EnviroScienteae Vol. 18 No. 1, April 2022 ISSN 2302-3708 (online)
Halaman 1-12

EFEKTIVITAS METODE *COVERING* DALAM PENGELOLAN AIR ASAM TAMBANG DI PT. BINUANG MITRA BERSAMA BLOK DUA, KABUPATEN TAPIN, KALIMANTAN SELATAN

Effectiveness Of Covering Method In Acid Mine Water Management At PT. Binuang Mitra Bersama Blok Dua, Tapin Regency, South Kalimantan.

Mukhlis Abdi[1)], Idiannor Mahyudin[2)], Fadly H Yusran[3)], Achmad Syamsu Hidayat[2)]

[1)] Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat
email: mukhlis.bmb@gmail.com
[2)] Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat
[3)] Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat

Abstract

The formation of AMW is basically unavoidable in mining activities, AMW can be formed in pit and disposal area that are contaminated with potential acid forming material (PAF). The magnitude of the potential impact that AMW can have on mining activities certainly encourages every business actor to conduct a study on various preventive measures that are effectively implemented in AMW management, one of which is covering method. This thesis research aims to analyze the preventive covering method in the management of AMW and its effectiveness in meeting quality standards of liquid waste in coal mining activities. The Object of research is surface water that is in contact with covering treatment area (soil) which is also given additional treatment by planting cover crops and pioneer plants at OPD Sitarum. Surface water quality was tested in the laboratory with reference to BMLC standard of South Kalimantan Governor Regulation Number 36 of 2008. The results of the laboratory tests were then calculated for effectiveness and proved statistical analysis using normality test, homogeneity test, CRD test and DMRT to be able to conclude the effect of covering treatment in the management of AMW. The results showed that the application of covering method in OPD Sitarum was able to have a positive and significant effect on improving surface water quality. Where based on the results of laboratory tests, the SA4 and SA5 treatments have met the BMLC standard of the South Kalimantan Governor Regulation Number 36 of 2008. The laboratory results are strengthened by statistical data which shows that all treatment data are normally distributed and homogeneous, the results of CRD and DMRT analysis show the parameters of pH, TSS, and total-Fe was significantly different between SA2, SA3, SA4, and SA5 treatments against SA1 (control). Meanwhile, total-Mn parameter stated that SA2 and SA3 were not significantly different from the control, SA4 and SA5 were significantly different from the control. And for Cadmium (Cd) parameter, all treatments (SA2, SA3, SA4, and SA5) were not significantly different from the control. The conclusion of this research, the covering method applied in OPD Sitarum is considered effective in the management of AMW in a preventive manner. This is proven in SA4 treatment (covering + cover crop + Pioneer 1-2 years), where the results of the surface water quality test have met the BMLC standards of the South Kalimantan Governor Regulation Number 36 of 2008 with values: pH 6.95; TSS 159 mg L^{-1}; total-Fe 1.93 mg L^{-1}; total-Mn 0.031 mg L^{-1}; and Cd 0.0045 mg L^{-1}. And the best covering treatment and effectiveness were found in SA5 treatment (covering + cover crop + 3-4 years pioneer plant) with values: pH 6.67; TSS 76.5 mg L^{-1} (97.22%); total-Fe 1.13 mg L^{-1} (88.71%); total-Mn 0.019 mg L^{-1} (87.58%); and Cd 0.0058 mg L^{-1} (8.00%).

Keywords: Acid Mine Water (AMW); Covering Method; Outpit Disposal (OPD); Preventive

PENDAHULUAN

Perusahaan pertambangan batubara termasuk ke dalam industri strategis, dimana harus dikelola secara terstruktur dan bijaksana. salah satu dampak positif kegiatan pertambangan adalah mampu mempercepat laju pertumbuhan perekonomian Negara khususnya daerah disekitar tambang. Selain itu industri penambangan juga merupakan industri utama yang membuka lapangan pekerjaan cukup besar dengan beragam disiplin ilmu dan keterampilan. Di samping dampak positif tentunya industri pertambangan juga berpotensi menimbulkan dampak negatif penting bagi lingkungan hidup yakni terbentuknya air asam tambang (AAT).

Air asam tambang (AAT) merupakan dampak negatif penting pada kegiatan pertambangan batubara yang harus dikelola secara bijaksana dan terencana karena berpengaruh terhadap kualitas air permukaan maupun air bawah tanah. Air asam tambang yang telah terbentuk akan sulit dihentikan (kecuali komponen pembentuk air asam tambang diputus kontaknya atau telah habis). Dampak air asam tambang dapat berlangsung lama bahkan bisa melebihi umur produktif tambang. Apabila permasalahan air asam tambang tetap terjadi pada kegiatan pascatambang, pengusaha pertambangan tentunya wajib bertanggung jawab hingga permasalahan air asam tambang berakhir dan sudah barang tentu memerlukan waktu pengelolaan yang lama dan menghabiskan dana yang besar dalam penanganannya, disamping itu juga berpotensi menimbulkan masalah non teknis lainnya. (Gautama, 2012)

Pemerintah selaku regulator telah mengatur secara tegas tentang kewajiban pengusaha pertambangan untuk melakukan kaidah penambangan yang baik dan benar, dimana pada Lampiran V KEPMEN ESDM Nomor: 1827 K/ 30/ MEM/ 2018 tentang pedoman pelaksanaan lingkungan hidup pertambangan mineral dan batubara, dengan jelas memberikan arahan terkait kewajiban perusahaan dalam melakukan pengelolaan air asam tambang mulai dari tahap pencegahan hingga penanggulangan air asam tambang. Peraturan di atas diperkuat dengan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 36 Tahun 2008 Tentang Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) Bagi Kegiatan Industri, Hotel dan Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan, dimana dalam peraturan tersebut ditetapkan kadar maksimum air limbah dalam kegiatan penambangan, pengolahan atau pencucian batubara.

Besarnya potensi dampak penting yang dapat ditimbulkan oleh AAT dalam aktivitas pertambangan batubara tentu mendorong setiap pelaku usaha melakukan kajian mendalam terhadap berbagai upaya preventif yang efektif diterapkan dalam pengelolaan AAT. Salah satu metode preventif yang diterapkan di perusahaan tempat penelitian adalah metode *covering.* Pertimbangan bagi perusahaan menggunakan metode tersebut adalah area OPD (*Out Pit Disposal*) Sitarum telah final terbentuk sebelum di akuisisi PT Binuang Mitra Bersama Blok Dua (potensi kontaminan PAF/*Potencial Acid Forming*), di samping itu juga tersedia *bank soil* yang relatif tergolong klasifikasi NAF *(Non Acid Forming)* sehingga untuk melanjutkan ke tahapan reklamasi dipertimbangkan yang paling efektif dan efisien. Untuk membuktikan dugaan perusahaan terhadap keefektifan penerapan metode *covering* tersebut mendorong peneliti untuk mengkaji dan menganalisis lebih dalam terkait seberapa besar efektivitas dari metode pencegahan yang diterapkan, sehingga diharapkan mampu memberikan rekomendasi yang tepat kepada pihak terkait.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di wilayah IUP PT Binuang Mitra Bersama Blok Dua, Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan. Pengambilan sampel air berada di o*ut pit*

disposal (OPD) Sitarum PT Binuang Mitra Bersama Blok Dua dan analisa sampel air dikerjakan di laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Banjarbaru. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam rentang waktu 1 tahun 9 bulan, dimulai dari bulan Februari 2020 hingga bulan November 2021.

Tahapan dalam penelitian dimulai dengan melakukan survei lapangan (observasi). Setelah mengetahui kondisi aktual di lapangan kemudian ditentukan titik-titik lokasi pengambilan sampel air dan diambil koordinatnya menggunakan GPS untuk dibuatkan peta situasi penelitian. Pengambilan sampel air pada penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling*. Pertimbangan dalam penentuan titik lokasi pada penelitian ini di antaranya:

a. Luas *catchment area*/ daerah tangkapan hujan (DTH) dari area OPD Sitarum
b. Perlakuan terhadap *catchment area* dari OPD Sitarum (sudah atau belum dilakukan *covering*, dan ada tidaknya vegetasi)
c. Arah aliran air limpasan daerah tangkapan hujan.

Setiap area perlakuan diambil sebanyak empat buah sampel air (ulangan).

Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui baku mutu limbah cair pada setiap titik pengambilan sampel penelitian. Parameter yang diuji meliputi pH, *Total Suspended Solid* (TSS), Total Besi (Fe), Total Mangan (Mn), dan Kadmium (Cd). Adapun parameter dan standarisasi yang dipergunakan dalam pengujian sampel air di laboratorium seperti pada tabel 1. berikut:

Tabel 1. Standar Pengujian Baku Mutu Limbah Cair Dalam Kegiatan Penambangan Batubara

Parameter	Rujukan Standar Pengujian
pH	SNI. 6989.11:2009
Total Suspended Solid (TSS)	SNI. 6989.3:2009
Total-Fe (Besi)	SNI. 6989.4:2009
Total-Mn (Mangan)	SNI. 6989.5:2009
Cd (Kadmium)	SNI. 6989.16:2009

Analisis data yang dipergunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), analisis ini dapat dilakukan karena lingkungan tempat pengambilan data pengujian air relatif homogen, sehingga tempat dan kondisi lingkungan percobaan tidak memberikan pengaruh berarti pada respons yang diamati. Adapun model rancangan acak lengkap adalah sebagai berikut (Sunandi & Nugroho, 2009):

$Yij = \mu + \tau i + \in ij$ dengan : i = 1, 2, …, t dan j = 1, 2, …, r

Keterangan:

Yij = respons atau nilai pengamatan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j.
μ = rata-rata umum.
τi = pengaruh perlakuan ke-i.
$\in ij$ = pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j.

Tabulasi data percobaan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Tabulasi Perlakuan Penelitian

No	Kode	Perlakuan	Ulangan					
			1	2	3	4	Σ	Rata-rata
1	SA1	Tanpa *covering*	$SA_{1.1}$	$SA_{1.2}$	$SA_{1.3}$	$SA_{1.4}$	T_{SA1}	R_{SA1}
2	SA2	*Top soil*	$SA_{2.1}$	$SA_{2.2}$	$SA_{2.3}$	$SA_{2.4}$	T_{SA2}	R_{SA2}
3	SA3	*Top Soil*+ Cover crop	$SA_{3.1}$	$SA_{3.2}$	$SA_{3.3}$	$SA_{3.4}$	T_{SA3}	R_{SA3}
4	SA4	*Top Soil*+ Cover crop + Pioneer 1-2 tahun	$SA_{4.1}$	$SA_{4.2}$	$SA_{4.3}$	$SA_{4.4}$	T_{SA4}	R_{SA4}
5	SA5	*Top Soil*+ Cover crop + Pioneer 3-4 tahun	$SA_{5.1}$	$SA_{5.2}$	$SA_{5.3}$	$SA_{5.4}$	T_{SA5}	R_{SA5}
6		Jumlah	$SA_{1\text{-}5.1}$	$SA_{1\text{-}5.2}$	$SA_{1\text{-}5.3}$	$SA_{1\text{-}5.4}$	T_{ij}	
7		Rata-rata						R_{ij}

Sebelum dilakukan analisis RAL data diuji normalitas untuk diketahui sebaran distribusi data dan dilanjutkan uji homogenitas untuk memastikan varian berada dipopulasi data yang sama. Uji normalitas dan uji homogenitas sangat diperlukan dalam penelitian kuantitaif, lazim dijadikan asumsi sebagai persyaratan untuk analisis data. Selanjutnya untuk menganalisis rancangan acak lengkap dilakukan sidik ragam (ANOVA) berdasar tabulasi data pada Tabel 2. Setelah dilakukan perhitungan di atas akan

didapatkan tabel ANOVA secara lengkap seperti pada Tabel 3. Berikut: (Susilawati, 2015)

Tabel **Error! No text of specified style in document.**. Tabel ANOVA Model Rancangan Acak Lengkap

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hitung}	Fα
Perlakuan	t -1	JKP	KTP	KTP/ KTG	Fα(t-1, t(r-1))
Galat	t(r-1)	JKG	KTG		
Total	tr-1	JKT			

Jika didapatkan nilai F hitung < Ftabel, maka H0 diterima pada level nyata α, artinya perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap respon yang diamati. Begitu pula sebaliknya, jika nilai Fhitung > Ftabel, maka H0 ditolak pada level nyata α, artinya perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon yang diamati.

Analisis efektivitas metode *covering,* dilakukan perhitungan matematis untuk mendapatkan persentase perubahan (kenaikan atau penurunan) pada masing-masing perlakuan yang diberikan. Analisis persentase perubahan dalam efektivitas metode *covering* dapat dihitung dengan rumus persamaan berikut:

$$E = \left(\frac{Ce-Co}{Co}\right) \times 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

atau

$$E = \left(\frac{Co-Ce}{Co}\right) \times 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Keterangan:

E = Persentase perubahan (pH, Fe total, Mn total, dan konsentrasi Cd)

Co = Nilai uji tanpa perlakuan (kontrol)

Ce = Nilai uji rata-rata pada masing-masing perlakuan

Persamaan perhitungan 1 dipergunakan untuk menghitung persentase kenaikan oleh adanya perlakuan, dipergunakan bilamana nilai uji kontrol < nilai uji perlakuan. Sebaliknya persamaan perhitungan 2 dipergunakan untuk menghitung persentase penurunan oleh adanya perlakuan, dipergunakan bilamana nilai uji kontrol > nilai uji perlakuan.

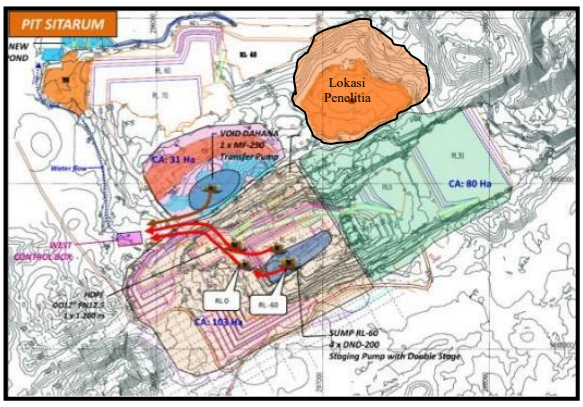
Hasil pengujian kualitas sampel air di lokasi penelitian juga dilakukan analisis terhadap pemenuhan baku mutu limbah cair yang diperbolehkan dalam industri pertambangan batubara. Adapun besarnya nilai ambang baku mutu limbah cair maksimum yang diperbolehkan dalam Pergub Kalimantan Selatan Nomor 36 Tahun 2008, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan, Pengolahan/ Pencucian Batubara

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH		6 – 9
Total Suspended Solid (TSS)	mg L^{-1}	200
Total-Fe (Besi)	mg L^{-1}	7
Total-Mn (Mangan)	mg L^{-1}	4
Cd (Kadmium)	mg L^{-1}	0,05

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian berada di OPD Sitarum sisi utara-barat, area tersebut merupakan OPD final yang secara bertahap dilakukan kegiatan reklamasi. Luas area yang menjadi objek penelitian sebesar 24,5 Ha.



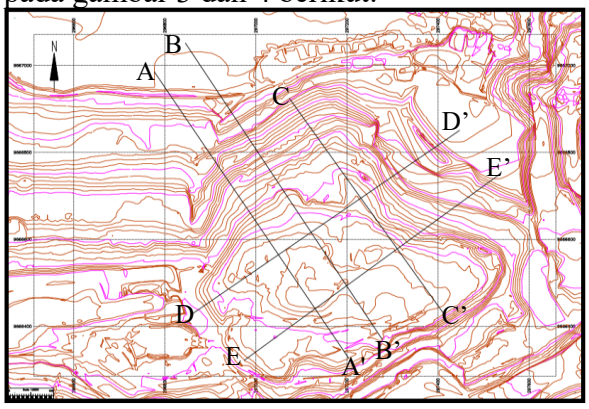
Gambar 1. Peta Topografi Lokasi Penelitian OPD Sitarum Metode *Covering*.

Metode *covering* dipergunakan sebagai pilihan yang paling memungkinkan diaplikasikan pada lokasi tersebut karena tidak diketahui bagaimana tata kelola penanganan material PAF dan NAF oleh penambang sebelumnya.

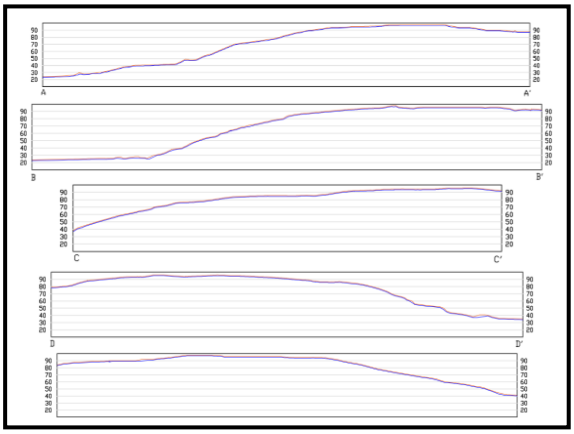
Berdasarkan hasil pemantauan lapangan dan melihat kondisi secara langsung rona pembentukan *covering* di OPD Sitarum, maka ditentukan titik-titik pengambilan sampel air sesuai pembagian *catchment* dan perlakuan yang di berikan. Adapun visualisasi koordinat titik pengambilan sampel air di lapangan dapat dilihat pada gambar citra satelit di bawah ini.

Gambar 2. Citra Satelit Lokasi Titik Pengambilan Sampel Air.

Adapun peta layout dan penampang sayatan di lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3 dan 4 berikut:



Gambar 3. Peta Layout Lokasi Penelitian Metode *Covering*.



Gambar 4. Penampang Sayatan Penebaran *Covering Soil* OPD Sitarum.

Penentuan titik-titik pengambilan sampel air limpasan OPD Sitarum untuk keperluan pengujian kualitas air selain berdasarkan *catchment* dan area perlakuan *covering* yang diberikan tentunya juga berkaitan dengan pola aliran limpasan air yang ada di OPD Sitarum agar air sampel yang diambil benar-benar akurat dan bisa menjamin tidak terkontaminasi dengan aliran limpasan dari area perlakuan lainnya. Adapun gambaran pola aliran air limpasan pada OPD Sitarum dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.

Gambar 5. Citra Satelit Pola Aliran Air Limpasan Pada Lokasi Penelitian.

Hasil pengujian sampel air dengan perlakuan metode *covering* pada lahan OPD Sitarum menunjukkan nilai yang berbeda-beda pada setiap parameter yang diujikan. Data rekapitulasi hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 5. berikut:

Tabel 5. Rekapitulasi Data Lembar Hasil Uji Sampel Air

No	Kode Sampel	Parameter Uji					Keterangan
		pH	TSS	Fe-total	Mn-total	Cd	
			mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	
Standar Pergub Kalsel No.36/ thn 2008		**6,00 - 9,00**	**200**	**7,000**	**4,000**	**0,050**	Standar Acuan
1	SA1.1	4,02	3.160	11,430	0,158*	0,008*	Belum di*covering* (Kontrol)
2	SA1.2	3,91	2.792	9,120	0,136*	0,005*	
3	SA1.3	3,90	2.512	10,390	0,150*	0,003*	
4	SA1.4	3,90	2.528	9,080	0,160*	0,009*	
Rata-rata SA1		**3,93**	**2.748**	**10,005**	**0,151***	**0,0063***	
5	SA2.1	5,11	1.434	20,220	0,238*	0,008*	Di*covering*
6	SA2.2	5,23	1.516	24,740	0,262*	0,007*	
7	SA2.3	5,00	1.260	19,290	0,301*	0,007*	
8	SA2.4	5,18	1.534	19,430	0,290*	0,008*	
Rata-rata SA2		**5,13**	**1.436**	**20,920**	**0,273***	**0,0075***	
9	SA3.1	7,00*	748	11,380	0,130*	0,006*	Di*covering* + cover crop
10	SA3.2	6,89*	772	9,610	0,137*	0,004*	
11	SA3.3	7,09*	756	6,070*	0,094*	0,006*	
12	SA3.4	6,76*	660	8,701	0,100*	0,005*	
Rata-rata SA3		**6,94***	**734**	**8,94**	**0,093***	**0,0053***	
13	SA4.1	6,88*	157*	1,851*	0,024*	0,003*	Di*covering* + Cover crop + Pioneer < 2 tahun
14	SA4.2	7,08*	172*	2,509*	0,040*	0,007*	
15	SA4.3	6,92*	174*	2,323*	0,033*	0,005*	
16	SA4.4	6,90*	133*	1,031*	0,028*	0,003*	
Rata-rata SA4		**6,95***	**159***	**1,93***	**0,031***	**0,0045***	
17	SA5.1	6,90*	86*	1,301*	0,025*	0,007*	Di*covering* + Cover crop + *Pioneer* ≥ 2 tahun
18	SA5.2	6,94*	87*	1,221*	0,019*	0,005*	
19	SA5.3	6,98*	65*	0,936*	0,008*	0,005*	
20	SA5.4	7,06*	68*	1,062*	0,023*	0,006*	
Rata-rata SA5		**6,97***	**76,50***	**1,13***	**0,019***	**0,0058***	

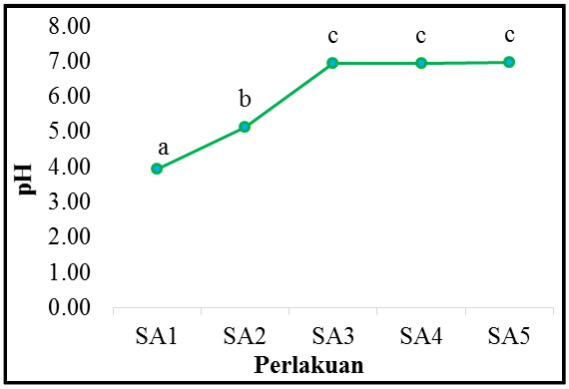
Keterangan: * memenuhi BMLC Pergub Kalsel No 36 tahun 2008

Pengaruh Perlakuan Metode Covering terhadap pH

Hasil uji sampel air di Laboratorium untuk parameter pH menunjukkan hasil yang berbeda antar tiap perlakuan yang diberikan. Perlakuan tanpa *covering* (kontrol) menunjukkan hasil di bawah BMLC (Pergub Kalsel Nomor 36 Tahun 2008) yaitu rata-rata pH adalah 3.93 (tabel 5), perlakuan *covering soil* menunjukkan hasil di bawah BMLC, yaitu rata-rata pH 5,13 (Tabel 5) sedangkan pada perlakuan lainnya menunjukkan hasil di atas BMLC, yaitu di atas pH 6 bahkan mendekati netral.

Hasil uji normalitas Kolmogorov Smirnov menujukan sebaran data hasil uji sampel air permukaan untuk parameter pH berdistribusi normal. Uji Bartlett pada parameter pH menyatakan ragam homogen dengan hasil ANOVA RAL menyatakan perlakuan memberikan pengaruh sangat

nyata. Dan hasil pengujian nilai tengah DMRT dari parameter pH bisa dilihat pada Gambar 6 berikut.



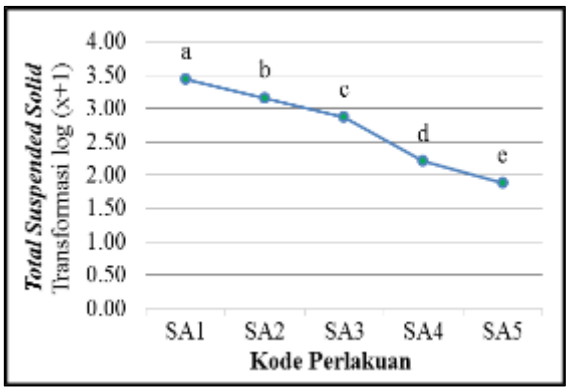
Gambar 6. Diagram Uji Nilai Tengah DMRT Pengaruh Perlakuan Terhadap Parameter pH

Pembacaan superskrip pada gambar 6, dinyatakan bahwa SA1 dan SA2 berbeda sangat nyata dengan semua perlakuan dan di antara SA3, SA4 dan SA5 tidak berbeda nyata. Pada sampel air SA1 menunjukkan nilai pH relatif lebih rendah dan pada sampel air SA5 menunjukkan nilai pH relatif lebih tinggi.

Pengaruh Perlakuan Metode Covering terhadap TSS

Hasil Uji Laboratorium untuk parameter TSS menunjukkan hasil berbeda antar tiap perlakuan. Pada perlakuan tanpa tanaman *pioneer* (SA1, SA2, SA3) menunjukkan hasil di atas BMLC (Pergub Kalsel Nomor 36 Tahun 2008) yaitu berkisar antara 660-3160 mg L^{-1} (Tabel 5), sedangkan pada perlakuan yang telah ditanami tanaman *pioneer* (SA4 dan SA5) menunjukkan hasil di bawah BMLC (Pergub Kalsel Nomor 36 Tahun 2008) yaitu di bawah 200.

Hasil uji normalitas Kolmogorov Smirnov menujukan sebaran data hasil uji sampel air permukaan pada parameter TSS berdistribusi normal. Uji Bartlett pada parameter TSS menyatakan ragam homogen (dilakukan transformasi data logaritma (x+1)). Adapun hasil ANOVA RAL menyatakan perlakuan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata. Dan hasil pengujian nilai tengah DMRT parameter TSS bisa dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Diagram Uji Nilai Tengah DMRT Pengaruh Perlakuan Terhadap Parameter TSS

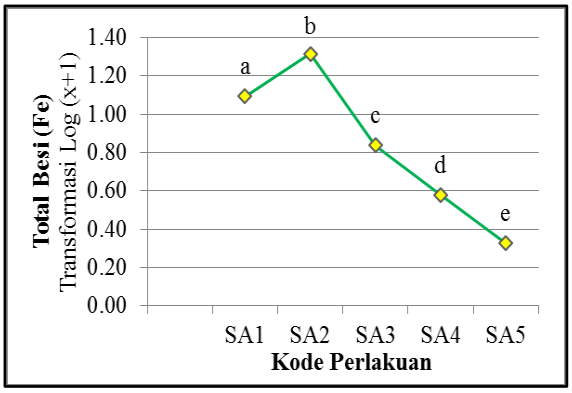
Hasil analisis berdasarkan superskrip pada Gambar 7. dinyatakan bahwa setiap perlakuan yang diberikan berbeda sangat nyata. Pada SA1 (kontrol) nilai TSS relatif lebih tinggi dan pada SA5 (perlakuan *covering* + *cover crop* + tanaman *pioneer* 3-4 tahun) relatif lebih rendah.

Pengaruh Perlakuan Metode Covering terhadap Total Besi (Fe)

Hasil Uji Laboratorium untuk parameter total besi (Fe) menunjukkan hasil berbeda antar setiap perlakuan. Adapun untuk perlakuan tanpa tanaman *pioneer* (SA1, SA2, dan SA3) menunjukkan hasil di atas BMLC (Pergub Kalsel Nomor 36 Tahun 2008) yaitu berkisar antara 7-24 mg L^{-1} (Tabel 5), sedangkan pada perlakuan yang ada tanaman pioneer (SA4 dan SA5) menunjukkan hasil di bawah BMLC (Pergub Kalsel Nomor 36 Tahun 2008) yaitu di bawah 7.

Hasil uji normalitas Kolmogorov Smirnov menujukan sebaran data hasil uji sampel air permukaan untuk parameter total-Fe berdistribusi normal. Sementara uji Bartlett pada parameter total besi (Fe) menyatakan ragam homogen (dilakukan transformasi data logaritma (x+1)) dengan hasil ANOVA RAL menyatakan perlakuan memberikan pengaruh berbeda sangat

nyata. Adapun hasil uji nilai tengah DMRT dari parameter total besi (Fe) dapat dilihat pada Gambar 8. berikut.



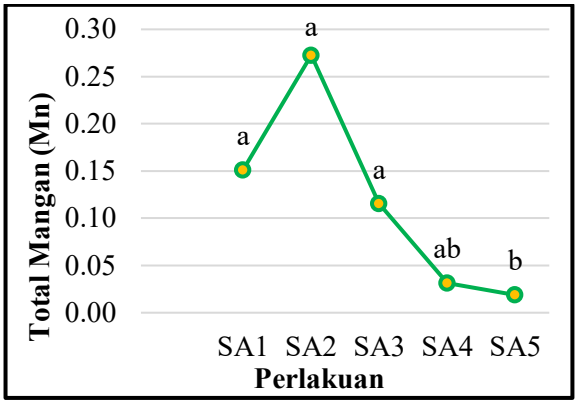
Gambar 8. Diagram Uji Nilai Tengah DMRT Pengaruh Perlakuan Terhadap Parameter Total Besi (Fe)

Analisis superskrip pada gambar 8. tersebut menyatakan bahwa hasil sangat berbeda nyata yang mana setiap perlakuan. Pada SA2 nilai dari Fe relatif lebih besar dan pada SA5 nilai Fe relatif lebih kecil.

Pengaruh Perlakuan Metode Covering terhadap Total Mangan (Mn)

Pengujian sampel air untuk parameter total mangan (Mn) menunjukkan hasil berbeda-beda. Adapun untuk nilai total-Mn dari semua perlakuan menunjukkan hasil dibawah BMLC yaitu berkisar antara 0,008-0.301 mg L^{-1} (Tabel 5),

Hasil uji normalitas Kolmogorov Smirnov menujukan sebaran data hasil uji sampel air permukaan untuk parameter total-Mn berdistribusi normal. uji Bartlett pada parameter Mn menyatakan ragam homogen dengan hasil ANOVA RAL menyatakan perlakuan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata. Dan hasil uji nilai tengah DMRT dari parameter total mangan (Mn) dapat dilihat pada gambar 9. berikut.



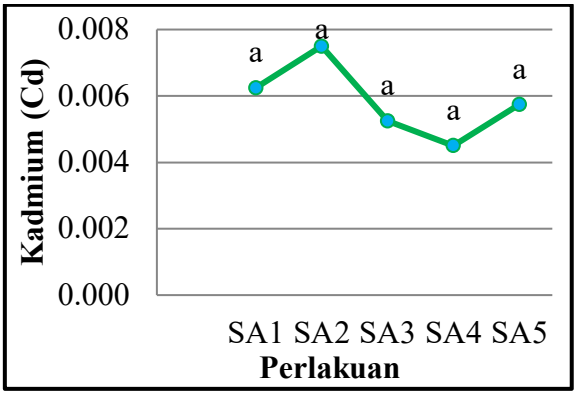
Gambar 9. Diagram Uji Nilai Tengah DMRT Pengaruh Perlakuan Terhadap Parameter Total Mangan (Mn)

Hasil uji nilai tengah DMRT untuk parameter total-Mn menyatakan bahwa SA1, SA2 dan SA3 tidak berbeda nyata dan SA4 berbeda nyata dengan semua perlakuan, sedangkan SA5 berbeda nyata dengan SA4 dan berbeda sangat nyata dengan SA1, SA2 dan SA3. Pada hasil uji sampel air SA2 nilai total-Mn relatif lebih besar dan pada SA5 nilai total-Mn relatif lebih kecil.

Pengaruh Perlakuan Metode Covering terhadap Kadmium (Cd)

Lembar hasil uji sampel air untuk parameter Cd menunjukkan hasil uji yang berbeda-beda. Nilai Cd dari semua perlakuan menunjukkan hasil di bawah BMLC (Pergub Kalsel Nomor 36 Tahun 2008) yaitu berkisar antara 0,003-0,009 mg L^{-1} (Tabel 5).

Hasil uji normalitas Kolmogorov Smirnov menujukan sebaran data hasil uji sampel air permukaan untuk parameter Cd berdistribusi normal. Dan uji Bartlett pada parameter Cd menyatakan ragam homogen dengan hasil ANOVA RAL menyatakan perlakuan memberikan pengaruh tidak berbeda nyata. Adapun hasil uji nilai tengah DMRT dari parameter Cd bisa dilihat pada gambar 10 berikut.



Gambar 10. Diagram Uji Nilai Tengah DMRT Pengaruh Perlakuan Terhadap Parameter Cd.

Hasil uji nilai tengah DMRT untuk parameter Cd menyatakan bahwa semua perlakuan tidak berbeda nyata. Pada SA2 nilai dari Cd relatif lebih besar dan pada SA4 nilai Cd relatif lebih kecil

Berdasarkan hasil pengolahan data perhitungan persentase efektivitas perubahan dari perlakuan metode *covering* terhadap nilai kontrol dalam pemenuhan perbaikan kualitas berdasarkan parameter BMLC Pergub Kalimantan Selatan Nomor 36 Tahun 2008 (Lampiran F), didapatkan persentase efektivitas perubahan seperti pada tabel 6.

Berdasarkan hasil pengolahan data persentase efektivitas tersebut, nilai minus pada persentase efektivitas total-Fe, total-Mn, dan Cd menunjukkan hasil uji sampel air terjadi kenaikan (penurunan kualitas air) dibandingkan dengan nilai kontrol. Sementara persentase positif menunjukkan hasil uji sampel air untuk parameter tersebut mengalami perbaikan (peningkatan kualitas air) terhadap pemenuhan BMLC yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 36 Tahun 2008.

Tabel 6. Persentase Efektivitas Perubahan Perlakuan *Covering* Terhadap Pemenuhan Parameter BMLC Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 36 Tahun 2008.

No	Kode Sampel	Parameter Uji				
		pH	TSS	Fe-total	Mn-total	Cd
1	SA2	30,45%	47,74%	-109,10%	-80,63%	-20,00%
2	SA3	76,35%	73,29%	10,64%	23,68%	16,00%
3	SA4	76,61%	94,21%	80,72%	79,30%	28,00%
4	SA5	77,24%	97,22%	88,71%	87,58%	8,00%

Persentase Efektivitas Perubahan Metode Covering Terhadap Pemenuhan BMLC

Analisis persentase efektivitas perubahan yang dihasilkan oleh beberapa tingkatan perlakuan metode *covering* dalam pengelolaan air asam tambang dapat dijadikan dasar dalam penilaian keberhasilan metode yang diterapkan. Pada pengolahan data, persamaan perhitungan persentase efektivitas 2 dipergunakan untuk menghitung persentase penurunan TSS, total-Fe, total-Mn, dan Cd, dimana untuk parameter tersebut nilai kontrol > nilai perlakuan.

Pengaruh Covering Terhadap Baku Mutu Air Asam Tambang

Penebaran *covering* dengan *top soil* pada lahan OPD Sitarum merupakan bagian dari tahapan reklamasi tambang yang dilakukan oleh PT Binuang Mitra Bersama Blok Dua. Kegiatan *covering* dilakukan setelah kegiatan *smooting* dilahan OPD Sitarum selesai dilaksanakan. Metode *covering* dipilih sebagai solusi efektif dan efisien untuk lahan disposal yang telah terbentuk yang tidak diketahui secara teknis bagaimana pengelolaan penimbunan tanah penutupnya, sehingga pengelolaan *covering* dengan *top soil* diharapkan mampu

mengendalikan terbentuknya air asam tambang secara preventif.

Kenaikan nilai pH pada perlakuan *covering soil,* tentunya ada pengaruh dari jenis hujan basa yang terjadi didaerah tersebut. Walaupun terjadi peningkatan konsentrasi total-Fe oleh aktivitas *spreading soil* dalam *covering* disposal tidak serta merta menimbulkan penurunan nilai pH. Sementara untuk TSS mengalami perbaikkan atau konsentrasinya menurun jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol, perubahan nilai TSS ini terjadi oleh berbedanya karakteristik fisik atau tekstur dari material *overburden* dan *top soil.* Jika disandingkan dengan standar BMLC maka perlakuan *covering soil* dapat memperbaiki kualitas air permukaan yang ada OPD sitarum namun belum memenuhi BMLC yang ditetapkan untuk parameter pH, TSS dan total-Fe. Sementara untuk parameter total-Mn dan Cd, konsentrasinya mengalami peningkatan namun sangat kecil dan masih dalam ambang batas BMLC yang ditetapkan.

Pengaruh Vegetasi (Cover crop & Tanaman Pioneer) Terhadap Baku Mutu Air Asam Tambang

Cover crop merupakan jenis tanaman rumput-rumputan merambat dan mempunyai pertumbuhan sangat cepat. Penanaman *cover crop* dapat menutupi permukaan lahan dan melindungi dari tekanan dan gesekan dari air hujan secara langsung, sehingga tanah tidak pecah menjadi butiran yang lebih kecil dan tidak mudah terbawa oleh aliran air hujan. Jenis tanaman *cover crop* yang digunakan pada area penelitan adalah *Calopogonium sp* dan *Centrosema pubescens*.

Pada lokasi penelitian, penanaman tanaman *cover crop* dilakukan setelah kegiatan penebaran *top soil* (*covering*) dinyatakan telah selesai secara teknis. Biasanyanya serah terima area yang siap ditanami (sudah *covering*) dilakukan pada ada awal musim penghujan. Metode penanaman *cover crop* adalah dengan pembuatan guratan dangkal memanjang yang tegak lurus dengan arah kemiringan lahan, guratan tanam dibuat dengan jarak per 0,5 m. Penebaran bibit (biji) tanaman *cover crop* dilakukan dengan pengisian biji disepanjang guratan yang telah dibuat, dimana rata-rata penyebaran biji 30 kg/ ha.

Pada perlakuan *covering* menggunakan *top soiling* dan *cover crop* (SA3)*,* pH air hujan tidak berubah menjadi asam karena keberadaan vegetasi serasah tersebut mampu membantu menciptakan porositas pada tanah dan beberapa revegetasi mampu mengikat ion H+ sehingga menekan keasaman tanah pada area *top soil*. Sementara untuk nilai yang TSS masih diatas standar BMLC dikarenakan material *soil* belum begitu padat dan keberadaan serasah belum menutupi sepenuhnya permukaan area yang telah di *covering* sehingga ada sebagian fragmen tanah yang masih pecah oleh tekan dan gerusan air hujan. Dan tentunya oleh hal tersebut juga yang menyebabkan total-Fe dari tanah masih terbangkitkan.

Pada perlakuan *covering* yang ditanami *cover crop* dan tanaman *pioneer* (SA4 dan SA5), selain dari revegetasi bawah, tanaman *pioneer* juga memberikan pengaruh dalam peningkatan pH tanah karena daun-daun mati yang dihasilkan menjadi bahan organik yang mampu mengikat ion H^+. Kenaikan pH tanah terjadi karena *cover crop* dan tanaman *pioneer* mampu memperbaiki kualitas fisik dan kimia dari tanah seperti membantu memperbaiki porositas tanah dan mengikat ion H^+.

Jenis tanaman *pioneer* yang ditanam diarea reklamasi OPD Sitarum (area penelitian) adalah Sengon (*Falcataria moluccana*). Tanaman sengon merupakan tanaman *pioneer* yang dinilai sangat cocok tumbuh di lokasi penelitian, dimana laju pertumbuhan pada tahun pertama berkisar 100-150 cm, dengan diameter 2,2-2,5 cm. Pada lokasi penelitiaan tanaman sengon ditanam setelah tanaman *cover crop* berumur kurang lebih 1 tahun, dimulai dengan pembuatan lubang tanam dimensi

50 cm x 50 cm x 50 cm, kemudian diberikan mulsa hasil pembersihan *cover crop* di sekitar area lubang tanam dan pupuk kandang dengan ukuran karung 25 kg. Tanaman sengon ditanam dengan jarak 4 m x 4 m atau 625 pohon per hektar.

Hasil pengujian sampel air dari perlakuan *covering* yang ditanami *cover crop* dan tanaman *pioneer* (SA4 dan SA5) menunjukkan perbaikan kualitas air permukaan. Hasil pengujian menunjukan secara keseluruhan parameter uji telah memenuhi standar BMLC, perbedaan tahun tanam *cover crop* dan tanaman *pioneer* cukup memberikan pengaruh terhadap daya ikat akar tanaman terhadap fragmen tanah dan penurunan kadar total-Fe yang terlarut oleh air.

KESIMPULAN

Hasil akhir dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penerapan metode *covering* di OPD Sitarum mampu memberikan pengaruh positif terhadap perbaikan kualitas air permukaan. Pada perlakuan SA4 (*covering* + *cover crop* + *Pioneer* 1-2 tahun) hasil uji menunjukkan kualitas air permukaan telah memenuhi standar BMLC Pergub Kalsel Nomer 36 Tahun 2008 dengan nilai: pH 6,95; TSS 159 mg L^{-1}; total-Fe 1,93 mg L^{-1}; total-Mn 0,031 mg L^{-1}; dan Cd 0,0045 mg L^{-1}.
2. Metode *covering* yang diterapkan di OPD Sitarum dinilai efektif dalam pengelolaan AAT secara preventif, perlakuan *covering* dan persentase efektivitas terbaik adalah pada perlakuan SA5 (*covering* + *cover crop* + tamanan *pioneer* 3-4 tahun) dengan nilai: pH 6,67; TSS 76,5 mg L^{-1} (97,22%); total-Fe 1,13 mg L^{-1} (88,71%); total-Mn 0,019 mg L^{-1} (87,58%); dan Cd 0,0058 mg L^{-1} (8,00%).

DAFTAR PUSTAKA

Abfertiawan, M. S. (2017). Pengelolaan Air 1Asam Tambang. *Journal Ganeca Environmental Services*, 1–3

Australian Government. (2016). *Preventing Acid and Metalliferous Drainage Leading Practice Suistanable Development Program for the Mining Industry* (Issue September).

Gautama, R. S. (2012). Pengelolaan Air Asam Tambang. In *Bimbingan Teknis Reklamasi dan Pascatambang pada Kegiatan Pertambangan Mineral dan Batubara, Ditjen Mineral dan Batubara, KESDM*.

Gautama, R. S. (2019). Modul Kursus Sesi I Pengelolaan Air Asam Tambang. *Seminar Nasional Dan Kursus Air Asam Tambang Ke-6 Dan Pengelollan Air Tambang Di Indonesia*, 1–60.

Kentwell, D., Garvie, A., & Chapman, J. (2012). Adequacy of Sampling and Volume Estimation for Pre-mining Evaluation of Potentially Acid Forming Waste : Statistical and Geostatistical Methods. *Proceeding of Life-of-Mine Conference*, *December*, 1–16.

Maharani, S. (2018). *Permodelan Penyebaran Batuan Potential Acid Forming (PAF) dan Non Acid Forming (NAF) Sebagai Upaya Pengendalian Air Asam Tambang dengan Metode Capsuling di PT Putra Perkasa Abadi Site Girimulya (BIB), Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan*. Universitas Diponegoro.

Marthen, M. (2013). Identifikasi Potensi Pembentukan Air Asam Tambang, NAPP Vs NTAPP. In *PT Trubaindo Coal Mining* (pp. 1–50).

Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018, Tentang Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik, 1 (2018).

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/ Menlhk-Setjen/ 2016 Tentang

Baku Mutu Air Limbah Domestik, 1 (2016).

Oktafia, N. (2016). *Pola Penyebaran Potensi Keterbentukan Air Asam Tambang Pada Tambang Batbubara di Blok Loa Janan Samarinda Kalimantan Timur*.

Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No 36 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.pd, (2008).

Skousen, J. G., Sexstone, A., & Ziemkiewicz, P. F. (2000). *Acid Mine Drainage Control and Treatment*. *6*(41), 1–42. https://doi.org/https://doi.org/10.2134/agronmonogr41.c6

Sunandi, E., & Nugroho, S. (2009). Rancangan Acak Lengkap Dengan Subsampel. *Statistika*, 80–101.

Susilawati, M. (2015). *Bahan Ajar Perancangan Percobaan*. Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Udayana.