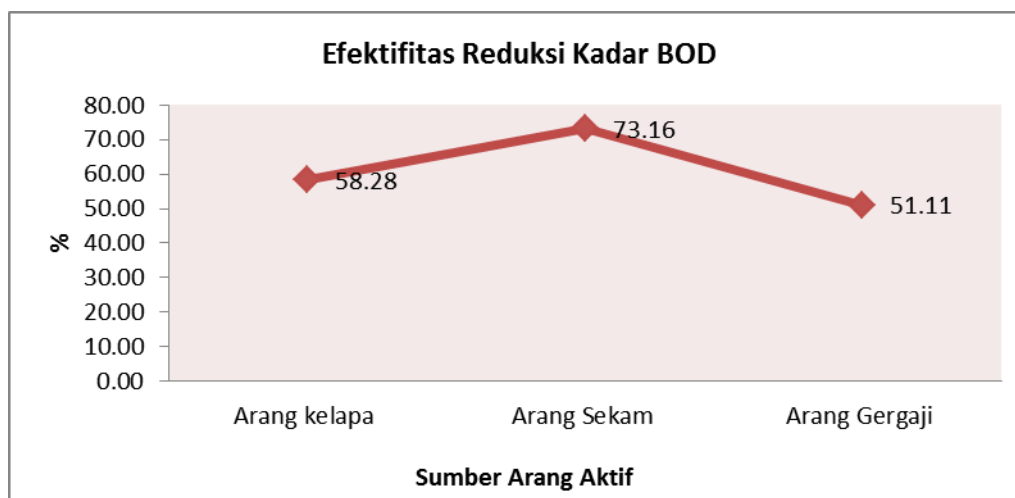
Kandungan BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme aerobik untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut ataupun yang tersuspensi dalam air. Nilai BOD hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan buangan tersebut. Semakin kecil sisa oksigen terlarut maka kandungan buangan yang membutuhkan oksigen juga tinggi. Kadar BOD merupakan salah satu tolak ukur untuk menganalisis terjadinya pencemaran suatu perairan. [12]

Analisis kandungan BOD pada berbagai variasi sumber arang aktif pada sistem MSL dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Kandungan BOD sebelum dan sesudah Proses dengan Reaktor MSL

Berdasarkan Gambar 6, dapat diamati bahwa kandungan BOD awal yang cukup tinggi pada sampel yang diamati yaitu 16,73 mg/L. setelah dilakukan proses menggunakan sistem MSL dengan variasi sumber arang aktif terjadi penurunan yang cukup signifikan walaupun hasilnya proses masih berada diatas standar yang ditetapkan yaitu secara berurutan 6,98; 4,49 dan 8,18 mg/L. Hasil reduksi yang paling baik ditunjukkan oleh sumber arang aktif dari sekam padi. Sehingga berdasarkan gambar 7 dapat diamati tingkat efektifitas ketiga sumber arang aktif tersebut.

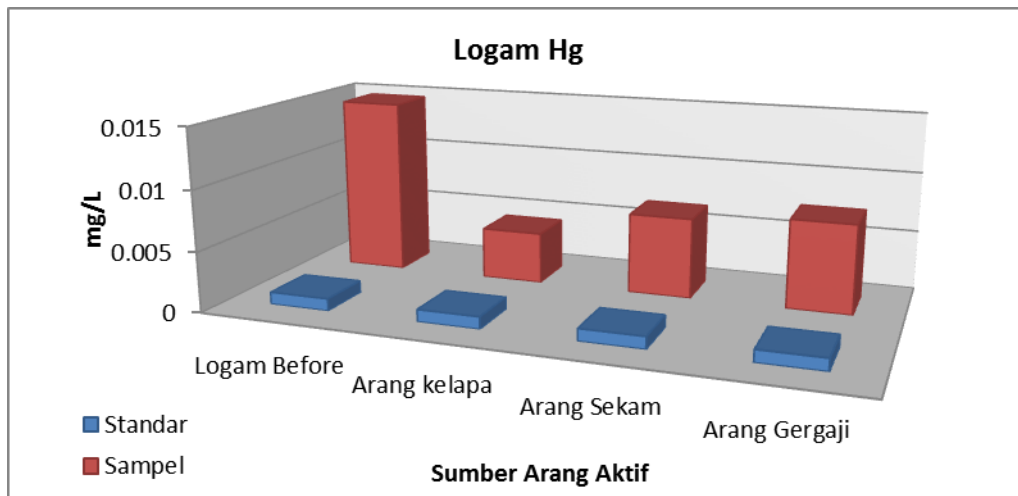


Gambar 7. Efektifitas Sumber Arang Aktif dalam mereduksi Kadar BOD pada Reaktor MSL

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada gambar 7, tingkat efektifitas yang paling tinggi ditunjukkan oleh sumber arang aktif dari sekam padi sebesar 73,16%. Hal ini sebenarnya hampir sama dengan yang ditunjukkan oleh tingkat efektifitas dari arang aktif dari sekam padi pada reduksi kadar COD yang masih cukup baik walaupun masih dibawah sedikit dari sumber serbuk gergaji.

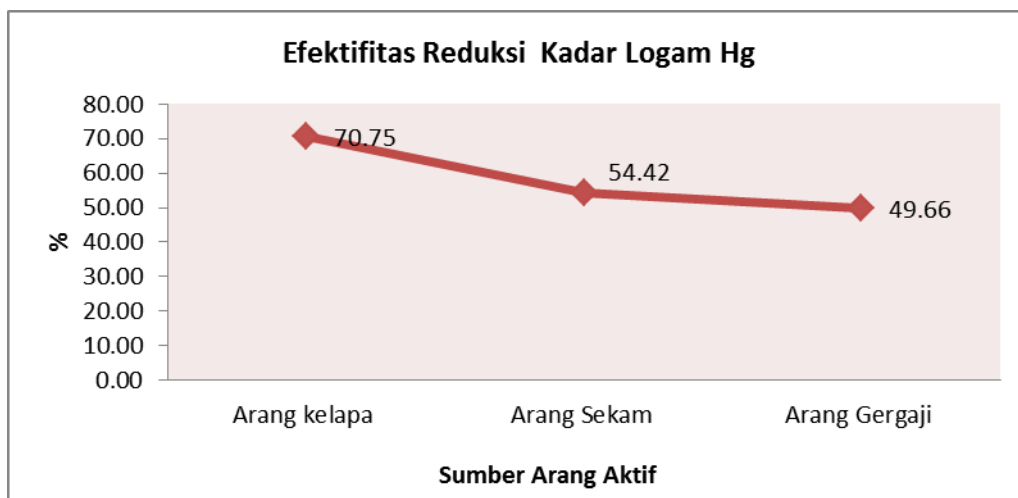
4. Pengukuran Logam Berat Hg

Logam Hg yang ada di air dan ditanah terutama berasal dari deposit alam, buangan limbah industry dan aktifitas vulkanik. Selain untuk kegiatan penambangan emas, logam Hg juga banyak ditemukan dalam produksi gas klor dan soda kostik, thermometer, bahan tambal gigi dan baterai. Gangguan kesehatan oleh keracunan logam Hg adalah gangguan sistem saraf, kerusakan fungsi otak, DNA, kromosom, alergi, ruam pada kulit, kelelahan dan sakit kepala. Selain itu juga mengakibatkan kerusakan sperma, kecacatan pada bayi dan keguguran. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh dian sundaro tahun 2015 tentang kandungan logam berat dalam bahan pangan di kawasan industry kilang minyak yaitu kandungan logam Hg pada lokasi yang terpapar oleh industry kilang minyak memiliki kandungan Hg yang sangat tinggi melebihi batas yang ditetapkan oleh SNI sedangkan lokasi yang tidak terpapar oleh industry kilang minyak juga memiliki kandungan Hg yang tinggi melebihi batas SNI pada bahan pangan yang dianalisa, sehingga kedua lokasi sudah terpapar oleh Hg.[13] Hasil reduksi logam Hg pada berbagai sumber arang aktif dapat diamati pada gambar 8.



Gambar 8. Kandungan Logam Hg sebelum dan sesudah Proses dengan Reaktor MSL

Berdasarkan Gambar 8, dapat dianalisis bahwa ketiga sumber arang aktif mampu mereduksi kadar logam Hg walaupun tingkat reduksi masih berada diatas standar yang telah ditetapkan. Arang aktif dari batok kelapa mampu mereduksi kadar logam Hg paling baik jika dibandingkan dengan dua sumber lainnya yaitu sebesar 0,0043 mg/L. Tingkat efektifitas ketiga sumber arang aktif dapat diamati pada gambar 9.



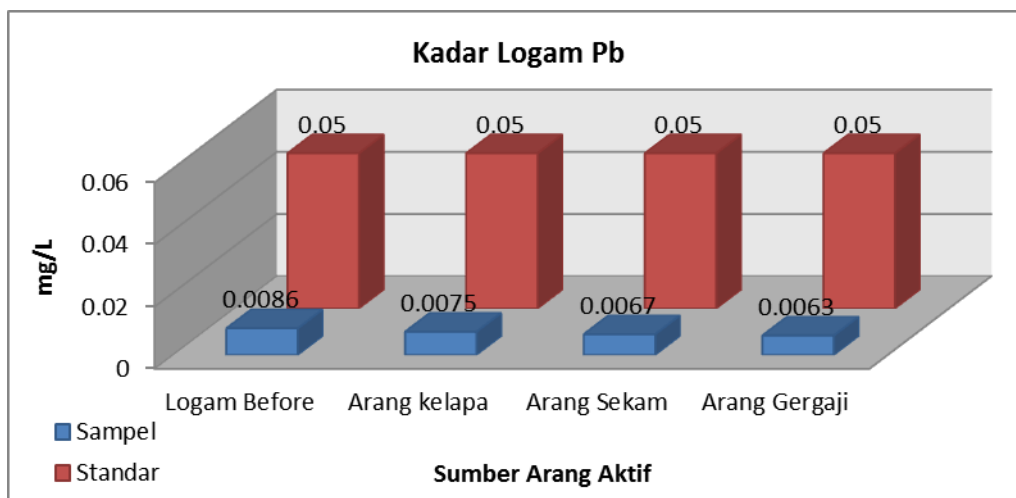
Gambar 9. Efektifitas Sumber Arang Aktif dalam mereduksi Kadar Logam Hg

Berdasarkan Gambar 9, tingkat efektifitas arang aktif dari batok kelapa memberikan tingkat keefektifan yang paling baik yaitu sebesar 70,75% jika dibandingkan dua sumber lainnya yang memberikan tingkat keefektifan sebesar 40-55%

5. Pengukuran Logam berat Pb

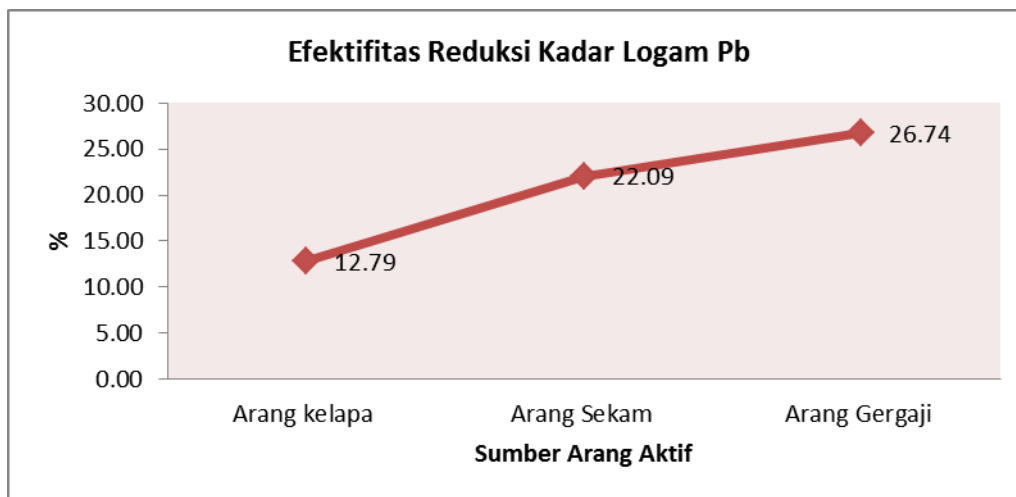
Logam berat Pb, jika terdapat dalam lingkungan perairan akan diserap oleh sedimen atau lumpur, plankton, alga, invertebrata dan tanaman akuatik. Logam ini, selain memberikan pengaruh kepada lingkungan juga akan memberikan pengaruh bagi kesehatan manusia.[14]

Pada gambar 10, dapat diamati hasil reduksi logam Pb pada berbagai sumber arang aktif.



Gambar 10. Kandungan Logam Pb sebelum dan sesudah Proses dengan Reaktor MSL

Berdasarkan Gambar 10 diatas, dapat dilihat bahwa kandungan awal logam Pb pada sampel sebesar 0,0086 mg/L. Kandungan awal ini sudah berada dibawah standar baku mutu yang ditetapkan, walaupun demikian karena penelitian ini bertujuan untuk melihat tingkat keefektifan sumber arang aktif dalam mereduksi logam berat maka tetap dilakukan proses dengan sistem MSL tersebut sehingga diperoleh hasil dari ketiga sumber tersebut yaitu 0,0075; 0,0067 dan 0,0063 mg/L. Untuk melihat tingkat keefektifan dapat dilihat pada gambar 11.

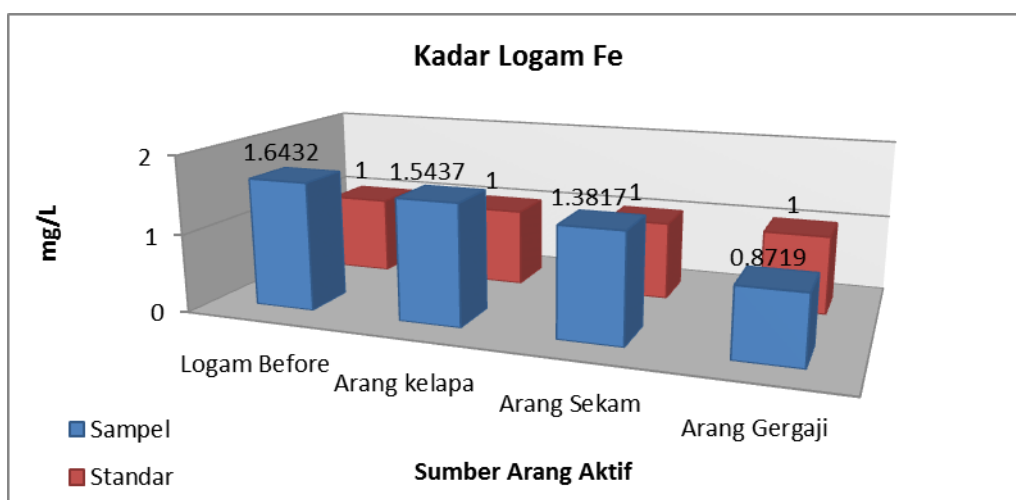


Gambar 11. Efektifitas Sumber Arang Aktif dalam mereduksi Kadar Logam Hg

Berdasarkan gambar 11 diatas, dapat diamati tingkat keefektifan paling baik dalam mereduksi kadar logam berat Pb yaitu pada sumber dari serbuk gergaji sebesar 26,74%. Tetapi sumber dari sekam padi tingkat keefektifannya juga mencapai 22,09% dan paling sedikit pada batok kelapa sebesar 12,79%.

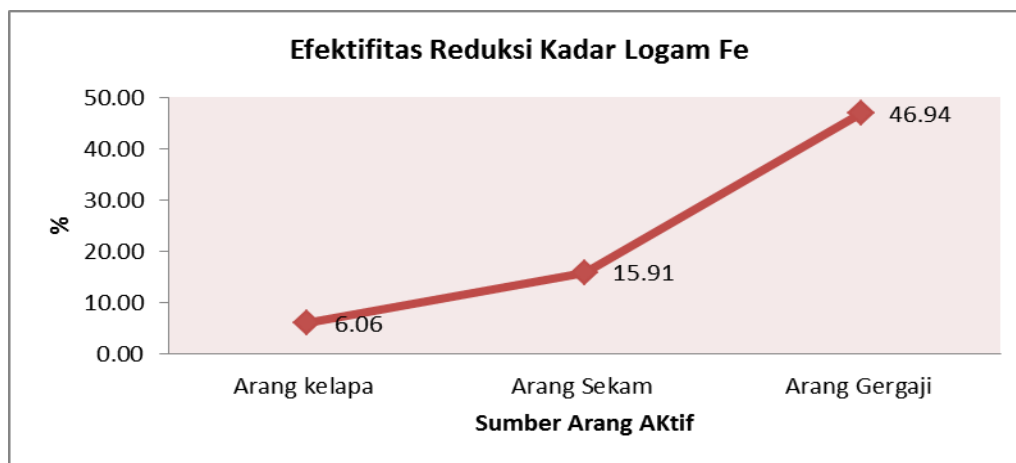
6. Pengukuran Logam Berat Fe

Bahan kimia yang sering membuat air tercemar biasanya terdiri dari komponen anorganik seperti logam berat yang berbahaya dan paling sering dijumpai salah satunya adalah logam Fe. Logam berat memberikan dampak negative pada manusia yang akan menggunakan air tersebut. Kandungan logam berat secara alamiah sebenarnya relatif sedikit keberadaannya tetapi dengan adanya aktifitas manusia akan menjadi factor penyebab meningkatnya kandungan logam berat dan akan mencemari perairan khususnya Fe. Kandungan logam Fe yang lebih dari 1 mg/L akan membuat air berwarna kemerahan dan akan membuat rasa air menjadi tidak enak. [2] Hasil reduksi logam Fe dengan variasi sumber arang aktif dengan sistem MSL dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Kandungan Logam Fe sebelum dan sesudah Proses dengan Reaktor MSL

Berdasarkan Gambar 12, dapat diamati bahwa tingkat reduksi logam Fe paling baik ditunjukkan oleh sumber dari serbuk gergaji sebesar 0,8719 mg/L dan hasil reduksi yang diperoleh berada dibawah standar yang telah ditetapkan sedangkan untuk kedua sumber lainnya juga mampu mereduksi logam Fe tetapi hasilnya masih berada diatas standar. Maka untuk melihat tingkat keefektifan dapat diamati pada gambar 13.



Gambar 13. Efektifitas Sumber Arang Aktif dalam mereduksi Kadar Logam Fe

Berdasarkan Gambar 13 tersebut, dapat dilihat bahwa tingkat keefektifan yang paling baik ditunjukkan oleh sumber arang aktif dari serbuk gergaji sebesar 46,94% sedangkan yang paling rendah pada sumber dari batok kelapa sebesar 6,06%.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap efektifitas arang aktif dari berbagai sumber pada sistem MSL diperoleh hasil sebagai berikut pada pengukuran pH yang paling efektif adalah sumber dari sekam padi sebesar 53,57%, COD dari serbuk gergaji sebesar 31,16%, BOD dari sekam padi sebesar 73,16%, Logam Hg dari batok kelapa sebesar 70,75%, Logam Pb dari serbuk gergaji sebesar 26,74% dan logam Fe dari serbuk gergaji sebesar 46,94%. Berdasarkan hasil yang diperoleh diatas maka dapat disimpulkan hampir semua indikator pengukuran yang paling efektif berasal dari sumber arang aktif dari serbuk gergaji terkhusus jika digunakan untuk mereduksi kadar logam berat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada LPPM Universitas Islam ntuk dana Hibah Penelitian Dosen Internal yang membiayai dan mendukung sehingga peneltian ini bias terlaksana dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ika Surya Agustiani¹, Taufik Ashar dan Nurmaini² M. I. Mursyidto. Efektivitas Karbon aktif Sekam Padi Dalam Menurunkan Mangan (Mn) Air Sumur Galidi Desa Amplas Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang Tahun 2014 *Implement. Sci.*, vol. 39, no. 1, pp. 1–15, 2014, doi: 10.4324/9781315853178.
- [2] A. Y. Putra and F. Mairizki, “Analisis Logam Berat pada Air Tanah di Kecamatan Kubu Babussalam, Rokan Hilir, Riau,” *J. Katalisator*, vol. 5, no. 1, pp. 54–63, 2020.
- [3] Sri Ayu Emy Istighfarini(1) Syarfi Daud(2) Edward Hs (2) Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut. *Jom FTEKNIK* Vol 4 No.1 Februari 2017
- [4] S. Utomo, “Pengaruh Waktu Aktivasi dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dengan Aktivator NaOH,” *Sains dan Teknol.* 2014, no. November, pp. 1–4, 2014.
- [5] M. Kasman, Peppy H. dan Hikmah . B. Comercial and D. E. P. Pesqueros, “Pengolahan *Leachate* Dengan Menggunakan *Multi Soil Layering* (MSL). *Jurnal Ilmiah Universitas Batang Hari. Jambi.* Vol.14. No.3 Tahun 2014
- [6] S. Sy, S. Sofyan, H. Muchtar, and M. Kasman, “Pengaruh Laju Alir Inlet Reaktor MSL terhadap Reduksi BOD, COD, TSS, dan Minyak/Lemak Limbah Cair Industri Minyak Goreng,” *J. Litbang Ind.*, vol. 7, no. 1, p. 41, 2017, doi: 10.24960/jli.v7i1.2768.41-51.
- [7] A. S. Bawinto, E. Mongi, and B. Kaseger, “The Analysis of Moisture, pH, Sensory, and Mold Value of Smoked Tuna (*Thunnus sp.*) at Girian Bawah District, Bitung City, North Sulawesi,” *Media Teknol. Has. Perikan.*, vol. 3, no. 2, pp. 55–65, 2015.
- [8] Peraturan Pemerintah, “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001,”

Peratur. Pemerintah Republik Indones., pp. 1–22, 2001.

- [9] Menteri Kesehatan RI, “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Tentang Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air,” pp. 2–8, 1990, [Online]. Available: http://web.ipb.ac.id/~tml_atsp/test/PerMenKes_416_90.pdf.
- [10] A. Y. Putra and P. A. R. Yulia, “Kajian Kualitas Air Tanah Ditinjau dari Parameter pH, Nilai COD dan BOD pada Desa Teluk Nilap Kecamatan Kubu Babussalam Rokan Hilir Provinsi Riau,” *J. Ris. Kim.*, vol. 10, no. 2, pp. 103–109, 2019, doi: 10.25077/jrk.v10i2.337.
- [11] R. Haribowo, S. Megah, and W. Rosita, “Efisiensi Sistem Multi Soil Layering Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Daerah Perkotaan Padat Penduduk,” *J. Tek. Pengair.*, vol. 10, no. 1, pp. 11–27, 2019, doi: 10.21776/ub.pengairan.2019.010.01.2.
- [12] A.Y.Putra, Fitri M dan Oktariani., “Efektifitas Laju Alir Sistem Multi Soil Layering (Msl) Terhadap Reduksi,” *Jurnal Katalisator Vol. 5, no. 2*, pp. 179–187, 2020.
- [13] D. Sundari, M. Hananto, and S. Suharjo, “Heavy Metal In Food Ingredients In Oil Refi nery Industrial Area, Dumai,” *Bul. Penelit. Sist. Kesehat.*, vol. 19, no. 1, pp. 55–61, 2016, doi: 10.22435/hsr.v19i1.4989.55-61.
- [14] Juvita Ayu Puspitaloka, Nur Endah Wahyuningsih, Budiyo. Efektivitas Variasi Ketebalan Arang Aktif Tempurung Kelapa Dalam Menyerap Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Larutan Pestisida Mengandung Timbal. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (E-Journal) Volume 6, Nomor 6, Oktober 2018 (ISSN: 2356-3346)*