

## PEMANFAATAN TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI BAHAN BAKU ARANG AKTIF DAN APLIKASINYA UNTUK PENJERNIHAN AIR LIMBAH INDUSTRI PETIS DI TAMBAK LOROK SEMARANG

Suhartana<sup>\*)</sup>

### Abstract

Waste Piece of Coconut shell used in society often only used upon which burn or firewood. Some furniture industries minimize there, exploited as a tool of physic educative and souvenir. In other hand, can be taken away from piece of coconut shell could to raw material of active charcoal. Chemical content of active charcoals is carbon compound, is very good for process of liquid material purification, inorganic and also organic material goodness. In this research is existing active charcoal, used to treatment waste water Petis factory at Tambak lorok Semarang. Result after treatment by active charcoal pH, BOD, COD, TSS were decrease, but colour the waste water is clear.

**Keyword:** *piece of coconut shell, active charcoal, waste water.*

### Pendahuluan

Menurut Food and Agriculture Organization (FAO) Asia Pasifik mampu menghasilkan 82 % dari produk kelapa di dunia, sedangkan 18 % sisanya diproduksi atau dihasilkan oleh negara di Afrika dan Amerika Selatan. Penghasil kelapa di dunia adalah 12 negara yaitu: India (13,01%), Indonesia (33,94%), Malaysia (3,93%), Papua New Guinea (2,72%), Philipina (36,25%), Solomons Inland (0,70%), Sri Langka (4,72%), Thailand (3,17%), Vanuatu (0,78%), Western Samoa (0,47%), F.S Micronesia (0,16%), dan Palau (0,16%).

Buah kelapa terdiri dari sabut kelapa, tempurung kelapa, daging kelapa dan air kelapa. Sabut kelapa merupakan bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, dan merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Tempurung kelapa terletak di sebelah dalam sabut, ketebalannya berkisar 3 - 5 mm. Ukuran buah kelapa dipengaruhi oleh ukuran tempurung kelapa yang sangat dipengaruhi oleh usia dan perkembangan tumbuhan kelapa. Tempurung kelapa beratnya antara 15 - 19 % berat kelapa. Sedangkan di Sulawesi Utara menunjukkan bahwa berat tempurung kelapa adalah 17,78 %.

### Komponen Penyusun Kimiawi Tempurung Kelapa

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Cheremisinoff (1), komposisi kimia tempurung kelapa adalah seperti berikut:

Sellulosa	26,60 %	Lignin	29,40 %
Pentosan			27,70 %
Solvent ekstraktif	4,20 %	Uronat anhidrid	3,50 %
			0,62 %
Nitrogen	0,11 %		
Air	8,01 %		

Sebagian besar dipedesaan Sabut dan Tempurung Kelapa dimanfaatkan untuk bahan bakar, baik dalam bentuk tempurung kering atau arang tempurung. Beberapa tahun terakhir ini tempurung kelapa juga sering digunakan sebagai alat peraga edukatif (APE) seperti pada pelajaran biologi, matematika dan fisika, atau juga bisa dipakai sebagai bahan pembuatan souvenir (2). Tempurung Kelapa disamping dipergunakan untuk pembuatan arang, juga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan arang aktif, yang dapat berfungsi untuk mengadsorpsi gas dan uap. Suhartana, dkk (1995 dan 2005) melaporkan arang aktif dapat digunakan untuk menurunkan kadar kesadahan, kadar besi, dan kadar NaCl dalam air sumur.

Dalam penelitian ini, pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dilakukan melalui 2

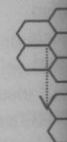
<sup>\*)</sup> Jurusan Ilmu Kimia Fakultas MIPA Universitas Diponegoro Semarang

tahapan y  
cara meto  
mengguna  
yang kem  
kualitas a  
dari Pabri  
yang telah  
meningkat  
maupun p  
TSS dan p

### TINJAUAN

Ar  
A  
sedemikia  
serap/adsc  
berbentuk  
dibuat dar  
organik at  
di pasaran  
dan batu  
digunakan  
Dalam ju  
katalisator  
tergantung  
luas perm  
besar, yai  
(2).

S  
S  
struktur g  
pelat-pela  
atom kar  
antara atc  
1,42 A. P  
dekat dar  
karbon ak  
dan grafit



Struktur

S  
menjadi  
makropo

## BAHAN UK AMBAK

rewood.  
ive and  
material  
ry good  
ness. In  
ctory at  
D, TSS

### Kimiawi

ng dilakukan  
posisi kimia  
erti berikut:  
29,40 %,  
27,70  
%, Uronat  
, Abu  
Air 8,01 %.  
n Sabut dan  
n untuk bahan  
ng kering atau  
n terakhir ini  
anakan sebagai  
pada pelajaran  
atau juga bisa  
n souvenir (2).  
dipergunakan  
t dimanfaatkan  
yang dapat  
gas dan uap.  
5) melaporkan  
ik menurunkan  
an kadar NaCl  
atan arang aktif  
kan melalui 2

tahapan yaitu: 1. metoda pengarangan dengan cara metoda drum, dan 2. Metoda pengaktifan menggunakan bahan pengaktif NaOH dan  $H_2SO_4$ , yang kemudian diterapkan untuk memperbaiki kualitas air, yakni untuk mengolah air limbah dari Pabrik Petis di Tambak lorok Semarang. Air yang telah diproses menunjukkan kualitas yang meningkat, baik ditinjau dari tingkat kejernihan, maupun parameter lainnya seperti COD, BOD, TSS dan pH nya.

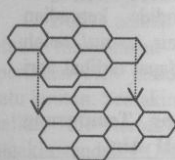
### TINJAUAN PUSTAKA.

#### Arang Aktif

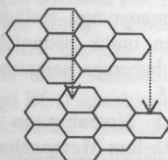
Arang aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai daya serap/adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Arang aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon baik organik atau anorganik, tetapi yang biasa beredar di pasaran berasal dari tempurung kelapa, kayu dan batubara. Pada umumnya arang aktif digunakan sebagai bahan penyerap dan penjernih. Dalam jumlah kecil digunakan juga sebagai katalisator (1). Sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif (2).

#### Struktur Arang Aktif

Struktur arang/karbon aktif menyerupai struktur grafit. Grafit mempunyai susunan seperti pelat-pelat yang sebagian besar terbentuk dari atom karbon yang berbentuk heksagonal. Jarak antara atom karbon dalam masing-masing lapisan 1,42 Å. Pada grafit, jarak antara pelat-pelat lebih dekat dan terikat lebih teratur daripada struktur karbon aktif. Gambar struktur umum karbon aktif dan grafit sebagai berikut :



Struktur grafit



Struktur karbon aktif

Struktur pori karbon aktif terbagi menjadi tiga jenis dalam proses adsorpsi yaitu makropori, mesopori dan mikropori (3).

### Pembuatan Arang aktif

Cheremisinoff (1), mengemukakan bahwa proses pembuatan arang aktif terdiri dari tiga tahap yaitu :

1. Dehidrasi : proses penghilangan air. Bahan baku dipanaskan sampai temperatur  $170^{\circ}C$ .
2. Karbonasi : pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon. Temperatur diatas  $170^{\circ}C$  akan menghasilkan  $CO$ ,  $CO_2$  dan asam asetat. Pada temperatur  $275^{\circ}C$ , dekomposisi menghasilkan tar, metanol dan hasil samping lainnya. Pembentukan karbon terjadi pada temperatur  $400-600^{\circ}C$ .
3. Aktifasi : dekomposisi tar dan perluasan pori-pori. Dapat dilakukan dengan uap atau  $CO_2$  sebagai aktifator.

Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil destilasi kering tempurung adalah kematangan/kekerasan tempurung, suhu, tekanan dan lama destilasi (2).

### Sintesis Arang Aktif

Hasil dari destilasi kering diaktifasi dengan variasi suhu atau konsentrasi NaOH, hasil yang diperoleh bisa digunakan sebagai adsorben(4).

### Aplikasi Arang Aktif.

Arang aktif atau karbon aktif adalah karbon dengan struktur amorphous atau mikrokristalin (4) yang dengan perlakuan khusus dapat memiliki luas permukaan dalam yang sangat besar antara  $300-2000 \text{ m}^2/\text{gram}$ . Daya serap dari arang aktif umumnya tergantung kepada jumlah senyawaan karbon yang berkisar antara 85 sampai 95% karbon bebas (2).

Arang aktif dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas air (1, 5 dan 6).

Pada penelitian ini arang aktif digunakan untuk mengolah atau memperbaiki kualitas air limbah petis di Tambak lorok Semarang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan pH, angka COD, angka BOD dan TSS, serta kekeruhan air limbah petis menjadi semakin jernih.

Di dalam Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah Nomor: 10 Tahun 2004, tentang Baku Mutu air Limbah mengisyaratkan agar air limbah yang muncul dari berbagai pabrik harus memenuhi kualitas standart yang telah ditetapkan dalam Perda tersebut. Untuk contoh, baku mutu air limbah pabrik Makanan kecil harus memiliki karakter seperti berikut:

No.	Parameter	Bumbu	
		Makanan	Bumbu
		Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Penc Maks (mg/L)
1.	BOD	50	0,25
2.	COD	100	0,50
3.	TSS	100	0,50
4.	Minyak dan Lemak	2	0,01
5.	pH	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
6.	Debit Maksimum	5 m <sup>3</sup> / ton produk	5 m <sup>3</sup> / ton produk

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis arang aktif dan aplikasinya untuk pengolahan air limbah dari Pabrik Petis di Tambak Lorok Semarang. Hasil Penelitian menunjukkan adanya hasil yang baik, yakni terjadi penurunan pH, angka COD, angka BOD dan TSS, serta kekeruhan air limbah petis menjadi semakin jernih.

#### Metoda Penelitian.

##### Alat:

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tungku minimal oksigen (TMO), stirer, pipet tetes, hot plate, oven, batang pengaduk, peralatan gelas, pengaduk magnetik, botol plastik 250 ml, karet penghisap, lumpang porselen, furnace, timbangan analitik, botol semprot, statif dan klem, penjepit, desikator.

##### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air tanah, tempurung kelapa, larutan standar  $K_2Cr_2O_7$  0,1 N, indikator ferroin (fenantrolin ferro sulfat), perak sulfat ( $Ag_2SO_4$ ) murni, campuran  $H_2SO_4$  dan  $Ag_2SO_4$ , larutan standar ferrous ammonium sulfate (0,1 N), kalium Iodida, natrium thiosulfat dan aquades(7).

#### Prosedur kerja

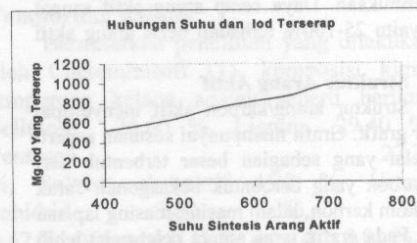
Tempurung kelapa dikarbonkan dengan Tungku Minimal Oksigen (TMO). Seberat 1000 gram arang tempurung kelapa yang telah dibuat, dipanaskan dalam oven dengan ranah suhu 400 - 800°C selama 4 jam. Arang hasil kalsinasi dicuci dengan air suling sampai netral (pH= 7) kemudian dikeringkan dalam oven selama 6 jam Kemampuan karbon hasil aktivasi diuji kemampuan adsorbsinya dengan

menggunakan Kalium Iodida. Karbon/ arang aktif terbaik dimanfaatkan untuk penjernihan air limbah Pabrik Petis disekitar desa Tambak lorok Semarang. Parameter yang diteliti meliputi:

1. Derajat keasaman, 2. Kuantitas COD (Chemical Oxygen Demand), 3. Kuantitas BOD (Biological Oxygen Demand) 4. TSS (Total Solute State) dan, 5. Kekeruhan air. Perlakuan diberikan dengan mevariasi waktu kontak antara arang tempurung kelapa yang telah dihaluskan dengan air yang akan diuji kualitasnya, dengan kisaran waktu kontak 1, 2, dan 3 jam sedangkan berat arang tempurung kelapa (yang berfungsi sebagai adsorben) dibuat konstan.

#### Hasil dan Pembahasan

Hasil arang tempurung kelapa yang ada kemudian diaktifasi dengan menggunakan perbedaan suhu, ranah suhu yang dipilih dalam berkisar dari 400 – 800°C selama 6 jam. Hasil yang diperoleh kemudian diuji kereaktifannya dengan menggunakan uji kemampuan penyerapan Kalium Iodida. Hasil variasi suhu kalsinasi dan efektivitas penyerapan kalium iodida dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 1. Hubungan Antara Suhu Sintesis dan Mgram Iod Terserap.

Arang aktif yang memiliki kemampuan terbaik dalam menyerap Kalium Iodida kemudian digunakan untuk pengolahan air sumur/ tanah meliputi beberapa parameter, dapat terlihat dari tabel 1 - 5.

Tabel: 1 Kemampuan Arang Tempurung Kelapa Dalam Memperbaiki pH Air.

Macam Sampel	Air Blok A	Air Blok B	Air Blok C
Sebelum ditreatment	9,2	9,3	9,3
1 Jam di treatment	8,1	8,2	8,0
2 Jam ditreatment	7,9	7,9	7,9
3 Jam treatment	7,7	7,6	7,6



Karbon/ arang penjernihan air. Tambak lorok meliputi: kuantitas COD, kuantitas BOD (TSS (Total air. Perlakuan kontak antara dihaluskan tasnya, dengan jam sedangkan yang berfungsi

apa yang ada menggunakan dipilih dalam 6 jam. Hasil kereaktifannya kemampuan variasi suhu erapan kalium rikut:



hu Sintesis dan

mpuan terbaik ida kemudian sumur/ tanah pat terlihat dari

Tempurung Air.

Macam Sampel	Air Blok C
1	9,3
2	8,0
3	7,9
4	7,6

Macam Sampel	Air Blok A	Air Blok B	Air Blok C
4 Jam treatment	7,5	7,5	7,4
5 Jam treatment	7,3	7,3	7,2

#### Derajat Keasaman (pH)

pH adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa sesuatu larutan. Dalam penyediaan air, pH merupakan satu faktor yang harus dipertimbangkan mengingat bahwa derajat keasaman dari air akan sangat mempengaruhi aktivitas pengolahan yang akan dilakukan, misalnya dalam melakukan koagulasi kimiawi, desinfeksi, pelunakan air dan dalam pencegahan korosi.

Kandungan derajat keasaman (pH) air limbah petis di Tambak lorok Semarang ini memang sedikit agak tinggi, namun dalam batas atas yang diijinkan oleh PerDa No: 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah, yaitu 6,0 – 9,0. Dengan demikian air limbah Petis dari Pabrik tersebut menjadi semakin ramah dengan lingkungan.

Tabel: 2. Kemampuan Arang Tempurung Kelapa Dalam Memperbaiki BOD Air.

Macam Sampel	Air Blok A	Air Blok B	Air Blok C
Sebelum ditreatment	76,45	77,82	78,80
1 Jam di treatment	67,18	68,26	68,60
2 Jam ditreatment	57,92	57,96	57,96
3 Jam treatment	51,74	51,62	51,66
4 Jam treatment	44,54	44,98	45,04
5 Jam treatment	43,30	42,31	43,20

#### 2. Biological Oxygen Demand (BOD).

BOD adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan jumlah oksigen yang diperlukan oleh jasad renik untuk menetralkan suatu larutan. Semakin tinggi BOD semakin jelek kualitas air tersebut, demikian sebaliknya. Semakin rendah BOD semakin baik kualitas air tersebut. Dalam penyediaan air, BOD merupakan satu faktor yang harus dipertimbangkan mengingat bahwa BOD dari air akan sangat mempengaruhi aktivitas pengolahan yang akan dilakukan, misalnya dalam melakukan koagulasi kimiawi dan desinfeksi air.

Kandungan BOD air limbah petis di Tambak lorok Semarang ini memang sedikit agak

tinggi, yakni 77 – 79. Namun setelah ditreatment, air limbah yang muncul dapat ditekan dan dalam batas atas yang diijinkan oleh PerDa No: 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah, yaitu 50. Dengan demikian air limbah Petis dari Pabrik tersebut menjadi semakin ramah dengan lingkungan.

Tabel: 3. Kemampuan Arang Tempurung Kelapa Dalam Memperbaiki COD Air.

Macam Sampel	Air Blok A	Air Blok B	Air Blok C
Sebelum ditreatment	110,98	118,82	117,70
1 Jam di treatment	101,14	104,82	104,65
2 Jam ditreatment	97,92	99,96	100,94
3 Jam treatment	87,74	88,56	87,86
4 Jam treatment	86,45	87,51	87,94
5 Jam treatment	85,43	85,43	85,42

#### 3. Chemical Oxygen Demand (COD).

COD adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan jumlah oksigen yang diperlukan oleh reagen kimia untuk menetralkan suatu larutan. Semakin tinggi COD semakin jelek kualitas air tersebut, demikian sebaliknya. Semakin rendah COD semakin baik kualitas air tersebut. Dalam penyediaan air, COD merupakan satu faktor yang harus dipertimbangkan mengingat bahwa COD dari air akan sangat mempengaruhi aktivitas pengolahan yang akan dilakukan, misalnya dalam melakukan koagulasi kimiawi, desinfeksi air, dan penjernihan air.

Kandungan COD air limbah petis di Tambak lorok Semarang ini memang sedikit agak tinggi, yakni 110 – 118. Namun setelah ditreatment, air limbah yang muncul dapat ditekan dan dalam batas atas yang diijinkan oleh PerDa No: 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah, yaitu 100. Dengan demikian air limbah Petis dari Pabrik tersebut menjadi semakin ramah dengan lingkungan.

Tabel: 4 Kemampuan Arang Tempurung Kelapa Dalam Memperbaiki TSS Air.

Macam Sampel	Air	Air	Air
--------------	-----	-----	-----

	Blok A	Blok B	Blok C
Sebelum ditreatment	117,98	118,8	119,87
1 Jam di treatment	107,13	108,24	118,90
2 Jam ditreatment	97,62	97,98	97,95
3 Jam treatment	90,71	90,56	90,16
4 Jam treatment	88,15	89,52	89,44
5 Jam treatment	87,32	87,93	87,28

#### 4. Total Solid State (TSS).

TSS adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan jumlah zat yang terlarut pada suatu larutan. Semakin tinggi TSS semakin jelek kualitas air tersebut, demikian sebaliknya. Semakin rendah TSS semakin baik kualitas air tersebut. Dalam penyediaan air, TSS merupakan satu faktor yang harus dipertimbangkan mengingat bahwa TSS dari air akan sangat mempengaruhi aktivitas pengolahan yang akan dilakukan, misalnya dalam melakukan koagulasi kimiawi dan desinfeksi air.

Kandungan TSS air limbah petis di Tambak lorok Semarang ini memang sedikit agak tinggi, yakni 117 - 119. Namun setelah ditreatment, air limbah yang muncul dapat ditekan dan dalam batas atas yang diijinkan oleh PerDa No: 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah, yaitu 100. Dengan demikian air limbah Petis dari Pabrik tersebut menjadi semakin ramah dengan lingkungan.

**Tabel: 5. Kemampuan Arang Tempurung Kelapa Dalam Memperbaiki Kekeruhan Air (Skala NTU)**

Macam Sampel	Air Daerah A	Air Daerah B	Air Daerah C
Sebelum diolah	8,1 NTU	8,2 NTU	8,1 NTU
1 Jam diolah	7,5 NTU	7,6 NTU	7,5 NTU
2 Jam diolah	6,9 NTU	6,9 NTU	6,8 NTU
3 Jam diolah	5,7 NTU	5,9 NTU	5,7 NTU
4 jam diolah	5,3 NTU	5,6 NTU	5,4 NTU
5 Jam diolah	4,2 NTU	4,3 NTU	4,4 NTU

#### 5. Kekeruhan

Air dikatakan keruh, apabila air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang

tersuspensi sehingga memberikan warna/rupa yang berlumpur dan kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini meliputi : tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik yang tersebar secara baik dan partikel-partikel kecil yang tersuspensi lainnya, yang berukuran 10 nm sampai 10  $\mu$ m (6). Kekeruhan merupakan sifat optis dari suatu larutan, yaitu hamburan dan absorpsi cahaya yang melaluinya(8).

Kadar kekeruhan air limbah petis di Tambak lorok Semarang ini memang tergolong kurang baik, karena kekeruhannya yang cukup mencolok. Namun setelah diproses dengan arang aktif maka kadar kekeruhannya menjadi sekitar 4,3, yang tergolong batas yang diijinkan oleh pemerintah, yakni: PerMenKes No: 907/SK/VII/2002, yaitu: 5,0 NTU. Oleh karenanya metoda ini cocok untuk menjernihkan air limbah yang dikeluarkan oleh pabrik petis di Tambak Lorok Semarang.

#### Kesimpulan/ saran:

1. Hasil proses karbonisasi sangat mempengaruhi kualitas arang yang dihasilkan.
2. Arang aktif yang dihasilkan cukup efektif jika digunakan untuk pengolahan air.
3. Ada korelasi antara kualitas arang yang dihasilkan dengan kualitas hasil air yang diperoleh.

#### Saran:

Penelitian ini bisa ditindak lanjuti untuk treatment pengolahan limbah industri kecil/ rumah tangga, sehingga masyarakat juga bisa berperan aktif dalam melestarikan lingkungan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Cheremisinoff, D.N., Ellerbusch, F., 1978, *Carbon Adsorption Handbook*, An Arbon Science, New York.
- Sembiring, Meilita T., Sinaga, Tuti S., 2003, *Arang Aktif Pengenalan dan Proses Pembuatannya*, Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Hendra, Dj., Pari, G., 1999, *Pembuatan Arang Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit*, Buletin Penelitian Hasil Hutan, Jakarta.

kan warna/rupa  
han-bahan yang  
iputi : tanah liat,  
yang tersebar  
kel kecil yang  
ukuran 10 nm  
merupakan sifat  
hamburan dan  
(8).

imbah petis di  
emang tergolong  
nya yang cukup  
ses dengan arang  
menjadi sekitar  
g diijinkan oleh  
rMenKes No:  
NTU. Oleh  
uk menjernihkan  
k pabrik petis di

nisasi sangat  
arang yang

an cukup efektif  
lahan air.  
itas arang yang  
s hasil air yang

k lanjuti untuk  
n industri kecil/  
parakat juga bisa  
an lingkungan.

usch, F., 1978,  
lbook, An Arbon

a, Tuti S., 2003,  
an dan Proses  
Teknik Industri  
ersitas Sumatera

Pembuatan Arang  
g Kelapa Sawit,  
atan, Jakarta.

Pohan, HG., Siallagan, Christiana, Wulandari,  
Rianti, Tanpa Tahun, *Pengaruh Suhu dan  
Konsentrasi Natrium Hidroksida Pada  
Pembuatan Karbon Aktif dari Sekam  
Padi*, Balai Pengembangan Industri Hasil  
Pertanian (BBIHP) Departemen  
Perindustrian dan Perdagangan Bekerjasama  
dengan FMIPA Jurusan Kimia Universitas  
Indonesia, Jakarta.

Anonim, 1979, "*Water treatment Hand Book*",  
5 th edition, A Haustin Press Book  
Co, New York.

Sutrisno, Totok C., Suciastuti, Eni, 2004,  
*Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Rineka  
Cipta, Jakarta.

Vogel, IA, 1978, "*A Text Book of Macro  
and Semimicro Qualitative Inorganic  
Analisis*", 5 th edition, John Wiley and  
Sons Inc, New York.

Alaert, G., 1987, "Metoda Penelitian Air", edisi  
1, Airlangga Press, Surabaya.  
Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah,  
Nomor 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu  
Air Limbah, BAPPEDAL, Semarang