

## Pemanfaatan Sisa Kulit Kayu sebagai Karbon Aktif dalam Pengolahan Air Lindi Industri Pulp and Paper

Rifqi Sufra<sup>1</sup>, Latifah<sup>2</sup>, Nurul Ajeng Susilo<sup>2</sup>, Endi Adriansyah<sup>3</sup>, Luki Anugrah Wati, Astri Yulia<sup>4</sup>, M. Syaiful<sup>5</sup>, Hariestya Viareco<sup>6</sup>, Marhadi<sup>3</sup>, Muhammad Abdul Ghony<sup>7</sup>, Peppy Herawati<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia<sup>1</sup>

Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut teknologi Sains Bandung, Bandung, Indonesia<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari, Jambi, Indonesia<sup>3</sup>  
Pemerintah Kabupaten Merangin, Jambi, Indonesia<sup>4</sup>

Teknik Perawatan Alat Tambang, Akademi Komunitas Industri Pertambangan Bukit Asam, Sumatera Selatan, Indonesia<sup>5</sup>

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia<sup>6</sup>

Teknik Pengolahan Hasil Tambang Mineral dan Batubara, Akademi Komunitas Industri Pertambangan Bukit Asam, Sumatera Selatan, Indonesia<sup>7</sup>

Corresponding author: rifqi.sufra@tk.itera.ac.id

**Abstrak.** Industri *pulp and paper* menghasilkan sisa kulit kayu (*bark*) sebagai limbah padat, dimana timbunan limbah padat ini ketika hujan akan menghasilkan cairan air lindi yang merembes ke dalam tanah, sehingga menyebabkan pencemaran tanah dan air tanah. Limbah kayu ini dapat dimanfaatkan menjadi karbon aktif (adsorben) untuk pengolahan air lindi. Penelitian dibagi menjadi dua tahap, yaitu pembuatan adsorben dan pengolahan air lindi. Pembuatan karbon aktif dari kulit kayu diaktivasi menggunakan larutan NaOH dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai aktivator, dengan variasi kulit kayu (gr): aktivator (ml) = 20:100; 50:200; 70:300. Proses adsorpsi air lindi menggunakan karbon aktif dengan massa 2,5 dan 5 gr selama 30, 60 dan 120 menit. Kadar air adsorben terendah sebesar 0,87% diaktivasi menggunakan NaOH, dan kadar abunya terendah 0,79% saat diaktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Hal ini masih sesuai dengan standar SII No.0258-88. Variasi terbaik terjadi saat penambahan karbon aktif yang diaktivasi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 gram selama 120 menit menyebabkan penurunan nilai COD paling signifikan sebesar 52%, dan pH 7,32. Dari variasi aktivasi adsorben karbon aktif, aktivasi larutan asam lebih baik dalam pengolahan air lindi.

**Kata kunci :** Air Lindi; Bark; Karbon Aktif

**Abstract.** The *pulp and paper industry* produces the remaining bark as solid waste, where this solid waste pile when it rains will produce leachate that seeps into the ground, causing soil and groundwater pollution. This wood waste can be used as activated carbon (adsorbent) for leachate treatment. The research was divided into two stages, namely adsorbent production and leachate treatment. Production of activated carbon from bark (*bark*) was activated using a solution of NaOH and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> as an activator, with variations of bark (gr): activator (ml) = 20:100; 50:200; 70:300. The leachate adsorption process used activated carbon with a mass of 2.5 and 5 g for 30, 60 and 120 minutes. The lowest adsorbent water content was 0.87% activated using NaOH, and the lowest ash content 0.79% when activated with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. This is still in accordance with the SII standard No.0258-88. The best variation occurred when the addition of activated carbon which was activated using 5 grams of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> for 120 minutes caused the most significant decrease in COD value of 52%, and pH 7.32. From the variations in the activation of activated carbon adsorbents, the activation of acidic solutions is better in leachate treatment.

**Keywords :** Activated Carbon; Bark; Leachate

### PENDAHULUAN

Industri *pulp* dan kertas diketahui dapat menghasilkan limbah dalam jumlah besar, salah satunya adalah limbah kulit kayu (*bark*). Air lindi (*leachate*) merupakan cairan yang merembes dan membawa material tersuspensi berupa hasil proses dekomposisi, berpotensi mengganggu lingkungan dan kesehatan manusia (Damanhuri, 2004)

Bahan utama yang digunakan untuk *pulp* dan kertas adalah serat. Serat tersebut didapat dari jenis kayu atau non-kayu dan berupa lignin dan hemiselulosa yang mengikat rantai-rantai selulosa.

Tahun 1984, Indonesia menggerakkan pembangunan hutan tanaman industri (HTI), salah satu tanaman pavorit HTI ini adalah kayu *Acacia Mangium*. Bermula dari pemilihan jenis kayu ini sebagai pemenuhan kebutuhan bahan baku kayu industri *pulp* dan kertas, karena termasuk kayu berserat. Kulit kayu memiliki kadar abu 0,79% dan kadar air 0,87%. kandungan yang ada pada kulit kayu seperti tanin.

Karbon aktif merupakan suatu bahan berupa padatan dengan truktur tidak teratur yang memiliki luas permukaan antara 300 sampai 2000 m<sup>2</sup>/gr. Luas permukaan besar ini dihasilkan struktur pori-pori yang dimilikinya, sehingga karbon aktif memiliki kemampuan untuk menyerap bahan lain. Struktur pori memiliki kaitan dengan daya serap karbon, yaitu jika semakin tinggi jumlah pori-pori pada permukaan karbon aktif, akan meningkatkan daya. Maka kecepatan adsorpsi akan bertambah (Herlandien, 2016). Selain itu, porositas permukaan karbon aktif dapat mempengaruhi sifat adsorpsi. Dalam proses aktivasi karbon aktif, terjadi interaksi radikal bebas pada permukaan karbon membentuk gugus fungsi yang dapat membuat permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya.

Proses pembuatan karbon aktif, umumnya melalui tiga tahapan yaitu dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Tujuan proses aktivasi yaitu menambahkan maupun meningkatkan daya tampung pori, dan memperbesar ukuran pori yang telah dihasilkan dari proses karbonasi, serta untuk membentuk beberapa pori baru. Dimana mekanisme proses aktivasi terjadi dengan adanya interaksi antara zat pengaktivasi dengan struktur atom-atom karbon hasil karbonisasi.

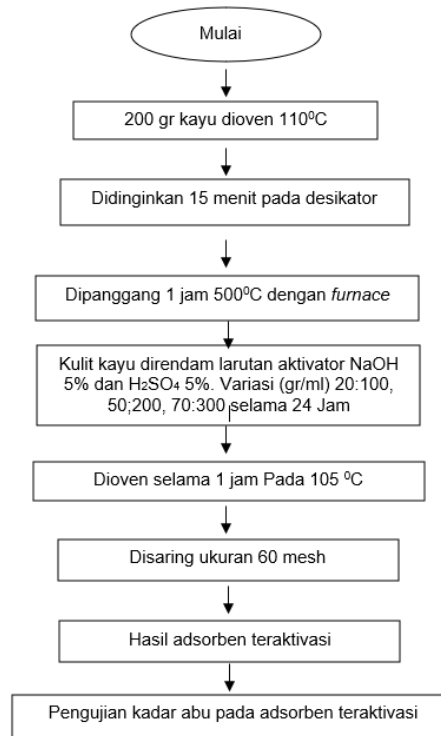
Aktivasi karbon aktif biasa dilakukan melalui 2 metode, yaitu aktivasi secara kimia dan fisika. Aktivasi kimia dilakukan dengan cara pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan menggunakan bahan-bahan kimia (Sembiring, 2003). Dan umumnya memanfaatkan bahan-bahan pengaktif, diantaranya garam kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>), karbonat hidroksida (NaOH), serta karbonat klorida (NaCl). Aktivasi fisika biasa dilakukan dengan cara pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan kontribusi panas, uap air serta CO<sub>2</sub> (Sembiring, 2003). Selain itu, aktivasi secara fisika juga dapat menggunakan oksigen dan nitrogen. Gas-gas ini berfungsi meningkatkan struktur rongga pada arang, lalu memperbesar luas permukaannya, dan pada akhirnya dapat melepaskan konstituen yang menguap serta membuang pembentukan tar maupun hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada karbon aktif.

Kemampuan serap karbon didasari pada akumulasi komponen dipermukaan antar muka dalam dua fasa. Jika ke dua fasa saling berinteraksi, maka dapat membentuk satu fasa yang berbeda dari masing-masing fasa. Hal ini disebabkan oleh gaya tarik menarik antar molekul, ion atau atom dalam ke dua fasa. Kemampuan serap karbon aktif cukup besar, yakni 25-1000% dari berat karbon aktif (Adriansyah et al., 2019).

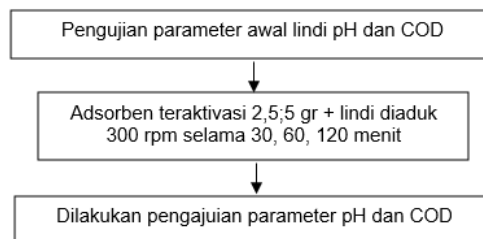
Air lindi lazimnya mempunyai kandungan senyawa-senyawa organik serta anorganik yang besar. Dalam air lindi, konsentrasi dari komponen-komponen organik dan anorganik terkandung sebanyak 1000 hingga 5000 kali lebih tinggi dari konsentrasi dalam air tanah, akibatnya jikalau air lindi tidak diolah, dan langsung dibuang, maka akan dapat mencemari lingkungan, seperti mencemari air tanah atau air permukaan (Adriansyah et al., 2019). Menurut riset (Sri Haryati, 2017), karbon aktif dapat diproduksi dari kulit kayu gelam, dihasilkan kandungan air sebesar 5,72%, kandungan abu 1,33%, serta daya serap iodium sebesar 1007,8242 mg/g. Sedangkan (Herlandien, 2016), menggunakan arang aktif sekam padi sebagai adsorben logam berat pada air lindi membuktikan, bahwa mutu arang aktif sebagai adsorben dipengaruhi oleh kandungan air dan kandungan abu dari arang aktif tersebut. Dimana kandungan air dan kandungan abu arang aktif sekam padi sebesar 9,43% dan 7,36%. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pemanfaatan kulit kayu sebagai karbon aktif berpotensi dilakukan pengembangan dalam mendegradasi nilai COD dan netralisasi pH pada air lindi.

## METODE

Penelitian ini melakukan percobaan pembuatan karbon aktif dari kulit kayu (*bark*), diaktivasi menggunakan larutan NaOH dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan dilakukan pengujian kadar abu dan kadar air pada karbon aktif dapat dicermati pada **Gambar 1**. Kemudian pengujian karakteristik air lindi (*leachate*) dan melakukan pengujian daya serap kadar logam mangan (Mn) pada air lindi yang telah dikontakan dengan karbon aktif seperti tercantum pada **Gambar 2**.



**Gambar 1.** Proses Pembuatan Adsorben Karbon Aktif



**Gambar 2.** Proses Adsorbsi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air diuji dengan menimbang sampel sebanyak  $\pm 1,00$  gram yang telah diaktivasi menggunakan  $H_2SO_4$ , NaOH dan juga tidak diaktivasi yang telah dikeringkan, kemudian dimasukkan ke dalam oven dan dipanaskan pada suhu  $110^\circ C$  selama 1 dan 2 jam, setelah itu didinginkan di dalam desikator selama 15 menit dan timbang. Sampel dilakukan pengujian kadar air dengan variasi waktu 1 dan 2 dan diperoleh seperti pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Kadar Air

Waktu	Non-Aktivasi (%)	$H_2SO_4$ (%)			NaOH (%)		
		20gr : 100 ml	50 gr : 200 ml	70 gr : 300 ml	20 gr : 100 ml	50 gr : 200 ml	70 gr : 300 ml
1 jam	0,97	0,97	0,94	0,92	0,94	0,93	0,88
2 jam	0,95	0,95	0,93	0,89	0,93	0,91	0,87

kadar abu hitung dengan menimbang karbon aktif sebanyak  $\pm 1,00$  gram baik itu yang non-aktivasi maupun yang diaktivasi menggunakan  $H_2SO_4$  dan NaOH yang telah dikeringkan selama 1 dan 2 jam pada suhu  $110^\circ C$  dalam krusibel yang telah diketahui beratnya, kemudian karbon aktif dipanaskan selama 1 dan 2 jam pada suhu  $500^\circ C$  menggunakan furnace, tahapan berikutnya didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan timbang. Hasil pengujian kadar abu ditampilkan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Kadar Abu

Waktu	Non-Aktivasi (%)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)			NaOH (%)		
		20gr:100 ml	50 gr : 200 ml	70 gr : 300 ml	20 gr : 100 ml	50 gr : 200 ml	70 gr : 300 ml
1 jam	0,98	0,89	0,87	0,79	0,91	0,89	0,86
2 jam	1,24	0,98	0,95	0,93	1,23	1,12	0,99

Berdasarkan pengujian karakterisasi awal air lindi pada **Tabel 3.**, diperoleh hasil pengujian yang selanjutnya akan diolah. Karbon aktif dari kulit kayu yang sudah diaktivasi secara kimia menggunakan zat aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH, berikutnya dilakukan pencampuran antara karbon aktif dengan air lindi menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 300 rpm dan variasi waktu kontak 30, 60 dan 120 menit, kemudian dilakukan pengujian pada parameter air lindi seperti pH dan COD.

**Tabel 3.** Karakterisasi Awal Air Lindi

Sampel	Unit	Standar PermenLHK 59 2016	Air Lindi	Rata-rata	Standar Deviasi
pH		6 – 9	12,68	12,45	0,4
			11,98		
			12,69		
			1117		
Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/l	100	1127	1152	52,2
			1212		

Standar : PerMenlhk 59 tahun 2016

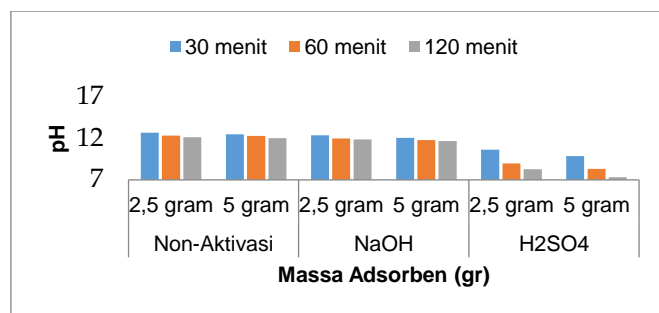
Berdasarkan **Tabel 3.** bahwa terdapat parameter belum sesuai dengan standar yang telah digunakan, seperti nilai pH 12,45. Setelah dilakukan karakterisasi diperoleh nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 1152 mg/l. Keberadaan air lindi yang belum sesuai dengan standar akan sangat membahayakan kesehatan dan lingkungan, sehingga pada penelitian ini dilakukan upaya adsorbpsi kadar pH dan COD sebelum sampel dikembalikan pada lingkungan.

Dilihat dari **Tabel 1.** diketahui bahwa nilai kadar air terendah sebesar 0,87% dengan komposisi 70 gram kulit kayu: 100 ml NaOH selama 2 jam, sedangkan kadar air tertinggi adalah karbon aktif non-aktivasi sebesar 0,97% selama 1 jam; dan 0,95% selama 2 jam, namun masih sesuai dengan syarat mutu karbon aktif (SII No. 0258-88), yaitu maksimal 4,5%. Proses aktivasi akan memperbesar volume dan diameter pori-pori hasil dari proses karbonisasi dan membuat beberapa pori-pori baru. Pori-pori karbon aktif akan semakin besar apabila molekul air yang ada pada karbon aktif tersebut hilang (Sri Haryati, 2017). Tingginya nilai kadar air karbon aktif non-aktivasi disebabkan oleh kurang maksimalnya pengeringan setelah proses perendaman.

Berdasarkan **Tabel 2.** didapatkan nilai kadar abu terendah sebesar 0,79% dengan komposisi sebanyak 70 gram kulit kayu dan 300 ml larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> selama 1 jam pada 500°C, sedangkan nilai kadar abu tertinggi adalah karbon aktif non-aktivasi sebesar 1,24% selama 2 jam dan 1,23% dengan komposisi 20 gram kulit kayu: 100 ml larutan NaOH selama 2 jam, namun masih memenuhi syarat mutu karbon aktif (SII No. 0258-88) yaitu maksimal 2,5%. Kadar abu merupakan sisa mineral yang tidak menguap selama proses karbonisasi, karena kulit kayu sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif, selain mengandung senyawa karbon, juga mengandung beberapa mineral, dimana dalam hal ini, sebagian mineral telah lepas selama proses karbonisasi dan aktivasi, dan sebagian lagi masih melekat pada karbon aktif tersebut (Kristianto, 2017).

**Tabel 4.** Hasil Uji pH dengan Adsorben Non-Aktivasi; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; dan NaOH

Waktu Kontak	Non-Aktivasi		NaOH		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	2,5 gram	5 gram	2,5 gram	5 gram	2,5 gram	5 gram
30 menit	12,65	12,46	12,34	12,06	10,61	9,87
60 menit	12,32	12,29	11,99	11,79	8,99	8,31
120 menit	12,11	12,01	11,87	11,65	8,29	7,32



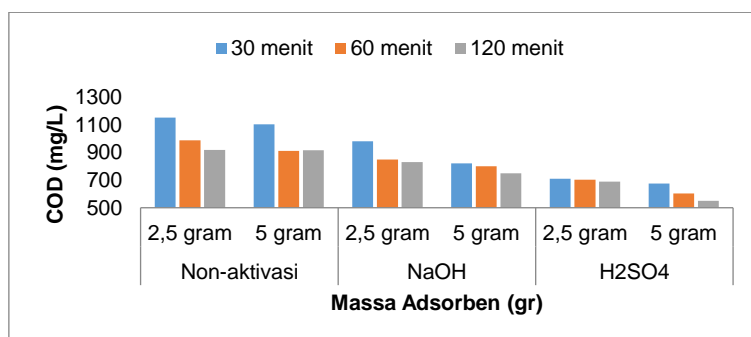
Gambar 3. Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Adsorben terhadap pH

Dalam percobaan juga dilakukan pengujian pH dengan tujuan untuk mengetahui kadar dan tingkat kestabilan pH pada air lindi yang digunakan. Pada pengujian pH pada air lindi dengan adsorben non-aktivasi dan yang diaktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH ditampilkan pada **Tabel 4.** dan **Gambar 3.** Berdasarkan **Gambar 3.**, nilai pH yang diperoleh dari pengujian karbon aktif non-aktivasi selama 30 menit sebesar 12,65; 12,46 dengan massa 2,5 gram dan 5 gram berturut-turut, sedangkan pada waktu kontak 60 menit sebesar 12,32; 12,29 dengan massa 2,5 gram, dan 5 gram, selanjutnya pada waktu kontak 120 menit sebesar 12,11; 12,01 dengan massa 2,5 dan 5 gram. Penggunaan karbon aktif non-aktivasi belum bisa mencapai pH normal sesuai dengan standar pH pada air lindi tersebut. Untuk pengujian nilai pH yang diaktivasi menggunakan zat aktivator NaOH tidak mengalami penurunan, hal ini dikarenakan NaOH bersifat basa, sedangkan pH air lindi tersebut juga bersifat basa.

Sedangkan untuk pengujian pH yang diaktivasi menggunakan aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mengalami penurunan yang signifikan, yaitu pada waktu kontak antara karbon aktif dan air lindi selama 120 menit. Dapat diperhatikan pada **Gambar 3.** saat penambahan karbon aktif sebanyak 2,5 gram selama 30 menit, 60 menit dan 120 menit diperoleh hasil sebesar 10,61; 8,99; dan 8,29. Sedangkan penambahan karbon aktif sebanyak 5 gram selama 30 menit, 60 menit dan 120 menit diperoleh hasil kadar air sebesar 9,87; 8,31; dan 7,32. Penurunan nilai pH yang awalnya basa ketika dikontakkan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menjadi netral karena H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bersifat asam, termasuk dalam asam kuat karena memiliki jumlah ion H<sup>+</sup> di dalam larutannya. Semakin banyak jumlah ion H<sup>+</sup>, maka akan semakin kuat asam. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adalah asam yang mengion sempurna di dalam air menghasilkan ion H<sup>+</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, sehingga karbon aktif yang diaktivasi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mampu menurunkan tingginya nilai pH pada air lindi (Adriansyah et al., 2019).

Tabel 6. Hasil Uji COD dengan Adsorben Non-Aktivasi; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; dan NaOH

Waktu Kontak	Non-aktivasi		NaOH		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	2,5 gram	5 gram	2,5 gram	5 gram	2,5 gram	5 gram
30 menit	1153	1103	981	820	710	675
60 menit	987	911	850	800	703	603
120 menit	919	917	831	750	689	551



Gambar 5. Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Adsorben terhadap COD

Berdasarkan **Gambar 5.** dilakukan pengujian nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) untuk mengetahui jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan. Diketahui bahwa pada nilai COD tertinggi yaitu pada penambahan karbon aktif non-aktivasi sebanyak 2,5 gram dan 5 gram selama 30

menit berturut-turut sebesar 1153 mg/l dan 1103 mg/l. Sedangkan penambahan karbon aktif yang diaktivasi menggunakan  $H_2SO_4$  5 gram mengalami penurunan yang signifikan selama 120 menit sebesar 551 mg/l atau menurun 52%. Hal ini dikarenakan fungsi dari karbon aktif adalah sebagai media penyerap (adsorpsi). Meskipun penambahan karbon aktif yang telah diaktivasi menggunakan  $H_2SO_4$  masih belum sesuai dengan standar izin *landfill* PerMenlhk 59 tahun 2016, yaitu sebesar 100 mg/l, akan tetapi karbon aktif yang diaktivasi menggunakan  $H_2SO_4$  bisa mengurangi tingginya nilai COD pada air lindi dengan pengujian awal sebesar 1204 mg/l. Tingginya nilai COD pada air lindi akan memberikan pengaruh terhadap menurunnya kandungan oksigen terlarut, dimana akan mempengaruhi kualitas dari air tanah tersebut (Adriansyah et al., 2019).

## SIMPULAN

Pembuatan adsorben dari sisa kulit kayu yang dilakukan dengan aktivasi dengan  $H_2SO_4$  dan NaOH dapat diterapkan pada adsorpsi zat yang dianggap berbahaya untuk lingkungan dalam air lindi. Variasi waktu kontak dan massa karbon aktif memiliki pengaruh terhadap penurunan nilai pH dan COD di dalam air lindi, semakin lama waktu kontak antara karbon aktif dan air lindi, maka kapasitas adsorpsi meningkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, E., Agustina, T. E., & Arita, S. (2019). Leachate Treatment of TPA Talang Gulo, Jambi City by Fenton method and adsorption. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 4(1), 20–24. <https://doi.org/10.24845/ijfac.v4.i1.20>
- Adriansyah, E., Kasman, M., Prabasari, I. G., & Permana, E. (2019). Korelasi parameter pencemar fisika dan mikrobiologi dalam leachate dengan response surface methodology. *Jurnal Teknik Kimia*, 25(3), 86–89. <https://doi.org/10.36706/jtk.v25i3.132>
- Damanhuri, E. D. 2010. Pengelolaan Sampah Program of Environment Engineer. Faculty of Civil and Environment Engineer. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Damanhuri. 2004. Lindi Leachate. Jakarta: University of Arizona Press.
- Herlandien, Y. 2016. Pemanfaatan Arang Aktif sebagai Adsorban Logam Berat dalam Air Lindi Di TPA Pakusari Jember. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember
- Kristianto, H. 2017. Review Sintesis Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivasi Kimia  $ZnCl_2$ . *Jurnal Integrasi Proses* 6(3), 104-111.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan No 59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha
- Sembiring, T. M. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Laporan Penelitian. Fakultas Teknik Industri. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Sri Haryati, D. 2017. Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron*) yang Berasal dari Tanjung Api- Api Sumatera Selatan. Palembang: Jurnal Teknik Kimia.