

PEMBUATAN PAC CAIR DARI ALUMINA HIDRAT PADA SKALA LABORATORIUM

Producing Liquid PAC from Alumina Hydrate at Laboratory Scale

HUSAINI, SUGANAL, SARIMAN dan YUNITA RAMANDA

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara
Jalan Jenderal Sudirman 623, Bandung 40211
Telp. 022 6030483, Fax. 022 6003373
e-mail: husaini@tekmira.esdm.go.id

ABSTRAK

*Poly Aluminum Chloride (PAC) dengan rumus umum $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$ adalah persenyawaan anorganik kompleks antara ion hidroksil (OH) dengan ion aluminium yang mengalami klorinasi bertahap. PAC mampu mengkoagulasi zat tersuspensi atau dispersi koloid menghasilkan *floc* yang mudah mengendap. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan PAC terdiri atas alumina hidrat $Al(OH)_3$, asam klorida (HCl), asam sulfat (H_2SO_4) dan kalsium karbonat ($CaCO_3$). Percobaan dilakukan dengan mereaksikan $Al(OH)_3$, HCl dan H_2SO_4 pada suhu $90^\circ C$ selama 1 jam. Hasil reaksinya dinetralkan dengan $CaCO_3$. Produk PAC cair dihasilkan setelah gipsium sebagai produk samping dipisahkan dengan cara filtrasi. PAC berkualitas baik dihasilkan menggunakan $Al(OH)_3$ kemurnian tinggi ($Al_2O_3 > 62\%$) dan komposisi bahan baku yang tepat. Kondisi percobaan terbaik diperoleh menggunakan perbandingan bahan baku sebagai berikut: $Al(OH)_3 : H_2SO_4 : HCl : CaCO_3 = 1 : 1,27 : 1,8 : 1$. PAC cair terbaik yang diperoleh memiliki komposisi $Al_2O_3 = 10\%$, $Cl^- = 10\%$ dan $SO_4^{2-} < 5\%$, yang memiliki kemampuan baik sebagai *flocculator* atau menggumpalkan kotoran-kotoran yang ada pada proses penjernihan air.*

Kata kunci: alumina hidrat, poli aluminium klorida, koagulan, *floc*.

ABSTRACT

*Poly Aluminum Chloride (PAC) with general formula $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$ is a complex anorganic substance between hydroxyl (OH) and aluminum ions that gradually takes place chlorination. The PAC has ability to coagulate suspended solid or dispersed colloid within water perform easily precipitated *floc*. Raw materials used for manufacturing liquid PAC consists of Hydrated Alumina $Al(OH)_3$, Hydrochloric Acid (HCl), Sulphuric Acid (H_2SO_4) and Calcium Carbonate ($CaCO_3$). Experiment was conducted by reacting the $Al(OH)_3$ with HCl and H_2SO_4 at $90^\circ C$ for 1 hour. The product was then neutralized using $CaCO_3$. Liquid product was obtained after filtering gypsum as a by product. A good quality PAC could be produced using high purity $Al(OH)_3$ ($Al_2O_3 > 62\%$) and precise composition of raw material. The best result of the experiment was obtained using the ratio of raw materials as follows $Al(OH)_3 : H_2SO_4 : HCl : CaCO_3 = 1 : 1.27 : 1.8 : 1$. The best liquid PAC was obtained if its chemical composition included $10\% Al_2O_3$, $10\% Cl^-$ and $< 5\% SO_4^{2-}$. This Liquid PAC can be used as *flocculator* to agglomerate impurities in the water purification process.*

Keywords: hydrated alumina, poly aluminum chloride, coagulant, *floc*.

PENDAHULUAN

Poly Aluminium Chloride (PAC) adalah suatu persenyawaan anorganik kompleks antara ion hidroksil (OH) dengan ion-ion aluminium yang mengalami klorinasi bertahap. Reaksi klorinasi tersebut sebagai pembentuk *poly-nuclear* (atom berinti banyak) dengan rumus umum $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$ (Thompson, 1995) atau $[Al(OH)_aCl_b(SO_4)_c]_n$ dimana $(a + b + 2c) = 3$, dengan nilai $a > 1,05$; untuk yang tidak mengandung sulfat rumusnya adalah $[Al(OH)_n, aCl_b]_n$, dimana $(a + b) = 3$, dan $a > 1,05$. Umumnya basisitas senyawa ini tidak lebih dari 60% bila digunakan dalam industri pengolahan air (*The New Zealand Water and Waste Association*, 2013).

PAC dapat dibuat secara komersial dengan mereaksikan aluminium dengan asam klorida. Ada beberapa macam material yang mengandung aluminium dapat digunakan termasuk logam aluminium/skrup Al (Zouboulis, dan Tzoupanos, 2009), aluminium hidroksida, aluminium klorida, aluminium sulfat dan kombinasi dari beberapa bahan tersebut. Selain PAC sebagai produk utama, juga dapat dihasilkan produk samping berupa garam-garam seperti sodium/kalsium/magnesium klorida atau sulfat. Karena pertimbangan bahaya ledakan dari reaksi logam aluminium dengan asam klorida, maka penerapan di industri yang paling umum adalah dengan mereaksikan aluminium hidroksida dengan asam klorida. Produk *aluminum chlorohydrate* (ACH) direaksikan dengan logam aluminium (*Al-ingots*) pada suhu 100°C menggunakan *steam* dalam tangki pencampur terbuka (*open mixing tank*). Rasio Al terhadap ACH dan waktu reaksi yang mencukupi diberikan untuk mendapatkan bentuk polimer dengan rasio n terhadap m dalam PAC yang sesuai. Sedangkan dalam penelitian kali ini, PAC dibuat dengan cara mereaksikan alumina hidrat dengan asam klorida, asam sulfat dan dinetralkan dengan kapur (Al-Dawery dan Al-Joubori, 2012). Alumina hidrat yang digunakan diperoleh dari proses hidrolisis larutan sodium aluminat. Sedangkan sodium aluminat diperoleh dari proses ekstraksi alumina dari *tailing* pencucian bauksit. *Tailing* yang sebelumnya tidak bernilai dimanfaatkan menjadi bahan baku PAC. Selain penambahan nilai, penggunaan *tailing* ini juga akan berdampak positif bagi pengurangan limbah lingkungan.

PAC mempunyai kemampuan untuk mengkoagulasi zat tersuspensi atau dispersi koloid pada air menghasilkan flok yang baik dan dapat membantu terjadinya pengendapan dengan cepat (Perry dan Green, 1999). Karena kemampuannya tersebut, PAC banyak digunakan dalam industri pengolahan air untuk mengkoagulasi koloid dari bahan organik maupun mineral sebelum pengendapan dan/atau filtrasi (Gordana dkk., 2008). Ion aluminium akan mendestabilkan suspensi koloid halus dan membentuk partikel berukuran besar (*floc*) yang mudah dipisahkan dari air melalui proses pengendapan, flotasi dan/atau filtrasi (Xiao-bin dkk., 2009). Secara umum, PAC lebih disukai dibandingkan dengan aluminium sulfat (tawas), bila dikehendaki pembentukan *floc* yang lebih cepat dan berukuran lebih besar (*The New Zealand Water and Waste Association*, 2013).

PAC selain dapat digunakan sebagai koagulan dalam penjernihan air, juga dapat digunakan sebagai penghilang bau (*deodorant*) dan *anti-perspirants* (Nansubuga dkk., 2013). Dalam pengolahan air, senyawa ini lebih disukai dalam beberapa hal tertentu karena muatannya yang lebih tinggi sehingga lebih efektif untuk mendestabilkan dan memisahkan material tersuspensi dalam air dibandingkan garam-garam aluminium lainnya seperti aluminium sulfat, aluminium klorida dan berbagai macam bentuk *polyaluminum chloride* dan *polyaluminum chlorosulphate* yang mana struktur aluminium menghasilkan muatan yang lebih rendah dibandingkan dengan *aluminum chlorohydrate*. Lebih dari itu, tingkat netralisasi HCl yang tinggi memberikan pengaruh yang kecil pada pH air terolah bila dibandingkan dengan garam-garam aluminium dan besi lainnya. Keuntungan dan kerugian PAC dibandingkan dengan koagulan lain dapat dilihat pada Tabel 1.

Ada dua jenis PAC di pasaran, yaitu PAC cair (*liquid PAC*) yang memiliki densitas 1,2 g/mL dan kadar Al_2O_3 sekitar 10% serta PAC bubuk (*powder PAC*) berwarna kuning muda, memiliki densitas 0,85 g/mL dan kadar Al_2O_3 sekitar 30% (*The New Zealand Water and Waste Association*, 2013). Spesifikasi PAC cair ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Keuntungan dan kerugian PAC dibandingkan dengan koagulan lain (<http://www.quantumlynx.com>; <http://www.google.com/Bahan>)

Jenis Koagulan	Keuntungan	Kerugian
Feri Khlorida atau Ferro Khlorida	Harga murah Menghilangkan senyawa organik dengan baik Sisa besi yang tinggi mudah dideteksi	Dosis yang tidak sesuai menyebabkan warna kemerahan dan sisa besi yang tinggi Sisa besi yang tinggi dapat menyumbat penyaring dan menimbulkan noda pada pakaian
Aluminium Sulfat	Harga relatif murah Keasamannya rendah Sisa aluminium lebih rendah dibandingkan aluminium sulfat	Dosis yang tidak sesuai menyebabkan sisa aluminium yang berbahaya bagi kesehatan Harga mahal
PAC	Pengaruh terhadap pH dan kebasaaan kecil	

Tabel 2. Spesifikasi PAC (Padhi, dkk., 2000; Consito, 2014)

Jenis	PAC cair (umum)	PAC 18%	PAC 9%	Arya PAC	AC100S
Bentuk	Cairan jernih	Cairan jernih	Cairan jernih	Cairan jernih	Cairan jernih
		17,5 ± 0,5	9 ± 0,5		
Al ₂ O ₃ (%)	10,25 ± 0,2	21-22	9,8-11	10,2	9,5
Cl (%)	9,0 ± 0,5	-	-	10,5	12,5
SO ₄ (%)	-	-	-	2,5	2,7
Fe (%)	maks. 0,01	1,35	-	-	-
As (ppm)	maks. 5	0,8-1,2	-	-	-
Mn (ppm)	maks. 25	-	-	-	-
Cd (ppm)	maks.2	-	-	-	-
Pb (ppm)	maks. 10	-	-	-	-
Hg (ppm)	maks. 0,2	-	-	-	-
Basicity	50,0 ± 5,0		1,2	-	-
Specific Gravity (25 °C)	1,2 ± 0,01		2-3	1,2	1,18
pH (25 °C)	2,6 ± 0,3		-	2,5-4,5	1,8-4,5
Viscosity (cp 25 °C)	4,0 ± 0,5		-	-	-
Freezing point (°C)	-1,2 ± 1,0		-	-	-

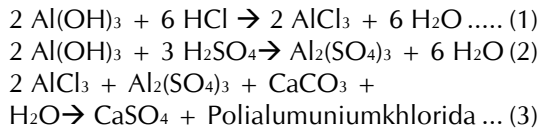
Tabel 3. Spesifikasi PAC cair khusus (*grade A*) (Chemical and 21, 2014)

Spesifikasi	Grade A
Al ₂ O ₃ (%)	10,5 ± 0,50
Khlorida (%), min	9 ± 0,25
Sulfat (%), min	1,35 ± 0,25
Kebasaaan (%)	30 – 50
Viskositas (Cst)	10 – 20
Specific Gravity (25°C)	1,21 ± 0,03
pH	2,30 ± 0,30
Warna	Water White to tan

PAC dapat dibuat melalui beberapa tahap yaitu preparasi, pencampuran dan pelarutan, pengendapan dan penyaringan serta pengeringan. Preparasi merupakan penyiapan peralatan dan bahan baku yang diperlukan untuk pembuatan PAC yang meliputi alumina hidrat Al(OH)₃, asam khlorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄), dan

kalsium karbonat (CaCO₃). Pada tahap pelarutan, Al(OH)₃ direaksikan dengan HCl sambil diaduk dan dipanaskan pada suhu sekitar 100°C selama 90 menit. Sisa Al yang tidak larut direaksikan dengan asam sulfat berlebih. Kelebihan asam sulfat tersebut direaksikan dengan CaCO₃ sehingga kandungan sulfat dalam larutan PAC dapat ditekan sekecil mungkin, karena sulfat merupakan pengotor yang dapat menurunkan mutu PAC (Thompson, 1995). Cara yang digunakan dalam penelitian ini berbeda dengan peneliti sebelumnya yang menggunakan bahan baku alumina dan HCl yang direaksikan dalam suatu reaktor berlapis gelas pada suhu dan tekanan tinggi (De Dietrich, 2014). Produk yang dihasilkan dari reaksi-reaksi tersebut dalam penelitian di sini, selain PAC cair juga terbentuk gipsium (CaSO₄) berupa endapan. Adapun reaksi kimia yang

terjadi dalam pembuatan PAC adalah sebagai berikut: (Mc.Cabe. dan Smith, 1976).



Campuran berbentuk sluri yang dihasilkan diendapkan dan disaring untuk mendapatkan PAC cair jernih yang sudah terpisah dari gipsum. Bila dikehendaki, PAC dapat diencerkan sampai konsentrasi tertentu sesuai dengan spesifikasi yang dikehendaki.

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan proses pembuatan PAC yang optimal dan produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi produk pasar yang dikehendaki yaitu Al_2O_3 $9 \pm 0,5\%$, Cl $9,8-11\%$ (Consito, 2014).

METODE

PAC cair dibuat dengan cara mereaksikan alumina hidrat (Al(OH)_3) sebanyak 100 g dengan asam klorida (HCl) sebanyak 180 g dan asam sulfat (H_2SO_4) sebanyak 127,1 g dalam sebuah *beaker glass* pada suhu sekitar 100°C . Hasil reaksi kemudian ditambahkan kapur (CaCO_3) untuk menaikkan basisitasnya (*The New Zealand Water and Waste Association*, 2013). Campuran yang dihasilkan selanjutnya difiltrasi menggunakan kertas saring untuk memisahkan cairan PAC dari produk samping berupa padatan gipsum (CaSO_4). PAC cair yang dihasilkan selanjutnya dianalisis kandungan Al_2O_3 , Cl, dan SO_4^{2-} serta pH. Demikian juga produk samping gipsum yang diperoleh dicuci, dibilas, dikeringkan kemudian ditimbang serta dianalisis kandungan Ca dan SO_4 . Pada penelitian kali ini dilakukan percobaan variasi penambahan kapur (100-135 g) dan penambahan air tetap (400 g) pada pembuatan PAC cair untuk dilihat pengaruhnya terhadap produk PAC cair.

Peralatan

Peralatan yang digunakan terdiri dari *beaker glass*, *hot plate* lengkap dengan *magnetic stirrer*, saringan, oven, timbangan dan peralatan untuk uji komposisi kimia (AAS, titrasi, gravimetri) dan lain sebagainya.

Bahan-bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan terdiri dari Al(OH)_3 teknis dengan kadar 60,56 % Al_2O_3 yang dibuat dari *tailing* bauksit (Husaini dan Pendi, 2010), HCl teknis dengan kadar 34,4 %, H_2SO_4 teknis dengan kadar 95%, CaCO_3 teknis dengan kadar 62,8 % CaO (lihat Tabel 4) dan air.

Prosedur Percobaan

- Bahan baku yang diperlukan untuk pembuatan PAC cair, yaitu Al(OH)_3 , HCl, H_2SO_4 dan CaCO_3 disiapkan sesuai komposisi yang ditentukan.
- Larutan asam sulfat sebanyak 127,1 g masukkan ke dalam *beaker glass* yang di dalamnya telah diisi air dalam 200 g.
- Alumina hidrat sebanyak 100 g dimasukkan ke dalam larutan asam yang berada dalam reaktor sambil diaduk.
- Larutan tersebut dipanaskan sampai suhu 100°C selama 90 menit dan ditambahkan HCl ke dalam larutan yang dipanaskan, kemudian diencerkan dengan akuades 200 g. Selama pemanasan berlangsung, pengadukan terus dilakukan hingga Al(OH)_3 larut semua.
- CaCO_3 ditambahkan secara perlahan sampai mencapai pH yang dikehendaki.
- PAC cair yang diperoleh disaring dari endapan gipsum yang terbentuk kemudian dilakukan pembilasan.
- Kandungan Al, Cl dan sulfat dalam PAC cair yang dihasilkan dianalisis dengan AAS filtrasi dan gravimetri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan PAC cair sangat tergantung pada komposisi bahan-bahan yang digunakan. Bahan kimia yang digunakan meliputi Al(OH)_3 , H_2SO_4 , HCl dan kapur. Rasio bahan baku yang digunakan tersebut sangat menentukan mutu PAC cair yang dihasilkan. Menurut Consito, 2014), dengan menggunakan bahan baku alumina (kadar 58-62% Al_2O_3) dan asam klorida (kadar 31-33% HCl) dibutuhkan rasio Al_2O_3 terhadap HCl 2,15-2,27 untuk menghasilkan PAC 18% (PAC yang mengandung Al_2O_3 18%). Sedangkan untuk membuat PAC 9% dilakukan dengan mencampurkan PAC 18% de-

ngan aluminium sulfat 8% dengan rasio berat 460:75. Alum 8% dibuat dari alumina dengan asam sulfat dengan rasio 145:242. Sementara dalam penelitian di sini bahan baku yang digunakan selain alumina dan HCl juga ditambahkan asam sulfat dan kapur. Spesifikasi produk PAC cair yang ada di pasaran bermacam-macam di antaranya ada yang memiliki komposisi kimia sebagai berikut: Al_2O_3 $10,25 \pm 0,25\%$, Cl $9 \pm 0,5\%$, Al_2O_3 $9 \pm 0,5\%$, Cl $9 \pm 0,5\%$, dan SO_4 2,7% (Arya PAC) dan PAC 9% dengan komposisi Al_2O_3 $9 \pm 0,5\%$, Cl 9,8-11% (Consito, 2014) (Tabel 2). Untuk itu penelitian kali ini bertujuan untuk mencari perbandingan bahan baku pembuatan PAC cair yang tepat sehingga diperoleh hasil yang baik dan mendekati komposisi kimia dari yang disebutkan di atas.

Dari percobaan laboratorium yang telah dilakukan dalam penelitian ini, perbandingan berat bahan antara $Al(OH)_3$: H_2SO_4 :HCl dan kapur yang cukup baik adalah 1:1,27:1,8:1. Setelah ditemukan perbandingan bahan yang tepat pada pembuatan PAC cair ini selanjutnya dilakukan penambahan kapur pada percobaan, untuk kemudian dilihat pengaruhnya terhadap pro-

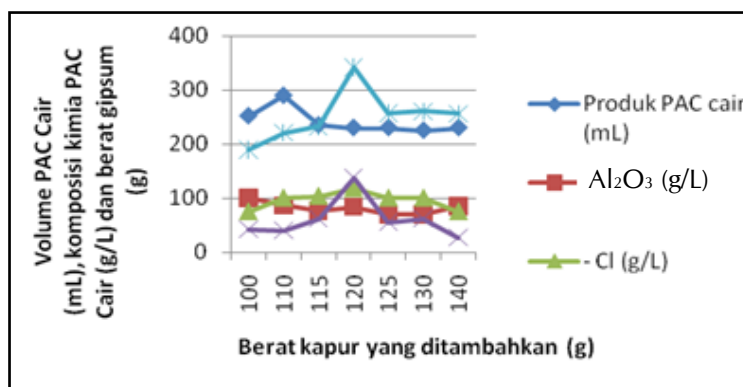
duk akhir yang diperoleh. Berat kapur yang ditambahkan bervariasi mulai dari 100 g sampai 135 g. Berikut merupakan tabel yang menunjukkan kondisi percobaan untuk masing-masing penambahan kapur.

Dari variasi penggunaan berat kapur antara 100-135 g, yang memberikan mutu PAC cair yang terbaik adalah 135 g dengan komposisi Al_2O_3 86,1 g/L (8,61%), Cl 75,5 g/L (7,55%), dan sulfat 27,5 g/L (2,75%), hanya saja produk PAC cair ini agak encer karena kelebihan air. Walaupun demikian, hasil uji jar tes menunjukkan bahwa mutu produk PAC cair ini relatif baik.

Grafik pada Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar penambahan kapur menyebabkan konsentrasi Al_2O_3 menurun seperti dari 101 g/L dengan penambahan 100 g kapur menjadi 86 g/L dengan penambahan 135 g kapur. Hal ini disebabkan karena dari hasil analisis *sampling* yang diambil sewaktu percobaan diamati bahwa dengan adanya penambahan kapur yang bersifat basa dapat mengambil Al pada larutan sehingga menyebabkan turunnya konsentrasi Al_2O_3 .

Tabel 4. Pembuatan PAC cair dengan variasi berat kapur

Kondisi percobaan	1	2	3	4	5	6	7
Berat $Al(OH)_3$ (kadar Al_2O_3 60,5%) (g)	100	100	100	100	100	100	100
Kadar air dalam $Al(OH)_3$ (%)	7,21	7,21	7,21	7,21	7,21	7,21	7,21
Berat H_2O (g)	39,44	39,4	39,4	39,4	39,4	39,4	39,44
Berat H_2SO_4 (kadar sulfat 95%) (g)	127,1	127,1	127,1	127,1	127,1	127,1	127,1
Berat HCl (kadar HCl 34,4%) (g)	180	180	180	180	180	180	180
Berat $CaCO_3$ (kadar CaO 62,8%) (g)	100	110	115	120	125	130	135
Air tambahan (mL), terdiri dari:	400	400	400	400	400	400	400
- air untuk $Al(OH)_3$	200	100	100	100	100	100	100
- air untuk kapur	200	300	300	300	300	300	300
Waktu pengadukandengan sulfat (menit)	20	20	20	20	20	20	20
Waktu pengadukan dengandengan HCl (menit)	20	20	20	20	20	20	20
Waktu pengadukan dengandengan $CaCO_3$ (menit)	20	20	20	20	20	20	20
Suhu($^{\circ}C$)	bp	bp	bp	bp	bp	bp	bp
Produk PAC cair							
- Volume sluri PAC (mL)	700	700	700	700	700	700	700
- Vol PAC hasil filtrasi (mL)	252	290	235	230	230	225	230
- Berat jenis PAC cair	1,18	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,15
- pH PAC cair	2,68	2,64	2,66	2,65	2,67	2,66	2,86
- Basisitas (%)	38,1	39,2	39,5	40,2	40,8	41,2	42,1
- Viskositas (Cst)	15,2	16,1	16,7	17	16,9	17,8	19,6
Komposisi kimia PAC cair:							
- Al_2O_3 (g/L)	101,36	87,01	76,8	84,4	70,3	69,8	86,06
- Cl (g/L)	75,11	100,7	104	118	100,7	100,7	75,52
- SO_4 (g/L)	41,8	40,22	62,24	138,1	55	62,24	27,5
Berat gipsum kering dibilas 1 kali (g)	188,5	220,3	232,1	342,6	256,3	260,4	256,1



Gambar 1. Pengaruh penambahan kapur terhadap produk PAC cair

Sedangkan untuk komposisi Cl, variasi penggunaan jumlah kapur menyebabkan konsentrasi Cl menurun seperti pada penambahan 125 g kapur, konsentrasi Cl dari turun dari 118 g/L menjadi 100,7 g/L. Begitu pula dengan konsentrasi SO₄, konsentrasi SO₄ menurun ketika ditambahkan 125 g kapur, dari turun drastis dari 138,1 g/L menjadi 55 g/L. Hal ini terjadi karena dalam jumlah yang banyak kapur dapat mengambil asam pada larutan sehingga dapat menyebabkan turunnya konsentrasi Cl dan SO₄ pada penambahan kapur. Penyimpangan yang terjadi dapat disebabkan oleh *sampling* serta analisis yang dilakukan.

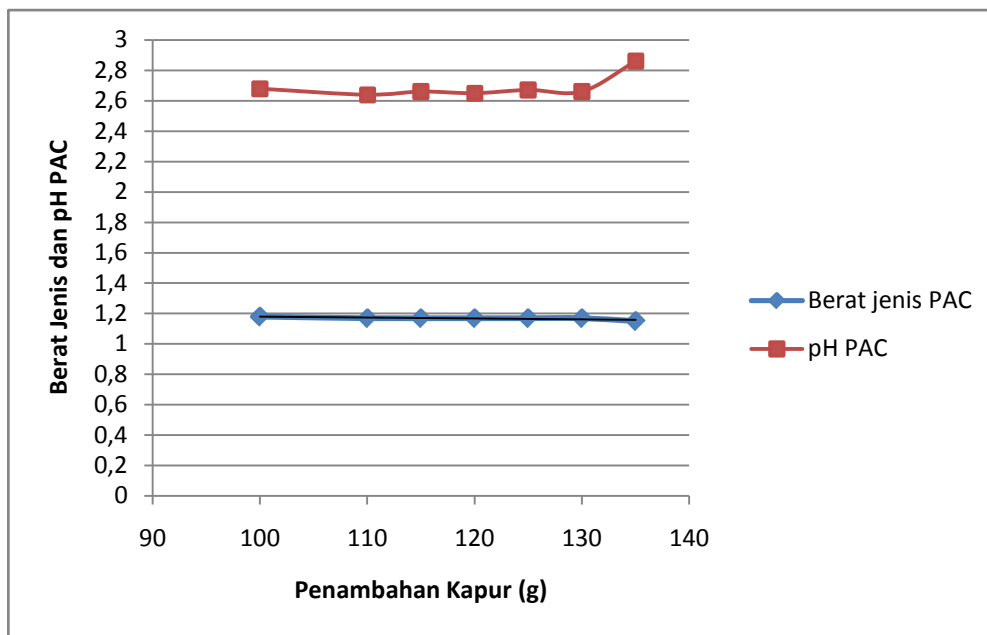
Penambahan kapur juga berpengaruh pada volume PAC cair dan berat gipsum kering yang dihasilkan. Penambahan kapur menyebabkan volum PAC yang diperoleh semakin berkurang. Hal ini terjadi karena kapur dapat menyerap kelebihan asam dan Al yang terdapat pada PAC sehingga mempengaruhi volume larutan. Dengan penambahan 100 g kapur diperoleh 252 mL PAC cair sedangkan dengan penambahan (115-135 g) kapur, volume PAC cair yang diperoleh turun menjadi 230 g. Selain itu, penambahan kapur pada larutan PAC juga menyebabkan meningkatnya berat gipsum yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4 yang menunjukkan kenaikan berat gipsum kering seiring dengan penambahan kapur pada PAC. Dengan penambahan 100 - 120 g kapur, berat gipsum yang dihasilkan yaitu 188,5 - 342,6 g.

Selain perubahan komposisi kimia, penelitian kali ini juga melihat pengaruh penambahan kapur pada berat jenis dan pH PAC yang dihasilkan. Grafik pada Gambar 2 menunjukkan penambahan kapur menyebabkan berat

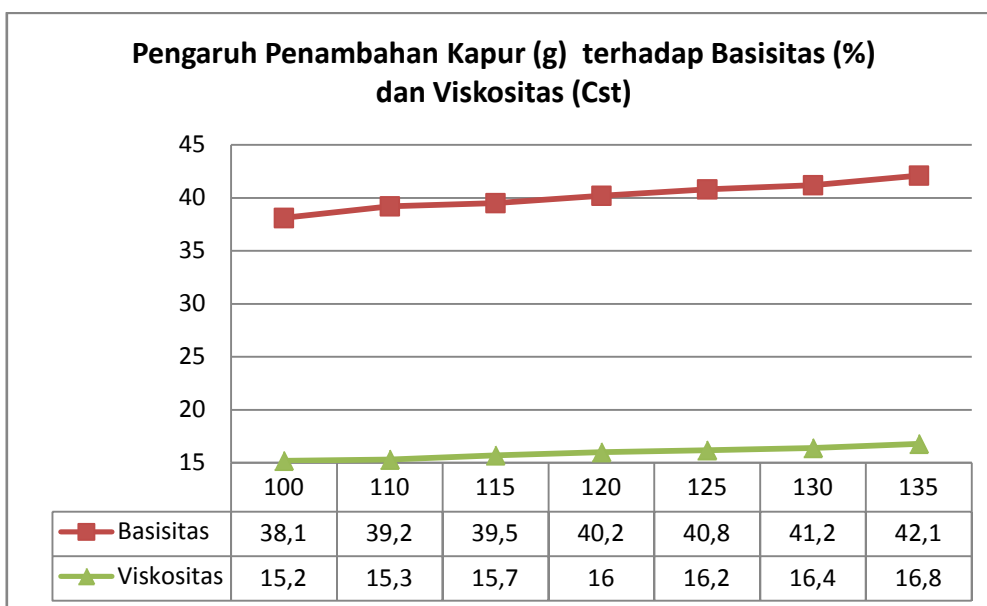
jenis PAC cair yang dihasilkan cenderung tetap. Demikian juga pada pH PAC, penambahan kapur menyebabkan kenaikan pH yang tidak terlalu signifikan kecuali pada penambahan 135 g kapur yang mengakibatkan kenaikan pH sebanyak 0,2 poin. Kapur yang ditambahkan pada PAC cair akan mempengaruhi sifat asam PAC karena sifatnya yang basa sehingga pH PAC yang dihasilkan akan semakin meningkat.

Selain berat jenis dan pH, diamati pula perubahan basisitas dan viskositas PAC cair yang diperoleh. Basisitas PAC cair terus meningkat seiring dengan penambahan kapur. Hal ini terjadi karena kapur yang bersifat basa akan meningkatkan tingkat kebasaaan dari PAC cair. Basisitas yang diperoleh sesuai dengan dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu sebesar 30-50 %. Demikian juga dengan viskositas PAC cair, mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kapur. Viskositas yang diperoleh masih dalam nilai yang diharapkan yaitu 10-20 Cst.

Setelah dilakukan variasi penambahan kapur, selanjutnya dilakukan variasi penambahan air pada pembuatan PAC cair untuk mengetahui pengaruhnya terhadap produk akhir yang diperoleh. Dengan adanya variasi air, ingin diketahui jumlah air yang tepat pada proses pembuatan PAC agar produk dan spesifikasi yang dihasilkan optimal. Penggunaan air yang sedikit dapat menyebabkan larutan mudah mengkristal sehingga menghambat proses pembuatan PAC, sedangkan penggunaan air yang berlebihan dapat menyebabkan proses pembuatan menjadi lama. Setelah dilakukan percobaan sebanyak 5 kali, diperoleh hasil yang disajikan dalam Tabel 5.



Gambar 2. Pengaruh penambahan kapur terhadap berat jenis dan pH PAC cair



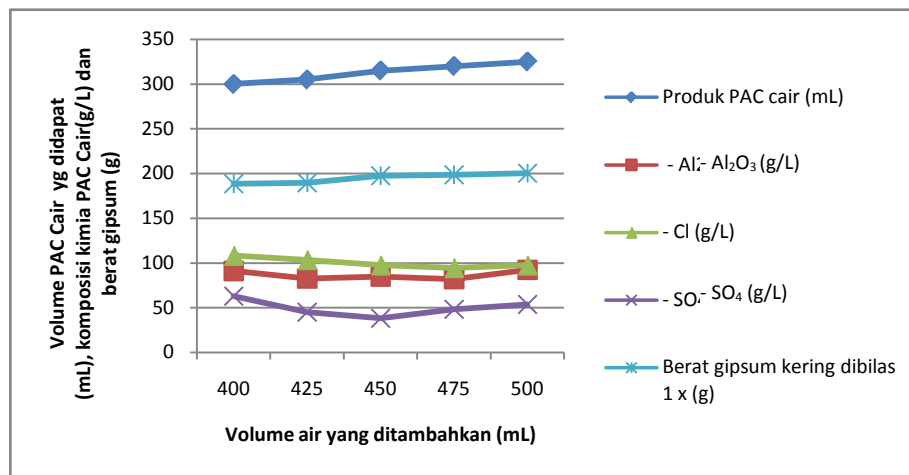
Gambar 3. Pengaruh penambahan kapur terhadap kasisitas dan viskositas PAC cair

Gambar 4 menunjukkan variasi penambahan air menyebabkan konsentrasi Al_2O_3 menurun seiring dengan peningkatan jumlah air yang ditambahkan pada pembuatan PAC cair. Dengan penambahan air 400 mL - 475 mL, konsentrasi Al_2O_3 yang diperoleh adalah sebanyak 91,2 - 82,2 g/L, tetapi pada penambahan 500 mL air konsentrasi Al_2O_3 meningkat menjadi

92,4 g/L yang disebabkan oleh pengambilan percontoh yang tidak homogen. Pada grafik terlihat bahwa penambahan air menyebabkan menurunnya konsentrasi Cl^- . Dengan penambahan 400 mL - 475 mL air diperoleh konsentrasi Cl^- sebanyak 108,4-94,7 g/L, tetapi pada penambahan 500 mL konsentrasi Cl^- kembali meningkat menjadi 97,7 g/L.

Tabel 5. Percobaan pembuatan PAC cair dengan variasi penambahan air

No	1	2	3	4	5
Berat Al(OH) ₃ (kadar Al ₂ O ₃ 60,6%) (g)	100	100	100	100	100
Kadar air (%)	7,21	7,21	7,21	7,21	7,21
Berat H ₂ SO ₄ (kadar sulfat 95%) (g)	127,1	127,1	127,1	127,1	127,1
Berat HCl (kadar HCl 34,4%) (g)	180	180	180	180	180
Berat CaCO ₃ (kadar CaO 62,8%) (g)	100	100	100	100	100
Air tambahan (mL), terdiri dari:	400	425	450	475	500
- air untuk Al(OH) ₃	100	100	100	100	100
- air untuk kapur	300	325	350	375	400
Waktu pengadukan dengan sulfat (menit)	20	20	20	20	20
Waktu pengadukan dengan HCl (menit)	20	20	20	20	20
Waktu pengadukan dengan CaCO ₃ (menit)	20	20	20	20	20
Suhu (°C)	bp	bp	bp	bp	Bp
Produk PAC cair					
- Volume sluri PAC (mL)					
- Vol PAC hasil filtrasi (mL)	300	305	315	320	325
- Berat jenis PAC cair	1,17	1,17	1,16	1,15	1,15
- pH PAC cair	2,59	2,62	2,71	2,71	2,63
Basisitas (%)	39,5	39,8	40,3	39,9	41
Viskositas (Cst)	15,2	15,3	15,7	16	16,2
Komposisi kimia PAC cair:					
- Al ₂ O ₃ (g/L)	91,2	82,9	85,11	82,2	92,4
- Cl (g/L)	108,4	103,6	97,7	94,7	97,7
- SO ₄ (g/L)	63,1	45,2	38,3	48,2	53,9
Berat gipsum kering dibilas 1 kali (g)	188,6	189,6	197,7	198,7	200,5



Gambar 4. Pengaruh penambahan air terhadap produk PAC cair

Grafik di atas menunjukkan pengaruh variasi penambahan air terhadap konsentrasi SO₄²⁻. *Trend* yang ditunjukkan naik turun seiring dengan penambahan air. Pada penambahan 400 mL konsentrasi SO₄²⁻ sebesar 63,1 g/L dan turun menjadi 38,3 g/L pada penambahan 450 mL air. Penambahan jumlah air menyebabkan berat gipsum yang diperoleh mengalami peningkatan. Demikian juga dengan volume

PAC, mengalami kenaikan seiring dengan penambahan air yang dilakukan.

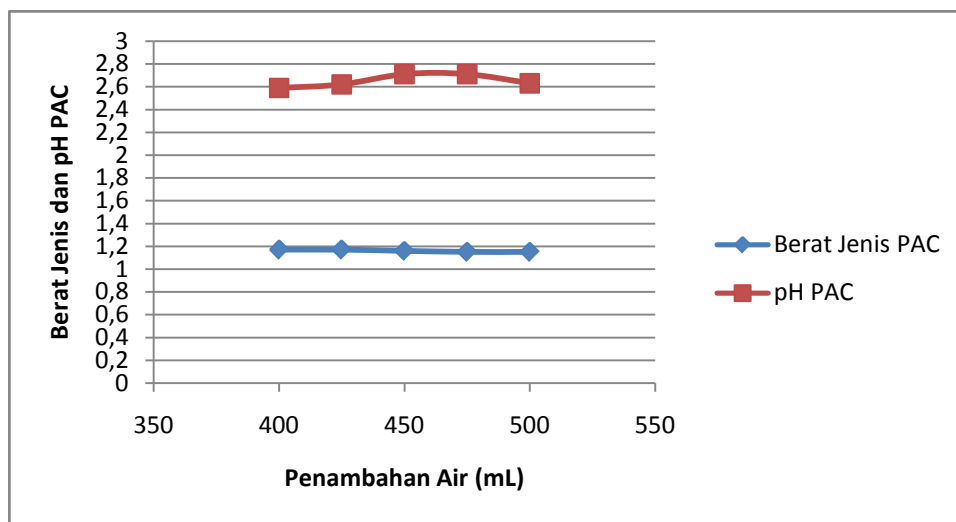
Grafik pada Gambar 5 menunjukkan pengaruh penambahan air terhadap berat jenis dan pH PAC cair. Penambahan air menyebabkan berat jenis PAC cair yang dihasilkan menurun tetapi tidak signifikan. Hal ini terjadi karena semakin banyak air yang digunakan, PAC

yang diperoleh semakin encer jika waktu dijaga konstan. Sedangkan penambahan air yang dilakukan menyebabkan sedikit kenaikan pada pH PAC karena air yang bersifat netral dapat meningkatkan pH PAC yang bersifat asam tetapi tidak signifikan.

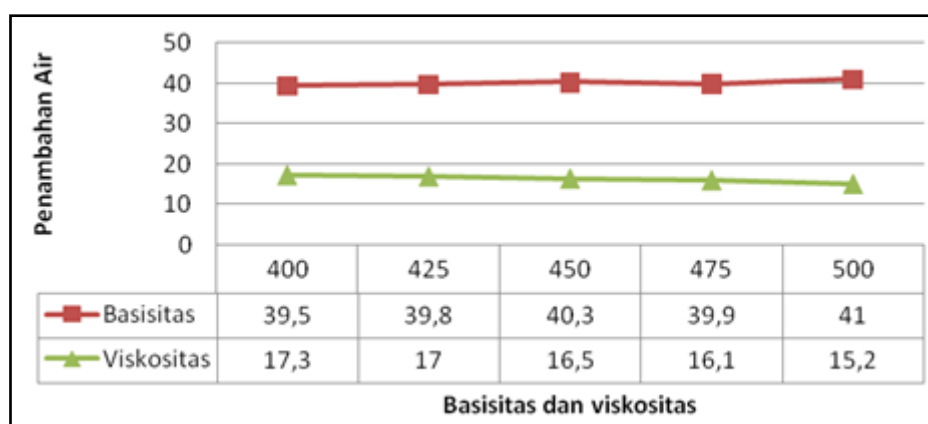
Selain itu, penambahan air yang dilakukan juga berpengaruh terhadap basisitas dan viskositas PAC cair. Grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan air, terjadi peningkatan basisitas walaupun tidak signifikan. Sedangkan untuk viskositas PAC cair berkurang seiring dengan penam-

bahan air. Nilai basisitas dan viskositas yang diperoleh masih dalam rentang nilai yang diharapkan yaitu 30-50 % untuk basisitas serta 10-20 Cst untuk viskositas.

Pada percobaan variasi penambahan air, produk PAC cair yang mendekati persyaratan pasar adalah dengan menggunakan air sebanyak 500 mL dan hasilnya memiliki komposisi kimia sebagai berikut $Al_2O_3 = 92,4 \text{ g/L}$ (9,24%), $Cl = 97,7 \text{ g/L}$ (9,77%) dan sulfat = $53,9 \text{ g/L}$ (5,39%), ini mendekati produk PAC9% yang dikeluarkan oleh (Corsinto, 2014) (Tabel 5 dan Gambar 3).



Gambar 5. Pengaruh penambahan air terhadap berat jenis dan pH PAC cair



Gambar 6. Pengaruh penambahan air (mL) terhadap basisitas (%) dan viskositas PAC cair (Cst)

KESIMPULAN DAN SARAN

- PAC berkualitas baik dapat dihasilkan bila menggunakan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dengan kemurnian tinggi (kadar $\text{Al}_2\text{O}_3 > 62\%$) dan komposisi berat bahan baku yang tepat yaitu dengan rasio $\text{Al}(\text{OH})_3:\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HCl}:\text{CaCO}_3 = 1:1,27:1,8:1$, atau menggunakan $\text{Al}(\text{OH})_3$ sebanyak 100 g, HCl sebanyak 180 g dan H_2SO_4 sebanyak 127,1 g, dan kapur 100 g.
- Penambahan kapur pada pembuatan PAC cair menyebabkan perubahan komposisi kimia PAC cair yang dihasilkan. Konsentrasi Al_2O_3 , terus menurun seiring dengan penambahan kapur dan kembali naik pada penambahan 135 g kapur. Konsentrasi Cl^- dan SO_4^{2-} menurun dengan penambahan kapur tetapi kembali naik pada penambahan 125 g kapur.
- Penambahan kapur pada pembuatan PAC cair mempengaruhi pH, berat gipsum, basisitas, viskositas serta volume filtrasi PAC yang dihasilkan. Sedangkan berat jenis PAC cenderung konstan dengan penambahan kapur pada larutan.
- Penambahan air pada pembuatan PAC cair juga menyebabkan perubahan komposisi kimia pada PAC cair. Konsentrasi Al_2O_3 , dan Cl^- terus menurun seiring dengan penambahan air dan kembali naik pada penambahan 500 mL kapur. Konsentrasi SO_4^{2-} menurun dengan penambahan air tetapi kembali naik pada penambahan 450 mL air.
- Penambahan air pada pembuatan PAC cair juga mempengaruhi pH, berat gipsum, viskositas serta volum filtrasi PAC yang dihasilkan. Berat jenis dan basisitas PAC tidak dipengaruhi oleh penambahan air yang dilakukan pada pembuatan PAC cair.
- PAC cair terbaik yang diperoleh dari penelitian ini memiliki komposisi 9,24% Al_2O_3 , 9,77% Cl dan 5,39% sulfat. Dengan spesifikasi tersebut, PAC ini mendekati PAC 9% yang dikeluarkan oleh Consito, (2014) sehingga penelitian kali ini berhasil mendapatkan suatu proses pembuatan PAC cair yang mendekati spesifikasi PAC komersial dengan menggunakan bahan baku dari *tailing* pencucian bauksit. *Tailing* yang sebelumnya tidak bernilai dapat dimanfaatkan dan juga dapat mengurangi dampak negatif pada lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada saudara Suheri Pendi, Ade Setia Permana dan Titin yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan analisis kimia sehingga makalah ini dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Dawery, S.K. and Al-Joubori, O.H., 2012. Preparation and usage of polyaluminum chloride as a coagulating agent. *TJER*, Vol. 9(1). pp. 31-36.
- Chemical and 21, 2014. *Polyaluminum Chloride*. <http://www.chemicaland21.com/industrialchem/inorganic/POLYALUMINIUM%20CHLORIDE.htm>.
- Consito, Srl., 2014. Polyaluminum chloride process card. *Piazza IV Novembre*.
- De Dietrich, 2014. *The effective technology for water purification is Poly Aluminium Chloride (PAC)*. www.dedietrich.com.
- Gordana, B.G., Aleksandra B. and Bojan D., 2008. Discoloration of synthetic dyeing wastewater using polyaluminium chloride. *G.U. Journal of Science*, Vol. 21(4). pp.123-128.
- Husaini dan Pendi S., 2010. Penelitian pengolahan dan pemanfaatan *tailing* hasil pencucian bauksit untuk pembuatan PAC pada skala laboratorium. *Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, Badan Litbang Energi dan Sumber Daya Mineral, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral*, tidak diterbitkan.
- Li, F., Jiang, J.Q. Wu,S., Zhang,B., 2010. Preparation and performance of a high purity polyaluminum chloride. *Chemical Engineering Journal*, Vol. 156. pp. 64-69.
- Mc.Cabe.W.L and Smith. J.C., 1976. *Unit operation of chemical engineering*. Tokyo: McGraw Hill International Book Company.
- Nansubuga, I., BanaddaN., BabuM., VerstraeteW., Van de WieleT., 2013. Effect of polyaluminium chloride water treatment sludge on effluent quality of domestic wastewater treatment. *African Journal of environment science and technology*, Vol. 7(4). pp. 145-152.

- Padhi, B.K., Harry, B.W., Mohanty, B.N., 2000. Preparation of nano aluminium trihydroxide by forced hydrolysis in presence of emulsifying agent, *Nanotech 2008 Conference and Trade Show, Boston 1-5 June, 2008*.
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1999. *Chemical engineer's handbook*, Mc.Graw-Hills Companies INC, New York, p. 6-(34-35) dan 12-(52-64), 19-(40-47).
- The New Zealand Water and Waste Association, 2013. *Standard for the supply of polyaluminium chloride for use in water treatment*.
[http://www.nzwwa.org.nz/Folder?Action=View%20File&Folder.id.=101&File=standard for the supply of polyaluminium chloride for use in water treatment 2013.pdf](http://www.nzwwa.org.nz/Folder?Action=View%20File&Folder.id.=101&File=standard%20for%20the%20supply%20of%20polyaluminium%20chloride%20for%20use%20in%20water%20treatment%202013.pdf).
- Thompson, R., 1995. Industrial inorganic chemicals: Production and uses. *The Royal Society of Chemistry, Cambridge CB4 4WF, UK*.
- Xiao-bin Li, Wei XIAO, Wei LIU, and Tian-gui QI, 2009. Recovery of alumina and ferric oxide from Bayer red mud rich in iron by reduction sintering, *Trans. Non ferrous met.soc.China, Vol.19*, pp.1342-1347.
- Zouboulis, A.I. and Tzoupanos, N., 2009. Alternative cost-effective preparation method of polyaluminium chloride (PAC) coagulant agent: Characterization and comparative application for water/wastewater treatment. *Desalination, Vol 250*. pp .339-3.

