

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT PISANG KEPOK (*Musa acuminata* L.) SEBAGAI KARBON AKTIF UNTUK PENGOLAHAN AIR SUMUR KOTA BANJARBARU :Fe DAN Mn

Chairul Abdi, Riza Miftahul Khair dan M. Wahyuddin Saputra

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

Jl A. Yani Km.36,5 Banjarbaru Kalimantan Selatan, 70714, Indonesia

Email: chairulabdi@unlam.ac.id

ABSTRAK

Air sumur Banjarbaru yang dipakai masyarakat masih mengandung logam berat yang apabila melebihi baku mutu dapat berbahaya bagi kesehatan. Tingginya Fe dan Mn yang didapatkan dari hasil pengujian awal yaitu 59,875 mg/l dan 11,200 mg/l. Ada beberapa cara untuk menurunkan kadar logam berat dalam air antara lain yaitu dengan penyaringan ataupun dengan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif. Kulit pisang dapat dijadikan sebagai bahan karbon aktif karena mengandung asam galacturonic yang menyebabkan kulit pisang kuat untuk mengikat ion logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik karbon aktif limbah kulit pisang Kepok, pengaruh aktivasi dan tanpa aktivasi karbon aktif dalam mengolah air sumur dan pengaruh variasi dosis karbon aktif dalam mengolah air sumur. Berdasarkan hasil penelitian, 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.

Kata kunci: Air sumur, kulit pisang kepok, karbon aktif.

ABSTRACT

Banjarbaru wells water used by the society contain heavy metals and if exceeded the quality standard can be harmful to health. Fe and Mn were obtained 59.875 mg/l and 11,200 mg/l. Some of the treatment methods used to remove Fe and Mn, filtration or adsorption process by using activated carbon. Banana peel can be used as an activated carbon, its contains galacturonic acid which can bind metal ions. This study aims to investigate the characteristics of banana peel (Pisang Kepok) activated carbon and the effect of adsorbent doses in processing wells water. The characteristics of activated carbon Pisang Kepok ash, iodine absorption number, surface area and pH were able to fulfill SNI. Chemical activation influence in the characterization of activated carbon. Activated carbon with chemical activation had a surface area greater than activated carbon without activation. Doses variation of activated carbon affects to remove Fe and Mn wells water in Banjarbaru.

Keywords: wells water, banana peel, activated carbon.

1. PENDAHULUAN

Menurut Mirwan (2011), air sumur Banjarbaru yang dipakai masyarakat sebenarnya masih mengandung beberapa logam berat yang apabila melebihi baku mutu dapat berbahaya bagi kesehatan. Meskipun dengan direbus untuk dikonsumsi logam berat yang terkandung dalam air tidak hilang, cara ini hanya untuk menghilangkan bakteri pada air. Untuk menurunkan kadar logam berat dalam air ada beberapa cara yang dapat dilakukan dengan penyaringan ataupun dengan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif. Bahan baku pembuatan karbon aktif bisa dari tempurung kelapa, tempurung kemiri bahkan bisa menggunakan kulit pisang.

Kulit pisang merupakan bahan buangan atau limbah buah pisang yang cukup banyak jumlahnya. Umumnya kulit pisang belum dimanfaatkan secara nyata, hanya dibuang sebagai limbah organik saja atau digunakan sebagai makanan ternak seperti kambing, sapi dan kerbau. Jumlah dari kulit pisang cukup banyak yaitu sekitar 1/3 dari buah pisang yang belum dikupas. Kulit pisang juga menjadi salah satu limbah dari industri pengolahan pisang, namun bisa dijadikan teknologi dalam penjernihan air (Lubis, 2012).

Menurut Mirsa (2013), kulit pisang dapat dijadikan sebagai bahan karbon aktif, hasil yang didapat untuk nilai karbonisasinya mencapai 96,56%. Penelitian tersebut hanya diteliti proses pembuatan karbon aktif dari kulit pisang tidak sampai kepada aplikasinya ke air. Kulit pisang sebelumnya memang bisa menurunkan kandungan logam berat namun tanpa diproses sebagai karbon aktif dalam penelitian yang dilakukan oleh Gustavo Castro dari Biosciences Institute bahwa kulit pisang dapat menarik logam-logam berat yang mengontaminasi air, kulit pisang yang dikeringkan kemudian dicampur dengan air dan hasilnya air bersih dari logam, logam menempel pada kulit pisang (Castro dkk, 2011).

Pemilihan parameter Fe dan Mn dalam penelitian ini karena kandungan Fe dan Mn pada air sumur Banjarbaru yang tinggi, tingginya Fe dan Mn yang didapatkan dari pengujian awal yaitu sebesar 19,875 mg/l dan 6,200 mg/l untuk kecamatan Banjarbaru Utara, 26,125 mg/l dan 7,200 mg/l untuk kecamatan Banjarbaru Selatan dan 59,875 mg/l dan 11,200 mg/l untuk kecamatan Cempaka. Tingginya kandungan Fe dan Mn ini jauh di atas baku mutu dari Peraturan Menteri Kesehatan No. 419 tahun 1990 yaitu 1,0 mg/l untuk Fe dan 0,5 mg/l untuk Mn.

Berdasarkan permasalahan di atas maka pada penelitian ini akan memanfaatkan limbah kulit pisang Kepok (*Musa acuminata* L.) sebagai karbon aktif untuk menurunkan kandungan Fe dan Mn pada air sumur Banjarbaru. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan proses *batch*. Sebelum dilakukan adsorpsi terhadap Fe dan Mn pada air sumur akan dilakukan uji karakteristik karbon aktif terlebih dahulu yang meliputi ujikadar air, kadar abu, luas permukaan, daya serap terhadap iodium dan pH karbon aktif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik karbon aktif limbah kulit pisang kepok, mengetahui pengaruh aktivasi dan tanpa aktivasi terhadap kemampuan karbon aktif dalam mengolah air sumur, mengetahui pengaruh variasi dosis karbon aktif kulit pisang kepok dalam mengolah air sumur.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca*)

Menurut Hewwet, dkk (2011), menyebutkan bahwa kulit pisang kepok didalamnya mengandung beberapa komponen biokimia, antara lain selulosa, hemiselulosa, pigmen klorofil dan zat pektin

yang mengandung asam *galacturonic*, *arabinosa*, *galaktosa* dan *rhamnosa*. Asam *galacturonic* menyebabkan kulit pisang kuat untuk mengikat ion logam yang merupakan gugus fungsi gula karboksil. Selulosa juga memungkinkan pengikatan logam berat. Limbah kulit daun pisang yang dicincang dapat digunakan untuk ekstraksi tembaga dan ion timbal pada air yang terkontaminasi, hanya butuh sekitar 20 menit untuk konsentrasi Cu dan Pb untuk mencapai keseimbangan. Kulit buah yaitu salah satunya kulit pisang dapat digunakan sebagai ekstraktor logam berat.

Menurut Castro, dkk (2011), kulit pisang dapat dimanfaatkan dalam mengikat tembaga dan timah dari air sungai Parana Brasil yang tercemar dengan tembaga dan timah. Hasilnya lebih baik dibandingkan dengan bahan penyaring yang biasa digunakan seperti karbon dan silika. Kulit pisang ini dapat digunakan hingga 11 kali proses penjernihan.

2.2 Karbon aktif

Karbon aktif merupakan senyawa *amorf* yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya jerap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat karbon aktif (Prabarini, 2013).

Karbon aktif sering digunakan untuk mengurangi kontaminan organik, partikel kimia organik sintesis, tapi karbon aktif juga efektif untuk mengurangi kontaminan inorganik seperti radon, merkuri dan logam beracun lainnya. Ukuran partikel dan luas permukaan hal penting dalam karbon aktif. Ukuran partikel karbon aktif mempengaruhi kecepatan adsorpsi, tetapi tidak mempengaruhi kapasitas adsorpsi yang berhubungan dengan luas permukaan karbon.

2.3 Adsorpsi

Salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah adalah adsorpsi. Adsorpsi didefinisikan sebagai pengambilan molekul - molekul oleh permukaan luar atau permukaan dalam suatu padatan adsorben atau oleh permukaan larutan (Sari, 2012).

Adsorben merupakan zat yang menyerap disebut, sedangkan zat yang terserap disebut adsorbat. Adsorben dapat berupa zat padat maupun zat cair. Adsorben umumnya berupa zat padat diantaranya adalah silika gel, alumina, platina halus, selulosa, dan arang aktif. Adsorbat dapat berupa zat padat, zat cair, dan gas (Jusmanizah, 2011).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pertama dilakukan proses pengolahan karbon aktif yang meliputi preparasi untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada kulit pisang dan mengurangi kadar airnya, karbonisasi pada suhu 400°C dengan waktu \pm 1,5 jam, pengayakan dengan ukuran partikel yang seragam yaitu lolos pada ayakan 100mesh (0,149 mm) dan aktivasi kimia menggunakan larutan H₂SO₄ (karbon aktif A) dan tanpa aktivasi (karbon aktif B).

Kedua dilakukan proses pengujian karakteristik karbon aktif yang dilihat berdasarkan SNI 06-3730-1995 meliputi kadar air dengan SNI maksimum 15%, kadar abu dengan SNI maksimum 10%, luas permukaan, daya serap terhadap Iodium dengan SNI minimum 750 mg/g dan pH.

Ketiga, proses yang dilakukan yaitu adsorpsi air sumur, sebelum proses adsorpsi air sumur terlebih dahulu diukur kandungan Fe dan Mn di laboratorium sebagai acuan dasar dan perbandingan

awal. Proses adsorpsi dilakukan menggunakan *shaker* dengan kecepatan pengaduk 100 rpm selama 60 menit.

4. HASIL PENELITIAN

4.1 Preparasi Kulit Pisang Kepok

Kadar air yang terdapat pada kulit Pisang kepok berkurang setelah dijemur, hasil ini akan membuat kinerja karbon aktif yang akan diolah akan lebih baik. Hasil karbonisasi kulit Pisang kepok menghasilkan karbon yang masih belum aktif. Karbon aktif kulit Pisang Kepok didapatkan setelah karbon diaktivasi menggunakan larutan H_2SO_4 .



Gambar 1. Karbon Aktif A



Gambar 2. Karbon Aktif B

4.2 Karakteristik Karbon Aktif Limbah Kulit Pisang Kepok

Adapun karakteristik yang diamati meliputi kadar air, kadar abu, luas permukaan, daya serap Iodium dan pH karbon aktif yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Karbon Aktif

Kode Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Luas Permukaan (m^2/g)	Daya Serap Iodium (mg/g)	pH
A	6	85,33	381,4	302,32	2,48
B	4	85,33	275,8	450,98	9,45
SNI, 1995	Maks 15	Maks 10		Min 750	

Tabel 1 menunjukkan pengaruh menggunakan larutan H_2SO_4 pada karbon aktif terhadap kadar air karbon aktif. Kadar air lebih tinggi terdapat pada karbon aktif A. Nilai kadar air yang besar tersebut dikarenakan lamanya waktu aktivasi yaitu 2,5 jam dan kurang maksimalnya pengeringan setelah perendaman. Syarat mutu karbon aktif untuk kadar air adalah maksimal 15% (SNI 06-3730-1995) sedangkan hasil analisa kadar air karbon aktif kulit pisang Kepok yaitu 6% dan 4%.

Nilai kadar abu karbon aktif A dan B sama, pengaruh menggunakan larutan H_2SO_4 terhadap kadar abu karbon aktif disini tidak berpengaruh. Tingginya kadar abu yang dihasilkan, dapat mengurangi daya adsorpsi arang aktif, karena pori arang aktif terisi oleh mineral-mineral logam seperti magnesium, kalsium, kalium. Tingginya kadar abu ini menunjukkan adanya proses oksidasi lebih lanjut terutama dari partikel halus yang disebabkan tingginya suhu pada saat karbonisasi. Syarat mutu karbon aktif untuk kadar abu adalah maksimal 10% (SNI 06-3730-1995), sedangkan hasil analisa kadar abu karbon aktif dari kulit pisang Kepok yaitu 85,33% jauh melebihi kadar abu maksimal.

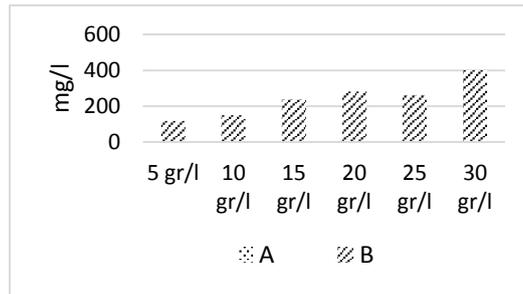
Berdasarkan tabel 1 dapat dilihat bahwa luas permukaan karbon aktif tertinggi dicapai oleh karbon aktif A sebesar $381,4 \text{ m}^2/\text{g}$, sedangkan karbon aktif B memiliki luas permukaan terendah sebesar $275,8 \text{ m}^2/\text{g}$. Penelitian ini membuktikan bahwa luas permukaan spesifik penggunaan aktivasi kimia dengan menggunakan larutan H_2SO_4 lebih baik dibandingkan dengan tidak menggunakan aktivasi kimia. Hal ini disebabkan H_2SO_4 sebagai aktivator berfungsi sebagai agen pelarut mineral organik sisa dari pembakaran arang, sehingga menyebabkan terbukanya pori-pori arang (memperluas permukaan karbon aktif).

Nilai daya serap Iodium pada tabel 1 menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi karbon aktif B lebih besar dibandingkan karbon aktif A, hal ini dikarenakan bahwa rendahnya konsentrasi larutan kimia aktivasi maka membuat lemahnya pengaruh larutan kimia tersebut mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi untuk keluar melewati mikro pori-pori dari kulit pisang. Syarat mutu karbon aktif untuk daya serap terhadap I_2 adalah minimal 750 mg/g (SII 0258-88), sedangkan hasil analisa daya serap terhadap Iodium untuk karbon aktif dari kulit pisang Kepok yaitu $302,32 \text{ mg/g}$ dan $450,98 \text{ mg/g}$.

Berdasarkan tabel 1 dari hasil pengujian pH karbon aktif dapat dilihat bahwa pH karbon aktif tertinggi dicapai oleh jenis karbon aktif B sebesar 9,45, sedangkan jenis karbon aktif A memiliki pH jauh lebih rendah yaitu sebesar 2,48. Penelitian ini membuktikan pengaruh aktivasi karbon aktif A menggunakan larutan H_2SO_4 yang memang bersifat asam membuat karbon aktif A memiliki derajat kemasaman lebih asam dibanding karbon aktif B.

4.3 Pengaruh Dosis Karbon Aktif

Untuk mengetahui pengaruh massa terhadap adsorpsi dilakukan variasi dosis karbon aktif. Variasi yang digunakan adalah 5 gr/l, 10 gr/l, 15 gr/l, 20 gr/l, 25 gr/l dan 30 gr/l. Kandungan Fe dan Mn berdasarkan pengaruh dosis karbon aktif A dan karbon aktif B yang ditambahkan dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.

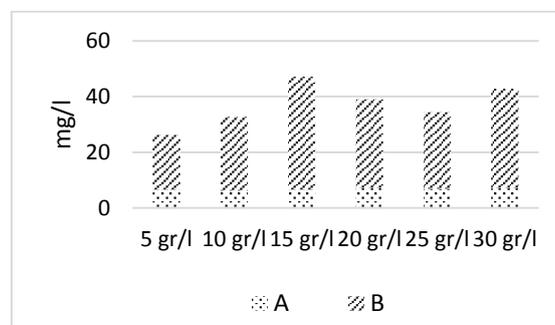


Gambar 3. Kandungan Fe setelah *Jarrest* dengan Karbon Aktif A dan B

Dari hasil uji yang disajikan pada gambar 3 dapat dilihat kandungan Fe dengan karbon aktif B lebih tinggi dibandingkan kandungan Fe dengan karbon aktif A. Kandungan Fe tertinggi dengan karbon aktif B yaitu 397,375 mg/l dan untuk yang terendah 113,208 mg/l sedangkan kandungan Fe tertinggi dengan karbon aktif A yaitu 4,042 mg/l dan yang terendah 2,792 mg/l. Kandungan Fe tertinggi untuk karbon aktif B terjadi pada dosis 30 gr/l dan yang terendah terjadi pada dosis 5 gr/l adapun untuk karbon aktif A kandungan Fe tertinggi terjadi pada dosis 30 gr/l dan yang terendah terjadi pada dosis 10 gr/l.

Pengaruh kandungan Fe yang terjadi dengan variasi dosis karbon aktif A dan B, yang begitu signifikan dapat dilihat pada kandungan Fe untuk karbon aktif B. Untuk karbon aktif A pengaruh kandungan Fe yang berubah tidak begitu signifikan. Nilai Fe yang rendah didapatkan pada karbon aktif A hal ini karena karbon aktif A telah diaktivasi kimia sehingga dapat menyerap kandungan Fe lebih banyak. Dari hasil tersebut nilai optimum untuk karbon aktif A terdapat pada dosis 10 gr/l dan untuk karbon aktif B pada dosis 5 gr/l karena nilai kandungan Fe yang terendah.

Pada kapasitas adsorpsi yang terjadi dengan variasi dosis yang dilakukan dapat terlihat bahwa kapasitas adsorpsi akan semakin menurun seiring dengan banyaknya dosis karbon aktif. Hal ini dikarenakan dengan semakin banyaknya dosis karbon aktif yang diberikan maka akan membuat proses adsorpsi Fe semakin berkurang pada diri adsorben, sehingga kemampuannya menjadi lebih rendah dan kurang efektif. Penyebab dari penurunan yang terjadi menurut Shukla (2002) diakibatkan dari jumlah adsorben yang besar menciptakan agregasi partikel dan mengakibatkan penurunan total luas permukaan serta peningkatan difusional yang menyebabkan penurunan jumlah penyerapannya. Selain itu dengan penambahan dosis yang besar juga beresiko menimbulkan kekeruhan pada air yang tercampur dengan karbon aktif.



Gambar 4. Kandungan Mn setelah *Jarrest* dengan Karbon Aktif A dan B

Dilihat dari gambar 4 kandungan Mn dengan karbon aktif B lebih tinggi dibandingkan dengan karbon aktif A. Kandungan Mn tertinggi dengan karbon aktif B yaitu sebesar 40,6 mg/l dan terendah 19,8 mg/l sedangkan dengan karbon aktif A kandungan Mn tertinggi 7,3 mg/l dan yang terendah 6,2 mg/l. Kandungan Mn tertinggi dengan karbon aktif B terjadi pada dosis 15 gr/l dan terendah pada dosis 5 gr/l. Adapun untuk karbon aktif A kandungan Mn tertinggi terjadi pada dosis 30 gr/l dan terendah pada dosis 10 gr/l.

Nilai optimum untuk karbon aktif A terdapat pada dosis 10 gr/l dan untuk karbon aktif B pada dosis 5 gr/l karena nilai kandungan Mn yang terendah. Hal ini dapat dikarenakan luas permukaan adsorben kulit pisang Kepok yang cukup besar sehingga mengakibatkan penyerapan yang cukup banyak meskipun dalam dosis yang sedikit. Semakin banyak dosis yang digunakan, semakin rendah kapasitas adsorbsinya. Hal ini dikarenakan banyaknya dosis adsorben dapat membuat jenuhnya permukaan karbon aktif tersebut sehingga kapasitas adsorbsinya menurun.



Gambar 5. Air Sumur Hasil Jar test dengan Karbon Aktif A



Gambar 6. Air Sumur Hasil Jar test dengan Karbon Aktif B

Dilihat pada gambar 6 warna air sumur setelah perlakuan berubah menjadi agak gelap, secara visual ini menandakan bahwa kandungan Fe dan Mn yang terdapat pada air sumur tersebut telah meningkat. Peningkatan kandungan Fe dan Mn dapat disebabkan oleh tingginya variasi dosis yang digunakan dalam penelitian ini. Penentuan variasi dosis didasarkan pada tingginya kandungan Fe dan Mn awal untuk penentuan lokasi pengambilan sampel air sumur. Adapun kandungan Fe dan Mn yang diuji sebelum melakukan *jar test* ternyata jauh lebih rendah dibandingkan uji awal.

Kandungan Fe dan Mn setelah perlakuan mendapatkan hasil yang bervariasi, pengaruh aktivasi dan tanpa aktivasi terlihat dimana dengan menggunakan karbon aktif A kandungan Fe dan Mn lebih rendah dibandingkan kandungan Fe dan Mn menggunakan karbon aktif B. Terlihat pula pada gambar 3 dan 4 bahwa hasil dari perlakuan menggunakan karbon aktif A mempunyai warna yang lebih jernih dibandingkan dengan penggunaan karbon aktif B. Aktivasi kimia menggunakan H_2SO_4 mempunyai peran dalam memperbesar karakteristik luas permukaan karbon aktif sehingga lebih banyak menyerap Fe dan Mn.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pada penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil karakterisasi karbon aktif limbah kulit Pisang Kepok didapatkan kadar abu dan daya serap Iodium tidak memenuhi SNI arang aktif teknis.
2. 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.
3. Berdasarkan hasil adsorpsi kandungan Fe dan Mn meningkat hal ini dikarenakan karakteristik karbon aktif yang tidak memenuhi SNI arang aktif teknis. Besarnya dosis yang dipakai untuk adsorpsi juga mempengaruhi meningkatnya kandungan Fe dan Mn.

Saran

Perlunya penelitian lanjutan untuk variasi dosis dan mengetahui kandungan Fe dan Mn yang terdapat pada kulit Pisang Kepok.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinata, Mirsa Restu. (2013). *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang sebagai Karbon Aktif*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Surabaya.
- Castro, R. S. D., Caetano, L., Ferreira, G., Padilha, P. M., Saeki, M. J., Zara, L.F., Martines, M. A. U., & Castro, G. R. (2011). Banana peel applied to the solid phase extraction of copper and lead from river water. Preconcentration of metal ions with a fruit waste. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(6), 3446-3451. Retrieved from ubs.acs.org/IECR.
- Hewett, E., Stem A and Mrs. Wildfong. (2011). *Banana Peel Heavy Metal Water Filter*. <http://users.wpi.edu>, diakses 9 Desember 2014.
- Jusmanizah. (2011). *Efektivitas Karbon Aktif Kulit Singkong Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Air Sumur Gali Di Desa Amplas Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang Tahun 2011*. Skripsi. Medan: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara.
- Lubis, Z. (2012). *Pengaruh Penambahan Tepung Kulit Pisang Raja (Musa paradisiaca) Terhadap Daya Terima Kue Donat*. Universitas Sumatera Utara.
- Mirwan, Agus dan Hesti W. (2011). Penurunan Ion Fe dan Mn Air Tanah Kota Banjarbaru menggunakan Tanah Lempung Gambut sebagai Adsorben. *Info Teknik*, Volume 12, No. 1, Juli 2011.
- Prabarini, N. (2013). *Pemanfaatan Tempurung Kemiri sebagai Bahan Karbon Aktif dalam Penyisihan Logam Besi (Fe) pada Air Sumur*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Surabaya.
- Sari, M. (2012). *Optimasi Kondisi Proses (Kecepatan Pengadukan Dan Temperatur) Adsorpsi Logam Fe Dengan Zeolit 4A*. Jurnal Teknik Kimia. Riau: Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Shukla, A., Y-H. Zhang, P. Dubey, J.L. Margrave, and S.S. Shukla. (2002). *The Role of Sawdust in The Removal of Unwanted Materials from Water*. *J. Hazard. Mater.*, 35, 137-152.
- SNI No.06-3730-1995. *Arang Aktif Teknis*. Jakarta.