

UJI PERSAMAAN LANGMUIR DAN FREUNDLICH PADA PENJERAPAN LOGAM BERAT (ION Pb) DALAM LIMBAH CAIR OLEH ARANG AKTIF DARI KULIT SINGKONG

Tri Hartono¹⁾, Hastami Murdiningsih²⁾, Yuliani HR³⁾
^{1,2,3)} Dosen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang

ABSTRACT

Water contamination comes from several wastes. Liquid waste water from industrial activities is considered to be the main cause of pollution in which contains heavy metal. Heavy metal in a certain quantity is beneficial for human's health, however it may also harmful for health. Several methods reducing heavy metals contained in waste water are available, one of which is adsorption using carbon as an adsorbent. Heavy metal of the pollutant being observed in this research is lead (Pb ion). Based on previous research, cassava skins contain protein, cellulose non reduction and crude fiber with high HCN (cyanide acid). These components with groups of -OH, -NH₂, -SH, dan -CN can bonds metal ions. Another research has been done to produce active carbon from cassava skins as an adsorbent to adsorb waste water containing heavy metal ions. The aim of this research is 1) to develop more on reducing Pb ion containing in waste water by carbon active from cassava skins with variation of activator types, reaction times, and waste water concentrations, 2) to study the effectiveness of active carbon from cassava skins adsorbing metal ions of Pb, and 3) to study adsorption kinetics in terms of the suitability between Langmuir and Freundlich equations. The research found active carbon using NaOH and H₂SO₄ as activation solution fulfill isotherm adsorption Langmuir equation whereas carbon without activation fulfill Freundlich equation. The adsorption capacity of active carbon using NaOH as activation solution was the greatest compared to those active carbon activated by H₂SO₄ solution and carbon without activation. The adsorption capacity of active carbon activated by NaOH solution was 31.746 mg/gram.

Keywords: *Cassava Skin Wastes, Active Carbon, Adsorption, Adsorption Kinetical Study.*

1. PENDAHULUAN

Pencemaran yang mengakibatkan turunnya kualitas air dapat berasal dari limbah seperti limbah industri, limbah peternakan, limbah rumah sakit, limbah domestik, dan lain sebagainya. Air buangan atau limbah cair yang berasal dari kegiatan industri merupakan penyebab utama pencemaran. Berbagai polutan telah dilaporkan sebagai bahan berbahaya, salah satu diantaranya adalah logam berat [1]. Pencemaran logam berat (contohnya yaitu Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain sebagainya) dalam limbah cair sangat berbahaya bagi lingkungan dan juga dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana logam berat terikat pada tubuh serta besarnya dosis paparan [2].

Beberapa metode penurunan logam berat dalam air limbah tersedia, salah satunya yaitu dengan proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan terjerapnya suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan adsorben. Mekanisme penjerapan tersebut dapat dibedakan menjadi dua yaitu, jerapan secara fisika (fisiosorpsi) dan jerapan secara kimia (kemisorpsi). Pada proses fisiosorpsi gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya-gaya *van der waals*. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol [3]. Sedangkan pada proses adsorpsi kimia, interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat [4].

Indonesia termasuk tiga negara penghasil singkong terbesar di dunia tahun 2013 mencapai 23.936.921 ton). Pemanfaatan singkong masih sebatas pada daging umbi dan daunnya saja. Presentase jumlah limbah kulit bagian luar sebesar 0,5%-2% dari berat total singkong segar dan limbah kulit bagian dalam sebesar 8-15%. Kandungan yang terdapat dalam kulit singkong yaitu C (5,91%), H (9,78%), O (28,74%), N (2,06%), H₂O (11,405%) dan Abu (0,3%) [5]. Komponen-komponen dalam kulit singkong tersebut mengandung gugus -OH, -NH₂, -SH, dan -CN yang dapat mengikat logam.

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi tanpa kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi [6]. Karbon aktif mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi. Ada 3 tahap pembuatan karbon aktif, yaitu: (1) Proses dehidrasi adalah proses penghilangan air pada bahan baku dengan dipanaskan sampai temperatur 170°C, (2) Proses karbonisasi adalah proses pembakaran

¹ Korespondensi penulis: Tri Hartono, Telp.081343777692, hartono3ce@gmail.com

bahan baku dengan menggunakan udara terbatas dengan temperatur udara antara 300°C sampai 900°C dan (3) Proses aktivasi dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu: (a) Proses aktivasi fisika, biasanya karbon dipanaskan didalam *furnace* pada temperatur 800°C-900°C dan (b) Proses Aktivasi Kimia merujuk pada pelibatan bahan-bahan kimia atau reagen pengaktif. Hal ini menyebabkan luas permukaan yang aktif bertambah besar dan meningkatkan daya serap karbon aktif [7].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar efektivitas karbon aktif dari kulit singkong ini dalam mengadsorbsi logam berat ion Pb yang terkandung dalam limbah cair dan menguji kinetika persamaan isotherm Langmuir dan Freundlich dengan harapan penelitian ini akan menemukan hasil dan solusi yang tepat terhadap kasus-kasus pencemaran logam berat yang sering terjadi dan juga menemukan manfaat yang lebih efisien dari limbah kulit singkong.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini terdiri dari 4 tahap yaitu:

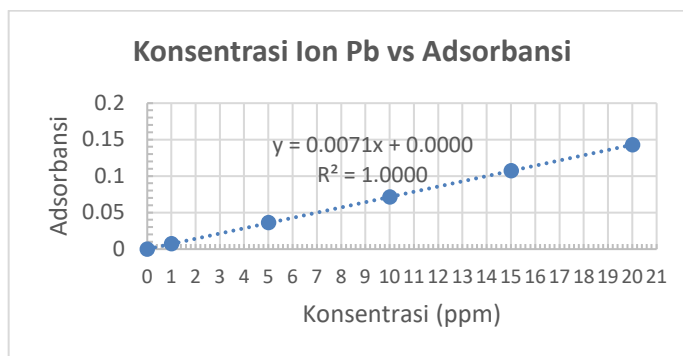
- Pembuatan arang dari kulit singkong dan pengaktifan arang menggunakan larutan NaOH (1 N) dan larutan H₂SO₄ (1 N);
- Proses preparasi simulasi limbah cair mengandung ion Pb;
- Proses adsorpsi dengan variasi: ukuran partikel (0,125, 0,3375, 0,4625 dan 0,55 mm), waktu kontak (30, 60, 90, 120 dan 150 menit), dan konsentrasi limbah cair mengandung ion Pb (10, 15, 20, 25 dan 30 ppm);
- dan Analisis kinetika reaksi: Efektivitas adsorpsi karbon aktif ini kemudian diuji menggunakan persamaan Langmuir dan Freundlich [8] untuk menentukan konstanta persamaan reaksinya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Timbal

Tabel 5.1. Data Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Timbal

No	Konsentrasi Pb (ppm)	Adsorbansi
1	0	0
2	1	0.008
3	5	0.0396
4	10	0.0742
5	15	0.1095
6	20	0.1443



Gambar 1. Hubungan antara konsentrasi dan absorbansi pada larutan standar **Optimasi ukuran partikel arang kulit singkong sebagai adsorben**

Tabel 5.2. Optimasi ukuran partikel arang terhadap daya serap Pb

No	Masa arang (g)	Konsentrasi Awal Lar Pb (ppm)	Waktu (min)	Ukuran Arang (mm)	Kons. Akhir ion Pb (ppm)		
					Aktivasi NaOH	Aktivasi H ₂ SO ₄	Tanpa Aktivasi
1	2	20	60	0.1250	1.785	1.32	15.5
2	2	20	60	0.3375	0.425	1.15	16.66
3	2	20	60	0.4625	0.81	1.18	17.37
4	2	20	60	0.5500	0.775	0.82	17.71

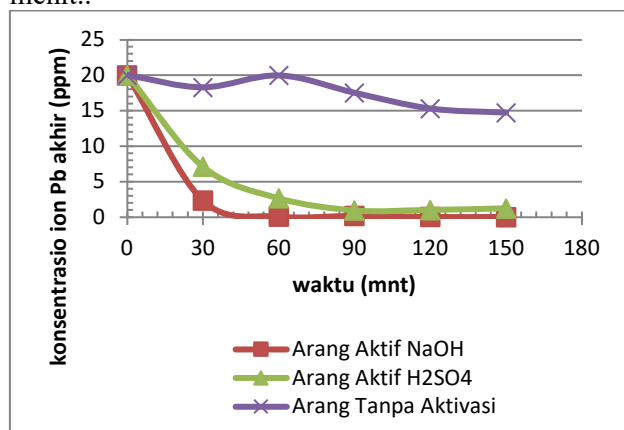
Dari Tabel 5.2 terlihat bahwa arang aktif NaOH dengan ukuran partikel 0,3375 mm menjerap ion logam Pb tertinggi, demikian pula untuk arang aktif dengan H₂SO₄ dengan ukuran partikel 0,55 mm dan arang tanpa aktivasi dengan ukuran partikel 0,125 mm. Selanjutnya hasil optimasi ukuran partikel masing-masing arang tersebut digunakan untuk uji adsorpsi terhadap variasi waktu tinggal.

Hasil Uji Arang Aktif dengan variasi waktu tinggal/kontak

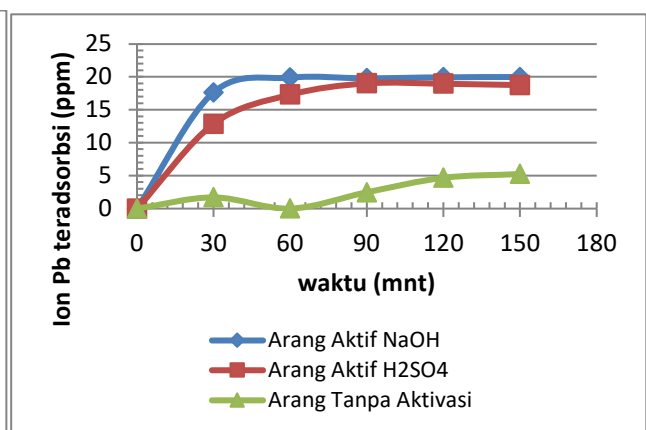
Tabel 5.3. Daya serap arang terhadap waktu tinggal

Arang Aktif (g)	Konsentrasi Lar Pb (ppm)	Waktu tinggal (menit)	Konsentrasi Akhir ion Pb (ppm)			Ion Pb Teradsorpsi (ppm)		
			Arang Aktif NaOH	Arang Aktif H ₂ SO ₄	Arang Tanpa Aktivasi	Arang Aktif NaOH	Arang Aktif H ₂ SO ₄	Arang Tanpa Aktivasi
0	20	0	20	20	20	0	0	0
1	20	30	2.350	7.135	18.29	17.650	12.865	1.71
1	20	60	0.092	2.675	19.994	19.908	17.325	0.006
1	20	90	0.196	0.965	17.522	19.804	19.035	2.478
1	20	120	0.045	1.03	15.322	19.955	18.97	4.678
1	20	150	0.022	1.24	14.726	19.978	18.76	5.274

Tabel 5.3, Gambar 2 atau Gambar 3 menunjukkan hasil penjerapan waktu optimal arang aktif NaOH, arang aktif H₂SO₄ dan arang tanpa aktivasi yaitu diperoleh dalam waktu masing-masing 45, 90, dan 150 menit. Meskipun optimasi waktu tinggal yang diperoleh berbeda, selanjutnya waktu tinggal masing-masing arang yang digunakan untuk uji penjerapan variasi konsentrasi larutan ion logam Pb ditetapkan sama yaitu 90 menit..



Gambar 2. Grafik hubungan waktu kontak terhadap konsentrasi akhir ion Pb

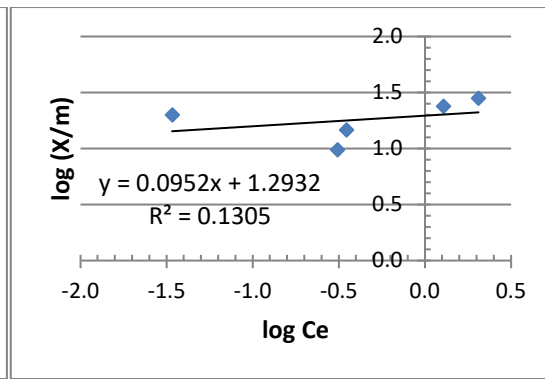
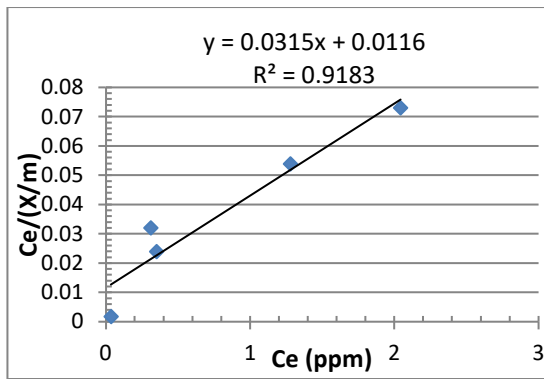


Gambar 3. Grafik hubungan waktu kontak terhadap ion Pb teradsorpsi

Penjerapan arang aktif terhadap variasi konsentrasi larutan timbal

Tabel 5.4. Daya serap arang aktif NaOH terhadap konsentrasi larutan ion Pb

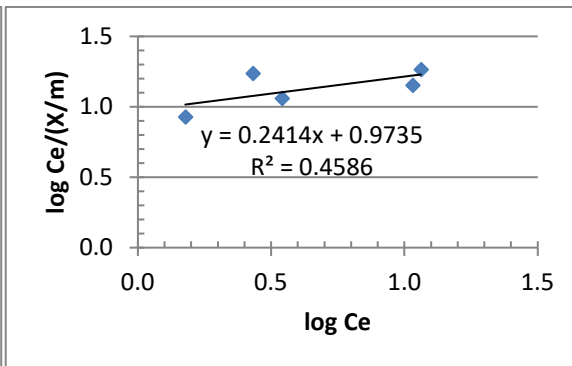
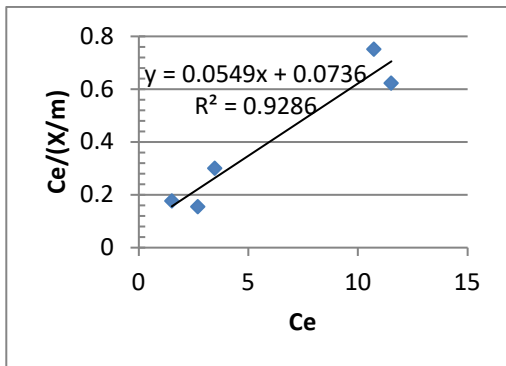
No	Kons. Awal Ion Pb, C (ppm)	Kons. Akhir Ion Pb, Ce (ppm)	Ion Pb teradsorpsi, X (ppm)	Masa adsorben, m (g)	X/m (mg/g)	Ce/(X/m)	log (X/m)	log Ce
1	10	0.310	9.690	1	9.610	0.0320	0.9863	-0.5086
2	15	0.350	14.650	1	14.650	0.0239	1.1658	-0.4559
3	20	0.034	19.966	1	19.966	0.0017	1.3003	-1.4685
4	25	1.278	23.722	1	23.722	0.0539	1.3752	0.1065
5	30	2.042	27.958	1	27.958	0.0730	1.4465	0.3101



Gambar 4. Uji persamaan Langmuir arang aktif NaOH Gambar 5. Uji persamaan Freundlich arang aktif NaOH
 Pengujian persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich dibuktikan dengan persamaan grafik linearisasi yang baik dan mempunyai nilai koefisien determinasi $R^2 \geq 0,9$ (mendekati 1). Gambar 4 dan 5 terlihat bahwa persamaan adsorpsi ion Pb oleh arang aktif aktifator larutan NaOH memenuhi persamaan Langmuir yaitu $Ce/(X/m) = 1/(ab) + (1/a) Ce$ dengan $R^2 = 0,9183$, sementara dengan persamaan Freundlich tidak menunjukkan grafik linear namun bilamana dilinearisasi menghasilkan nilai $R^2 = 0,1305$ sehingga tidak memenuhi persamaan Freundlich.

Tabel 5.5. Daya serap arang aktif H₂SO₄ terhadap konsentrasi larutan ion Pb

No	Kons. Awal Pb, C (ppm)	Kons. Akhir Pb, Ce (ppm)	Pb teradsorpsi, X (ppm)	Masa adsorben (g)	X/m (mg/g)	Ce/(X/m)	log (X/m)	log Ce
1	10	1.505	8.495	1	8.495	0.1772	0.9292	0.1775
2	15	3.470	11.530	1	11.530	0.3010	1.0618	0.5403
3	20	2.700	17.300	1	17.300	0.1561	1.2380	0.4314
4	25	10.735	14.265	1	14.265	0.7525	1.1543	1.0308
5	30	11.525	18.475	1	18.475	0.6238	1.2666	1.0616

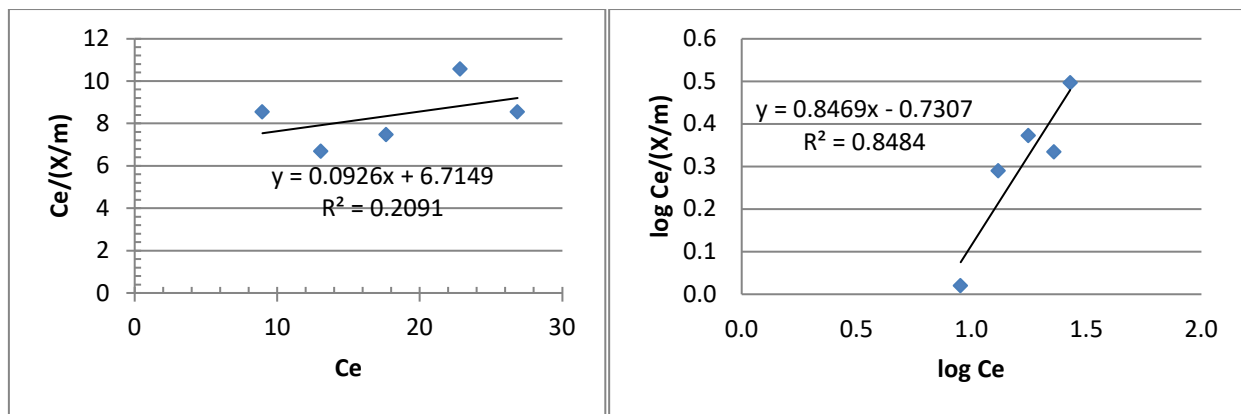


Gambar 6. Uji persamaan Langmuir arang aktif H₂SO₄ Gambar 7. Uji persamaan Freundlich arang aktif H₂SO₄

Gambar 6 dan 7 juga menunjukkan persamaan adsorpsi ion Pb oleh arang aktif aktifator larutan H₂SO₄ memenuhi persamaan Langmuir yaitu $Ce/(X/m) = 1/(ab) + (1/a) Ce$ dengan $R^2 = 0,9286$, sementara dengan persamaan adsorpsi Freundlich tidak menunjukkan grafik linear namun jika dilinearisasi menghasilkan nilai yaitu $R^2 = 0,4586$ sehingga tidak memenuhi persamaan Freundlich.

Tabel 5.6. Daya serap arang tanpa aktifasi terhadap konsentrasi larutan ion Pb

No	Kons. Awal Pb, C (ppm)	Kons. Akhir Pb, Ce (ppm)	Pb teradsorpsi, X (ppm)	Masa adsorben (g)	X/m (mg/g)	Ce/(X/m)	log (X/m)	log Ce
1	10	8.953	1.047	1	1.047	8.5511	0.0199	0.9520
2	15	13.050	1.950	1	1.950	6.6923	0.2900	1.1156
3	20	17.640	2.360	1	2.360	7.4746	0.3729	1.2465
4	25	22.840	2.160	1	2.160	10.5741	0.3345	1.3587
5	30	26.860	3.140	1	3.140	8.5541	0.4969	1.4291



Gambar 8. Uji persamaan Langmuir arang tanpa aktivasi Gambar 9. Uji persamaan Freundlich arang tanpa aktivasi
 Gambar 8 dan 9 menunjukkan persamaan adsorpsi ion Pb oleh arang tanpa aktifasi memenuhi persamaan Freundlich yaitu $\log (X/m) = \log k + (1/n) \log Ce$ dengan $R^2 = 0,8484$, jika diujikan dengan persamaan Langmuir nilai koefisien diterminasi sangat kecil yaitu $R^2 = 0,2091$ sehingga tidak memenuhi persamaan adsorpsi Langmuir. Dengan demikian, konstanta-konstanta yang memnuhi persamaan Langmuir dan Freundlich untuk ketiga jenis arang dapat dihitung dan hasilnya terlihat dalam tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Nilai konstanta Langmuir dan Freundlich

Uji Persamaan	Konstanta	Arang aktif NaOH	Arang aktif H ₂ SO ₄	Arang tanpa aktifasi
Langmuir	a	31,7460	18,2149	
	b	2,7155	0,7459	
Freundlich	k			0,1859
	n			1,1808

Oleh karena itu persamaan kinetika adsorpsi Isotherm untuk arang aktif dengan aktifator larutan NaOH dan arang aktif dengan aktifator larutan H₂SO mengikuti persamaan isotherm Langmuir masing-masing persamaannya yaitu $Ce/(X/m) = 1/(31,746 \times 2,7155) + (1/31,746) Ce$ dan $Ce/(X/m) = 1/(18,2149 \times 0,7459) + (1/18,2149) Ce$ berturut-turut, sedangkan untuk arang tanpa aktifasi mengikuti persamaan isotherm Freundlich yaitu $\log (X/m) = \log (X/m) = \log 0,1859 + (1/1,1808) \log Ce$.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum diperoleh untuk arang aktif dengan aktifator larutan NaOH sebesar 31,746 mg/g, sementara untuk arang aktif dengan aktifator larutan H₂SO₄ sebesar 18,2149 mg/g dan arang tanpa diaktifasi sebesar 0,1859 mg/g.

4. KESIMPULAN

Ukuran partikel optimal arang aktif dengan aktifator larutan NaOH 1N untuk proses adsorpsi adalah 0,3375 mm, sedangkan untuk arang aktif dengan aktifator larutan H₂SO₄ 1N adalah 0,55 mm dan untuk arang tanpa aktifasi adalah 0,125 mm.

Optimasi waktu tinggal arang aktif dengan aktifator larutan NaOH dengan masa 2 gram untuk proses adsorpsi adalah 45 menit, sedangkan untuk arang aktif dengan aktifator larutan H₂SO₄ adalah 90 menit dan untuk arang tanpa aktifasi adalah 150 menit.

Uji kinetika persamaan adsorpsi untuk: Arang aktif dengan aktifator larutan NaOH memenuhi persamaan Langmuir yaitu $Ce/(X/m) = 1/(31,746 \times 2,7155) + (1/31,746) Ce$; arang aktif dengan aktifator larutan H₂SO₄ memenuhi persamaan Langmuir yaitu $Ce/(X/m) = 1/(18,2149 \times 0,7459) + (1/18,2149) Ce$; dan arang tanpa aktifasi memenuhi persamaan Freundlich yaitu $\log (X/m) = \log 0,1859 + (1/1,1808) \log Ce$.

Kapasitas adsorpsi maksimum diperoleh oleh arang aktif dengan aktifator larutan NaOH terhadap limbah mengandung ion Pb sebesar 31,746 mg/g, arang aktif dengan aktifator larutan H₂SO₄ sebesar 18.2149 mg/g dan arang tanpa diaktifasi sebesar 0,1859 mg/g.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Hasrianti. 2012. Adsorpsi Ion Cd²⁺ Dan Cr⁶⁺ Pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong. Thesis. Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

- [2] Apriliani Ade. 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah. Skripsi. Program Studi Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- [3] Castellan GW. 1982. *Physical Chemistry Third Edition*. New York: General Graphic Services.
- [4] Atkins PW. 1999. *Kimia Fisika "ed ke-2* Kartahadiprojo Irma I, penerjemah Indarto Purnomo Wahyu, editor. Jakarta Erlangga. Terjemahan dari: Physical Chemistry.
- [5] Suherman, Ikawati dan Melati. 2019. Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati. Semarang: Jurusan Teknik Kimia UNDIP.
- [6] Sembiring, Meilita, Sinaga, Tuti. 2003. ARANG AKTIF (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara
- [7] Hartono Tri, HR Yuliani, Murdiningsih Hastami, 2017, Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biobriket. Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M). Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [8] Murthihapsari dkk, 2012, Model Isotherm Freundlich dan Langmuir Oleh Adsorben Arang Aktif Bambu Andong, Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa, Vol.2, No.1 Januari 2012, 27-23.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana sangat berterima kasih atas dukungan pendanaan DIPAPNUP sesuai dengan SK Dirketur tentang tim Penelitian Penugasan N.B/472/PL10.PT.01.05/2020.