

## The Adsorption of Iron (Fe) in Dyeing and Washing Waste of Jumputan Fabric Using Active Carbon from Tea Grounds

### Penyerapan Logam Besi (Fe) Dalam Limbah Pewarnaan Dan Pencucian Industri Kain Jumputan Menggunakan Karbon Aktif Dari Ampas Teh

Dewi Fernianti, Erna Yuliwati, Nuri

{ferniantidewi@gmail.com, deeyuliwati@gmail.com, nuri14.nr@gmail.com}

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang, Indonesia

**Abstract.** The iron (Fe) contained in the waste dyeing process and the washing process of the jumputan fabric weaving industry is relatively high; this can cause water pollution in the waters around the jumputan fabric weaving industry if the iron content is not adsorbed. One of the methods used to decrease iron content (FE) is adsorption. The adsorbent used for this iron adsorption (Fe) process is activated carbon made from black tea grounds. Before adsorbing iron, making activated carbon from black tea grounds is carried out first, namely by carbonating the tea grounds at the temperature of 500oC for 20 minutes, then using a 4% NaOH solution for 24 hours. The quality results of activated carbon from black tea grounds produced are 19,1635% of volatile matter, 9,1465% of water content, 2,0911% of ash content, 69,5989% of pure activated carbon, and 0.2664 mg/L adsorptions of methyl blue, and these characteristics meet the quality standard of SNI no.06-3730-1995. Activated carbon that is produced and has filled the quality standards is then used to absorb iron (Fe) content in the dyeing and washing process waste of the jumputan weaving industry. The adsorption carried out the process for 72 hours with adsorbent mass variables of 1 g, 2 g, 4 g, 8 g, and 10 g. Then the levels of iron (Fe) were analyzed using AAS. The best condition for adsorption of iron content in the waste dyeing process of jumputan fabric was obtained at a mass of 10 g of adsorbent was 32.437 mg/L with an adsorption efficiency of 99.68%, the same condition for adsorption of iron content in washing waste that was equal to 9.998 mg/L with an adsorption efficiency of 99.68%.

**Keywords** - Activated Carbon; Adsorption; Tea Grounds; Waste of the Jumputan Weaving Industry

**Abstrak.** Logam besi (Fe) yang terdapat dalam limbah proses pewarnaan dan proses pencucian industri tenun kain jumputan cukup tinggi, hal ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan perairan di sekitar industri tenun kain jumputan tersebut jika tidak diserap kandungan logam besinya. Salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi kandungan besi (Fe) yaitu dengan diadsorpsi. Adsorben yang dipakai untuk proses penyerapan besi (Fe) ini adalah karbon aktif yang dibuat dari ampas teh hitam. Sebelum proses penyerapan logam besi, dilakukan terlebih dahulu proses pembuatan karbon aktif dari ampas teh hitam, yaitu ampas teh dikarbonasi pada suhu 500°C selama 20 menit, lalu diaktivasi menggunakan larutan NaOH 4 % selama 24 jam. Hasil mutu karbon aktif dari ampas teh hitam yang dihasilkan yaitu zat terbang 19,1635%, kadar air 9,1465%, kadar abu 2,0911%, karbon aktif murni 69,5989% dan daya serap terhadap metil blue 0,2664 mg/L, karakteristik ini memenuhi standar mutu SNI no.06-3730-1995. Karbon aktif yang dihasilkan dan telah memenuhi standar mutu lalu digunakan untuk menyerap kandungan besi (Fe) dalam limbah proses pewarnaan dan pencucian industri tenun kain jumputan. Proses penyerapan dilakukan selama 72 jam dengan variabel massa adsorben 1 gr, 2 gr, 4 gr, 8 gr, dan 10 gr. Lalu kadar besi (Fe) nya dianalisa menggunakan AAS. Kondisi terbaik penyerapan kadar besi pada limbah pewarnaan kain jumputan didapat pada massa adsorben 10 gr yaitu 32,437 mg/L dengan efisiensi penyerapannya sebesar 99,68%, kondisi yang sama penyerapan untuk limbah pencucian yaitu sebesar 9,998 mg/L dengan efisiensi penyerapannya sebesar 99,68%.

**Kata kunci:** Karbon Aktif; Adsorpsi; Ampas The; Limbah Tenun Kain Jumputan

## I. PENDAHULUAN

Sektor Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) makin berkembang, khususnya di sektor industri kerajinan tradisional, yaitu industri tenun kain jumputan. Seiring dengan perkembangan industri tersebut timbulnya pencemaran lingkungan berupa logam berat yang diakibatkan oleh industri kerajinan tenun yang dihasilkan dari proses pencelupan dan pewarnaan. Limbah dari proses pencelupan dan pewarnaan ini mengandung unsur bahan kimia berupa logam berat yaitu besi (Fe), dimana ketika besi hadir sebagai ion  $Fe^{+2}$  akan sangat mudah larut di dalam air. Oksigen terlarut dalam air akan mengoksidasi  $Fe^{+2}$  menjadi  $Fe(OH)_3$  membuat air berwarna keruh dan merah berkarat dengan waktu yang lama [1].

Menurut PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010, nilai ambang batas besi adalah 0,3 ppm. Salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi kandungan besi dalam limbah proses pewarnaan dan pencelupan tersebut yaitu dengan cara adsorpsi. Sebagai adsorben digunakan karbon aktif dibuat dari ampas teh hitam. Ampas teh hitam berpotensi sebagai adsorben karena mengandung senyawa selulosa 37%, *lignin* dan *hemiselulosa* 14 % serta *polifenol* 25%. Pada proses adsorpsi, senyawa *selulose* dapat mengikat ion logam karena memiliki gugus karboksil dan hidroksil [2].

Telah banyak para peneliti sebelumnya yang telah melakukan penelitian tentang adsorpsi logam besi dalam limbah yang akan dibuang ke lingkungan, diantaranya adalah, Azzahra, dkk telah meneliti tentang Bio-adsorben berbahan dasar limbah ampas teh (*Camellia Sinensis*) sebagai agen penyerap logam berat Fe dan Pb pada air sungai. Penelitian yang dilakukan oleh Azzahra, dkk adalah untuk menguji efektivitas ampas teh sebagai adsorben berdasarkan variasi perbedaan massa adsorben yaitu 0,25, 0,50, dan 0,75 gram dengan waktu kontak 5,10 dan 15 menit. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh persentase Fe dan Pb tertinggi diperoleh pada 0,75 gram berat adsorben dengan waktu kontak 15 menit yaitu, 80,78%, 93,75% [3].

Purwaningsih, L., dkk, meneliti tentang penurunan kadar besi (II) pada air bersih menggunakan ampas daun teh diaktivasi. Adsorpsi dilakukan dengan sistem *batch*, sebanyak 10 gram ampas daun teh teraktivasi dimasukkan dalam 250 ml larutan besi berkonsentrasi 9,85 mg/L diaduk dalam pengaduk otomatis dengan kecepatan 100 rpm. Proses adsorpsi dilakukan pada variasi waktu kontak 15 menit, 25 menit, dan 35 menit. Penghilangan besi terbesar (II) terjadi pada waktu kontak 35 menit dengan efisiensi adsorpsi sebesar 90,36% [4].

Hardayanti I.S, Pemanfaatan Silika (SiO<sub>2</sub>) dan Bentonit sebagai adsorben logam berat Fe pada limbah batik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu pengadukan 40 menit merupakan waktu yang optimal untuk *silica* dalam mengadsorpsi logam Fe. Terjadi penurunan kadar Fe dari 0,287 ppm menjadi 0,145 ppm. Sedangkan dengan bentonite, terjadi penurunan kadar Fe dari 0,939 ppm menjadi 0,912 ppm [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat karbon aktif dari ampas teh hitam yang sesuai dengan Standar SNI No.06-3730-1995, serta untuk menentukan pengaruh massa adsorben karbon aktif yang dihasilkan terhadap penyerapan kadar besi dan efisiensi penyerapannya dalam limbah proses pewarnaan dan pencucian industri kain tenun jumputan.

## II. METODE

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah, ampas teh hitam, NaOH, *metil blue*, *aquadest*, limbah pewarnaan dan pencucian. Sedangkan alat yang digunakan adalah *furnace*, *oven*, timbangan, *beaker glass*, ayakan, desikator, kertas saring dan mortir porselin. Metodologi penelitian meliputi 2 proses, yaitu proses pembuatan karbon aktif lalu dilanjutkan dengan proses adsorpsi logam besi dalam limbah pewarnaan dan pencucian limbah industri tenun kain jumputan.

### A. Proses pembuatan dan aktivasi karbon

Proses pembuatan dan aktivasi karbon ampas teh hitam mengikuti metode yang sudah dilakukan oleh Iswadi, yaitu mula-mula sebanyak 1,5 kg ampas teh hitam dicuci hingga bersih menggunakan *aquadest*, selanjutnya dijemur menggunakan sinar matahari selama 1 hari, dan di oven pada suhu 110°C selama 30 menit. Kemudian ampas teh tersebut di karbonasi dalam *furnace* pada suhu 500°C selama 20 menit. Setelah itu dimasukkan ke dalam desikator untuk didinginkan sampai suhu ruang. Setelah arang ampas teh hitam dingin, arang ampas teh hitam tersebut dihaluskan menggunakan mortir porselin lalu diayak dengan ayakan berukuran 100 mesh. Karbon yang dihasilkan lalu di aktivasi dengan larutan NaOH 4 %. Proses aktivasi dilakukan dengan cara yaitu dengan merendam karbon ampas teh sebanyak 100 gr karbon dalam larutan NaOH dengan konsentrasi 4% selama 24 jam. Setelah 24 jam karbon dicuci dengan *aquadest* hingga pH 7. Kemudian untuk menghilangkan kadar airnya dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 30 menit. Selanjutnya karbon aktif yang sudah dihasilkan dianalisis mutu karbonnya [6].

### B. Proses penyerapan (adsorpsi) logam besi

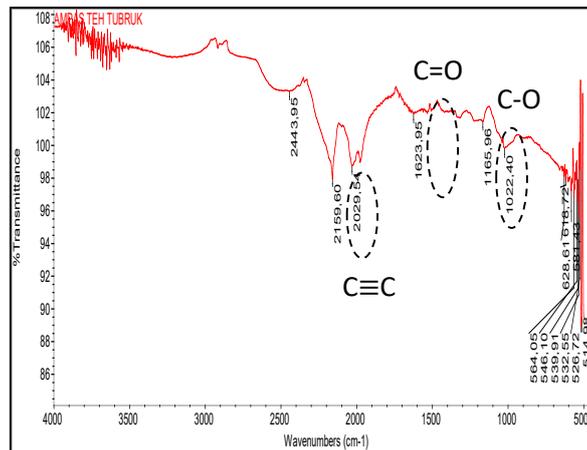
Untuk mengetahui kadar logam besi (Fe) yang terkandung dalam limbah pewarnaan dan pencucian industri kain jumputan mula-mula, maka terlebih dahulu dilakukan analisa awal terhadap kadar besi dalam limbah pewarnaan dan pencucian industri kain jumputan menggunakan *instrumen Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*. Hasil analisis diperoleh bahwa kadar besi (Fe) yang terkandung dalam limbah pewarnaan mula-mula adalah 32,54 mg/l, sedangkan kadar besi (Fe) yang terkandung dalam limbah proses pencucian adalah 10,03 mg/l. Kemudian dilakukan proses adsorpsi kadar besi yang terkandung dalam limbah proses pewarnaan dan pencucian, yaitu mula-mula masukkan karbon aktif dari ampas teh hitam sebanyak 1 gr ke dalam *beaker glass* yang berdiameter 7 cm, lalu memasukkan 100 ml limbah air proses pewarnaan kain jumputan. Lalu diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* dan didiamkan selama 72 jam.

Kemudian larutan limbah dan karbon aktif dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas saring. Sampel hasil filtrasi dianalisis kadar besinya dengan instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*.

Prosedur diulangi untuk massa karbon aktif 2 gr, 4 gr, 8 gr, dan 10 gr. Lakukan perlakuan yang sama terhadap adsorpsi kadar logam besi dalam limbah pencucian dengan massa yang sama.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil uji permukaan analisa ampas teh dengan *fourier transform infrared* (FTIR)



Gambar 1. Hasil Analisa Permukaan Ampas Teh Hitam dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Analisa awal dari penelitian ini adalah menganalisa permukaan ampas teh sebagai bahan baku karbon aktif dengan menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui kandungan selulosa di dalamnya. Dari Gambar 1, dapat terlihat hasil uji permukaan analisa ampas teh sebelum menjadi karbon menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang menunjukkan adanya gugus C-O, C=O, dan C≡C yang sangat banyak, sehingga ampas teh tersebut berpotensi menjadi karbon sebagai bahan adsorben.

#### B. Analisa mutu karbon aktif

Adsorben yang digunakan pada penelitian ini adalah karbon aktif dari ampas teh hitam. Sebelum digunakan, maka karbon aktif yang telah dihasilkan, dianalisa mutu karbon aktifnya. Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 1.

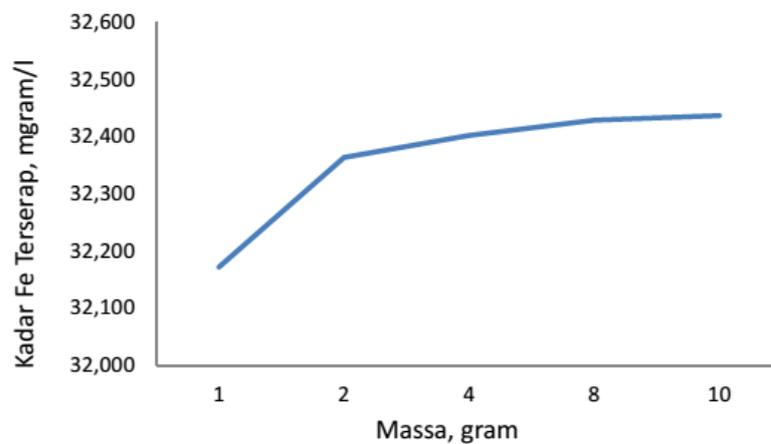
Tabel 1. Analisa Mutu Karbon Aktif Berdasarkan SNI No. 06-3730-1995

Parameter	Jumlah	Satuan	SNI
Zat Terbang	19,1635	%	Maks 25
Kadar Air	9,1465	%	Maks 15
Kadar Abu	2,0911	%	Maks 10
Karbon Aktif Murni	69,5989	%	Min 65
Daya Serap Terhadap Metil Blue	0,2664	Mg/L	Maks 0,2-0,3

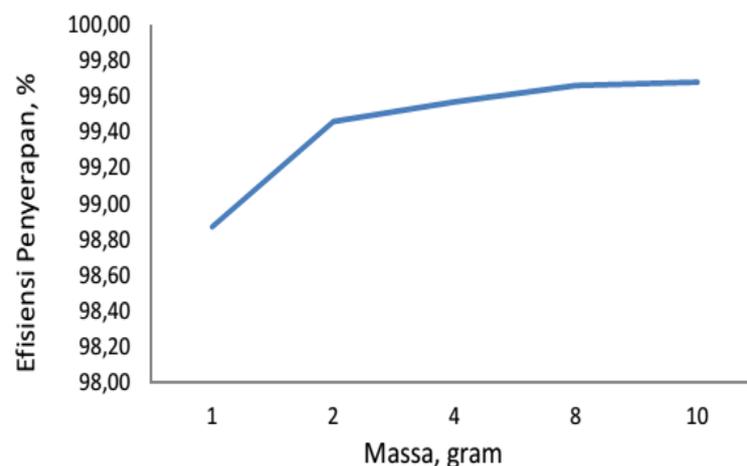
Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa hasil analisa mutu karbon aktif ampas teh hitam yang dihasilkan telah memenuhi syarat mutu arang aktif berdasarkan (SNI No. 06-3730-1995).

#### C. Kemampuan daya serap karbon aktif terhadap kadar besi (fe) dalam limbah proses pewarnaan industri kain jumputan.

Sebelum penelitian dilaksanakan, maka untuk mengetahui kadar besi (Fe) yang terdapat di dalam limbah proses pewarnaan industri kain jumputan mula-mula, maka dilakukan analisa awal kadar besi (Fe)-nya dengan menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Dari hasil analisa awal, diperoleh kadar besi (Fe) yang terkandung dalam limbah proses pewarnaan mula-mula adalah 32,54 mg/L. Kemampuan daya serap karbon aktif dari ampas teh terhadap kadar besi (Fe) dalam limbah proses pewarnaan industri kain jumputan serta efisiensi penyerapannya dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut ini:



**Gambar 2.** Hubungan Massa Karbon Aktif Terhadap Kadar Besi (Fe) Yang Terserap Pada Proses Pewarnaan



**Gambar 3.** Hubungan Massa Karbon Aktif Terhadap Efisiensi Penyerapan Kadar Besi Pada Proses Pewarnaan

Dari Gambar 2 dan Gambar 3, dapat dilihat bahwa daya serap karbon aktif ampas teh hitam sangat tinggi yaitu pada massa karbon aktif 10 gr kemampuan menyerap logam besi sebesar 32,437 mg/l dengan efisiensi sebesar 99,68 %, kadar besi yang tersisa dalam limbah pun menurun yaitu dari mula-mula sebelum proses adsorpsi 32,54 mg/l setelah proses adsorpsi menurun menjadi 0,103 mg/l, keadaan ini memenuhi ambang batas Permenkes 462 Tahun 2010 yang mana kadar maksimal logam Fe sebesar 0,3 mg/L.

Tetapi sesungguhnya peningkatan daya serap yang sangat tajam terjadi pada massa adsorben 1 gr ke 2 gr dengan kenaikan penyerapan kadar besi (Fe) sebesar 0,59%. Hal ini disebabkan karena jumlah ion logam dalam larutan sebanding dengan jumlah partikel karbon aktif yang tersedia.

Pada massa adsorben 4gr ke 10 gr terjadi peningkatan tetapi kurang dari 0,1 %. Hal ini dapat terjadi karena jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel karbon aktif yang tersedia, sehingga mudah mengalami kejenuhan. Daya serap adsorben semakin meningkat seiring dengan penambahan massa adsorben [3]. Peningkatan jumlah adsorben mengakibatkan luas permukaan semakin besar dan laju adsorpsi semakin meningkat, Tetapi jumlah adsorben yang berlebihan dapat mengakibatkan terjadinya persaingan terhadap pengikatan logam, sehingga ikatan antara adsorben dan adsorbat tidak kuat dan mudah lepas, sehingga terjadi penurunan efisiensi penyerapan [7].

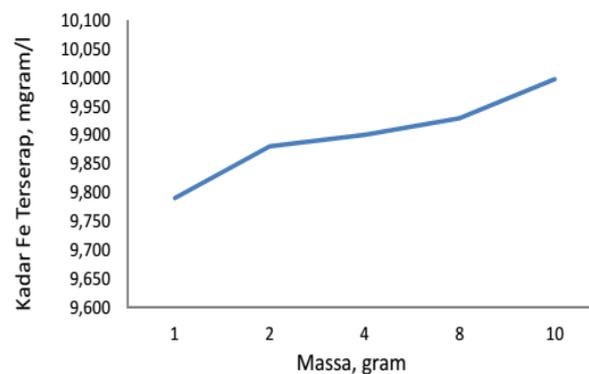
Pada Gambar 3, terlihat bahwa pada berat adsorben 1 gr sampai 2 gr mengalami peningkatan yang sangat tajam dengan kenaikan kadar besi 0,59%, dan selanjutnya rata-rata untuk penambahan massa adsorben dari 4 gr sampai 10 gr yaitu kurang dari 0,1%. Pada penambahan adsorben 1 gr sampai 2 gr mengalami peningkatan yang sangat tajam karena disebabkan jumlah ion logam dalam larutan sebanding dengan jumlah partikel karbon aktif yang tersedia. Pada penambahan massa adsorben 4gr sampai 10 gr mengalami peningkatan tetapi tidak signifikan karena jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel karbon aktif yang tersedia, dimana jumlah partikel karbon aktif lebih banyak dibandingkan dengan ion logam Fe yang tersedia sehingga daya serap karbon aktif tidak

banyak mengalami peningkatan. Semakin tinggi massa adsorben yang ditambahkan kapasitas adsorbsinya semakin menurun [5].

#### D. Kemampuan daya serap karbon aktif terhadap kadar besi (fe) dalam limbah proses pencucian industri kain jumputan

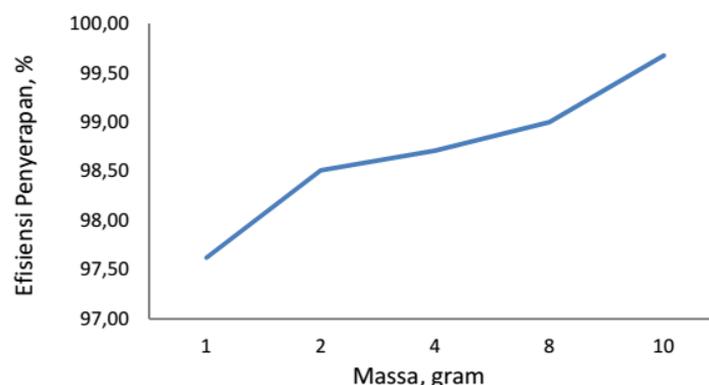
Hasil dari analisa awal kadar besi (Fe) dalam limbah proses pencucian industri kain jumputan masih tinggi yaitu sebesar 10,03 mg/L. Angka ini masih melampaui ambang batas Permenkes 462 Tahun 2010 yang mana kadar maksimal logam Fe sebesar 0,3 mg/L. Oleh karena itu masih perlu untuk dilakukan penyerapan terhadap kadar besi (Fe) nya dalam hal ini menggunakan karbon aktif dari ampas teh hitam.

Kemampuan daya serap karbon aktif dari ampas teh terhadap kadar besi (Fe) dalam limbah proses pencucian industri kain jumputan serta efisiensi penyerapannya dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 berikut ini:



**Gambar 4.** Hubungan Massa Karbon Aktif Terhadap Efisiensi Penyerapan Pada Proses Pencucian

Dari Gambar 4, dapat dilihat bahwa daya serap karbon aktif ampas teh hitam yang sangat baik yaitu pada massa karbon aktif 10 gr yaitu sebesar 9,998 mg/L. Hal ini disebabkan karena dengan jumlah karbon aktif yang lebih banyak dapat menambah luas permukaan sehingga luas kontak bertambah besar dan kemampuan daya serap semakin meningkat. Kadar besi yang tersisa dalam limbah pun menurun yaitu sebelum diadsorpsi 10,03 mg/L setelah proses adsorpsi kadar besi (Fe) dalam limbah pencucian menurun menjadi 0,103 mg/l, keadaan ini memenuhi ambang batas Permenkes 462 Tahun 2010 yang mana kadar maksimal logam Fe sebesar 0,3 mg/L. Konsentrasi ion logam semakin menurun seiring dengan penambahan massa adsorben [3]. Sementara Dhoni Suwazan dalam penelitiannya menambahkan kitosan dalam karbon aktif ampas teh untuk menurunkan konsentrasi timbal (Pb) pada limbah cair PTP XI dan dapat menghilangkan logam berat Pb sebesar 90,6 % [8].



**Gambar 5.** Hubungan Massa Karbon Aktif Terhadap Efisiensi Penyerapan Kadar Besi Pada Proses Pencucian

Dari Gambar 5, dapat dilihat bahwa efisiensi penyerapan tertinggi terdapat pada massa adsorben 10 gr yaitu 99,68%, juga terlihat bahwa hubungan antara massa adsorben dan efisiensi penyerapannya berbanding lurus. Semakin tinggi massa adsorben, maka efisiensi penyerapan logam berat semakin besar [3]. Jumlah adsorben yang semakin banyak akan memperluas penyerapan ion logam yang ada pada suatu larutan sehingga persen efisiensi adsorpsinya pun semakin meningkat.

Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Pratama, pada proses adsorpsi Fe dan Cu menggunakan karbon aktif dari ampas teh pada air sungai mahakam diperoleh efisiensi penyerapan tertinggi pada berat adsorben 10 gr

yaitu sebesar 94,25 % dan Cu 72,34 % [9]. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Vera Viena, menunjukkan efisiensi penyerapan kadar Fe berkisar antara 10,41 - 58,34%, dan pH mengalami peningkatan dari 5,8 menjadi 7,6 [10].

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, hasil mutu karbon aktif dari ampas teh hitam yang di hasilkan yaitu zat terbang 19,1635%, kadar air 9,1465%, kadar abu 2,0911%, karbon aktif murni 69,5989% dan daya serap terhadap metil blue 0,2664 mg/L, karakteristik ini memenuhi standar mutu SNI no.06-3730-1995. Kondisi terbaik penyerapan kadar besi pada limbah pewarnaan kain jumputan didapat pada massa adsorben 10 gr yaitu 32,437 mg/L dengan efisiensi penyerapannya sebesar 99,68%. Begitu juga kondisi terbaik penyerapan kadar besi pada limbah pencucian kain jumputan ada pada massa 10 gram yaitu sebesar 9,998 mg/L dengan efisiensi penyerapannya sebesar 99,68% .

#### REFERENSI

- [1] H. P. Asmaningrum and Y. P. Pasaribu, "PENENTUAN KADAR BESI (Fe) DAN KESADAHAN PADA AIR MINUM ISI ULANG DI DISTRIK MERAUKE," *Magistra: Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, vol. 3, no. 2, pp. 95–104, Jul. 2016, doi: 10.35724/magistra.v3i2.592. [Online]. Available: <https://ejournal.unmus.ac.id/index.php/magistra/article/view/592>. [Accessed: Aug. 09, 2022].
- [2] R. G. Muhajjalain, I. Agawijaya, B. Santoso, and J. Suryadi, "Perbandingan Efektivitas Ampas Teh Hitam dan Ampas Teh Hijau sebagai Adsorben Ion Logam Cr (VI)," *Fullerene Journ. of Chem*, vol. 6, no. 2, p. 9, 2021, doi: doi 10.37033/fjc.v6i2.327.
- [3] R. F. Azzahra and M. Taufik, "BIO-ADSORBEN BERBAHAN DASAR LIMBAH AMPAS TEH (CAMELLIA SINENSIS) SEBAGAI AGENT PENYERAP LOGAM BERAT FE DAN PB PADA AIR SUNGAI," *KINETIKA*, vol. 11, no. 1, pp. 65–70, 2020 [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/article/view/3113>. [Accessed: Aug. 09, 2022].
- [4] L. Purwaningsih, R. Rachmaniyah, and P. Hermiyanti, "PENURUNAN KADAR BESI (II) PADA AIR BERSIH MENGGUNAKAN AMPAS DAUN TEH DIAKTIVASI," *KESLING*, vol. 17, no. 2, Jul. 2019, doi: 10.36568/kesling.v17i2.1124. [Online]. Available: <http://journal.poltekkesdepkes-sby.ac.id/index.php/KESLING/article/view/1124>. [Accessed: Aug. 09, 2022].
- [5] I. S. Hardyanti, I. Nurani, D. S. Hardjono HP, E. Apriliani, and E. A. P. Wibowo, "Pemanfaatan Silika (SiO<sub>2</sub>) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik," *j. St. terap*, vol. 3, no. 2, Oct. 2017, doi: 10.32487/jst.v3i2.257. [Online]. Available: <http://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/jst/article/view/257>. [Accessed: Aug. 09, 2022].
- [6] I. Iswadi, "Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Ampas Teh Sebagai Adsorben Dalam Pengolahan Methyl Blue," Institut Muhammadiyah Palembang, 2013.
- [7] I. K. Wijaya, Y. Farra Yulia, and K. Udyani, "PEMANFAATAN DAUN TEH SEBAGAI BIOSORBEN LOGAM BERAT DALAM AIR LIMBAH (REVIEW)," *envirotek*, vol. 12, no. 2, pp. 25–33, Nov. 2020, doi: 10.33005/envirotek.v12i2.55. [Online]. Available: <http://envirotek.upnjatim.ac.id/index.php/envirotek/article/view/55>. [Accessed: Aug. 09, 2022].
- [8] D. Suwazan and N. Nurhidayanti, "Efektivitas Kombinasi Kitosan dan Ampas Teh Sebagai Adsorben Alami dalam Menurunkan Konsentrasi Timbal Pada Limbah Cair PT PXI," *J. Ilmu Lingk.*, vol. 20, no. 1, pp. 37–44, Jan. 2022, doi: 10.14710/jil.20.1.37-44. [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ilmulingkungan/article/view/41989>. [Accessed: Aug. 09, 2022].
- [9] D. A. Pratama, "EFEKTIVITAS AMPAS TEH SEBAGAI ADSORBEN ALTERNATIF LOGAM Fe DAN Cu PADA AIR SUNGAI MAHAKAM," *JIP UNTIRTA*, vol. 6, no. 3, Jun. 2017, doi: 10.36055/jip.v6i3.1560. [Online]. Available: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip/article/view/1560>. [Accessed: Aug. 09, 2022].
- [10] V. Viena, B. Bahagia, and Z. Afrizal, "Produksi Karbon Aktif dari Cangkang Sawit dan Aplikasinya Pada Penyerapan Zat Besi, Mangan Dan ph Air Sumur," *JSE*, vol. 5, no. 1, Dec. 2019, doi: 10.32672/jse.v5i1.1660. [Online]. Available: <http://ojs.serambimekkah.ac.id/index.php/jse/article/view/875%20-%20882>. [Accessed: Aug. 09, 2022].