

INTISARI

Strategi utama pengelolaan air asam tambang (AAT) adalah mencegah terjadinya AAT pada sumbernya yaitu pada timbunan batuan asam, namun jika tidak cukup maka diperlukan pengendalian migrasinya. Terdapat indikasi penurunan kualitas air tanah karena rembesan AAT, sehingga diperlukan kontrol migrasi dalam bentuk remediasi yang tepat. Kandungan rembesan AAT dari pertambangan tembaga adalah sulfat, pH rendah dan logam berat. Salah satu upaya remediasi AAT dalam air tanah adalah teknik *permeable reactive barrier* (PRB). Penelitian PRB skala laboratorium bertujuan untuk mempelajari reaktifitas bahan terhadap AAT, mekanisme penurunan sulfat dan logam, dan pembangkitan alkalinitas menggunakan metode *batch* dan aliran kolom. Kondisi penelitian dijalankan secara anaerobik dalam tempat tidak ada cahaya dan tidak ada pengadukan. Bahan reaktif potensial merupakan limbah lokal yaitu *Sewage sludge* (SE), kompos (CO), serbuk kelapa (CP) dan Abu batu bara (FA). AAT yang digunakan memiliki pH 3,2-3,7, alkalinitas <1 mg/L (sebagai CaCO_3), sulfat (SO_4) 3280 mg/L, dan konsentrasi Fe 46 mg/L, Al 54 mg/L, Cu 2,3 mg/L, dan Zn 3,4 mg/L. Uji batch setiap bahan 56 hari, uji bahan campuran 28 hari, dan uji alir kolom selama 30 hari menggunakan media terbaik uji batch campuran. Sampel diambil secara periodik dan dianalisis untuk pH, potensi oksidasi reduksi (ORP), SO_4 dan konsentrasi logam. Pada uji *batch* bahan tunggal, menunjukkan pH pada reaktor SE menjadi 6,9, reaktor CO sebesar 5,6, reaktor FA sebesar 11,6 sedangkan pada reaktor CP tetap 3,7. Alkalinitas meningkat menjadi 1450 mg/L pada SE, 323 mg/L pada FA, 15 mg/L pada CO, dan 1 mg/L pada reaktor CP. Penghilangan SO_4 tertinggi terjadi di reaktor FA sebesar 85%, 52% oleh SE, 17% oleh CO, 20% oleh CP. Penurunan SO_4 yang tinggi dari reaktor FA pada kondisi reduksi (ORP -113 mV) dan berlangsung melalui mekanisme adsorpsi sulfat pada endapan hidroksida. Penurunan SO_4 pada reaktor SE dipengaruhi aktifitas bakteri SRB yang menggunakan bahan organik pada kondisi ORP -551 mV dan menghasilkan H_2S sebesar 0,693 mg/L. Rata-rata persen penghilangan (%RE) logam (Al, Cd, Co, Mn, Ni, Fe, Cu, Zn) dari reaktor SE sebesar 80%, reaktor CO 80%, reaktor CP 52%, reaktor FA 94%. Pengendapan logam dari reaksi SE dengan AAT adalah mekanisme pengendapan sulfida. Sementara itu, pengendapan logam dari FA terutama disebabkan oleh presipitasi hidroksida pada pH yang tinggi. Beberapa elemen juga akan terlindi dari penggunaan FA seperti As, B, Ba, Mo dan Sr. Pada percobaan 5 *batch* campuran variasi SE, CO, CP dan FA. Hasil menunjukkan bahwa campuran M1 (SE, CO, CP, FA pada 110:30:10:10 (w/w)) menghasilkan penghilangan sulfat tertinggi (44%), kenaikan alkalinitas tertinggi 1537 mg/L, %RE untuk Al, Cd, Co, Cu, Fe, Zn sebesar 100%, dan masih terdapat beberapa logam yang terlindi. Mekanisme reaksi pada reaktor M1 adalah kombinasi antara aktivitas bakteri SRB dalam pengendapan sulfida dan presipitasi hidroksida dari FA. Pada akhir percobaan, reaktor kondisi reduksi (ORP -272 mV), mengandung karbon terlarut (COD/ SO_4 ideal) dan populasi SRB tinggi, namun hal tersebut tidak efektif digunakan oleh SRB tersedia untuk menurunkan SO_4 . Beberapa factor yang mungkin menghambat pertumbuhan bakteri adalah As dari FA dan konsentrasi silikat di AAT. Hasil uji kolom menunjukkan bahwa akan terjadi penurunan reaktifitas dan kecepatan aliran dalam media reaktif karena endapan dalam pori yang terbentuk. Laju penghilangan masa sulfat per volum bahan reaktif didapatkan sebesar 1,7 mg/ cm^3 /hari. Jika tebal media reaktif dalam PRB sebesar 100 cm, maka umur pakai PRB diprediksi sekitar 6,1 tahun.

Kata kunci: Air Asam Tambang; Air Tanah; *Permeable Reactive Barrier*; Uji Pengolahan

ABSTRACT

The main strategy to manage acid mine drainage (AMD) is to control of contaminant source, but if it was not adequate as indicated by elevated contaminant concentration in groundwater, caused by acidic seepage from pond, a strategic migration control needs to be established. The main contaminant from copper mining is mainly high sulphate (SO_4), low pH and high metals. Conventional treatment techniques such as using lime to increase pH levels and metal precipitation or using imported material are usually inefficient and unsustainable. One of the AMD treatments is with the permeable reactive barrier (PRB) technique. Laboratory-scale PRB research aims to study the treatability or reactivity of materials as well as SO_4 and metal reduction mechanisms, alkalinity generation using batch and column flow methods. PRB technique will be applied in groundwater flow so that the research conditions are carried out anaerobically and in places where there is no light and mixing. Potential reactive materials are local wastes, namely sewage sludge (SE), compost (CO), cocopeat (CP) and coal ash (FA). The AMD used in the test has a low pH level of 3.2-3.7; alkalinity <1 mg/L (as CaCO_3), SO_4 3280 mg/L, with Fe 46 mg/l; Al 54 mg/L; Cu 2.3 mg/L; and Zn 3.4 mg/L. The batch test was carried out in single material test (56 days), a mixed material test (28 days) followed by a column test (30 days) which using the best media obtained from the mixed batch trial. Samples were periodically taken and analysed for pH, oxidation potential reduction (ORP), SO_4 and metal concentration. In a single material batch test, it showed an increase in pH levels in the SE reactor by 6.9, the CO reactor by 5.6, in the FA reactor by 11.6 while the pH in the CP reactor remained 3.7. Alkalinity increased to 1450 mg/L in SE, 323 mg/L in FA, 15 mg/L CO, and 1 mg/L in CP reactors. Increased alkalinity correlates with a decrease in SO_4 . The highest removal of SO_4 was obtained from the FA reactor by 85%, 52% by SE, 17% by CO, 20% by CP reactor. The high decrease in SO_4 from the FA reactor under a reduction condition due to hydroxide (OH^-) adsorption (with ORP -113 mV) while the decrease in SO_4 in the SE reactor is caused by the activity of sulfate reducing bacteria (SRB) using organic matter and reacting with SO_4 that are in a reduced condition with ORP values of -551 mV and H_2S of 0.693 mg/L. Average %RE of metals (Al, Al, Cd, Co, Mn, Ni, Fe, Cu, Zn), from reactor SE 80%, reactor CO 80%, reactor CP 52%, and reactor FA 94%. From a single batch test, it was found that SE favour the condition of reduction and growth of SRB in the mechanism of deposition of metal sulphide. Meanwhile, the deposition of metals from FA is mainly caused by OH precipitation at high pH levels. Some elements leached from FA such as As, B, Ba, Mo and Sr. From 5 media mixtures containing variations of SE, CO, CP and FA. The results showed that M1 reactor with the composition of SE, CO, CP, FA at 110:30:10:10 (w/w) resulted in the highest removal of SO_4 (44%), the highest alkalinity increase of 1537 mg/L, %RE for Al, Cd, Co, Cu, Fe, Zn by 100%. The controlling reaction mechanism in the M1 reactor is a combination of SRB activity in the deposition of sulphide and the precipitation of OH^- from FA reaction to AMD. The results also showed that at the end of the experiment, the reactor contained high dissolved carbon, reduction conditions (ORP -272 mV), and high SRB, but nevertheless it seemed that it was not effectively used by SRB available to lower SO_4 by 44%. Some factors that may inhibit bacterial growth are the As concentration that toxic for SRB. From the column test shows that there will be a decrease in reactivity and hydraulic conductivity in media. Mass of SO_4 removed per reactive material volume per day was calculated by 1.7 g/cm³/day. If the reactive thickness of PRB is 100 cm, the longevity of the PRB is predicted for about 6.1 years.

Key word: Acid Mine Drainage, Groundwater, Permeable Reactive Barrier, Treatability Test,