

**PEMANFAATAN KARBON AKTIF SAMPAH PLASTIK UNTUK  
MENURUNKAN BESI DAN MANGAN TERLARUT PADA AIR SUMUR  
UTILIZATION OF ACTIVATED CARBON PLASTIC WASTE TO REDUCE IRON AND  
MANGANESSE DISSOLVED IN WELL WATER**

**Novirina Hendrasarie dan Rani Prihantini**

*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional  
"Veteran" Jawa Timur, Jl. Raya Rungkut Madya-Gunung Anyar Surabaya, 60294,  
Indonesia*

*E-mail: [novirina@upnjatim.ac.id](mailto:novirina@upnjatim.ac.id)*

**ABSTRAK**

*Air tanah atau biasa disebut air sumur umumnya terdapat ion besi (Fe) dan mangan (Mn) bervaleansi dua secara bersamaan. Menurut hasil uji awal air sumur didapatkan parameter besi (Fe) 3,66 mg/L dan mangan (Mn) 2,75 mg/L. Fe dan Mn dalam air jika melebihi baku mutu (Fe 1 mg/L dan Mn 0,5 mg/L) dapat menyebabkan kekeruhan, korosi dan, bersifat neurotoksik. Teknologi yang umum digunakan untuk menyisihkan Fe dan Mn adalah adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan sampah plastik sebagai adsorben dalam menyisihkan parameter Fe, Mn dan, kekeruhan secara fixed bed column. Pada penelitian pendahuluan rasio Cn/Co 0,05 berada tepat pada waktu 40 menit dan jenuh pada 120 menit. Pada penelitian ini debit ditetapkan 10 ml/menit, kemudian digunakan variasi jenis plastik (PET, PVC, BPA free, LDPE) dan berat adsorben (60, 70, 80 gram). Dari hasil penelitian ini jenis plastik PET paling optimal menyisihkan Fe 94%, Mn 94% dan, kekeruhan 89% dengan berat 80 gram. Nilai kapasitas serap (q<sub>0</sub>) dalam pemodelan Thomas Fe 0,146 mg/g dan Mn 0,134 mg/g.*

*Kata kunci: Adsorpsi, air sumur, kandungan besi dan mangan, pemodelan thomas, pirolisis, sampah plastik.*

**ABSTRACT**

*Water is one of the natural resources that has a very function important for human life, besides that water is also an important component of the environment for the survival of humans and other living things. Ground water or commonly called well water generally contains iron (Fe) and manganese (Mn) ions with two valves simultaneously. According to the results of the initial test well water parameters Fe 3.66 mg/L and Mn 2.75 mg/L. Fe and Mn in water if they exceed the quality standard (Fe 1 mg/L and Mn 0.5 mg/L) can cause turbidity, corrosion and, are neurotoxic. The technology commonly used to remove Fe and Mn is adsorption. This study aims to utilize plastic waste as an adsorbent in removing Fe, Mn and, turbidity parameters by fixed bed column. In the preliminary study the 0.05 Cn/Co ratio was precisely at 40 minutes and was saturated at 120 minutes. In this study the*

*discharge is set at 10 ml/min, then variations in the type of plastic (PET, PVC, BPA free, LDPE) and weight of the adsorbent (60, 70, 80 grams) are used. From the results of this study the most optimal type of PET plastic is to set aside 94% Fe, Mn 94% and 89% turbidity with a weight of 80 grams. The value of absorption capacity (q<sub>o</sub>) in modeling Thomas Fe is 0.146 mg/g and Mn 0.134 mg/g.*

**Keywords:** *Adsorption, iron and manganese, pyrolysis of plastic waste, thomas modeling, well water.*

## **1. PENDAHULUAN**

Air tanah atau biasa disebut air sumur umumnya terdapat ion besi (Fe) dan mangan (Mn) bervaleksi dua secara bersamaan. Fe dan Mn dalam air dapat menyebabkan kekeruhan, korosi, dan kesadahan. Fe dan Mn juga dapat menyebabkan warna kekuningan pada cucian dan alat plambing (Bohart & Adam, 1920; Mammoria, 2016; Roccaro, 2007). Keadaan ini terjadi karena air sumur yang di kelola oleh masyarakat tidak di olah terlebih dahulu. Meski air sumur sebagian tidak layak dikonsumsi, masyarakat tetap memanfaatkan air sumur ini untuk mandi, mencuci piring, mencuci pakaian, dan kebutuhan sehari-hari lainnya.

Teknologi yang umum digunakan untuk menyisahkan Fe dan Mn meliputi teknologi membran, adsorpsi, pertukaran ion, dan presipitasi. Adsorpsi merupakan salah satu proses pengolahan air yang efektif dan sering digunakan untuk menghilangkan logam berat. Pemilihan proses tersebut dipilih berdasarkan besarnya konsentrasi zat besi atau mangan serta kondisi air baku yang digunakan (Breeze,2009;Hendrasarie & Susanti, 2018;Kan 2013).

Tanpa pengolahan kualitas fisik, kimiawi air permukaan dan air tanah di sebagian besar wilayah Indonesia, belum memenuhi standar kualitas air tanah yang digunakan masyarakat dan kurang memenuhi syarat sebagai air bersih, berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 32 Tahun 2017 tentang Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi bahwa kadar maksimum besi (Fe) adalah 1 mg/L dan mangan (Mn) adalah 0,5 mg/L.

Plastik merupakan limbah anorganik yang mengandung unsur karbon, seperti polietilen, polipropilene atau pun polivinil klorida. Beberapa jenis plastik yang telah di furnace dapat berubah menjadi arang yang memiliki struktur pori yang dapat digunakan dalam proses adsorpsi (Cundari, 2016; Febrina & Ayuna, 2015; Hendrasarie, 2003). Salah satu cara pengolahan limbah adalah dengan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif dari sampah plastik jenis polietilen (Wardhana and Handayani 2014; Cahyo *et al.*, 2012; Rocha, 2015). Selain berguna sebagai adsorben, penggunaan limbah plastik polietilen dapat juga untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan banyaknya jumlah sampah plastik (Firdiono, 2016; Lin & Juang,2009; Mu'in, 2017) Penelitian ini menggunakan metode adsorpsi dengan sampah plastik sebagai adsorben secara fixed bed column, dengan

memvariasikan jenis plastik sebagai adsorben dan berat adsorben. Setelah itu dilakukan analisa parameter kandungan besi (Fe), mangan (Mn), dan kekeruhan. Hasil analisa parameter akan dilakukan pengolahan data dan rumus pemodelan Thomas disertai uji pada adsorben yaitu SEM ,

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara *fixed bed column*, parameter yang akan diuji yaitu Fe, Mn, dan kekeruhan. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, reaktor *fixed bed column*, oven, pH meter dan *thermometer*. Bahan-bahan yang digunakan air sumur, plastik bekas jenis PET, PVC, LDPE, BPA *free* dan HCl. Volume kolom 330 ml dan debit aliran 10 ml/menit. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini hasil pirolisis dari jenis plastik PET, PVC, LDPE, BPA *free*, dan berat adsorben 60, 70, 80 gram hasil pirolisis tiap jenis plastic. Untuk variable kntrol, menggunakan manufaktur karbon aktif atau karbon aktif komersial (terbuat dari batok kelapa dan kayu).

Pada penelitian ini menggunakan air sumur yang diambil di Jalan Bulak Banteng, Kenjeran, Surabaya. Kondisi air sumur berwarna sedikit keruh dan berwarna sedikit kuning setelah beberapa waktu kontak dengan udara tetapi tidak berbau. Dibawah ini, pada Tabel 1, dijelaskan karakteristik air sumur sebagai sampel penelitian.

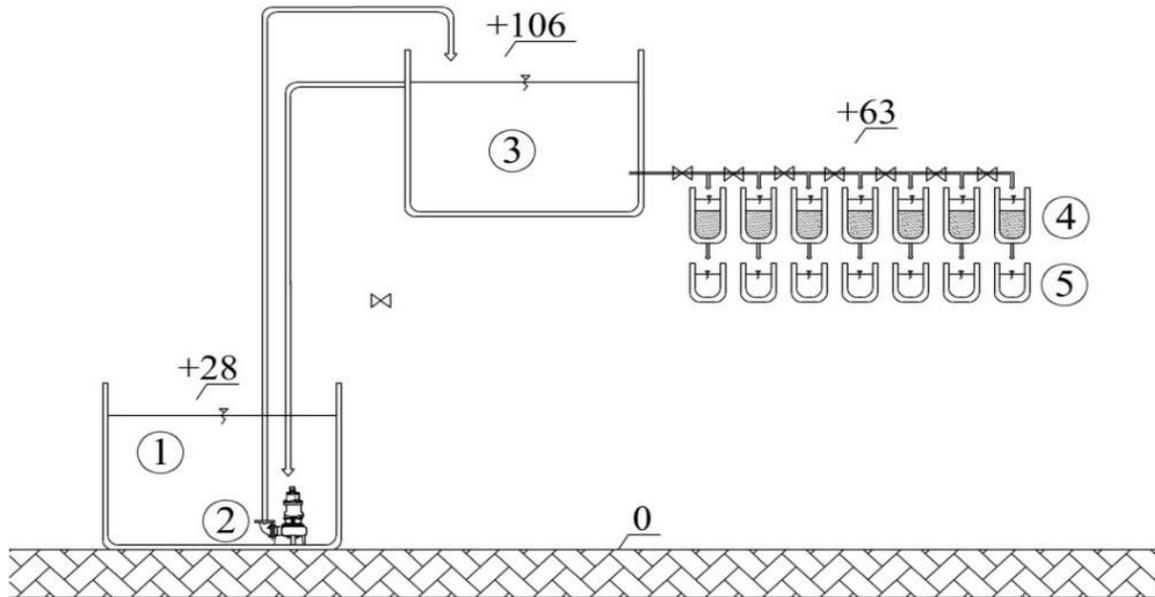
**Tabel 1.** Karakteristik Awal Air Sumur dan Baku Mutu

Parameter	Sampel Hari ke					Baku Mutu
	1	2	3	4	5	
Fe (mg/L)	3,66	3,51	3,31	3,2	3,56	0,5
Mn (mg/L)	2,75	2,57	2,48	2,56	2,44	1
Kekeruhan (NTU)	20,2	18,5	19,2	17,8	18	25
pH	7,4	7,3	7	7	7,3	6,8 - 8,5
Suhu °C	28	27	28	28	27	Suhu ruang ±3

Sumber : Hasil analisa, 2019

Tahap pembuatan karbon aktif, ini meliputi beberapa proses mulai dari pembentukan arang. Caranya, mempersiapkan 4 jenis plastik yang biasanya sering ditemukan sehari-hari, kemudian dipotong kecil – kecil sesuai tempat cawan porselin yang akan masuk ke dalam furnace dengan suhu 450 °C selama 2 jam, Selanjutnya akan dilakukan tahap aktivasi untuk membersihkan pori-pori adsorben dari zat pengotor. Caranya, dari tahap pembentukan karbon aktif, dihaluskan dengan mortar dan alu kemudian diayak dengan ayakan mekanis, lalu karbon direndam dengan larutan HCl 1 M selama 2 jam, sesudah itu karbon aktif dikeringkan dengan oven pada suhu 110 °C. Tahap ini dilakukan agar adsorben dapat digunakan untuk proses adsorpsi. Selanjutnya, dilakukan penelitian tahap utama.

Adapun skema dan susunan gambar reaktor terdapat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Tampak Samping Reaktor sistem *fixed bed column*

Keterangan:

- 1 = Bak umpan
- 2 = Pompa & pipa inlet
- 3 = Pengatur debit
- 4 = Kolom adsorpsi
- 5 = Outlet

Dibawah ini, dijelaskan dalam Tabel 2 hasil pembuatan karbonaktif, dari limbah plastik

**Tabel 2.** Hasil pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Plastik

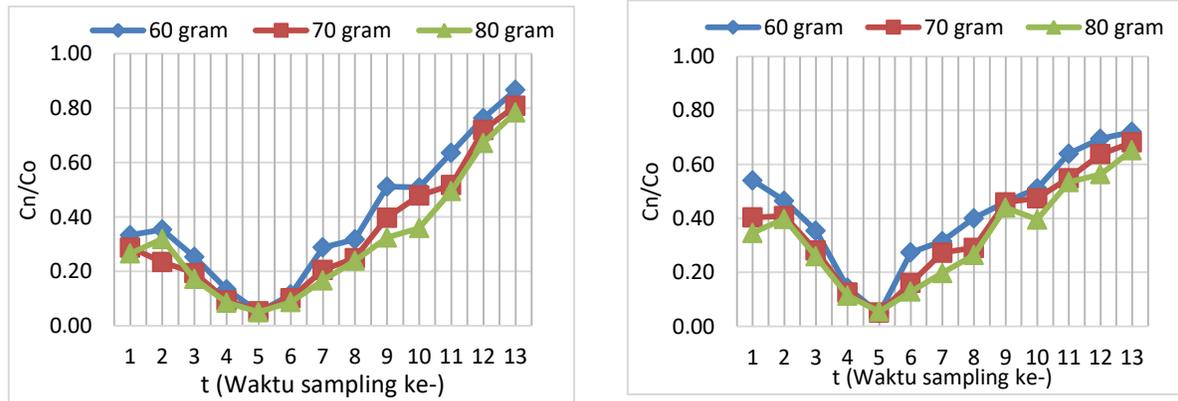
Jenis Plastik	Sebelum Diproses	Sesudah Diproses
PET		
PVC		
LDPE		
BPA free		

Sumber : Data Penelitian, 2019

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Menentukan Titik jenuh Adsorben

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui titik jenuh adsorben.

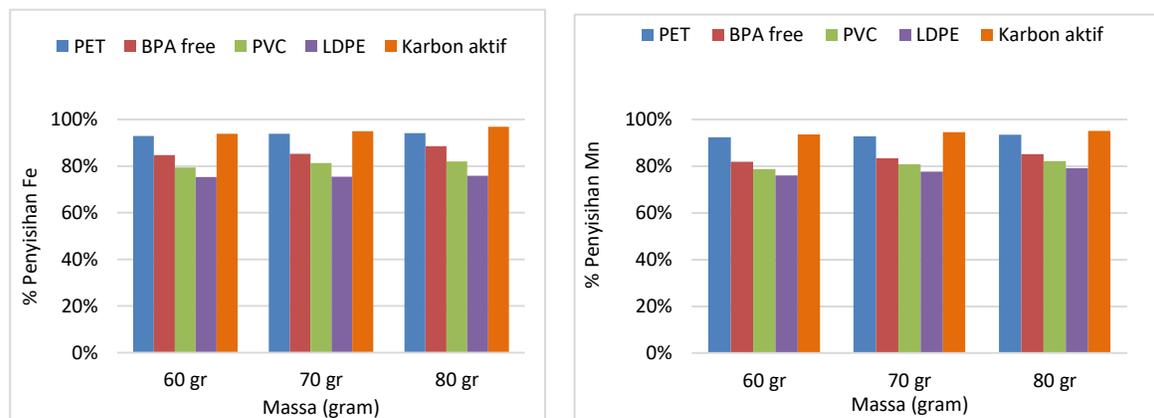


Gambar 2. Kurva *breakthrough* parameter Fe dan Mn

Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan bahwa *break point* dicapai oleh adsorben dengan massa 60 gram, 70 gram dan, 80 gram dengan  $C_n/C_o$  sebesar 0,05 pada waktu sampling ke-5 yakni pada waktu 40 menit setelah air sumur keluar dari kolom. Dari hasil penelitian pendahuluan ini ditentukan 5 waktu sampling untuk penelitian utama yakni pada menit ke 0, 20, 40, 60 dan, 80 menit setelah air sumur keluar dari kolom.

#### 3.2. Jenis dan Berat Adsorben yang Optimal

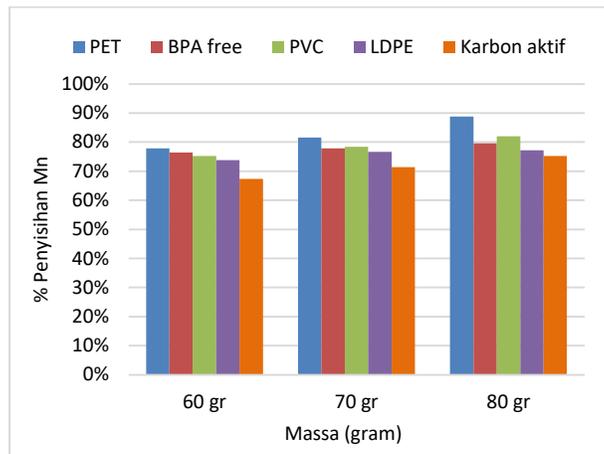
Pada penelitian kali ini dilakukan perbandingan jenis adsorben dan berat yang optimal dalam menyisihkan parameter Fe. Pengaruh jenis dan berat pada proses adsorpsi Fe dapat diketahui dengan membandingkan persen penyisihan terhadap jenis adsorben dan berat adsorben.



Gambar 3. Hubungan antara berat dan jenis adsorben terhadap penyisihan Fe dan Mn

Pada Gambar 3, menjelaskan bahwa jenis adsorben yang paling optimal dalam menurunkan Fe dan Mn, yakni karbon aktif komersial kemudian untuk jenis plastik yang optimal setelah karbon aktif komersial, yakni plastik jenis PET. Kemudian untuk berat adsorben yang paling optimal untuk menurunkan Fe dan Mn yakni berat 80 gram. Karbon aktif komersial yang paling optimal menurunkan Fe sebesar 97%, Mn sebesar 95% dan untuk adsorben dari plastik PET mampu menurunkan Fe sebesar 95%, Mn sebesar 94%.

Sedangkan perbandingan jenis adsorben dan berat yang optimal dalam menyisihkan parameter kekeruhan. Dijelaskan dalam Gambar 4, Penurunan kekeruhan oleh adsorben limbah plastik.



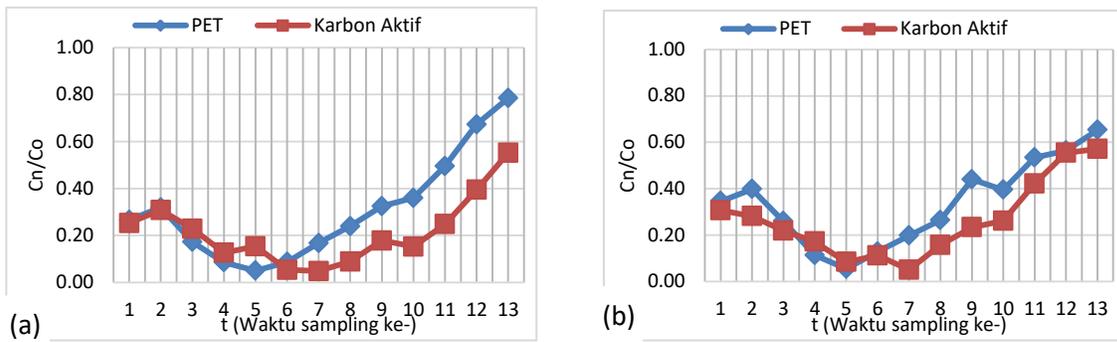
**Gambar 4.** Hubungan antara berat dan jenis adsorben terhadap penyisihan Kekeruhan

Pada Gambar 4, menjelaskan bahwa jenis adsorben yang paling optimal dalam menurunkan kekeruhan yakni plastik jenis PET. Kemudian untuk berat adsorben yang paling optimal untuk menurunkan kekeruhan yakni berat 80 gram. Untuk adsorben dari plastik PET dengan berat 80 gram yakni sebesar 89%.

### 3.3. Efektifitas Adsorben Terhadap Titik Jenuh

Pada penelitian kali ini dilakukan perbandingan efektivitas pada titik jenuh dari adsorben plastik PET dan karbon aktif komersial, dengan membandingkan persen Cn/Co terhadap waktu sampling, data didapat dari uji pendahuluan Fe dan Mn dengan berat 80 gram.

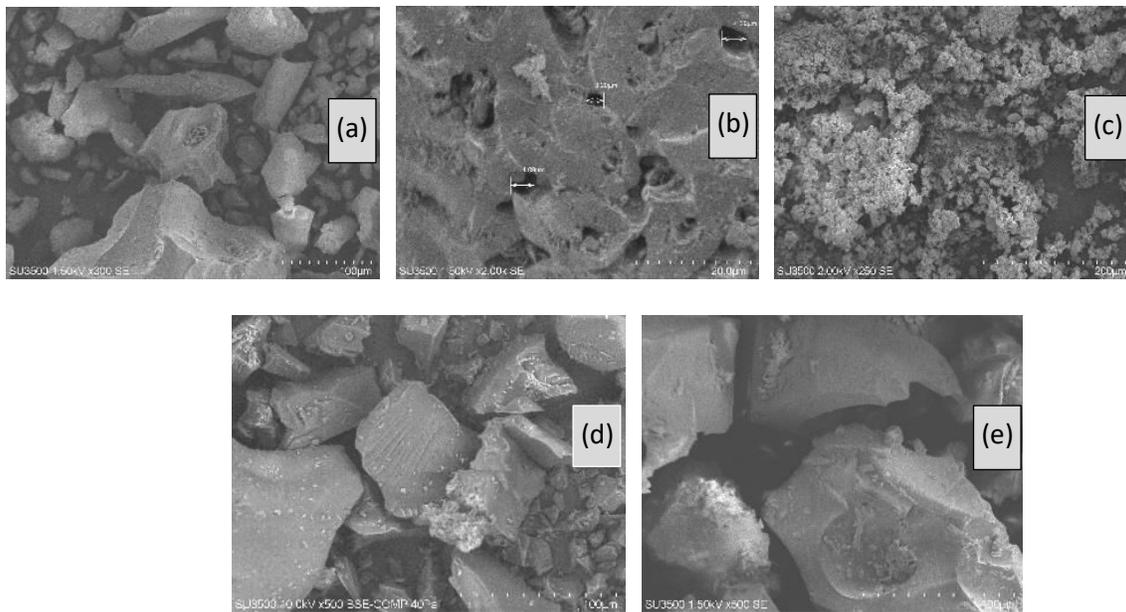
Pada Gambar 5, bahwa titik jenuh pada karbon aktif lebih lama dibandingkan dengan adsorben dari plastik PET. Cn/Co pada karbon aktif tepat pada waktu 60 menit setelah itu mengalami jenuh, sedangkan adsorben dari PET Cn/Co tepat pada waktu 40 menit setelah itu jenuh. Semakin lama waktu jenuh kualitas adsorben lebih optimal dalam meregenerasi atau penggunaan adsorben akan lebih lama digunakan



**Gambar 5.** Titik Jenuh adsorben PET dan Karbon aktif Komersial, removal (a) Fe ; (b) Mn

### 3.4. Uji SEM

Berikut gambar 4.27. mengetahui morfologi adsorben menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM). Karakterisasi dengan SEM dilakukan pada adsorben dari plastik dengan jenis PET sesudah running, dimana hal ini bertujuan untuk mengetahui keadaan permukaan pori setelah digunakan untuk menyisihkan parameter Fe, Mn dan, kekeruhan.



**Gambar 6.** Foto SEM adsorben (a) PET (b) Karbon aktif (c) PVC (d) BPA free (e) LDPE

Pada gambar SEM tersebut hampir tidak terdapat pori, hal tersebut karena adanya keberadaan kontaminan yang telah terserap kedalam pori-pori sehingga menutup pori-pori tersebut.

### 3.5. Pemodelan Thomas

Penentuan kapasitas adsorpsi (mg/g) dan model kinetika adsorpsi dilakukan percobaan menggunakan metode kolom tunggal, air sumur sebagai adsorbat, beberapa jenis plastik sebagai adsorban dan variasi waktu sampling dasar pengambilan data. Pada penelitian ini, kinetika sistem adsorpsi yang terjadi pada *fixed-bed column* dianalisis dengan menggunakan Model thomas yang merupakan salah satu model teori kinerja kolom yang paling umum digunakan. Adapun rumus yang digunakan yaitu:

$$\ln \left[ \frac{C_o}{C_t} - 1 \right] = \frac{K_{th} q_o x}{Q} - K_{th} C_o t \quad (1)$$

Keterangan:

Co = Konsentrasi influent (mg/L)

Ct = Konsentrasi efluent (mg/L)

X = Massa adsorben (gr)

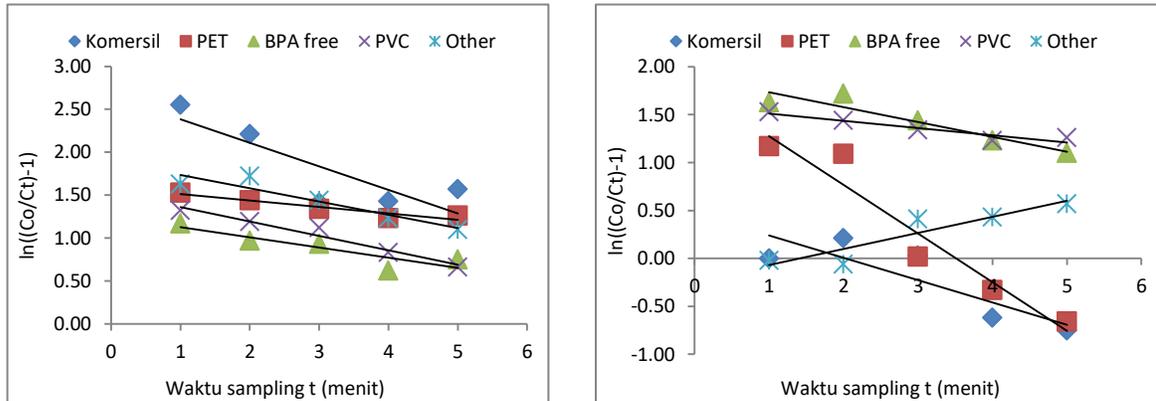
qo = Kapasitas jerap (mg/g)

Q = Laju alir air (L/menit)

t = Waktu sampling (menit)

KTh = Konstanta kecepatan adsorpsi (L/mg/menit)

Perhitungan kapasitas adsorbansi dapat menggunakan grafik  $\ln((Co/Ct)-1)$  terhadap waktu, yang disajikan pada Gambar 7, Pemodelan Thomas berdasar Penjerapan Fe dan Mn



**Gambar 7.** Grafik pemodelan Thomas kapasitas penjerapan Fe dengan berat 80 gram

Gambar 7, digunakan untuk perhitungan persamaan Thomas dimana hasil konstanta kinetik (Kth) dan kapasitas adsorbansi kolom (qth) model Thomas pada berbagai kondisi percobaan adsorpsi Fe dan Mn pada air sumur dengan variasi adsorben dalam fixed-bed column dijelaskan pada Tabel-2.

**Tabel 3.** Parameter Model Thomas

Jenis	Parameter	Persamaan Linier	R <sup>2</sup>	Kth (L/mg/menit)	qo (mg/g)
Karbon aktif	Fe	-0,274x + 2,656	0,7038	0,0028	0,181
PET	Fe	-0,075x + 1,585	0,8986	0,0034	0,146
Karbon aktif	Mn	-0,233x + 0,473	0,7371	0,0044	0,143
PET	Mn	-0,508x + 1,782	0,9319	0,0037	0,134

Tabel 3 merupakan data konstanta Thomas dan kapasitas adsorbansi yang didapatkan dari persamaan Thomas dengan perbandingan jenis adsorben. Nilai konstanta Kth dan qo dapat diketahui melalui nilai slope dan intercept dari persamaan yang ditunjukkan oleh gambar Gambar 7. Berdasarkan persamaan tersebut didapatkan nilai konstanta yang ditunjukkan pada Tabel 3. Konstanta Thomas yang didapatkan berbanding terbalik dengan kapasitas adsorbansi dari masing-masing adsorben. Hal tersebut sesuai dengan persamaan Thomas yang telah diterapkan pada penelitian ini yang menunjukkan bahwa kapasitas adsorbansi didapatkan perbandingan terbalik dengan kapasitas Thomas yang dihasilkan.

Dari perhitungan persamaan Thomas diatas juga dapat disimpulkan bahwa kapasitas adsorbansi tertinggi dalam penyerapan Fe dan Mn pada berat yang sama yaitu 80 gram dengan jenis karbon aktif komersil dan jenis sampah plastik PET yaitu penyerapan Fe karbon aktif komersil 0,181 mg/gram, PET 0,146 mg/gram, penyerapan Mn karbon aktif komersil 0,143 mg/gram, PET 0,134 mg/gram. Yang artinya dalam 1 gram karbon aktif mampu menyerap (qo) penyerapan polutan dalam mg. Tujuan dari mencari qo pada pemodelan Thomas untuk mengetahui seberapa besar polutan yang terserap terhadap 1 gram adsorben yang menyerap.

#### 4. KESIMPULAN

Kemampuan limbah plastik hasil pirolisis sebagai adsorben untuk menurunkan kadar besi (Fe) mangan (Mn) terlarut, dan kekeruhan pada air sumur di Surabaya adalah, tertinggi adalah PET = Fe 94% ; Mn 94% ; kekeruhan 89%. Meskipun angka ini lebih rendah sedikit dibandingkan dengan adsorben komersial, karbon aktif = Fe 97% ; Mn 95% ; kekeruhan 75%. Limbah plastic lainnya yaitu PVC, LDPE, BPA Free, bukan berarti tidak berpotensi sebagai adsorban, karena rata-rata mampu menurunkan Fe pada kisaran 76%-89%, menurunkan Mn pada kisaran 79-85%, dan kekeruhan pada kisaran 77%-82%. Berat adsorben yang optimal dengan berat 80 gram menyisihkan Fe 94% ; Mn 94% ; kekeruhan 89%. Sedangkan efektifitas adsorben dari proses pirolisis sampah plastik dan karbon aktif terhadap titik jenuhnya yaitu pada waktu Cn/Co 60 menit setelah itu mulai jenuh. Titik jenuh adsorben plastik PET yaitu pada waktu Cn/Co 40 menit setelah itu mulai jenuh. Model Thomas yang dihitung dalam penelitian ini, untuk menentukan kapasitas adsorpsi dari adsorben untuk menurunkan parameter Fe dan Mn, adalah dengan berat 80 gram dari plastik PET kapasitas penyerapan Fe 0,146 mg/g dan Mn 0,134 mg/g.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bohart, G. and E. Adams (1920). "Some aspects of the behavior of charcoal with respect to chlorine", *Journal of the American Chemical Society* 42(3): 523-544.
- Breeze, Paul (2009). *Renewable Energy Focus Handbook*. Academic Press. Elsevier. Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK
- Cundari, L.(2016). Pengolahan Limbah Cair Kain Jumputan Menggunakan Karbon Aktif Dari Sampah Plastik, *Jurnal Teknik Kimia* 22(3).
- Dwicahyono, B. dan Hendrasarie, N. (2012), Efektifitas Fluidisasi Tiga Fase untuk Menurunkan Parameter Organik Dalam Air, *Jurnal Purifikasi*, (13) 1, 58-64
- Febrina, L. and A. Ayuna (2015). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik, *Jurnal Teknologi* 7(1), 35-44.
- Firdiyono, F., (2016). Percobaan Pendahuluan Perbandingan Daya Serap Unsur Minor Dalam Larutan Natrium Silikat (Preliminary Comparative Study on the Adsorption of Minor Elements in Sodium Silicate Solution}, *Metalurgi* 27(1), 15-26
- Hendrasarie, N. (2003) Abu Batubara Sebagai Alternatif Adsorben Penurunan Warna Pada Limbah Tekstil, *Jurnal Aksial, Majalah Teknik Sipil*, (5) 3, 103-108
- Hendrasarie, N. and Susanti, E. (2018), "Degradation of Crude Oil Spills in Marine Waters Using Ultra Filtration Membranes and Biological Processes", *NST Proceedings, International Seminar of Research Month Science and Technology for People Empowerment Volume 2018*, 300-308
- Kan, C.C.(2013). "Adsorption of  $Mn^{2+}$  from aqueous solution using Fe and Mn oxide-coated sand", *Journal of Environmental Sciences* 25(7): 1483-1491.
- Lin, S.H. and R.S. Juang (2009). "Adsorption of phenol and its derivatives from water using synthetic resins and low-cost natural adsorbents: a review", *Journal of environmental management* 90(3): 1336-1349.
- Mu'in, R., (2017). Pengaruh Kecepatan Pengadukan Dan Massa Adsorben Terhadap Penurunan Kadar Phospat Pada Pengolahan Limbah Laundry, *Jurnal Teknik Kimia* 23(1).
- Roccaro, P., (2007). "Removal of Manganese from Water Supplies Intended for Human Consumption: a Case Study", *Desalination* 210(1-3), 205-214.
- Mammoria, D. C. (2016). Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Durian Sebagai Adsorben Zat Warna Dari Limbah Cair Tenun Songket Dengan Aktivator NaOH, *Politeknik Negeri Surabaya*

Rocha, P. D. (2015). “Batch and Column Studies of Phenol Adsorption by an Activated Carbon Based on Acid Treatment of Corn Cobs”, *International Journal of Engineering and Technology* 7(6): 459.

Wardhana, I. W. and D. S. Handayani (2014). Penggunaan Karbon Aktif dari Sampah Plastik untuk Menurunkan Kandungan Phosphat pada Limbah Cair (Studi Kasus: Limbah Cair Industri Laundry di Tembalang, Semarang), *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan* 10(1), 30-40.