

## PENGELOLAAN KUALITAS AIR ASAM TAMBANG SETTLING POND PADA KEGIATAN PERTAMBANGAN BATUBARA DI KABUPATEN TANAH LAUT

### Quality Management of Settling Pond Mine Acid Water in Coal Mining Activities in Tanah Laut District

Dona Rosti Anggaita<sup>1\*)</sup>, Suyanto<sup>2)</sup>, Yusanto Nugroho<sup>2)</sup>, Fakhrrur Razie<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan,  
Program Pascasarjana, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

<sup>2)</sup>Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

<sup>3)</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

<sup>\*)</sup>e-mail: [donarostianggaita@gmail.com](mailto:donarostianggaita@gmail.com)

#### Abstract

Management of acid mine drainage is necessary to ensure that the settling pond outlet meets the required environmental quality standards. This research was conducted at the settling pond location of PT. Jorong Barutama Greston. The aim of this research is to analyze the relationship between the settling pond inlet discharge and the use of lime using manual and automatic methods with the outlet parameter sizes being pH Fe, Mn and Cd. Data collection was carried out for approximately 1 year. Observations were taken on a monthly average, both discharge, amount of lime and results of chemical analysis of water quality. The results showed that the method of using lime automatically produces a significant linear relationship between the amount of discharge and the use of lime, while the use of lime manually does not occur consistently between the amount of discharge and the amount of lime so that the use, for the results of water quality analysis either manually or using a lime mixing machine, both produce water quality output that meets environmental quality standards based on the standards of South Kalimantan Governor Regulation No. 36 of 2008.

*Keywords: management; settling ponds; lime; discharge; water quality standards*

#### PENDAHULUAN

Pulau Kalimantan salah satu pulau yang memiliki cadangan batubara terbesar di Indonesia. Kalimantan selain menyimpan sumber mineral juga menyimpan berbagai sumberdaya alam seperti kayu, flora dan fauna. Pulau Kalimantan menyimpan 652,1% dari total potensi miliar ton sumber daya dan cadangan 25,84 miliar ton (Suseno, 2017).

Meningkatnya kegiatan penambangan mineral batubara dan minyak bumi semakin meningkat pula kerusakan lingkungan.

Masalah lingkungan yang timbul pada wilayah bekas tambang seperti perubahan lingkungan yang meliputi perubahan kimiawi, perubahan fisik dan perubahan biologi. Perubahan kimiawi berdampak pada kualitas air disekitar lokasi tambang, perubahan fisik mengakibatkan perubahan morfologi dan topografi lahan yang mengakibatkan iklim juga mengalami perubahan, perubahan biologi seperti hilangnya habitat flora dan

fauna serta penurunan produktivitas tanah (Sabtanto, 2008).

PT. Jorong Barutama Greston merupakan perusahaan tambang yang menerapkan metode *open pit* yang menimbulkan dampak negatif seperti air asam tambang. Permasalahan air asam tambang atau air yang mengandung sulfida tertentu yang ada di dalam batubara dan mengandung zat besi serta mangan dengan konsentrasi tinggi. Air asam tambang jika tidak di Kelola dengan baik pada konsentrasi tertentu akan membahayakan lingkungan dan sekitarnya, dari permasalahan tersebut perlu dilakukan pengolahan terhadap air asam tambang agar tidak membahayakan lingkungan di sekitarnya (Nasir, 2014).

PT Jorong Barutama Grestone menerapkan 2 tipe pengolahan air asam tambang yaitu secara manual (WWM 09) dan menggunakan mesin otomatis (WWM 16). Metode pengolahan air asam tambang secara umum ada dua metode yaitu pengolahanh aktif dan pengolahan pasif. Pengolahan air asam tambang secara aktif proses-proses yang digunakan adalah netralisasi, aerasi dan pengendapan, netralisasi adalah penambahan bahan kimia untuk menetralsir pH air asam tambang agar proses penghilangan kadar besi di dalam air dapat berjalan dengan baik.

Pengolahan air asam tamabng secara pasif yang dikembangkan dengan metode *aerobic wetland*, *succesive alkalinity producing system* dan *open lime stone channel*. Sistem pengelolaan secara pasif memberikan kemudahan dalam penanganan air asam tambang karena tidak diperlukan suplai material, energi, dan tenaga manusia secara berkelanjutan namun memiliki keterbatasan dalam hal kapasitas pengolahan (Gunawan *et al.*, 2014).

Perbedaan WWM 09 dan WWM 16 dalam pengelolaan air asam tambang terletak pada mesin pengaduk kapur. Mesin pengaduk yang di gunakan pada WWM 09 menggunakan mesin kincir air sedangkan

pada WWM 16 menggunakan mesin panel surya.

Sejauh ini belum pernah diuji mengenai efektifitas penggunaan kapur dari kedua metode ini, baik efisiensi jumlah kapur maupun nilai bakumutu yang dihasilkan, sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara besarnya debit air dengan penggunaan debit dengan 2 metode yang dilakukan perusahaan dan kualitas air outlet seedlingpond.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan pada *settling pond* WWM 09 dan WWM 16 di PT. Jorong Barutama Greston yang berada di Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan.

Penelitian ini menggunakan 2 lokasi seedlingpond yaitu pengaduk kapur manual di WWM 09 dan pengaduk kapur otomatis di WWM 16. Penelitian ini mengukur debit di inlet seedlingponds dan jumlah kapur yang diberikan sebagai treatment kualitas air. Data debit dan jumlah kapur diukur selama 3 tahun yang diambil rerata bulanan untuk perhitungan. Selanjutnya pada outlet diukur hasil treatment penggunaan kapur dengan hasil kualitas air meliputi *PH*, *Fe*, *Mn* dan *Cd* dengan membandingkan kualitas air dengan baku mutu Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 36 tahun 2008.

Analisis data secara deskriptif dan penggunaan regresi linear untuk mendapatkan hubungan anatar debit dan jumlah kapur serta analisis laboratorium kualitas air di Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Tanah Laut.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengelolaan air asam tambang pada lokasi WWM 09 menggunakan kolam pengapuran atau metode aktif dengan cara mencampurkan kapur tohor secara manual. Proses pencampuran kapur tohor pada

kompartemen 2, selanjutnya air yang sudah dinetralkan akan dialirkan melalui saluran terbuka menuju kompartemen ketiga sampai terakhir air limbah yang sudah dikelola dan dialirkan ke sungai, contoh unit peralatan pengolahan untuk menetralkan air asam tambang secara aktif dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mesin Gravitasi Air

Proses pengolahan aktif yaitu kapur langsung dicurahkan saluran inlet dan treatment ini dilakukan karena air pada saluran inlet dan treatment arusnya lebih deras sehingga proses pengapuran bisa lebih merata dan membantu pelarutan kapur dalam air. Saluran inlet terdapat bak kontrol yang berfungsi sebagai tempat pengadukan air asam tambang dan kapur.

Penggunaan kapur tohor diberikan pada saluran inlet pada kolam pengendap lumpur agar proses pengapuran bisa lebih merata dan membantu pelarutan dalam air sehingga proses penetralan air asam tambang dapat berjalan dengan baik di setiap kompartemen. Besarnya konsentrasi kapur tohor disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rata-Rata Debit dan Kapur Tohor WWM 09

| Bulan     | 2020  |         | 2021  |          | 2022   |        |
|-----------|-------|---------|-------|----------|--------|--------|
|           | d     | k       | d     | k        | d      | k      |
| Januari   | 0.005 | 14860.8 | 3.847 | 40.803   | 66.532 | 71.503 |
| Februari  | 0.086 | 23.650  | 5.473 | 56.192   | 11.125 | 8.071  |
| Maret     | 0.077 | 26.400  | 2.686 | 28.344   | 69.373 | 89.105 |
| April     | 0.047 | 160.60  | 1.787 | 16406.16 | 11.125 | 8.110  |
| Mei       | 0.106 | 48.590  | 0.959 | 8.983    | 189.64 | 2.600  |
| Juni      | 0.092 | 44.110  | 0.062 | 5.201    | 16.576 | 10.236 |
| Juli      | 0.019 | 36.740  | 3.594 | 30.614   | 0.138  | 2.338  |
| Agustus   | 0.060 | 21.450  | 1.68  | 15.366   | 0.18   | 60.821 |
| September | 0.007 | 39.010  | 8.954 | 14.894   | 85.777 | 4.137  |
| Oktober   | 0.036 | 11.220  | 7.517 | 14.420   | 0.05   | 118.2  |
| November  | 0.085 | 31.900  | 6.018 | 12.742   | 98.247 | 124.11 |
| Desember  | 0.073 | 22.880  | 4.989 | 9.101    | 54.947 | 60.282 |

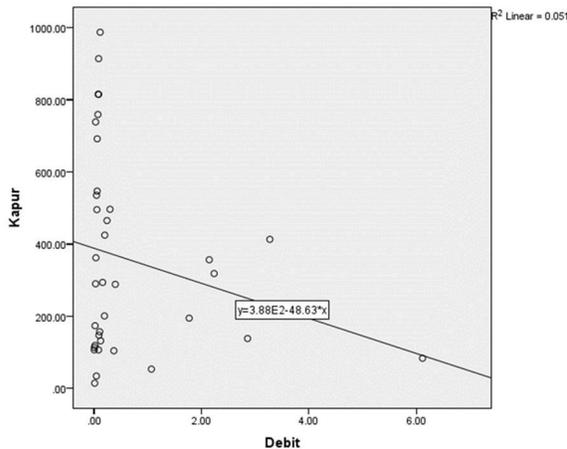
Rata-rata debit air dan konsentrasi kapur tohor setiap bulan pada settling Pond WWM 09 yang menunjukkan penggunaan kapur tohor tidak sesuai dengan debit air, contoh bulan Januari 2020 pada debit 0.005 dengan konsentrasi kapue 14860.8kg, untuk

mengetahui respon penggunaan kapur tohor terhadap air asam tambang WWM 09 maka dilakukan uji regresi linier yang disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Uji Anova WWM 09

| Sumber Variasi | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | Fhitung | Sig.  |
|----------------|---------------|----------------|----------------|---------|-------|
| Regresi        | 1             | 133980         | 133980,0       | 1,809   | 0,187 |
| Residual       | 34            | 2517767        | 74051,97       |         |       |
| <b>Total</b>   | <b>35</b>     | <b>2651747</b> |                |         |       |

Hasil dari uji anova WWM 09 nilai signifikan sebesar 0,187 artinya tidak signifikan. Debit tidak berpengaruh pada penambahan konsentrasi kapur tohor, estimasi debit tidak dapat diprediksi dikarenakan penggunaan penggunaan alat yang masih manual. Pengukuran sistem manual menyebabkan debit dan akurasi penggunaan kapur tidak seimbang, jika dilihat pada Tabel 4.1 dengan rata-rata debit yang kecil penggunaan kapur bisa rendah bisa tinggi sehingga penggunaan kapur pada WW 09 tidak efisien. Nilai koefisien regresi bernilai minus (-), maka dengan demikian dapat dikatakan bahwa debit (X) tidak berpengaruh terhadap konsentrasi kapur (Y), sehingga persamaan regresinya  $Y = 388.376 - 48,631 X$  (grafik disajikan pada Gambar 2).



Gambar 2. Grafik Regesi Konsentari Kapur WWM 09

Lokasi kedua penelitian yaitu WWM 16 menggunakan metode aktif sebagai penetralan air asam tambang secara otomatis. Proses penetralan air asam tambang pada WWM 16 menggunakan mesin panel surya, lebih jelas nya disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Mesin Panel Surya

WWM 16 juga dilengkapi alat sparing online untuk mengukur kadar suatu parameter kualitas air limbah dan debit air limbah. Proses penetralan air tambang di WWM 16 dengan cara memasukkan kapur tohor kedalam tabung untuk di larutkan terlebih dahulu, setelah kapur larut lalu dialirkan melalui pipa ke kolam kompartemen agar tercampur dengan air asam tambang, untuk mengetahui ph, TSS dan Debit pada WWM 16 diukur menggunakan alat sparing online disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Alat Sparing Online

Lokasi lainnya yang menggunakan kapur tohor sebagai bahan penetral air asam tambang yaitu WWM 16, yang membedakan

WWM 09 dan WWM 16 yaitu sistem pengelolaan atau pemantauan. WWM 09 pengukuran debit secara manual sedangkan di WWM 16 menggunakan alat sparing online. Atau yang biasa disebut sistem

pemantauan kualitas air limbah secara terus menerus dan dalam jaringan. Hasil rata-rata debit dan konsentrasi kapur pada WWM 16 disajikan pada Tabel 3.

Tabel. 3. Rata-Rata Debit Air dan Konsentrasi Kapur Tohor WWM 16 Tahun 2020-2022

| Bulan     | 2020                      |            | 2021                      |            | 2022                      |            |
|-----------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|
|           | Debit (m <sup>3</sup> /s) | Kapur (kg) | Debit (m <sup>3</sup> /s) | Kapur (kg) | Debit (m <sup>3</sup> /s) | Kapur (kg) |
| Januari   | 0.172                     | 2121.22    | 0.31                      | 107.52     | 3.10                      | 579.561    |
| Februari  | 0.206                     | 2181.79    | 0.10                      | 733.41     | 3.66                      | 941.379    |
| Maret     | 0.205                     | 1663.48    | 0.03                      | 480.42     | 3.43                      | 899.083    |
| April     | 0.103                     | 1426.33    | 0.14                      | 1438.10    | 5.10                      | 921.960    |
| Mei       | 0.019                     | 209.35     | 0.10                      | 979.91     | 9.56                      | 1562.528   |
| Juni      | 0.068                     | 1427.06    | 0.15                      | 1314.38    | 6.61                      | 1148.904   |
| Juli      | 0.114                     | 1710.32    | 0.08                      | 722.926    | 23.72                     | 1780.626   |
| Agustus   | 0.041                     | 723.87     | 0.10                      | 974.57     | 9.21                      | 2219.110   |
| September | 0.032                     | 513.33     | 0.99                      | 635.91     | 10.45                     | 2761.940   |
| Oktober   | 0.046                     | 674.19     | 0.24                      | 298.17     | 11.61                     | 2.798      |
| November  | 0.030                     | 386.89     | 0.24                      | 81.95      | 5.04                      | 1008.64    |
| Desember  | 0.035                     | 429.35     | 0.31                      | 107.52     | 5.53                      | 1296.26    |

Rata-rata penggunaan konsentrasi kapur tohor pada settling pond WWM 16 tahun 2020 paling banyak pada bulan Februari sebesar 2181.79kg, tahun 2021 paling banyak 1438.10kg pada bulan April, dan tahun 2022 penggunaan paling banyak 1562.528kg pada bulan Mei. Pengukuran

debit air penting dilakukan karena mempengaruhi jumlah kapur tohor yang akan di gunakan saat penetralan, untuk mengetahui respon penggunaan kapur tohor terhadap air asam tambang WWM 16 maka dilakukan uji regresi linier yang disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Uji Anova Kapur WWM 16

| Sumber Variasi | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | Fhitung | Sig.  |
|----------------|---------------|----------------|----------------|---------|-------|
| Regresi        | 1             | 2051032        | 2051032        | 4,672   | 0,038 |
| Residual       | 34            | 1,49E+7        | 438959,7       |         |       |
| <b>Total</b>   | <b>35</b>     | <b>1,70E+7</b> |                |         |       |

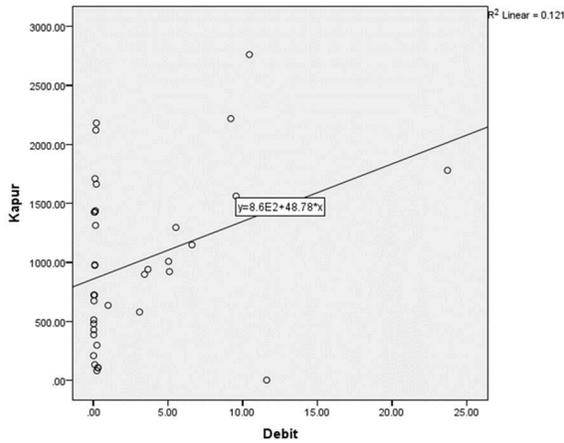
Keterangan:

- a. Dependent Variabel: Debit Air
- b. Predictors: Kapur Tohor

Uji anova digunakan untuk menentukan taraf signifikansi atau linieritas dari regresi. Kriterianya dapat ditentukan berdasarkan uji F atau uji nilai Signifikansi (Sig.). Hasil uji anova dinyatakan bahwa debit berpengaruh pada penambahan konsentrasi kapur tohor, karena nilai

signifikan 0,038 lebih kecil dari 0,05 maka terdapat pengaruh antara peningkatan debit dengan jumlah penggunaan kapur tohor, semakin tinggi debit penggunaan kapur tohor semakin tinggi. Penggunaan kapur lebih efisien dan ukurannya mengikuti besarnya debit.

Penggunaan sistem sensor atau sparing online memiliki pengaruh dari debit untuk penggunaan kapur, sehingga memberikan taraf kepuasan 12,1%. Output pada kadar air masuk pada standar baku artinya penggunaan kapur pada WWM 16 lebih ekonomis dan efisien, untuk grafik disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Uji Regresi Linear Antara Debit dan Kapur Tohor pada WWM 16

Pengujian sampel air di inlet bertujuan untuk mengetahui karakteristik awal dari air asam tambang sebelum diolah. Sampel air diambil di titik dimana belum terjadi pencampuran bahan kimia. Hasil pengujian inlet pada lokasi WWM 09 dan WWM 16 dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 36 tahun 2008, meliputi parameter pH, TSS, Fe, Mn dan Cd.

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH sendiri memiliki nilai yang berkisar antar 6-9. Pengukuran di saluran inlet dan outlet di kolam pengendap lumpur. Perubahan keasaman pada air buangan, baik kearah alkali (pH naik) maupun kearah asam (pH turun) akan sangat mengganggu.

Air buangan yang mempunyai pH rendah juga bersifat sangat korosif terhadap baja dan besi, bangunan semen atau beton mudah rusak pada kondisi asam dan dapat terjadi penyumbatan aquifer atau sumur akibat pengendapan besi (besi oksida). Hasil pengukuran pH disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengukuran pH WWM 09

| Bulan            | 2020       |            | 2021        |             | 2022        |             | Baku Mutu |
|------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
|                  | Inlet      | Outlet     | Inlet       | Outlet      | Inlet       | Outlet      |           |
| Januari          | 3.75       | 7.13       | 3.64        | 7.03        | 3.12        | 6.32        |           |
| Februari         | 3.98       | 7.63       | 3.58        | 6.8         | 4.92        | 8.01        |           |
| Maret            | 4.21       | 7.3        | 3.66        | 6.48        | 7.2         | 7.42        |           |
| April            | 3.58       | 7.4        | 3.94        | 6.54        | 4.45        | 6.46        |           |
| Mei              | 3.53       | 6.62       | 4.07        | 6           | 4.69        | 7.17        |           |
| Juni             | 3.5        | 7.55       | 3.95        | 6.6         | 4.5         | 6.02        |           |
| Juli             | 3.63       | 8.11       | 4.02        | 7.13        | 4.09        | 6.23        | 6-9       |
| Agustus          | 4.53       | 8.75       | 3.36        | 6.69        | 5.91        | 7.81        |           |
| September        | 4.26       | 6.64       | 4.44        | 6.89        | 6.31        | 6.56        |           |
| Oktober          | 3.14       | 6.45       | 4.42        | 6.97        | 5.14        | 6.57        |           |
| November         | 3.42       | 6.79       | 5.18        | 6.87        | 5.02        | 6.05        |           |
| Desember         | 3.83       | 6.47       | 4.56        | 8.17        | 8.8         | 7.3         |           |
| <b>Rata-Rata</b> | <b>3.8</b> | <b>7.2</b> | <b>4.07</b> | <b>6.85</b> | <b>5.35</b> | <b>6.83</b> |           |

Kualitas pH pada inlet WWM 09 atau kolam pengendap lumpur belum memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan sebagaimana kita ketahui jika semakin kecil pH (< 7) maka tingkat keasaman tinggi. Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan nilai pH pada setiap sampel pada outlet, di tahun 2020 nilai rata-rata pH pada inlet sebesar 3,78 setelah ditambahkan kapur tohor nilai rata-rata naik menjadi 7,24. Nilai rata-rata pH pada inlet di tahun 2021 sebesar 4,07 setelah dilakukan treatment menggunakan kapur tohor nilai pH pada outlet naik dengan nilai rata-rata 6,58, pada tahun 2022 nilai rata-rata pH pada inlet sebesar 5,35 di outlet rata-rata nilai naik menjadi 6,83. Air yang awalnya bersifat asam berubah menjadi basa yang artinya angka

tersebut sudah memenuhi syarat baku mutu dan aman untuk dibuang ke badan air.

Lokasi penelitian lainnya yang menggunakan metode aktif untuk penetralan air asam tambang yaitu WWM 16 menggunakan mesin pengaduk dari panel surya. Pengolahan air asam tambang di saluran inlet menggunakan kapur tohor yang dilarutkan terlebih dahulu di dalam tabung hingga larut sebelum dicampurkan dengan air asam di saluran. Penggunaan kapur yang di larutkan terlebih dahulu perlu dikaji efisiensinya, dengan melakukan pengecekan sensor pengukur pH dilapangan untuk menaikkan pH air asam tambang menjadi basa, hasil pengukuran pH inlet dan outlet WWM 16 disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Pengukuran pH WWM 16

| Bulan            | 2020       |             | 2021        |             | 2022        |             | Baku Mutu |
|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
|                  | Inlet      | Outlet      | Inlet       | Outlet      | Inlet       | Outlet      |           |
| Januari          | 3.55       | 7.31        | 3.23        | 6.28        | 3.23        | 7.44        |           |
| Februari         | 3.95       | 6.71        | 7.72        | 6.54        | 7.72        | 7.72        |           |
| Maret            | 4.02       | 8.13        | 3.64        | 6.20        | 3.64        | 6.20        |           |
| April            | 3.56       | 7.40        | 4.49        | 6.26        | 4.49        | 6.52        |           |
| Mei              | 3.68       | 6.17        | 4.40        | 6.01        | 4.4         | 6.36        |           |
| Juni             | 3.82       | 7.21        | 4.81        | 6.62        | 4.81        | 6.13        |           |
| Juli             | 6.05       | 6.42        | 4.15        | 7.04        | 4.15        | 6.32        | 6-9       |
| Agustus          | 4.63       | 8.51        | 4.64        | 6.58        | 4.64        | 6.39        |           |
| September        | 3.27       | 6.67        | 6.79        | 6.05        | 6.79        | 7.10        |           |
| Oktober          | 3.15       | 6.72        | 4.40        | 6.87        | 4.4         | 6.36        |           |
| November         | 2.86       | 6.29        | 8.80        | 6.40        | 8.8         | 7.30        |           |
| Desember         | 6.68       | 6.89        | 4.45        | 7.54        | 4.45        | 6.38        |           |
| <b>Rata-Rata</b> | <b>4.1</b> | <b>7.04</b> | <b>5.13</b> | <b>6.53</b> | <b>5.13</b> | <b>6.69</b> |           |

Sampel air asam tambang dari inlet pada WWM 16 memiliki nilai pH berada di bawah baku mutu. Perubahan nilai pH sampel air asam tambang yang terjadi pada bulan Februari tahun 2022 menunjukkan tidak ada perubahan nilai rata-rata pH, pada inlet nilai rata-rata 7,72 dan nilai rata-rata pada outlet 7,72 hal ini diduga sampel air asam tambang pada kondisi ini sudah berada dalam keadaan yang setimbang.

Faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi perbedaan nilai rata-rata pH pada

pemberian dosis setiap jenis kapur tersebut karena terjadinya proses penguapan pada lokasi penelitian dan penambahan volume dari air limpasan, sehingga pH air asam tambang bisa berubah sewaktu-waktu.

Total Suspended Solid (TSS) adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap. Menurut Azwir (2006) bahwa padatan tersuspensi terdiri dan partikel-partikel yang beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan organik tertentu,

tanah liat dan lainnya. Uji laboratorium TSS merupakan padatan yang tertahan pada saringan yang terdiri dari bagian yang bisa mengendap dan bagian yang tidak bisa mengendap. TSS merupakan padatan yang menyebabkan

kekeruhan, tidak terlarut dan tidak mengendap langsung. Hasil yang diperoleh dari uji lab TSS yaitu untuk sampel air asam bekas batubara pada settling Pond WWM 09 disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perubahan Kualitas TSS WWM 09

| Bulan            | 2020         |              | 2021        |             | 2022         |             | Baku Mutu |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-----------|
|                  | Inlet        | Outlet       | Inlet       | Outlet      | Inlet        | Outlet      |           |
| Januari          | 8            | 4            | 4           | 9           | 66.33        | 22.56       |           |
| Februari         | 6            | 4            | 4           | 5           | 1.57         | 9.62        |           |
| Maret            | 122          | 18           | 4           | 7           | 2.5          | 2.7         |           |
| April            | 10           | 17           | 3.29        | 4.4         | 12.75        | 3.25        |           |
| Mei              | 3            | 11           | 2.67        | 6.83        | 134          | 8.67        |           |
| Juni             | 5            | 5            | 2.47        | 26          | 13.3         | 11.69       |           |
| Juli             | 3            | 25           | 1.44        | 7.56        | 12.4         | 5.6         | 200       |
| Agustus          | 4            | 8            | 6           | 8.75        | 6.43         | 8           |           |
| September        | 66           | 41           | 4           | 5.29        | 10.27        | 7           |           |
| Oktober          | 4            | 14           | 4           | 5.29        | 3.78         | 7.29        |           |
| November         | 3            | 3            | 2.94        | 5.05        | 5.56         | 9.67        |           |
| Desember         | 182          | 24           | 5.07        | 0.323       | 9.17         | 5           |           |
| <b>Rata-Rata</b> | <b>34.67</b> | <b>14.50</b> | <b>3.66</b> | <b>7.54</b> | <b>23.17</b> | <b>8.42</b> |           |

Hasil uji lab pada inlet WWM 09 di tahun 2020 dengan nilai rata-rata inlet 34.67 mg/l dan rata-rata outlet 14.50 mg/l, tahun 2021 rata-rata inlet sebesar 3.66 mg/l dan rata-rata outlet 7.54 mg/l, tahun 2022 rata-rata inlet 23.17 mg/l dan rata-rata outlet 8.42 mg/l.

kadar TSS pada WWM 09 sangat rendah, contoh pada bulan januari 2020 kadar TSS pada inlet hanya 8mg/l dan setelah dilakukan pencampuran kapur turun menjadi 4mg/l. Kadar tertinggi TSS pada bulan Desember 2020 sebesar 182mg/l ketika dicampur kapur tohor turun menjadi 24mg/l. TSS merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen, dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan, TSS memberikan kontribusi untuk kekeruhan dengan membatasi cahaya untuk fotosintesis dan

visibilitas di perairan. Oleh karena itu nilai kekeruhan tidak dapat dikonversi ke nilai TSS.

Ada beberapa kadar TSS yang mengalami peningkatan pada outlet diduga pada saluran outlet menerima air limpasan dari lapangan atau air hujan yang membawa partikel-partikel halus menuju kompartemen, namun angka peningkatan jauh dibawah baku mutu sehingga aman untuk di alirkan ke sungai,

Lokasi lainnya yang dilakukan pengamatan TSS yaitu WWM 16, data perubahan kualitas TSS disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perubahan Kualitas TSS WWM 16

| Bulan            | 2020         |              | 2021        |             | 2022         |             | Baku Mutu |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-----------|
|                  | Inlet        | Outlet       | Inlet       | Outlet      | Inlet        | Outlet      |           |
| Januari          | 23           | 12           | 8           | 11          | 8.67         | 3.7         | 200       |
| Februari         | 85           | 15           | 9           | 7           | 8.67         | 8.67        |           |
| Maret            | 10           | 24           | 3           | 7           | 3            | 7           |           |
| April            | 22           | 70           | 9.17        | 5           | 58.33        | 3.25        |           |
| Mei              | 2            | 2            | 2.72        | 6.2         | 186          | 11          |           |
| Juni             | 3            | 44           | 19.13       | 11.2        | 2.8          | 1.9         |           |
| Juli             | 4            | 27           | 3.37        | 6.20        | 5.25         | 10.6        |           |
| Agustus          | 6            | 22           | 5.75        | 12          | 7.25         | 8.31        |           |
| September        | 30           | 22           | 3.86        | 3.57        | 13.17        | 16.91       |           |
| Oktober          | 5            | 10           | 6           | 6.5         | 3.44         | 16.9        |           |
| November         | 4            | 16           | 13          | 2.33        | 9.17         | 5           |           |
| Desember         | 5            | 3            | 3           | 8.33        | 6            | 8           |           |
| <b>Rata-Rata</b> | <b>16.58</b> | <b>22.25</b> | <b>7.17</b> | <b>7.19</b> | <b>25.98</b> | <b>8.44</b> |           |

Hasil uji lab pada inlet WWM 16 di tahun 2020 dengan nilai rata-rata inlet 16,58mg/l dan rata-rata outlet 22,25mg/l, tahun 2021 rata-rata inlet sebesar 7,17mg/l dan rata-rata outlet 7.19mg/l, tahun 2022 rata-rata inlet 25,98mg/l dan rata-rata outlet 8.44mg/l. Angka ini menunjukkan bahwa treatment yang diberikan pada air limbah yang masuk pada inlet mengakibatkan penurunan kandungan TSS, namun ada beberapa kadar TSS yang mengalami peningkatan pada outlet diduga pada saluran outlet menerima air limpasan dari lapangan atau air hujan yang membawa partikel-partikel halus menuju kompartemen, namun angka peningkatan jauh dibawah baku mutu sehingga aman untuk di alirkan ke sungai.

Kandungan logam berat dapat ditentukan dengan metode AAS (*Atomic Absorption*

*Spectrophotometry*) merupakan metode untuk mengukur jumlah unsur kimia yang terdapat di dalam sampel lingkungan dengan membaca spektrum yang dihasilkan ketika sampel distimulasi oleh radiasi (García & Báez, 2012). Selain itu, menurut Filho et al. (2012), SSA merupakan teknik analitik yang umum digunakan untuk menentukan unsur pada sampel secara kuantitatif maupun kualitatif. Teknik ini didasarkan pada pengukuran jumlah energi elektromagnetik dari panjang gelombang tertentu (ultraviolet atau cahaya tampak), yang diserap saat melewati atom unsur kimia tertentu yang berasal dari sampel atau standar, selain TSS juga dilakukan pengukuran terhadap Fe, hasil dari perubahan kualitas Fe pada WWM 09 disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Perubahan Kualitas Fe WWM 09

| Bulan     | 2020  |        | 2021  |        | 2022  |        | Baku Mutu |
|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-----------|
|           | Inlet | Outlet | Inlet | Outlet | Inlet | Outlet |           |
| Januari   | 1.16  | 1.36   | 1.87  | 1.36   | 6.412 | 0.041  | 7         |
| Februari  | 0.63  | 0.34   | 0.63  | 0.34   | 0.269 | 0.163  |           |
| Maret     | 3.46  | 1.09   | 0.761 | 0.302  | 0.155 | 0.113  |           |
| April     | 0.32  | 0.20   | 0.514 | 0.151  | 2.139 | 0.5    |           |
| Mei       | 0.69  | 0.575  | 0.193 | 0.752  | 1.669 | 0.5    |           |
| Juni      | 0.43  | 1.75   | 0.192 | 0.066  | 0.193 | 0.827  |           |
| Juli      | 0.13  | 0.4    | 1.031 | 0.658  | 0.444 | 0.54   |           |
| Agustus   | 1.57  | 0.38   | 1.002 | 0.548  | 0.453 | 0.5    |           |
| September | 1.31  | 0.96   | 0.34  | 0.16   | 0.757 | 0.60   |           |

| Bulan    | 2020  |        | 2021  |        | 2022  |        | Baku Mutu |
|----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-----------|
|          | Inlet | Outlet | Inlet | Outlet | Inlet | Outlet |           |
| Oktober  | 0.28  | 0.1    | 1.427 | 0.206  | 0.133 | 0.23   |           |
| November | 0.59  | 0.4    | 0.301 | 0.5    | 0.235 | 0.331  |           |
| Desember | 1.34  | 0.41   | 0.619 | 0.323  | 0.174 | 0.125  |           |

Kapur tohor efektif menurunkan kadar besi pada WWM 09, dapat dilihat pada bulan Desember 2020 kandungan besi pada inlet sebesar 134mg/l turun menjadi 0.4mg/l. kadar logam paling tinggi pada tahun 2021 pada bulan Oktober sebesar 1.427mg/l setelah diberikan treatment kapur tohor turun

sebesar 0.206. Kandungan besi pada sampel air asam tambang pada tahun 2022 paling tinggi pada bulan 6.412mg/l dan turun menjadi 0.041, tingginya kandungan logam dipengaruhi oleh logam Fe yang terkelupas. Untuk perubahan kualitas Fe WWM 16 disajikan Tabel 10.

Tabel 10. Perubahan Kualitas Fe WWM 16

| Bulan     | 2020  |        | 2021  |        | 2022  |        | Baku Mutu |
|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-----------|
|           | Inlet | Outlet | Inlet | Outlet | Inlet | Outlet |           |
| Januari   | 1.83  | 1.95   | 0.27  | 0.2    | 9.565 | 0.3    |           |
| Februari  | 0.31  | 0.95   | 0.3   | 0.3    | 0.13  | 0.13   |           |
| Maret     | 0.48  | 0.46   | 0.407 | 0.47   | 0.407 | 0.47   |           |
| April     | 3.56  | 0.14   | 0.396 | 0.344  | 2.57  | 0.5    |           |
| Mei       | 0.81  | 0.97   | 0.813 | 0.334  | 4.2   | 0.6    |           |
| Juni      | 0.84  | 0.14   | 1.221 | 0.258  | 0.5   | 0.289  |           |
| Juli      | 0.24  | 0.7    | 1.808 | 1.173  | 5.25  | 0.60   | 7         |
| Agustus   | 1.03  | 0.67   | 1.983 | 1.108  | 0.20  | 0.93   |           |
| September | 0.47  | 0.32   | 0.401 | 0.62   | 0.791 | 1.002  |           |
| Oktober   | 0.36  | 0.19   | 0.253 | 0.5    | 0.5   | 0.218  |           |
| November  | 3.5   | 6.95   | 0.153 | 0.5    | 0.174 | 0.125  |           |
| Desember  | 1.06  | 0.1    | 0.5   | 0.17   | 0.335 | 0.114  |           |

Hasil analisis logam kandungan Fe pada inlet WWM 16 paling tinggi pada bulan Januari tahun 2022 sebesar 9.565mg/l, hal ini menunjukkan bahwa kandungan Fe melebihi batas baku mutu air limbah penambangan batubara berdasarkan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 36 tahun 2008. Tingginya kandungan logam Fe pada limbah air asam tambang batubara dipengaruhi logam Fe merupakan komposisi dari kandungan batu bara yang terkelupas (Kiswanto *et al.*, 2020).

dapat ditemukan di perairan dengan tingkat pH rendah (Dimkic, Heinz dan michael, 2008). Perubahan kualitas logam Mn WWM 09 disajikan pada Tabel 12.

Mangan adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Konsentrasi mangan yang lebih tinggi

Tabel 12. Perubahan Kualitas Mn WWM 09

| Bulan     | 2020  |        | 2021  |        | 2022  |        | Baku Mutu |
|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-----------|
|           | Inlet | Outlet | Inlet | Outlet | Inlet | Outlet |           |
| Januari   | 3.171 | 1.645  | 1.60  | 0.34   | 3.171 | 0.231  |           |
| Februari  | 2.676 | 0.214  | 0.8   | 0.34   | 4.689 | 0.081  |           |
| Maret     | 2.516 | 1.286  | 0.8   | 0.41   | 0.309 | 0.209  |           |
| April     | 1.962 | 0.606  | 0.124 | 0.41   | 4.036 | 0.2    |           |
| Mei       | 2.396 | 0.575  | 1.677 | 1.066  | 1.677 | 0.2    |           |
| Juni      | 1.622 | 1.33   | 0.986 | 0.96   | 1.867 | 0.247  |           |
| Juli      | 0.49  | 0.14   | 1.982 | 0.41   | 2.138 | 0.2    | 4         |
| Agustus   | 3.15  | 0.64   | 0.51  | 0.51   | 1.227 | 0.2    |           |
| September | 1.31  | 0.96   | 1.929 | 0.42   | 0.555 | 0.541  |           |
| Oktober   | 3.22  | 3.04   | 2.011 | 0.144  | 1.222 | 0.2    |           |
| November  | 2.42  | 0.49   | 1.583 | 0.358  | 8.400 | 0.579  |           |
| Desember  | 0.82  | 0.21   | 1.838 | 0.2    | 0.238 | 0.229  |           |

Kandungan logam Mn pada WWM 09 paling tinggi berada di tahun 2022 bulan Februari sebesar 4.689mg/l, bulan April sebesar 4.036mg/l dan bulan November 8.400mg/l. Tingginya kandungan Mn pada limbah yang dihasilkan disebabkan karena logam Mn merupakan komposisi dari batu bara itu sendiri dengan nilai kandungan Mn

pada batu bara adalah 46 mg/kg (Tripathi, 2003). Kadar Mn turun setelah dilakukan treatment, terukur pada outlet 0.081mg/l pada bulan Februari, 0.02mg/l pada bulan April, 0.579mg/l pada bulan Desember, angka tersebut lebih besar dari kadar Mn WWM 16. Perubahan kualitas logam Mn disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Perubahan Kualitas Mn WWM 16

| Bulan     | 2020  |        | 2021  |        | 2022  |        | Baku Mutu |
|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-----------|
|           | Inlet | Outlet | Inlet | Outlet | Inlet | Outlet |           |
| Januari   | 6.741 | 3.676  | 158   | 0.17   | 3.803 | 0.174  |           |
| Februari  | 2.546 | 0.05   | 0.11  | 0.06   | 0.218 | 1.218  |           |
| Maret     | 2.712 | 1.202  | 0.41  | 0.41   | 0.41  | 0.41   |           |
| April     | 0.26  | 0.182  | 0.135 | 0.41   | 3.803 | 0.2    |           |
| Mei       | 2.929 | 0.271  | 1.74  | 1.53   | 4.239 | 0.2    |           |
| Juni      | 1.882 | 0.595  | 1.413 | 0.258  | 1.978 | 1.568  |           |
| Juli      | 0.26  | 0.11   | 2.231 | 0.052  | 2.438 | 0.2    | 4         |
| Agustus   | 2.73  | 1.57   | 2.091 | 0.048  | 1.593 | 0.2    |           |
| September | 1.76  | 1.29   | 1.724 | 0.06   | 0.593 | 0.576  |           |
| Oktober   | 3.09  | 2.37   | 2.911 | 0.126  | 0.973 | 0.178  |           |
| November  | 3.49  | 2.31   | 1.751 | 0.447  | 0.238 | 0.229  |           |
| Desember  | 0.91  | 0.33   | 1.564 | 0.063  | 7.141 | 0.348  |           |

Hasil pengamatan perubahan kualitas Mn pada WWM 16 kadar Mn paling tinggi pada tahun 2020 pada bulan Januari sebesar 6.741mg/l, setelah dinetralkan turun menjadi 3.676mg/l. Kandungan tertinggi selanjutnya

pada tahun 2022 pada bulan Mei sebesar 4.239mg/l, setelah dilakukan penetralan turun menjadi <0,02mg/l. Penggunaan kapur tohor sangat efektif untuk menurunkan kadar Mn pada air asam tambang.

Logam kadmium (Cd) merupakan elemen toksik yang dapat berpengaruh pada sistim ekologi perairan sehingga dikelompokkan sebagai limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun). Logam cadmium juga bersifat neurotoksin yang menimbulkan dampak kerusakan indera penciuman (Petrucci, 1987). Kemungkinan besar pengaruh toksisitas kadmium (Cd) disebabkan oleh interaksi antara kadmium (Cd) dan protein tersebut, sehingga

menimbulkan hambatan terhadap aktivitas kerja enzim dalam tubuh (Darmono, 2001), kandungan logam cadmium pada perairan dapat membahayakan keseimbangan ekologi dan kelangsungan hidup organisme (Mamoribo, et.al, 2015), oleh karena itu air asam tambang perlu di netralisir agar tidak membahayakan lingkungan dan makhluk hidup. Perubahan kualitas Cd pada WWM 09 disajikan dalam Tabel 14.

Tabel 14. Perubahan Kualitas Cd WWM 09

| Bulan     | 2020   |        | 2021   |        | 2022   |        | Baku Mutu |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
|           | Inlet  | Outlet | Inlet  | Outlet | Inlet  | Outlet |           |
| Januari   | <0,004 | <0,004 | 0,005  | <0,03  | <0,013 | <0,013 | 0.05      |
| Februari  | <0,004 | <0,004 | 0,004  | <0,028 | <0,013 | <0,013 |           |
| Maret     | <0,004 | <0,004 | <0,028 | <0,028 | <0,013 | <0,013 |           |
| April     | <0,004 | <0,004 | <0,028 | <0,028 | <0,013 | <0,013 |           |
| Mei       | <0,004 | <0,004 | <0,028 | <0,028 | <0,013 | <0,013 |           |
| Juni      | <0,004 | <0,004 | <0,028 | <0,028 | <0,013 | <0,013 |           |
| Juli      | <0,03  | <0,03  | <0,028 | <0,028 | <0,013 | <0,013 |           |
| Agustus   | 0,005  | 0,004  | 0,028  | 0,028  | <0,013 | <0,013 |           |
| September | 0,006  | 0,004  | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 |           |
| Oktober   | <0,03  | 0,003  | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 |           |
| November  | 0,003  | 0,003  | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 |           |
| Desember  | 0,004  | <0,03  | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 |           |

Pengolahan air asam tambang yang memenuhi standar baku mutu diperlukan agar aman dibuang ke lingkungan. Berdasarkan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008 yang mengatur bahwa standar baku mutu air limbah kegiatan penambangan, pengolahan atau pencucian batubara untuk kandungan logam kadmium

(Cd) total. Pengamatan kandungan logam cadmium pada WWM 09 pada saluran inlet kadar cadmium setiap tahun memiliki perbedaan, dapat dilihat pada tahun 2020 kadar paling tinggi 0.06, tahun 2021 kadar cadmium dibawah baku mutu, tahun 2021 kadar cadmium stabil sebesar <0.013mg/l.

Tabel 15. Perubahan Kualitas Cd WWM 16

| Bulan    | 2020   |        | 2021   |        | 2022   |        | Baku Mutu |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
|          | Inlet  | Outlet | Inlet  | Outlet | Inlet  | Outlet |           |
| Januari  | <0,004 | <0,004 | <0,03  | 0,004  | <0,013 | <0,013 | 0.05      |
| Februari | <0,004 | <0,004 | <0,028 | <0,028 | <0,028 | <0,028 |           |
| Maret    | <0,004 | <0,004 | <0,028 | <0,028 | <0,013 | <0,013 |           |
| April    | <0,004 | <0,004 | <0,028 | <0,028 | <0,013 | <0,013 |           |
| Mei      | <0,004 | <0,004 | 0,045  | <0,028 | <0,013 | <0,013 |           |
| Juni     | <0,03  | <0,03  | 0,033  | <0,028 | <0,013 | <0,013 |           |

| Bulan     | 2020   |        | 2021   |        | 2022   |        | Baku Mutu |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
|           | Inlet  | Outlet | Inlet  | Outlet | Inlet  | Outlet |           |
| Juli      | <0,03  | <0,03  | 0,033  | <0,028 | <0,013 | <0,013 |           |
| Agustus   | 0,004  | 0,003  | 0,033  | <0,028 | <0,013 | <0,013 |           |
| September | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 |           |
| Oktober   | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 |           |
| November  | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 |           |
| Desember  | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 | <0,013 |           |

Hasil pengamatan cadmium pada inlet dan outlet WWM 16 menunjukkan kadar cadmium rendah, kadar paling tinggi hanya 0.04mg/l, selain itu kadar kadmium dibawah 0.03 artinya kadar kadmium sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan baku mutu. Pengelolaan air asam tambang dengan metode aktif sangat efektif untuk menurunkan kadar kadmium, sehingga aman untuk dialirkan ke badan sungai.

**KESIMPULAN**

Perlunya pengkajian ulang penggunaan kapur dengan alat manual agar pemberian kapur lebih efektif dan biaya yang dikeluarkan lebih sedikit.

**DAFTAR PUSTAKA**

Azwir. 2006. Analisa Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri Oleh Limbah Industri 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. UI Press. Jakarta.

Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UIPress. Jakarta.

Dimkic, M., Brauch, H. J., & Kavanaugh, M. (Eds.).(2008). *Groundwater management in large river basins*. IWA publishing.

Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Yogyakarta : Penerbit Konisius.

Helfinalis. 2005. Kandungan Total Suspended Solid dan Sedimen Dasar di Perairan

Panimbang, Mokara. Sains Vol (9) No. 2.

Filho, H. J., Salazar, R. F., Capri, M. d., Neto, Â. C., de Alcântara, M. A., & Peixoto, A. L. (2012). State-of-the-Art and Trends in Atomic Absorption Spectrometry. In M. A. Farrukh (Ed.), *Atomic Absorption Spectroscopy*. IntechOpen.

García, R., & Báez, A. P. (2012). Atomic Absorption Spectrometry (AAS). In M.A. Farrukh (Ed.), *Atomic Absorption Spectroscopy*. IntechOpen.

Gunawan, Gautama, R. S., Abfertiawan, M. S., Kusuma, G. J., Leping, Y., & Saridi. (2014). Penelitian dan Sistem Pengelolaan Air Asam Tambang di Lati Mine Operation. Seminar Air Asam Tambang Ke-5 Dan Pascatambang Di Indonesia Bandung, 28 Oktober 2014, 28 Otober 2014, 1–10.

Hidayat, L. (2017). Pengelolaan lingkungan areal tambang batubara (studi kasus pengelolaan air asam tambang (Acid Mining Drainage) di PT. bhumi rantau energi kabupaten tapin kalimantan selatan). *ADHUM (Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Administrasi dan Humaniora)*, 7(1), 44-52.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 113Tahun 2003 Tentang Baku Mutu LimbahCair Penambangan Batubara.

- Kiswanto, K., Wintah, W., & Rahayu, N. L. (2020). Analisis logam berat (mn, fe, cd), sianida dan nitrit pada air asam tambang batu bara. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 18(1).
- Mamoribo, Rompas., R., Kalesaran, O.J. 2015. Determinasi Kandungan Kadmium (Cd) di Perairan Pantai Malalayang Sekitar Rumah Sakit Prof Kandou Manado. *Jurnal Budidaya Perairan*, 3[1]: 14-118.
- Nasir, S., Purba, M., & Sihombing, O. (2014). Pengolahan air asam tambang dengan menggunakan membran keramik berbahan tanah liat, tepung jagung dan serbuk besi. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(3).
- Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008 tentang Perubahan Atas Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 04 Tahun 2007 Tentang Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan.
- Petrucci, R.H. 1987. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern* Jilid 1. Erlangga. Jakarta.
- Sabtanto. 2008. Tinjauan Reklamasi Bekas Tambang Dan Aspek Konservasi Bahan galian Vol. 3 No. 1 (2008): *Buletin Sumber Daya Geologi*.
- Said, Nusa Idaman. 2014. *Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara “Alternatif Pemilihan Teknologi”*. JAI Vol VII No. 2, 2014. Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT.
- Skousen, J.G., dan P.F.Ziemkiewicz. 1996. *Acid and Mine Drainage Control and Treatment*. 2nd Edition National Research Center for Coal and Energy, West Virginia University, Morgantown, WV. 356 pp.
- Stumm, W., and J.J. Morgan. 1996. *Aquatic chemistry: an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters*. 3rd Ed. John Wiley and Sons. New York.
- Suseno, T. (2017). Analisis pola distribusi logistik dan infrastruktur batubara untuk PLTU skala kecil. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 13(1), 53-72.
- Tripathi, S. M. 2003. *Human Ecology and Social Consciousness*. Hard Bourd English. ISBN-13 978-8187746751.
- Ziemkiewicz, Paul F., David L. Brant, and Jeffrey G. Skousen. "Acid mine drainage treatment with open limestone channels." *13th Annual Meeting of the American Society for Surface Mining and Reclamation, Successes and Failures: Applying Research Results to Insure Reclamation Success, Tennessee*. 1996.