

Effectiveness Of Activated Carbon From Coffe Pulp To Remove Cadmium (Cd) In Batik Waste Water

(Case Study of Batik Waste Water in Pakunden home industry, Blitar City 2019)

Medya Luhur Wicaksono¹, Darjati², Fitri Rokhmalia³
D-IV Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Surabaya
JL. Menur No. 118A, Surabaya, 60245, Indonesia
luhurmedya97@gmail.com, darjati_surabaya@yahoo.com, fitri.rokhmalia-13@fkm.unair.ac.id

Abstrak—Coffe pulp is used as organic fertilizer, so it needs innovation to utilize coffe grounds. The carbon contents of this coffee pulp can be used as active charcoal. The purpose of this study was to analyze the effectiveness of coffee grounds activated charcoal in reducing cadmium (Cd) levels in batik home industry liquid waste. This type of research is a quasi experiment using Pretest-Posttest with Control Group Design. The treatment group in this study was batik wastewater containing cadmium (Cd) which was contacted with coffee pulp active charcoal using jar test techniques at different times in 60 minutes, 90 minutes and 120 minutes. Analysis method using Anova Test. The results of the study were compared with the standard of Permen LH No. 5 of 2014. Average yield of Cadmium (Cd) post-test (control: 27.02 mg /l; contact time 60 minutes: 10.36 mg /l; contact time 90 minutes: 1.02 mg /l; contact time 120: 0.91 mg /l). Cadmium (Cd) levels throughout the post-test group did not meet the requirements of Cadmium (Cd) levels in wastewater in the PERMEN LH No. 5 of 2014 concerning Waste Water Quality Standards. The level of efficiency of the decline from the highest to the lowest is the contact time group 120 minutes (97.6%), contact time 90 minutes (97.3%) and contact time (73.1%). There is a difference in Cadmium (Cd) levels in batik liquid waste which is treated using coffee pulp activated charcoal with a variation of 60 minutes, 90 minutes, and 120 minutes. This research can be used by the community as an alternative for batik wastewater treatment. This research can also be continued by adding variations in contact time and the number of adsorbate doses.

Kata Kunci— *Coffe pulp, Activated charcola, Cadmium (Cd)*

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan UU Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, limbah padat didefinisikan sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Limbah padat adalah limbah yang bersifat padat terdiri atas bahan organik dan bahan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan. Limbah padat merupakan suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis, dengan demikian, jika limbah padat dibiarkan dapat membahayakan lingkungan sehingga diperlukan pengelolaan dan pengolahan yang baik.

Menurut data dari Badan Statistik tahun 2015, jumlah cafe di Surabaya sebanyak 135 unit yang mengalami kenaikan jumlah yang signifikan dari tahun 2011 sebanyak 90 cafe yang menghasilkan ampas kopi. Namun konsumen yang mengonsumsi kopi pada satu cangkir hanya menghasilkan dua sendok makan ampas kopi dan satu hari pada setiap cafe menghasilkan 2 kg ampas kopi [1].

Selama ini pemanfaatan ampas kopi digunakan sebagai pupuk organik dikarenakan mengandung mineral karbohidrat, membantu terlepasnya nitrogen sebagai nutrisi tanaman, dan ampas kopi dapat menambahkan asupan Nitrogen, Fosfor dan

Kalium (NPK) yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga dapat menyuburkan tanah [2]. Kandungan yang terdapat pada ampas kopi memiliki total karbon sebesar 47,8-58,9% [3]. Kandungan karbon pada ampas kopi ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan arang aktif yang dapat menggantikan ketersediaan batu bara dan kayu untuk bahanbaku arang aktif yang semakin menurun [4].

Karbon aktif merupakan adsorben berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon dan masing-masing berikatan secara kovalen. Karbon aktif merupakan karbon dengan struktur amorphous atau mikrokristalin yang sebagian terdiri karbon bebas dan memiliki “permukaan dalam” (internal surface), memiliki luas permukaan berkisar antara 300-2000 m²/gr [5]. Karbon aktif berbentuk serbuk halus memiliki distribusi ukuran partikel 5-10 µm, sedangkan yang berbentuk granular memiliki ukuran partikel 0,8-1,2 mm. Porositas karbon aktif terbentuk pada saat proses karbonisasi. Pada karbon aktif terdapat 3 ukuran pori, yaitu mikropori (< 2 mm), mesopori (2 mm – 50 mm), makropori (> 50 mm), selain itu ada ukuran supermikropori (0,7nm – 2 nm) dan ultramikropori (<0,7 nm) (Sitorus, 2014). Untuk pori arang aktif dari ampas kopi dengan pengujian BET (Brunauer-Emmet-Teller) diperoleh surface area arang aktif ampas kopi sebesar 22,368 m²/g, sehingga dapat disimpulkan bahwa arang aktif ampas kopi memiliki luas permukaan yang layak dijadikan adsorben dan merupakan bahan penyerap yang baik sehingga dapat

digunakan sebagai adsorben pada industri yang menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat [7].

Home industry pembuatan batik berawal dari metode menggambar dengan canting hingga proses pewarnaan yang menggunakan pewarna kimia yang di dalamnya terkandung logam berat [8]. Pada Industri batik menghasilkan limbah cair dari proses penghilang kanji, penjemuran pemasakan, merserisasi, pewarnaan, pencetakan dan penyempurnaan.

Proses pewarnaan dan pengambilan limbah cair yang berwarna dari bahan-bahan lain suatu zat warna

yang dipakai, seperti fenol dari berbagai macam logam. Jenis limbah yang dihasilkan dari pabrik industri batik misalnya logam berat terutama As, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn. Karena banyak mengandung logam berat, limbah industri batik termasuk dalam kategori limbah berbahaya dan beracun (B3). Logam berat sendiri merupakan komponen alami dari bumi yang tidak dapat dihancurkan (nondegradable) oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi di lingkungan. Masuknya logam berat pada perairan mengakibatkan pencemaran pada perairan dan juga biota yang ada didalamnya. Salah satu logam yang bersifat toksik pada limbah cair batik adalah kadmium (Cd) [9]. Berdasarkan penelitian [10] pada home industry batik yang ada di Yogyakarta menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat kadmium (Cd) sebesar 0,317 mg/L. Selain itu pada penelitian [11] di home industry batik "X" Jawa Tengah menghasilkan limbah cair dengan kandungan logam berat Kadmium (Cd) sebesar 0,72 mg/l. Pada kedua kasus yang telah dipaparkan dapat disimpulkan bahwa kandungan kadmium (Cd) pada limbah cair home industry batik masih melebihi ambang batas, sehingga limbah cair yang dihasilkan perlu diproses terlebih dahulu sebelum dibuang di badan air.

Penelitian ini untuk memanfaatkan ampas kopi sebagai adsorben dengan perbedaan waktu kontak dalam penurunan kandungan kadmium (Cd) pada limbah cair batik. Adsorpsi dapat dilakukan dengan arang aktif yang dihasilkan dari pembakaran material yang mengandung karbon yang tinggi. Arang aktif ampas kopi dimanfaatkan sebagai adsorben karena biaya yang diperlukan relatif murah serta kemampuan daya serap/adsorpsi yang tinggi (Syauqinah, 2011).

TABLE I. HASIL PEMERIKSAAN KADAR CADMIUM (Cd) SEBELUM DAN SESUDAH PENAMBAHAN BIOADSORBAN AMPAS KOPI DENGAN VARIASI WAKTU KONTAK

Kode Sampel	Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Batik Sesudah Pengolahan						Rata-rata (mg/L)
	1	2	3	4	5	6	
	P	38,65					
K	26,80	27,50	26,90	27,10	26,75	27,10	27,02
A	11,85	9,20	10,20	11,05	10,08	9,81	10,36
B	1,21	1,05	0,98	1,02	0,88	1,01	1,02
C	0,87	0,88	0,89	0,95	0,92	0,98	0,91

Berdasarkan latar belakang diatas hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka dengan demikian penelitian yang akan dilakukan berjudul "Efektivitas Arang Aktif Ampas Kopi Dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) Pada Air Limbah Batik (Studi Limbah Cair Batik Di Perumahan Pakunden Kota Blitar 2019)".

II. BAHAN-BAHAN DAN METODE

Penelitian yang akan dilaksanakan adalah jenis penelitian Eksperimen Semu atau *Quasy Experiment* dikarenakan, pada penelitian ini ada variabel-variabel yang berpengaruh pada hasil penelitian yang tidak dikontrol. Penelitian ini menggunakan desain *Pretest-Posttest with Control Group Design*.

Pengambilan sampel ampas kopi diperoleh dari pedagang minuman kopi di wilayah Kota Blita. Sedangkan pengambilan sampel limbah cair batik di Perumahan Pakunden Kota Blitar, dan untuk pembuatan arang aktif, pemeriksaan kadar kadmium (Cd) dilakukan di Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, Surabaya.

III. HASIL

TABLE IV. PENURUNAN KADAR CADMIUM (Cd) SEBELUM DAN SESUDAH PENAMBAHAN BIOADSORBAN AMPAS KOPI DENGAN VARIASI WAKTU KONTAK

Kode Sampel	Rata-rata Kadar kadmium (Cd) limbah cair batik (mg/L)		Presentase Penurunan (%)
	Pretest	posttest	
	A	38,65	10,36
B	38,65	1,02	97,3
C	38,65	0,91	97,6

TABLE III. HASIL UJI NORMALITAS DATA KADAR CADMIUM (Cd) PADA LIMBAH CAIR BATIK SEBELUM DAN SESUDAH PENAMBAHAN ARANG AKTIF AMPAS KOPI

Perlakuan	Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Sig. (p-value)
Kontrol	0,901	6	0,378
60 menit	0,956	6	0,791
90 menit	0,931	6	0,590
120 menit	0,926	6	0,546

TABLE II. KADAR CADMIUM (Cd) SESUDAH PERLAKUAN DENGAN KELOMPOK TIGA VARIASI WAKTU KONTAK ARANG AKTIF AMPAS KOPI,

Keterangan	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2717,757	3	905,919	3701,859	0,000
Within Groups	4,894	20	0,245	-	-
Total	2722,651	23	-	-	-

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel V.1 dapat diketahui bahwa rata-rata kadar kadmium (Cd) sebelum diberi perlakuan adalah 27,02 mg/L. Rata-rata kadar kadmium (Cd) pada kode sampel K lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata kadar kadmium (Cd) sesudah perlakuan dengan variasi waktu kontak yang berbeda beda, yaitu kode sampel A dengan perlakuan waktu kontak 60 menit yaitu 10,36 mg/L, pada kode sampel B dengan perlakuan waktu kontak 90 menit sebesar

1,02 mg/L dan pada kode sampel C dengan perlakuan waktu kontak 120 menit yaitu 0,91 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan rata-rata kadar kadmium (Cd) pada limbah cair batik dengan variasi waktu kontak yang berbeda beda.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari Tabel V.2 dapat diketahui bahwa prosentase penurunan kadar kadmium (Cd) tertinggi terjadi pada kode sampel C dengan perlakuan variasi

waktu kontak 120 menit yaitu sebesar (97,6 %), dibandingkan kode sampel A dan B dengan perlakuan variasi waktu kontak 60 menit dan 90 menit yaitu sebesar (73,1 %) dan (97,3%) secara berurutan Berdasarkan Tabel V.3 dapat diketahui bahwa nilai Sig. (p-value) atau nilai peluang kebenaran suatu hipotesis pada semua data bernilai $> 0,05$ maka H_0 diterima, yang berarti tidak ada perbedaan distribusi sampel dengan distribusi normal. Dikarenakan semua data berdistribusi normal, maka pengujian dilanjutkan dengan Uji Anova Satu Arah (One Way Anova) yang bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan penurunan kadar cadmium (Cd) pada air limbah cair batik dari 3 perlakuan yang diberikan. Berdasarkan hasil uji One Way ANOVA diperoleh nilai P sebesar 0,00 yang artinya $p < 0,05$ (α) maka terdapat pengaruh yang significant sehingga terjadi penurunan kadar cadmium (Cd) pada limbah cair batik sesudah penambahan bioadsorben ampas kopi 5gr dengan variasi waktu kontak 60 menit, 90 menit, dan 120 menit dengan kecepatan pengadukan 100 rpm

IV. PEMBAHASAN

A. Kadar Cadmium (Cd) pada Limbah Cair Batik Sesudah Dilakukan Penambahan Dengan Menggunakan Arang Aktif Ampas Kopi

Berdasarkan tabel V.1 mengenai hasil pengukuran kadar Cadmium (Cd) pada limbah cair batik sesudah dilakukan penambahan arang aktif ampas kopi dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kadar Cadmium (Cd) pada limbah cair batik. Dari hal tersebut dapat diperkuat dengan analisis menggunakan uji statistik Anova Satu Arah (One Way Anova) yang didapatkan hasil yaitu nilai Sig. (p-value) atau nilai peluang kebenaran suatu hipotesis bernilai $< 0,05$ yang berarti bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar Cadmium (Cd) pada limbah cair batik kontrol dan sesudah pengolahan dengan penambahan arang aktif ampas kopi.

Kadar Cadmium (Cd) rata-rata limbah cair batik kontrol yaitu sebesar 27,02 mg/L (Tabel V.1) yang berarti kadar Cadmium (Cd) tersebut tidak memenuhi syarat baku mutu kadar Cadmium (Cd) pada limbah cair batik berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Sedangkan kadar Cadmium (Cd) rata-rata limbah cair batik sesudah dilakukan penambahan arang aktif ampas kopi 5gr didapatkan hasil yaitu pada perlakuan 60 menit sebesar 10,36 mg/L, perlakuan 90 menit sebesar 1,02 mg/L dan pada perlakuan 120 menit sebesar 0,98 mg/L (tabel V.1). Dari kadar Cadmium (Cd) rata-rata tiga perlakuan tersebut mengalami penurunan setiap waktu perlakuannya pada perlakuan 120 menit yang mendapatkan hasil terendah kandungan Cadmium (Cd) pada limbah cair batik.

Penurunan (Cd) Cadmium pada limbah cair batik disebabkan oleh adsorpsi. Mekanisme adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua yaitu, secara fisika (fisiosorpsi) yaitu adanya gaya van der Waals yang mengikat adsorbat oleh adsorben dan secara kimia (kemisorpsi) adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) yang diawali dengan adsorpsi fisik. Proses adsorpsi

merupakan proses molekul pada larutan menempel pada permukaan zat adsorben secara kimia dan fisika [12]. Penelitian ini didukung oleh penelitian Ferniati [13] di dapatkan hasil bahwa ampas kopi yang sudah di seduh dapat digunakan sebagai bahan baku karbon aktif karena mempunyai kadar karbon yang cukup tinggi. Hal ini dikarenakan biji kopi memiliki kandungan hidrokarbon yang cukup tinggi yaitu sebesar 19,9% dan dapat menghasilkan karbon ketika biji kopi disangrai atau dipanaskan.

B. Perbedaan kemampuan arang aktif ampas kopi dalam menurunkan Kadar Cadmium (Cd) pada Limbah Cair Batik.

Perbedaan kemampuan filter arang aktif ampas kopi dalam menurunkan kadar Cadmium (Cd) dapat diketahui dengan melakukan Uji Anova. Uji Anova digunakan apabila data hasil penelitian berdistribusi normal. Berdasarkan hasil uji normalitas diketahui nilai P-Value (Nilai Sig pada Saphiro-Wilk) tersebut lebih besar dari nilai α (0,05). Maka H_0 diterima atau data berdistribusi normal. Dengan demikian analisis kemampuan arang aktif dalam menurunkan kadar Cadmium dilakukan dengan menggunakan uji Anova.

Berdasarkan hasil analisis statistik dengan menggunakan metode One Way ANOVA seperti pada tabel V.4 dapat diketahui bahwa nilai P significant sebesar 0,00 yang artinya $P < 0,05$ (α). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata kadar Cadmium (Cd) dengan penambahan arang aktif ampas kopi sebanyak 5gr dan variasi waktu 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Dengan kata lain, masing-masing kelompok variasi tersebut memiliki pengaruh yang signifikan atau berbeda terhadap kadar Cadmium (Cd) yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan arang aktif ampas kopi dengan waktu 120 menit memberikan pengaruh paling nyata atau signifikan terhadap penurunan kadar Cadmium (Cd). Serta penelitian Lubis dan Nasution dalam jurnal Irmanto dan Suyata [14], pada sistem kolom ukuran kolom dan ukuran partikel sangat mempengaruhi waktu kontak antara larutan dengan adsorben untuk mendapatkan hasil adsorpsi yang optimal.

Waktu perendaman merupakan salah satu factor yang dapat mempengaruhi nilai kapasitas adsorpsi. Kecepatan adsorpsi merupakan hal yang terpenting dalam penentuan kapasitas adsorpsi suatu senyawa. Kecepatan untuk mencapai titik keseimbangan tergantung pada beberapa faktor yaitu konsentrasi, berat molekul, temperatur, akan tetapi faktor yang paling berpengaruh dalam penentuan kecepatan adsorpsi adalah lamanya waktu kontak antara adsorben dengan sorbatnya. Waktu perendaman arang aktif ampas kopi berfungsi untuk menyerap logam berat Cadmium (Cd) pada air Rahman Feni, dkk. [15] [16] [17]

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini yaitu sebagai berikut: a) rata-rata hasil kadar Cadmium (Cd) *post-test* (kontrol : 27,02 mg/l; waktu kontak 60 menit : 10,36 mg/l; waktu kontak 90 menit : 1,02 mg/l; waktu kontak

120 : 0,91 mg/l). Kadar Cadmium (Cd) seluruh kelompok *post-test* belum memenuhi syarat kadar Cadmium (Cd) dalam air limbah dalam PERMEN LH No. 5 tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. b) Tingkat efektivitas penurunan dari tertinggi ke rendah yaitu kelompok waktu kontak 120 menit (97,6%), waktu kontak 90 menit (97,3%) dan 60 waktu kontak (73,1%). Terdapat perbedaan kadar Cadmium (Cd) pada limbah cair batik yang di olah menggunakan arang aktif ampas kopi dengan variasi waktu 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.

Bagi masyarakat terlebih pada wilayah dengan kondisi air limbah batik pada lingkungan sekitar yang mengandung kadar Cadmium (Cd) sebaiknya dapat menerapkan penelitian ini sebagai bentuk pengolahan air limbah batik. Ampas kopi dapat dijadikan alternatif untuk pengolahan limbah cair. Bagi peneliti lain dan praktisi pengolahan air limbah. Perlu dilakukan peningkatan kualitas arang aktif melalui peningkatan suhu karbonisasi atau konsentrasi HCl 0,5 M sebagai *activating agent*. Menggunakan arang aktif dengan bahan yang berasal dari satu jenis, misalnya untuk merk konvensional yang ada di pasaran, jenis arabika, robusta atau liberika saja; variasi jenis media yang disusun dengan stratifikasi atau komposisi yang berbeda-beda; variasi ukuran *mesh* media yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adikasari, R. 2012. Pemanfaatan ampas teh dan ampas kopi sebagai penambah nutrisi pada pertumbuhan tanaman tomat (*solanum lycopersicum*) dengan media hidroponik. Surakarta : Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [2] Badan Statistik Surabaya. 2015. Surabaya dalam Angka 2015. Surabaya
- [3] Baryatik, Puput, Sri, P. R., Ellyke. 2016. Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi sebagai Adsorben Logam Kromium (Cr) pada Limbah Cair Batik (Studi Kasus Industri Batik UD.Pakem Sari Desa Sumberpakem Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember). Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa 2016.
- [4] Budiyono, Siswo. S. 2013. Teknik Pengolahan Air. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [5] Fakhrol A. M. M. (2018). Penyerapan limbah cair amonia menggunakan arang aktif ampas kopi. Jurnal Litbang Baristand Industri Padang , 47-52.
- [6] Fernianti, Dewi. 2013. Analisis Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif dari Ampas Kopi Bubuk yang Sudah Diseduh. Berkala Teknik Vol. 3 No. 2.
- [7] Irmanto, Suyata. 2010. Optimasi Penurunan Nilai BOD, COD dan TSS Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. Molekul, Vol. 5, No. 1, Mei 2010 : 22 – 32.
- [8] Kertopati, Lesthia. 2016. Perusahaan Jerman Temukan Cara Unik Daur Ulang Ampas Kopi. CNN Indonesia.
- [9] Lidya, F. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Timal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr) Dan Kadmium Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Dan Sifat Fraksionasinya Pada Segmen Laut.
- [10] Mahfudz. M. K, Utami. F. P, Fitriyanto. S. 2018. Pemanfaatan Cangkang Telur Gallus sp. Sebagai Adsorben Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Industri Batik. Dinamika Kerajinan dan Batik, Vol. 35, No. 2, Desember 2018, 103-110.
- [11] Oktavia, Z, Budiyono, Dewanti. N. A. Y. 2016. Pengaruh Variasi Lama Kontak Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) Terhadap Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Home Industri Batik "X" Magelang. Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal), Vol. 4, No. 5, Oktober 2016.
- [12] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- [13] Rahman F, Saraswati D, Prasetya E. 2014. Efektifitas Jerami Dalam Menyerap Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Air Di Embung Piloliyanga. Jurnal Mahasiswa Jurusan Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Gorontalo.
- [14] Sitorus, Oktavia, D. 2014. Peningkatan Potensi Campuran Serat Sabut Kelapa dan Serbuk Kayu Gergaji Terkativasi H₂SO₄ Sebagai Media Adsorben Zat Warna Terhadap Limbah Kain Songket. Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [15] Suwardiyono, Indah, R. 2014. ADSORPSI LOGAM BERAT TIMBAL DAN KADMIMUM PADA LIMBAH BATIK. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) , 1979-911X.
- [16] Syauqinah I, Myang, A, A, Hetty, K. 2011. Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. Info Teknik. Vol. 12: 12 – 14,
- [17] Utomo, S. 2014. Pengaruh Waktu Aktivasi dan Ukuran Partikel terhadap Daya Serap Karbon Aktif dari Kulit Singkong dengan Aktivator NaOH. Seminar Nasional Sains dan Teknologi. ISSN : 2407 – 1846