



## ANALISIS BAHAYA DAN RISIKO PADA PROSES PENCAMPURAN BAHAN KIMIA MENGGUNAKAN METODE *BOW TIE* PADA XYZ DI KOTA BALIKPAPAN

Komeyni Rusba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Vokasi, Universitas Balikpapan  
[komeyni@uniba-bpn.ac.id](mailto:komeyni@uniba-bpn.ac.id)

### Abstrak

*Dalam proses pengolahan air menjadi air bersih di area produksi, XYZ di Kota Balikpapan menggunakan berbagai macam bahan kimia seperti tawas, kapur dan kaporit pada salah satu prosesnya. Penggunaan bahan kimia tersebut tentunya memiliki dampak kesehatan bagi pekerja di area tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis bahaya dan risiko pada proses pencampuran bahan kimia menggunakan metode bow tie di ruang chemical XYZ di Kota Balikpapan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa Pada proses pencampuran bahan kimia terdapat bahaya elevasi, ergonomi, fisik, dan kimia. Peristiwa puncak atau top event pada penelitian ini adalah pencampuran bahan kimia. Faktor penyebab atau threat dari pencampuran bahan kimia adalah crane macet saat digunakan, gerakan berulang, debu bahan kimia, dan proses pencampuran yang tidak sesuai standar operasional prosedur. Konsekuensi dari paparan bahan kimia adalah bahan kimia jatuh dari ketinggian, muskuloskeletal disorder, paparan bahan kimia kepada pekerja dan peralatan, dan timbulnya senyawa gas chlor. Faktor eskalasi yang dapat terjadi adalah APD yang digunakan tidak lengkap.*

**Kata Kunci:** Analisis Bahaya Dan Risiko, Pencampuran Bahan Kimia, Bow Tie

### Abstract

*In the process of processing water into clean water in the production area, XYZ in Balikpapan City uses various chemicals such as alum, lime and chlorine in one of its processes. The use of these chemicals certainly has a health impact on workers in the area. The purpose of this study was to conduct a hazard and risk analysis in the chemical mixing process using the bow tie method in the chemical room of XYZ in Balikpapan City. The research method used is a qualitative method. Based on the results of the study, it can be seen that in the chemical mixing process there are elevation, ergonomic, physical, and chemical hazards. The peak event or top event in this study was chemical mixing. The causative factors or threats from chemical mixing are cranes jammed when used, repetitive movements, chemical dust, and mixing processes that do not comply with standard operating procedures. The consequences of chemical exposure are chemicals falling from a height, musculoskeletal disorders, chemical exposure to workers and equipment, and the emergence of chlorine gas compounds. The escalation factor that can occur is incomplete PPE used.*

**Keywords:** Hazard And Risk Analysis, Chemical Mixing, Bow Tie

@Jurnal Ners Prodi Sarjana Keperawatan & Profesi Ners FIK UP 2025

✉ Corresponding author : Komeyni Rusba

Address : Jl. Pupuk Raya Kampus Universitas Balikpapan Kota Balikpapan

Email : [komeyni@uniba-bpn.ac.id](mailto:komeyni@uniba-bpn.ac.id)

Phone : 081351626040

## PENDAHULUAN

Pada umumnya Instalasi Pengolahan Air Minum merupakan suatu sistem yang mengkombinasikan proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan disinfeksi serta dilengkapi dengan pengontrolan proses juga instrumen pengukuran yang dibutuhkan. Instalasi ini harus didesain untuk menghasilkan air yang layak dikonsumsi masyarakat bagaimanapun kondisi cuaca dan lingkungan (Ryan Nur Rochim & Rosiariawari, 2023).

Ruang kimia atau ruang *chemical* merupakan ruangan yang memiliki fungsi sebagai ruang penyimpanan bahan kimia, ruang pencampuran bahan kimia dan ruang penginjeksi bahan kimia. Pada ruangan inilah larutan kimia yang digunakan dalam proses produksi air bersih dibuat. Pembubuhan larutan koagulan, larutan netralisan, dan larutan desinfektan ke area produksi dilakukan melalui sistem pemompaan atau penginjeksian menggunakan pompa doksing (Nurhidayanti & Fatih Buari, 2023)

Dalam proses pengolahan air menjadi air bersih di area produksi, PT.XYZ di Kota Balikpapan menggunakan berbagai macam bahan kimia seperti tawas, kapur dan kaporit pada salah satu prosesnya. Penggunaan bahan kimia tersebut tentunya memiliki dampak kesehatan bagi pekerja di area tersebut.

Bahan kimia koagulan Aluminium Sulfat adalah salah satu koagulan yang terkenal dan selalu digunakan pada penjernihan air. Aluminium Sulfat berfungsi sebagai bahan yang membantu dalam penggumpal padatan yang terlarut di dalam air. Alum tersedia dalam bentuk cairan maupun kering (bubuk, granula, atau balok). Aluminium cairan dengan konsentrasi 8,3% dan padat dengan konsentrasi 17%. Alum padat dapat larut dalam air tetapi bersifat korosif terhadap besi, aluminium, dan beton sehingga membutuhkan lapisan pelindung (Saha, 2021).

Bahan kimia netralisan CaO atau disebut kapur adalah bahan kimia yang mudah larut dalam air dan menghasilkan gugus hidroksil yaitu CaO dan  $\text{Ca(OH)}_2$  yang bersifat basa dan disertai keluarnya panas yang tinggi saat larut dalam air (Rahimah et al., 2018). Penggunaan air yang mengandung kapur untuk industri dapat menyebabkan kerak pada dinding peralatan sistem pemanasan sehingga dapat menyebabkan

kerusakan pada peralatan industri dan menghambat proses pemanasan. Selain itu menurut WHO, air dengan kesadahan yang tinggi dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan, yaitu dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah jantung (*cardiovascular disease*) dan batu ginjal (*urolithiasis*) (Susanti et al., 2023).

Secara ilmiah, bahan kimia klorin atau biasa disebut kaporit adalah bahan kimia yang berfungsi sebagai desinfektan atau pembunuh kuman. Zat kimia ini bersifat racun bagi tubuh yang dalam perdagangan Internasional disimbolkan dengan lambang tengkorak. Klorin yang tertelan dapat menimbulkan nyeri dan inflamasi pada mulut, kerongkongan, lambung, dan perut, serta iritasi membran mukosa perut dan pernapasan. Dalam jangka panjang bisa menyebabkan kanker hati dan ginjal (Marlinae & Husaini, 2023).

Metode *Bow tie* merupakan sebuah teknik yang merujuk pada suatu diagram yang berbentuk dasi kupu-kupu yang menggambarkan peristiwa risiko yang dihadapi secara sederhana. Diagram ini adalah gabungan dari analisis pohon kegagalan, analisis pohon peristiwa, dan analisis penghalang (Aus & Pons, 2019). Digabungnya metode ini dapat menampilkan visualisasi hubungan antara penyebab dan risiko dan hubungan risiko dengan konsekuensi (Bhayangkara et al., 2023)

Metode *Bow tie* digunakan untuk menganalisis dan menggambarkan jalur risiko dari penyebab hingga dampak dengan diagram sederhana. Metode ini juga direkomendasikan oleh ISO 31000 karena dapat digunakan untuk mengetahui sebab dan akibat dari bahaya sehingga dapat dilakukan pengendalian. Metode ini digunakan sebagai analisis risiko berdasarkan kausalitas sehingga diperoleh hasil risiko signifikan dan risiko tinggi bagi pekerja (Ezmeyralda et al., 2021)

Analisis metode *bow tie* dimulai dari peristiwa puncak, yaitu peristiwa pelepasan bahaya. Kemudian akan ditentukan penyebab dan akibat dari kejadian tersebut sehingga dapat ditemukan tindakan pengendalian (*barrier*) untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kejadian dan beratnya akibat dari kejadian tersebut. (Ezmeyralda et al., 2021)

Metode *Bow tie* Analysis sangat efisien digunakan karena dalam penggunaan metode ini

akan didapatkan penyebab, Dampak, dan Kontrol (*Control Measure Prevention dan Control Measure Mitigation*) dari kemungkinan risiko kecelakaan kerja yang dapat dimanfaatkan dalam memitigasi risiko kecelakaan kerja (Bramantio & Rachmawati, 2021).

Proses pembuatan larutan kimia di ruang *chemical XYZ* di Kota Balikpapan dengan metode pencampuran bahan kimia dengan air XYZ di Kota Balikpapan dilakukan dengan manual. Hal ini tentunya dapat menimbulkan banyak risiko bagi pekerja. Berdasarkan dari lembar data keselamatan perusahaan, penggunaan bahan kimia pada proses pencampuran bahan kimia di instalasi pengolahan air mempunyai risiko paparan kepada pekerja.

Untuk menghindari terjadinya risiko kecelakaan kerja dan timbulnya penyakit akibat kerja terhadap pekerja di instalasi pengolahan air khususnya yang berhubungan dengan bahan kimia perlu dilakukan manajemen risiko. Manajemen risiko bertujuan mengurangi risiko kecelakaan kerja yang dapat merugikan dan menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dan aman.

## METODE

Jenis penelitian yang digunakan ialah dengan metode penelitian kualitatif dengan data primer dan sekunder. Pemilihan subjek pada penelitian ini berdasarkan *purposive sampling* yang mana ditentukan berdasarkan keahliannya dan jabatan di perusahaan yang terdiri dari staff produksi dan supervisor perusahaan, objek penelitian adalah proses pencampuran bahan kimia di ruang *chemical*.

Lokasi penelitian dilaksanakan pada XYZ di Kota Balikpapan. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi untuk mengetahui proses pekerjaan pencampuran bahan kimia dan wawancara untuk menggali informasi mendetail secara langsung dengan informan serta dokumentasi untuk mengabadikan hasil temuan selama observasi. Proses analisis data pada penelitian ini terbagi sebagai berikut:

### 1. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya dilakukan pada proses pencampuran bahan kimia di ruang *chemical*. Metode yang digunakan dalam identifikasi

bahaya adalah observasi dan studi lembar data keselamatan perusahaan

### 2. Penilaian risiko

Penilaian risiko dilakukan dengan mengalikan kemungkinan terjadi (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*) sehingga didapatkan faktor risiko yang dominan.

### 3. Metode *bow tie*

Setelah menentukan faktor risiko yang dominan pada proses penilaian risiko. Selanjutnya mencari sumber penyebab (*causes*), dampak (*effects*), dan kontrol (*prevention dan recovery control*) dari risiko yang dominan dengan metode *bow tie*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Ruang chemical terdiri dari dua lantai, dimana lantai satu merupakan gudang penyimpanan bahan kimia dan lantai dua merupakan tempat pencampuran bahan kimia.

Proses pencampuran bahan kimia kapur dilakukan pada pagi hari jam 09.00, dalam satu hari jumlah bahan kimia kapur yang dicampur berjumlah 900 kg. Proses pencampuran bahan kimia alum dilakukan pada sore hari jam 15.00, dalam satu hari jumlah bahan kimia kapur yang dicampur berjumlah 1750 kg.

Proses pengadukan bahan kimia di bak pencampur dilakukan dengan alat blower. Proses pencampuran bahan kimia kaporit dilakukan tiga kali dalam satu hari yaitu pada pagi, sore dan malam hari. dalam satu kali pencampuran berjumlah 90 kg dan dalam satu hari jumlah bahan kimia kaporit yang dicampur berjumlah 270 kg.

Tabel 1. Alur Proses Pencampuran Bahan Kimia Di Ruang *Chemical*

No	Aktivitas
1.	Pengangkutan bahan kimia
2.	Penataan bahan kimia
3.	Pembukaan wadah bahan kimia
4.	Penuangan bahan kimia
5.	Perapian wadah bekas bahan kimia

## Identifikasi Bahaya dan Analisis Risiko

Terdapat beberapa risiko yang dihadapi oleh pekerja pada saat proses pencampuran bahan

kimia seperti bahan kimia yang digunakan, peralatan yang digunakan, dan metode kerjanya.

Risiko yang timbul dari bahan kimia yang digunakan adalah paparan bahan kimia terhadap pekerja. Debu yang ditimbulkan saat proses penuangan bahan kimia berada di udara dalam durasi waktu yang cukup lama.

Risiko yang timbul dari peralatan kerja merupakan bahan kimia yang jatuh dari ketinggian, pada saat observasi dilakukan diketahui bahwa crane macet pada saat berlangsungnya proses pengangkatan menuju bak pencampur di lantai dua. Hal ini mengakibatkan bahan kimia menggantung di ketinggian.

Risiko yang timbul dari metode kerja merupakan penyakit muskuloskeletal disorder akibat gerakan berulang pada saat penataan bahan kimia, pembukaan wadah bahan kimia, penuangan bahan kimia, dan perapian wadah bekas bahan kimia. Berikut adalah hasil analisis risiko pada proses pencampuran bahan kimia.

Tabel 2. Analisis Risiko Proses Pencampuran Bahan Kimia

Aktivitas	Bahaya	Penyebab	Risk	L	S	Rating
Pengangkutan bahan kimia	Elevasi	Crane macet saat digunakan	Bahan kimia jatuh dari ketinggian	E	3	Sedang
Penataan bahan kimia	Ergonomi	Gerakan berulang	Muskuloskeletal disorder	A	3	Ekstrem
Pembukaan wadah bahan kimia	Ergonomi	Gerakan berulang	Muskuloskeletal disorder	A	3	Ekstrem
	Ergonomi	Gerakan berulang	Muskuloskeletal disorder	A	3	Ekstrem
Penuangan bahan kimia	Kimia	Debu bahan kimia	Paparan bahan kimia kepada pekerja dan peralatan	A	4	Ekstrem

	Proses	Timbulnya			
	pencampuran	senyawa kimia gas chlor	A	4	Ekstrem
	tidak sesuai SOP				
	Gerakan berulang	Muskuloskeletal disorder	A	3	Ekstrem
Perapian wadah bekas bahan kimia	Kimia	Debu bahan kimia	A	4	Ekstrem
		Paparan bahan kimia kepada pekerja dan peralatan			

### Analisis Peristiwa Puncak

Setelah dilakukan penilaian risiko, maka selanjutnya dilakukan penentuan peristiwa puncak. Peristiwa puncak didapatkan melalui proses identifikasi bahaya dan penilaian risiko. Dalam hal ini proses pencampuran bahan kimia menjadi peristiwa puncak/ *Top Event* karena seluruh risiko yang didapatkan memerlukan penanganan segera.

### Analisis Penyebab dan Kontrol Pencegahan

*Threat* atau penyebab merupakan faktor penyebab pelepasan bahaya yang mengakibatkan peristiwa puncak dapat terjadi. Berdasarkan hasil observasi diketahui bahwa penyebab peristiwa puncak di pencampuran bahan kimia dapat terjadi adalah crane macet saat digunakan, gerakan berulang, debu bahan kimia, dan Proses pencampuran yang tidak sesuai SOP.

Pada saat observasi diketahui bahwa crane yang sedang mengangkat bahan kimia menuju lantai 2 mengalami macet ditengah proses pengangkatan, pekerja melakukan gerakan berulang dengan posisi kerja membungkuk pada saat proses kerja penataan bahan kimia, pembukaan wadah bahan kimia penuangan bahan kimia, dan perapian wadah bekas bahan kimia, Debu yang dihasilkan dari bahan kimia saat proses penuangan sangat pekat hal ini dikarenakan terdapat bahan kimia yang berbentuk bubuk seperti kapur dan kapur, pekerja melakukan kesalahan

dalam proses pencampuran bahan kimia kaporit. Berikut adalah pengendalian yang perlu dilakukan:

Tabel 3. Analisis Penyebab dan Kontrol Pencegahan

Penyebab	Kontrol Pencegahan
Crane macet saat digunakan	Menjalankan SOP pengecekan crane sebelum digunakan Membuat SOP tanggap darurat Membuat SOP peregang dan rotasi kerja
Gerakan berulang	Memberikan pelatihan ergonomi Memberikan training bahaya kimia
Debu bahan kimia	Pengkajian dan penginstallan <i>dust collector</i>
Proses pencampuran yang tidak sesuai SOP	melakukan sosialisasi dan mencetak SOP pencampuran Memberikan pelatihan pekerja terkait proses pencampuran yang benar

#### Analisis konsekuensi dan Kontrol Pemulihan

Dalam upaya meminimalisir dampak yang diterima oleh pekerja di IPA km 8 terdapat beberapa kontrol pemulihan yang dapat diterapkan berdasarkan konsekuensi yang ditimbulkan.

Konsekuensi yang dapat timbul adalah Bahan kimia yang jatuh dari ketinggian berpotensi mengenai pekerja atau menimbulkan paparan bahan kimia ke area sekitar, *muskuloskeletal disorder* yang diakibatkan dari gerakan berulang, paparan bahan kimia pada pekerja dan peralatan saat proses pencampuran bahan kimia, timbulnya senyawa gas chlor akibat proses pencampuran tawas yang tidak sesuai SOP. Berikut adalah kontrol pemulihan yang dapat diterapkan:

Tabel 4. Analisis Konsekuensi dan Kontrol Pemulihan

Konsekuensi	Kontrol Pemulihan
Bahan kimia jatuh dari ketinggian	Membuat SOP perawatan alat bantu angkat angkut Memasang barikade dan penanda

<i>Muskuloskeletal disorder</i>	Menambahkan alat hopper Menyediakan alat angkat berupa hand lifter Menggunakan alat pelindung diri lengkap
Paparan bahan kimia kepada pekerja dan peralatan	Menyediakan sarana evakuasi Pelapisan peralatan dengan cat anti korosi Membuat SOP pembersihan peralatan secara berkala
Timbulnya senyawa kimia gas chlor	Memasang <i>chlorine gas detector</i> Membuat SOP pemasangan alat ventilasi mekanis tambahan

#### Analisis Faktor Eskalasi dan Kontrol Faktor Eskalasi

Kontrol faktor eskalasi merupakan pengendalian yang dilakukan agar faktor eskalasi tidak terjadi, pada konsekuensi paparan bahan kimia kepada pekerja dan peralatan terdapat faktor eskalasi berupa pekerja yang tidak menggunakan APD dengan lengkap. Hal ini bisa terjadi akibat tidak adanya kebijakan dan sanksi sehingga mengakibatkan pekerja merasa tidak adanya konsekuensi yang akan diterima apabila tidak menggunakan APD. Selain itu APD yang tidak nyaman digunakan atau APD yang sedang dalam kondisi rusak juga dapat menyebabkan pekerja tidak menggunakan APD lengkap sehingga diperlukan pengendalian agar faktor eskalasi tersebut tidak terjadi. Berikut adalah kontrol eskalasi yang dapat dilakukan:

Tabel 5. Analisis Faktor Eskalasi dan Kontrol Faktor Eskalasi

Faktor Eskalasi	Kontrol Eskalasi
APD yang digunakan	Membuat kebijakan penggunaan APD dan sanksi



tidak lengkap	dari pelanggaran
	SOP Perawatan APD

## Diagram Bowtie

Diagram *bow tie* dapat menampilkan visualisasi hubungan antara penyebab dan risiko dan hubungan risiko dengan konsekuensi. Pada diagram *bow tie* pencampuran bahan kimia bagian kiri menggambarkan pengendalian risiko yang bersifat mitigasi dan pada bagian kanan menggambarkan pengendalian risiko yang bersifat protektif. Berikut adalah diagram *bow tie* pada proses pencampuran bahan kimia.



## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada proses pencampuran bahan kimia merupakan pekerjaan yang berbahaya bagi pekerja di XYZ Kota Balikpapan. Pada proses pencampuran bahan kimia terdapat risiko Bahan kimia jatuh dari ketinggian dengan rating sedang, *muskuloskeletal disorder* dengan rating ekstrim, paparan bahan kimia kepada pekerja dan peralatan dengan rating ekstrim, dan risiko timbulnya senyawa gas chlor dengan rating ekstrim, risiko bahan kimia jatuh dari ketinggian dengan rating sedang, dan risiko jatuh ke dalam bak pencampur dengan rating sedang.

Berdasarkan hasil observasi pada proses pencampuran bahan kimia terdapat bahaya berupa bahaya elevasi, bahaya ergonomi, dan bahaya kimia. Peristiwa puncak atau top event yang didapatkan dari analisis peristiwa puncak adalah

proses pencampuran bahan kimia. Faktor penyebab atau threat dari peristiwa puncak pencampuran bahan kimia adalah crane macet, gerakan berulang, debu bahan kimia, dan proses pencampuran tidak sesuai SOP.

Kontrol pencegahan atau mitigation control dari faktor penyebab adalah menjalankan SOP pengecekan crane sebelum digunakan, membuat SOP tanggap darurat, membuat sop peregangan dan rotasi kerja, memberikan pelatihan ergonomi, memberikan training bahaya kimia, pengkajian dan penginstallan dust collector, melakukan sosialisasi dan mencetak sop, dan memberikan pelatihan pekerja terkait proses pencampuran yang benar. Konsekuensi dari peristiwa puncak pencampuran bahan kimia adalah Bahan kimia jatuh dari ketinggian, muskuloskeletal disorder, paparan bahan kimia kepada pekerja dan peralatan, dan timbulnya senyawa kimia gas chlor

kontrol pemulihan atau recovery control dari konsekuensi yang telah diidentifikasi adalah membuat sop perawatan alat bantu angkut angkut, memasang barikade dan penanda, menambahkan alat hopper, menyediakan alat angkat berupa hand lifter, menggunakan alat pelindung diri lengkap, pelapisan peralatan dengan cat anti korosi, menyediakan sarana evakuasi, membuat sop pembersihan peralatan secara berkala, memasang chlorine gas detector, dan membuat sop pemasangan alat ventilasi mekanis tambahan. Faktor eskalasi yang dapat terjadi adalah APD yang digunakan tidak lengkap. kontrol faktor eskalasi atau escalation control dari faktor eskalasi yang berupa penggunaan APD yang tidak lengkap oleh pekerja adalah pembuatan kebijakan penggunaan APD serta sanksi dari pelanggaran, dan membuat SOP perawatan APD.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bhayangkara, A. H., Setyawan, A., & Handayani, F. S. (2023). Analisis Kecelakaan Kerja Pada Struktur Bawah Blending Silo Proyek "Epc Talavera" Tuban Menggunakan Metode Bowtie. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 7(1), 40. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v7i1.79202>

- Bramantio, B., & Rachmawati, F. (2021). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Bowtie pada Proyek The Grandstand Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.72060>
- Ezmeyralda, P., Mona, L., Novrikasari, Desheila, A., Anita, C., Poppy, F., & Titi, N. (2021). Bowtie Method: Study of Occupational Health and Safety Risks in Cement Production Process. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 17(4), 124–133. <https://doi.org/10.30597/mkmi.v17i4.17948>
- Marlinae, L., & Husaini. (2023). *Dampak & Bahaya Klorin Pada Es Batu Kristal* (A. U. Azizah (ed.); 1st ed., Issue December). CV Mine.
- Nurhidayanti, N., & Fatih Buari, S. (2023). Kajian Sistem Pengolahan Air Di Pt.Waterindo Primattech Bekasi (Wpb). *Jurnal Politeknologi*, 22(1), 6–16. <https://doi.org/10.32722/pt.v22i1.5281>
- Rahimah, Z., Heldawati, H., & Syauqiah, I. (2018). Pengolahan Limbah Deterjen Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur Dan Pac. *Konversi*, 5(2), 13. <https://doi.org/10.20527/k.v5i2.4767>
- Ryan Nur Rochim, M., & Rosiariawari, F. (2023). INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi Analisa Instalasi Pengolahan Air Terhadap Pemakaian Tawas dan Kualitas Air Produksi. *Media Cetak*, 2(3), 572–580. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i3.1942>
- Saha, M. S. (2021). *Pemanfaatan Alum Hasil Pemulihan Limbah Padat Lumpur (Lpl) Sebagai Koagulan Untuk Pengolahan Air Bersih Di Pdam Tirta Daroy Kota Banda Aceh* (Vol. 53, Issue july) [UIN Ar-Raniry Banda Aceh]. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1595750><https://doi.org/10.1080/17518423.2017.1368728><http://dx.doi.org/10.1080/17518423.2017.1368728><https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103766><https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1689076>[/doi.org/](https://doi.org/)
- Susanti, N. E., Sari, Y. I., & Indawati, N. (2023). Penggunaan Zeolit Alam Sebagai Media Penyaring Air Dalam Skala Rumah Tangga Pada Kawasan Karst Malang Selatan. *Abdimas Mandalika*, 2(2), 76. <https://doi.org/10.31764/am.v2i2.12957>