

PLL 06

Perbandingan Efektivitas Proses *One-stage* dan *Two-stage Coagulation* dalam Menurunkan Zat Organik pada Air Gambut dengan Memanfaatkan Tanah Lempung sebagai Koagulan

**Shinta Elvstia, Edward HS, Aldita Meitri Dewi**

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293  
shintaelvstia@yahoo.com

**Abstrak**

Zat organik sulit disisihkan dari air gambut dengan proses *one-stage coagulation* (koagulasi biasa) karena fraksi hidrofobik (golongan humus) dan hidrofilik (non-humus seperti karbohidrat, protein dan lemak). Proses *one-stage coagulation* hanya mampu menyisihkan fraksi hidrofobik saja, sehingga dilakukan pengolahan dengan proses *two-stage coagulation*. Salah satu koagulan alami yang dapat dimanfaatkan yaitu tanah lempung. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi penyisihan zat organik dengan proses *one-stage* dan *two-stage coagulation* serta melihat perubahan gugus fungsi zat organik setelah proses dengan spektro IR. Penelitian menggunakan *jar test* dengan memvariasikan massa koagulan tanah lempung pada proses *one-stage* dan *two-stage*. Variasi massa koagulan pada proses *one-stage* yaitu 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 gr sedangkan pada proses *two-stage* dilakukan variasi perbandingan pembubuhan koagulan (koagulan I : koagulan II) yaitu 1/3:2/3, 1/2:1/2 dan 2/3:1/3 dari koagulan total. Dari hasil penelitian diperoleh efisiensi penyisihan tertinggi pada proses *one-stage* yaitu 63% dengan penggunaan massa 6 gr sedangkan pada proses *two-stage* efisiensi penyisihan mencapai 94% dengan penggunaan massa 5 gr pada perbandingan pembubuhan 2/3:1/3. Karakterisasi gugus fungsi dilakukan dengan spektro IR untuk melihat perubahan gugus fungsi hidrofobik dan hidrofilik zat organik setelah proses *one-stage* dan *two-stage coagulation*. Hasil yang diperoleh dari analisa spektro IR bahwa setelah proses proses *one-stage*, gugus fungsi yang terbaca hanya hidrofilik saja (seperti O-H alcohol) sedangkan setelah proses *two-stage*, gugus fungsi hidrofobik dan hidrofiliknya tidak terbaca (seperti C-O dari ester, eter, fenol dan C-C dari ikatan aromatik).

**Kata kunci:** Air Gambut, *One-stage Coagulation*, Tanah Lempung, *Two-stage coagulation*, Zat Organik.

**1.0 PENDAHULUAN**

Zat organik merupakan campuran heterogen dari beberapa bahan organik termasuk zat makromolekul humat, asam hidrofilik, protein, lipid, asam karboksilat, asam amino, karbohidrat, dan hidrokarbon (Zularisam dkk., 2009). Zat organik pada air gambut dapat menyebabkan warna, rasa, bau, serta dapat bereaksi dengan senyawa klorin pada saat klorinasi yang menyebabkan terbentuknya senyawa trihalometan (THMs) yang dapat mengakibatkan penyakit kanker.

Zat organik dalam air dapat disisihkan dengan proses koagulasi (Fearing dkk, 2004). Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa air gambut sulit untuk diolah dengan cara koagulasi konvensional (*one-stage coagulation*), karena kandungan kation partikel tersuspensi yang rendah dan juga karena dispersi partikel organik dalam air secara umum terbagi menjadi dua yaitu sifat hidrofilik (senang air) dan sifat hidrofobik (tidak senang air) (Fearing dkk, 2004). Sharp dkk (2006) menyatakan bahwa fraksi partikel organik sangat mempengaruhi kerja dan mekanisme dari proses koagulasi, fraksi partikel organik hidrofilik sangat sedikit yang bisa disisihkan oleh proses *one-stage coagulation* sehingga dibutuhkan proses lebih lanjut untuk penyisihan zat organik dengan konsentrasi tinggi yaitu dengan proses *two-stage coagulation*. *Two-stage coagulation* merupakan proses koagulasi yang dilakukan dengan dua kali pembubuhan massa koagulan dan pengkondisian pH yang kemudian diikuti oleh satu kali proses flokulasi (Fitria dkk, 2010).

Aluminium sulfat, ferri sulfat dan poli aluminium klorida merupakan bahan koagulan yang biasa digunakan untuk pengolahan air bersih, namun koagulan tersebut merupakan koagulan sintetis yang dapat membahayakan kesehatan jika dikonsumsi dalam jangka waktu panjang karena akan dapat menyebabkan peningkatan risiko kanker, plak otak atau penyakit alzheimer (Guyton dkk, 1997). Pada penelitian ini, akan digunakan koagulan alami untuk menggantikan koagulan sintetis. Koagulan yang digunakan yaitu tanah lempung karena memiliki kandungan aluminium dan besi yang relatif tinggi yang merupakan ion pembentuk senyawa koagulan yang akan berperan dalam proses koagulasi (Ramdhani dkk, 2010).

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi zat organik (sebagai  $\text{KMnO}_4$ ) pada air gambut dengan proses *one-stage* dan *two-stage coagulation*.
2. Mengetahui efektivitas dan massa terbaik tanah lempung sebagai koagulan.
3. Mengetahui perubahan gugus fungsi hidrofobik dan hidrofilik zat organik setelah proses *one-stage* dan *two-stage coagulation* dengan karakterisasi spektro IR.

## 2.0 METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan awal dari metodologi penelitian adalah studi literatur tentang zat organik air gambut, tanah lempung dan koagulasi serta persiapan alat dan bahan penelitian.

Prosedur uji proses *one-stage* adalah sebagai berikut :

1. Sampel air gambut dimasukkan ke dalam 6 *beaker glass* ukuran 800 ml. Masing-masing diisi 500 ml sampel dan diletakkan dalam jar test
2. Koagulan tanah lempung ditambahkan dengan variasi yang telah dilakukan.
3. Pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan 100 rpm selama 1 menit
4. Pengadukan lambat dilakukan dengan kecepatan 40 rpm selama 15 menit
5. Flok dibiarkan mengendap selama 30 menit.

Prosedur uji proses *two-stage coagulation* adalah sebagai berikut :

1. Sampel air gambut dimasukkan ke dalam 6 *beaker glass* ukuran 800 ml. Masing-masing diisi 500 ml sampel dan diletakkan dalam jar test
2. Koagulan tanah lempung ditambahkan dengan massa yang sama untuk proses *one stage coagulation* (untuk koagulasi I).
3. Pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan 100 rpm selama 1 menit, kemudian diamkan terlebih dahulu selama 1 menit.

4. Koagulan ditambahkan kembali untuk koagulasi II, kemudian dilakukan pengadukan cepat yang kedua dengan kecepatan 100 rpm selama 1 menit.
5. Dilanjutkan dengan pengadukan lambat dengan kecepatan 40 rpm selama 15 menit.
6. Flok dibiarkan mengendap selama 30 menit.

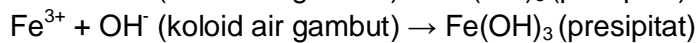
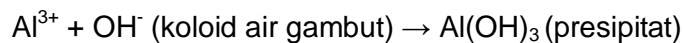
**Tabel 1.** Variasi massa koagulan.

Proses	Variansi Penelitian	
<i>One-stage</i>	1, 2, 3, 4, 5 dan 6 gram	
	1, 2, 3, 4, 5 dan 6 gram	
<i>Two-stage</i>	Koagulan I	Koagulan II
	1/3 total massa	2/3 total massa
	1/2 total massa	1/2 total massa
	2/3 total massa	1/3 total massa
	2/3 total massa	1/3 total massa

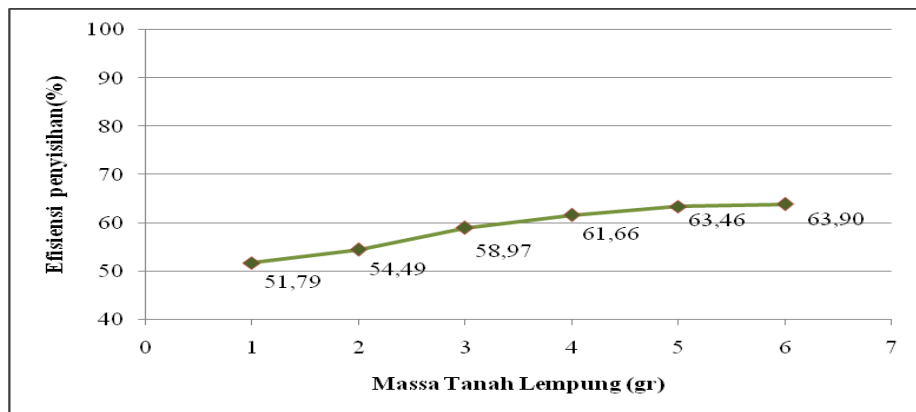
### 3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Efisiensi Penyisihan Proses *Two-stage Coagulation*

Berdasarkan Gambar 1, pada awal penambahan massa tanah lempung terjadi penurunan konsentrasi zat organik yang cukup besar. Penurunan ini menandakan bahwa setelah penambahan tanah lempung terjadi reaksi antara air gambut dan tanah lempung, baik reaksi kimia maupun fisika. Reaksi kimia terjadi karena tanah lempung mengandung ion-ion positif seperti  $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$  yang menyebabkan ion-ion negatif pada air gambut yang saling tolak menolak akan ternetralisir sehingga akan terbentuk presipitat atau flok  $Al(OH)_3$  maupun  $Fe(OH)_3$ . Flok-flok yang telah terbentuk akan lebih mudah mengendap dan dipisahkan dari air gambut. Reaksi kimia yang terjadi pada saat penambahan tanah lempung yaitu :



Reaksi fisika terjadi karena zat organik pada air gambut merupakan ion-ion negatif yang bersifat stabil sehingga gaya tolak-menolak antar partikel sangat kuat. Adanya penambahan tanah lempung membuat gaya tolak-menolak kecil dan gaya tarik-menarik antar partikel koloid lebih besar. Hal ini akan menyebabkan partikel koloid dapat bergabung dan membentuk inti-inti flok yang akan mengendap dengan gravitasi.



**Gambar 1.** Efisiensi penyisihan proses *one-stage coagulation*

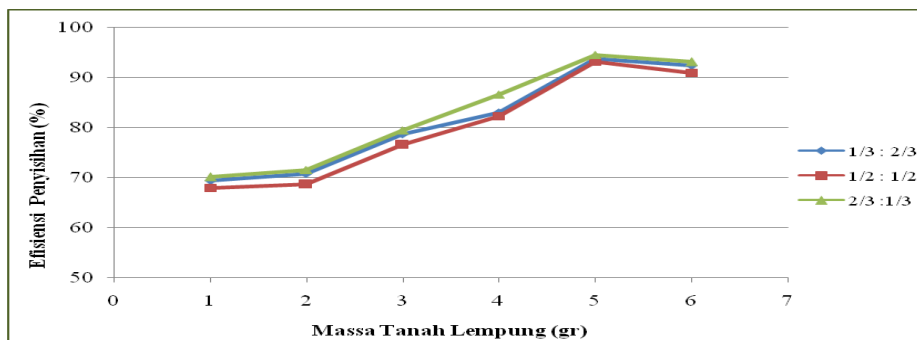
Pengadukan cepat yang dilakukan selama 1 menit menyebabkan penyebaran koagulan merata sehingga semua koagulan akan bereaksi dengan ion-ion negatif pada air gambut. Pengadukan ini juga akan memperpendek jarak antar partikel sehingga gaya tarik menarik antar partikel menjadi lebih besar yang menghasilkan kontak dan tumbukan antar partikel lebih banyak. Kontak inilah yang menggumpalkan partikel organik terlarut berukuran mikro menjadi partikel flok yang lebih besar dan kemudian mengendap (Karamah, 2005).

Efisiensi penyisihan tertinggi yang dicapai dengan proses *one-stage* adalah 63,90% dengan penambahan massa terbaik 6 gr. Parsons (2003) menyatakan bahwa efisiensi penyisihan zat organik dengan pengolahan koagulasi konvensional (*one-stage*)-flokulasi mencapai 50-70%. Hal ini disebabkan karena adanya fraksi partikel organik yang bersifat hidrofobik dan hidrofilik pada air gambut. Proses *one-stage coagulation* hanya mampu menyisihkan fraksi hidrofobik saja, sehingga fraksi hidrofilik masih tersisa didalam air gambut dan dibutuhkan proses penyisihan lanjutan.

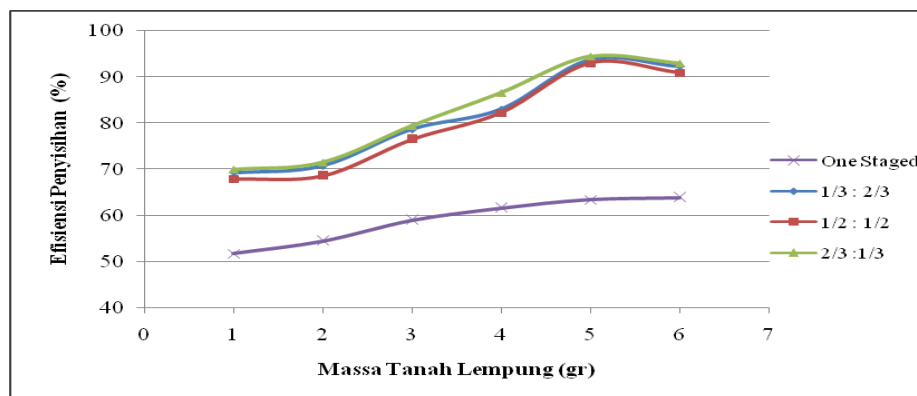
### 3.2 Efisiensi Penyisihan Proses *Two-stage Coagulation*

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan konsentrasi zat organik dengan proses *two-stage coagulation* mampu mencapai 94% dengan massa koagulan terbaik 5 gr pada perbandingan pembubuhan 2/3:1/3. Hal ini menunjukkan kebutuhan koagulan untuk koagulasi pertama lebih banyak (2/3 total) daripada untuk koagulasi kedua, sehingga kebutuhan koagulan untuk penyisihan zat organik yang bersifat hidrofobik lebih banyak dibandingkan kebutuhan penyisihan zat organik yang bersifat hidrofilik. Hal ini juga berarti bahwa pada air gambut, zat organik yang bersifat hidrofobik lebih banyak dibanding yang bersifat hidrofilik. Penelitian Lim dkk (2009) juga menunjukkan bahwa fraksi hidrofobik pada bahan organik alami lebih banyak daripada fraksi hidrofiliknya. Cheng dkk (dalam utami dkk, 2009) juga menemukan bahwa fraksi hidrofobik merupakan fraksi bahan organik alami yang dominan dalam air permukaan, karena sebagian besar air permukaan mengandung asam humik yang besar, dimana asam humik sendiri berkarakter hidrofobik dengan berat molekul yang besar.

Pada proses *two-stage* pembubuhan dua kali menyebabkan tidak hanya fraksi organik hidrofobik saja yang bereaksi tetapi juga fraksi hidrofilik, dimana pada penambahan koagulan pertama fraksi hidrofobik akan bereaksi sementara pada penambahan koagulan kedua fraksi hidrofilik yang bereaksi. Hal ini diperkuat dengan hasil analisa FTIR bahwa pada setelah proses *one-stage*, hanya gugus fungsi hidrofobik saja yang tidak terbaca, sedangkan setelah proses *two-stage*, gugus fungsi yang tidak terbaca yaitu gugus fungsi hidrofobik dan hidrofilik air gambut. U.S EPA (*Environmental Protection Agency*) (dalam Fitria dkk, 2010) juga menyatakan bahwa pada saat pembubuhan koagulan, zat organik yang pertama



Gambar 2. Efisiensi penyisihan proses *two-stage coagulation*



Gambar 3. Perbandingan efisiensi penyisihan proses *one-stage* dan *two-stage coagulation*

cenderung bereaksi yaitu yang bersifat hidrofobik, karena sifatnya yang sukar larut dalam air.

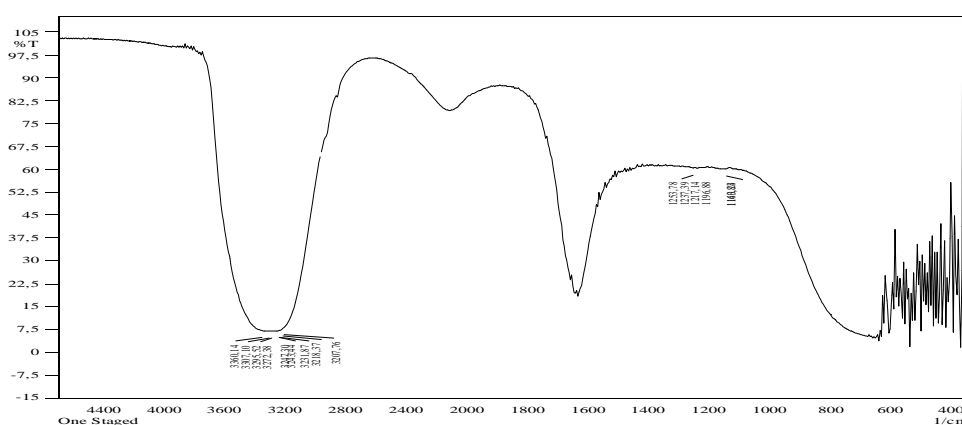
### 3.3 Perbandingan Efisiensi Penyisihan Proses *One-stage* dan *Two-stage* Coagulation

Perbandingan efisiensi penyisihan zat organik dengan proses *one-stage* dan *two-stage* dapat dilihat pada Gambar 3. Pada proses *one-stage*, efisiensi penyisihan yang diperoleh 51-63%, sedangkan pada proses *two-stage* efisiensi mencapai 69-94%. Sesuai dengan pernyataan Carlson dkk (2000), bahwa proses *two-stage* mampu menyisihkan zat organik hampir 100%. Dari hasil perbandingan efisiensi ini dapat disimpulkan bahwa proses *two-stage* lebih baik daripada *one-stage*, karena pada *two-stage* terjadi dua kali penambahan koagulan dan pengadukan yang akan memperpendek jarak antar partikel sehingga gaya tarik menarik antar partikel menjadi lebih besar yang menghasilkan kontak dan tumbukan antar partikel lebih banyak dan menyebabkan fraksi organik yang bersifat hidrofobik dan hidrofilik dapat bereaksi dengan koagulan sehingga meningkatkan efisiensi penurunan konsentrasi zat organik dalam air gambut. Fitria dkk (2010) dalam penelitiannya menyatakan bahwa mekanisme yang menyebabkan terjadinya peningkatan efisiensi penyisihan konsentrasi zat organik dengan proses *two-stage* dibanding proses *one-stage coagulation* adalah pembubuhan dosis alum yang dilakukan secara dua kali sehingga meningkatkan efisiensi pengikatan zat organik dengan alum hidroksida.

### 3.4 Karakterisasi Gugus Fungsi

Berdasarkan uji spektro IR, diperoleh puncak-puncak spektrum yang akan menunjukkan gugus fungsi dari hidrofobik dan hidrofilik dalam air gambut. Puncak spektrum yang terbaca pada sampel dapat dilihat pada Gambar 4, 5 dan 6.

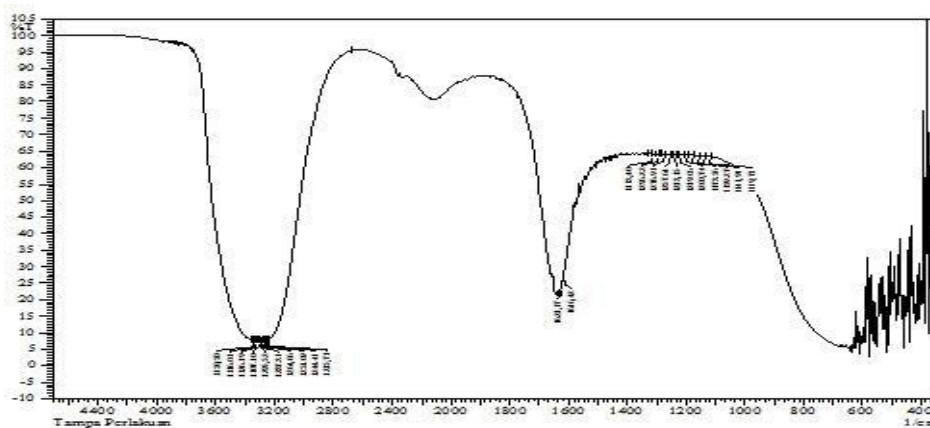
Pada sampel air gambut sebelum pengolahan diperoleh puncak-puncak yang menunjukkan keberadaan serangkaian gugus fungsi O-H dari alkohol dan karboksilat pada spektrum 2500-3500  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan sifat hidrofilik zat organik serta gugus fungsi C-C aromatik pada spektrum 1580-1630  $\text{cm}^{-1}$  dan ikatan C-O dari ester, eter dan fenol pada spektrum 1050-1320  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan gugus fungsi hidrofobik.



**Gambar 5.** Karakterisasi gugus fungsi sampel setelah *one-stage*

yang menunjukkan sifat hidrofobik zat organik. Sementara pada spektrum O-H dari alkohol dan karboksilat hanya beberapa puncak saja yang tidak terbaca, dimana spektrum ini menunjukkan sifat hidrofilik zat organik. Hal ini menunjukkan bahwa proses *one-stage coagulation* mampu menurunkan kandungan hidrofobik dalam air gambut, dimana luas area puncak-puncak hidrofobik juga menurun setelah proses *one-stage coagulation*.

Pada karakterisasi gugus fungsi setelah proses *two-stage*, terlihat bahwa hanya beberapa puncak gugus fungsi yang terbaca. Puncak-puncak tersebut merupakan puncak dari gugus fungsi C-O dari ester, eter dan fenol serta gugus O-H. Hal ini menunjukkan bahwa proses *two-stage coagulation* mampu menyisahkan gugus fungsi hidrofobik dan hidrofilik. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fitria dkk (2010) dan Carlson dkk (2000) dimana proses *two-stage coagulation* lebih mampu menyisahkan organik hidrofobik dan hidrofilik sekaligus karena adanya pembubuhan dua kali sehingga koagulan yang pertama akan bereaksi dengan organik hidrofobik sementara organik hidrofilik akan bereaksi dengan koagulan kedua.

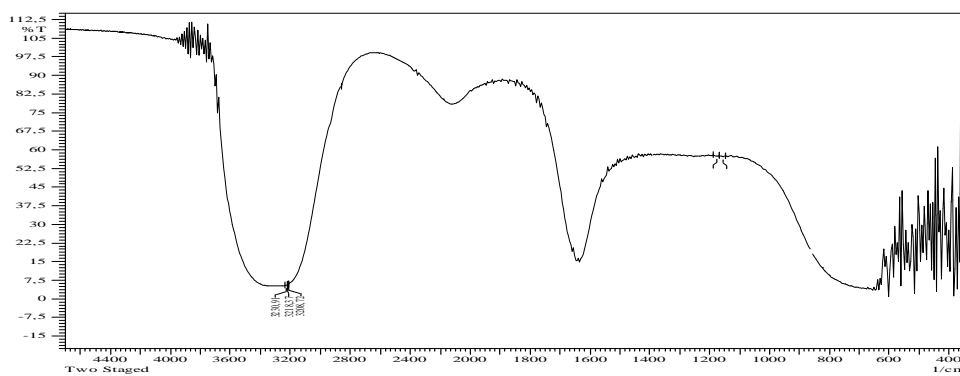


**Gambar 4.** Karakterisasi gugus fungsi sampel sebelum pengolahan

#### 4.0 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain:

1. Efisiensi penyisihan zat organik ( $\text{KMnO}_4$ ) pada air gambut dengan proses *one-stage coagulation* yaitu 63% dan sedangkan efisiensi penyisihan yang dicapai pada proses *two-stage coagulation* mencapai 94%.
2. Massa terbaik tanah lempung yang diperoleh untuk proses *one-stage* yaitu 6 gr sedangkan untuk proses *two-stage coagulation* yaitu 5 gr dengan kombinasi perbandingan pembubuhan terbaik 2/3:1/3.
3. Karakterisasi gugus fungsi dengan spektro IR menunjukkan bahwa ada beberapa puncak gugus fungsi yang tidak terbaca. Pada analisa setelah proses *one-stage*, yang tidak terbaca hanya beberapa puncak gugus fungsi hidrofobik (C-O ester eter, fenol dan C-C aromatik) sedangkan setelah proses *two-stage*, puncak gugus fungsi yang





**Gambar 6.** Karakterisasi gugus fungsi sampel setelah proses *two-stage*

tidak terbaca yaitu gugus fungsi hidrofobik (C-O ester eter, fenol dan C-C aromatik) dan hidrofilik (O-H alkohol).

**Daftar Pustaka**

- Carlson, K., & Gregory, D. (2000). Optimizing water treatment with two-stage coagulation. *Journal of Environmental Engineering*, 126 (6), 556-561.
- Eikebrokk, B. (2007). *Water treatment by enhanced coagulation: operational status and optimization issues*. [www.techneau.org](http://www.techneau.org). 03 Maret 2016.
- Fearing, D. A., Banks, J., & Wilson, D. (2004). NOM control option: the next generation. *Water Science and Technology: Water Supply*.
- Fitria, D., & Handayani, L. (2010). Studi two staged coagulation untuk menurunkan kandungan organik pada air baku air minum kota padang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1 (33), 94-106.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (1997). *Buku ajar fisiologi kedokteran* (9th ed.). Jakarta: EGC.
- Karamah, E. F., & Lubis, A. O. (2008). Pengaruh suhu dan tingkat keasaman (pH) pada tahap pralakuan koagulasi (koagulan aluminium sulfat) dalam proses pengolahan air menggunakan membran mikrofiltrasi polipropilen hollow fibre. *Jurnal Teknologi*, 12(1).
- Lim, F. Y., Abdullah, M. P., Abdullah, A., Ishak, B., & Abidin, K. N. (2009). Hydrophobicity characteristics of natural organic matter and the formation of THM. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 13 (1), 94-99.
- Parsons, S. (2003). NOM that is another matter. in *Water science and technology : Water supply* (Vol. 4, pp. 43-48). Cranfield MK43, United Kingdom: IWA Publishing.
- Ramdhani, W. P., Mahmud, & Soewondo, P. (2010). *Kadar aluminium (Al) dan besi (Fe) dalam proses pembuatan koagulan cair dari lempung lahan gambut*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sharp, E. L., Parsons, S., & Jefferson, B. (2006). Coagulation of NOM : Linking character to treatment. *IWA Particle Separation Conference*. Seoul, Korea: IWA Publishing.
- Utami, S. N., Maas, A., Radjagukguk, B., & Purwanto, B. H. (2009). sifat fisik, kimia dan ftir spektrofotometri gambut hidrofobik kalimantan tengah. *Jurnal Tanah Tropika*, 14 (2), 159-166.
- Zularisam, A. W., Ismail, A. F., Salim, M. R., Sakinah, M., & Matsuura, T. (2009). Application of coagulation-ultrafiltration hybrid process for drinking water treatment: Optimization of operating conditions using experimental design. *Separation and Purification Technology*, 65, 193-210.