

## KAJIAN PERBANDINGAN PENGGUNAAN BAHAN KOAGULAN ALUMINIUM CHLOROHYDRATE (ACH) DAN POLYALUMINIUM CHLORIDE (PAC) DALAM MERAWAT AIR MENTAH JENIS AIR SUNGAI

*Zainuddin bin Jaafar, Mohd. Shaifuel Azwan bin Abd. Aziz dan Che Rogayah bt. Desa*

Civil Engineering Department  
Polytechnic of Sultan Abdul Halim Mu'adzam Shah  
06000 Jitra, Kedah, Malaysia

**Abstrak:** Proses rawatan air umumnya bermula daripada loji rawatan air. Tujuan utama kajian ini adalah untuk membuat perbandingan penggunaan Aluminium Chlorohydrate (ACH) berbanding Polyaluminium Chloride (PAC) dalam proses rawatan air sungai dan mengkaji tindak balas bahan koagulan ACH dan PAC dengan air mentah jenis air sungai. Sampel air kajian diambil dari Loji Rawatan Air Arau Fasa IV, Perlis. Terdapat tiga jenis ujian dijalankan bagi menentukan nilai kekeruhan, nilai PH dan nilai baki aluminium. Berdasarkan keputusan ujikaji didapati kedua-dua bahan koagulan ACH dan PAC yang diuji menunjukkan prestasi yang berbeza dalam proses merawat air mentah jenis air sungai.

**Kata Kunci:** *bahan koagulan, Aluminium Chlorohydrate, Polyaluminium Chloride, Air sungai, kekeruhan, nilai PH, nilai baki aluminium*

### PENGENALAN

Proses rawatan air umumnya bermula daripada loji. Rawatan air merupakan proses merawat air mentah supaya bebas daripada bahan cemar samada kimia atau bakteria merbahaya bagi menghasilkan air yang bersih dan selamat untuk digunakan manusia dan memenuhi piawaian air mentah yang ditetapkan oleh *Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO)*. Air yang bersih adalah air yang boleh diterima dari segi estetikanya, bebas dari kekeruhan yang nyata, bau dan warna serta rasa yang tidak menyenangkan penggunaannya.

### LATARBELAKANG KAJIAN

Loji Rawatan Air Arau Fasa IV di Perlis menggunakan air sungai sebagai air mentah untuk menghasilkan air terawat. Loji Rawatan Air Arau Fasa IV adalah dibawah bahagian JKR Bekalan Air Perlis. Loji ini beroperasi secara konvensional dengan menggunakan bahan koagulan Polyaluminium Chloride (PAC) dalam proses rawatan air. Untuk meningkatkan

kecekapan proses perawatan air bersih adalah perlu untuk diselidiki permasalahan yang mungkin timbul dalam setiap peringkat proses rawatan air.

Penelitian ini difokuskan pada proses koagulasi dan flokulasi yang merupakan proses yang penting untuk mendapatkan kejernihan air yang dirawat. Di peringkat ini proses penambahan koagulan ini bertujuan untuk menurunkan tahap kekeruhan air mentah tersebut. Kekeruhan pada air merupakan perkara yang penting dipertimbangkan dalam proses merawat air kerana ia mengurangkan nilai estetika, menyulitkan dalam usaha penyaringan, dan akan mengurungi keberkesanan proses merawat air mentah.

### OBJEKTIF KAJIAN

untuk merawat air mentah empangan Timah Tasoh. Kajian ini mengkaji sama ada ACH dapat merawat air mentah jenis air sungai yang mempunyai nilai pH 5.0 ke 5.5. Objektif utama kajian adalah untuk membandingkan penggunaan bahan koagulan Aluminium Chlorohydrate (ACH) dan Polyaluminium

Chloride (PAC) dalam merawat air mentah jenis air sungai.

## SKOP DAN BAHAN KAJIAN

Sampel air mentah diambil dari Sungai Besar, Arau yang dialirkan ke Loji Rawatan Air Arau Fasa IV, Arau, Perlis. Bahan Koagulan yang digunakan terdiri daripada Aluminum Chlorohydrate (ACH) dan Polyaluminium Chloride (PAC).

Ciri-ciri fizikal dan kimia ditentukan dengan melakukan beberapa ujian yang telah ditetapkan oleh pihak Jabatan Kerja Raya Negeri Perlis melalui pemantauan secara berkala dari pihak Jabatan Kesihatan Negeri Perlis. Ujian-ujian yang dijalankan ialah ujian Balang, ujian kekeruhan air, ujian nilai pH, dan ujian baki aluminium. Ujian-ujian ini dijalankan di makmal Loji Air Arau Fasa IV, Arau, Perlis.

## KAJIAN LITERATUR

Hampir 97% daripada air di bumi adalah air masin, manakala hanya 3% sahaja merupakan air tawar. Air tawar digunakan oleh manusia untuk pelbagai kegunaan. Terdapat empat sumber air untuk kegunaan manusia iaitu air hujan, air larian di permukaan (sungai, parit, laut), air dalam tanah dan air dari proses perwapan. Menurut Rushdan [1], sebanyak 50% sumber air di Semenanjung Malaysia, datangnya dari air hujan. Sejumlah 640 billion meter padu air yang dihasilkan di dalam satu tahun.

Jenis air yang boleh minum terdiri daripada air mentah dan air yang dirawat. Air mentah adalah air tawar yang diperolehi secara semulajadi seperti air hujan, air sungai, air tasik dan air di dalam tanah. Manakala air yang dirawat adalah air yang berpunca dari sumber air mentah tetapi menjalani rawatan tertentu supaya selamat digunakan oleh manusia samada untuk kegunaan di bilik air, ditandas, untuk tujuan memasak makanan ataupun untuk tujuan diminum.

Air mentah merupakan sumber air yang paling besar digunakan oleh manusia untuk tujuan memenuhi keperluan hidup mereka terutamanya di negara-negara mundur dan membangun. Untuk tujuan minum, air mentah ini akan dididihkan bagi membunuh organisme yang terdapat di dalamnya. Air mentah juga digunakan di dalam industri pembinaan, pertanian, penternakan serta untuk tujuan pembersihan. Komposisi air mentah berbeza-beza bergantung kepada sumber daripada mana ianya diperolehi [1].

Proses rawatan air berfungsi sebagai proses pengasingan bahan pencemar untuk dijadikan air minuman yang bersih dan selamat. Pepejal terampai, bakteria, virus, kulat, bahan mineral (ferum, mangan dan sulfur) serta bahan kimia akan disingkirkan semasa proses rawatan. Langkah-langkah ini adalah untuk menjamin kualiti air daripada proses rawatan sehingga proses penghantaran dan pengagihan air. Baki bahan disinfeksi yang dibenarkan berada dalam air yang telah dirawat adalah untuk membunuh bakteria dan patogen dalam proses tersebut.

Proses rawatan air secara konvensional adalah kaedah yang biasa digunakan di loji rawatan air di negara kita. Air mentah dirawat melalui beberapa langkah seperti pengudaraan, percampuran bahan kimia, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, penapisan dan akhirnya disinfeksi dengan bahan kimia tambahan sebelum disalurkan kepada pengguna.

Di antara tahap proses rawatan air mentah yang kritikal berlaku di peringkat proses koagulasi dan flokulasi. Koagulasi bermaksud pengetulan, manakala flokulasi pula bermaksud pengumpulan. Proses ini seringkali menggunakan bahan koagulan. Hasilnya adalah pembentukan kentalan (ekstrak) yang boleh mendap.

Koagulasi juga merupakan penambahan bahan kimia (koagulan) ke dalam air mentah dengan tujuan mengurangi daya tolak-menolak antara partikel koloid, sehingga partikel-partikel tersebut dapat bergabung menjadi flok-flok halus [2]. Sedangkan flokulasi merupakan suatu proses aglomerasi atau pengumpulan partikel-partikel terdestabilisasi menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan dapat dipisahkan melalui proses sedimentasi dan filtrasi [3]. Lamanya proses koagulasi bergantung kepada keadaan kekeruhan air mentah samada terlalu rendah atau terlalu tinggi. Untuk itu, perlu ditemukan batas optimal penggunaan koagulan pada kondisi kekeruhan air mentah yang berbeza [4].

Fungsi utama bahan koagulan adalah untuk mempercepat proses pengendapan partikel di dalam air. Dua jenis koagulan utama yang sering digunakan adalah *Aluminum Chlorohydrate (ACH)* dan *Poly Aluminium Chloride (PAC)*. Kedua-dua bahan ini mudah dibeli di pasaran. ACH adalah bahan koagulan paling banyak digunakan disebabkan harganya yang murah.

Polyaluminium Chloride (PAC) merupakan salah satu jenis koagulan yang sering digunakan. PAC tersedia dalam bentuk cair dan padat bergantung keperluan yang diinginkan dalam penjernihan air. PAC sering digunakan sebagai bahan koagulan untuk menggumpalkan partikel agar terbentuk flok sehingga dapat mengurangi tingkat kekeruhan air. PAC memiliki rumus umum kimia:  $Al_2(OH)_6-n Cl_n \times H_2O$  ( $n = 1-5$ ) PAC dapat dibuat dengan mereaksikan Aluminium

dengan Garam klorida (HCl) 5 – 15% pada suhu 67 – 97°C.

Hasil kajian Budiman dalam artikel Septyn [5] mendapati kadar PAC yang semakin tinggi berkisar dari 10 – 50 ppm pada musim kemarau akan menghasilkan nilai kekeruhan menurun. Sebaliknya apabila kadar PAC semakin ditingkatkan hingga 75 – 100 ppm nilai kekeruhan akan meningkat. Kesan penambahan koagulan yang berlebihan dapat menyebabkan berlakunya deflokulasi mengakibatkan flok yang terbentuk pecah. Dari hasil penelitian pada musim hujan, dosisi optimum PAC yang diperlukan sebanyak 75 ppm di mana dengan dos tersebut dapat menurunkan nilai kekeruhan air yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan dos PAC 50 ppm. Hal ini disebabkan pada penambahan PAC dengan kadar 75 ppm untuk musim kemarau kurang sesuai sehingga menyebabkan deflokulasi flok. Berdasarkan percubaan tersebut maka penentuan dos optimum koagulan perlu disesuaikan dengan keadaan kualiti air mentah.

Menurut Mayasari [6], Air sungai dengan kekeruhan 6,53 NTU dapat menggunakan koagulan Polyaluminium Chloride (PAC) dengan dosis optimum 40 ppm. Nilai kekeruhan akan memengaruhi dos optimum koagulan. Kadar PAC yang digunakan pada musim hujan sebesar 75 ppm dengan kecepatan pengadukan 100 rpm menghasilkan nilai kekeruhan air sungai menjadi 0.8 NTU. konsentrasi PAC optimum 25 ppm dengan efisiensi sebesar 63.9 %. Efisiensi penggunaan koagulan Aluminium sulfat dan PAC masing-masing memiliki efisiensi yang semakin tinggi setelah dilakukan penambahan konsentrasi koagulan.

Aluminium sulfat memiliki sifat larut dalam air yang biasanya digunakan sebagai bahan koagulan dalam proses penjernihan air minum, kilang pengolahan air limbah, serta pembuatan kertas. Aluminium kalium sulfat biasanya ditemukan dalam ragi, Dalam industri konstruksi Aluminium sulfat dapat digunakan sebagai bahan yang tahan air. pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi bahan koagulan yang akan digunakan. Dimana bahan koagulan biasanya memiliki rentan pH yang berbeza-beda. Pada koagulan Aluminium sulfat atau yang sering disebut tawas memiliki kisaran pH antara 5.5 – 7.5. Semakin tinggi tahap kekeruhan alkali dan bahan organik semakin tinggi juga dos koagulan yang diperlukan untuk membentuk flok. Hal ini justru berbanding terbalik dengan pH yang memiliki hubungan negatif dengan dos koagulan [7]

## METODOLOGI KAJIAN

Terdapat empat peringkat utama iaitu pensampelan, penyediaan dos bahan koagulan (buffer solution) , penilaian air sampel dan pengujian di makmal.

### Pengambilan Air Sampel

Dalam kajian ini sampel air diambil dari stesen persampelan air mentah di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV, Kg Sena, Perlis. Sampel air mentah diambil dengan menggunakan baldi. Sebelum sampel air mentah diambil, pili air mentah akan dibiarkan mengalir dalam kira-kira 5 minit supaya segala kekotoran yang mendap di dalam paip air mentah dapat dibuang terlebih dahulu. Ini juga bagi memastikan nilai *NTU* air mentah yang sebenar pada hari pengujian dapat diperolehi dengan kadar ralat yang paling minimum. Setiap ujikaji melibatkan ujikaji menggunakan ujian balang, ujian kekeruhan, ujian nilai pH dan ujian baki aluminium. Sampel air kemudiannya disimpan di dalam makmal Loji Rawatan Air Arau Fasa IV sebelum proses seterusnya dilakukan.

### Penyediaan Dos Bahan Koagulan

Penyediaan dos bahan koagulan adalah antara proses yang paling sukar dalam kajian ini. Hal ini kerana penyediaan dos bahan koagulan atau *buffer solution* memerlukan kaedah cuba dan jaya. Terdapat banyak kaedah yang boleh digunakan bagi menghasilkan *buffer solution*. Contoh kaedah yang digunakan dalam penghasilan *buffer solution* di makmal Loji Rawatan Air Arau Fasa IV adalah 0.5 g PAC + 0.99 g air suling ( menggunakan bikar 500 ml ) manakala kaedah yang digunakan dalam penghasilan *buffer solution* di loji rawatan air Timah Tasoh adalah 1 ml ACH + 99 ml air suling ( menggunakan bikar 1000 ml ).Kaedah yang menghasilkan *buffer solution* menggunakan bahan koagulan PAC di loji rawatan air Arau Fasa IV tidak boleh dijadikan panduan atau rujukan kerana terdapat perbezaan ketara antara *basicity* antara kedua-dua bahan koagulan ini. Tambahan pula nilai kekeruhan air mentah di makmal Loji Rawatan Air Arau Fasa IV yang sentiasa berubah-ubah menyukarkan pengkaji untuk menghasilkan dos penentuan yang optimum.

### Penilaian Air Sampel

Dua parameter utama yang perlu diambil kira setiap kali sebelum membuat ujikaji ialah nilai pH dan nilai kekeruhan. Ini disebabkan untuk mencapai objektif pertama dan kedua yang mana untuk menentukan potensi bahan koagulan untuk

menyingkirkan kekeruhan dan keberkesannya terhadap air yang dirawat. Dalam membandingkan keadaan sebelum dan selepas rawatan dengan penggunaan bahan koagulan yang berbeza, satu parameter tambahan diambil. Parameter tersebut adalah baki aluminium.

### Pengujian di Makmal

Eksperimen ini dibuat secara dua peringkat iaitu peringkat pertama melibatkan ujian balang, perubahan nilai pH dan perubahan baki aluminium. Ini bertujuan untuk mencapai objektif yang mana untuk menentukan kebolehan bahan koagulan Aluminium Chlorohydrate untuk menyingkirkan kekeruhan berbanding dengan bahan koagulan Polyaluminium Chloride. Dua keadaan ujikaji yang dibuat adalah proses iaitu Aluminium Chlorohydrate dan Polyaluminium Chloride bertindak sebagai koagulan tunggal.

Untuk peringkat kedua kerja makmal ialah dos optimum yang diperolehi dalam peringkat pertama akan digunakan secara seragam untuk menentukan air sampel yang mana kombinasinya lebih ekonomi. Dengan parameter asal sebelum proses rawatan, perbandingan dibuat dengan mudah untuk pengukuran rawatan kualiti air.

### Ujian Balang

Ujian balang dibuat untuk menentukan dos yang optimum bagi bahan koagulan untuk merawat air bagi menyingkirkan kekeruhan. Antara faktor lain yang ditentukan ialah pH, baki aluminium, dan masa pencampuran. Prosedur ujian balang adalah mengikut *Standard Method* yang ditetapkan di mana air sampel sebanyak 500 ml diletakkan kedalam setiap bikar. Bikar tersebut diletakkan di bawah setiap pengacau masing-masing. Dengan menggunakan pipet, koagulan diletakkan kedalam setiap bikar dengan dos tertentu kecuali satu bikar yang dijadikan rujukan. Sampel mula dikacau dengan kelajuan (200 rpm) selama satu minit. Kelajuan diturunkan (80 rpm) dan dikacau selama 10 minit. Kelajuan diturunkan (10 rpm) dan dikacau selama 10 minit. Selepas masa pengacauan tamat, flok dibiarkan mendap kedasar selama 10 minit. Air sampel diambil dari setiap bikar dengan menggunakan pipet dan diukur nilai kekeruhan akhir dengan menggunakan meter kekeruhan.



Gambar 1: Alat Ujian Balang

### Ujian Kekeruhan

Ujian kekeruhan dibuat sebanyak dua kali untuk setiap eksperimen, ini adalah untuk mendapatkan nilai kekeruhan awal dan akhir bagi setiap ujikaji. Ujian kekeruhan ini adalah mengikut prosedur yang dicadangkan oleh *Standard Method for Water and Wastewater Analysis* (1995). Proses pengujian dimulakan air sampel di masukkan ke dalam sel sampel sebanyak 10 ml dengan berhati-hati supaya tidak terdapat gelembung udara hadir di dalam sel. Sel sampel di keringkan dengan menggunakan kain bersih atau kertas tisu. Ukuran kekeruhan direkodkan dengan menggunakan meter kekeruhan (Turbidimeter)



Gambar 2: Model HACH 2100P Turbidimeter

### Pengukuran pH

Bacaan pH untuk setiap sampel diukur dengan menggunakan pH meter (rajah 3.4). pH elektrod dimasukkan kedalam air sampel dan direkodkan apabila bacaan sudah menjadi tetap. Nilai pH juga diambil sebanyak dua bacaan setiap kali eksperimen dibuat bagi menentukan nilai pH asal dan akhir semasa proses koagulasi.



Gambar 3 : Model HACH Sension3 pH Meter

### Pengukuran nilai baki aluminium

Pengukuran nilai baki aluminium adalah sangat penting kerana aluminium adalah logam berat. Nilai kandungan aluminium dalam air minum yang tinggi boleh menyebabkan risiko kepada penyakit yang berbahaya kepada pengguna contohnya penyakit kanser dan barah. Selain itu, nilai baki aluminium yang diperolehi akan menentukan dos optimum bahan koagulan yang akan digunakan dalam proses rawatan air di loji. Prosedur ujian baki aluminium adalah mengikut *Standard Method* yang ditetapkan. Air sampel sebanyak 50 ml dimasukkan silinder penyukat. Masukkan bahan HACH acid ascorbic aluminium reagent ke dalam silinder penyukat dan goncangkan secara perlahan-lahan.

Kemudian masukkan bahan HACH Aluver 3 aluminium reagent ke dalam silinder penyukat tadi dan goncangkan secara perlahan-lahan. Tuangkan 10 ml larutan ke dalam botol sampel dan tandakan sebagai botol A. Tinggalkan baki 25 ml ke dalam silinder penyukat dan masukkan bahan HACH Bleaching 3 aluminium reagent dan goncangkan secara perlahan-lahan. Masukkan 10 ml larutan tadi ke dalam botol sampel dan tandakan sebagai botol B. Selepas itu, masukkan botol sampel A terlebih dahulu ke dalam alat HACH Dr 2800 dan tekan **zero** untuk mendapatkan bacaan 0. Selepas ini masukkan botol sampel B dan tekan **read**. Bacaan yang terpapar pada skrin menunjukkan nilai baki aluminium di dalam air sampel.



Gambar 4 : Model HACH DR 2800

### KEPUTUSAN DAN ANALISIS

Data dan keputusan dinyatakan dalam bentuk jadual dan graf bagi memudahkan pemahaman dan analisis. Data-data diperolehi hasil ujikaji penggunaan dos bahan koagulan Aluminium Chlorohydrate dan Polyaluminium Chloride. Parameter yang terlibat dalam ujikaji ini ialah nilai kekeruhan, nilai pH dan baki aluminium.

### (a) Kesan Dos Koagulan Terhadap Penyingkiran Nilai Kekeruhan.

#### i. Aluminium Chlorohydrate(ACH) sebagai bahan koagulan.

Eksperimen pertama dibuat dengan menggunakan Aluminium Chlorohydrate (ACH) sebagai bahan koagulan untuk mengurangkan nilai kekeruhan. Larutan *buffer solution* diperolehi dengan menggunakan kaedah yang dirujuk daripada pembekal ACH iaitu Techkem Sdn Bhd. Kaedah bancuhan *buffer solution* ialah:

1.0 ml ACH + 99.0 ml air suling = Larutan *Standard Solution* 1%

Di mana,

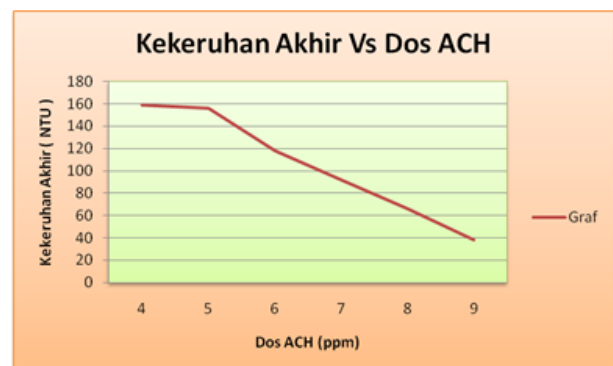
0.1 ml larutan *Standard Solution* 1% bersamaan 1 ppm.

#### Cubaan Pertama

Dalam percubaan pertama ujian balang menggunakan ACH sebagai koagulan ditunjukkan di dalam rajah 4.1. Dapat dilihat bahawa dos paling efektif bagi ujian ini adalah sebanyak 9 ppm iaitu dengan dos tersebut kadar kekeruhan dapat dikurangkan dari 153.0 NTU kepada 38.0 NTU. Peratus penyingkiran kekeruhan adalah sebanyak 75 %. Eksperimen pertama walau bagaimana pun menemui kegagalan kerana dos optimum tidak diperolehi dalam percubaan ini. Hasil kajian bagi percubaan pertama ditunjukkan dalam jadual 4.1. Untuk penentuan dos optimum, satu lagi eksperimen telah dilakukan.

No. Bikar	1	2	3	4	5	6
Dos ACH ( ppm )	4	5	6	7	8	9
Kekeruhan Akhir ( NTU )	159.0	156.0	118.0	92.0	66.0	38.0

Jadual 1 : Data Eksperimen 1



Graf 1 : Kekeruhan Akhir melawan Dos ACH

### Cubaan kedua

Graf menunjukkan ujian balang menggunakan ACH sebagai koagulan ditunjukkan sebagai cubaan kedua. Dapat dilihat bahawa optimum dos bagi ujian ini adalah sebanyak 13 ppm iaitu dengan dos tersebut kadar kekeruhan dapat dikurangkan dari 153.0 NTU kepada 7.47 NTU. Peratus penyingkiran kekeruhan adalah sebanyak 95 %. Walau bagaimana pun kekeruhan akhir pada dos 12 ppm adalah sebanyak 8.81 NTU dan peratus penyingkirannya adalah sebanyak 94%. Jadi boleh disimpulkan bahawa julat dos yang optimum adalah terhad diantara 12 ppm – 13 ppm. Ini menunjukkan perkembangan positif bagi kajian ini di mana ACH menunjukkan prestasi yang sangat baik sebagai bahan koagulan dalam proses rawatan air mentah jenis air sungai.

No. Bikar	1	2	3	4	5	6
Dos ACH ( ppm )	9	10	11	12	13	14
Kekeruhan Akhir (NTU)	38.0	28.4	12.5	8.81	7.47	19.0

Jadual 2 : Data Eksperimen 2



Graf 2 : Kekeruhan Akhir melawan Dos ACH

#### ii. Polyaluminium Chloride sebagai bahan koagulan.

Dalam percubaan pertama ujian balang menggunakan PAC sebagai bahan koagulan ditunjukkan di dalam rajah 4.2. Larutan *buffer solution* diperolehi dengan menggunakan kaedah yang dirujuk daripada pembekal PAC iaitu CCM Sdn Bhd. Kaedah bancuhan *buffer solution* ialah:-

0.76 ml PAC + 100 ml air suling = Larutan *Standard Solution* 1%

Di mana,

0.1 ml larutan *Standard Solution* 1% bersamaan 1 ppm.

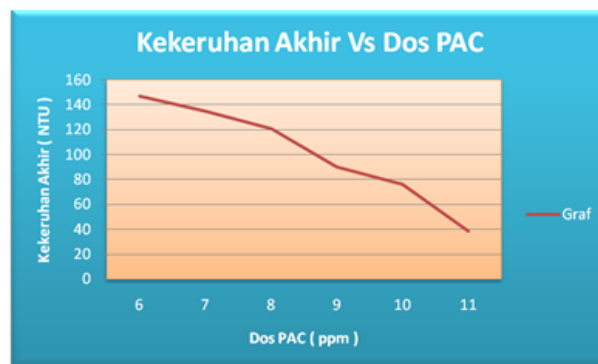
### Cubaan Pertama

Dalam percubaan pertama ujian balang menggunakan PAC sebagai koagulan ditunjukkan di dalam rajah 4.3. Dapat dilihat bahawa dos paling efektif bagi ujian ini adalah sebanyak 11 ppm iaitu dengan dos tersebut kadar kekeruhan dapat dikurangkan dari 153.0 NTU kepada 38.31 NTU. Peratus penyingkiran kekeruhan adalah sebanyak 75 %. Eksperimen pertama walau bagaimana pun menemui kegagalan kerana dos optimum tidak diperolehi dalam percubaan ini.

Hasil kajian bagi percubaan pertama ditunjukkan dalam jadual 2. Untuk penentuan dos optimum, satu lagi eksperimen telah dilakukan.

No. Bikar	1	2	3	4	5	6
Dos PAC ( ppm )	6	7	8	9	10	11
Kekeruhan Akhir (NTU)	147	135	121	90.1	76.3	38.31

Jadual 3 : Data Eksperimen 3



Graf 3 : Kekeruhan Akhir melawan Dos PAC

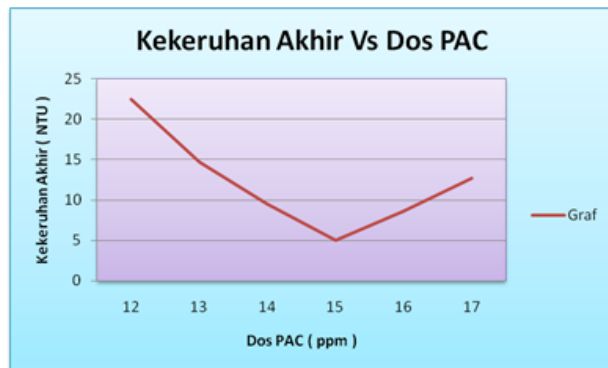
### Cubaan kedua

Jadual 4 menunjukkan ujian balang menggunakan PAC sebagai koagulan ditunjukkan sebagai cubaan kedua. Dapat dilihat bahawa optimum dos bagi ujian ini adalah sebanyak 15 ppm iaitu dengan dos tersebut kadar kekeruhan dapat dikurangkan dari 153.0 NTU kepada 5.01 NTU. Peratus penyingkiran kekeruhan adalah sebanyak 96.7 %. Walau bagaimana pun kekeruhan akhir pada dos 16 ppm adalah sebanyak 8.64 NTU dan peratus penyingkirannya adalah sebanyak 94.4 %. Jadi boleh disimpulkan bahawa julat dos yang optimum adalah terhad diantara 15 ppm – 16 ppm. Ini menunjukkan bahawa dosing yang lebih tinggi diperlukan untuk merawat air mentah berbanding bahan koagulan ACH. Dibandingkan

dengan peratus penyingkiran yang dibuat menggunakan ACH sebagai larutan koagulan, PAC bertindak lebih baik.

No. Bikar	1	2	3	4	5	6
Dos PAC ( ppm )	12	13	14	15	16	17
Kekeruhan Akhir (NTU)	22.5	14.7	9.51	5.01	8.64	12.7

Jadual 4 : Data Eksperimen 4



Graf 4: Kekeruhan Akhir melawan Dos PAC

**(B) Kesan jumlah dos koagulan terhadap perubahan nilai pH.**

**i. Larutan ACH sebagai bahan koagulan.**

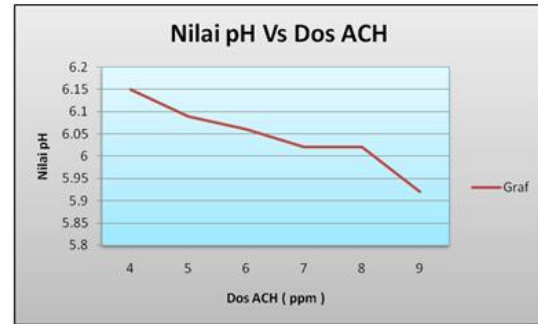
**Cubaan Pertama**

Data Ujikaji seperti Jadual 5 menunjukkan bahawa nilai basicity yang tinggi pada ACH berupaya menurunkan kadar pH yang ada pada air sampel. Dalam percubaan pertama, Semakin tinggi kadar dos ACH yang digunakan, nilai pH pada air tersebut semakin menurun.

Nilai pH asal = 6.35

No. Bikar	1	2	3	4	5	6
Dos ACH ( ppm )	4	5	6	7	8	9
Nilai pH	6.15	6.09	6.06	6.02	6.02	5.92

Jadual 5 : Data Eksperimen 5



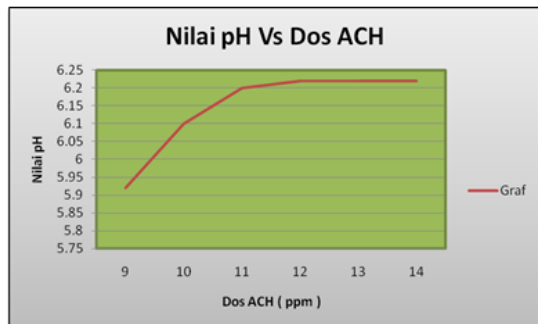
Rajah 4.5 : Graf nilai pH melawan Dos ACH

**Cubaan Kedua**

Keputusan ujikaji dalam Jadual 6 menunjukkan bahawa nilai basicity yang tinggi pada ACH berupaya menurunkan kadar pH yang ada pada air sampel. Walau bagaimanapun, dalam percubaan kedua, Semakin tinggi kadar dos ACH yang digunakan, nilai pH pada air tersebut semakin meningkat sehingga pada dos ACH yang optimum  
Nilai pH asal = 6.35

No. Bikar	1	2	3	4	5	6
Dos ACH ( ppm )	9	10	11	12	13	14
Nilai pH	5.92	6.10	6.20	6.22	6.22	6.22

Jadual 6 : Data Eksperimen 6



Graf 6 : Nilai pH melawan Dos ACH

**ii. Larutan PAC sebagai bahan koagulan.**

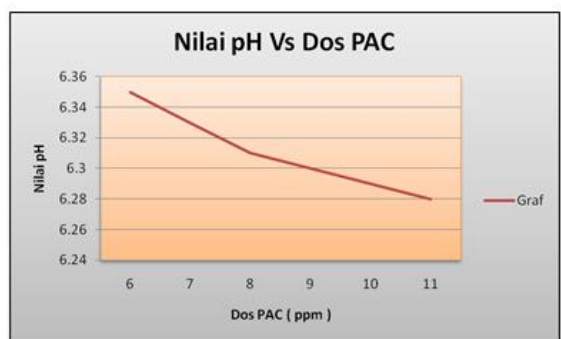
**Cubaan Pertama**

Hasil ujian balang menunjukkan pengurangan nilai pH yang konsisten dalam proses ujikaji. Merujuk kepada rajah 4.7, semakin tinggi dos PAC yang digunakan, semakin rendah nilai pH yang diperolehi dan air menjadi lebih berasid.

Nilai pH Asal = 6.35

No. Bikar	1	2	3	4	5	6
Dos PAC ( ppm )	6	7	8	9	10	11
Nilai pH	6.35	6.33	6.31	6.30	6.29	6.28

Jadual 7 : Data Eksperimen 7



Graf 7 : Nilai pH melawan Dos PAC

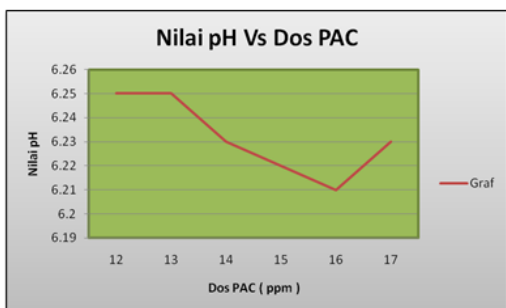
### Cubaan Kedua

Ujikaji seperti rajah 4.8 menunjukkan bahawa nilai basicity yang tinggi pada PAC berupaya menurunkan kadar pH yang ada pada air sampel. Dalam percubaan kedua, semakin tinggi kadar dos PAC yang digunakan, nilai pH pada air tersebut semakin menurun sehingga pada dos PAC yang optimum dan kemudin kembali meningkat semula. Kesimpulan yang dapat dibuat ialah konsistensi nilai pH menggunakan bahan koagulan PAC adalah lebih baik berbanding bahan koagulan ACH.

Nilai pH asal = 6.35

No. Bikar	1	2	3	4	5	6
Dos PAC ( ppm )	12	13	14	15	16	17
Nilai pH	6.25	6.25	6.23	6.22	6.21	6.23

Jadual 8 : Data Eksperimen 8



Graf 8 : Nilai pH melawan Dos PAC

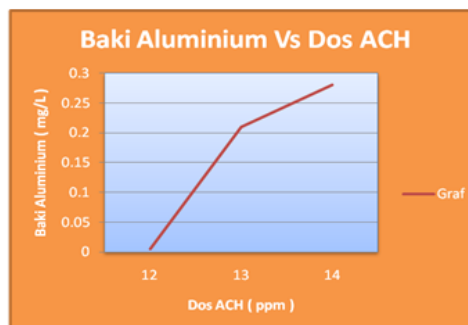
### (C) Kesan jumlah dos koagulan terhadap perubahan nilai baki aluminium.

#### i. Larutan ACH sebagai bahan koagulan.

Nilai baki aluminium hanya akan diuji hanya pada tiga dos bahan koagulan yang mempunyai nilai kekeruhan akhir yang terendah. Ini disebabkan dos optimum kebiasaannya akan merujuk kepada parameter kekeruhan. Jadi dalam eksperimen ujian balang menggunakan bahan koagulan ACH, ujian baki aluminium hanya akan dilakukan pada eksperimen cubaan kedua iaitu dalam Jadual 9.

No. Bikar	1	2	3	4	5	6
Dos ACH ( ppm )	9	10	11	12	13	14
Baki Aluminium ( mg/L )	-	-	-	0.005	0.21	0.28

Jadual 9 : Data Eksperimen 9



Graf 9 : Baki Aluminium melawan Dos ACH

Daripada graf 9 di atas, dapat disimpulkan bahawa dos paling optimum adalah pada dos 12 ppm. Hal ini kerana nilai baki aluminium yang diperolehi adalah yang paling minimum dan mencapai standard pematuhan yang telah ditetapkan oleh WHO. Standard pematuhan kualiti air minum (KMAM) yang telah ditetapkan oleh WHO bagi parameter baki aluminium adalah < 0.2 mg/L. Nilai baki aluminium bagi dos 13 dan 14 ppm adalah melanggar pematuhan kualiti WHO walaupun dos pada 13 ppm mempunyai nilai kekeruhan terendah.

#### ii. Larutan PAC sebagai bahan koagulan.

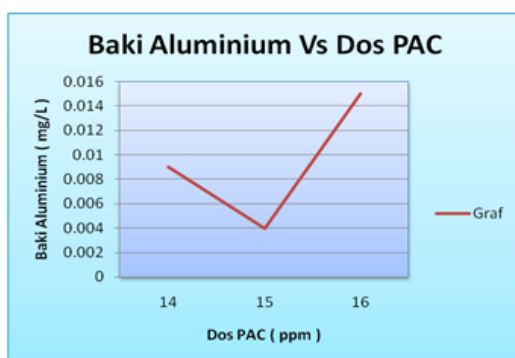
Nilai baki aluminium hanya akan diuji hanya pada tiga dos bahan koagulan yang mempunyai nilai kekeruhan akhir yang terendah. Ini disebabkan dos optimum kebiasaannya akan merujuk kepada parameter kekeruhan. Jadi dalam eksperimen ujian balang menggunakan bahan koagulan PAC, ujian baki



aluminium hanya akan dilakukan pada eksperimen cubaan kedua iaitu dalam ujikaji 4.10.

Bikar	1	2	3	4	5	6
Dos PAC ( ppm )	12	13	14	15	16	17
Baki Aluminium ( mg/L)	-	-	0.009	0.004	0.015	-

Jadual 4.10 : Data Eksperimen 10



Rajah 4.10 : Graf Baki Aluminium melawan Dos PAC

Daripada graf di atas, dapat disimpulkan bahawa dos paling optimum adalah pada dos 15 ppm. Hal ini kerana nilai baki aluminium yang diperolehi adalah yang paling minimum dan mencapai standard pematuhan yang telah ditetapkan oleh WHO. Standard pematuhan kualiti air minum (KMAM) yang telah ditetapkan oleh WHO bagi parameter baki aluminium adalah < 0.2 mg/L. Dos pada 14 dan 16 ppm juga mematuhi standard WHO. Ini membuktikan penggunaan bahan koagulan PAC adalah lebih baik daripada bahan koagulan ACH.

## PERBINCANGAN

Pengujian telah dilakukan sebanyak dua kali bagi bahan koagulan ACH dan dua kali bagi bahan koagulan PAC. Hasil pengujian pertama menggunakan bahan koagulan ACH untuk mendapatkan dos optimum menemui kegagalan kerana dos yang digunakan untuk mendapatkan dos optimum tidak mencukupi. Jadi satu lagi eksperimen dilakukan dengan meningkatkan lagi jumlah dos ACH. Akhirnya dos optimum bagi bahan koagulan ACH iaitu pada dos 12 ppm diperolehi di mana semua standard yang ditetapkan oleh WHO telah dipatuhi pada dos 12 ppm tersebut.

Manakala bagi pengujian yang menggunakan bahan koagulan PAC, hasil pengujian pertama untuk mendapatkan dos optimum juga menemui kegagalan kerana dos yang digunakan untuk mendapatkan dos

optimum tidak mencukupi. Jadi satu lagi eksperimen dilakukan dengan menambahkan lagi jumlah dos PAC. Akhirnya dos optimum bagi bahan koagulan PAC iaitu pada dos 15 ppm diperolehi di mana semua standard yang ditetapkan oleh WHO telah dipatuhi pada dos 15 ppm tersebut.

Hasil pengujian juga telah mematuhi objektif asal dalam kajian tersebut. Hal ini kerana bahan koagulan ACH terbukti berkesan dalam merawat air mentah jenis air sungai. Perbandingan keberkesanan di antara bahan koagulan ACH dan PAC juga berjaya diperolehi dalam kajian tersebut.

## KESIMPULAN

Daripada ujikaji dan analisa keputusan yang diperolehi dapatlah disimpulkan bahawa objektif kajian ini dapat dicapai. Merujuk kepada keputusan yang diperolehi melalui proses koagulasi yang menggunakan ujian balang, didapati penggunaan ACH sebagai bahan koagulan menunjukkan prestasi positif dengan penyingkiran kekeruhan sehingga 95 %. Walau bagaimanapun perubahan kekeruhan dan pembentukan flok terhadap sampel air dapat dilihat apabila semakin banyak dos yang digunakan. Berdasarkan ujian terhadap beberapa parameter air yang dibuat iaitu nilai kekeruhan, nilai pH dan baki aluminium, dapat dilihat bahawa tindak balas ACH sebagai bahan koagulan di dalam proses koagulasi berjaya mengurangkan kadar kekeruhan air sehingga 7.47 NTU daripada nilai asal iaitu 153.0 NTU.

Begitu juga terhadap parameter nilai pH dimana, nilai pH pada dos optimum adalah 6.22. Nilai pH tersebut dianggap berada dalam aras yang baik kerana penambahan kapur atau "hydrated lime" yang sedikit semasa proses rawatan air dapat mengurangkan kos bahan kimia seterusnya mengurangkan kos operasi secara umumnya.

Kesan positif dapat dilihat dari segi parameter baki aluminium dimana, baki aluminium pada dos optimum adalah 0.05 mg/L. Standard pematuhan kualiti air terawat yang dikeluarkan oleh WHO bagi parameter baki aluminium ialah < 0.2 mg/L. Oleh itu dapat dirumuskan kajian ini adalah berjaya kerana telah memenuhi objektif asal dan berjaya merawat air mentah jenis air sungai.

## RUJUKAN

- [1] Rushdan,M.<https://dribnusina.blogspot.com/2016/03/proses-rawatan-air-dan-bekalan-air-ke.html>  
Diakses pada 26 Oktober 2019.
- [2] Zhan Hanhui, Zhang, Xiaoqi, dan Zhan Xuehui. (2004). Coagu-Flocculation Mechanism of Flocculant and its Physical Model. Separation Technology VI: New Perspectives on Very Large-Scale Operations, RP3 (8) : 1-11.
- [3] Gebbie P. (2001). Using Polyaluminium Coagulants in Water Treatment.64<sup>th</sup> annual Water Industry Engineers and Operators' Conference All Seasons International Hotel-Bendigo, 39-47
- [4] Ignasius Dwi Atmana Sutapa. (2014). Comparison of Poly Aluminium Chloride (PAC) and Aluminium Sulphate Coagulants Efficiency in Reducing Peat Water Turbidity Obtained from Katingan District Central Kalimantan Province. ISSN 0125-9849, e-ISSN 2354-6638 Ris.Geo.Tam Vol. 24, No.1, Juni 2014 : 13-21
- [5] Septyn,LA 2019. Efektivitas Penggunaan Bahan Koagulan Dalam Proses Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum. Retrieved from <https://osf.io/v5cde/download/?format=pdf>
- [6] Mayasari, Rizka. (2018). Optimalisasi Dosis Koagulan Aluminium Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC) (Studi Kasus PDA Tirta Musi Palembang). Jurnal Universitas Muhammadiyah Palembang. 2(3): 2528-7419.
- [7] Septyn,LA (2019). Efektivitas Penggunaan Bahan Koagulan Dalam Proses Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum. Retrieved from <https://osf.io/v5cde/download/?format=pdf>