

PEMBUATAN MEMBRAN SILIKA DARI *FLY ASH* DAN APLIKASINYA UNTUK MENURUNKAN KADAR COD DAN BOD LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT

Eka Suprihatin^{*1}, Titin Anita Zaharah¹, Nelly Wahyuni¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura,
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak
email: ekasuprihatin07@gmail.com

ABSTRAK

Limbah cair kelapa sawit memiliki potensi sebagai pencemar lingkungan karena mengandung polutan organik yang cukup tinggi. Pengolahan limbah cair industri kelapa sawit untuk menurunkan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan Biology Oxygen Demand (BOD), dengan menggunakan membran merupakan cara yang mudah dan efektif. Salah satu bahan dasar untuk pembuatan membran adalah silika yang disintesis dari abu terbang (*fly ash*) industri kelapa sawit. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan membran silika dari abu terbang dengan variasi massa silika yaitu 1 gram, 3 gram, dan 5 gram. Pembuatan membran silika digunakan bahan pendukung yaitu campuran Poly Vinyl Alcohol (PVA) dan Poly Ethylen Glycol (PEG). Morfologi dan ukuran pori membran diamati menggunakan scanning electron microscope (SEM). Proses penurunan kadar COD dan BOD limbah cair kelapa sawit dilakukan dengan melewati limbah melalui membran silika yang dibuat. Hasil penurunan kadar COD dilakukan dengan metode refluks tertutup secara titrasi dan kadar BOD dilakukan dengan metode winkler. Hasil yang didapat dari analisis SEM untuk membran dengan massa silika 1 gram memiliki ukuran pori 4,39 μm , membran dengan massa silika 3 gram memiliki ukuran pori 4,08 μm , dan membran dengan massa silika 5 gram memiliki ukuran pori 3,59 μm . Hasil penurunan kadar COD dan BOD yang paling maksimum ditunjukkan oleh membran dengan massa silika 5 gram yaitu sebesar 23,71% untuk COD dan 57,44% untuk BOD

Kata kunci: abu terbang (*fly ash*), silika, limbah cair kelapa sawit, membran

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan tanaman industri andalan bagi perekonomian Indonesia saat ini. Hal ini tampak dari perkembangan industri kelapa sawit yang diikuti dengan pembangunan PKS (Pabrik Kelapa Sawit). Industri kelapa sawit merupakan satu diantara banyak industri lain yang memanfaatkan batubara sebagai sumber energi. Penggunaan batubara sebagai sumber energi menjadi pilihan yang paling diminati oleh para penggerak industri dengan alasan lebih menghemat biaya operasional dan ketersediaan di Indonesia juga cukup melimpah. Adapun hasil pembakaran batubara yaitu limbah berupa *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar) (Kartika, 2010).

Abu terbang adalah abu yang dihasilkan dari transformasi dari material anorganik yang terkandung dalam batubara. Proses pembakaran batubara dihasilkan abu terbang (*fly ash*) sekitar 80% dan sisanya merupakan abu dasar (*bottom ash*) yaitu 20%. Komponen utama dari abu terbang batubara adalah silika (SiO_2), alumina

(Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang.

Silika merupakan salah satu komponen *fly ash* yang paling dominan jumlahnya yaitu sekitar 30-36%. Silika juga merupakan bahan kimia yang pemanfaatan dan aplikasinya sangat luas. Salah satu pemanfaatan serbuk silika adalah sebagai bahan pembuat membran padat, misalnya membran silika dimanfaatkan untuk dekolonisasi limbah cair batik yang dilakukan oleh Aryanti Puspita Rini (2009). Penelitian lain yang dilakukan oleh Rachmawati dan Damayanti (2013) yaitu pengolahan limbah cair industri jeans menggunakan membran silika nanofiltrasi aliran *cross flow* untuk menurunkan warna dan kekeruhan.

Limbah cair merupakan hasil samping dari aktivitas setiap industri, salah satunya industri kelapa sawit. Limbah cair kelapa sawit masih memiliki potensi sebagai pencemar lingkungan, karena berbau, berwarna, mengandung nilai BOD dan COD yang tinggi serta kandungan padatan tersuspensi yang tinggi.

Teknik filtrasi dengan menggunakan membran mempunyai beberapa keunggulan

diantaranya pemisahan dapat dilakukan pada suhu kamar, relatif bersih dan ramah lingkungan. Selain membutuhkan lahan yang tidak terlalu luas, keunggulan membran yang lain terdapat pada material bahan baku membran. Material bahan baku membran sangat bervariasi sehingga mudah diadaptasikan pemakaiannya salah satunya adalah silika. Silika merupakan material yang tepat untuk penggunaan bahan baku membran anorganik karena struktur silikanya relatif stabil hingga temperatur 1000°C.

Pada penelitian dilakukan pembuatan membran silika untuk penurunan kadar COD dan BOD limbah cair kelapa sawit. Silika yang digunakan sebagai bahan baku membran didapat dari abu terbang (*fly ash*). Pembuatan membran silika menggunakan bahan pendukung, yaitu campuran *Poly Vinyl Alcohol* (PVA) dan *Poly Ethylen Glycol* (PEG) dengan memvariasikan massa silika. Fungsi PVA adalah sebagai zat perekat bagi serbuk-serbuk silika agar menyatu dan membran padat silika.

Penelitian ini akan mengkaji pengaruh massa silika dalam pembuatan membran silika yang diaplikasikan untuk menurunkan kadar COD dan BOD limbah cair kelapa sawit.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat

Alat-alat yang digunakan adalah alat-alat gelas, cetakan membran (selang air dengan diameter 20 mm), *hot plate*, *magnetic stirer*, neraca analitik, oven, *stopwatch*, dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) tipe ZEISS, dan *X-Ray Fluorescence* (XRF).

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah akuades, abu terbang kelapa sawit, asam klorida, asam nitrat, limbah cair industri kelapa sawit, natrium hidroksida, *Poly Ethylen Glycol* (PEG), dan *Poly Vinyl Alkohol* (PVA).

Prosedur Penelitian

Preparasi Silika dari Abu Terbang (*fly ash*)

Sebanyak 50 gram sampel (*fly ash*) direndam dalam air panas selama 2 jam untuk mengekstrak bahan organik yang larut dalam air sehingga tidak menjadi pengotor dalam proses ekstraksi silika. Sebanyak 25 gram sampel direndam dalam larutan 100 mL NaOH 3M. Sampel kemudian dipanaskan hingga mendidih yang disertai pengadukan dengan kecepatan 150 rpm dan dibiarkan hingga 90 menit. Selanjutnya sampel disaring dan filtrat yang

mengandung silika terlarut ditampung. Untuk mengendapkan silika, ke dalam filtrat ditambahkan larutan HCl pekat secara bertahap hingga pembentukan endapan silika berhenti (rentang pH 6,5-7). Setelah itu endapan dipisahkan dan dicuci dengan akuades panas untuk menghilangkan kelebihan asam. Silika yang diperoleh dari perlakuan ini selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 6 jam (Pandiangan, dkk. 2008).

Pembuatan Campuran PVA

Sebanyak 6 gram *Poly Vinyl Alcohol* dicampurkan dengan 10 mL HNO₃ 1M dan akuades 190 mL, campuran diaduk dengan *magnetic stirer* selama 2 jam pada pemanasan 80°C (Rini, 2009). PVA dalam penelitian ini digunakan sebagai zat perekat antar serbuk silika sehingga membentuk membran padat silika.

Pembuatan Membran Padat Silika

Sebanyak 0,3 gram PEG ditimbang kemudian ditambahkan larutan PVA sebanyak 3,4 gram dan ditambahkan silika hasil preparasi dengan variasi massa 1 gram, 3 gram, dan 5 gram diaduk hingga homogen. Selanjutnya dicetak dalam cetakan yang terbuat dari selang air dengan diameter 20 mm. Kemudian dikeringkan pada suhu ruangan selama 30 jam, membran yang setengah basah dikeluarkan dari cetakan dan dipanaskan dalam oven pada suhu 70°C selama 1 jam yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang masih terdapat dalam membran (Rini, 2009).

Aplikasi Membran Silika terhadap Limbah Cair Kelapa Sawit

Membran padat silika dimasukkan pada selang air yang sama bahan dan jenis serta ukurannya dengan selang air yang digunakan untuk cetakan membran, dengan panjang ±10 cm. Selanjutnya limbah cair sebanyak 50 mL dialirkan melewati membran tersebut dengan pengaturan kecepatan alir (Rini, 2009). Cairan yang telah melewati membran ditampung dan dianalisis kadar COD dan BOD-nya. Selain itu, limbah cair sebelum dilewatkan pada membran padat silika, kadar COD dan BOD dianalisis terlebih dahulu

Analisis Kadar COD Limbah Cair Kelapa Sawit

Sampel sebanyak 10 mL dimasukkan kedalam Erlenmeyer 250 mL, kemudian ditambahkan 0,2 gram serbuk HgSO₄. Selanjutnya ditambahkan 5 mL larutan kalium

dikromat 0,25N dan 15 mL pereaksi asam sulfat – perak sulfat perlahan-lahan sambil didinginkan dalam air pendingin. Dipanaskan menggunakan oven selama 2 jam pada suhu 150°C. Didinginkan sampai temperatur kamar, ditambahkan indikator ferroin sebanyak 2 hingga 3 tetes, dititrasi dengan larutan FAS (*Ferro Ammonium Sulfat*) 0,1 N hingga warna merah kecoklatan, dan dicatat kebutuhan larutan FAS. Selanjutnya dilakukan langkah yang sama terhadap air suling sebagai blanko. Catat kebutuhan larutan FAS (SNI 06-6989.15-2004).

Analisis Kadar BOD Limbah Cair Kelapa Sawit

Disiapkan 8 buah botol DO, kemudian dimasukkan larutan sampel yaitu limbah cair kelapa sawit tanpa penyaringan, dan dengan penyaringan membran padat silika (1gr, 3 gr dan 5 gr) kedalam masing-masing botol tersebut hingga meluap, kemudian ditutup rapat untuk menghindari terbentuknya gelembung udara. Disiapkan limbah cair kelapa sawit, ditambahkan 1 ml MnSO₄ dan 1 ml KOH-KI dan dikocok hingga terbentuk endapan putih kecoklatan. Selanjutnya ditambahkan 1 ml H₂SO₄ dikocok dan didiamkan hingga terbentuk warna coklat. Sampel diambil sebanyak 100 ml kemudian diteteskan natrium tiosulfat 0,0125 N sehingga terbentuk larutan berwarna kuning pucat. Larutan kemudian ditambah 5 tetes indikator amilum dan dititrasi dengan natrium tiosulfat 0,0125 N hingga terbentuk larutan tak berwarna. Volume natrium tiosulfat yang terpakai sama dengan nilai DO akhir (SNI 6989-72.2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Silika dari Abu Terbang (Fly Ash)

Preparasi silika dari abu terbang kelapa sawit diawali dengan perendaman abu terbang. Abu terbang atau *fly ash* adalah limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran batubara yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara (Setyawan, 2009). Abu terbang direndam dengan air panas selama 2 jam yang bertujuan untuk mengekstrak bahan organik yang larut dalam air sehingga tidak menjadi pengotor dalam proses ekstraksi silika. Ekstraksi adalah proses pemisahan campuran dengan menggunakan bantuan pelarut. Jenis ekstraksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstraksi padat-cair.

Proses ekstraksi silika dari abu terbang atau *fly ash* dalam penelitian ini menggunakan larutan NaOH 3M sebagai pelarutnya dan waktu

ekstraksi selama 90 menit. Filtrat yang diperoleh dari proses ini selanjutnya ditambahkan HCl pekat hingga terbentuk endapan putih. Penggunaan larutan HCl bertujuan untuk membentuk asam silikat bebas, dimana asam silikat bebas ini tidak larut dalam asam kuat seperti HCl (Mori, 2003). Endapan yang diperoleh, dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 6 jam. Kemudian dicuci dengan akuades panas untuk menghilangkan kelebihan asam. Tujuan pemanasan yaitu untuk menghilangkan kadar air yang terdapat pada permukaan silika hidrosol sehingga terbentuk silika gel yang kemudian dihaluskan menjadi bubuk silika (Lubis, 2009).

Silika yang dihasilkan selanjutnya dianalisis dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui komposisi yang terkandung dalam silika gel yang telah dibuat. Berdasarkan hasil XRF diketahui bahwa kandungan SiO₂ yang terdapat dalam silika gel adalah 36,098%.

Pembuatan Membran Padat Silika

Pembuatan membran padat ini diawali dengan pembuatan larutan *Poly Ethylen Glycol* (PEG) terlebih dahulu. *Poly Ethylen Glycol* (PEG) adalah golongan senyawa polimer dari etilen oksida. PEG memiliki sifat-sifat yang baik, termasuk kelarutan yang baik di dalam air dan pelarut organik, sifat toksik yang rendah, tidak bersifat antigen dan imunogen, serta bersifat hidrofilik atau mudah berikatan dengan air. *Poly Ethylen Glycol* (PEG) pada penelitian ini digunakan sebagai zat pengemulsi (emulgator) antara larutan PVA dengan serbuk silika. Emulsifer atau zat pengemulsi adalah zat yang berfungsi untuk menjaga kestabilan. Umumnya emulsifer merupakan senyawa organik yang memiliki dua gugus, baik yang polar maupun non polar sehingga kedua zat tersebut dapat bercampur.

Larutan PVA yang telah dibuat sebelumnya dituang kedalam larutan PEG, serta ditambahkan dengan serbuk silika hingga terbentuk membran setelah dicetak kedalam cetakan yang terbuat dari selang air dengan diameter 20 mm. Membran basah didiamkan selama 30 jam bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terjebak dalam membran. Membran padat yang telah terbentuk dipanaskan dalam oven pada suhu 70°C selama 1 jam diharapkan dapat menghilangkan kadar air yang masih terperangkap dalam membran padat. Selain itu, tujuan pemanasan juga untuk menguatkan membran padat yang telah terbentuk.

Penurunan Kadar COD dan BOD Limbah Cair Kelapa Sawit

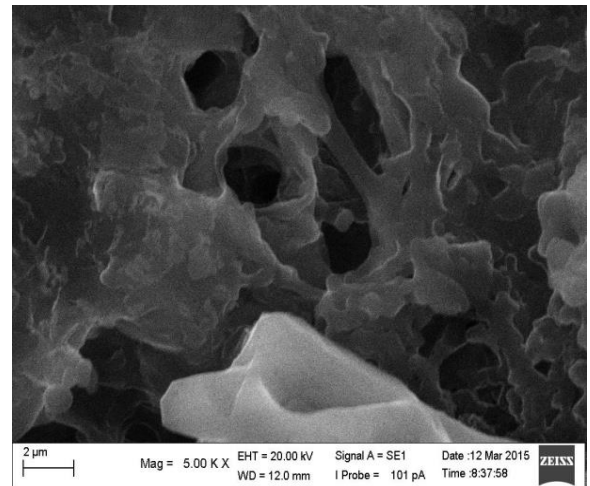
Proses penurunan kadar COD dalam penelitian ini dilakukan dengan cara mengalirkan limbah cair kelapa sawit melewati membran yang telah dirangkai sedemikian rupa. Adanya perbedaan intensitas warna limbah cair sebelum dan sesudah melewati membran yang terlihat secara langsung menunjukkan bahwa adanya senyawa organik yang tertahan pada membran sehingga terjadinya penurunan kadar COD dan BOD limbah cair yang telah melewati membran. Sebagai filter atau penyaring, membran dalam penelitian ini menyaring atau menghalangi senyawa organik dalam limbah cair batik yang ukuran molekulnya lebih besar dibanding ukuran pori-pori yang dimiliki oleh membran. Berikut tabel hasil analisis pengukuran kadar COD dan BOD limbah cair kelapa sawit.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar COD dan BOD

Silika (gram)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	% Penurunan COD	% Penurunan BOD
1	549,43	124,20	17,31	48,49
3	520,85	110,10	21,61	54,34
5	506,95	102,61	23,71	57,44
Limbah	664,48	241,12		

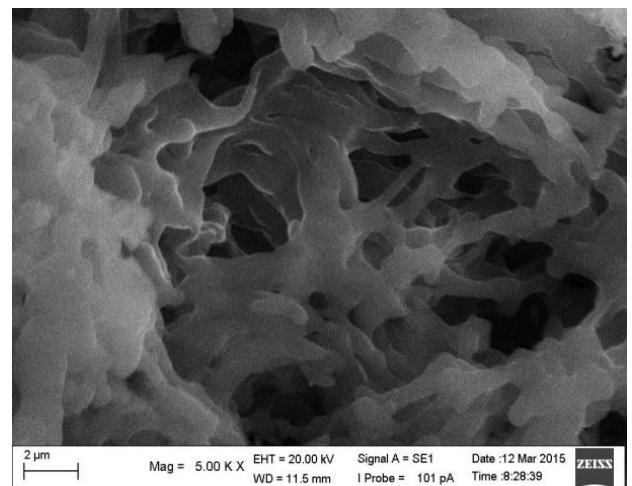
Penurunan kadar COD dan BOD limbah cair kelapa sawit pada tabel 1, menurun sebanding dengan kenaikan massa silika yang digunakan sebagai bahan baku membran. Dengan penambahan massa silika yang semakin banyak, maka semakin baik kualitas filtrasi membran karena sebaran serbuk silika yang dihasilkan sangat rapat sehingga pori-porinya semakin kecil dan dihasilkan penurunan kadar COD dan BOD yang paling maksimum yaitu 23,71% dan 57,44%.

Membran silika yang terbentuk dianalisis morfologinya dengan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). Morfologi membran dari hasil analisis SEM pada gambar 1, telah terlihat bahwa membran dengan massa silika 1 gram memiliki pori-pori yang cukup merata dan homogen dengan ukuran pori 4,39 µm.



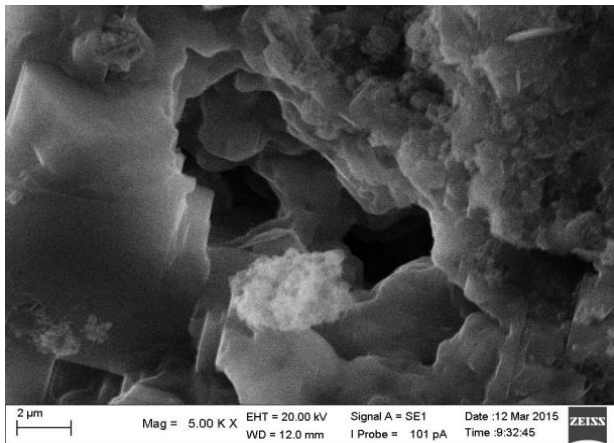
Gambar 1. Morfologi membran 1 gram silika

Pada membran dengan massa silika 3 gram pori-porinya lebih banyak dan lebih kecil dibandingkan dengan membran dengan massa silika 1 gram. Membran silika 3 gram memiliki ukuran pori 4,08µm.



Gambar 2. Morfologi membran 3 gram silika

Pada membran dengan massa silika 5 gram memiliki pori-pori yang semakin kecil dan permukaan membran tampak berbentuk kubus-kubus yang mana hal ini berasal dari serbuk silika. Hal ini dikarenakan jumlah serbuk silika lebih banyak dibanding dengan membran lainnya. Pada membran silika 5 gram didapat ukuran pori 3,59 µm.



Gambar 3. Morfologi membran 5 gram silika

Membran dengan massa silika 5 gram hanya terisi oleh silika dari *fly ash* yang menjadikan membran memiliki ukuran pori-pori lebih rapat yang dihasilkan dari berikatannya antar serbuk silika. Sehingga saat diaplikasikan pada proses filtrasi, membran menjadi lebih selektif daripada membran dengan massa silika 1 gram dan 3 gram maka semakin banyak senyawa organik dalam limbah cair yang tertahan.

Penurunan kadar COD dan BOD dalam limbah cair kelapa sawit tersebut berhubungan dengan berkurangnya senyawa organik yang telah tertahan oleh membran saat limbah cair dilewatkan melalui membran. Senyawa organik yang jumlahnya berkurang akan berhubungan dengan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik tersebut yang terdapat dalam limbah cair. *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganik dan organik. Sedangkan BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh populasi mikroorganisme yang berada dalam kondisi aerob untuk merombak materi organik (Naibaho,1998).

SIMPULAN

Pada penelitian ini morfologi membran dari hasil analisis menggunakan alat SEM didapat ukuran pori membran semakin mengecil seiring dengan penambahan massa silika yaitu pada membran silika 5 gram dengan ukuran pori 3,59 μm . Penurunan kadar COD dan BOD paling maksimum didapat sebesar 23,71% dan 57,44%.

DAFTAR PUSTAKA

Kartika, Siska El.,2010, Modifikasi Limbah *Fly Ash* Sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil Congo Red yang Ramah Lingkungan dalam Upaya Mengatasi Pencemaran

- Industri Batik di Surakarta, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Lubis, S., 2009, Preparasi Katalis Cu/ Silika Gel dari Kristobalit Alam Sabang serta Uji Aktivitasnya pada Reaksi Dehidrogenasi Etanol, *Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7(1) 29-35
- Mori, Y., 2007, X-Ray Fluorescence Analysis of Major and Trace Elements in Carbonate Rocks Using Glass Bead Samples, *Bull. Kitakyushu Mus. Nat. Hist. Hum. Hist., Ser. A*, 5: 1-12.
- Mujiyanti, D.R, Nuryono, Kunarti, E.S., 2010, Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi yang Diimobilisasi dengan 3-(Trimetoksisilil)-1-Propantiol, *Sains dan Terapan Kimia*, 4 (2): 150-167.
- Naibaho, P.M., 1998, Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit, Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- Pandiangan, Kamisah D., Suka, I.G., Mita Rilyanti., Sony Widiarto., Dian Anggraini., Syukri Arief., dan Novesar Jamarun., 2008, Karakterisasi Keasaman Katalis Berbasis Silika Sekam Padi yang diperoleh dengan teknik Sol-Gel. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II, III: 341-356*
- Rachmawati, V dan Damayanti, A., 2013, Pengolahan Limbah Cair Industri Pewarnaan Jeans Menggunakan Membran Silika Nanofiltrasi Aliran *Cross Flow* untuk Menurunkan Warna dan Kekeruhan, Jurusan Teknik Lingkungan, *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2), 23-37
- Retnosari, A., 2013, Ekstraksi dan Penentuan Kadar Silika (SiO_2) dari Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Jember. (Skripsi)
- Rini, A.P., 2008, Pengaruh Komposisi Poly Ethylene Glycol (PEG) dalam Sintesis Membran Padat Silika dari Sekam Padi dan Aplikasinya untuk Dekolorisasi Limbah Cair Batik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Diponegoro Semarang, *Jurnal Skripsi*.
- Setyawan, Ary ., 2009, Rekayasa Unit Pengolah Limbah Batubara dan Pemanfaatannya sebagai Pengganti Semen pada Pembuatan Bahan Bangunan guna Mengendalikan Pencemaran Lingkungan. Universitas Sebelas Maret, Surakrat, *Artikel Ilmiah*.
- Setyowati, I., 2007, Pembuatan Membran SiO_2 dari Sekam Padi untuk Menyaring Unsur Fe, Mn, dan Mg dalam Air, Jurusan

Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Diponegoro, Semarang. (Skripsi)
Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.15-2004, Air dan Air Limbah-Bagian 15: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) refluks terbuka dengan refluks terbuka secara titrimetri, Jakarta.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989-72.2009, Air dan Air Limbah- Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimiaa (Biochemical Oxygen Demand/ BOD), Jakarta.