

## Perbandingan Efektivitas Karbon Aktif Sekam Padi Dan Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Pada Pengolahan Air Sungai Enim

Legiso<sup>1\*</sup>, Heni Juniar<sup>1</sup>, Utari Maya Sari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang-Indonesia

\*Corresponding Author: [Legiso\\_poniman@yahoo.com](mailto:Legiso_poniman@yahoo.com)

### Abstrak

Air merupakan zat penting kedua setelah oksigen. Air sungai adalah sumber daya alam yang menjadi kebutuhan makhluk hidup namun hingga kini banyak terjadi pencemaran yang diakibatkan oleh kegiatan industri. Tingginya konsentrasi logam besi (Fe) di sepanjang sungai Enim di Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim diakibatkan dari pembuangan air limbah cucian batubara yang bersifat asam yang masuk ke sungai alami yakni sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Enim dan anak anak sungai enim. Sungai tersebut merupakan sumber kehidupan bagi masyarakat yang tinggal disekitarnya. Masyarakat menggunakan air sungai untuk keperluan mencuci dan mandi. Maka diperlukan suatu cara yang dapat mengurangi pencemaran pada air sungai dengan menggunakan berbagai adsorben salah satunya penggunaan karbon aktif sekam padi dan kulit pisang kepok. Tujuan penelitian mengetahui bagaimana kualitas karbon aktif dari sekam padi dan kulit pisang kepok dengan variasi berat yang berbeda, mengetahui pengaruh keefektivitasan karbon aktif dari sekam padi dan kulit pisang kepok, mengetahui penurunan kadar besi (Fe), pH, TSS, setelah dilakukan penyaringan dengan karbon aktif dari sekam padi maupun penyaringan dengan karbon aktif dari kulit pisang kepok. Penelitian ini dilakukan dengan persiapan bahan baku, karbonisasi, aktivasi, dan penyerapan kadar air sungai dengan karbonaktif. Berdasarkan hasil penelitian karbon aktif sekam padi dengan konsentrasi  $H_3PO_4$  15%, kadar Fe 0,57 mg/L menjadi 0,05 mg/L, TSS mengalami penurunan 80,2 mg/L menjadi 42,5mg/L namun untuk pH mengalami kenaikan setelah proses adsorpsi dari nilai awal 6,51 menjadi 7,03. Kesimpulan yang didapatkan bahwa karbon aktif sekam padi lebih baik dari karbon aktif kulit pisang kepok untuk mengurangi kadar pencemaran air sungai.

**Kata kunci:** Karbon aktif, Sekam padi, Kulit pisang kepok, Air sungai Enim.

### Abstract

Water is a very important substance after oxygen. River water is the natural power that is needed by living things but until now there has been a lot of pollution caused by industrial activities. These are ways that can reduce air pollution by using various uses of one of the methods of activated carbon of rice husk and kepok banana peel. This research was carried out with raw material preparation, carbonization, activation, and absorption of river water content with activated carbon. Based on the results of research of activated carbon with 15%  $H_3PO_4$  concentration can remove Fe 0, 57 mg / L L becomes 0.05 mg / L, TSS drops 80.2 mg / L to 42.5 mg / L for pH during the adsorption process from an initial value of 6.51 to 7.03. The results obtained that activated carbon is better than banana peel to reduce levels of river air pollution.

**Keywords:** Activated carbon, rice husk, Kepok banana pell, Enim river water.

## Latar Belakang

Air merupakan zat penting kedua untuk hidup setelah oksigen. Setiap makhluk hidup bergantung kepada air. Selain dikonsumsi untuk mencuci, mandi, makan dan minum, air juga digunakan untuk pembangkit tenaga listrik, transportasi, perikanan, pertanian, pemadam kebakaran, tempat rekreasi, transportasi, proses pabrik atau industri dan lain sebagainya. Air yang diperuntukkan bagi konsumsi manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman. Air yang berada di permukaan bumi ini dapat berasal dari berbagai sumber (Chandra, 2016).

Kandungan zat kimia dalam air bersih yang digunakan sehari-hari hendaknya tidak melebihi kadar maksimum karena tidak baik bagi kesehatan dan material yang digunakan manusia, contohnya besi (Fe), karena dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan (Slamet, 2007).

Besi adalah salah satu dari unsur-unsur penting yang terdapat di dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang berada di sekitar industri pertambangan mengandung besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin, dan alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum pada konsentrasi diatas  $\pm 0,31$  mg/l (Achmad, 2011).

Tingginya konsentrasi logam besi (Fe) di sepanjang sungai Enim di kecamatan Lawang Kidul, kabupaten Muara Enim diakibatkan dari pembuangan air limbah cucian batubara yang bersifat asam yang masuk ke sungai alami yakni sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Enim dan anak anak sungai Enim. Sungai tersebut merupakan sumber kehidupan bagi masyarakat yang tinggal disekitarnya. Masyarakat menggunakan air sungai untuk keperluan mencuci dan mandi.

Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor No.492/MENKES/PER/IV/2010 yang mengatur tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air telah menetapkan standar baku mutu air minum yang menunjukkan suatu air bersih telah memenuhi persyaratan kesehatan. Standar nilai baku mutu untuk logam besi yaitu 0.3 mg/l. Apabila kadar besi (Fe) melebihi nilai baku mutu, maka air bersih tersebut tidak memenuhi syarat

dan harus dilakukan pengolahan sebelum dipakai untuk keperluan sehari-hari terutama untuk dikonsumsi.

Teknologi untuk mengurangi kadar besi (Fe) yang terdapat pada air, yang dibuat, dikembangkan dan diterapkan sesuai dengan permasalahan yang ada dan sosial budaya masyarakat, diantaranya adalah menghilangkan kadar besi dengan cara menambahkan adsorben yang berfungsi untuk menurunkan beberapa kadar parameter air. Beberapa adsorben yang biasa digunakan adalah zeolit, tongkol jagung, tanah diatome, pasir dan arang aktif (Effendi, 2016).

Sekam padi dan kulit pisang merupakan bahan buangan atau limbah yang cukup banyak jumlahnya. Umumnya kulit pisang belum diolah secara nyata, hanya dibuang sebagai limbah organik atau untuk makan ternak seperti kambing atau sapi sementara sekam padi biasa digunakan untuk pupuk. Jumlah kulit pisang cukup banyak atau sekitar 1/3 dari buah pisang yang belum dikupas. Kulit pisang juga menjadi limbah dari industri pengolahan pisang namun bisa dijadikan teknologi dalam penjenihan air (Lubis, 2012)

Penelitian yang dilakukan Sitanggang (2015) karbon aktif sekam padi dapat menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali sebesar 77,24 %. Menurut Mirsa (2017), kulit pisang kepok 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 kadar 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, 2015).

Berdasarkan penjabaran di atas, peneliti tertarik untuk memanfaatkan limbah sekam padi dan kulit pisang kepok untuk di jadikan karbon aktif yang dapat di gunakan dalam penjernihan air di sungai tersebut.

## Pengertian Air

Air merupakan molekul kimia yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi ini, terutama fungsinya yang sangat vital adalah untuk diminum (Slamet,2007). Air terdiri dari atom H dan O. Sebuah molekul air terdiri dari satu atom O yang berikatan kovalen dengan dua atom H. Molekul air yang satu dengan molekul air lainnya bergabung dengan satu ikatan hidrogen antara atom H dengan atom O dari molekul air yang lain. Adanya ikatan hidrogen inilah yang menyebabkan air mempunyai sifat-sifat yang khas (Achmad, 2011).

### Karakteristik Air

Keseluruhan jumlah dari 40 juta mil kubik air yang berada di planet bumi ini, baik yang di dalam atau di permukaan ternyata hanya 0,5 % atau 0,2 juta mil kubik yang secara langsung dapat dipergunakan. Sisanya, yaitu 97 % berbentuk air laut, dan 2,5 % berbentuk salju dan es abadi yang dalam keadaan cair baru dapat dipergunakan (Suriawiria, 2005). Berdasarkan pendapat para ahli (seperti Dugan, 1972; Hutchinson, 1975; Miller, 1992) yang dikutip oleh Effendi (2016) sifat-sifat khas dari air adalah :

Pada kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan yakni 0 °C(32 °F)-100 °C, air berwujud cair.

Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik.

Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan.

Air merupakan pelarut yang baik.

Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi.

Air merupakan satu-satunya senyawa yang merenggang ketika membeku. Pada saat membeku, air merenggang sehingga es memiliki nilai densitas (massa/volume) yang lebih rendah daripada air.

### Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan suatu fenomena alam. Hidrologi sendiri merupakan suatu ilmu yang mempelajari siklus air pada semua tahapan yang dilaluinya, mulai dari proses evaporasi, kondensasi uap air, presipitasi, penyebaran air di permukaan bumi, penyerapan air ke dalam tanah, sampai berlangsungnya proses daur ulang. Secara

umum, pergerakan air di alam terdiri dari berbagai peristiwa, yaitu :

1. Penguapan air (evaporasi)
2. Pembentukan awan (kondensasi)
3. Peristiwa jatuhnya air ke bumi/hujan (presipitasi)
4. Aliran air pada permukaan bumi dan di dalam tanah

### Sumber Air

Air yang berada di permukaan bumi ini dapat berasal dari berbagai sumber. Berdasarkan letak sumbernya, air dapat dibagi menjadi air angkasa (hujan), air permukaan, dan air tanah.

### Persyaratan Kualitas Air

#### Persyaratan Biologi

Menurut Slamet (2007), sumber-sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri, baik air hujan (air angkasa), air permukaan maupun air tanah. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Bakteri yang bersifat patogen berbahaya bagi kesehatan manusia. Penyakit yang ditransmisikan melalui *fecal* material dapat disebabkan virus, bakteri, protozoa dan metazoan. Oleh karena itu air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan *Coli* (*Coliform* bakteri) merupakan bakteri flora normal di usus manusia yang membantu proses pembusukan sisa-sisa makanan dan memadatkannya menjadi feses, namun bakteri ini juga merupakan indikator dari pencemaran air oleh bakteri patogen seperti *Salmonella typhi*, dan lain-lain.

Selain bakteri patogen, bakteri non-patogen juga sebaiknya tidak terdapat di dalam air khususnya air minum. Bakteri non-patogen merupakan jenis bakteri yang tidak berbahaya bagi kesehatan tubuh. Namun, dapat menimbulkan bau dan rasa yang tidak enak, lendir dan kerak pada pipa. Beberapa bakteri non-patogen yang berada di dalam air antara lain *Actinomycetes* (*Moldikose bacteria*), *Fecalstreptococci*, dan Bakteri Besi (*Iron Bacteria*).

Menurut Permenkes RI No. 492 Tahun 2010, total *coliform* yang diperbolehkan dalam air minum adalah 0 per 100 ml air minum.

### Persyaratan Fisik

Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor : 492/Menkes/per/IV/2010, menyatakan bahwa air yang layak pakai sebagai air minum antara lain harus memenuhi persyaratan secara fisik yaitu tidak berbau, tidak berasa, tidak keruh dan tidak bewarna.

Adapun sifat-sifat air secara fisik dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya sebagai berikut:

#### 1. Suhu

Air yang baik mempunyai temperatur normal, ° dari suhu kamar (27°C).

#### 2. Bau dan Rasa

Bau dan rasa air merupakan dua hal yang mempengaruhi kualitas air secara bersamaan. Bau dan rasa dapat dirasakan langsung oleh indra penciuman dan pengecap. Biasanya, bau dan rasa saling berhubungan. Air yang berbau busuk memiliki rasa kurang (tidak) enak. Bau dan rasa biasanya disebabkan oleh adanya bahan-bahan organik yang membusuk, tipe-tipe tertentu organisme mikroskopik, serta persenyawaan-persenyawaan kimia seperti fenol.

#### 3. Warna

Banyaknya air permukaan khususnya yang berasal dari rawa-rawa dan daerah pasang surut, seringkali bewarna. Warna pada air terjadi karena adanya zat-zat substansi yang terlarut dalam air, dimana zat-zat tersebut dapat terjadinya karena proses dekomposisi dalam berbagai tingkat. Untuk mengukur tingkat warna digunakan satuan TCU (*True colour Unit*). Berdasarkan Permenkes RI No. 492 tahun 2010 tingkat warna untuk air minum dianjurkan 15 TCU dan yang diperbolehkan 50 TCU (Depkes RI).

#### 4. Zat Padat Terlarut

Bahan padat adalah bahan yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu 103°C-105°C. Standar untuk zat padat terlarut ditetapkan oleh Permenkes No. 492 tahun 2010, yaitu dianjurkan 500 mg/l (DEPKES RI).

#### 5. Kekeruhan

Kualitas air yang baik adalah jernih (bening) dan tidak keruh. Kekeruhan air disebabkan oleh partikel-partikel yang tersuspensi di dalam air yang menyebabkan air terlihat keruh, kotor, bahkan berlumpur. Untuk standar air bersih

ditetapkan oleh PERMENKES RI No. 492 tahun 2010, yakni kekeruhan yang diperbolehkan 5 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) (DEPKES RI).

### Persyaratan Kimia

Menurut Slamet (2000), air yang baik adalah air yang tidak tercemar secara berlebihan oleh zat-zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan antara lain Air raksa (Hg), Aluminium (Al), Arsen (As), Barium (Ba), Besi (Fe), Flourida (F), Kalsium (Ca), Derajat keasaman (pH) dan zat-zat kimia lainnya. Kandungan zat kimia dalam air bersih yang digunakan sehari-hari hendaknya tidak melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan seperti tercantum dalam Permenkes RI No. 492 tahun 2010.

### Sungai Enim

Sungai Enim adalah lokasi yang dipilih untuk dibahas mengenai pencemaran air. Sungai ini memiliki panjang 19 km dengan luas aliran sungai (DAS) 39 km<sup>2</sup>. Debit bulanan rata-rata 1,9 m<sup>3</sup>/detik, Sungai Enim bermuara di Sungai Lematang, sumber mata air Sungai Enim berasal dari danau gemuhak di Kecamatan Semendo Darat.

Pada Tabel 2.1 dapat dilihat baku mutu air Sungai berdasarkan keputusan Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 16 Tahun 2012.

Tabel 2.1. Baku Mutu Air Sungai

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Suhu	°C	Deviasi ± 3
Jumlah zat padat terlarut (TDS)	Mg/L	1500
Jumlah zat padat tersuspensi (TSS)	Mg/L	50
BOD	Mg/L	2
COD	Mg/L	10
pH	Mg/L	6-9
Fe	Mg/L	0,3

Sumber : Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No 16, 2012

## Parameter Kualitas Air Sungai

### 1. pH

Penentuan pH merupakan tes yang paling penting dan paling sering digunakan pada kimia air. pH digunakan pada penentuan alkalinitas, CO<sub>2</sub>, serta dalam kesetimbangan asam basa. Pada temperatur yang diberikan, intensitas asam atau karakter dasar suatu larutan diindikasikan oleh pH dan aktivitas ion hidrogen. Perubahan pH air dapat menyebabkan berubahnya bau, rasa, dan warna. Pada proses pengolahan air seperti koagulasi, desinfeksi, dan pelunakan air, nilai pH harus dijaga sampai rentang dimana organisme partikulat terlibat. Air adalah bahan pelarut yang baik sekali, maka dibantu dengan pH yang tidak netral, dapat melarutkan berbagai elemen kimia yang dilaluinya.

Pengukuran pH dapat dilakukan menggunakan kertas lakmus, kertas pH universal, larutan indikator universal (metode Colorimeter) dan pHmeter (metode Elektroda Potensiometri). Pengukuran pH penting untuk mengetahui keadaan larutan sehingga dapat diketahui kecenderungan reaksi kimia yang terjadi serta pengendapan materi yang menyangkut reaksi asam basa (Effendi, 2016).

### 1. Total Suspended Solid (TSS)

*Total Suspended Solid* (TSS), adalah salah satu parameter yang digunakan untuk pengukuran kualitas air. Pengukuran TSS berdasarkan pada berat kering partikel yang terperangkap oleh filter, biasanya dengan ukuran pori tertentu. Umumnya, filter yang digunakan memiliki ukuran pori 0.45 µm.

Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. Keberadaan padatan tersuspensi tersebut akan menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke perairan sehingga hubungan antara TSS dan kecerahan akan menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik. Nilai TSS umumnya semakin rendah ke arah laut. Hal ini disebabkan padatan tersuspensi tersebut *disupply* oleh daratan melalui aliran sungai. Keberadaan padatan tersuspensi masih bisa berdampak positif apabila tidak melebihi

toleransi sebaran suspensi baku mutu kualitas perairan yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, yaitu 50 mg/L.

### 2. Besi (Fe)

Besi atau *Ferrum* (Fe) merupakan metal berwarna putih keperakan, liat, dan dapat dibentuk. Pada umumnya, besi di dalam air dapat bersifat :

- Terlarut sebagai Fe<sup>2+</sup> (fero) atau Fe<sup>3+</sup> (feri)
- Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter < 1 µm) atau lebih besar, seperti Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, FeOOH, Fe(OH)<sub>3</sub>, dan sebagainya
- Tergabung dengan zat organis atau zat padat inorganik (seperti tanah liat)

## Sekam Padi

### Pengertian Sekam Padi

Sekam padi adalah bagian terluar dari butir padi yang merupakan hasil samping saat proses penggilingan padi dilakukan. Sekitar 20% dari bobot padi adalah sekam padi dan kurang lebih 15% dari komposisi sekam padi adalah abu sekam yang selaludihasilkan setiap kali sekam dibakar (Hara, 1986). Dari penggilingan padi akan menghasilkan sekitar 25% sekam, 8% dedak, 2% bekatul dan 65% beras. Sekam tersusun dari jaringan serat-serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut-serabut yang sangat keras. Menurut Sutanto ( 2002) yang dikutip Sitanggang (2015) Sekam padi menduduki 7% dari produksi total padi yang biasanya hanya ditimbun dekat penggilingan padi sebagai limbah sehingga mencemari lingkungan, kadang-kadang juga dibakar. Sekam padi juga dapat digunakan sebagai pupuk, bahan tambahan untuk media tumbuh tanaman sayuran secara hidroponik. Penumpukan sekam padi di tanah dapat membantu mempercepat proses dalam peningkatan hasil tanaman. Hasil analisis sekam padi adalah sebagai berikut:

- Kandungan air 9,02 %
- Protein kasar 3,27 %
- Lemak 1,18 %
- Karbohidrat 33,71 %
- Serat kasar 35,68 %
- Abu 17,71 %

**Tanaman Pisang (*Musa Paradisiaca*)**

Kulit pisang merupakan bahan buangan (limbah buah pisang) yang cukup banyak jumlahnya. Menurut Basse (2000), jumlah kulit pisang adalah 1/3 dari buah pisang yang belum dikupas. Umumnya kulit pisang belum dimanfaatkan secara nyata dan hanya dibuang sebagai limbah organik saja atau digunakan sebagai makanan ternak seperti kambing, sapi, dan kerbau. Jumlah kulit pisang yang cukup banyak akan memiliki nilai jual yang menguntungkan apabila bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku makanan (Susanti, 2006).

Komponen kulit pisang terbesar adalah air dan karbohidrat. Karbohidrat dalam limbah kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi pakan ternak. Namun selain itu kulit pisang dapat digunakan sebagai bahan penstabil dimana senyawa yang dimanfaatkan adalah selulosa dan pektin. Berikut adalah komposisi kimia yang terkandung dalam kulit pisang disajikan pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Dalam Kulit Pisang

No	Senyawa	Kandungan (gr/100gr berat kering)
1	Protein	8.6
2	Lemak	13.1
3	Pati	12.1
4	Abu	15.3
5	Serat total	50.3

Sumber: Yosephine dkk., 2012

**Arang Aktif**

Arang aktif adalah suatu jenis karbon yang telah mendapat perlakuan dengan uap dan panas sampai mempunyai afinitas yang kuat untuk menyerap berbagai bahan. Arang aktif mempunyai luas permukaan yang sangat besar, berkisar 300 sampai 2500 m<sup>2</sup>/g dan dapat digunakan untuk menyerap hampir semua jenis pelarut organik pada suhu sekitar 35<sup>o</sup>C. Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan

sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia yaitu luas permukaan bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi

**Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>**

Asam fosfat juga dikenal sebagai asam atau *orthophosphoric* fosfat (V) asam adalah sebuah mineral (anorganik) asam yang memiliki rumus kimia H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Asama fosfat anhidrit murni yang merupakan padatan putih yang meleleh pada 42,35<sup>o</sup>C, tidak berwarna, cairan kental. Kebanyakan orang dan bahkan kimia merujuk pada asam *orthophosphoric* sebagai asam fosfat, yang merupakan nama IUPAC untuk senyawa ini. Awalan *orto* digunakan untuk membedakan asam dari asam fosfat yang lain, yang disebut asam *polyphosphoric*. Sifat fisik dan kimia asam fosfat seperti ditampilkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Kimia H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

Parameter	Sifat Fisik dan Kimia
Rumus kimia	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
Massa molar	98,00 gr/mol
Penampilan	Padatan putih/cairan kental (>42 <sup>o</sup> C)
Density	1,885 gr/mL (cairan) 1,685 gr/mL (85% larutan) 2,030 gr/mL (kristal padat)
Titik lebur	42,35 <sup>o</sup> C (Anhidrat) 29,35 <sup>o</sup> C (hemyhidrate)
Titik didih	158 <sup>o</sup> C
Kelarutan dalam air	548 gr/100 MI
Keasaman	2,148
Viskositas	2,4 – 9,4 cP

Sumber : Linda Trisnawati, 2009

**Adsorpsi**

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan suatu zat, ion atau molekul yang melekat pada permukaan, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi atau adsorben. Sifat adsorpsi partikel koloid banyak dimanfaatkan dalam proses penjernihan air atau

pemurniaan suatu bahan yang masih mengandung pengotor, partikel koloid mempunyai permukaan luas sehingga mempunyai daya adsorpsi yang besar. Terjadinya adsorpsi pada permukaan larutan disebabkan karena adanya kekuatan atau gaya tarik-menarik antara atom atau molekul pada permukaan larutan. Peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain disebut adsorpsi, zat yang diserap disebut fase terserap sedangkan zat yang menyerap disebut adsorben. Peristiwa adsorpsi disebabkan oleh gaya tarik molekul dipermukaan adsorben (Estein, 2005).

### Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi antara lain :

#### 1. Suhu dan Konsentrasi Zat Terlarut

Dengan bertambahnya suhu maka adsorpsi dari larutan akan berkurang, untuk senyawa yang mudah menguap adsorpsi dilakukan pada suhu kamar dan jika memungkinkan dengan suhu yang lebih rendah.

#### 2. Jumlah Adsorben

Suatu adsorben yang mempunyai ukuran partikel yang seragam yaitu mempunyai luas permukaan per satuan luas yang tetap sehingga banyaknya adsorbat yang di adsorpsi sebanding dengan berat adsorben.

#### 3. Kelarutan Adsorbat

Adsorpsi akan terjadi jika molekul dipisahkan dari pelarut dan diikat pada permukaan karbon, dimana senyawa yang dapat larut yaitu yang mempunyai afinitas yang kuat terhadap pelarutnya.

#### 4. Pengadukan

Kecepatan adsorpsi tergantung pada jumlah pengadukan dalam sistem, pengadukan dilakukan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan.

#### 5. Sifat Adsorben dan Luas Permukaan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh arang aktif namun kemampuan untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai

dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama. Makin besar pori-pori adsorben maka adsorpsi dari larutan akan terjadi dengan baik, semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak molekul yang terserap (Alberty, 1983).

### Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian mengenai “Pemanfaatan arang aktif sekam padi dan kulit pisang kepok sebagai adsorben pada pengolahan air sungai enim” ini dimulai pada bulan Mei - juli 2019.

Tempat penelitian dilakukan di Laboraturium Kimia Organik Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

1. Sekam padi
2. Kulit pisang kepok,
3. Air sungai enim,
4. Larutan asam fospat ( $H_3PO_4$ )

### Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu *furnace*, *grinding*, *ball mill*, cawan penguap, *sieving*, pH meter, spatula, pengaduk, neraca analitik, bola karet, kertas saring, desikator, buret, neraca analitik, konduktometer, oven, magnetic stirrer, desikator, seperangkat alat AAS, dan peralatan gelas yang umum digunakan di laboratorium

### Proses Pembuatan Karbon Aktif

Proses pembuatan karbon aktif terdiri atas tiga tahapan yaitu proses persiapan, karbonisasi dan aktivasi.

#### 1. Proses Persiapan

Sekam padi dan kulit pisang kepok diambil sebanyak 2000 gr kemudian dipanaskan dengan sinar matahari sampai kering. Setelah itu proses pengecilan ukuran bahan baku pada sekam padi dan kulit pisang bertujuan untuk menghasilkan pori – pori pada karbon aktif yang akan dihasilkan sehingga diperoleh karbon aktif dengan luas permukaan yang tinggi.

#### 2. Proses Karbonisasi

Sekam padi dan Kulit pisang kepok dimasukkan kedalam wadah dan dimasukkan dalam *furnace* untuk dikarbonisasi. Proses karbonisasi ini berlangsung pada suhu 300°C selama ± 40 menit. Setelah itu dinginkan dalam suhu ruang. Selanjutnya digrinding dan disieving pada 60 mesh.

### 3. Proses Aktifasi

Arang sekam padi dan kulit pisang kepok di aktivasi menggunakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 15% sebanyak 5, 10, 15, 20, dan 25 gr kemudian campuran tersebut disaring dan *cakenya* dicuci dengan aquadest. *Cake* tersebut dicuci sampai mendapatkan pH yang mendekati netral kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu sekitar 110°C dan didinginkan dalam desikator.

## Analisis Karakteristik Karbon Aktif

### 1. Penentuan Kadar Air Karbon Aktif

Sebanyak 5 gram karbon aktif ditempatkan dalam cawan porselin yang telah diketahui bobot keringnya. Cawan yang berisi sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 104°C - 110°C selama ± 1 jam sampai bobotnya konstan dan didinginkan di dalam desikator sekitar 15 menit lalu ditimbang. Perhitungan kadar air menggunakan persamaan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

dengan :

a = bobot sampel sebelum pemanasan (g)

b = bobot sampel setelah pemanasan (g)

### 2. Penentuan Kadar Abu Karbon Aktif

1. Menimbang 5 gram contoh sampel ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya dan tutup dengan cepat.
2. Menempatkan cawan yang berisi contoh tersebut (buka tutupnya) dalam *muffle furnace* dingin kemudian memanaskan suhu *furnace* sampai mencapai 450°C – 500°C selama 1 jam.
3. Memanaskan contoh sampai suhu akhir *furnace* mencapai 700°C – 750°C ± 1 jam.
4. Teruskan pemanasan pada suhu selama 2 jam atau sampai contoh sampel sempurna menjadi abu.

5. Mengangkat cawan dari dalam *furnace*, tutup cawan dan tekanan diatas lempengan logam.
6. Mendinginkan ± 10 menit kemudian masukkan kedalam desikator.
7. Setelah dingin timbang cawan yang berisi abu.
8. Menghitung kadar abu.

Perhitungan:

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100\%$$

dimana:

m<sub>1</sub> = berat cawan kosong

m<sub>2</sub> = berat cawan + sampel

m<sub>3</sub> = berat cawan + abu

### 3. Penentuan Bilangan Iod

1. Larutan I<sub>2</sub> dalam KI dipipet sebanyak 25 ml dan dimasukkan kedalam Erlenmeyer 250 ml.
2. 0,125 gr arang aktif yang sebelumnya telah dipanaskan pada suhu 110°C selama 3 jam dimasukkan kedalam larutan tadi.
3. Setelah itu, campuran dikocok selama 30 menit kemudian disaring, lalu dipipet 10 ml filtratnya dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml.
4. Memipet H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4N sbanyak 5 ml ditambahkan ke dalam filtrat tadi, lalu dititrasi dengan larutan Thiosulfat sampai warna berubah menjadi kuning.
5. Indikator kanji ditambahkan sebanyak 1 ml kelarutan tadi lalu dititrasi kembali sampai warna biru hilang.

Perhitungan :

$$\text{Bilangan Iod} = \frac{25}{10} \times \frac{(B-S) \times Be I_2 \times N}{W}$$

Dimana :

B = volume blanko, ml

S = volume sampel, ml

N = normalitas Thiosulfat

W = berat karbon aktif, mg

BeI<sub>2</sub> = 126.91

Tabel 4.3. Data Analisa Sebelum Perlakuan

Sampel	pH	TSS (mg/L)	Besi (mg/L)
Air Sungai Enim	6,51	80,2	1,70



Tabel 4.4. Data Hasil Analisa Perlakuan Karbon Aktif Sekam Padi

Jumlah Adsorben	pH	TSS (mg/L)	Besi (mg/L)
0	6,51	80,2	1,70
5	6,98	74,4	0,30
10	6,97	68,5	0,15
15	7,00	56,0	0,08
20	7,03	42,5	0,05
25	7,02	38	0,00

Tabel 10. Data Hasil Analisa Perlakuan Karbon Aktif Kulit Pisang

Jumlah Adsorben	pH	TSS (mg/L)	Besi (mg/L)
0	6,51	82,9	1,70
5	7,08	77,0	0,37
10	7,19	70,2	0,25
15	7,47	64,4	0,1
20	8,09	50,2	0,07
25	8,26	44,6	0,02

### Analisa Air Sungai Enim Setelah Perlakuan Terhadap Karbon Aktif sekam padi dan kulit pisang

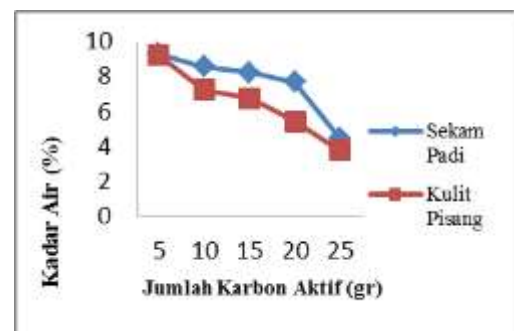
#### Penentuan Kadar Air

Penentuan kadar air pada karbon aktif digunakan untuk mengetahui sifat higroskopis. Dengan bertambahnya luas permukaan karbon aktif akan meningkatkan sifat higroskopis. Air dari udara akan diserap oleh karbon aktif itu sehingga menjadi meningkat, akibatnya kadar air pada karbon aktif juga meningkat.

Metode yang digunakan pada penentuan kadar air dari karbon aktif adalah metode gravimetric yaitu analisis kimia berdasarkan perbedaan bobot antara yang tidak diinginkan diubah menjadi uap. Sebelum dilakukan analisa terlebih dahulu dilakukan penimbangan cawan yang akan dipergunakan untuk mengeringkan sampel. Penimbangan dilakukan sampai berat cawan konstan yaitu dengan memanaskan cawan menggunakan oven pada suhu 100-110°C selama 1 jam (Anonim)

Tabel 4.6 Hasil Analisa Kadar Air dari Karbon Aktif

Karbon Aktif	Jumlah Karbon Aktif (gr)				
	5	10	15	20	25
Sekam Padi	9.3	8.57	8.23	7.67	4.45
Kulit Pisang	9.22	7.23	6.76	5.41	3.76



Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara jumlah terhadap kadar air karbon aktif

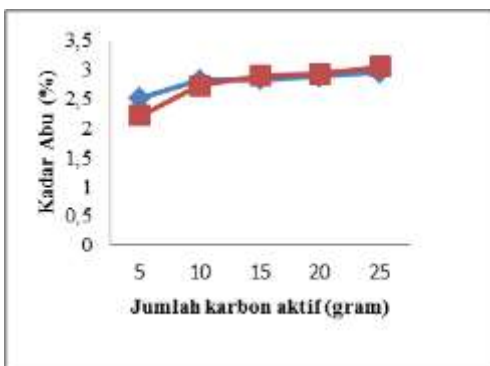
Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin banyak adsorben maka kadar air cenderung semakin kecil. Nilai kadar air pada karbonisasi sekam padi dengan jumlah 5-25 gram mencapai 9,3 – 4,75% dan pada kulit pisang mencapai 9,22 – 3,76%. Kecenderungan perbedaan jenis karbonisasi dan variasi banyaknya karbon aktif mengakibatkan perbedaan antara karakteristik seperti kadar air. Kadar air akan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah adsorbe. Dari perbedaan karbonisasi, sekam padi memiliki kadar air yang lebih besar dari kulit pisang. Perbedaan ini disebabkan oleh kadar air terikat pada kulit pisang telah banyak teruap dari sekam padi. Berdasarkan SNI 06 – 3730 – 1995 syarat standar baku mutu karbon aktif maksimal 15%. Dari kesepuluh karbon aktif tersebut berada dibawah syarat mutu karbon aktif. Rendahnya kadar ini menunjukkan bahwa kandungan air bebas dan air terikat yang terdapat dalam bahan telah menguap selama proses karbonisasi.

#### Penentuan Kadar Abu

Selain kadar air, dilakukan juga uji kualitas karbon aktif dengan menganalisa kualitas kadar abu. Kadar abu akan memengaruhi kualitas karbon aktif sebagai adsorber. Abu yang dihasilkan berupa oksida-oksida logam yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap pada pengabuan.

Tabel 4.7 Hasil analisa kadar abu dari karbon aktif

Karbon Aktif	5	10	15	20	25
Sekam Padi	2.51	2.82	2.83	2.88	2.95
Kulit Pisang	2.21	2.73	2.9	2.93	3.05



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara jumlah adsorber terhadap kadar abu karbon aktif

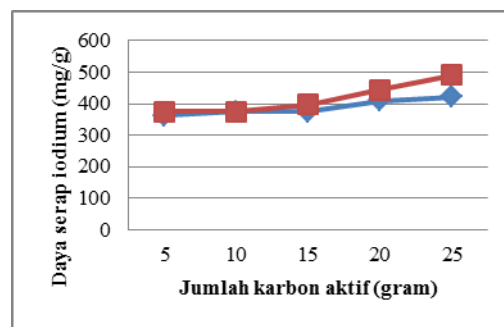
Dari gambar diatas dapat dilihat semakin bertambahnya jumlah adsorben dan suhu karbonisasi maka kadar abu semakin naik. Kadar abu pada sekam padi dengan jumlah 5-25 gram mencapai 2,51-2,95%. Sedangkan kadar abu pada kulit pisang mencapai 2,21-3,05%. Berdasarkan SNI 06 – 3730 - 1995 syarat standar baku mutu karbon aktif maksimal 10%. Dari semua karbon aktif tersebut berada dibawah standar yang ditetapkan. Kadar abu yang diinginkan adalah serendah mungkin sehingga adsorbsi cairan dapat berlangsung dengan baik. Hal ini disebabkan karena kandungan mineral dalam abu seperti kalsium, kalium, magnesium, dan natrium dapat menyebar dalam kisi kisi arang aktif dan menutupi pusat aktif dan dapat mengurangi kemampuan karbon aktif untuk menyerap gas atau larutan.

#### 4.2.3 Penentuan daya serap Iod

Penentuan daya serap Iod bertujuan untuk memperkirakan porositas bahan aktif untuk memerikan indikasi terhadap besarnya pori yang dimiliki oleh molekul berdiameter kecil.

Tabel 4.8 Hasil analisa data serap Iod dari karbon aktif

Karbon aktif	5	10	15	20	25
Sekam Padi	362.18	373.56	374.46	409.56	421.26
Kulit Pisang	374.16	373.86	397.54	443.6	489.91



Gambar 4.3 grafik hubungan antara jumlah karbon aktif dengan daya serap Iodium.

Berdasarkan grafik diatas diketahui daya serap Iod dari karbon aktif berkisar antara 300-500 mg/g. daya serap iod tertinggi dari karbon aktif sekam padi yaitu 421,25 mg/g sedangkan kulit pisang pada 25 gram yaitu 489,91 mg/g.

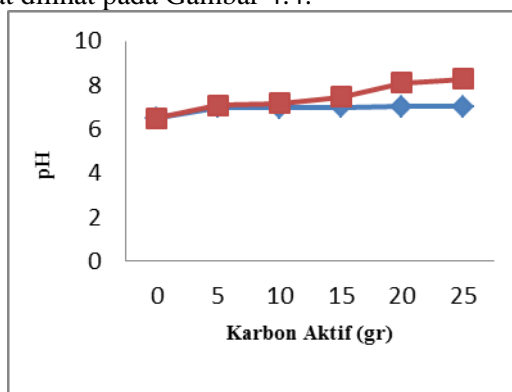
Menurut SNI 06 – 3730 – 1995 syarat mutu karbon aktif harus memenuhi standar daya serap Iod minimal 20% dari semua karbon aktif yang telah memenuhi standar baku mutu. Daya serap Iod ini menentukan karbon aktif yang paling baik untuk mengolah limbah cair maupun gas.

Jenis dan konsentrasi juga berpengaruh terhadap kualitas dari karbon aktif, semakin tinggi konsentrasi activator maka semakin banyak daya serap Iod karena pori pori yang lebih lebar serta kualitas dari kadar air terikat, kadar abu, dan luas permukaan akan mempengaruhi daya adsorbsi dari karbon aktif itu sendiri.

## Analisa air sungai enim setelah perlakuan terhadap karbon aktif sekam padi dan kulit pisang

### 1. Analisa pH

Analisa pH pada air permukaan Sungai bertujuan untuk mengetahui pH yang dihasilkan setelah kontak dengan karbon aktif. Dari hasil uji yang disajikan pada tabel 9 dapat dilihat bahwa karbon aktif dari kedua bahan dapat menaikkan pH hingga mencapai Standar Baku Mutu yang telah ditetapkan Peraturan Gubernur Sumatera Selatan nomor 16 tahun 2012 yaitu sebesar 6-9. Hasil analisis pH dalam air Sungai pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.4.



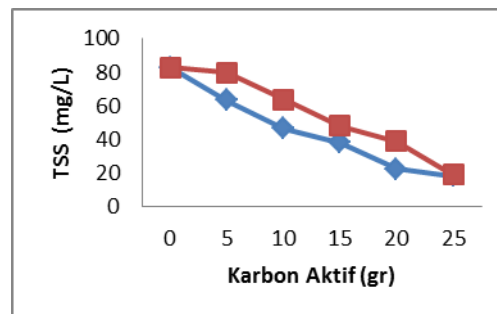
Gambar 4.4. Grafik pH Sungai Enim setelah perlakuan

Berdasarkan dari Gambar 7 menunjukkan bahwa air Sungai Enim setelah perlakuan menggunakan karbon aktif sekam padi dan kulit pisang mengalami kenaikan pH yang mendekati netral sehingga dapat dilihat bahwa keefektifitasan karbon aktif dan bentonit baik dalam meningkatkan nilai pH.

### Analisa TSS

Analisa TSS dilakukan bertujuan untuk mengurangi padatan yang terdapat dalam air Sungai. TSS berdasarkan pada berat kering partikel yang terperangkap oleh filter, biasanya dengan ukuran pori tertentu. Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. Keberadaan padatan tersuspensi tersebut akan menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke perairan sehingga hubungan antara TSS dan kecerahan akan menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik. Hasil analisis TSS dalam air

Sungai pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.7.

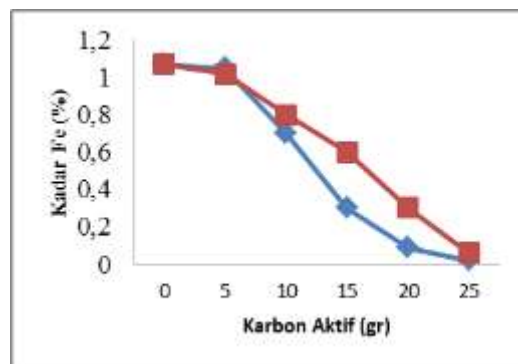


Gambar 4.7. Grafik Kandungan TSS Sungai Enim

Berdasarkan dari Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada air permukaan Sungai Enim mengalami penurunan nilai TSS setelah perlakuan dengan karbon aktif sekam padi dan kulit pisang sehingga telah memenuhi baku mutu air Sungai Hal ini membuktikan bahwa semakin menurunnya nilai padatan tersuspensi membuat air tersebut semakin jernih karena padatan tersuspensi berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan air sehingga karbon aktif lebih efektif digunakan dalam penurunan nilai TSS.

### Analisa Besi

Analisa Besi bertujuan untuk mengetahui kandungan besi air Sungai setelah dikontakkan dengan karbon aktif, dilakukan pengecekan besi dengan menggunakan alat spektrometer serapan atom. Hasil analisis besi dari air Sungai pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Grafik Kandungan Besi Sungai Enim

Berdasarkan dari Gambar 4.8 menunjukkan bahwa pada air Sungai Enim mengalami penurunan nilai besi setelah perlakuan dengan karbon aktif, sekam padi dan kulit pisang. Kandungan Fe setelah perlakuan memperlihatkan hasil yang bervariasi. titik optimum penggunaan karbon aktif sekam padi yaitu 15 gr dan karbon aktif kulit pisang pada 20 gr. Keefektifitasan karbonaktif sekam padi sebesar 98,13% sedangkan keefektifitasan karbon aktif kulit pisang sebesar 94,39 %

Dari data diatas dapat dilihat baik bahwa karbon aktif sekam padi maupun kulit pisang dapat menurunkan kadar pencemaran pada air sungai seiring dengan pengaruh banyaknya dosis karbon aktif yang digunakan dan pada karbon aktif 15 gr/l diperoleh nilai Karakteristik air yang telah memenuhi standar Peraturan Gubernur Sumatera Selatan nomor 16 tahun 2012

Pada kapasitas adsorpsi yang terjadi dengan variasi dosis yang dilakukan data dilihat bahwa kapasitas adsorpsi akan semakin meningkat seiring dengan banyaknya dosis karbon aktif. Hal ini dikarenakan dengan semakin banyaknya karbon aktif yang digunakan maka membuat penyerapan kandungan yang ada di dalam air semakin bertambah. Menurut Chairul (2015) penurunan jumlah adsorben diakibatkan dari penurunan total luas permukaan serta peningkatan diffusional yang menyebabkan turunnya jumlah adsorben.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dari pembahasan yang telah diperoleh, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kualitas arang aktif terbaik berasal dari sekam padi dan kulit pisang yang diaktivasi dengan  $H_3PO_4$  15 % sebanyak 200 gram pada suhu karbonisasi  $300^\circ C$  dapat berfungsi sebagai adsorben pada pengolahan air sungai enim.
2. Konsentrasi arang aktif terbaik sebagai adsorben pada pengolahan air sungai enim pada konsentrasi  $300^\circ C$  dengan activator  $H_3PO_4$  15 % memiliki karakteristik karbon aktif yaitu kadar air 7,67 %, kadar abu 2,88% dan daya serap Iod 409, 56% mg/g.

#### Saran

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian maka penulis memberi saran untuk kegiatan selanjutnya yaitu:

1. Dalam proses pengaktivasian menggunakan asam kuat lain seperti  $HNO_3$  dan  $H_2SO_4$
2. Dalam proses pembuatan karbon aktif dari sekam padi dan kulit pisang kepok menggunakan perbandingan variasi persentase asam yang digunakan berbeda pada proses pengaktivasian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, A., Syarfi, dan M. Atikalidia. 2011. *Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" ISSN 1693 – 4393.* Laboratorium Rekayasa Bioproses Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau: 5-6.
- Alaerts, G. dan Sri Santika Sumestri. 1987. *Metode Penelitian Air.* Surabaya: Usaha Nasional
- Austin, G. T, *Shreve's Chemical Process Industries*, Fifth ed. 1984.
- Atkins PW, Shriver DF, and Langford C. 1990. *Inorganic Chemistry.* Oxford University Press.
- Azwir. 2016. *Analisa Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri Oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo di Kabupaten Kampar.* S2, Universitas Diponegoro.
- Badan Pusat Statistik Palembang. 2012. *Jumlah Penduduk Kota Palembang*, Palembang
- Badan Lingkungan Hidup Palembang. 2012. *Parameter Pencemar Air Sungai Musi Palembang*, Palembang
- Castro dkk 2011. *Banana pell applied to the solid phase extration of copper and lead from*

- river water*: industrial and chemistry research. Retrieved from [pubs.acs.org/IECR](http://pubs.acs.org/IECR). Diakses 15 juni 2018
- Chandra, B 2016. Pengantar Kesehatan Lingkungan, Buku Kedokteran EGC, Jakarta
- Fair, G.M., Geyer, J.C., and Okun, D.A., *Element Of Water Supply and Waste Water Diposal*, Second Edition, John Wiley and Sons, New York, 1971.
- Hefni Effendi. 2016. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Keputusan Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 16, 2010. *Tentang Baku Mutu Air Sungai*, Palembang
- Lubis, Z 2012. Pengaruh Penambahan Tepung Kulit Pisang Raja. Universitas Sumatera Utara
- Makarim. 2017. *Jerami Padi : Pengelolaan dan Pemanfaatan*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Oscik J & Cooper IL. 1994. *Adsorption*. Ellis Horwood Publisher, Ltd. Chichester.
- Ralph H. 2013. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern*. Erlangga. Jakarta.
- Said, Nusa Idaman. 2013. *Metoda Praktis penghilangan Zat besi Di Dalam Air Minum*. Jakarta : Kelair – BPPT
- Samorn, M., C. L. Sales and S. Phunsiri. 2002. *Solid Waste Recycling. Disposal and Management*. Journal Environment Resources 28:106-112.
- Sembiring, M.T, dkk. 2013. *Arang Aktif Pengenalan dan Proses Pembuatannya*. Sumatera: Universitas Sumatera Utara.
- Siregar, H., 1981. *Budidaya Tanaman Padi di Indonesia*. Sastra Hudaya, Bogor.
- SNI 06 – 3730 – 1995 syarat mutu karbon aktif.
- Sitanggang, Crismasly., 2010. *Pemanfaatan Arang Sekam Padi Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Besi Dalam Air Sumur*. Sumatera: Universitas Sumatera Utara.
- Syuhada, Wijaya, R., Jayatin dan Rohman, S., 2008. *Modifikasi Bentonit (Clay) Menjadi Organoclay Dengan Penambahan Surfaktan*. Jurnal Nanosains & Nanoteknologi. Vol. 2 No. 1, Februari 2009.
- Septiningrum, Krisna. 2011. “Produksi Xilanase dari Tongkol Jagung dengan sistem Bioproses. Bandung : Kementerian Perindustrian Indonesia. Vol V Hal. 87-89.
- Putranto. 2010. *Kontribusi Limbah domestik terhadap kualitas Air*. Program Pasca Sarjana Universitas Gajahmada. Yogyakarta.
- Warlina, L. 2014. *Pencemaran Air: Sumber, Dampak dan Penanggulangannya*. Makalah Pribadi. Bogor. IPB
- Yazid, Eistein. 2015. *Kimia Fisika Untuk Paramedis*, Penerbit Andi, Yogyakarta.