

Analisis Pengaruh Tanaman Melati Air sebagai Fitoremediasi dalam Mengatasi Pencemaran Air Limpasan *Stockpile* Batubara

Andre Cahyo Ramadhani, Rico Januar Sitorus, Muslimin,

Ririn Noviyantri Putri, Rima Ernia

Universitas Kader Bangsa Palembang.

Universitas Sriwijaya

Corresponding: andrecahyor@gmail.com

Abstrak. Air asam tambang dapat ditimbulkan oleh tumpukan *stockpile* batubara, terutama apabila kandungan belerangnya tinggi yang dapat menimbulkan dampak bagi kesehatan lingkungan. Dampak pencemaran air limpasan *stockpile* batubara dapat diatasi dengan pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi. Penulis melakukan penelitian eksperimen fitoremediasi menggunakan tanaman melati air dengan sampel air limpasan *stockpile* batubara yang diambil dari *inlet*KPL C PT Bukit Asam Tbk Unit Dermaga Kertapati pada bulan Juni – Agustus 2022, eksperimen dilakukan menggunakan tiga perlakuan berbeda yaitu 600gr, 700gr dan 900gr yang di amati selama 7 hari dengan parameter pH, TSS, suhu dan morfologi tanaman. Hasil dari penelitian didapat parameter pH pada sampel jumlah tanaman 600 gr pH netral tercapai di hari ke-4 dengan nilai 6,03, pada sampel jumlah tanaman 700 gr pH netral tercapai di hari ke-3 dengan nilai 6,11, pada perlakuan sampel tanaman 900 gr pH netral tercapai di hari ke-2 dengan nilai 6,10. Pada parameter TSS, Pada semua perlakuan sampel tanaman, di hari ke-2 nilai TSS sudah mencapai nilai baku mutu lingkungan yaitu 200 mg/l dan nilai TSS semakin hari semakin menurun dengan nilai efisiensi removal tertinggi yang didapat sebesar 89,0% dari perlakuan sampel tanaman 900 gr pada hari ke-7. Pada parameter suhu, nilai suhu pada sampel relatif konstan dengan suhu berkisar antara 27,4°C - 31°C yang berarti masih dalam kondisi normal sesuai baku mutu lingkungan yang disyaratkan. Pada morfologi tanaman melati air selama 7 hari tanaman mengalami perubahan fisik dengan beberapa helai daun yang layu dan mengering, tetapi juga ada tunas baru yang muncul pada tanaman, secara garis besar tanaman melati air mampu bertahan dan dapat tumbuh pada sampel air limpasan *stockpile* batubara.

Kata kunci: melati air, fitoremediasi, *stockpile* batubara, pencemaran air

Abstract. Acid mine drainage can be generated by coal *stockpile* piles, especially if the sulfur content is high which can have an impact on environmental health. The impact of coal *stockpile* runoff water pollution can be overcome by treating wastewater using phytoremediation. The author conducted a phytoremediation experiment using *Echinodorus palaefolius* plants with samples of coal *stockpile* runoff taken from the inlet of KPL C PT Bukit Asam Tbk Unit Dermaga Kertapati in June - August 2022, the experiment was carried out using three different treatments, namely 600gr, 700gr and 900gr which were observed for 7 days with parameters of pH, TSS, temperature and plant morphology. The results of the study showed that the pH parameter in the sample of 600 grams of plants, neutral pH was reached on the 4th day with a value of 6.03, in the sample of plants, 700 grams of neutral pH was reached on the 3rd day with a value of 6.11, on the treatment of plant samples. 900 gr neutral pH was reached on day 2 with a value of 6.10. On the TSS parameter, in all plant sample treatments, on day 2 the TSS value has reached the environmental quality standard value of 200 mg/l and the TSS value is decreasing day by day with the highest removal efficiency value obtained at 89.0% of the sample treatment. 900 gr plants on the 7th day. In the temperature parameter, the temperature value in the sample is relatively constant with temperatures ranging from 27.4°C - 31°C, which means it is still in normal conditions according to the required environmental quality standards. In the morphology of the *Echinodorus palaefolius* plant for 7 days, the plant underwent physical changes with some leaves withering and drying but there were also new shoots that appeared on the plant, but in general the water jasmine plant was able to survive and grow in the coal *stockpile* runoff water samples.

Keywords: *echinodorus palaefolius*, phytoremediation, coal *stockpile*, water pollution

PENDAHULUAN

Pencemaran air berdampak pada timbulnya bau air sungai yang begitu menyengat dan warna dari air sungai tersebut akan menjadi sangat keruh dan juga hitam pekat. Dari

peristiwa tersebut berdampak besar pada lingkungan disekitarnya. Kondisi sungai yang sangat memprihatinkan mengakibatkan banyaknya aktivitas manusia akan terhenti seperti halnya mencari ikan, penjual makanan

disekitar aliran sungai dan pabrik, serta petani. Dampak lain dari pencemaran sungai ini adalah ekosistem sungai yang mati dan banyak bakteri serta virus yang muncul akibat hal tersebut dan tidak sedikit masyarakat dialiran sungai yang tercemar terkena sakit (Pratiwi, 2021).

Salah satu industri yang berpotensi menyebabkan pencemaran air adalah industri pertambangan batubara. Air limpasan batubara dapat menghasilkan cemaran berupa limbah cair yang biasanya mengandung besi, mangan, zat tersuspensi *Total Suspended Solid* (TSS) serta penurunan pH pada air. *Stockpile* batubara merupakan tempatpenyimpanan batubara yang pertamamasuk setelah mengalami prosespengangkutan yang panjang baik daritempat distributor ataupun dari tempatpenggalian material pada industri pertambangan (Jolo, 2017). Limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan di area *stockpile* berupa air asam tambang batu bara, dimana air ini berasal dari air hujan dan kegiatan operasional. Air yang tercampur dengan batuan yang mengandung sulfida tertentu yang ada pada batu bara menyebabkan air bersifat asam dan biasanya mengandung besi dan mangan serta zat padat tersuspensi (*suspended solid*) (Sinaga & Putra, 2021).

Dampak negatif dari pertambangan juga tidak bisa dihindari, limbah cair asam batubara yang dihasilkan dari proses pencucian batubara diduga mengandung logam berat berbahaya (Kiswanto dkk., 2020). Permasalahan air tambang dapat diolah dengan dua metode yaitu metode aktif dimana metode ini menggunakan bantuan bahan kimia dalam proses pengolahannya sehingga menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi, akan tetapi memerlukan biaya yang cukup besar (Asip dkk., 2015), dan metode pasif yang efektif meningkatkan pH dan menurunkan kandungan logam pada air tambang (Madaniyah, 2016). Pengelolaan air tambang pasif merupakan metode yang sederhana dan penggunaannya murah yang dapat meningkatkan kualitas air dan digunakan di banyak negara seperti Turki, Korea Selatan, Cina, dll (Herniwanti dkk., 2014). Salah satu metode pasif yang dapat dikembangkan adalah fitoremediasi (Widuri, 2012).

Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tanaman serta bagian-bagian dari tanaman tersebut guna dekontaminasi limbah serta zat-zat pencemar lainnya. Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat pada tanaman tersebut mengalami tiga proses yakni penyerapan oleh

akar kemudian translokasi dari akar ke bagian tumbuhan seperti batang dan daun lalu dilanjutkan dengan lokalisasi pada bagian sel tertentu agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut (Putra, 2014). Tanaman yang mampu menyerap zat pencemar yang memiliki konsentrasi tinggi disebut dengan hiperakumulator. Beberapa tanaman air memiliki sifat hiperakumulator dan digunakan dalam meremediasi zat pencemar logam berat di lingkungan perairan (Smits, 2005). Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam di dalam biomasnya dalam kadar yang luar biasa tinggi (Irhamni dkk., 2017).

Penelitian ini menggunakan tanaman melati air karena penelitian terdahulu menggunakan tanaman melati air dalam menurunkan kadar BOD dan COD dimana tanaman melati air mampu melakukan penurunan terbesar yang terjadi pada variasi berat tanaman 600 gr masing-masing per 5 liter air limbah dengan lama waktu perlakuan selama 7 hari yaitu BOD sebesar 86%, COD sebesar 91% (Windyanti dkk., 2020). Tanaman melati air mampu menghisap oksigen dari daun, batang, dan akar yang nantinya akan dilepas kembali pada daerah sekitar perakaran dan hal tersebut dimungkinkan disebabkan jenis tumbuhan air memiliki ruang antar sel atau lubang saluran udara sebagai alat transportasi oksigen dari atmosfer (Intania dkk., 2021).

METODE

Penelitian ini akan dilaksanakan selama 2 bulan yang dimulai dari tanggal 01 Juni 2022 – 31 Agustus 2022 dengan eksperimen yang dilaksanakan selama 7 hari dimulai dari tanggal 19 Agustus 2022 – 25 Agustus 2022 di PT Bukit Asam Tbk Unit Dermaga Kertapati. Pengumpulan data terlebih dahulu dengan observasi langsung mengenai pengaruh tanaman melati air sebagai fitoremediasi dalam mengatasi pencemaran air limpasan *stockpile* batubara. Dalam menganalisis data dalam skripsi ini, untuk mendapatkan gambaran fitoremediasi. Penulis melakukan pengujian fitoremediasi air limpasan *stockpile* batubara menggunakan tanaman melati air ini sesuai dengan prosedur yang ada dan sesuai dengan materi yang telah di pelajari. Analisa data menggunakan uji-t dependen (*paired sample t-test*) untuk mengetahui bagaimana pengaruh tanaman melati air sebagai fitoremediasi dalam mengatasi pencemaran air

limpasan *stockpile* batubara.

HASIL

Proses fitoremediasi pada penelitian ini menggunakan sistem *batch* dimana perlakuan pada tanaman melati air dilakukan dengan cara mendiamkan tanaman tersebut ke dalam wadah reaktor yang berisikan limbah air limpasan *stockpile* batubara selama kurun waktu 7 hari dan setiap hari dilakukan pengecekan pH. Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan, perbandingan hasil pengukuran pH selama 7 hari pada air limpasan *stockpile* batubara dengan menggunakan tanaman melati air telah sesuai dengan baku mutu lingkungan berdasarkan Peraturan Gubernur Sumsel No. 8 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan Pertambangan Batubara yaitu 6-9. Nilai pH pada hari ke-1 pada tanaman melati air berkisar antara 5,28 – 5,39.

Tabel 1
Hasil Monitoring Fitoremediasi Nilai pH
Pada Air Limpasan Stockpile Batubara
Menggunakan Tanaman Melati Air

No.	Hari	Sampel	Nilai pH	Baku Mutu Lingkungan
1	Ke-1	Kontrol	5,28	6-9
		600 gr	5,32	
		700 gr	5,36	
		900 gr	5,39	
2	Ke-2	Kontrol	5,36	6-9
		600 gr	5,54	
		700 gr	5,93	
		900 gr	6,10	
3	Ke-3	Kontrol	5,31	6-9
		600 gr	5,93	
		700 gr	6,11	
		900 gr	6,29	
4	Ke-4	Kontrol	5,40	6-9
		600 gr	6,03	
		700 gr	6,33	
		900 gr	6,62	
5	Ke-5	Kontrol	5,45	6-9
		600 gr	6,28	
		700 gr	6,37	
		900 gr	6,65	
6	Ke-6	Kontrol	5,41	6-9
		600 gr	6,36	
		700 gr	6,45	
		900 gr	6,79	
7	Ke-7	Kontrol	5,43	6-9
		600 gr	6,46	
		700 gr	6,59	
		900 gr	6,81	

Sumber: data olahan

Pada hari ke-2 nilai pH pada tanaman melati air cenderung semakin meningkat dan

pada sampel perlakuan 900 gr telah mencapai pH netral sesuai dengan baku mutu lingkungan. Hasil pengukuran pH air dengan menggunakan tanaman melati air pada sampel kontrol (tanpa tanaman) yaitu 5,36, pada perlakuan 600 gr yaitu 5,54, pada perlakuan 700 gr yaitu 5,93 dan pada perlakuan 900 gr yaitu 6,10. Pada hari ke-3 hasil pengukuran pH air dengan menggunakan tanaman melati air pada sampel kontrol (tanpa tanaman) yaitu 5,31, pada perlakuan 600 gr yaitu 5,93, pada perlakuan 700 gr yaitu 6,11 dan pada perlakuan 900 gr yaitu 6,29. Pada hari ke-4 nilai pH semakin meningkat dan nilai pH pada sampel perlakuan menggunakan tanaman melati air telah sesuai dengan Baku Mutu Lingkungan. Hasil pengukuran pH air dengan menggunakan tanaman melati air pada sampel kontrol (tanpa tanaman) yaitu 5,40, pada perlakuan 600 gr yaitu 6,03, pada perlakuan 700 gr yaitu 6,33 dan pada perlakuan 900 gr yaitu 6,62.

Pada hari ke-5 nilai pH meningkat. Hasil pengukuran pH air pada perlakuan 600 gr yaitu 6,28, pada perlakuan 700 gr yaitu 6,37, pada perlakuan 900 gr yaitu 6,65. Namun pada sampel kontrol (tanpa tanaman) nilai pH yaitu 5,45. Pada hari ke-6 nilai pH pada tanaman cenderung meningkat. Hasil pengukuran pH air dengan menggunakan tanaman melati air pada perlakuan 600 gr yaitu 6,36, pada perlakuan 700 gr yaitu 6,45, pada perlakuan 900 gr yaitu 6,79. Namun pada sampel kontrol (tanpa tanaman) nilai pH yaitu 5,41.

Pada hari ke-7 hasil pengukuran pH air dengan menggunakan tanaman melati air pada perlakuan 600 gr yaitu 6,43, pada perlakuan 700 gr yaitu 6,59, pada perlakuan 900 gr 6,81. Namun pada sampel kontrol (tanpa tanaman) nilai pH yaitu 5,43. Kenaikan nilai pH dipengaruhi oleh adanya aktivitas biokimiawi mikroorganisme yang terdapat pada media air dan akar tanaman. Pada pH asam jaringan tumbuhan akan semakin meningkat kemampuan dalam mengikat unsur dalam air sedangkan apabila pH bersifat basa dapat melemahkan kemampuan jaringan tumbuhan tersebut dalam mengikat unsur dalam air sehingga unsur yang diserap semakin sedikit dan menyebabkan terganggunya metabolisme tumbuhan. Tanaman dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH 5,5 – 7 karena proses penyerapan unsur hara pada air dapat berlangsung dengan baik (Agusetyadevy dkk., 2016).

Berdasarkan penelitian ini efektivitas tanaman melati air dalam mencapai pH netral didapat pada hari ke-2 pada sampel perlakuan

900 gr dengan nilai pH yaitu 6,10 dan pada hari ke-4 pada semua sampel perlakuan menggunakan tanaman melati air mampu mencapai pH netral. Dengan demikian tanaman melati air memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menurunkan pencemaran air dengan parameter pH dapat mencapai nilai yang sesuai dengan Baku Mutu Lingkungan. Tabel 2 diperoleh bahwa nilai efisiensi tertinggi pada tanaman melati air, nilai efektivitas pH tertinggi yang didapat adalah 20,9% dari sampel perlakuan 900 gr pada hari ke-7. Perbaikan nilai pH air dalam media dapat disebabkan oleh kemampuan tumbuhan air dalam menyerap senyawa kimia baik organik maupun anorganik melalui proses kimiawi oleh faktor lingkungan (Herlambang & Hendriyanto, 2015)

Tabel 2
Efektivitas pH dengan Menggunakan Tanaman Melati Air

Efektivitas (%) pH / hari		Sampel		
		MA 1 (600gr)	MA 2 (700gr)	MA 3 (900gr)
H1	Nilai pH	5,32	5,36	5,39
	Kenaikan nilai pH	5,54	5,93	6,10
H2	Efektivitas kenaikan (%)	4,0%	9,6%	11,6%
	Kenaikan nilai pH	5,93	6,11	6,29
H3	Efektivitas kenaikan (%)	10,3%	12,3%	14,3%
	Kenaikan nilai pH	6,03	6,33	6,62
H4	Efektivitas kenaikan (%)	11,8%	15,3%	18,6%
	Kenaikan nilai pH	6,28	6,37	6,65
H5	Efektivitas kenaikan (%)	15,3%	15,9%	18,9%
	Kenaikan nilai pH	6,36	6,45	6,79
H6	Efektivitas kenaikan (%)	16,4%	16,9%	20,6%
	Kenaikan nilai pH	6,43	6,59	6,81
H7	Efektivitas kenaikan (%)	17,3%	18,7%	20,9%

Sumber: data olahan

Tanaman Melati Air dapat menurunkan polutan dengan parameter TSS. Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan, perbandingan hasil pengukuran TSS selama 7 hari pada air limpasan stockpile batubara dengan menggunakan tanaman melati air telah sesuai dengan baku mutu lingkungan Peraturan Gubernur Sumsel No.8 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan Pertambangan Batubara yaitu 200 mg/l. Nilai

TSS pada hari ke-1 pada tanaman melati air berkisar antara 601 mg/l – 640 mg/l. Pada hari ke-2 nilai TSS pada tanaman melati air menurun dan telah sesuai dengan baku mutu lingkungan. Hasil pengukuran TSS dengan menggunakan melati air pada perlakuan 600 gr yaitu 187 mg/l, pada perlakuan 700 gr yaitu 175 mg/l, pada perlakuan 900 gr yaitu 162 mg/l. Namun pada kontrol (tanpa tanaman) nilai TSS yaitu 610 mg/l. Pada hari ke-3 hasil pengukuran TSS dengan menggunakan menggunakan melati air pada perlakuan 600 gr yaitu 154 mg/l, pada perlakuan 700 gr yaitu 156 mg/l, pada perlakuan 900 gr yaitu 148 mg/l, pada perlakuan 1000 gr yaitu 132 mg/l. Namun pada kontrol (tanpa tanaman) nilai TSS yaitu 568 mg/l.

Tabel 3
Hasil Monitoring Fitoremediasi Nilai TSS Pada Air Limpasan Stockpile Batubara Menggunakan Tanaman Melati Air

No.	Hari	Sampel	Nilai TSS	Baku Mutu Lingkungan
1	Ke-1	Kontrol	629 mg/l	200 mg/L
		600 gr	629 mg/l	
		700 gr	640 mg/l	
		900 gr	601 mg/l	
2	Ke-2	Kontrol	610 mg/l	200 mg/L
		600 gr	187 mg/l	
		700 gr	175 mg/l	
		900 gr	162 mg/l	
3	Ke-3	Kontrol	568 mg/l	200 mg/L
		600 gr	154 mg/l	
		700 gr	156 mg/l	
		900 gr	148 mg/l	
4	Ke-4	Kontrol	532 mg/l	200 mg/L
		600 gr	121 mg/l	
		700 gr	117 mg/l	
		900 gr	109 mg/l	
5	Ke-5	Kontrol	502 mg/l	200 mg/L
		600 gr	115 mg/l	
		700 gr	107 mg/l	
		900 gr	90 mg/l	
6	Ke-6	Kontrol	496 mg/l	200 mg/L
		600 gr	109 mg/l	
		700 gr	100 mg/l	
		900 gr	85 mg/l	
7	Ke-7	Kontrol	485 mg/l	200 mg/L
		600 gr	87 mg/l	
		700 gr	76 mg/l	
		900 gr	66 mg/l	

Sumber: data olahan

Pada hari ke-4 hasil pengukuran TSS dengan menggunakan menggunakan melati air pada perlakuan 600 gr yaitu 121 mg/l, pada perlakuan 700 gr yaitu 117 mg/l, pada perlakuan 900 gr yaitu 109 mg/l. Namun pada kontrol (tanpa tanaman) 532 mg/l. Pada hari ke-5 hasil pengukuran TSS dengan menggunakan melati air pada perlakuan 600 gr yaitu 115 mg/l, pada perlakuan 700 gr yaitu 107 mg/l, pada perlakuan 900 gr yaitu 90 mg/l, pada perlakuan 1000 gr yaitu 88 mg/l. Namun pada kontrol (tanpa tanaman) nilai TSS yaitu 502 mg/l. Pada hari ke-6 hasil pengukuran TSS dengan menggunakan melati air pada perlakuan 600 gr yaitu 109 mg/l, pada perlakuan 700 gr yaitu 100 mg/l, pada perlakuan 900 gr yaitu 85 mg/l, pada perlakuan 1000 gr yaitu 77 mg/l. Namun pada kontrol (tanpa tanaman) nilai TSS yaitu 496 mg/l.

Pada hari ke-7 hasil pengukuran TSS dengan menggunakan menggunakan melati air pada perlakuan 600 gr yaitu 87 mg/l, pada perlakuan 700 gr yaitu 76 mg/l, pada perlakuan 900 gr yaitu 66 mg/l, pada perlakuan 1000 gr yaitu 48 mg/l. Namun pada kontrol (tanpa tanaman) nilai TSS yaitu 485 mg/l. Berdasarkan penelitian ini efektivitas tanaman melati air dalam menurunkan nilai TSS didapat pada hari ke-2 pada semua sampel perlakuan yang menggunakan tanaman dengan nilai TSS yaitu 162 mg/l – 187 mg/l dan penurunan tertinggi didapat pada hari ke-7 dengan sampel 900 gr dengan nilai TSS yaitu sebesar 66 mg/l. Dengan demikian tanaman melati air memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menurunkan pencemaran air dengan parameter TSS dapat mencapai nilai yang sesuai dengan Baku Mutu Lingkungan. Bobot tanaman berpengaruh terhadap penghilangan parameter pencemar, semakin berat peralatannya, semakin tinggi efisiensi penghilangan parameter polutan. Penurunan TSS terjadi dikarenakan tanaman melati air memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menyerap dan menguraikan polutan, sehingga dapat mereduksi kandungan polutan itu sendiri (Windyanti dkk., 2020); (Novita dkk., 2019). Tabel 4 menjelaskan bahwa nilai efisiensi tertinggi pada tanaman melati air, nilai efisiensi removal tertinggi yang didapat adalah 89,0 % dari sampel perlakuan 900 gr pada hari ke-7. Hilangnya TSS dalam limbah kemungkinan disebabkan oleh proses fisika berupa pengendapan dan tertahannya partikel-partikel padat pada akar tanaman (Suhendrayatna dkk., 2012)

Tabel 4
Efisiensi Removal TSS Dengan Menggunakan Tanaman Melati Air

Efisiensi Removal TSS (%) / hari		Sampel		
		MA 1 (600gr)	MA 2 (700gr)	MA 3 (900gr)
H1	Nilai TSS (mg/L)	629	640	601
H2	Penurunan TSS (mg/L)	187	175	162
	Efisiensi Removal (%)	70,3%	72,7%	73,0%
H3	Penurunan TSS (mg/L)	154	156	148
	Efisiensi Removal (%)	75,5%	75,6%	75,4%
H4	Penurunan TSS (mg/L)	121	117	109
	Efisiensi Removal (%)	80,8%	81,7%	81,9%
H5	Penurunan TSS (mg/L)	115	107	90
	Efisiensi Removal (%)	81,7%	83,3%	85,0%
H6	Penurunan TSS (mg/L)	109	100	85
	Efisiensi Removal (%)	82,7%	84,4%	85,9%
H7	Penurunan TSS (mg/L)	87	76	66
	Efisiensi Removal (%)	86,2%	88,1%	89,0%

Sumber: data olahan

Tabel 5
Hasil Monitoring Fitoremediasi Nilai Suhu Pada Air Limpasan Stockpile Batubara Menggunakan Tanaman Melati Air

No.	Hari	Sampel	Nilai Suhu	Baku Mutu Lingkungan
1	Ke-1	Kontrol	29,60 °C	31,9 °C - Deviasi 3
		600 gr	30,50 °C	
		700 gr	30,70 °C	
		900 gr	29,40 °C	
2	Ke-2	Kontrol	27,40 °C	31,9 °C - Deviasi 3
		600 gr	30,00 °C	
		700 gr	27,40 °C	
		900 gr	27,40 °C	
3	Ke-3	Kontrol	28,20 °C	31,9 °C - Deviasi 3
		600 gr	28,30 °C	
		700 gr	28,80 °C	
		900 gr	28,30 °C	
4	Ke-4	Kontrol	29,90 °C	31,9 °C - Deviasi 3
		600 gr	29,40 °C	
		700 gr	30,20 °C	
		900 gr	29,70 °C	
5	Ke-5	Kontrol	29,20 °C	31,9 °C - Deviasi 3
		600 gr	29,00 °C	
		700 gr	29,50 °C	
		900 gr	28,70 °C	
6	Ke-6	Kontrol	29,50 °C	31,9 °C - Deviasi 3
		600 gr	27,90 °C	
		700 gr	31,00 °C	
		900 gr	30,30 °C	
7	Ke-7	Kontrol	30,00 °C	31,9 °C - Deviasi 3
		600 gr	30,00 °C	
		700 gr	30,00 °C	
		900 gr	29,80 °C	

Sumber: data olahan

Pada penelitian ini suhu air limpasan *stockpile* batubara berkisar antara 27,4°C - 31°C. Hasil pengukuran ini sesuai dengan baku mutu lingkungan berdasarkan Pergub Sumsel No 16

Tahun 2015 yaitu deviasi 3. Batasan deviasi 3 dapat diartikan sebagai $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu normal air alamiah. Suhu normal air alamiah pada air sungai musi adalah 28,9 °C.

No.	Hari	Sampel	Kondisi Tanaman	Foto
1	Ke-1	600 gr	MA ₁ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau segar. Akar berwarna coklat.	
		700 gr	MA ₂ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau segar. Akar berwarna coklat.	
		900 gr	MA ₃ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau segar. Akar berwarna coklat.	
2	Ke-2	600 gr	MA ₁ ; Kondisi batang hijau segar dan daun berwarna hijau tidak segar. Terdapat 2 helai daun mulai berwarna hijau kekuning-kuningan. Akar berwarna ke coklat.	
		700 gr	MA ₂ ; Kondisi batang hijau segar dan daun berwarna hijau tidak segar. Akar berwarna coklat.	
		900 gr	MA ₃ ; Kondisi batang hijau segar dan daun berwarna hijau tidak segar. Terdapat 1 daun mulai berwarna kekuning-kuningan. Akar berwarna kecoklatan.	
3	Ke-3	600 gr	MA ₁ ; Kondisi batang hijau segar dan daun berwarna hijau tidak segar. Terdapat 2 helai daun berwarna kuning dan mulai mengering. Akar berwarna coklat.	
		700 gr	MA ₂ ; Kondisi batang hijau segar dan daun berwarna hijau tidak segar. Terdapat 3 helai daun mulai mengering. Akar berwarna coklat.	
		900 gr	MA ₃ ; Kondisi batang hijau segar dan daun berwarna hijau tidak segar. Terdapat 1 daun mulai berwarna kekuning-kuningan. Akar berwarna coklat.	
4	Ke-4	600 gr	MA ₁ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau tidak segar. Terdapat 3 helai daun berwarna kuning dan mulai mengering pada ujung daun. Akar berwarna coklat.	
		700 gr	MA ₂ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau tidak segar. Terdapat 3 helai daun mulai mengering. Akar berwarna coklat.	
		900 gr	MA ₃ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau tidak segar. Terdapat 1 daun mulai berwarna kekuning-kuningan. Akar berwarna pekat.	
5	Ke-5	600 gr	MA ₁ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau tidak segar. Terdapat 3 helai daun berwarna kuning dan mulai mengering pada ujung daun. Akar berwarna coklat.	
		700 gr	MA ₂ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau tidak segar. Terdapat 3 helai daun mulai mengering. Akar berwarna coklat.	
		900 gr	MA ₃ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau tidak segar. Terdapat 1 daun mulai berwarna kekuning-kuningan. Akar berwarna hitam pekat.	
6	Ke-6	600 gr	MA ₁ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau tidak segar. Terdapat 3 helai daun berwarna kuning dan mulai mengering pada ujung daun. Akar berwarna coklat.	
		700 gr	MA ₂ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau tidak segar. Terdapat 3 helai daun mulai mengering. Akar berwarna coklat, muncul 1 helai tunas baru pada batang.	
		900 gr	MA ₃ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau tidak segar. Terdapat 1 daun mulai berwarna kekuning-kuningan dan mulai mengering. Akar berwarna coklat kehijauan, muncul 2 helai tunas baru pada batang.	
7	Ke-7	600 gr	MA ₁ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau tidak segar. Terdapat 2 helai daun berwarna kuning dan mulai mengering & 1 helai daun mengering pada ujung daun. Akar berwarna coklat kehijauan.	
		700 gr	MA ₂ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau tidak segar. Terdapat 3 helai daun mulai mengering. Akar berwarna coklat kehijauan, muncul 1 helai tunas baru pada batang.	
		900 gr	MA ₃ ; Kondisi daun dan batang berwarna hijau tidak segar. Terdapat 1 daun mulai berwarna kekuning-kuningan. Akar berwarna coklat kehijauan muncul 2 helai tunas baru pada batang.	

Sumber: data olahan

Gambar 1
Hasil Montirong Morfologi Tanaman Melati Air

Pada penelitian ini, respon tanaman melati air terhadap media air limpasan *stockpile* batubara berbeda pada setiap sampel perlakuan (dilihat pada tabel 5.4). Berdasarkan hasil pengamatan pada tanaman melati air terlihat pada hari ke-1 warna daun dan batang mengalami perubahan yang awalnya berwarna hijau segar menjadi hijau tidak segar pada hari ke-2, pada hari ke-3 sampai dengan hari ke-7 pada setiap sampel perlakuan terdapat beberapa helai daun berwarna kekuning-kuningan dan mengering pada ujung daun dan kondisi akar pada tanaman melati air yaitu berwarna coklat pekat. Perubahan warna pada daun melati air yang menjadi kuning diduga tanaman tersebut mengalami toksistas yang diakibatkan oleh aktivitas abiotik dari zat pencemar (Caroline &

Moa, 2015). Pada hari ke-6 terdapat satu helai tunas tumbuh pada sampel perlakuan 700 gr dan dua helai tunas tumbuh pada sampel perlakuan 900 gr, tumbuhnya tunas baru pada tanaman melati air dapat disebabkan karena tanaman melati air merupakan tumbuhan air yang memerlukan air dalam proses pertumbuhannya. Tanaman ini memiliki kemampuan sangat baik dalam menyerap dan menguraikan polutan, sehingga dapat mereduksi kandungan polutan tersebut. Sistem perakaran bunga melati terletak pada dasar perairan, reproduksinya memiliki karakter yang fleksibel, kuat, panjang dan dapat mengembang, sehingga memiliki efektifitas untuk memperluas area tempat menempel mikroorganisme yang ada (Windyanti dkk., 2020).

Volume air yang berada pada reaktor yang berisi tanaman dengan jumlah 600 gr, 700 gr dan 900 gr mengalami penurunan. Penurunan volume air tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan serta kebutuhan air yang diperlukan oleh tanaman. Secara teori apabila dalam suatu area semakin banyak jumlah tanaman, maka semakin meningkat pula kebutuhan air yang diperlukan untuk tanaman tersebut (Anam dkk., 2013). Hasil yang telah diperoleh kemudian dilakukan uji-t dependen (*paired sample t-test*) yang bertujuan untuk untuk membandingkan rata-rata dua kelompok yang saling berpasangan. Sampel berpasangan dapat diartikan sebagai sebuah sampel dengan subjek yang samanamun mengalami dua pengukuran yang berbeda, yaitu pengukuran sebelum dan sesudah sebuah perlakuan (*treatment*) diberikan.

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa rata-rata suhu kontrol adalah 29 °C dengan nilai minimum 27.4 °C dan maksimum 30 °C. Untuk tanaman melati air dengan berat 600 gr suhu rata-ratanya adalah 29.3 °C dengan minimum 27.9 °C dan maksimum 30.5 °C. Tanaman melati air dengan berat 700gr suhu rata-ratanya adalah 29.7 °C dengan minimum 27.4 °C dan maksimum 31 °C. Tanaman melati air dengan berat 900 gr suhu rata-ratanya adalah 29.0 °C dengan minimum 27.4 °C dan maksimum 30.3 °C. Untuk mean pH kontrol tanaman melati air adalah 5.4 dengan nilai minimum 5.3 dan maksimum 5.4. Untuk tanaman melati air berat 600gr rata-ratanya adalah 5.9 dengan nilai minimum 5.3 dan maksimum 6.4. Tanaman melati air berat 700 gr rata-ratanya adalah 6.2 dengan nilai minimum 5.4 dan maksimum 6.6. Tanaman melati air berat 900 gr rata-ratanya adalah 6.4 dengan nilai minimum 5.4 dan maksimum 6.8. Untuk mean TSS (Total Suspended Solid) kontrol tanaman melati air adalah 546 mg/l dengan nilai minimum 485 mg/l dan maksimum 629 mg/l. Untuk tanaman melati air berat 600 gr rata-ratanya adalah 200.2 mg/l dengan nilai minimum 87 mg/l dan maksimum 629 mg/l. Tanaman melati air berat 700 gr rata-ratanya adalah 195.9 mg/l dengan nilai minimum 76 mg/l dan maksimum 640 mg/l. Tanaman melati air berat 900 gr rata-ratanya adalah 180.14 mg/l dengan nilai minimum 66 mg/l dan maksimum 601 mg/l.

Tabel 6
Analisis Univariat Hasil Pengukuran Berulang

Variabel	Mean	SD	Min-Mak	95%CI
Suhu Kontrol	29.1	0.96338	27.40-30.00	28.2-30.0
pH Kontrol	5.4	0.6317	5.28-5.45	5.3-5.4
TSS Kontrol	546	57.47753	485-629	492.84-599.16
Suhu (600gr)	29.3	0.9557	27.9-30.5	28.4-30.2
Suhu (700gr)	29.7	1.2354	27.4-31.0	28.5-30.8
Suhu (900gr)	29.0	1.0057	27.4-30.3	28.2-30.0
pH (600gr)	5.9	0.42249	5.32-6.43	5.6-6.4
pH (700gr)	6.2	0.41580	5.36-6.59	5.8-6.6
pH (900gr)	6.4	0.50828	5.39-6.81	5.9-5.8
TSS (600gr)	200.2	191.851	87-629	22.85-377.72
TSS (700gr)	195.9	198.727	76-640	12.07-379.65
TSS (900gr)	180.14	188.746	66-601	5.58-354.70

Sumber: data olahan

Tabel 7
Perbedaan pH 600 gr dan 700 gr

pH	Mean	SD	SE	P Value	N
600 gr	5.98	0.42	0.16	0.009	7
700 gr	6.16	0.42	0.16		

Sumber: data olahan

Rata-rata pH pada Tabel 7 pada tanaman melati air dengan berat 600 gr adalah 5.98 sedangkan dengan berat 700 gr adalah 6.16. terlihat nilai mean perbedaan pengukurannya adalah 0.17. Berdasarkan uji statistik diperoleh p value 0.009 < alfa (0,05), hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata pH pada tanaman melati air sampel tanaman 600 gr dan 700 gr. Perbedaan rata-rata pH sampel tanaman 600 gr dan 700 gr disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik didalam limbah cair dan aktivitas fotosintesis yang mengambil CO₂ terlarut dalam bentuk H₂CO₃ (Felani dan Hamzah, 2007). Sedangkan rata-rata pH pada Tabel 8 tanaman melati air dengan berat 600 gr adalah 5.98 sedangkan dengan berat 900 gr adalah 6.38. terlihat nilai mean perbedaan pengukurannya

adalah 0.39. Berdasarkan uji statistik diperoleh p value $0.001 < \alpha (0,05)$, hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata pH pada tanaman melati air. Perbedaan rata-rata pH disebabkan karena semakin banyak jumlah tanaman maka semakin meningkat pula kemampuan tanaman dalam menyerap zat-zat toksik ada dalam air limbah (Nurfita dkk., 2017).

Tabel 8
Perbedaan pH 600 gr dan 900 gr

pH	Mean	SD	SE	P Value	N
600 gr	5.98	0.42	0.16	0.001	7
900 gr	6.38	0.51	0.19		

Sumber: data olahan

Tabel 9
Perbedaan pH 700 gr dan 900 gr

pH	Mean	SD	SE	P Value	N
700 gr	6.16	0.41	0.16	0.001	7
900 gr	6.38	0.51	0.19		

Sumber: data olahan

Rata-rata pH pada Tabel 9 tanaman melati air dengan berat 700 gr adalah 6.16 sedangkan dengan berat 900 gr adalah 6.38. terlihat nilai mean perbedaan pengukurannya adalah 0.22. Berdasarkan uji statistik diperoleh p value $0.009 < \alpha (0,05)$, hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata pH pada tanaman melati air. perbedaan rata-rata pH pada sampel tanaman 700 gr dan 900 gr disebabkan karena adanya perubahan pH pada berbagai media berhubungan erat dengan penyerapan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman. Pengambilan atau penyerapan nutrisi yang optimal terjadi pada kisaran pH tertentu (Lestari 2013).

Tabel 10
Perbedaan TSS 600 gr dan 700 gr

TSS	Mean	SD	SE	P Value	N
600 gr	200.29	191.85	72.51	0.208	7
700 gr	195.86	198.73	75.11		

Sumber: data olahan

Rata-rata TSS pada Tabel 10 tanaman melati air dengan berat 600 gr adalah 200.29

mg/l sedangkan dengan berat 900 gr adalah 195.86 mg/l. Terlihat nilai mean perbedaan pengukurannya adalah 4.43. Berdasarkan uji statistik diperoleh p value $0.201 > \alpha (0,05)$, hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata TSS pada tanaman melati air. Tidak adanya perbedaan dari masing-masing perlakuan disebabkan beberapa faktor penelitian yang kemungkinan mempengaruhi kurang maksimalnya penyerapan zat pencemar dalam tanaman melati air diantaranya yakni tidak dilakukannya proses penyeleksian tanaman seperti jumlah daun, jumlah batang, umur tanaman, tidak mengkondisikan suhu dan pH (Jamil dkk., 2015).

Tabel 11
Perbedaan TSS 600 gr dan 900 gr

TSS	Mean	SD	SE	P Value	N
600 gr	200.29	191.85	72.51	0.001	7
900 gr	180.14	188.75	51.34		

Sumber: data olahan

Rata-rata TSS pada Tabel 11 tanaman melati air dengan berat 600 gr adalah 200.29 mg/l sedangkan dengan berat 900 gr adalah 180.14 mg/l. Terlihat nilai mean perbedaan pengukurannya adalah 20.14. Berdasarkan uji statistik diperoleh p value $0.001 < \alpha (0,05)$, hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata TSS pada tanaman melati air. Perbedaan dapat disebabkan oleh jumlah tanaman yang lebih banyak dapat mempunyai potensi dalam menyerap kontaminan yang lebih baik, semakin banyak jumlah tanaman maka semakin efisien dalam penyerapan kontaminan (Rahadian R.E, 2017).

Tabel 12
Perbedaan TSS 700 gr dan 900 gr

TSS	Mean	SD	SE	P Value	N
700 gr	195.86	198.73	75.11	0.009	7
900 gr	180.14	188.75	71.34		

Sumber: data olahan

Rata-rata TSS pada Tabel 12 tanaman melati air dengan berat 700 gr adalah 195.86 mg/l sedangkan dengan berat 900 gr adalah

195.86 mg/l. Terlihat nilai mean perbedaan pengukurannya adalah 15.71. Berdasarkan uji statistik diperoleh p value $0.009 < \alpha (0,05)$, hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata TSS pada tanaman melati air. Perbedaan dapat disebabkan oleh penurunan kadar pencemar yang paling efektif dan relative stabil berdasarkan jumlah tanaman atau kerapatan tanaman (Adinata 2020). Sedangkan rata-rata suhu pada Tabel 13 tanaman melati air dengan berat 600 gr adalah 29.3°C sedangkan dengan berat 700 gr adalah 29.6°C . Terlihat nilai mean perbedaan pengukurannya adalah 0.35. Berdasarkan uji statistik diperoleh p value $0.591 > \alpha (0,05)$, hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata suhu pada tanaman melati air.

Tabel 13
Perbedaan Suhu 600 gr dan 700 gr

Suhu	Mean	SD	SE	P Value	N
600 gr	29.30	0.95	0.36	0.591	7
700 gr	29.66	1.24	0.47		

Sumber: data olahan

Tabel 14
Perbedaan Suhu 600 gr dan 900 gr

Suhu	Mean	SD	SE	P Value	N
600 gr	29.30	0.96	0.36	0.720	7
900 gr	29.09	1.00	0.38		

Sumber: data olahan

Rata-rata suhu pada Tabel 14 tanaman melati air dengan berat 600 gr adalah 29.3°C sedangkan dengan berat 900 gr adalah 29.1°C . Terlihat nilai mean perbedaan pengukurannya adalah 0.21. Berdasarkan uji statistik diperoleh p value $0.720 > \alpha (0,05)$, hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata suhu pada tanaman melati air. Sedangkan rata-rata suhu pada Tabel 15 tanaman melati air dengan berat 700 gr adalah 29.7°C sedangkan dengan berat 900 gr adalah 29.1°C . Terlihat nilai mean perbedaan pengukurannya adalah 0.57. Berdasarkan uji statistik diperoleh p value $0.012 < \alpha (0,05)$, hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata suhu pada tanaman melati air. Pada uji-t dependen suhu terdapat perbedaan

rata-rata suhu dan tidak terdapat perbedaan rata-rata suhu, hal tersebut dikarenakan suhu secara umum mengalami kenaikan yang fluktuatif. Suhu lingkungan menjadi faktor utama penyebab suhu mengalami kenaikan yang fluktuatif. Perubahan cuaca pada waktu pengukuran suhu juga dapat mempengaruhi nilai suhu dari air limbah tersebut (Soheti dkk., 2020)

Tabel 15
Perbedaan Suhu 700 gr dan 900 gr

Suhu	Mean	SD	SE	P Value	N
700 gr	29.66	1.24	0.47	0.012	7
900 gr	29.09	1.01	0.38		

Sumber: data olahan

SIMPULAN

1. Tanaman melati air mampu mengatasi pencemaran air limpasan *stockpile* batubara dengan parameter pH. Pada sampel jumlah tanaman 600 gr pH netral tercapai di hari ke-4 dengan nilai 6,03, pada sampel jumlah tanaman 700 gr pH netral tercapai di hari ke-3 dengan nilai 6,11, pada perlakuan sampel tanaman 900 gr pH netral tercapai di hari ke-2 dengan nilai 6,10. Jadi dapat disimpulkan bahwa jumlah (bobot) tanaman melati air dan lamanya waktu eksperimen berpengaruh terhadap efektivitas dalam mencapai pH netral terhadap baku mutu lingkungan.
2. Tanaman melati air mampu mengatasi pencemaran air limpasan *stockpile* batubara dengan parameter TSS. Pada semua perlakuan sampel tanaman, di hari ke-2 nilai TSS sudah mencapai nilai baku mutu lingkungan yaitu 200 mg/l dan nilai TSS semakin hari semakin menurun dengan nilai efisiensi removal tertinggi yang didapat sebesar 89,0% dari perlakuan sampel tanaman 900 gr pada hari ke-7. Jadi dapat disimpulkan bahwa jumlah (bobot) tanaman melati air dan lamanya waktu eksperimen berpengaruh terhadap penurunan nilai TSS untuk mencapai baku mutu lingkungan.
3. Pada parameter suhu, nilai suhu pada semua sampel relatif konstan dengan suhu berkisar antara $27,4^{\circ}\text{C}$ - 31°C yang berarti masih dalam kondisi normal sesuai baku mutu lingkungan.
4. Pada morfologi tanaman melati air selama 7 hari, tanaman mengalami perubahan fisik dengan beberapa helai daun yang layu dan mengering tetapi juga ada tunas baru yang

muncul pada tanaman, secara garis besar tanaman melati air mampu bertahan dan dapat tumbuh pada sampel air limpasan stockpile batubara.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinata, C. 2020. Efektivitas Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
- Agusetyadevy, I., Sumiyati, S., & Sutrisno, E. 2016. Fitoremediasi Limbah yang Mengandung Timbal (Pb) dan Kromium (Cr). 8.
- Aliyusra Jolo. 2017. Manajemen stockpile Untuk Mencegah Terjadinya Swabakardi PT. PLN (Persero) Tidore, Universitas Muhammadiyah, Maluku Utara.
- Anam, M. M., Kurniati, E., & Suharto, B. 2013. Penurunan Kandungan Logam Pb Dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (*Equisetum Hyemale*) dan Zeolit. 1(2), 17.
- Andini Eka Nurfiti, Evi Kurniati dan Alexander Tunggul Sutan Haji. 2017. Efisiensi Removal Fosfat (PO₄³⁻) Pada Pengolahan Limbah Cair Laundry dengan Fitoremediasi Kiambang (*Salvinia natans*). *Jurnal Sumerdaya Alam dan Lingkungan*.
- Asip, Faisol., Noffia C & Septi A. 2015. Pengaruh Adsorben *Diatomaceous Earth* Terhadap Penurunan Kadar Besi dan Ion Sulfat dari Air Asam Tambang. *Jurnal Teknik Kimia*, 4(21).
- Caroline, J., & Moa, G. A. 2015. Tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) pada Limbah. 12.
- Elida Novita, Agnesa Arunggi Gaumanda Hermawan dan Sri Wahyuningsih. 2019. Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Jenis Tanaman Air. *Jurnal Agroteknologi*, 13(1).
- Felani, M. dan A. Hamzah. 2007. Fitoremediasi limbah cair industri tapioka dengan tanaman eceng gondok. *Jurnal Buana Sains*, 7(1), 11-20.
- Gustiana Zaskya Sinaga dan Raden Putra. 2021. Evaluasi Pengolahan Air Asam Tambang PT Bukit Asam Tbk Unit Dermaga Kertapati. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Sedunia*.
- Herniwanti, J B Priatmadi, B Yanuwadi & Soemarno. 2014. Penanganan Air Asam Tambang Dengan Cara Fitoremediasi Tanaman (Pasif). *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 4(3): 167–76.
- Intania Dwi Mayang, Iva Rustanti Eri W & Imam Thohari. 2021. Pengaruh Fitoremediasi Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Terhadap Penurunan Kadar Fosfat Pada Limbah Laundry. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*. 18(1)
- Irhamni, Setiaty Pandia, Edison Purba, & Wirsal Hasan. 2017. Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi.
- Jamil, A. Q., Pujiati, R. S., & Ellyke. 2015. Perbedaan Penyerapan Logam Pb Pada Limbah Cair Antara Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica* Forsk), Genjer (*Limnocharis Flava*), Dan Semanggi (*Marsilea Drummondii* L). 7.
- Kiswanto, Wintah & Nur Laila Rahayu. 2020. Analisis Logam Berat (Mn, Fe, CD), Sianida dan Nitrit Pada Air Asam Tambang Batubara. *Jurnal Litbang Kota pekalongan*. 18(1)
- Lestari, W. 2013. Penggunaan *Ipomoea aquatica* Forsk untuk Fitoremediasi Limbah Rumah Tangga. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*.
- Madaniyah. 2016. Efektivitas Tanaman Air Dalam Pembersihan Logam Berat Pada Air Asam Tambang Madaniyah. Institut Pertanian Bogor.
- Novia Windyanti, Umi Rahayu & Pratiwi Hermiyanti. 2020. Pemanfaatan Tanaman Melati Air Untuk Menurunkan Kandungan BOD dan COD Limbah Cair Perusahaan Karton di Pasuruan. *Prosiding Seminar Nasional Kesehatan*.
- Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012. Tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan Batubara.
- Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 16 Tahun 2012. Tentang Baku Mutu Air Sungai.

- Prima Soheti, La Ode Sumarlin dan Dany Poltak Marisi. 2020. Fitoremediasi Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) untuk Menurunkan Kadar Torium. *Eksplorium*. 41(2).
- Putra, R.S. 2014. Peningkatan Remediasi Cu Menggunakan Metode Eapr dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*).
- Rahadian, R. E. 2017. Efisiensi Penurunan COD dan TSS dengan Fitoremediasi menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* l.) Studi Kasus : Limbah Laundry. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3).
- Smits, E. P. 2005. *Phytoremediation*. 56, 15–39.
- Suhendrayatna, S., & Elvitriana, E. 2012. Mercury in Sediment and Freshwater Organisms From Kr. Sikulat River Around the Artisanal Gold Mining Plants in Sawang, Aceh Province, Indonesia. In 2nd Syiah Kuala University Annual International Conference 2012. Syiah Kuala University.
- Widuri, S.A. 2012. Mengenal Air Asam Tambang. *Swara Samboja*. 2(2).
- Pratiwi Dyah, S.S. 2021. Analisis Dampak Sumber Air Sungai Akibat Pencemaran Pabrik Gula dan Pabrik Pembuatan Sosis. *Jurnal Universitas Jember*, 10(2)