

Pengaruh Berat Karbon Aktif Kulit Jagung terhadap Penurunan COD (Chemical Oxygen Demand) Limbah Cair Industri Batik

Mifbakhuddin¹✉, Fika Ardiani¹, Rahayu Astuti¹

¹Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Semarang

Info Artikel

Diterima 08 Juli 2021

Disetujui 22 September 2021

Diterbitkan 31 Desember 2021

Kata Kunci:

Karbon Aktif, Kulit Jagung,
COD, Limbah Cair Batik

e-ISSN:

2613-9219

Akreditasi Nasional:

Sinta 4

Keywords:

Active Carbon, Corn Husk,
COD, Batik Liquid Waste
Disposal.

✉ Corresponding author:

mifbakhuddin@yahoo.com

Abstrak

Latar Belakang: Industri batik menghasilkan limbah kimia dengan nilai COD mencapai 1918 mg/l; (diatas ambang batas aman yaitu 150 mg/l). Salah satu metode pengolahan air limbah adalah menggunakan karbon aktif, termasuk kulit jagung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berat karbon aktif kulit jagung terhadap penurunan COD limbah cair industri batik. **Metode:** Penelitian eksperimen kuasi dengan rancangan *non randomized pretest-posttest control group design* ini menggunakan limbah cair dari salah satu industri batik di Kelurahan Rejomulyo, Kecamatan Semarang Timur. Eksperimen ini menerapkan lima variasi berat karbon aktif kulit jagung yaitu 10, 20, 30, 40 dan 50 gram dengan 4 kali pengulangan, dan 4 sampel kontrol. Efek perlakuan diamati dalam 50 menit. Hasil pengamatan dianalisis menggunakan uji statistik Kruskal-Wallis. **Hasil:** Nilai kisaran dan rerata COD sebelum dan sesudah perlakuan masing-masing 3174,32 -5136,43 mg/l, dan 584,29 - 1049,20 mg/l. Penurunan COD menurut perlakuan berkisar antara 80,83% hingga 84,76%, sedangkan pada kelompok kontrol hanya 2,90%. Ada pengaruh berat karbon aktif kulit jagung terhadap penurunan COD limbah cair industri batik ($p = 0,015$) dan terdapat pengaruh berat karbon aktif kulit jagung terhadap penurunan COD limbah cair industri batik antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan ($p = 0,021$). **Simpulan:** Karbon aktif kulit jagung memiliki potensi yang tinggi untuk menurunkan COD limbah kimia industri batik.

Abstract

Background: The batik industry produces chemical waste with a COD value of 1918 mg/l; (above the safe threshold of 150 mg/l). One of the wastewater treatment methods is using activated carbon, including corn husks. This study aims to determine the effect of the weight of corn husk activated carbon on the reduction of COD in batik industrial wastewater. **Methods:** A quasi-experimental study with a non-randomized pretest-posttest control group design using liquid waste from one of the batik industries in Rejomulyo Village, East Semarang District. This experiment applied five weight variations of corn husk activated carbon, namely 10, 20, 30, 40 and 50 grams with 4 repetitions, and 4 control samples. The effect of the treatment was observed in 50 minutes. The observations were analyzed using the Kruskal-Wallis statistical test. **Results:** The range and mean COD values before and after treatment were 3174.32 - 5136.43 mg/l, and 584.29 - 1049.20 mg/l, respectively. The decrease in COD according to treatment ranged from 80.83% to 84.76%, while in the control group it was only 2.90%. There was an effect of the weight of corn husk activated carbon to decrease COD of batik industrial wastewater ($p = 0.015$), and there was an effect of the weight of corn husk activated carbon to decrease COD of batik industrial wastewater between control group and treatment group ($p = 0.021$). **Conclusion:** Corn husk activated carbon has a high potential to reduce the COD of chemical waste in the batik industry.

Pendahuluan

Limbah industri dapat mencemari lingkungan dan menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia [1], termasuk industri tekstil, terutama jika belum mempunyai sarana pengolahan limbah [2].

Industri batik adalah salah satu industri tekstil penghasil limbah cair kimia. Limbah dihasilkan dari proses pemalaman, pewarnaan, merserisasi, pelunturan warna, pencucian kain dan proses penyempurnaan [3]. Limbah industri batik mengandung beberapa jenis logam berat, termasuk seng (Zn), tembaga (Cu), kromium (Cr), timbal (Pb), kadmium (Cd), serta ammonia (NH₃), sulfida, fenol, pH basa, padatan tersuspensi (TSS), Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD), minyak dan lemak, dan pewarna. Senyawa kimia tersebut dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan [3–5].

Proses pewarnaan batik menggunakan pewarna sintetik atau bahan kimia. Zat pewarna kimia ini sulit untuk terdegradasi di alam, sehingga menimbulkan cemaran yang tinggi dan dapat menaikkan angka COD [6]. Beberapa studi menunjukkan bahwa kandungan COD lebih besar dibanding dengan parameter lain [5,7,8]. COD yang melampaui ambang batas terindikasi dengan mudah dari kematian organisme perairan, dimana kondisi ini dapat mengganggu ekosistem [9].

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 tahun 2012 menyebutkan bahwa baku mutu air limbah, dengan nilai ambang batas COD sebesar 150 mg/l [10]. Fakta menunjukkan bahwa uji pendahuluan terhadap kandungan limbah cair batik di kawasan Kampung Batik, Kelurahan Rejomulyo, Kecamatan Semarang Timur, didapatkan nilai COD sebesar 1918 mg/l, jauh melebihi ambang batas.

Pengolahan limbah industri merupakan proses yang mutlak diperlukan agar air limbah aman bagi lingkungan dan kesehatan. Salah satu cara pengolahan air limbah cair batik yaitu dengan metode adsorpsi. Metode dilakukan dengan menambahkan karbon aktif sebagai adsorben. Karbon aktif digunakan untuk menyerap senyawa-senyawa organik beracun [11], dengan beberapa keunggulan antara lain daya adsorpsi yang besar dan dapat digunakan kembali [12].

Karbon aktif merupakan arang yang berwarna hitam, berbentuk granula, bulat, pelet atau bubuk. Bahan baku yang dapat dibuat menjadi karbon aktif adalah semua bahan yang mengandung karbon, baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang, maupun barang

tambang seperti tongkol jagung tempurung kelapa, tulang sapi, batubara [13,14,15].

Kulit jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang sangat potensial dimanfaatkan karena limbah tersebut sangat berlimpah dan belum banyak untuk pemanfaatannya sehingga terbuang percuma. Kulit jagung dapat digunakan sebagai karbon aktif karena mengandung senyawa karbon yaitu lignin sebesar 15% dan selulosa 44,08% [16].

Penelitian terdahulu telah memanfaatkan arang aktif dari kulit kacang kedelai (*Glycine max*), yang mampu meningkatkan mutu limbah tahu, dimana makin tinggi kadar karbon makin besar penurunan COD. Berat karbon aktif 3 gram mampu menurunkan 62,09% COD [17]. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh berat karbon aktif kulit jagung terhadap penurunan COD limbah cair industri batik.

Metode

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental semu dengan desain *non randomized pretest-posttest control group design*. Lokasi pada penelitian ini adalah di Kelurahan Rejomulyo, Kecamatan Semarang Timur dan tempat penelitian eksperimen untuk pembuatan karbon aktif kulit jagung di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang, sedangkan pengujian COD dilakukan di Laboratorium Lingkungan Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Obyek penelitian adalah limbah cair di salah satu industri batik di Kelurahan Rejomulyo, Kecamatan Semarang Timur. Pada penelitian ini banyaknya perlakuan ada 6 dengan ulangan sebanyak 4 kali, sehingga jumlah total obyek pengamatan ada 24.

COD diukur sebelum dan sesudah penambahan karbon aktif kulit jagung (10 gram, 20 gram, 30 gram, 40 gram, 50 gram) dalam 1000 ml limbah cair industri batik, menghitung penurunan COD setelah penambahan karbon aktif kulit jagung, dan menganalisis pengaruh berat karbon aktif kulit jagung terhadap penurunan COD serta menganalisis berat karbon aktif kulit jagung yang paling efektif dalam menurunkan COD limbah cair industri batik.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik, oven, tanur, ayakan mesh 60, magnetic stirrer, cawan porselin, desikator, COD reactor, spektrofotometer, beaker glass, gelas ukur, labu ukur, erlenmayer, corong gelas, batang pengaduk, stopwatch, blender, pH meter, thermometer. Bahan yang

digunakan dalam penelitian ini adalah sampel limbah cair batik, kulit jagung, larutan aktivator HCl 5 M, aquabidestilata, kertas saring.

Prosedur penelitian terdiri dari (1) pembuatan karbon aktif kulit jagung, (2) penetapan kadar air, (3) pengambilan sampel, (4) penambahan karbon aktif kulit jagung, (5) pemeriksaan COD di Laboratorium.

1) Pembuatan karbon aktif kulit jagung

Kulit jagung dipotong hingga berukuran kecil ± 2 cm kemudian dicuci dan dikeringkan di bawah sinar matahari langsung hingga berwarna coklat. Kulit jagung kering dilakukan pemanasan dalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam, kemudian dilakukan penghalusan dengan menggunakan blender. Setelah itu dilakukan karbonasi menggunakan tanur selama 1 jam pada suhu 600°C . Karbon yang terbentuk diayak dengan ayakan mesh 60, kemudian ditambahkan larutan HCl 5M, diaduk menggunakan magnetic stirrer kecepatan 510 rpm selama 10 menit lalu didiamkan selama 24 jam. Setelah itu disaring dengan menggunakan kertas saring dan dicuci dengan aquabidestilata hingga pH menjadi netral, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam, lalu dinginkan di dalam desikator.

2) Penetapan kadar air

Sebanyak 1 gram karbon aktif ditempatkan dalam cawan porselin yang telah diketahui bobot keringnya, kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 105°C selama 3 jam sampai bobotnya konstan. Selanjutnya karbon aktif didinginkan di dalam desikator lalu ditimbang. Pengeringan dan penimbangan diulangi setiap satu jam sampai diperoleh bobot konstan. Perhitungan kadar air menggunakan persamaan:

$$\text{Kadar air} = \frac{(\text{bobot awal}-\text{akhir})}{\text{bobot awal}} \times 100\%$$

3) Pengambilan sampel

Wadah yang digunakan untuk mengambil sampel dalam keadaan bersih dan siap pakai. Wadah diisi perlahan sampai penuh dan hindari terjadinya aerasi. Kemudian wadah sampel ditutup dengan rapat dan diberi label berisi tentang jenis sampel, jam pengambilan, dan lokasi pengambilan.

4) Penambahan karbon aktif kulit jagung

Sampel diukur terlebih dahulu nilai CODnya sebelum dilakukan perlakuan. Sampel limbah cair

disiapkan untuk masing-masing perlakuan sebanyak 1000 ml dan dimasukkan ke dalam beaker glass. Karbon aktif ditimbang sebanyak 10 gram dan dimasukkan ke dalam beaker glass yang telah berisi air limbah, kemudian diaduk dengan magnetic stirrer kecepatan 300 rpm selama 50 menit. Setelah itu dilakukan penyaringan dengan kertas saring. Fitrat hasil saringan dianalisis kandungan COD. Dilakukan hal yang sama pada perlakuan karbon aktif kulit jagung 20 gram, 30 gram, 40 gram dan 50 gram.

5) Pemeriksaan COD di laboratorium

Sampel dipipet 2,5 ml dan dimasukkan ke dalam tabung, kemudian ditambahkan larutan pencerna 1,50 ml dan larutan pereaksi asam sulfat 3,50 ml. Tabung ditutup dan kocok perlahan hingga homogen, lalu diletakkan pada COD reaktor dipanaskan pada suhu 150°C , selama 2 jam. Didinginkan dan ukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm. Kadar COD dihitung berdasarkan persamaan linier kurva kalibrasi.

Data yang diperoleh dilakukan pengolahan data berupa *editing, coding, entry, dan tabulating*, sedangkan penyajian data dilakukan dengan tabel, grafik dan narasi. Analisis dilakukan menggunakan metode univariat dengan mendeskripsikan data ~~dengan~~ menggunakan tabel distribusi frekuensi, rata-rata, terendah dan tertinggi, serta simpangan baku. Analisis bivariat dilakukan untuk menguji pengaruh kadar karbon aktif kulit jagung terhadap penurunan COD menggunakan uji *Kruskall-Wallis*, kemudian dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney* untuk mengetahui perbedaan tingkat penurunan antar masing-masing kelompok perlakuan.

Hasil dan Pembahasan

1. Kadar Air Karbon Aktif Kulit Jagung

Kadar air karbon aktif kulit jagung pada penelitian ini sebesar 7,42%. Kadar air tersebut memenuhi standar kualitas karbon aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995 yaitu maksimal 15%. Kadar air karbon aktif bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif karena kadar air pada arang aktif akan mempengaruhi kemampuan adsorpsinya [18]. Semakin tinggi kadar air maka kemampuan adsorpsinya semakin berkurang karena pori-pori dari karbon aktif telah terlebih dahulu terisi oleh air.

2. pH

Dari hasil pengukuran pH baik pada kelompok kontrol maupun perlakuan didapatkan bahwa hasil pH

9,8 - 10,2. Pada umumnya senyawa organik dari limbah semakin baik diadsorpsi pada pH rendah. Pada pH rendah atau asam jumlah ion H⁺ akan lebih besar, ion H⁺ akan menetralkan permukaan karbon aktif yang bermuatan negatif, dengan demikian dapat meningkatkan terjadinya difusi organik pada pH yang lebih tinggi. Pada pH tinggi jumlah OH⁻ lebih besar dan menyebabkan proses difusi senyawa organik terhambat [19]. pH pada penelitian ini tidak sesuai untuk kegiatan adsorpsi sehingga memungkinkan memberikan pengaruh pada penurunan COD.

3. Suhu

Hasil pengukuran menunjukkan suhu pada kelompok kontrol berkisar 25,0°C - 25,1°C sedangkan untuk kelompok perlakuan 25,0°C - 25,3°C. Suhu berpengaruh pada proses adsorpsi, dimana semakin tinggi suhu maka akan mengurangi jumlah senyawa yang terserap [20]. Diketahui bahwa pada suhu

kelompok perlakuan sedikit meningkat, hal ini dapat disebabkan karena adanya reaksi eksotermis, dimana reaksi tersebut akan melepaskan kalor dan meningkatkan suhu sekitar [21].

4. COD Limbah Cair Batik Sebelum dan Sesudah Perlakuan

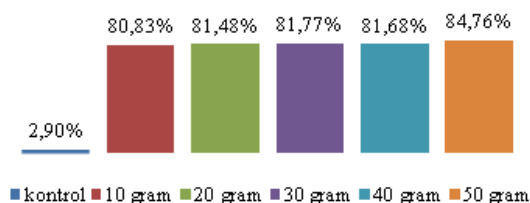
Tabel 1 menunjukkan bahwa sebelum perlakuan nilai COD antara 3174,32 mg/l - 5136,43 mg/l dengan rata-rata 4255,38 mg/l, sedangkan COD setelah perlakuan antara 584,29 mg/l - 5002,64 mg/l dengan rata-rata 1319,42 mg/l. Hal ini berarti pada semua sampel, baik sebelum dan sesudah perlakuan, memiliki nilai COD di atas baku mutu air limbah yang telah ditetapkan yaitu 150 mg/l [22]. Nilai COD awal limbah cair batik bergantung pada banyaknya produksi batik yang dibuat serta banyaknya proses pewarnaan

Tabel 1. COD Limbah Cair Batik Sebelum dan Sesudah Setiap Perlakuan

	Kadar COD					
	Kontrol	10 gr	20 gr	30 gr	40 gr	50 gr
Sebelum						
Terendah	3174,32	3174,32	3174,32	3174,32	3174,32	3174,32
Tertinggi	5136,43	5136,43	5136,43	5136,43	5136,43	5136,43
Rata-rata	4255,38	4255,38	4255,38	4255,38	4255,38	4255,38
Simpangan baku	1028,69	1028,69	1028,69	1028,69	1028,69	1028,69
Sesudah						
Terendah	3070,63	604,35	637,87	604,35	641,15	584,29
Tertinggi	5002,64	1049,20	915,41	952,20	902,03	671,25
Rata-rata	4134,05	825,10	780,80	776,69	771,59	628,27
Simpangan baku	1008,60	254,92	151,89	197,11	148,70	48,87

5. Penurunan COD Limbah Cair Batik Sesudah Perlakuan

Nilai terendah penurunan COD yaitu 2,54% ditemukan pada kelompok kontrol, sedangkan nilai maksimum penurunan COD sebesar 86,96% pada kelompok perlakuan penambahan karbon aktif kulit jagung dengan berat 50 gram, sedangkan untuk rata-rata persentase penurunan COD dapat dilihat pada grafik 1.



Grafik 4.1 Rata-rata Persentase Penurunan COD

Rata-rata persentase penurunan COD terendah 2,90% pada kelompok kontrol dan pada kelompok perlakuan penambahan karbon aktif kulit jagung adalah 80,83% pada berat 10 gram, 81,48% pada berat 20 gram,

81,77% pada berat 30 gram, 81,68% pada berat 40 gram, dan 84,74% pada berat 50 gram. Penurunan yang terjadi pada berat 40 gram dapat disebabkan karena pada setiap replikasi menggunakan limbah yang berbeda-beda waktu pengambilannya sehingga dimungkinkan terjadi fluktuasi COD awal dan dapat mempengaruhi COD akhir berdasarkan kemampuan karbon aktif untuk menurunkan COD. Limbah yang berbeda dapat dimungkinkan memiliki sifat senyawa yang berbeda pula dan akan mempengaruhi kemampuan adsorpsi. [20,23].

6. Pengaruh Berat Karbon Aktif Kulit Jagung terhadap Penurunan COD

Dari hasil uji Kruskal Wallis didapatkan nilai p = 0,015 (p < 0,05) maka H₀ ditolak dan H_a diterima. Jadi dengan demikian ada pengaruh berat karbon aktif kulit jagung terhadap penurunan COD limbah cair industri batik. Perbedaan penurunan COD antar variasi berat karbon aktif dengan uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa ada pengaruh berat karbon aktif

kulit jagung terhadap penurunan COD limbah cair industri batik antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan variasi berat karbon aktif kulit jagung 10 gram, 20 gram, 30 gram, 40 gram 50 gram dengan nilai $p = 0,021$ ($p < 0,05$), dan antara perlakuan berat karbon aktif kulit jagung 10 gram dengan 50 gram dengan nilai $p = 0,043$ ($p < 0,05$).

Tabel 2. Pengaruh Berat Karbon Aktif Kulit Jagung terhadap Penurunan COD

Berat karbon aktif (gr)	Rata-rata penurunan COD	Simpangan baku	Nilai p	
			Norma litas	Kruskal Wallis
kontrol	2,90	0,30		
10	80,83	1,64		
20	81,48	1,10	0,000	0,015
30	81,77	0,88		
40	81,68	1,27		
50	84,76	2,64		

Penurunan COD oleh karbon aktif kulit jagung dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang dapat dikendalikan pada penelitian ini adalah ukuran karbon aktif dan lama waktu kontak. Semakin kecil ukuran karbon aktif maka semakin besar luas permukaannya, sehingga daya serapnya semakin besar pula. Proses adsorpsi semakin baik dengan didukung cukupnya waktu kontak antara limbah cair dan karbon aktif serta dibantu dengan adanya pengadukan [20,23].

Proses yang terjadi pada penelitian penurunan COD dengan karbon aktif kulit jagung ini merupakan reaksi adsorpsi. Zat atau senyawa yang akan diserap berpindah dari larutannya menuju lapisan luar dari adsorben, kemudian zat teradsorpsi diserap oleh permukaan adsorben dan pada akhirnya diserap oleh permukaan dalam atau pori-pori kecil pada adsorben[24]. Dengan teradsorpsinya senyawa-senyawa yang ada pada limbah cair batik oleh karbon aktif kulit jagung, maka kadar COD pun dapat mengalami penurunan.

7. Berat Karbon Aktif Kulit Jagung yang Paling Efektif

Pada penelitian ini diketahui bahwa pada berat karbon aktif 50 gram dapat menurunkan COD paling tinggi yaitu dengan persentase penurunan 84,76%. Oleh karena itu, berat karbon aktif kulit jagung yang paling efektif untuk menurunkan COD pada penelitian ini adalah karbon aktif dengan berat 50 gram. Namun pada penelitian ini diketahui bahwa COD pada penambahan karbon aktif kulit jagung 50 gram yaitu 584,91 mg/l – 628,27 mg/l. Hasil ini menunjukkan bahwa karbon aktif kulit jagung 50 gram masih belum mampu menurunkan

COD limbah cair industri batik sampai pada nilai ambang batas yaitu 150 mg/l, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menambahkan berat karbon aktif atau menambahkan metode pengolahan lain agar dapat menurunkan COD sampai pada nilai ambang batas.

Kesimpulan

- Kadar COD sebelum penambahan karbon aktif kulit jagung yaitu 3174,32 mg/l - 5136,43 mg/l dengan rata-rata 4255,38 mg/l, sedangkan setelah penambahan karbon aktif kulit jagung COD terendah yaitu 584,29 mg/l - 1049,20 mg/l dengan rata-rata 756,49 mg/l.
- Persentase penurunan COD pada penambahan karbon aktif kulit jagung 10 gram sebesar 80,83%, 20 gram sebesar 81,48%, 30 gram sebesar 81,77%, 40 gram sebesar 81,68%, dan 50 gram sebesar 84,76%.
- Ada pengaruh berat karbon aktif kulit jagung terhadap penurunan COD limbah cair industri batik (nilai $p = 0,015$).
- Berat karbon aktif kulit jagung yang paling efektif menurunkan COD yaitu 50 gram dengan penurunan COD sebesar 84,76%.

Daftar Pustaka

- Arief LM. Pengolahan Limbah Industri Dasar-dasar Pengetahuan dan Aplikasi di Tempat Kerja. Yogyakarta: Andi; 2016.
- Hidayat N. Bioproses Limbah Cair. Yogyakarta: Andi; 2016.
- Raharjo M. Manajemen Laboratorium Kesehatan Lingkungan Modul 8 FKM Bagian Kesehatan Lingkungan. Semarang: FKM Undip; 2004.
- Nurdalia I. Kajian dan Analisis Peluang Penerapan Produksi Bersih pada Usaha Kecil Batik Cap (Studi Kasus pada Tiga Industri Kecil Batik Cap di Pekalongan) [Tesis]. UNDIP; 2006.
- Suprihatin H. Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo Dan Alternatif Pengolahannya. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Riau; 2014.
- Puspo G. Pemilihan Bahan Tekstil. Yogyakarta: Kanisius; 2009.
- Aryani Y, Widiyani T. Toksisitas Akut Limbah Cair Pabrik Batik CV. Giyant Santoso Surakarta dan Efek Sublethalnya terhadap Struktur Mikroskopis Branchia dan Hepar Ikan Nila. Jurnal Biosmart 2004;6(2):147–153.
- Fathul J, Arya Rezagama FA. Pengolahan Zat Warna Turunan Azo Dengan Metode Fenton Dan

- Ozonasi. *Jurnal Teknik Lingkungan* 2017;6(3):1–11.
- [9]. Wardhana WA. Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi). Ed.3. Yogyakarta: Andi; 2004.
- [10]. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- [11]. Budiono dan Sumardiono S. *Teknik Pengolahan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu; 2013.
- [12]. Roy GM. *Activated Carbon Application in the Food and Pharmaceutical Industries*. Penislavina: Techonic Pub; 1995.
- [13]. Ningsih DA, Said I. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dari Larutannya dengan Menggunakan Adsorben dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akademika Kimia* 2016;5(May):55–60.
- [14]. Dian Y, Siregar I, Heryanto R, Riyadhi A, Lestari TH. Karakterisasi Karbon Aktif Asal Tumbuhan dan Tulang Hewan Menggunakan FTIR dan Analisis Kemometrika. *Jurnal Kimia Valensi* 2015;1(2):103–116.
- [15]. Yogie Henry Payung, Saibun Sitorus A. Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Batubara Kotor (Dirty Coal) sebagai Adsorben Ion Logam Cd²⁺ dan Pb²⁺ dalam Larutan. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 2014;11(2):94-96.
- [16]. Fagbemigun, Taiwo K.. Pulp and Paper-Making Potential of Cornhusk. *Lagos- Nigeria International Jurnal Agri Science* 2014;44.
- [17]. Laras NS, Fitrihidajati H. Pemanfaatan Arang Aktif Limbah Kulit Kacang Kedelai (Glycine max) dalam Meningkatkan Kualitas Limbah Cair Tahu. *Lentera Bio* 2012;4(1):72-76.
- [18]. SNI. Arang Aktif Teknis, SNI 06-3730-1995. Jakarta: BSN; 1995.
- [19]. Marsh, H., dan Fransisco R. *Activated Carbon*. London: Elsevier; 2006.
- [20]. Reynold TD. *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*. Texas: Woods Worths Inc; 1982.
- [21]. Chang R. *Kimia Dasar*. Jakarta: Erlangga; 2004.
- [22]. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- [23]. Treybal RE. *Mass Transfer Operation*. 3rd ed. Singapore: Mc.Graw Hill; 1981.
- [24]. Manocha SM. *Porous Carbons*. *Jurnal Sadhana India*. 2003;28.