

# STUDI *TWO STAGED COAGULATION* UNTUK MENURUNKAN KANDUNGAN ORGANIK PADA AIR BAKU AIR MINUM KOTA PADANG

Dewi Fitria, Lidya Handayani

Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik UNAND

## ABSTRAK

Kandungan organik pada air baku apabila bereaksi dengan klorin dan senyawa kimia desinfektan akan menghasilkan DBPs (*Disinfection by products*) yang bersifat karsinogenik dan mutagenik. Kandungan organik susah disisihkan dari air baku dengan proses koagulasi biasa (*one staged coagulation*), maka dilakukan penelitian dengan proses *two staged coagulation*. *Two staged coagulation* merupakan proses yang memberlakukan dua kali proses koagulasi dengan dua kali penambahan koagulan yang kemudian dilanjutkan dengan proses flokulasi. Penelitian dilakukan secara batch menggunakan sampel artifisial dan sampel air baku dengan menggunakan alum sebagai koagulan. Variasi kandungan organik pada sampel artifisial yang dilakukan adalah 10, 20, 30 mg/l. Efisiensi rata-rata penyisihan kandungan organik sampel artifisial pada proses *one staged coagulation* berkisar antara 39,91-58,49%. Untuk kandungan organik sampel artifisial pada proses *two staged coagulation* dilakukan variasi pembubuhan alum yaitu 1/3:2/3, 1/2:1/2, 2/3: 1/3 dari dosis total alum. Penyisihan kandungan organik tertinggi pada proses *two staged coagulation* adalah 98,98% pada pembubuhan alum 1/3:2/3 dari dosis total alum karena sampel artifisial hanya mengandung zat organik saja dan tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan lain sehingga keberadaan kandungan organik hidrofilik lebih dominan. Sedangkan pada sampel asli efisiensi rata-rata penyisihan kandungan organik pada proses *one staged coagulation* sekitar 58,75%. Untuk penyisihan kandungan organik tertinggi pada proses *two staged coagulation* sampel asli adalah 97,34% pada pembubuhan alum 2/3:1/3 dari dosis total alum karena karakteristik dari sampel air baku yang banyak mengandung partikulat sehingga kandungan organik hidrofobik lebih dominan.

**Kata kunci:** DBPs, hidrofilik, hidrofobik, kandungan organik, *one staged coagulation*, *two staged coagulation*

## I. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kandungan organik merupakan material yang terdapat secara alamiah pada air yang memberikan berbagai dampak seperti warna, beban organik, dekomposisi biokimia (Perisic, 2006). Keberadaan kandungan organik pada air baku berpotensi menghasilkan DBPs (*Disinfection by products*) apabila klorin dan senyawa kimia digunakan untuk proses desinfeksi dan oksidasi (Singer, 1999; Fearing, 2004). DBPs (*Disinfection by products*) akan membentuk trihalomethans (THMs), halogen acid (HAAs), dan komponen halogenetik lainnya yang bersifat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker) (Parsons, 2003).

Kandungan organik pada air baku disisihkan dengan proses koagulasi (Fearing, 2004). Namun beberapa penelitian mengatakan bahwa proses koagulasi secara konvensional (*one staged coagulation*) susah untuk menyisihkan kandungan organik (Randtke, 1998; Edwards, 1997; Chow et al., 2000; Fearing et al., 2004; Jefferson, 2005; Perisic, 2006; Eikebrokk, 2007). Hal ini karena dispersi partikel organik dalam air secara umum terbagi menjadi dua yaitu sifat hidrofilik (senang air) dan sifat hidrofobik (tidak senang air). Sharp et al (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 staged coagulation*. Proses *one staged coagulation* hanya mampu menyisihkan partikel organik yang bersifat hidrofobik sedangkan untuk partikel organik yang bersifat hidrofilik dibutuhkan proses penyisihan lanjutan (Freese, 2001; Parsons, 2003) karena itu dilakukan penelitian dengan proses *two staged coagulation* untuk penyisihan dan penurunan kandungan organik dengan konsentrasi tinggi. Proses *two staged coagulation* merupakan proses koagulasi yang memberlakukan dua kali proses koagulasi dengan dua kali penambahan alum pada bak pengadukan cepat yang kemudian dilanjutkan dengan proses flokulasi.

### Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan proses *two staged coagulation* dan *one staged coagulation* pada penurunan kandungan organik air baku, membandingkan tingkat penurunan kandungan organik, serta untuk mengetahui dosis optimum koagulan pada masing-masing proses.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan awal dari metodologi penelitian adalah studi literatur tentang stabilisasi partikel organik, mekanisme koagulasi flokulasi, *one staged coagulation* dan *two staged coagulation*,

hidrolisasialum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi flokulasi kemudian dilanjutkan dengan penelitian secara batch di laboratorium. Sebelum dilakukan penelitian proses *one staged coagulation* dan *two staged coagulation* terhadap sampel air baku terlebih dahulu dilakukan penelitian terhadap sampel artifisial dengan variasi kandungan organik secara bertingkat mulai dari 10, 20, 30 mg/l. Prosedur uji proses *one staged coagulation* adalah sebagai berikut :

1. Masukkan sampel ke dalam 6 beaker glass ukuran 500 ml. Masing-masing diisi 500 ml sampel dan diletakkan dalam *jar test*;
2. Tambahkan alum (1 ml= 10 mg secara bertingkat mulai 1 ml, 1,5 ml, 2 ml,...dst). Atur pH menjadi pH optimum;
3. Lakukan pengadukan cepat dengan kecepatan 100 rpm selama 1 menit
4. Lanjutkan pengadukan lambat lakukan dengan kecepatan 40 rpm selama 15 menit;
5. Biarkan flok mengendap selama 30 menit.

Sedangkan prosedur uji proses *two staged coagulation* adalah sbb:

1. Masukkan sampel ke dalam 6 beaker glass ukuran 500 ml. Masing-masing diisi 500 ml sampel dan diletakkan dalam *jar test*;
2. Tambahkan alum (1 ml= 10 mg secara bertingkat mulai 1 ml, 1,5 ml, 2 ml,...dst). Atur pH menjadi pH optimum;
3. Lakukan pengadukan cepat dengan kecepatan 100 rpm selama 1 menit kemudian alat dimatikan selama 1 menit
4. Tambahkan kembali alum dan atur pH menjadi pH optimum kemudian lakukan pengadukan dengan kecepatan 100 rpm untuk pengadukan cepat kedua selama 1 menit;
5. Lanjutkan dengan pengadukan lambat dengan kecepatan 40 rpm selama 15 menit;
6. Biarkan flok mengendap selama 30 menit.

Uji koagulasi terhadap sampel artifisial diberlakukan juga terhadap sampel air baku dengan prosedur yang sama. Pada Tabel 1 dapat dilihat variasi dosis alum

**Tabel 1.** Variasi Dosis Alum

Proses	Variasi penelitian	
<i>One staged coagulation</i>	Dosis koagulan (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mg/l)	
	Dosis koagulan (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mg/l)	
<i>Two staged coagulation</i>	Koagulan I	Koagulan II
	1/2 total	1/2 total
	1/3 total	2/3 total
	2/3 total	1/3 total

Air baku yang digunakan sebagai sampel penelitian ini berasal dari Sungai Kuranji yang terletak dekat intake PDAM Kecamatan Nanggalo Kota Padang. Pengambilan sampel dilakukan tanggal 25 Juni 2009 pukul 15.00 WIB. Sampel air baku yang telah

diambil dari lapangan selanjutnya akan diperiksa di laboratorium untuk mengetahui karakteristiknya. Parameter yang diperiksa adalah meliputi parameter air minum terbatas (Tabel 2).

**Tabel 2.** Metoda Analisa Pemeriksaan Karakteristik Air Baku

No	Parameter	Metoda Analisis
1	pH	Potensiometri
2	Kandungan Organik	Spektrofotometri
3	Temperatur	Termometer

Setelah dilakukan pemeriksaan terhadap karakteristik air baku kemudian dilanjutkan dengan uji koagulasi. Analisa laboratorium yang dilakukan merupakan analisis data hasil pengolahan uji koagulasi flokulasi sampel artifisial dan sampel asli dalam penurunan kandungan organik. Data yang diolah kemudian dianalisis.

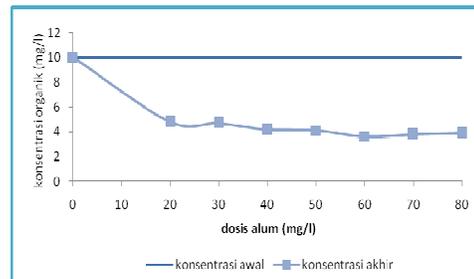
**III. HASIL dan PEMBAHASAN**

**Sampel Artifisial**

Pada percobaan artifisial *one staged coagulation* dilakukan variasi konsentrasi kandungan organik 10, 20, 30 mg/l dan variasi dosis alum secara bertingkat yaitu 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mg/l. Untuk penurunan kandungan zat organik pada *one staged coagulation* dapat dilihat pada Tabel 3 dan untuk efisiensi penyisihan dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 3.** Hasil Uji Kandungan Organik 10 mg/l pada Proses *One Staged Coagulation* Sampel Artifisial

Dosis Alum (mg/l)	Konsentrasi Awal Kandungan Organik (mg/l)	Konsentrasi Akhir Kandungan Organik (mg/l)
20	10	4,8
30		4,7
40		4,2
50		4,1
60		3,6
70		3,8
80		3,9



**Gambar 1.** Penurunan Konsentrasi Organik 10 mg/l pada Proses *One Staged Coagulation* Sampel Artifisial

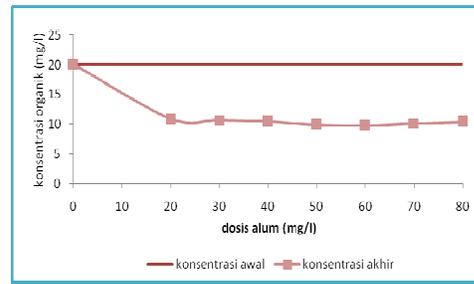
**Tabel 4.** Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 10 mg/l *One Staged Coagulation* pada Sampel Artifisial

Dosis Alum (mg/l)	Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 10 mg/l (%)
20	52,35
30	53,62
40	57,27
50	59,82
60	63,83
70	62,00
80	60,55
<b>Rata-rata</b>	<b>58,49</b>

Pada Gambar 4 diperoleh konsentrasi organik menurun tajam pada pembubuhan alum awal sampai dengan dosis 20 mg/l dan tetap menurun hingga dosis 60 mg/l. Konsentrasi awal organik adalah 10 mg/l kemudian berkurang menjadi 4,8 mg/l, 4,7 mg/l, 4,2 mg/l, 4,1 mg/l, 3,6 mg/l. Hal ini menandakan bahwa pada pembubuhan alum akan menghasilkan reaksi kimia dimana muatan-muatan negatif dari partikel organik yang saling tolak menolak akan ternetralisasi oleh muatan positif dari koagulan. Hidrolisis alum dengan pH netral 6,5-7,5 akan membentuk presipitat. Pada awal pembubuhan alum, kandungan organik hidrofobik akan teradsorpsi pada presipitat yang baru terbentuk dengan kapasitas yang banyak dan untuk selanjutnya laju adsorpsi kandungan organik terhadap alum berlangsung lebih lambat. Pada dosis 60 mg/l konsentrasi organik mengalami peningkatan dari konsentrasi 3,6 mg/l menjadi 3,8 mg/l pada dosis 70 mg/l dan selanjutnya meningkat menjadi 3,9 mg/l pada dosis 80 mg/l. Hal ini disebabkan oleh jumlah alum yang digunakan tidak sesuai lagi dengan jumlah alum yang dibutuhkan dalam menyisihkan kandungan organik

**Tabel 5.** Hasil Uji Kandungan Organik 20 mg/l pada Proses *One Staged Coagulation* Sampel Artifisial

Dosis Alum (mg/l)	Konsentrasi Awal Kandungan Organik (mg/l)	Konsentrasi Akhir Kandungan Organik (mg/l)
20	20	10,9
30		10,7
40		10,5
50		9,9
60		9,8
70		10,1
80		10,4



**Gambar 2.** Penurunan Konsentrasi Organik 20 mg/l pada Proses *One Staged Coagulation* Sampel Artifisial

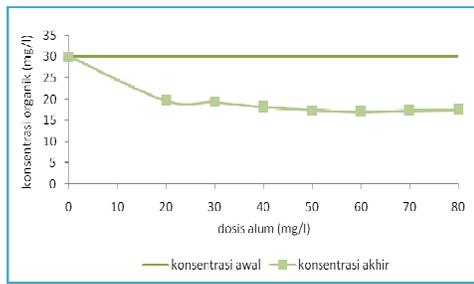
**Tabel 6.** Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 20 mg/l *One Staged Coagulation* pada Sampel Artifisial

Dosis Alum (mg/l)	Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 20 mg/l (%)
20	45,74
30	46,56
40	47,65
50	50,38
60	51,20
70	49,56
80	48,20
<b>Rata-rata</b>	<b>48,47</b>

Pada Gambar 2 penurunan konsentrasi organik terhadap dosis alum tidak jauh berbeda dengan yang terjadi pada Gambar 1 Konsentrasi awal kandungan organik terlihat menurun pada pembubuhan 20 mg/l alum dan cenderung menurun hingga mencapai pembubuhan 60 mg/l alum. Konsentrasi awal kandungan organik 20 mg/l berkurang menjadi 10,9 mg/l, 10,7 mg/l, 10,5 mg/l, 9,9 mg/l, dan 9,8 mg/l. Selanjutnya terjadi peningkatan kandungan organik dari 9,8 mg/l menjadi 10,1 mg/l untuk dosis alum 70 mg/l dan 10,4 untuk dosis alum 80 mg/l. Hal ini juga disebabkan oleh jumlah alum yang digunakan tidak sesuai lagi dengan jumlah alum yang dibutuhkan dalam menyisihkan kandungan organik.

**Tabel 7.** Hasil Uji Kandungan Organik 30 mg/l pada Proses *One Staged Coagulation* Sampel Artifisial

Dosis Alum (mg/l)	Konsentrasi Awal Kandungan Organik (mg/l)	Konsentrasi Akhir Kandungan Organik (mg/l)
20	30	19,6
30		19,3
40		18,1
50		17,4
60		16,9
70		17,3
80		17,5



**Gambar 3** Penurunan Konsentrasi Organik 30 mg/l pada Proses *One Staged Coagulation* Sampel Artifisial

**Tabel 8.** Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 30 mg/l *One Staged Coagulation* pada Sampel Artifisial

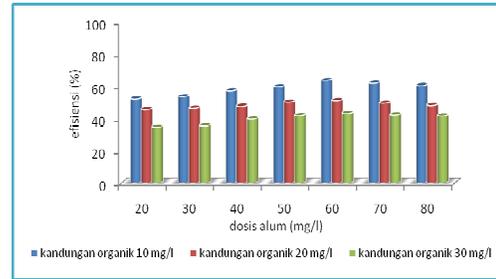
Dosis Alum (mg/l)	Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 30 mg/l (%)
20	34,68
30	35,59
40	39,78
50	41,97
60	43,24
70	42,33
80	41,79
<b>Rata-rata</b>	<b>39,91</b>

Gambar 3 ini menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi organik 30 mg/l terhadap dosis alum. Konsentrasi organik menurun dari 30 mg/l menjadi 19,6 mg/l, kemudian mengalami peningkatan pada dosis alum 30 mg/l sebesar 19,3 mg/l. Selanjutnya konsentrasi organik secara berturut-turut mengalami penurunan adalah 18,13 mg/l, 17,4 mg/l, dan 16,9 mg/l. Peningkatan konsentrasi organik kembali terjadi yaitu 17,3 mg/l pada dosis 70 mg/l dan 17,5 mg/l pada dosis 80 mg/l. Fluktuasi peningkatan dan penurunan kandungan organik dipengaruhi oleh jumlah dosis alum yang dibutuhkan dan sifat dari kandungan organik, dimana kandungan organik hidrofobik lebih cenderung teradsorpsi pada presipitat alum yang baru terbentuk. Berdasarkan penurunan terhadap konsentrasi kandungan organik, maka rekapitulasi efisiensi penyisihan kandungan organik proses *one staged coagulation* dalam menyisihkan kandungan organik, dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik *One Staged Coagulation* pada Sampel Artifisial

Dosis Alum (mg/l)	Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 10 mg/l (%)	Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 20 mg/l (%)	Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 30 mg/l (%)
20	52,35	45,74	34,68
30	53,62	46,56	35,59

40	57,27	47,65	39,78
50	59,82	50,38	41,97
60	63,83	51,20	43,24
70	62,00	49,56	42,33
80	60,55	48,20	41,79
<b>Rata-rata</b>	<b>58,49</b>	<b>48,47</b>	<b>39,91</b>



**Gambar 4.** Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik Sampel Artifisial *One Staged Coagulation*

*One staged coagulation* dengan penambahan aluminium sulfat akan menghasilkan reaksi kimia dimana muatan-muatan negatif yang saling tolak menolak disekitar partikel organik terlarut akan netralisasi oleh ion-ion positif dari koagulan dan akhirnya partikel-partikel organik akan saling menarik dan menggumpal membentuk flok. Pengadukan lambat selama 15 menit akan memperpendek jarak antar partikel sehingga gaya tarik menarik antar partikel menjadi lebih besar dan dominan dibandingkan dengan gaya tolaknya, yang menghasilkan kontak dan tumbukan antar partikel yang lebih banyak dan lebih sering. Kontak inilah yang menggumpalkan partikel organik terlarut terkoagulasi berukuran mikro menjadi partikel flok yang lebih besar dan kemudian mengendap (Karamah, 2005)

Pada Tabel 4. dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan kandungan organik rata-rata dengan proses *one staged coagulation* berkisar antara 39,91-58,49%. Dapat disimpulkan kemampuan proses *one staged coagulation* dalam menyisihkan kandungan organik terbatas pada kandungan organik yang bersifat hidrofobik. Parsons et al (2002) menyatakan efisiensi penyisihan kandungan organik dengan pengolahan konvensional koagulasi flokulasi mencapai 50-70%. Kandungan organik yang bersifat hidrofobik cenderung teradsorpsi pada permukaan alum yang baru membentuk presipitat sehingga pada proses *one staged coagulation* hanya mampu menyisihkan kandungan organik yang bersifat hidrofobik (Carlson, 2000) sedangkan untuk penyisihan kandungan organik yang bersifat hidrofilik harus dilakukan pengolahan lanjutan. Menurut Jegatheesan et al (2002) optimasi penyisihan kandungan organik pada proses koagulasi flokulasi dengan menggunakan alum sebagai koagulan hanya mampu menyisihkan kurang dari 60% dan pada penelitian ini didapat efisiensi penyisihan sekitar 60% dengan konsentrasi akhir

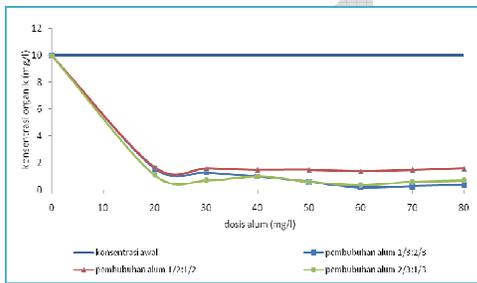
kandungan organik 9,82 mg/l pada konsentrasi awal 20 mg/l kandungan organik.

**Two Staged Coagulation**

Dalam penelitian *two staged coagulation* dosis alum yang digunakan sama dengan *one staged coagulation*, namun pada proses *two staged coagulation* alum dibagi dan dibubuhkan dua kali. Variasi dilakukan terhadap pembubuhan alum, yaitu 1/3:2/3, 1/2:1/2, 2/3: 1/3 dari dosis total alum. Hasil penurunan kandungan organik 10 mg/l dan efisiensinya secara *two staged coagulation* dapat dilihat pada Tabel 10 dan 11

**Tabel 10.** Hasil Uji Kandungan Organik 10 mg/l pada Proses *Two Staged Coagulation* Sampel Artifisial

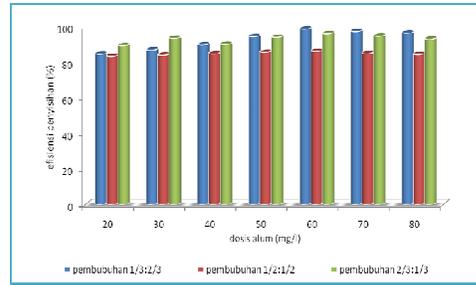
Dosis Alum (mg/l)	Konsentrasi Awal Kandungan Organik (mg/l)	Konsentrasi Akhir Kandungan Organik (mg/l)		
		Pembubuhan Alum 1/3:2/3	Pembubuhan Alum 1/2:1/2	Pembubuhan Alum 2/3:1/3
20	10	1,6	1,7	1,1
30		1,3	1,6	0,7
40		1,0	1,5	1,0
50		0,6	1,5	0,6
60		0,2	1,4	0,4
70		0,3	1,5	0,6
80		0,4	1,6	0,7



**Gambar 5.** Penurunan Konsentrasi Kandungan Organik 10 mg/l pada Proses *Two Staged Coagulation* Sampel Artifisial

**Tabel 11.** Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 10 mg/l *Two Staged Coagulation* pada Sampel Artifisial

Dosis Alum (mg/l)	Efisiensi Penyisihan (%)		
	Pembubuhan Alum 1/3:2/3	Pembubuhan Alum 1/2:1/2	Pembubuhan Alum 2/3:1/3
20	84,41	83,32	89,33
30	86,78	83,86	93,33
40	89,69	84,59	90,05
50	94,24	85,50	93,88
60	98,98	86,05	95,88
70	97,16	84,77	94,43
80	96,25	84,23	92,79
<b>Rata-rata</b>	<b>92,50</b>	<b>84,61</b>	<b>92,81</b>

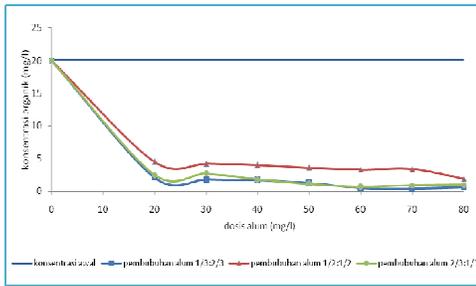


**Gambar 6.** Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 10 mg/l Sampel Artifisial *Two Staged Coagulation*

Fluktuasi penurunan konsentrasi kandungan organik 10 mg/l pada Gambar 4.5 proses *two staged coagulation* tidak jauh berbeda dengan penurunan kandungan organik pada proses *one staged coagulation*. Penurunan konsentrasi akhir dari kandungan organik 10 mg/l pada Gambar 5 secara berturut-turut berada pada nilai 1,6 mg/l, 1,3 mg/l, 1,0 mg/l, 0,6 mg/l, dan 0,2 mg/l kemudian mengalami peningkatan 0,3 mg/l dan 0,4 mg/l pada pembubuhan alum 1/3:2/3 dengan efisiensi optimum 98,98% pada dosis alum 60 mg/l. Untuk pembubuhan alum 1/2:1/2 terjadi penurunan kandungan organik dari 10 mg/l menjadi 1,7 mg/l, 1,6 mg/l, 1,5 mg/l, 1,4 mg/l dan kemudian terjadi peningkatan konsentrasi organik 1,5 mg/l untuk dosis 70 mg/l dan 1,6 mg/l untuk dosis 80 mg/l dengan efisiensi optimum 86,05% pada dosis alum 60 mg/l. Sedangkan untuk pembubuhan alum 2/3:1/3 terjadi penurunan secara berturut-turut adalah 1,1 mg/l, 0,7 mg/l kemudian terjadi peningkatan menjadi 1,0 mg/l pada dosis 40 mg/l alum dan konsentrasi kandungan organik menurun kembali menjadi 0,6 mg/l dan 0,4 mg/l. Selanjutnya pada dosis 70 mg/l alum terjadi peningkatan kandungan organik dari 0,4 mg/l menjadi 0,6 mg/l dan pada dosis 80 mg/l meningkat menjadi 0,7 mg/l dengan efisiensi optimum 95,88% pada dosis alum 60 mg/l. Hasil uji kandungan organik 20 mg/l dan efisiensinya penyisihannya dapat dilihat pada Tabel 12 dan 13.

**Tabel 12.** Hasil Uji kandungan organik 20 mg/l pada Proses *Two Staged Coagulation* Sampel Artifisial

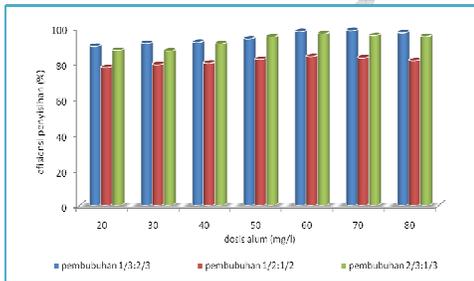
Dosis Alum (mg/l)	Konsentrasi Awal Kandungan Organik (mg/l)	Konsentrasi Akhir Kandungan Organik (mg/l)		
		Pembubuhan Alum 1/3:2/3	Pembubuhan Alum 1/2:1/2	Pembubuhan Alum 2/3:1/3
20	20	2,1	4,5	2,5
30		1,8	4,2	2,7
40		1,7	4,0	1,8
50		1,3	3,6	1,1
60		0,5	3,3	0,7
70		0,4	3,4	0,9
80		0,6	1,9	1,0



**Gambar 7.** Penurunan Konsentrasi Kandungan Organik 20 mg/l pada Proses *Two Staged Coagulation* Sampel Artifisial

**Tabel 13.** Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 20 mg/l *Two Staged Coagulation* pada Sampel Artifisial

Dosis Alum (mg/l)	Efisiensi Penyisihan (%)		
	Pembubuhan Alum 1/3:2/3	Pembubuhan Alum 1/2:1/2	Pembubuhan Alum 2/3:1/3
20	89,45	77,43	89,33
30	91,09	79,07	93,33
40	91,64	79,89	90,05
50	93,55	82,08	93,88
60	97,65	83,72	95,88
70	98,20	82,90	94,43
80	97,10	81,26	92,79
<b>Rata-rata</b>	<b>94,09</b>	<b>80,90</b>	<b>92,81</b>



**Gambar 8.** Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 20 mg/l Sampel Artifisial *Two Staged Coagulation*

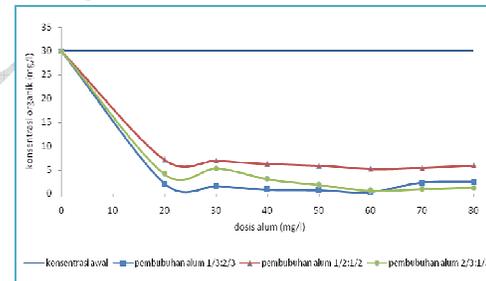
Berdasarkan Tabel 12 dan Gambar 7 dapat diketahui penurunan kandungan organik 20 mg/l pada proses *two staged coagulation* tidak jauh berbeda dengan penurunan kandungan organik 10 mg/l. Untuk pembubuhan alum 1/3:2/3 penurunan kandungan organik dari 20 mg/l menjadi 2,1 mg/l, 1,8 mg/l, 1,7 mg/l, 1,3 mg/l, 0,5 mg/l, dan 0,4 mg/l dengan dosis alum berturut-turut adalah 20 mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l, 50 mg/l, 60 mg/l, dan 70 mg/l sedangkan pada dosis alum 80 mg/l terjadi peningkatan kandungan organik menjadi 0,6 mg/l. Efisiensi optimum pada pembubuhan alum 1/3:2/3 adalah 98,20% pada dosis alum 70 mg/l. Untuk pembubuhan alum 1/2:1/2 konsentrasi organik 20 mg/l berkurang menjadi 4,5 mg/l, 4,2 mg/l, 4,0 mg/l, 3,6 mg/l, dan 3,3 mg/l pada dosis alum secara berturut-turut adalah 20 mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l, 50 mg/l, dan 60 mg/l dengan nilai efisiensi optimum 83,72%. Sedangkan untuk

pembubuhan alum 2/3:1/3 penurunan kandungan organik dari 20 mg/l menjadi 2,5 mg/l, 2,7 mg/l, 1,8 mg/l, 1,1 mg/l dan 0,7 mg/l pada dosis alum secara berturut-turut adalah 20 mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l, 50 mg/l dan 60 mg/l. Pada dosis alum 70 mg/l konsentrasi kandungan organik meningkat dari 0,7 mg/l menjadi 0,9 mg/l dan pada dosis alum 80 mg/l meningkat menjadi 1,0 mg/l. Efisiensi optimum adalah 96,56% pada dosis alum 60 mg/l.

Selanjutnya untuk kandungan organik 30 mg/l penurunan dan efisiensinya dapat dilihat pada Tabel 14 dan 15

**Tabel 14** Hasil Uji Kandungan Organik 30 mg/l pada Proses *Two Staged Coagulation* Sampel Artifisial

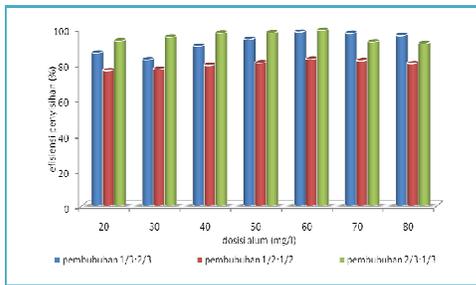
Dosis Alum (mg/l)	Konsentrasi Awal Kandungan Organik (mg/l)	Konsentrasi Akhir Kandungan Organik (mg/l)		
		Pembubuhan Alum 1/3:2/3	Pembubuhan Alum 1/2:1/2	Pembubuhan Alum 2/3:1/3
20	30	2,1	7,1	4,1
30		1,5	6,9	5,3
40		0,8	6,2	3,0
50		0,7	5,8	1,8
60		0,3	5,2	0,6
70		2,3	5,4	0,9
80		2,5	5,9	1,2



**Gambar 9.** Penurunan Konsentrasi Kandungan Organik 30 mg/l pada Proses *Two Staged Coagulation* Sampel Artifisial

**Tabel 15.** Efisiensi Penyisihan Kandungan organik 30 mg/l *Two Staged Coagulation* pada Sampel Artifisial

Dosis Alum (mg/l)	Efisiensi Penyisihan (%)		
	Pembubuhan Alum 1/3:2/3	Pembubuhan Alum 1/2:1/2	Pembubuhan Alum 2/3:1/3
20	92,97	76,21	86,23
30	95,15	76,94	82,4
40	97,34	79,31	90,05
50	97,52	80,58	93,88
60	98,43	82,59	98,07
70	92,42	81,86	97,16
80	91,51	80,22	96,07
<b>Rata-rata</b>	<b>95,05</b>	<b>79,67</b>	<b>91,98</b>



**Gambar 10** Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 30 mg/l Sampel Artifisial *Two Staged Coagulation*

Pada Tabel 4.12 dan Gambar 4.9 dapat dilihat penurunan kandungan organik 30 mg/l pada proses *two staged coagulation* yang tidak berbeda jauh dengan penurunan konsentrasi organik dengan konsentrasi 10 mg/l dan 20 mg/l. Pada pembubuhan alum 1/3:2/3 konsentrasi kandungan organik berkurang dari 30 mg/l menjadi 2,1 mg/l, 1,5 mg/l, 0,8 mg/l, 0,7 mg/l dan 0,3 mg/l pada dosis alum berturut-turut 20 mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l, 50 mg/l dan 60 mg/l. Kemudian konsentrasi kandungan organik kembali meningkat pada dosis alum 70 mg/l dan 80 mg/l dengan nilai konsentrasi akhir kandungan organik 2,3 mg/l dan 2,5 mg/l. Efisiensi optimum kandungan organik 30 mg/l tidak berbeda dengan efisiensi optimum pada penyisihan kandungan organik 10 mg/l dan 20 mg/l yaitu pada dosis alum 60 mg/l dengan nilai 98,43%. Untuk pembubuhan alum 1/2:1/2 penurunan konsentrasi organik dari 30 mg/l menjadi 7,1 mg/l, 6,9 mg/l, 6,2 mg/l, 5,8 mg/l, dan 5,2 mg/l pada dosis alum berturut-turut 20 mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l, 50 mg/l dan 60 mg/l. Kemudian konsentrasi organik mengalami peningkatan pada dosis 70 mg/l dengan nilai 5,4 mg/l dan 5,9 mg/l pada dosis alum 80 mg/l. Efisiensi optimum adalah 82,59% pada dosis 60 mg/l. Sedangkan untuk pembubuhan alum 2/3:1/3 konsentrasi akhir dari kandungan organik secara berturut-turut adalah 4,1 mg/l, 5,3 mg/l, 3,0 mg/l, 1,8 mg/l dan 0,6 mg/l pada dosis alum 20 mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l, 50 mg/l, dan 60 mg/l. Selanjutnya terjadi peningkatan kandungan organik dari konsentrasi 0,6 mg/l menjadi 0,9 mg/l pada dosis 70 mg/l dan pada dosis 80 mg/l meningkat menjadi 1,2 mg/l dengan efisiensi optimum 98,07% pada dosis alum 60 mg/l.

Pada Tabel 4.9 4.11, dan 4.13 dapat dilihat penyisihan kandungan organik pada proses *two staged coagulation* memiliki efisiensi yang tinggi yaitu antara 70-99%. Mekanisme yang menyebabkan terjadinya peningkatan efisiensi penyisihan kandungan organik dengan proses *two staged coagulation* dibanding proses *one staged coagulation* adalah pembubuhan dosis alum yang dilakukan secara dua kali akan meningkatkan efisiensi pengikatan kandungan organik dengan alum hidroksida.

Pada pH netral (6,5-7,5) Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> akan terhidrolisis menjadi Al(OH)<sub>3</sub>, namun molekul kandungan

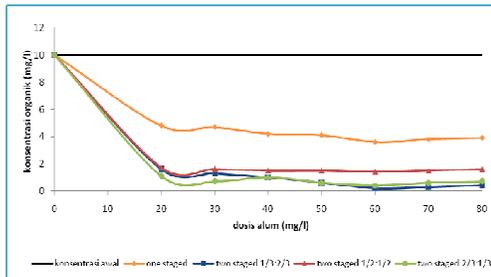
organik yang bersifat hidrofobik cenderung bereaksi dan teradsorpsi cepat dengan hidroksida alum yang baru terbentuk (berpresipitat), sehingga apabila dilakukan pembubuhan dua kali maka penyisihan tidak hanya terjadi pada kandungan organik yang bersifat hidrofobik tetapi juga terjadi pada kandungan organik yang bersifat hidrofilik karena kandungan organik yang bersifat hidrofilik juga dapat teradsorpsi pada presipitat alum yang baru terbentuk pada pembubuhan alum yang kedua kalinya (Carlson, 2000). Pada proses setelah pembubuhan alum, kandungan organik yang bersifat hidrofobik cenderung teradsorpsi pada hidroksida alum yang baru terbentuk (berpresipitat). Hal ini juga dinyatakan oleh U.S EPA (*Environmental Protection Agency*) (2007) bahwa apabila dilakukan pembubuhan alum, kandungan organik yang pertama cenderung bereaksi adalah kandungan organik yang bersifat hidrofobik.

Pada proses *two staged coagulation* dilakukan variasi pembubuhan alum dengan perbandingan 1/3:2/3, 1/2:1/2, 2/3:1/3. Untuk penyisihan kandungan organik dengan konsentrasi 10 mg/l, efisiensi penyisihan dengan pembubuhan alum 1/3:2/3 tidak jauh berbeda dengan efisiensi pembubuhan alum 2/3:1/3 yaitu 92,50% dan 92,81% berarti kandungan organik 10 mg/l pada sampel artifisial memiliki komponen hidrofobik dan hidrofilik yang jumlahnya hampir sama. Namun pada kandungan organik 20 mg/l dan 30 mg/l persentase efisiensi penyisihan kandungan organik tertinggi adalah pada perbandingan alum 1/3:2/3 yaitu dengan penyisihan rata-rata 94,09% untuk konsentrasi 20 mg/l dan 95,04% untuk konsentrasi 30 mg/l kandungan organik.

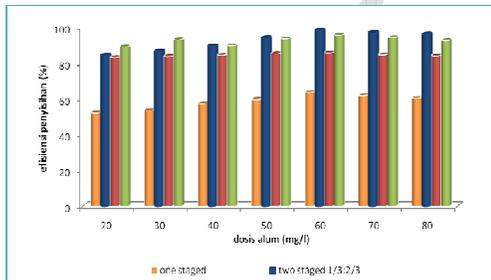
Persentase penyisihan tertinggi sampel artifisial adalah dengan perbandingan alum 1/3:2/3. Kandungan organik hidrofilik menyebabkan ikatan partikel organik dengan air menjadi lebih kuat dan larut dalam air, sehingga partikel organik akan lebih stabil dan sulit dipisahkan dengan air sedangkan partikel organik hidrofobik tidak larut dalam air dan mempunyai berat molekul yang lebih besar dibandingkan partikel organik hidrofilik (Singer dan Harrington, 1993; Hunges, 2003). Pada sampel artifisial, keberadaan kandungan organik hidrofilik lebih dominan dibandingkan kandungan organik hidrofobik. Hal ini karena kandungan organik pada sampel artifisial merupakan larutan organik yang dibuat dengan konsentrasi tertentu (Freese, 2001), sehingga komponen hidrofilik lebih banyak dari pada kandungan organik hidrofobik sehingga pembubuhan alum yang kedua membutuhkan lebih banyak alum dibanding pembubuhan pertama. Hal ini sesuai dengan penelitian tentang proses koagulasi bertingkat (*enhanced coagulation*) yang dilakukan di Afrika Selatan dalam penyisihan kandungan organik, pada penelitian yang juga menggunakan sampel artifisial ini menyatakan bahwa keberadaan kandungan organik hidrofilik pada sampel artifisial lebih dominan dibanding kandungan organik hidrofobik (Freese, 2001).

**Perbandingan Proses Koagulasi Secara *One Staged* dan *Two Staged***

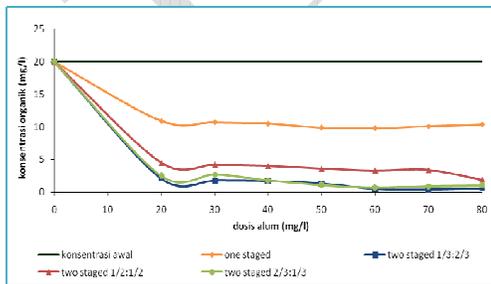
Penelitian koagulasi secara *one staged* dan *two staged* dilakukan untuk melihat efisiensi masing-masing proses. Proses penyisihan kandungan zat organik dengan variasi konsentrasi 10, 20, dan 30 mg/l pada proses *one staged coagulation* diperoleh efisiensi penyisihan rata-rata 39,91-58,49%, sedangkan efisiensi pada proses *two staged coagulation* diperoleh nilai 79, 67%-95,05%. Pada Gambar 4.11, 4.13, dan 4.15 dapat dilihat perbandingan penurunan konsentrasi kandungan zat organik secara *one staged coagulation* dan *two staged coagulation*. Dan pada Gambar 4.12, 4.14, dan 4.16 dapat dilihat perbandingan efisiensi penyisihan kandungan organik pada proses *one staged coagulation* dan *two staged coagulation*.



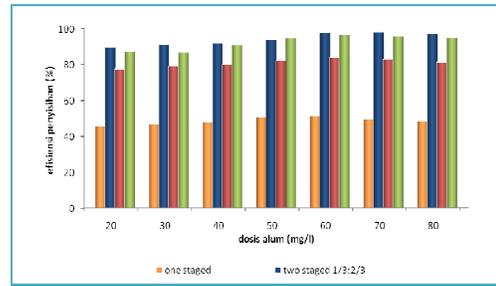
**Gambar 11.** Perbandingan Penurunan Konsentrasi Organik 10 mg/l pada Proses *One Staged Coagulation* dan *Two Staged Coagulation*



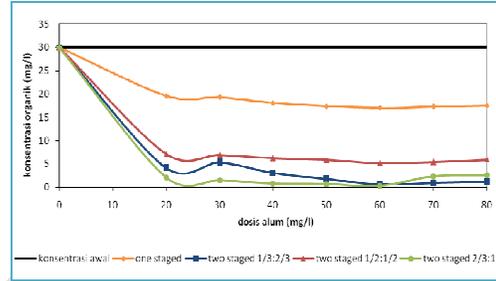
**Gambar 12.** Perbandingan Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 10 mg/l Sampel Artifisial



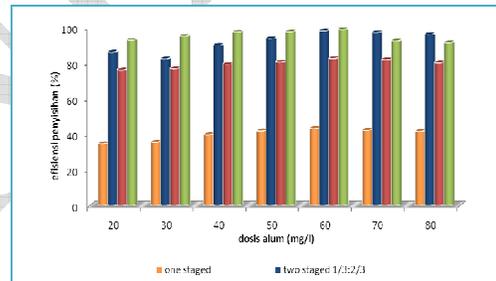
**Gambar 13** Perbandingan Penurunan Konsentrasi Organik 20 mg/l pada Proses *One Staged Coagulation* dan *Two Staged Coagulation*



**Gambar 14** Perbandingan Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 20 mg/l Sampel Artifisial



**Gambar 15** Perbandingan Penurunan Konsentrasi Organik 30 mg/l pada Proses *One Staged Coagulation* dan *Two Staged Coagulation*



**Gambar 16** Perbandingan Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik 30 mg/l Sampel Artifisial

Percobaan dengan variasi kandungan organik menunjukkan bahwa proses koagulasi dengan *two staged* lebih baik dalam penyisihan kandungan organik. Fearing et al (2004) menyatakan bahwa 70% dari penyisihan kandungan organik yang bersifat hidrofobik dan hidrofilik, hanya 16% kandungan organik yang hidrofilik mampu disisihkan oleh proses *one staged coagulation*. Sedangkan proses *two staged coagulation* mampu menyisihkan kandungan zat organik hampir 100% (Carlson, 2000). Menurut Garrote et al (1995) proses *two staged coagulation* lebih efektif dari pada proses *one staged coagulation*. Hal ini dibuktikan pada penyisihan BOD, COD, dan sulfida yang terdapat pada air buangan lebih efektif disisihkan dengan proses *two staged coagulation*. Proses *two staged coagulation* merupakan pengolahan yang baik untuk pengganti proses klarifikasi (*clarification*) dan filtrasi sebagai pengontrol patogen dan *Desinfection By Products* (Pernitsky dan Edzwald, 2006). Wahlroos (1991) menyatakan proses *two staged coagulation* dengan penambahan alum sebagai

koagulan dan penyesuaian pH mampu meningkatkan penyisihan partikel organik dari 50% menjadi 90%.

**Sampel Air Baku**

Sampling dilakukan terhadap air baku intake PDAM kota Padang pada tanggal 25 Juni 2009 pukul 15.00 WIB dimana pengambilan sampel hanya dilakukan sekali. Tabel 16 berikut memperlihatkan hasil analisis dari karakteristik air baku Sungai Batang Kuranji.

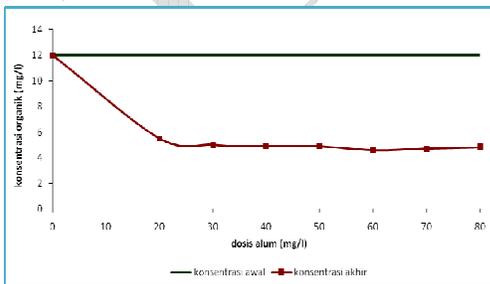
**Tabel 16** Karakteristik Air Baku Intake PDAM Kota Padang

Parameter	Nilai
Temperatur, °C	24
pH	6,76
Kandungan Organik, mgC/l	12

Setelah dilakukan pemeriksaan terhadap karakteristik air baku, kemudian dilakukan percobaan proses penyisihan kandungan organik dengan *one staged coagulation* dan *two staged coagulation*. Pada Tabel 17 dapat dilihat penurunan konsentrasi kandungan organik dengan proses *one staged coagulation* sampel air baku. Dan pada Tabel 18 dapat dilihat efisiensi penyisihan kandungan organik dengan proses *one staged coagulation* sampel air baku.

**Tabel 17** Hasil Uji pada Sampel Asli Proses *One Staged Coagulation*

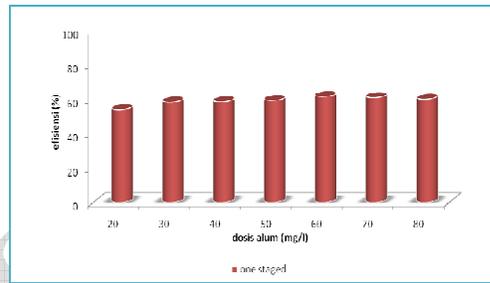
Dosis Alum (mg/l)	Konsentrasi Awal Kandungan Organik (mg/l)	Konsentrasi Akhir Kandungan Organik (mg/l)
20	12	5,5
30		5,0
40		4,9
50		4,9
60		4,6
70		4,7
80		4,8



**Gambar 4.17** Penurunan Konsentrasi Organik pada Proses *One Staged Coagulation* Sampel Asli

**Tabel 18** Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik *One Staged Coagulation* pada Sampel Asli

Dosis Alum (mg/l)	Efisiensi Penyisihan (%)
20	53,81
30	58,18
40	58,36
50	59,09
60	61,28
70	60,73
80	59,82
<b>Rata-rata</b>	<b>58,75</b>



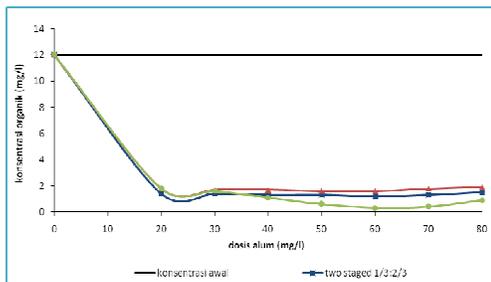
**Gambar 4.18** Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik pada Proses *One Staged Coagulation* Sampel Asli

Pada Tabel 4.15 dapat dilihat penurunan kandungan organik pada sampel asli dengan proses *one staged coagulation*. Konsentrasi organik awal adalah 12 mg/l berkurang menjadi 5,5 mg/l, 5,0 mg/l, 4,9 mg/l, 4,9 mg/l dan 4,6 mg/l pada dosis alum berturut-turut 20 mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l, 50 mg/l, dan 60 mg/l. Selanjutnya pada dosis alum 70 mg/l dan 80 mg/l konsentrasi organik meningkat menjadi 4,7 mg/l dan 4,8 mg/l. Untuk efisiensi optimum adalah 61,28% dengan dosis alum 60 mg/l.

Karakteristik sampel asli yang terdiri dari kandungan organik yang merupakan campuran kompleks *fulvic acids* (FAs) yang kurang larut dan *humic acids* (HAs) yang lebih larut, dengan FAs yang lebih dominan keberadaannya dalam air mengakibatkan sifat hidrofobik lebih mendominasi dibandingkan dengan sifat hidrofilik. Efisiensi penyisihan rata-rata sampel asli dengan proses *one staged coagulation* adalah 58,75%. Sama halnya dengan efisiensi penyisihan kandungan organik yang terdiri dari *Particulate Organic Carbon* (POC) dan *Dissolve Organic Carbon* (DOC) dengan proses *one staged coagulation* pada sumber buangan industri dengan kontaminan organik yang tinggi mencapai 60% (Freese, 2001). Selanjutnya pada Tabel 19 dapat dilihat penurunan konsentrasi kandungan organik dengan proses *two staged coagulation* sampel asli. Dan pada Tabel 20 dapat dilihat efisiensi penyisihan kandungan organik dengan proses *two staged coagulation* sampel asli.

**Tabel 19 Hasil Uji pada Sampel Asli Proses *Two Staged Coagulation***

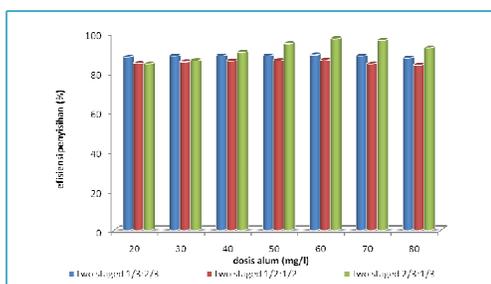
Dosis Alum (mg/l)	Konsentrasi Awal Kandungan Organik (mg/l)	Konsentrasi Akhir Kandungan Organik (mg/l)		
		Pembubuhan Alum 1/3:2/3	Pembubuhan Alum 1/2:1/2	Pembubuhan Alum 2/3:1/3
20	12	1,4	1,8	1,8
30		1,4	1,7	1,6
40		1,3	1,7	1,1
50		1,3	1,6	0,6
60		1,2	1,6	0,3
70		1,3	1,8	0,4
80		1,5	1,9	0,9



**Gambar 19** Penurunan Konsentrasi Kandungan Organik pada Proses *Two Staged Coagulation* Sampel Asli

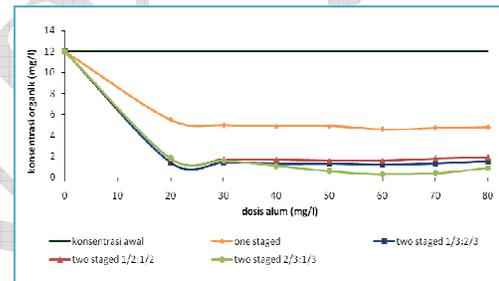
**Tabel 20 Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik *Two Staged Coagulation* pada Sampel Asli**

Dosis Alum (mg/l)	Efisiensi Penyisihan (%)		
	<i>two staged coagulation</i> 1/3:2/3	<i>two staged coagulation</i> 1/2:1/2	<i>two staged coagulation</i> 2/3:1/3
20	88,05	84,77	84,59
30	88,60	85,68	86,23
40	88,78	86,05	90,42
50	88,78	86,23	94,79
60	89,14	86,41	97,34
70	88,60	84,59	96,61
80	87,50	83,86	92,60
<b>Rata-rata</b>	<b>88,49</b>	<b>85,37</b>	<b>91,79</b>

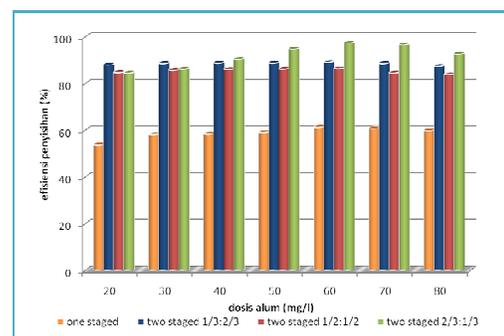


**Gambar 4.20** Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik Sampel Asli *Two Staged Coagulation*

Pada Tabel 4.17 dan Tabel 4.18 dapat dilihat penurunan konsentrasi kandungan organik dan efisiensi penyisihannya. Konsentrasi organik awal 12 mg/l mengalami penurunan setelah dilakukan proses *two staged coagulation* berbagai variasi pembubuhan alum. Pada pembubuhan 1/3:2/3 konsentrasi organik mengalami penurunan dari 12 mg/l menjadi 1,4 mg/l, 1,4 mg/l, 1,3mg/l, 1,3 mg/l, 1,2 mg/l dan pada pembubuhan 1/2:1/2 penurunan menjadi 1,8 mg/l, 1,7 mg/l, 1,7 mg/l, 1,6 mg/l dan 1,6 mg/l dengan dosis alum berturut-turut yaitu 20 mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l, 50 mg/l, dan 60 mg/l. Hal yang sama juga terjadi pada pembubuhan alum 2/3:1/3. Selanjutnya pada dosis alum 70 mg/l dan 80 mg/l terjadi peningkatan kandungan organik yang disebabkan oleh jumlah alum yang digunakan tidak sesuai lagi dengan yang dibutuhkan dalam menyisihkan kandungan organik pada sampel asli. Untuk perbandingan proses *one staged coagulation* dan *two staged coagulation* pada sampel asli dapat dilihat pada Gambar 4.21 dan persentase efisiensi penyisihan dapat dilihat pada Gambar 4.22.



**Gambar 4.21** Perbandingan konsentrasi Organik Sampel Asli pada Proses *One Staged Coagulation* dan *Two Staged Coagulation*



**Gambar 4.22** Perbandingan Efisiensi Penyisihan Kandungan Organik Sampel Asli

Efisiensi penyisihan kandungan organik pada air baku dengan proses *one staged coagulation* berkisar antara 39,91-58,49% dengan dosis optimum alum 60 mg/l. Persentase efisiensi penyisihan kandungan organik pada sampel air baku dengan proses *two staged coagulation* lebih kecil dari sampel artifisial. Pada proses *two staged coagulation* dengan sampel artifisial, penyisihan kandungan organik pada pembubuhan alum dengan perbandingan 1/3:2/3 merupakan efisiensi penyisihan terbesar dengan nilai 98,98%. Sedangkan pada sampel air baku efisiensi

penyisihan terbesar terjadi pada pembubuhan alum 2/3:1/3 dengan nilai 97,34%.

Hal ini karena karakteristik dari sampel asli atau air baku dan sampel artifisial berbeda. Sampel artifisial hanya mengandung zat organik saja dan tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan lain sehingga keberadaan kandungan organik hidrofilik lebih dominan. Pada sampel air baku dengan tidak adanya perlakuan selain proses prasedimentasi sebelum proses koagulasi flokulasi, maka kemungkinan terdapatnya partikulat organik lebih besar, dimana partikulat akan lebih dahulu teradsorpsi pada presipitat yang baru terbentuk sehingga pada pembubuhan pertama pertama dibutuhkan alum yang lebih banyak dibanding pembubuhan kedua (Notodarmodjo, 1994).

Keberadaan kandungan organik dalam air baku bermacam-macam diantaranya adalah partikulat dan partikel inorganik seperti tanah liat. Selanjutnya setelah adsorpsi kandungan organik yang hidrofobik pada sampel air baku dengan pembubuhan alum 2/3 total kemudian dilanjutkan dengan adsorpsi kandungan organik terlarut pada pembubuhan alum 1/3. Zazouli et al. (2007) dalam penelitian mengenai penentuan jumlah kandungan organik menyatakan bahwa pada air baku dengan berbagai jenis karakteristik yang berbeda, kandungan organik yang bersifat hidrofobik lebih tinggi dibandingkan kandungan organik yang bersifat hidrofilik. Kandungan organik hidrofobik berkisar antara 46-70% dari jumlah air baku, sedangkan sisanya merupakan kandungan organik hidrofilik. Sama halnya dengan penelitian yang melihat karakteristik kandungan organik dan penyisihannya dengan GAC (*Glanular activated carbon*) (Harhoff, 2008), penyisihan kandungan organik dengan membran bertekanan rendah (Gray, 2004) juga dinyatakan bahwa keberadaan kandungan organik hidrofobik lebih dominan dibanding kandungan organik hidrofilik pada sumber air baku air permukaan.

#### IV SIMPULAN DAN SARAN

##### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian *one staged coagulation* dan *two staged coagulation* dalam penyisihan kandungan organik dari sampel artifisial dan sampel air baku yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain:

1. Efisiensi penyisihan kandungan organik dengan proses *one staged coagulation* berkisar antara 43,24-63,83% dan hanya mampu menyisihkan kandungan organik yang bersifat hidrofobik saja;
2. Proses *two staged coagulation* mampu menyisihkan kandungan organik dengan persentase tertinggi 98,98%;
3. Dosis optimum alum pada proses *two staged coagulation* dengan sampel artifisial adalah pada pembubuhan alum dengan perbandingan 1/3:2/3 karena kandungan organik hidrofilik lebih dominant pada larutan artifisial;

4. Dosis optimum alum pada proses *two staged coagulation* sampel air baku adalah pada pembubuhan alum dengan perbandingan 2/3:1/3, karena karakteristik dari sampel air baku yang banyak mengandung partikulat sehingga kandungan organik hidrofobik lebih dominan. Kandungan organik hidrofobik cenderung teradsorpsi dengan presipitat alum yang baru terbentuk.

##### Saran

Untuk pengembangan penelitian proses *one staged coagulation* dan *two staged coagulation*, maka perlu diperhatikan hal sebagai berikut:

1. Melakukan pemeriksaan kandungan organik dari berbagai karakteristik dan sumber air baku sehingga dapat dilihat lebih jauh kemampuan dan keefektifan dari proses *two staged coagulation*;
2. Melakukan variasi pH agar didapat pH optimum pada proses *two staged coagulation*;
3. Untuk dosis alum dengan rentang 50-70 mg/l, dilakukan variasi dosis yang lebih kecil lagi untuk memperoleh efisiensi penyisihan yang lebih baik;
4. Untuk melengkapi studi *two staged coagulation*, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk penyisihan hidrofobik dan hidrofilik;
5. Proses *two staged coagulation* dapat diaplikasikan pada Instalasi Pengolahan Air Minum dengan karakteristik air baku tertentu untuk mendapatkan proses penyisihan kandungan organik yang lebih efektif dan efisien.

##### DAFTAR PUSTAKA

- Admin. 2008. *Pengolahan Air Limbah dengan Metode Kimia (Koagulasi & Flokulasi)*. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.
- Amirtharajah, A., and O'Melia, C. R. (1990). "Coagulation processes: Destabilization, mixing, and flocculation." *Water quality and treatment*, 4 th Ed., F. W. Pontius, ed. McGraw-Hill- New York.
- Alberta (1997). *Natural organic matter character and reactivity: Assessing seasonal variation in a moorland water*. PhD thesis, Cranfield University, UK.
- Art Wima (2001). *Impact of artificial sample on NOM*, Cranfield University, UK.
- Bertsch and Purker (1996). *Organic contaminant removal by coagulation and related process combinations*. *Journal of the American Water Works Association*, 80(5), 40-56
- Carlson Kenneth H, 2000. *Optimizing water treatment with Two Staged Coagulation*. *Journal of Environmental Engineering*.

- Cheng, K.H., Elmund, G.K. and Gertig, K.R. (1995). *Getting a jump on the information collection rule: Plant scale characterization of NOM and the relationship to DBP formation*. In proceedings of: American Water Works Association Water Quality Technology conference, Nov 6-10, San Francisco, CA.
- Chow, M.R., Amy, G.L. and Steelink, C. (2000). *Molecular weight distribution, carboxylic acidity, and humic substances content of aquatic organic matter Implications for removal during water treatment*. Environmental Science and Technology, 20, 1026-1032.
- Degremont. 1991. *Basic physical-chemical processes in water treatment; Coagulation Flocculation*. Water Treatment Handbook.
- Edzwald, J.K. and Tobiason, J.E. (1997). *Enhanced coagulation: US requirements and a broader view*. Water Science and Technology, 40(9), 63-70.
- Eikebrokk. 2007. *Water treatment by enhanced. Operational status and optimization issues*. SINTEF, Water and Environment
- Edzwald, J.K. (1993). *Coagulation in drinking water treatment: Particles, organics and coagulants*. Water Science and Technology, 27(11), 21-35.
- Fearing, D. A, Banks J, Wilson. D. 2004. *NOM control option: the next generation*. Water Science and Technology: Water Supply.
- Faezi F. 2005. *Improvement of Nom Removal from Water Resources by Modifying the Coagulation Process*. Iranian Journal Environmental Health Science Engineering.
- Feese S D, Nozaic DJ. 2001. *Enhanced coagulation: a viable option to advance treatment technologies in the South African context*.
- Fearing, D.A. (2004). *Process options for the treatment of humic rich waters*. PhD thesis, Cranfield University, UK.
- Fearing, D.A., Banks, J., Guyetand, S., Monfort Eroles, C., Wilson, D., Hillis, P., Campbell, A.T. and Parsons, S.A. (2004). *Combination of Ferric and MIEX® for the Treatment of Humic Rich Water*. Water Research, 38(10), 2551-2558.
- Goslan, E.H., Fearing, D.A., Banks, J., Wilson, D., Hillis, P., Campbell, A.T. and Parsons, S.A. (2002). *Seasonal variations in the disinfection by-product precursor profile of a reservoir water*. Journal of Water Supply: Research and Technology –AQUA, 51(8), 475-482.
- Hurst, A.M., Edwards, M.J., Chipps, M., Jefferson, B. and Parsons, S.A. (2004). *The impact of rainstorm events on coagulation and clarifier performance in potable water treatment*. Science of the Total Environment, 321(1-3), 219-230
- James M Montgomery.1985. *Water Treatment and Principle Design*. John Willey & Sons, Inc. USA
- Jacangelo, J.K. (2005). *Coagulation in drinking water treatment: Particles, organics and coagulants*. Water Science and Technology, 27(11), 21-35.
- Jarvis, P., Jefferson, B. and Parsons, S.A. (2005b). *How the natural organic matter to coagulant ratio impacts on floc structural properties* Environmental Science and Technology, (IN PRESS).
- Karamah, Lubis. 2005. *Pralakuan koagulasi dalam proses pengolahan air dengan membran*. Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok. Indonesia
- Kawamura, Susumu. 1991. *Design of Basic Treatment Process Units: Coagulation and Chemical Application Considerations. Integrated Design Of Water Treatment Facilities*.
- Kodama and Schitzer (1999). *Comparison of the coagulation behavior of different Norwegian aquatic NOM sources*. Environment International, 25(2-3)
- Konieczny Krystyna. 2006. *Coagulation submerge membrane system for NOM removal from water*. Elsevier B.V
- Kurniawan, Effendi, dan Gustilisia. 2007. *Penyisihan kandungan organik dengan karbon aktif*. Kanisius. Yogyakarta
- Mc Donald, El, Rvechs, Tull E. 2004. *Activated Carbon*. Virginia: Environmental Information Management Civil Engineering
- Notodarmojo Suprihanto, 2004. *Penurunan zat organik dan kekeruhan menggunakan Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Dead-End*.
- O'Melia, D.M., Amy, G.L. and Chowdhury, Z.K. (1993). *Characterization of natural organic matter and its relationship to treatability*. American Water Works Association Research Foundation report, Denver CO.
- Perisic Mileta. 2006. *NOM and Arsenic Removal by Enhance Coagulation*. European Water Association (EWA).
- Parsons Simon, 2003. *NOM that is another matter*. Water & Waste water Treatment page 14.
- Parsons Simon, 2007. *Single staged drinking water treatment for NOM removal*.

- Parsons, S.A., Jefferson, B., Jarvis, P., Sharp, E., Dixon, D., Bolto, B. and Scales, P.(2005). *Treatment of elevated organic content waters*. American Water Works Association Research Foundation report, Denver, CO.
- Randtke, S.J. (1988). *Organic contaminant removal by coagulation and related process combinations*. *Journal of the American Water Works Association*, 80(5), 40-56.
- Rebhun and Lurie. 1993. *Characterisation of natural organic matter (NOM) and its removal using Aluminium Sulfate*.
- Reynolds, Tom. D. 1977. *Unit Operation and Process In Environmental Engineering*. Monterey-California.
- Septoyanto.2005. *Perbandingan pralaku koagulasi dengan menggunakan alum dan ferric terhadap kinerja membran mikrofilter*
- Sharp, E.L., Parsons, S.A. and Jefferson, B. (2005). *Coagulation of NOM: Linking character to treatment*. In *proceedings of: IWA Particle Separation conference, 1-3rd June, Seoul, Korea*.
- Singer, P.C. (1999). *Humic substances as precursors for potentially harmful disinfection by-products*. *Water Science and Technology*, 40(9), 25-30.
- Stevenson (1994). *Seasonal variations in disinfection by-product precursor of profile of a reservoir water*. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 51, 475-482.
- USEPA(*Coagulation, GAC, Optimization*).<http://www.epa.gov/safewater/mdbp/stage1dbprwhatdoesitmeantoyou.pdf> USEPA. *The Stage 1 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule, What Does it Mean to You*. EPA 816-R-01-014. June 2001
- USEPA (Environmental Protection Agency). 2007. *The Nature of Natural Organic Matter: Implications for DBP Formation, Removal of THMs by Aeration: A Potential Treatment Technology for Consecutive Systems?*
- Tash Hunges. 2003. *Hydrophilic-Hydrophobic Substance*
- Van Benschoten and Edwalz (1990). *Optimising natural organic matter removal from low turbidity waters by controlled pH adjustment of aluminium coagulation*. *Water Research*, 31 (12), 2949-2958.
- Zetameter.2005. *Everything you want to know about Coagulation*.