

Penentuan Kondisi Optimum Koagulan Poli Aluminium Klorida Metode *Jar Test* Berdasarkan Penurunan Konsentrasi *Total Suspended Solid (TSS)* Air Limbah menggunakan *Response Surface Method*

Ahmad Zakaria¹, Dian Mira Fadela*¹, Endang Sri Lestari¹, Jenny Anna Margaretha Tambunan¹, Aynuddin¹, Fachrurrazie², Risdha Sagita Razak¹

¹ Program Studi Pengolahan Limbah Industri, Politeknik AKA Bogor, Bogor, 16154 Indonesia

² Program Studi Analisis Kimia, Politeknik AKA Bogor, Bogor, 16154 Indonesia

*E-mail : dianfadela@kemenperin.go.id

(Received: 10 Mei 2023; Accepted: 27 Juni 2023; Published: 31 Juli 2023)

ABSTRAK

Air limbah yang berasal dari produksi minyak wangi mengandung beberapa bahan kimia yang mencemari lingkungan. Penambahan koagulan adalah metode pengolahan air limbah untuk menghilangkan material organik dan padatan tersuspensi yang menyebabkan timbulnya kebauan dan kekeruhan. Dengan menggunakan metode *jar test*, penambahan precipitants non-kuantitatif ke instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dapat disesuaikan. Tujuan pengujian adalah menentukan pH dan kondisi optimum koagulan *polyaluminium chloride* (PAC) dalam pengujian dengan metode *jar test* berdasarkan pengurangan *Total Suspended Solid* (TSS) dalam limbah menggunakan metode statistik respon permukaan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, koagulan PAC memiliki kondisi optimum pada pH efluen sebesar 7,5 dengan dosis koagulan yang optimum sebesar 142,42 mg/l. Nilai efisiensi berdasarkan hasil pengujian parameter TSS sebesar 53,75%. Pengujian ini menunjukkan bahwa koagulan PAC memiliki efisiensi yang cukup tinggi dalam menurunkan nilai TSS.

Kata kunci: TSS, jar test, koagulan, PAC, respon permukaan

ABSTRACT

Wastewater from the manufacture of perfume oil contains a number of compounds that harm the environment. The addition of coagulants to wastewater is one way of wastewater treatment that tries to remove suspended solids and organic materials that can contribute to turbidity and odor. The jar test method should be used to regulate the addition of non-quantitative precipitants to a wastewater treatment plant (WWTP). The test's goal was to identify the ideal pH and amount of polyaluminum chloride (PAC) coagulant to use in jar test based on the surface reaction method's ability to reduce the amount of total suspended solids (TSS) in the effluent. The optimal effluent pH for PAC coagulant was found to be 7.5, and the ideal coagulant dose was found to be 142.42 mg/l based on the experimental results. The efficiency number obtained from the TSS parameter test is 53.75%. Tests conducted revealed that PAC coagulants were capable of significantly lowering TSS parameter levels.

Keywords: coagulant, TSS, jar test, PAC, response surface

PENDAHULUAN

Industri minyak wangi merupakan salah satu industri yang sangat berkembang di seluruh dunia saat ini. Industri ini menggunakan berbagai senyawa organik dalam proses produksinya, terutama keton dan ester. Dengan menggunakan senyawa organik dalam jumlah besar, industri ini dapat menimbulkan limbah organik berupa xilena, keton dan senyawa organik lainnya (Vecchiato, et. al., 2016).

Proses pengolahan air limbah industri minyak wangi merupakan masalah yang sulit karena pengolahan konvensional tidak mampu mengolah

semua kontaminan secara maksimal. Bahan buangan dari pabrik minyak wangi yang masuk ke sungai tanpa pengolahan yang sesuai dapat mengakibatkan masalah bagi lingkungan (Sun, et. al., 2014; Vecchiato, et. al., 2018). Salah satu indikator kerusakan lingkungan dapat dilihat dari peningkatan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) di perairan (Siswanto, 2011; Siswanto dan Nugraha, 2016).

Waste water treatment plant (WWTP) yang berada pada hampir semua industri, memproses limbah hasil produksi minyak wangi dengan cara

kimia dan fisika. Salah satu proses pengolahan limbah yang sering digunakan ialah koagulasi-flokulasi. Proses pengolahan ini dapat mengurangi zat organik dan padatan tersuspensi yang dapat menyebabkan kebauan dan kekeruhan dengan cara penambahan bahan-bahan kimia yang berupa koagulan, salah satunya *Poly Aluminium Chloride* (PAC) (Sabur, et.al., 2012; Gibson, et. al., 2020; Putri dan Kartoharjo, 2018; Oktariy dan Kartoharjo, 2018; Hak, dkk. 2018). Teknik perkiraan jumlah koagulan yang digunakan dalam WWTP masih digunakan dalam beberapa industri.

PAC memiliki derajat polimerisasi tinggi, sehingga sangat cocok untuk air beralkalinitas rendah yang memerlukan dekolonisasi dan waktu reaksi yang singkat. PAC memiliki kandungan Al_2O_3 sebanyak 10-12% serta basa paling sedikit 50%. Kemampuan koagulasi PAC yang lebih tinggi dari alum berakibat pada pembentukan flok yang lebih stabil dan mudah dalam pengerjaannya sekalipun pada temperatur yang rendah (Anugrah, 2013). Bahan kimia koagulan seringkali tidak ditambahkan secara kuantitatif, dengan memperkirakan konsentrasi, sehingga dosisnya harus dioptimalkan menggunakan metode *jar test*. (Hameed, et. al., 2018; Husaini, dkk. 2018; Putri dan Kartoharjo, 2018; Oktariy dan Kartoharjo, 2018; Jadid, dkk, 2019; Gibson, et. al., 2020).

Metode pengujian yang digunakan dalam menentukan kondisi kadar optimum suatu koagulan baik pada proses penjernihan air limbah maupun air secara umum adalah *jar test*. Teknik pengolahan limbah ini menggunakan teknik koagulasi-flokulasi, pengoptimasian kondisi limbah dengan menggunakan metode *jar test*. Busyairi (2014) menggunakan biokogulan kitosan dengan penambahan $CaCO_3$, dioptimasi dengan *jar test*, hal ini yang dapat menurunkan kadar TSS sebesar 87,50 hingga 93,53%.

Metode desain eksperimen menggunakan metode respon permukaan dua variabel untuk menentukan kondisi optimal, yaitu pH larutan efluen dan konsentrasi PAC. Metode statistik respons permukaan diimplementasikan dengan merubah beberapa variabel independen secara bersamaan dan dapat mengefisienkan eksperimen sebab data pengamatan yang dibutuhkan untuk membangun model jauh lebih sedikit serta tetap memperoleh informasi terkait efek utama. Selain itu, model yang sangat efisien dan efektif untuk estimasi orde pertama dan kedua adalah *central composite design*. Zakaria dkk (2022) dengan menggunakan metode respon permukaan dalam menentukan efisiensi penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) dengan pengujian pH dan dosis Optimum koagulan PAC sebesar 49,89%. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan derajat keasaman dan dosis koagulan PAC yang optimal dengan metode *jar test* berdasarkan penurunan konsentrasi TSS dalam efluen dengan metode reaksi permukaan. .

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan yaitu: *jar test*, oven Memmert, cawan porselen, dan kertas saring whatman grade 934 AH (ukuran pori 1,5 μm).

Bahan yang digunakan pada pengujian ini adalah sampel air limbah dari WWTP industri minyak wangi, *Poly Aluminium Chloride* (PAC).

Metode Pengujian

Pengujian ini dimulai dengan menyiapkan koagulan PAC 1%. Metode SNI 19-6449-2000 menjadi dasar dari pengujian *jar test*, untuk parameter TSS berdasarkan metode SNI 06-6989.27-2005, diawali dengan pengujian *Total Solid* (TS) berdasarkan metode SNI 066989.26-2005.

Dalam pembuatan rancangan percobaan menggunakan software Minitab seri 17 dengan metode respon permukaan. Variasi pH air limbah pada percobaan ini adalah 5-9 dengan konsentrasi bahan koagulan PAC sebesar 0-300 mg/L.

Pengujian Koagulasi. SOP SNI 19-6449-2000

Alat *jar test* digunakan dalam teknik pengujian koagulasi. Dalam 13 buah gelas piala 500 mL masing-masing dimasukkan 400 mL sampel air limbah yang sudah di homogenkan. Kemudian larutan PAC 1% (v/v) ditambahkan konsentrasi PAC dalam air limbah sesuai dengan rancangan percobaan (Tabel 1), setelah itu dimasukkan ke alat *jar test*. Selanjutnya, menyalakan alat *jar test*, lalu alat pengaduk diatur dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit. Setelah itu, kecepatan diubah menjadi 60 rpm selama 20 menit. Kemudian, alat dimatikan dan diamkan selama 15 menit untuk membentuk flok-flok dalam proses pengendapan.

Pengujian Total Dissolved Solid (TDS) Air Limbah Sebelum dan Setelah Koagulasi (SNI 06-6989.27-2005)

Kertas saring whatman kosong dipasangkan pada alat filtrasi lalu dibilas dengan 20 mL akuades sebanyak 3 kali, lalu hasil pembilasan dibuang. Sampel air limbah dihomogenkan, kemudian dipipet 50 mL lalu disaring menggunakan kertas saring dan dibilas dengan 10 mL akuades sebanyak 3 kali. Filtrat hasil penyaringan diletakkan ke cawan penguap (yang telah diketahui bobot tetapnya) dan dioven pada suhu 180 °C \pm 2 °C selama 1 jam. Cawan dikeluarkan dari oven lalu dimasukkan ke desikator kemudian ditimbang hingga mendapat bobot konstan dan dicatat sebagai bobot isi (B).

Pengujian Total Solid (TS) Air Limbah Sebelum dan Setelah Koagulasi (SNI 066989.26-2005)

Cawan porselen dipindahkan ke oven pada suhu 105 °C dengan durasi 1 jam. Cawan porselen dikeluarkan dari oven lalu ditempatkan ke desikator dan selanjutnya ditimbang sebagai berat awal (W_0) dan dicatat hasilnya. Air limbah dipipet 50 mL dan dimasukkan ke cawan lalu diuapkan pada penangas air hingga kering. Cawan yang mengandung padatan total

yang telah kering dimasukkan ke oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam, lalu dimasukkan ke desikator, kemudian ditimbang sebagai berat akhir (W1) dan dicatat hasilnya.

Perhitungan TSS

Hasil perhitungan TSS didapat melalui pengujian TS dan TDS. Pada pengujian TSS untuk mendapatkan kadar TSS (mg/L) menggunakan perhitungan rumus sebagai berikut:

$$\text{TSS (mg/L)} = \text{TS (mg/L)} - \text{TDS (mg/L)} \quad (1)$$

Keterangan :

TS : Total Solid (mg/L)

TDS : Total Dissolved Solid (mg/L)

TSS : Total Suspended Solid (mg/L)

Perhitungan Data TSS

Data kadar TSS yang dapat dimasukkan ke dalam perhitungan % efisiensi penurunan kadar TSS. Persentasi nilai efisiensi penurunan TSS dicari dengan rumus:

$$\text{Efisiensi penurunan TSS (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (2)$$

A=Kadar TSS sebelum jar test ($\frac{\text{mg}}{\text{L}}$)

B=Kadar TSS setelah jar test ($\frac{\text{mg}}{\text{L}}$)

Penentuan Dosis Optimum dengan Software Minitab

Dosis optimum ditentukan dengan cara memasukan data efisiensi penurunan TSS (%) pada software minitab 17.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah cair merupakan air buangan yang memiliki berbagai bahan pencemar berbahaya yang dapat memiliki dampak jangka panjang maupun secara langsung. Limbah cair dibagi menjadi limbah industri dan rumah tangga menurut sumbernya, dan kandungan polutan dalam limbah dibagi menjadi polutan anorganik dan organik yang sebagian besar terlarut atau tersuspensi. (Uyun, 2012). Salah satu masalah dalam pengelolaan lingkungan adalah air limbah, karena dampaknya yang besar terhadap lingkungan. Proses koagulasi dan flokulasi di industri yang kurang optimal, sehingga membutuhkan eksperimen koagulasi yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan teknik *jar test* menggunakan rancangan eksperimen yang memanfaatkan metode respon permukaan untuk menentukan kondisi optimal.

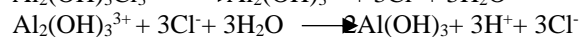
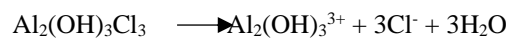
Rancangan Percobaan Optimasi Koagulan PAC

Desain uji untuk memvariasikan pH dan kadar PAC air limbah dilakukan untuk memperoleh kondisi pH dan konsentrasi yang tepat untuk proses koagulasi-flokulasi memakai PAC. Rancangan percobaan pH dan penentuan dosis koagulan optimal dilakukan dengan menggunakan software minitab 17 dengan *respon surface method*. Data rancangan pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Rancangan 13 Pengujian

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

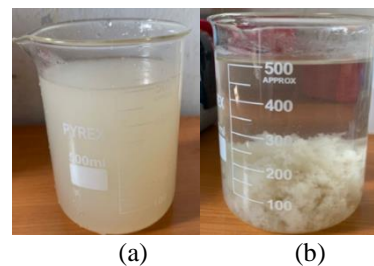
Hasil yang diperoleh adalah pH menurun setiap kali dilakukan analisis. Hal ini terjadi karena penambahan PAC pada sampel air menyebabkan pelepasan ion H⁺ ke dalam sampel air yang disertai penurunan pH. Volume koagulan PAC ditambahkan dari masing-masing variasi konsentrasi PAC. Reaksi hidrolisis 1 molekul PAC (Al₂(OH)₃Cl₃) dapat menghasilkan 2 molekul Al(OH)₃, 3 ion Cl⁻ dan 3 ion H⁺ yang bersifat asam berikut reaksinya :



(Yustinawati, 2014, Huasini, dkk. 2018).

Pengujian Jar test

Konsentrasi TSS influen sebesar 408 mg/L, konsentrasi ini sangat tinggi sehingga diperlukan penambahan koagulan PAC dan ditangani dengan metode eksperimen *jar test*. Setelah itu, perubahan warna dan kekeruhan air limbah sebelum dan sesudah penambahan PAC dapat diamati. Gambar pengujian jar test dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Keadaan air limbah sebelum (a) dan setelah (b) penambahan PAC

Pada Gambar 1, dapat diamati perubahan kejernihan air sebelum dan setelah penambahan PAC. Pada Gambar 1 (a) keadaan air limbah dengan kekeruhan tinggi, namun pada Gambar 1 (b) setelah penambahan PAC menunjukkan keadaan air limbah yang lebih jernih dan terdapat flok dari hasil proses flokulasi-koagulasi.

Perhitungan % Efisiensi Penurunan TSS

Pengujian TSS dilakukan untuk mendapatkan kadar TSS sebelum dan setelah jar test, kemudian kadar yang diperoleh digunakan untuk menghitung %

efisiensi penurunan TSS. Hasil perhitungan % efisiensi penurunan TSS dapat dilihat pada Tabel 2.

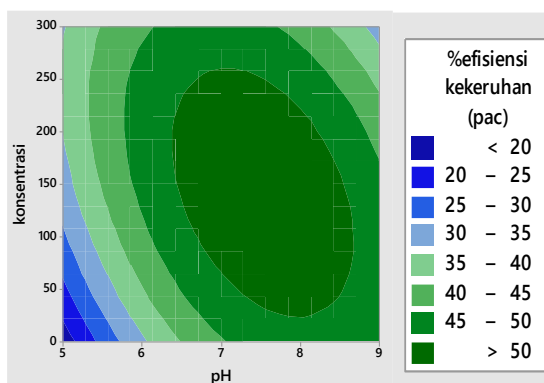
Berdasarkan Tabel 2 Hasil pengujian parameter TSS, didapatkan % efisiensi penurunan TSS terbesar adalah 68,40 %, pada pH 5,6 rancangan percobaan ke-2 dan konsentrasi 44 ppm. Efisiensi penurunan kadar TSS dari percobaan *jar test* menunjukkan bahwa besarnya dosis koagulan berpengaruh pada efisiensi

penurunan kadar TSS. Dosis koagulan PAC yang terlalu tinggi akan mengakibatkan ketidakstabilan sehingga flok yang terbentuk juga tidak optimal. Pada penambahan konsentrasi koagulan yang tinggi maka nilai TSS akan meningkat, oleh karena proses absorpsi kation yang berlebihan oleh partikel-partikel koloid dalam limbah sehingga menyebabkan deflokulasi atau restabilisasi koloid (Alerts dan Simetri, 1984).

Tabel 2 Hasil Perhitungan % Efisiensi Penurunan TSS

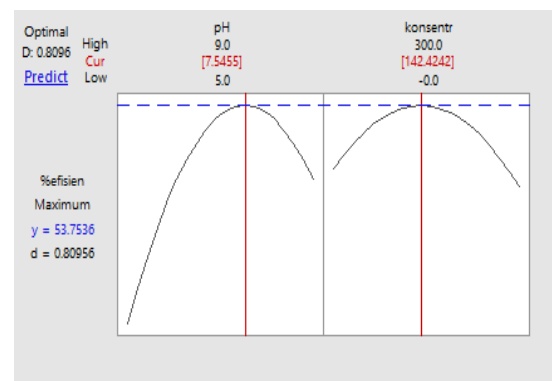
Sampel	Variasi pH setelah jarrest	Konsentrasi PAC (mg/L)	konsentrasi TSS sebelum jarrest (mg/L)	Kadar TSS setelah jarrest (mg/L)	% efisiensi penurunan TSS
1	5	150		307	24,8
2	5,6	44		129	68,4
3	5,6	256		348	14,7
4	7	0		134	67,2
5	7	150		167	59,1
6	7	150		140	65,7
7	7	150	408	148	63,7
8	7	150		172	57,8
9	7	150		158	61,3
10	7	300		260	36,3
11	8,4	44		176	56,9
12	8,4	256		299	26,7
13	9	150		163	60

Hubungan Antara pH dan Konsentrasi PAC terhadap % Efisiensi Penurunan TSS



Gambar 2. Hubungan pH dan konsentrasi PAC (mg/L) terhadap % penurunan TSS.

Hubungan antara pH dan konsentrasi PAC terhadap % penurunan TSS adalah pH (5-9) dan konsentrasi PAC (0-300 mg/L) yang tidak perlu tinggi maka semakin tinggi % efisiensi penurunan TSS. Warna-warna yang berbeda pada gambar contour plot menunjukkan nilai % efisiensi penurunan TSS. Warna hijau muda menunjukkan nilai % efisiensi terendah, yaitu < 0 %. Warna hijau tua menunjukkan nilai tertinggi, yaitu > 60 %.



Gambar 3. Hasil Pengujian pH, Kadar Optimum Koagulan dan optimasi penurunan TSS

Penentuan pH dan Kadar Optimum TSS

Penggunaan metode *response surface doe (design of experiment)* dalam proses pengujian pH dan kadar optimum koagulan PAC berdasarkan penurunan kadar TSS. Pada Gambar 3 menerangkan hasil pengolahan data menggunakan metode respon permukaan diperoleh pH sebesar 7,5 dan dosis optimum koagulan PAC yang diperoleh sebesar 142,42 mg/L. Perhitungan nilai efisiensi pada penurunan TSS akan optimal pada nilai 53,75 %, dan membentuk cekungan yang terbuka ke bawah yang mencirikan bahwa nilai TSS tersebut optimal.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, dosis optimum koagulan PAC untuk parameter TSS sebesar 142,42 ppm, dengan pH 7,5; serta efisiensi penurunan kadar TSS sebesar 53,75%.

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.
- Busyairi, M. (2014). Pengolahan Limbah Cair Dengan Parameter Total Suspended Solid (TSS) Dan Warna Menggunakan Biokoagulan (Limbah Cangkang Kepiting). *Simposium Nasional RAPI XIII*. FT UMS.
- Gibson, T.F., Watanabe, W.O., Lasordo, T.M., Whitehead, R.F., Carroll, P.M. (2020). Evaluation Of Chemical Polymers As Coagulation Aids To Remove Suspended Solids From Marine Finfish Recirculating Aquaculture System Discharge Using a Geotextile Bag. *Aquacultural Engineering*. 90.
- Hak, A., Kurniasih, A., Hatimah, A. (2018). Efektivitas Penggunaan Biji Kelor (Moringa Oleifera, Lam) Sebagai Koagulan untuk Menurunkan kadar TDS Dan TSS dalam Limbah Laundry. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*. 6(2) : 100-113.
- Hameed, Y.T., Idris, A., Hussain, S.A., Abdullah, A. (2018). 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.
- Husaini, Cahyono, S.S., Suganal, Hidayat. K.N. (2018) Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan Dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode Jar Test. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 14(1): 31-45
- Jadid, M.M.E., Ummatrasa, R.A., Widiono, B. (2019) Pengaruh Jumlah Kapur dan PAC terhadap Penurunan Kadar Cu, TSS, Turbidity dan pH pada Air Asam Tambang. *Distilat*. 5(2) : 69-75
- 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.
- Siswanto, A. D. (2011). Tingkat konsentrasi total suspended solid (TSS) sebagai indikator awal kualitas perairan di perairan Selat Madura Pasca Jembatan Suramadu. *Prosiding Seminar Nasional Biologi, Universitas Negeri Surabaya*.
- Siswanto, A. D. dan Nugraha W. A. (2016). Kajian Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Perairan Dalam Upaya Pengelolaan Lingkungan Pesisir di Kabupaten Bangkalan. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Ke-V Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*.
- 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>
- Vecchiato, M., Cremonese, S., Gregoris, E., Barbaro, E., Gambaro, A., & Barbante, C. (2016). Fragrances as new contaminants in the Venice lagoon. *Science of the Total Environment*, 566–567, 1362–1367. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.198>.
- Vecchiato, M., Turetta, C., Patti, B., Barbante, C., Piazza, R., Bonato, T., & Gambaro, A. (2018). Distribution of fragrances and PAHs in the surface seawater of the Sicily Channel, Central Mediterranean. *Science of the Total Environment*, 634, 983–989. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.080>
- Zakaria, A. Fadela, D.M., Djasmari, W., Fachrurrazie, Razak, R.S. (2022). Optimasi Koagulan Polialuminium Klorida pada Percobaan Jar Test Berdasarkan Penurunan Konsentrasi Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) Air Limbah menggunakan Metode Respon Permukaan. *Warta Akab*. 46 (1): 45-49.