

# PENGOLAHAN AIR LIMBAH KEGIATAN PENAMBANGAN BATUBARA MENGUNAKAN BIOKOAGULAN : STUDI PENURUNAN KADAR TSS, TOTAL Fe DAN TOTAL Mn MENGGUNAKAN BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)

Nugeraha<sup>1</sup>, Sri Sumiyati<sup>2</sup>, dan Ganjar Samudro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Alumni Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP, Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang,  
Email: ganjarsamudro@undip.ac.id

## ABSTRAK

Salah satu alternatif pengolahan air limbah kegiatan penambangan batubara adalah dengan menggunakan biji kelor (*Moringa oleifera*) sebagai biokoagulan. Protein dan logam alkali kuat yang terkandung dalam biji kelor (*Moringa oleifera*) dapat bersifat sebagai polielektrolit dan kutub positif yang dapat mengikat koloid dalam air buangan. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan dosis optimum dan efektifitas biji kelor dalam menurunkan TSS, total Fe dan total Mn pada kondisi aktual terhadap perbedaan karakteristik air limbah kegiatan penambangan batubara dengan menggunakan jarrest. Hasil penelitian menunjukkan dari tiga sumber air limbah yang berbeda (sampel A, sampel B dan sampel C), terjadi penurunan TSS sebesar 99,93%, total Fe 99,71% dan total Mn 10,84% dengan dosis optimum 1,50 gr/L untuk sampel A, kemudian penurunan TSS sebesar 91,52%, total Fe 85,47% dan total Mn 0,53% dengan dosis optimum 0,50 gr/L untuk sampel B dan penurunan TSS sebesar 99,29%, total Fe 99,43% dan total Mn 50,54% dengan dosis optimum 1,25 gr/L untuk sampel C. Perbedaan karakteristik sumber air limbah dan sifat polutan yang terkandung akan mempengaruhi kinerja biji kelor (*Moringa oleifera*).

**Kata kunci :** *Moringa oleifera*, karakteristik sampel, koagulasi, dosis optimum.

## PENDAHULUAN

Air limbah usaha dan atau kegiatan pertambangan batu bara adalah air yang berasal dari kegiatan penambangan batu bara yang meliputi penggalian, pengangkutan dan penimbunan baik pada tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Baku mutu air limbah batu bara adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemaran yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah batu bara yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan. Parameter yang dimonitoring pada air limbah kegiatan penambangan batubara adalah TSS, total Fe dan total Mn (KepMenLH no.113/2003).

Penelitian sebelumnya mengenai pemanfaatan biji kelor (*Moringa oleifera*) sebagai biokoagulan menunjukkan bahwa biji kelor (*Moringa oleifera*) mampu menurunkan kekeruhan, kadar logam berat dan jumlah bakteri pada pengolahan air limbah maupun air bersih. Berdasarkan hasil Studi Eksplorasi Tentang Bahan Koagulan Alami Dari Tumbuh-Tumbuhan Dan Efeknya Terhadap Kandungan Bakteri Coli, biji kelor (*Moringa oleifera*) dapat

mereduksi bakteri Coli sekitar 28% (Juli, N., Suria, W., Birsyam, I., 1986). Penelitian M. Hindun Pulungan mengenai pemanfaatan biji kelor (*Moringa oleifera*) untuk menjernihkan air limbah, menunjukkan penurunan turbiditas dari limbah tahu sebesar 72,21% (Pulungan, H., 2007). Selain itu serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) juga memiliki efektifitas 99,529% untuk menurunkan kadar ion Fe dan 99,355% untuk Mn serta 99,868% kekeruhan dalam air (Srawaili, E. T., 2009). Kelebihan biji kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Biokoagulan dibanding koagulan kimia, yaitu mudah untuk dibudidayakan di lingkungan sekitar, karena tanaman biji kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman yang dapat hidup di daerah dengan ketinggian mulai dari pesisir laut sampai ke daerah dataran tinggi.

Penelitian mengenai penggunaan biokoagulan ini merupakan kajian terhadap dosis optimum dan efektifitas koagulan tersebut dalam mereduksi polutan (TSS, Total Fe, dan Total Mn) pada air limbah kegiatan penambangan batubara. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu pertimbangan dalam pemilihan koagulan yang tepat dalam

pengolahan air limbah kegiatan penambangan batubara dan salah sebagai satu masukan pada pemilihan alternatif tanaman untuk reklamasi lahan bekas penambangan. Dengan pengolahan limbah yang tepat, selain pencemaran lingkungan akibat air limbah kegiatan penambangan batubara dapat dicegah, tanaman kelor (*Moringa oleifera*) yang dibudidayakan pada lahan bekas penambangan maupun lingkungan sekitar tambang, dapat dimanfaatkan oleh masyarakat setempat untuk pengolahan air lainnya. Hal ini dapat menjadi menjadi salah satu nilai tambah perusahaan tambang dalam menerapkan *cooperate social responsibility* (CSR) dan sistem manajemen lingkungan.

**METODOLOGI**

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah kegiatan penambangan batubara yang berasal dari daerah tambang PT. Kaltim Prima Coal. Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui karakteristik (pH, DO, Turbidity, TDS, TSS, Total Fe dan Total Mn) pada sampel air limbah kegiatan penambangan batubara. Setelah diketahui kadar awal TSS, Total Fe dan Total Mn pada air limbah kegiatan penambangan batubara, selanjutnya dilakukan uji kinerja koagulan dengan menggunakan jartest (*rapid mix* : 200 rpm selama 30 detik, *slow mix* : 30 rpm selama 10 menit dan *settling* selama 30 menit). Melalui uji kinerja koagulan ini diharapkan dapat diketahuinya dosis optimum dan efektifitas biji kelor (*Moringa oleifera*) sebagai koagulan dalam menurunkan TSS, Total Fe dan Total Mn pada air limbah kegiatan penambangan batubara.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Karakteristik Sampel Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara**

Sampel yang digunakan merupakan air limbah kegiatan penambangan batubara yang berasal dari daerah tambang PT. Kaltim Prima Coal. Sampel diambil secara grab pada inlet kolam pengendap. Berikut ini merupakan Tabel 1 mengenai hasil analisis karakteristik sampel.

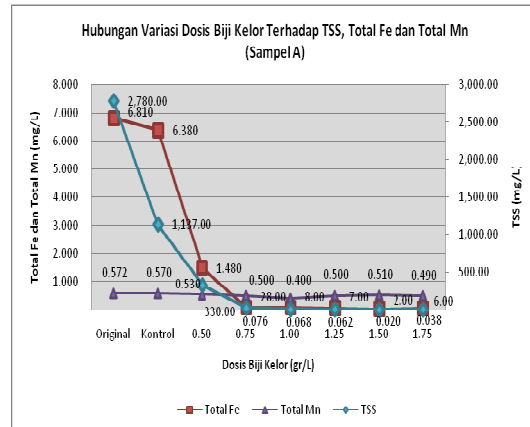
**Tabel 1.** Karakteristik Sampel

No.	Lokasi Sampel	pH	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	DO (mg/L)
1	A	6,59	2780	256	5,1
2	B	3,64	171	1100	4,8
3	C	7,43	986	103,3	4,2

**2. Dosis Optimum dan Efektifitas Biji Kelor (*Moringa oleifera*) pada kondisi aktual dalam menurunkan TSS, Total Fe dan Total Mn**

**1. Sampel A**

Untuk mengetahui dosis optimum pada sampel A, dapat diketahui melalui grafik hubungan variasi dosis biji kelor terhadap TSS, total Fe dan total Mn di bawah ini.



**Gambar 1.** Grafik Hubungan Variasi Dosis Biji Kelor Terhadap TSS, Total Fe dan Total Mn (Sampel A)

Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa secara keseluruhan setelah penambahan biji kelor untuk sampel A, TSS, total Fe dan total Mn menunjukkan penurunan. Pada sampel A, TSS dan total Fe menunjukkan penurunan yang lebih besar dari total Mn. Perbedaan kuantitas dan sifat logam Fe dan Mn kemungkinan dapat berpengaruh pada penurunan tersebut. Dosis optimum penurunan TSS, total Fe dan total Mn pada sampel A untuk kondisi aktual pH 6,59 adalah berkisar antara 1,00 gr/L - 1,50 gr/L. Namun untuk penerapan di lapangan, dosis yang dipilih adalah 1,50 gr/L, karena dari tiga parameter yang dianalisis pada dosis tersebut penurunan TSS dan total Fe menunjukkan penurunan yang paling besar. Selain itu penurunan TSS dapat diketahui secara visual. karena TSS biasanya akan sebanding dengan kekeruhan (*turbidity*). Efektifitas pada dosis optimum untuk sampel A dalam penurunan TSS adalah 99,93%, total Fe 99,71% dan total Mn 10,84%.

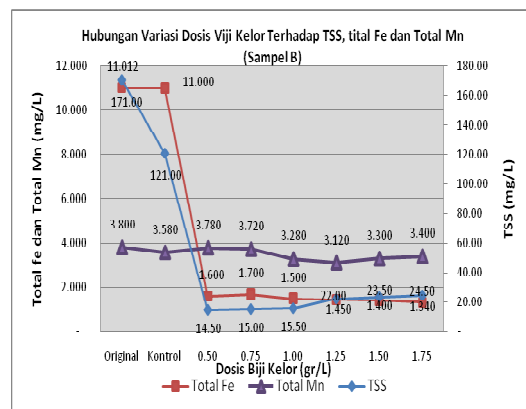
Grafik tersebut juga menunjukkan bahwa ketika dosis kelor ditambahkan melebihi dosis optimum, kemampuan penyisihan Fe justru akan menurun. Hal ini disebabkan oleh telah terlampauinya konsentrasi optimum protein tersebut untuk mengikat koloid dan ion logam

(Darmono, 1995). Oleh karena itu penambahan dosis yang berlebih tidaklah memperbaiki kinerja suatu koagulan.

Biji kelor mengandung suatu zat aktif 4 $\alpha$ -4r- rhamnosyloxy- benzyl- isothiocyanate yang berfungsi sebagai protein kationik. Zat aktif ini dapat membantu menurunkan gaya tolak-menolak antara partikel koloid dalam air. Prinsip utama mekanismenya adalah adsorbs dan netralisasi tegangan protein tersebut. Ion-ion logam yang terlarut akan diadsorbsi oleh biji kelor sedangkan koloid yang terbentuk akan terjadi netralisasi muatan oleh protein yang terkandung dalam kelor tersebut (Adfa dkk, 2006).

## 2. Sampel B

Untuk mengetahui dosis optimum pada sampel B secara keseluruhan, dapat diketahui melalui grafik hubungan variasi dosis biji kelor terhadap TSS, total Fe dan total Mn di berikut ini :



**Gambar 2.** Grafik Hubungan Variasi Dosis Biji Kelor Terhadap TSS, Total Fe dan Total Mn (Sampel B)

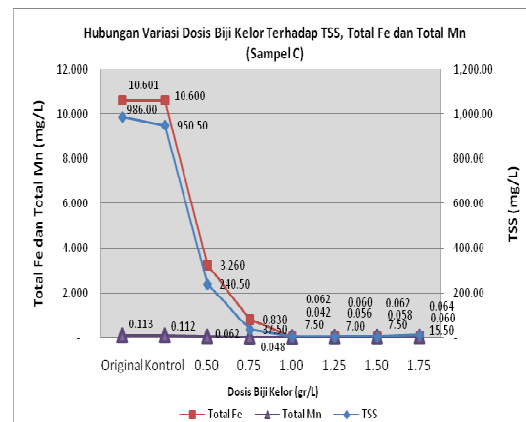
Gambar di atas merupakan grafik hubungan variasi dosis biji kelor terhadap TSS, total Fe dan total Mn (sampel B). Berdasarkan gambar 5.8 dapat ketahu bahwa TSS, total Fe dan total Mn menunjukkan penurunan setelah penambahan biji kelor. grafik tersebut menunjukkan dosis optimum untuk setiap parameter terjadi pada dosis yang berbeda. Dosis optimum TSS, total Fe dan total Mn diperoleh masing-masing pada dosis 0,50 gr/L, 1,75 gr/L dan 1,25 gr/L. Dapat dilihat pada grafik, untuk dosis 1,25 gr/L terjadi persilangan antara grafik TSS dan total Fe, selain itu pada dosis tersebut total Mn juga menunjukkan penurunan terbesar. Persilangan pada grafik tersebut berarti jika dosis biji kelor yang ditambahkan melebihi dari titik tersebut

maka penurunan TSS akan berkurang sedangkan penurunan total Fe justru akan semakin besar. Untuk penerapan dilapangan, dosis yang optimum yang digunakan adalah 0,50 gr/L. Pada dosis tersebut TSS menunjukkan penurunan yang terbesar setelah ditambahkan biji kelor. Efektifitas pada dosis optimum untuk sampel B dalam penurunan TSS adalah 99,29%, total Fe 99,43% dan total Mn 50,54%.

Penurunan TSS juga dapat diketahui secara visual dengan berkurangnya kekeruhan pada sampel. Partikel yang disisihkan oleh biji kelor merupakan partikel yang berbentuk koloid. Logam Fe dan Mn memiliki sifat yang berbeda, tidak semua dari logam tersebut akan membentuk koloid dalam air. Hal tersebut akan berhubungan dengan karakteristik sampel.

## 3. Sampel C

Untuk mengetahui dosis optimum pada sampel C secara keseluruhan, dapat diketahui melalui grafik hubungan variasi dosis biji kelor terhadap TSS, total Fe dan total Mn di bawah ini.



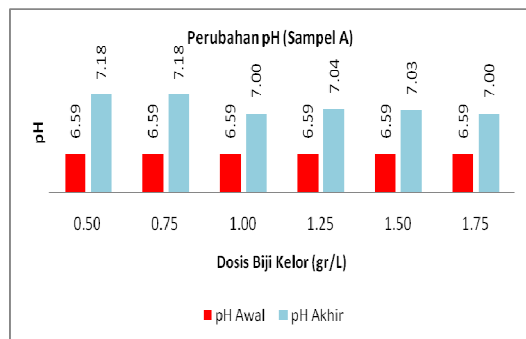
**Gambar 3.** Grafik Hubungan Variasi Dosis Biji Kelor Terhadap TSS, Total Fe dan Total Mn (Sampel C)

Gambar di atas merupakan grafik hubungan variasi dosis biji kelor terhadap TSS, total Fe dan total Mn. Berdasarkan grafik dapat diketahui bahwa penambahan biji kelor pada sampel C menunjukkan penurunan terhadap TSS, total Fe dan total Mn. Dosis optimum pada sampel C berkisar antara 1,00 gr/L - 1,25 gr/L. Penurunan optimum total Mn terjadi pada dosis 1,00 gr/L sedangkan untuk TSS dan total Fe terjadi pada dosis 1,25 gr/L. Untuk penerapan di lapangan, dosis yang dipilih adalah 1,25 gr/L, karena dari tiga

parameter yang dianalisis pada dosis tersebut penurunan TSS dan total Fe menunjukkan penurunan yang paling besar. Selain itu penurunan TSS dapat diketahui secara visual karena TSS biasanya akan sebanding dengan kekeruhan (*turbidity*). Efektifitas pada dosis optimum untuk sampel C dalam penurunan TSS adalah 99,29%, total Fe 99,43% dan total Mn 50,54% dengan dosis optimum 1,25 gr/L untuk sampel C

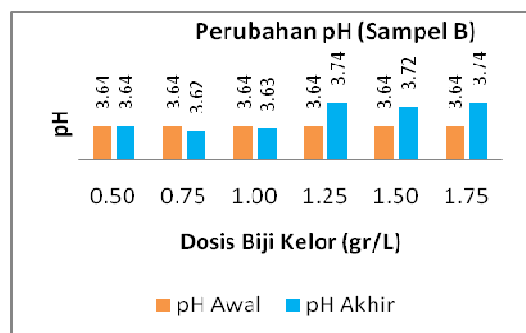
### 3. Perubahan pH Sampel Setelah Ditambahkan Biji Kelor

Setelah dilakukan penambahan biji kelor pada sampel, dilakukan pengukuran akhir sampel. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perubahan pH yang terjadi pada masing-masing sampel. Berikut ini merupakan perubahan pH sampel A, B dan C setelah ditambahkan biji kelor.



Gambar 4. Perubahan pH Setelah Penambahan Biji Kelor Pada Sampel A

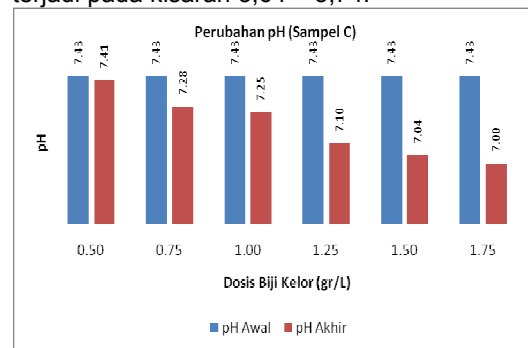
Setelah dilakukan penambahan biji kelor pada sampel A, sampel B dan Sampel C, pH menunjukkan perubahan. Untuk pH pada sampel A dengan pH awal 6,59, pH berubah cenderung naik untuk masing dosis yang ditambahkan. pH akhir sampel A berkisar antara 7,00 hingga 7,18.



Gambar 5. Perubahan pH Setelah Penambahan Biji Kelor Pada Sampel B

Pada sampel B dari pH awal 3,64, setelah dilakukan penambahan biji kelor terjadi perubahan pH yang cenderung tetap pada dosis 0,50 gr/L, kemudian turun pada dosis 0,75 gr/L dan 1,00 gr/L, dan meningkat pada dosis 1,25 gr/L – 1,75 gr/L. pH akhir sampel B terjadi pada kisaran 3,64 – 3,74.

Pada sampel C dari pH awal 3,64, setelah dilakukan penambahan biji kelor terjadi perubahan pH yang cenderung tetap pada dosis 0,50 gr/L, kemudian turun pada dosis 0,75 gr/L dan 1,00 gr/L, dan meningkat pada dosis 1,25 gr/L – 1,75 gr/L. pH akhir sampel B terjadi pada kisaran 3,64 – 3,74.



Gambar 6. Perubahan pH Setelah Penambahan Biji Kelor Pada Sampel C

Untuk sampel C dari pH awal 7,43 setelah ditambahkan biji kelor, pH akhir sampel cenderung turun seiring dengan peningkatan dosis biji kelor yang ditambahkan. Kisaran pH akhir sampel C adalah 7,00 – 7,41.

Secara keseluruhan setelah dilakukan penambahan biji kelor pada sampel A, sampel B dan sampel C pH akhir cenderung berubah. Namun perubahan pH yang terjadi tidak terlalu signifikan dan masih mendekati pH awal. pH yang tidak banyak dipengaruhi oleh dosis pembubuhan koagulan biji kelor merupakan suatu kelebihan karena dapat dilakukan penghematan untuk pembelian bahan kimia khususnya untuk kontrol pH setelah dilakukan proses koagulasi. Koagulan yang berasal dari biji *M. oleifera* hanya mempengaruhi nilai pH sedikit saja jika dibandingkan dengan tawas dan PAC.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan hasil temuan studi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sampel A memiliki karakteristik pH 6,56, TSS 2780 mg/L, TDS 256 mg/L, Turbidity : 8830 NTU, Total Fe 6,810 mg/L dan Total Mn 0,572 mg/L. Sampel B memiliki

- karakterisk pH 3,64, TSS 171 mg/L, TDS 1.100 mg/L, Turbidity 144 NTU, Total Fe 11,012 mg/L, Total Mn 3,800 mg/L. Sampel C memiliki karakteristik pH 7,43, TSS 986 mg/L, TDS 103,3 mg/L, Turbidity 1.048 NTU, Total Fe 10,601 mg/L, Total Mn 0,113 mg/L.
2. Dosis optimum sampel A pada kondisi aktual pH 6,59 adalah 1,50 gr/L, Dosis optimum sampel B pada kondisi aktual pH 3,64 adalah 0,50 gr/L, dan Dosis optimum sampel C pada kondisi aktual pH 7,43 adalah 1,25 gr/L.
  3. Efektifitas biji kelor pada sampel A untuk menurunkan TSS adalah 99,93%, Total Fe 99,71% dan Total Mn 10,84%. Efektifitas biji kelor pada sampel B untuk menurunkan TSS adalah 91,52%, Total Fe 85,47% dan Total Mn 0,53%. Efektifitas biji kelor pada sampel C untuk menurunkan TSS adalah 99,29%, Total Fe 99,43% dan Total Mn 50,54%. Besarnya Efektifitas dipengaruhi oleh karakteristik sampel dan dosis koagulan yang ditambahkan.
- DAFTAR PUSTAKA**
- Aube, B. C. and S. Payant., *The Geoprocess : a new high density sludge treatment for acid mine drainage*. Proceeding of The Fourth International Conference of Acid Rock Drainage, May 30-June 6, Vancouver BC. Vol 1. p.165-180. 1997.
- Baiquni Hendry (eds), *Praktek Unggulan Berkelanjutan Untuk Industri Pertambangan : Mengelola Drainase Asam dan Logam* Commonwealth Copyright Administration, Intellectual Property Branch, Department of Communications, Information Technology and the Arts, Australia, 2007
- Davis, Mackenzie L. and D.A., *Introduction to Environmental Engineering Third Edition*, McGraw Hill, Singapore, 2006.
- Dian, L., *Usaha Memperbaiki Kualitas Air Minum di Pedesaan dengan Menggunakan Biji dari moringa oleifera Lam (kelor)*, OXFAM, Yogyakarta, 1980.
- Div. Perencanaan Lingkungan dan Eksplorasi Tambang, *Dasar-Dasar Pengelolaan Lingkungan*, PTBA, 2002.
- Duke, J. A., *Hand Book of Energy Crops*, Unpublished, <http://www.hort.purdue/newcorp/dukeenergy/moringaoleifera/html>
- Juli N, Suriawilis U., Birsyam I., *Studi Eksplorasi Tentang Bahan Koagulan Alami Dari Tumbuh-Tumbuhan dan Efeknya Terhadap Kandungan Bakteri Coli*, DEPDIKBUD, ITB, 1986.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No113 Tahun 2003, *Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara*
- Kharistya, *Teknologi Tepat Guna*, <http://www.kharistya.wordpress.com/2006/11/09/teknologi-tepat-guna-penjernihan-air-dengan-biji-kelor-moringa-oleifera>
- Kleinmann, R. L. P., R. S. Hedir and R. W. Naim, *Treatment of Acid mine Drainage by Anoxic Limestone Drain and Constructed Wetlands*. In Beller A., H. Klepper and W. Salomons. (eds) *Acidic Mine lakes : Acid Mine drainage, Limnology and Reclamation*. Berlin : Springer, p. 3303-3319, 1998.
- Larry D and Joseph, *Process Chemistry For Water and Wastewater Treatment*, Enyglewood Cliffs, p. 143-149, New Jerse, 1982.
- Price, M.L.ECHO *Technical Note A-5 The Moringa Tree*, <http://www.xc.org/echo/tnmoring.htm>
- Polprasid, P., *Moringa oleifera In : Siemons MA, J.S. ama Pilurk, K. (eds.) : Plant Resources of South East Asia No.8, Vegetables*, Proasca Foundation, , p.213-215, Bogor, Indonesia, 1994.
- Pulungan, H., *Proses Pengolahan Limbah Tahu Dengan Koagulasi Alami*, Makalah Ilmiah Dalam PIT PERMI, 2007.