

# Optimasi Koagulan Polialuminium Klorida pada Percobaan *Jar Test* Berdasarkan Penurunan Konsentrasi Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) Air Limbah menggunakan Metode Respon Permukaan

Ahmad Zakaria<sup>1</sup>, Dian Mira Fadela\*<sup>1</sup>, Witri Djasmari<sup>2</sup>, Fachrurrazie<sup>3</sup>, Risdha Sagita Razak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Pengolahan Limbah Industri, Politeknik AKA Bogor, Bogor, 16154 Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Penjaminan Mutu Industri Pangan, Politeknik AKA Bogor, Bogor, 16154 Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Analisis Kimia, Politeknik AKA Bogor, Bogor, 16154 Indonesia

\*E-mail : [dianfadela@kemenperin.go.id](mailto:dianfadela@kemenperin.go.id)

(Received : 26 Mei 2022; Accepted: 24 Agustus 2022; Published: 27 Agustus 2022)

## Abstrak

Industri minyak wangi menghasilkan air limbah yang mengandung beberapa jenis bahan kimia yang dapat mencemari lingkungan. Proses koagulasi-flokulasi merupakan salah satu metode dalam pengolahan air limbah dengan penambahan koagulan yang bertujuan untuk menghilangkan padatan tersuspensi dan zat organik yang dapat menyebabkan kekeruhan serta bau. Penambahan koagulan pada *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) tidak dilakukan secara kuantitatif, sehingga perlu dilakukan percobaan dengan metode *jar test*. Tujuan percobaan untuk mengetahui pH dan dosis optimum koagulan *poly aluminium chloride* (PAC) pada percobaan *jar test* berdasarkan penurunan konsentrasi *chemical oxygen demand* (COD) air limbah menggunakan metode respon permukaan. Hasil uji parameter COD dibandingkan dengan Surat Keputusan Gubernur Tingkat 1 Jawa Barat (SK Gub TK 1 Jabar) No. 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat. Berdasarkan hasil percobaan diperoleh kondisi optimum koagulan PAC pada pH air limbah 5,9 dengan dosis koagulan optimum pada 300 mg/L. Hasil pengujian parameter COD memberikan nilai efisiensi sebesar 49,89%. Percobaan yang dilakukan membuktikan bahwa koagulan PAC mampu menurunkan kadar pada parameter COD dengan nilai efisiensi yang cukup besar.

*Kata kunci: COD, jar test, koagulan, PAC, respon permukaan*

## Abstract

*The fragrance industry delivers wastewater possessing several classes of chemicals that stand environmentally immutable. The coagulation-flocculation approach stands as one of the techniques in wastewater treatment among the upsurge of a coagulant to aim the removal of suspended solids and organic substances causing turbidity and odor. The coagulant to the Wastewater Treatment Plant (WWTP) is not accomplished quantitatively, so it stands crucial to experiment with the jar test procedure. The pursuit of the experimentation stood to settle the pH and optimum dosage of polyaluminum chloride (PAC) coagulant in the jar test investigation founded on reducing the concentration of chemical oxygen demand (COD) in wastewater utilizing the surface response method. The outcomes of the COD parameter test corresponded with the Decree of the Governor of Level 1 West Java (SK Gub TK 1 West Java) No. 6 of 1999 regarding Liquid Waste Quality Standards for Industrial Activities in West Java. This analysis's results reached the optimum requirement of PAC coagulant at pH 5.9 of wastewater and the coagulant dose at 300 mg/L. The COD index results of wastewater present an efficiency significance at 49.89%. These experimentations have been taken out to proclaim that PAC coagulants were capable to ameliorate levels of COD index with a vast satisfactory efficiency level.*

*Keywords: coagulant, COD, jar test, PAC, response surface*

## PENDAHULUAN

Industri minyak wangi merupakan salah satu industri yang cukup diminati dan berkembang pesat di seluruh dunia, mulai dari industri yang kecil hingga besar. Dalam pembuatannya, industri minyak

wangi menggunakan beberapa jenis bahan organik, terutama golongan ester dan keton. Dalam penggunaan bahan organik yang cukup banyak, industri ini menghasilkan limbah dalam bentuk

bahan organik yang berupa xylene, ketone, dan bahan organik lainnya. (Simonich, et. al., 2000).

Industri minyak wangi merupakan salah satu industri yang pengolahan air limbahnya menjadi masalah yang menantang, pengolahan dengan cara konvensional tidak dapat menangani semua polutannya dengan baik. Air limbah dari pabrik parfum yang memasuki perairan air sungai tanpa perawatan yang tepat akan menyebabkan munculnya masalah lingkungan (Sun, et. al., 2014; Simonich, et. al., 2002). Salah satu indikator kerusakan lingkungan ini bisa dilihat dari peningkatan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) di perairan (Tamyiz, 2015; Atima, 2015).

Beberapa Industri memiliki *Waste water treatment plant* (WWTP), industri ini mengolah limbah dari produksi minyak wangi secara kimia dan fisika. Salah satu proses pengolahan limbah yaitu proses koagulasi-flokulasi. Proses ini yang bertujuan untuk mengurangi padatan tersuspensi dan zat organik yang dapat menyebabkan masalah kekeruhan dan bau dengan cara penambahan bahan kimia dengan menggunakan koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) (Sabur, et.al., 2012; Muralimohan, dkk. 2014; Putri dan Kartoharjo, 2018; Oktariy dan Kartoharjo, 2018). Beberapa industri masih menggunakan teknik pendugaan jumlah koagulan yang dimasukkan dalam WWTP mereka.

PAC mempunyai derajat polimerisasi yang tinggi, yang sangat baik digunakan untuk air dengan alkalinitas rendah yang membutuhkan penghilang warna dan waktu reaksi yang cepat. PAC mengandung  $Al_2O_3$  sebanyak 10-12% dan kandungan basa minimal 50%. Daya koagulasi PAC lebih besar dari alum dan dapat menghasilkan flock yang stabil walaupun pada suhu yang rendah serta pengerjaannya mudah (Anugrah, 2013). Penambahan kimia tidak dilakukan dengan kuantitatif melainkan dengan perkiraan, sehingga perlu dilakukan optimasi dosis dengan metode *jar test* (Ayoub, et. al., 2011; Muralimohan, dkk., 2014; Putri dan Kartoharjo, 2018; Oktariy dan Kartoharjo, 2018; Hameed, et. al., 2018).

*Jar test* adalah suatu metode pengujian untuk mengetahui kemampuan suatu koagulan dan menentukan kondisi dosis optimum pada proses penjernihan air dan air limbah. Beberapa peneliti telah melakukan teknik pengolahan limbah menggunakan *jar test*. Pradeep Kumar, et. al. (2008) dengan metode *jar test* dan menggunakan koagulan aluminium yang dapat menurunkan kadar COD sebesar 58,6% dengan dosis koagulan  $5 \text{ kg/m}^3$ . Zakaria, dkk.. (2021) dengan menggunakan koagulan PAC dan metode *jar test* dapat menurunkan kadar COD sebesar 71-77%.

Metode rancangan percobaan penentuan kondisi optimum menggunakan *response surface doe* dua variabel dengan pH larutan air limbah dan konsentrasi PAC. Menggunakan *response surface doe* karena memvariasikannya secara simultan dengan

menggunakan *central composite design* dan dapat menghemat percobaan karena banyaknya data pengamatan yang diperlukan untuk membuat model jauh lebih sedikit, tanpa kehilangan informasi tentang efek utama. Selain itu juga, *central composite design* merupakan desain yang sangat efektif dan efisien untuk memperkirakan orde pertama dan orde kedua.

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pH dan dosis optimum koagulan PAC pada percobaan *jar test* berdasarkan penurunan konsentrasi COD air limbah menggunakan metode respon permukaan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam percobaan ini yaitu *jar test*, spektrofotometer Hach DR 3900, multi parameter analyzer Agilent Technologies 3200M, COD reactor Hach dan peralatan gelas.

Bahan yang digunakan berupa bahan uji dan bahan kimia. Bahan uji yang digunakan yaitu contoh air limbah dari WWTP industri minyak wangi. Bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan ini meliputi bahan uji dan bahan kimia. Bahan uji yang digunakan adalah limbah cair. Bahan kimia yang digunakan adalah kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ), asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), kalium hidrogen ftalat (KHP), air suling, dan koagulan poly aluminium chloride (PAC).

### Metode Pengujian

Percobaan dilakukan melalui tiga tahapan yaitu tahap preparasi, pengujian, dan pengolahan data. Tahap preparasi terdiri atas pembuatan koagulan PAC 1%, pembuatan reagent COD, pembuatan larutan standar induk kalium hidrogen ftalat (KHP) 1000 mg/L, dan pembuatan larutan standar KHP. Percobaan *jar test* dilakukan berdasarkan metode SNI 19-6449-2000. Pengujian parameter COD dilakukan berdasarkan metode SNI 06-6989.15-2004.

Metode respon permukaan dengan software minitab 17 digunakan dalam pembuatan rancangan percobaan dan dihasilkan sebanyak 13 rancangan percobaan. Rentang variasi percobaan untuk pH air limbah adalah 5-9 serta untuk konsentrasi koagulan PAC adalah 0-300 mg/L.

### Percobaan Koagulasi. SOP SNI 19-6449-2000

Teknik percobaan koagulasi dilakukan menggunakan alat *jar test*. Air limbah masing-masing disiapkan 400 mL sebanyak 13 buah dalam gelas piala 500 mL yang diaduk terlebih dahulu. Kemudian air limbah ditambahkan larutan PAC 1% (v/v) hingga diperoleh konsentrasi PAC pada air limbah sesuai rencana percobaan (Tabel 1), lalu dimasukkan ke alat *jar test*. Alat *jar test* dihidupkan, kemudian alat pengaduk diturunkan dan kecepatan diatur 120 rpm pada alat selama 1 menit. Kemudian diatur kecepatan diatur menjadi 60 rpm selama 20 menit. Alat dimatikan dan biarkan flok-flok terbentuk mengendap selama 15 menit.

**Pengujian Chemical Oxygen Demand (COD) Air Limbah Sebelum dan Setelah Koagulasi, SOP SNI 6989.2:2009**

Sampel air limbah dipipet 2,5 ml ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 1,5 ml K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> dan 3,5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat kedalam tabung reaksi, kemudian tabung reaksi ditutup rapat dan dihomogenkan. Tabung reaksi yang berisi sampel, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dipanaskan pada COD reaktor selama 2 jam pada suhu 150 °C lalu diukur pada spektrofotometer HACH DR 3900 dengan panjang gelombang 610 nm.

**Perhitungan Data COD**

Hasil pengujian parameter COD adalah absorbansi yang didapat melalui pengujian menggunakan alat instrumen spektrofotometer HACH DR 3900, sehingga diketahui konsentrasi terukur COD. Nilai Efisiensi penurunan COD dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{Efisiensi penurunan COD (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

A=Kadar COD sebelum jar test (mg/L)  
 B=Kadar COD setelah jar test (mg/L)

**Tahap Pengolahan Data**

Perhitungan Kadar COD

Perhitungan kadar COD dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar COD} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = \frac{(\text{absorbansi-intersept})}{\text{slope}} \times \text{FP}$$

Penentuan Dosis Optimum Menggunakan Software Minitab

Penentuan dosis optimum dilakukan dengan cara memasukan data % efisiensi penurunan COD dan % efisiensi penurunan TSS pada software minitab 17.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Limbah cair dapat didefinisikan sebagai air buangan yang berasal dari aktivitas manusia dan mengandung berbagai polutan yang berbahaya baik secara langsung maupun dalam jangka panjang. Berdasarkan sumbernya, limbah cair dapat dibedakan atas limbah rumah tangga dan limbah industri, sedangkan polutan yang terdapat dalam limbah dapat dibedakan atas polutan organik dan polutan anorganik dan umumnya terdapat dalam bentuk terlarut atau tersuspensi (Uyun, 2012). Air limbah cair merupakan salah satu masalah dalam pengendalian dampak lingkungan industri karena memberikan dampak yang luas terhadap lingkungan, pada proses koagulasi-flokulasi pada industri belum maksimal, sehingga perlu dilakukan percobaan koagulasi menggunakan teknik jar test di laboratorium dengan metode rancangan percobaan penentuan kondisi optimum menggunakan respon permukaan.

**Rancangan Percobaan Optimasi Koagulan PAC**

Rancangan percobaan variasi pH air limbah dan konsentrasi PAC ini dilakukan untuk mendapatkan kondisi pH dan konsentrasi yang sesuai untuk proses koagulasi-flokulasi dengan menggunakan koagulan PAC. Penentuan rancangan percobaan pH dan dosis optimum koagulan didapatkan melalui metode rancangan percobaan menggunakan metode respon permukaan dengan software minitab 17. Data rancangan percobaan dapat dilihat pada Tabel 1.

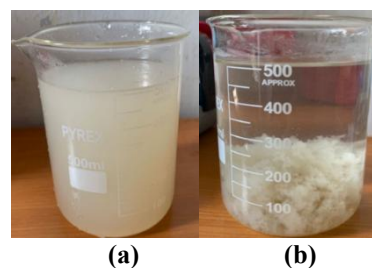
Tabel 1. Data Rancangan 13 Percobaan

Sampel ke-	pH Rancangan Percobaan	Konsentrasi PAC (mg/L)	pH Setelah Penambahan PAC
1	7,0	150	6,3
2	5,6	44	4,8
3	7,0	150	6,2
4	9,0	150	7,6
5	5,6	256	5,4
6	8,4	256	7,1
7	7,0	300	6,5
8	8,4	44	7,2
9	7,0	0	5,9
10	5,0	150	4,6
11	7,0	150	6,2
12	7,0	150	6,4
13	7,0	150	6,2

Nilai pH dari setiap analisis yang telah dilakukan mengalami penurunan pH dari pH rancangan percobaan. Hal ini terjadi karena koagulan PAC yang ditambahkan dalam sampel air melepaskan ion H<sup>+</sup> kedalam sampel air sehingga menyebabkan penurunan pH setelah penambahan koagulan PAC. Volume koagulan PAC yang ditambahkan berbeda-beda dari setiap konsentrasi yang ada.

**Pengujian Jar test**

Air limbah inlet memiliki nilai parameter COD yang tinggi yaitu sebesar 1778 mg/L sehingga perlu dilakukan penambahan koagulan PAC yang diproses dengan teknik percobaan menggunakan jar test. Setelah dilakukan percobaan menggunakan jar test, terlihat perbedaan warna dan kekeruhan air limbah sebelum penambahan PAC dan setelah penambahan PAC menggunakan jar test. Gambar pengujian jar test dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Keadaan air limbah sebelum penambahan PAC (a), air limbah setelah ditambahkan PAC (b)

Pada Gambar 1, dapat dilihat perbedaan kejernihan air. Pada Gambar 1 (a) keadaan air limbah sangat keruh, namun untuk Gambar 1 (b) keadaan air

limbah dengan penambahan PAC lebih jernih dan terdapat flok hasil proses flokulasi-koagulasi.

**Perhitungan % Efisiensi Penurunan COD**

Pengujian parameter COD dilakukan untuk mendapatkan kadar COD sebelum jar test, dan kadar COD setelah jar test, kemudian kadar COD digunakan untuk menghitung % efisiensi penurunan COD. Hasil perhitungan % efisiensi penurunan COD dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 Hasil pengujian parameter COD, didapatkan % efisiensi penurunan COD terbesar adalah 49,89 %, pada pH rancangan percobaan 7,0 dan konsentrasi 150 ppm. Efisiensi penurunan kadar COD dari percobaan jar test tidak terlalu tinggi karena pada dasarnya kadar COD tidak dapat dihilangkan atau direduksi hanya dengan pengolahan primer, setelah tahap percobaan jar test ini akan melewati tahap berikutnya. Konsentrasi koagulan PAC yang terlalu rendah juga dapat mempengaruhi berapa besar efisiensi penurunan kadar COD.

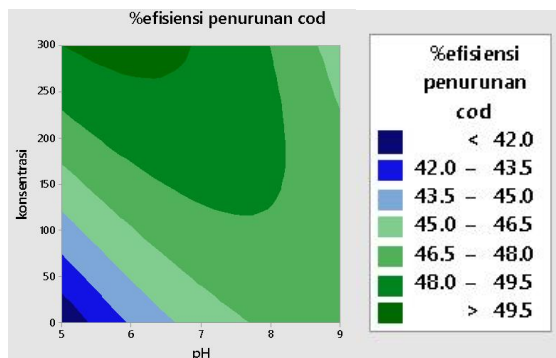
Tabel 2 Hasil Perhitungan % Efisiensi Penurunan COD

Sampel	Variasi pH setelah jar test	Konsentrasi PAC (ppm)	Kadar COD sebelum jar test (mg/L)	Kadar COD setelah jar test (mg/L)	% Efisiensi penurunan COD
1	7,0	150	1778	996,3	44,00
2	5,6	44		988,0	44,43
3	7,0	150		946,3	46,80
4	9,0	150		918,6	48,30
5	5,6	256		882,4	50,40
6	8,4	256		988,0	44,40
7	7,0	300		863,0	51,50
8	8,4	44		896,3	49,60
9	7,0	0		1063,0	40,20
10	5,0	150		1043,6	41,30
11	7,0	150		943,6	46,90
12	7,0	150		840,8	52,70
13	7,0	150		871,3	51,00

**Hubungan antara pH dan konsentrasi PAC terhadap % penurunan COD**

Hubungan antara pH dan konsentrasi PAC terhadap % penurunan COD adalah pH yang rendah atau cenderung asam dan konsentrasi PAC yang tinggi maka semakin tinggi % efisiensi penurunan COD nya. Hubungan antara pH dan konsentrasi PAC terhadap % penurunan COD berdasarkan hasil minitab 17 dapat dilihat pada Gambar 2.

pengujian menggunakan koagulan PAC, pH yang didapat sebesar 5,9 sedangkan dosis optimum koagulan yang didapat sebesar 300 ppm. Perhitungan untuk optimasi akan didapatkan bahwa nilai COD akan optimal pada nilai 49,89 %, karena membentuk suatu parabola yang terbuka ke bawah dan mencirikan bahwa nilai COD tersebut mempunyai nilai optimal.



Gambar 2 Hubungan antara pH dan konsentrasi PAC terhadap % penurunan COD.



Gambar 3 Hasil Pengujian pH dan Dosis Optimum Koagulan.

**Penentuan pH dan Dosis Optimum COD**

Pengujian pH dan dosis optimum koagulan PAC berdasarkan penurunan konsentrasi parameter COD menggunakan metode response surface doe (design of experiment). Berdasarkan Gambar 3. Hasil

**SIMPULAN**

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pH dan dosis optimum menggunakan koagulan PAC untuk parameter COD, pH yang didapat adalah 5,9 dan konsentrasi koagulan PAC yang didapat sebesar 300 ppm, dan efisiensi penurunan kadar COD sebesar 49,89%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, T. (2013). *Efektivitas Campuran Poli (Aluminium Klorida) (PAC) dan Aluminium Sulfat (Tawas) sebagai Koagulan dalam Pengolahan Air Bersih*. Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Atima, W. (2015) BOD Dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah, *Jurnal Biology Science & Education*, 4(1), 83-93.
- Ayoub, G.M., Hamzeh, A., Semerjian, L. (2011). Post treatment of tannery wastewater using lime/bittern coagulation and activated carbon adsorption. *Desalination*. 273. 2-3.
- Hameed, Y.T., Idris, A., Hussain, S.A., Abdullah, A.(2016). A tannin-based agent for coagulation and flocculation of municipal wastewater: Chemical composition, performance assessment compared to Polyaluminum chloride, and application in a pilot plant. *Journal of Environmental Management*. 184. 494-503.
- Kumar, P., Prasad, B., Mishra, I. M., & Chand, S. (2008). Decolorization and COD reduction of dyeing wastewater from a cotton textile mill using thermolysis and coagulation. *Journal of Hazardous Materials*, 153(1–2), 635–645.
- Muralimohan, N., Palanisamy, T., Vimaladevi, M.N. (2014). Experimental Study on Removal Efficiency of Blended Coagulants in Textile Wastewater Treatment. *International Journal of Research in Engineering & Technology*. 2. 15-20
- Oktariany, A. dan Kartoharjo S. (2018). Effect of Coagulant Dosage on Tofu Industry Wastewater Treatment in Combination with Ultrafiltration Process using Polysulfone Membrane. *E3S Web of Conferences*. 67.
- Putri, S.S. dan Kartoharjo S. (2018). Combination of Coagulation-flocculation and Ultrafiltration Processes using Cellulose Acetate Membrane for Wastewater Treatment of Tofu Industry. *E3S Web of Conferences*. 67.
- Sabur, M.A., Khan, A.A., Saflullah, S. (2012). Treatment of Textile Wastewater by Coagulation Precipitation Method. *Journal of Scientific Research*. 4. 623-633.
- Simonich, S. L., Begley, W. M., Debaere, G., & Eckhoff, W. S. (2000). Trace analysis of fragrance materials in wastewater and treated wastewater. *Environmental Science and Technology*, 34(6), 959–965. <https://doi.org/10.1021/es991018g>
- Simonich, S. L., Federle, T. W., Eckhoff, W. S., Rottiers, A., Webb, S., Sabaliunas, D., & De Wolf, W. (2002). Removal of fragrance materials during U.S. and European wastewater treatment. *Environmental Science and Technology*, 36(13), 2839–2847. <https://doi.org/10.1021/es025503e>
- Sun, P., Casteel, K., Dai, H., Wehmeyer, K. R., Kiel, B., & Federle, T. (2014). Distributions of polycyclic musk fragrance in wastewater treatment plant (WWTP) effluents and sludges in the United States. *Science of the Total Environment*, 493, 1073–1078. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.038>
- Tamyiz, M. (2015) Perbandingan Rasio BOD/COD Pada Area Tambak Hulu dan Hilir Terhadap Biodegradabilitas Bahan Organik, *Journal of Research and Technology*, 1(1), 9-15.
- Zakaria, A., Sauri, S., Fadela, D. M., & Wardhani, P. S. A. (2021). Efisiensi Penurunan Kadar COD, TSS, dan TDS pada Air Limbah Industri Pangan menggunakan Koagulan Poly Aluminium Chloride dengan metode Jar Test. *Warta Akab*, 45(2), 98–104.