

## Potensi Pembentukan Trihalometana (THM) Selama Proses Klorinasi pada Air Sungai Maruni dan Air Kali SP 6 di Kabupaten Manokwari

Potential Formation of Trihalomethane (THM) during the Chlorination of Maruni River Water and SP 6 River Water in Manokwari Regency

Markus Heryanto Langsa<sup>1\*</sup>, Pramesty Wulan Ramadhanty<sup>1</sup>, Maria Ludya Pulung<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua, Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari, 98314, Papua Barat, Indonesia

\*Korespondensi: m.langsa@unipa.ac.id

### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi pembentukan THM pada air permukaan yaitu air Sungai Maruni dan air Kali SP 6 di Kabupaten Manokwari. Masing-masing sampel dilakukan uji karakteristik fisika dan kimia yang meliputi parameter *Total Organic Carbon* (TOC), total padatan tersuspensi (TSS), ammonia, pH, kekeruhan dan daya hantar listrik (DHL). Konsentrasi ideal/tepat untuk klorinasi sampel air ditentukan berdasarkan kebutuhan klorin yang menyisakan residu klorin sebesar 0,5 mg Cl<sub>2</sub>/L selama 24 jam. Kandungan TOC sampel air Sungai Maruni dan air Kali SP 6 diperoleh berturut-turut sebesar 0,5 mg C/L dan 17,2 mg C/L. Kedua sampel air diklorinasi dengan konsentrasi klorin berturut-turut sebesar 3,44 mg Cl<sub>2</sub>/L dan 10,36 mg Cl<sub>2</sub>/L. Pada air Sungai Maruni, konsentrasi THM (yang dibaca sebagai kloroform) yang terbentuk adalah sebesar 6,5 µg/L dan air Kali SP 6 sebesar 577,5 µg/L. Kadar kloroform yang terbentuk pada sampel air Sungai Maruni sangat rendah dibandingkan baku mutu yang dipersyaratkan menurut Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907 tahun 2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum, yaitu sebesar 200 µg/L, sehingga air Sungai Maruni dapat diolah secara klorinasi untuk dijadikan sebagai air minum.

**Kata kunci:** Klorinasi; Kloroform; Sungai Maruni; Trihalometana; Total organic carbon;

### ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the potential formation of THM in surface water sources, namely Maruni River water and SP 6 River water in Manokwari Regency. Each sample was characterized for its physical and chemical characteristics including parameters of Total Organic Carbon (TOC), total suspended solids (TSS), ammonia, pH, turbidity, and conductivity (DHL). The ideal/correct concentration for chlorination of water samples is determined based on the need for chlorine which leaves a residual chlorine of 0.5 mg Cl<sub>2</sub>/L for 24 hours. The TOC content of the Maruni River and SP 6 River water samples were 0.5 mg C/L and 17.2 mg C/L, respectively. Both water samples were chlorinated with chlorine concentrations of 3.44 mg Cl<sub>2</sub>/L and 10.36 mg Cl<sub>2</sub>/L, respectively. In Maruni River water, the concentration of THM (read as chloroform) formed was 6.5 µg/L and Kali SP 6 water was 577.5 µg/L. The level of chloroform formed in the Maruni River water sample is very low compared to the required quality standard according to Health of Indonesian Ministry No. 907 of 2002 regarding requirements and monitoring of drinking water quality, which is 200 µg/L, so that the Maruni River water can be treated by chlorine to be used as drinking water.

**Keyword:** Chlorination, Maruni River; Trihalomethane; Total organic carbon; Chloroform

## PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang jumlahnya melimpah dan merupakan komponen vital bagi kehidupan manusia karena digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan sehari-hari seperti minum, masak, mencuci, dan lain-lain (Effendi, 2003). Untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan tersebut, menurut Wijaya (2009), masyarakat menggunakan air sungai. Menurut data BPS Kabupaten Manokwari tahun 2014 terdapat 5% masyarakat di Kabupaten Manokwari yang menggunakan air sungai sebagai sumber air minum. Salah satu sungai yang dijadikan sumber air minum di Kabupaten Manokwari adalah Sungai Maruni. Sungai Maruni memiliki karakteristik air yang jernih, tidak keruh, dan tidak berwarna sehingga sangat potensial untuk diolah dengan menggunakan desinfeksi.

Desinfeksi merupakan metoda pengolahan air untuk menghilangkan mikroorganisme patogen dalam air dengan menggunakan bahan kimia yang disebut desinfektan (Daniels dan Mesner, 2005). Klorin merupakan desinfektan yang umum digunakan, sehingga prosesnya disebut klorinasi. Klorinasi sangat menguntungkan karena dapat menghilangkan semua mikroorganisme patogen dalam air (Galal-Gorchev, 1996). Namun klorinasi juga dapat membawa dampak negatif yaitu terbentuknya produk samping yang disebut produk samping desinfeksi (*Disinfection by products, DBPs*) yang sangat berbahaya. Prekursor utama pembentukan DBPs yaitu senyawa organik dalam air yang ditandai dengan adanya warna pada air. Rook (1974) dan Bellar *et al.* (1974) mengemukakan bahwa terdapat 2 kelompok senyawa organik halogen yang dihasilkan ketika klorin bereaksi dengan senyawa organik alami pada air, yaitu trihalometana (THM) dan asam haloasetat (HAA).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi pembentukan trihalometana (THM) pada sumber air

permukaan yaitu air Sungai Maruni dan air Kali SP 6 di Kabupaten Manokwari. Air Kali SP 6 diteliti sebagai pembanding untuk air dengan kandungan senyawa organik alami yang tinggi, karena karakteristik airnya yang berwarna.

## METODE PENELITIAN

### Alat

Alat yang digunakan yaitu Spektrofotometer Vis DR 3900, botol sampel, vial, erlenmeyer, *magnetic stirrer*, batang pengaduk magnetik, reaktor COD, gelas ukur, ampul, rak tabung reaksi, *water bath*, pipet tetes, labu takar, sampel cell persegi dan pH meter.

### Bahan

Adapun bahan yang digunakan meliputi sampel air Sungai Maruni, sampel air Kali SP 6, serbuk TOC persulfat, aquades, reagen 1 THM Plus, reagen 2 THM Plus, reagen 4 THM Plus, natrium hipoklorit, natrium dihidrogen fosfat ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ), dinatrium hidrogen fosfat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ), asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ), ammonium klorida, reagen *DPD-free chlorine*.

### Pengambilan Sampel

Sesuai dengan SNI 6989.57:2008 tentang metoda pengambilan air permukaan, wadah yang digunakan untuk menyimpan sampel air harus bersih dari kontaminan (Manaf et al, 2022; Irwan et al, 2017; Hadiyanto et al, 2022), tidak bereaksi dengan sampel air dan terbuat dari bahan gelas atau plastik. Wadah dibilas terlebih dahulu dengan sampel air sebanyak 3 kali dan untuk menjaga kondisi sampel air yang telah diambil, sampel air disimpan dalam pendingin (Fitria et al, 2020).

### Karakterisasi Sampel Air

Parameter kualitas air yang berpengaruh terhadap klorinasi seperti pH, total padatan tersuspensi (TSS), kekeruhan, ammonia, daya hantar listrik

(DHL), dan total organik karbon (TOC) diukur konsentrasinya sesuai dengan metoda standar. Nilai pH sampel air diukur menggunakan pH meter HACH HQ 40D, parameter TSS sampel air ditentukan secara fotometrik menggunakan metoda HACH No. 8006, kekeruhan diukur menggunakan turbidity meter HACH 2100Q, kadar ammonia ditentukan menggunakan metoda HACH, 8155 dan konsentrasi TOC ditentukan secara langsung menurut metoda HACH No. 10129.

### Penentuan Kebutuhan Klorin

Sebanyak 500 mL masing-masing sampel air yang berbeda dimasukkan ke dalam tiap-tiap botol yang sudah dibungkus dengan aluminium foil. pH air dipertahankan pada nilai 7 dengan larutan buffer fosfat (0,5 mM). Sampel air yang telah dibuffer ditambahkan klorin hingga diperoleh konsentrasi klorin dalam sampel air Sungai Maruni sebesar 50  $\mu\text{M}$  (~ 3,5 mg  $\text{Cl}_2/\text{L}$ ) dan sampel air Kali SP 6 sebesar 150  $\mu\text{M}$  (~ 10 mg  $\text{Cl}_2/\text{L}$ ). Sampel dibiarkan selama 24 jam dan diukur kadar residu klorin (APHA, 1996) pada beberapa jam awal penambahan klorin yaitu 1, 3, 6 dan 12 dan 24 jam untuk air Sungai Maruni, sedangkan untuk air Kali SP 6 diukur pada ½, 1, 3, 6, 12 dan 24 jam. Pengukuran residu klorin diukur dengan metoda *DPD-free chlorine* HACH no. 8021. Kebutuhan klorin real untuk penelitian ini didasarkan atas target residu klorin setelah 24 jam adalah sebesar 0,5 – 1 mg  $\text{Cl}_2/\text{L}$ .

### Klorinasi Sampel Air

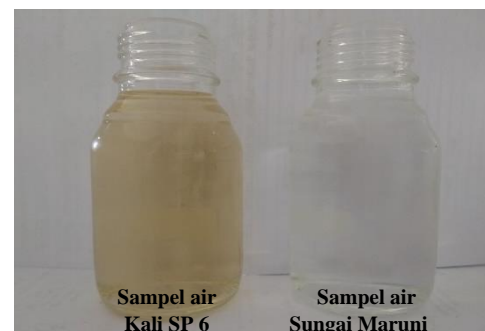
Konsentrasi klorin yang digunakan untuk klorinasi sampel air diperoleh dari hasil percobaan kebutuhan klorin. Sampel air sebanyak 500 mL dimasukkan ke dalam wadah botol berukuran 500 mL yang sudah bungkus menggunakan aluminium foil. Masing-masing sampel ditambahkan larutan fosfat (0,5 mM) untuk mempertahankan pH larutan (pH=7). Sampel air selanjutnya diklorinasi dengan

menambahkan konsentrasi yang tepat dari larutan stock klorin. Sampel dibiarkan selama 24 jam dan diakhir periode eksperimen, diukur kadar trihalometana dari masing-masing sampel. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali (duplo) untuk mengetahui akurasi dan ketepatannya. Kadar THMs dinyatakan sebagai kloroform dianalisis menggunakan metoda HACH No. 10132.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Sampel Air

Sampel air yang dianalisis, tampilan fisiknya secara visual terlihat sangat berbeda. Perbedaan sangat jelas terlihat pada warna air, dimana air Sungai Maruni tidak berwarna, sedangkan air Kali SP 6 memiliki warna kuning keemasan. Perbedaan warna kedua sampel air tersebut ditunjukkan pada Gambar 1. Masing-masing sampel diukur konsentrasi TOC, TSS, ammonia, pH, kekeruhan dan daya hantar listrik yang hasilnya disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Perbedaan Warna Sampel Air

Tabel 1. Karakteristik Utama Fisika dan Kimia Sampel Air

Parameter	Sampel	
	Maruni	SP 6
TOC (mg/L)	0,5	17,2
TSS (mg/L)	5	4
Amonia (mg/L)	0,07	0,67
pH	7,14	6,92
Kekeruhan (NTU)	2,03	2,09
DHL (mS)	203,9	177,3

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel air Sungai Maruni memiliki konsentrasi TOC dan ammonia yang lebih rendah dibandingkan air Kali SP 6, namun memiliki DHL yang lebih tinggi. Nilai TOC mengindikasikan banyaknya senyawa organik pada sampel. Dengan nilai TOC air Sungai Maruni yang jauh lebih rendah (0,5 mg C/L) dibandingkan air Kali SP 6 (17,2 mg C/L) membuktikan bahwa warna pada sampel disebabkan oleh kandungan senyawa organik yang tinggi. Selain TOC, adanya ammonia pada sumber air disebabkan oleh hasil dekomposisi/penguraian bahan-bahan organik dalam air yang dapat berasal dari hewan (bangkai, feses) dan tumbuhan. Amonia dapat bereaksi dengan dengan klorin membentuk kloramin (misalnya monokloramin-NH<sub>2</sub>R) yang dalam air juga berfungsi sebagai oksidan. Kandungan ammonia yang tinggi pada suatu sumber air akan meningkatkan kebutuhan klorin.

### Penentuan Kebutuhan Klorin

Kebutuhan klorin ditentukan berdasarkan selisih antara konsentrasi awal klorin dengan residu klorin pada waktu tertentu. Kebutuhan klorin menunjukkan banyaknya klorin yang digunakan secara efektif untuk desinfeksi pada target waktu tertentu. Target residu klorin yang diinginkan adalah 0,5 mg/L.

Tabel 2. Residu klorin untuk air Sungai Maruni Dan Air Kali SP6 dengan dosis awal berbeda

Waktu (jam)	Residu Klorin (mg/L) – dosis awal berbeda	
	Sungai Maruni (Dosis 3,5 mg/L Cl <sub>2</sub> )	Kali SP6 (Dosis 10 mg/L Cl <sub>2</sub> )
0	3,5	10
1	0,86 ± 0,09	0,67 ± 0,10
3	0,77 ± 0,11	0,36 ± 0,02
6	0,71 ± 0,14	0,29 ± 0,04
12	0,45 ± 0,10	0,20 ± 0,11

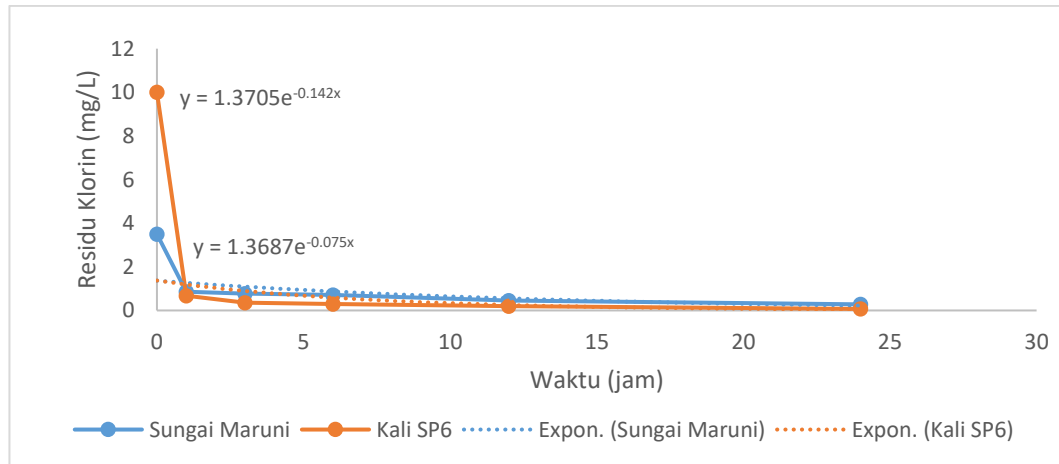
24      0,28 ± 0,04      0,07 ± 0,03

Kebutuhan klorin dihitung berdasarkan selisih dosis awal klorin yang dimasukkan ke dalam sampel air dengan residu klorin yang tersisa setelah proses klorinasi selama 24 jam. Kebutuhan klorin untuk sampel air Sungai Maruni adalah sebesar 3,22 mg/L. Namun karena target minimal residu klorin setelah klorinasi 24 jam adalah 0,5 mg/L, maka kebutuhan klorin koreksi adalah 3,44 mg/L. Sedangkan kebutuhan klorin untuk air Kali SP 6 sebesar 9,93 mg/L, dengan demikian dosis klorin yang ideal yang akan digunakan pada klorinasi sampel air Kali SP 6 adalah sebesar 10,36 mg/L. Klorinasi menggunakan klorin dosis tinggi tidak dapat digunakan untuk penentuan kebutuhan klorin yang ideal karena meninggalkan residu yang terlalu besar, melebihi target residu yang diinginkan Kurva Residu Klorin pada sungai Maruni dan kali SP6 dapat dilihat pada Gambar 2.

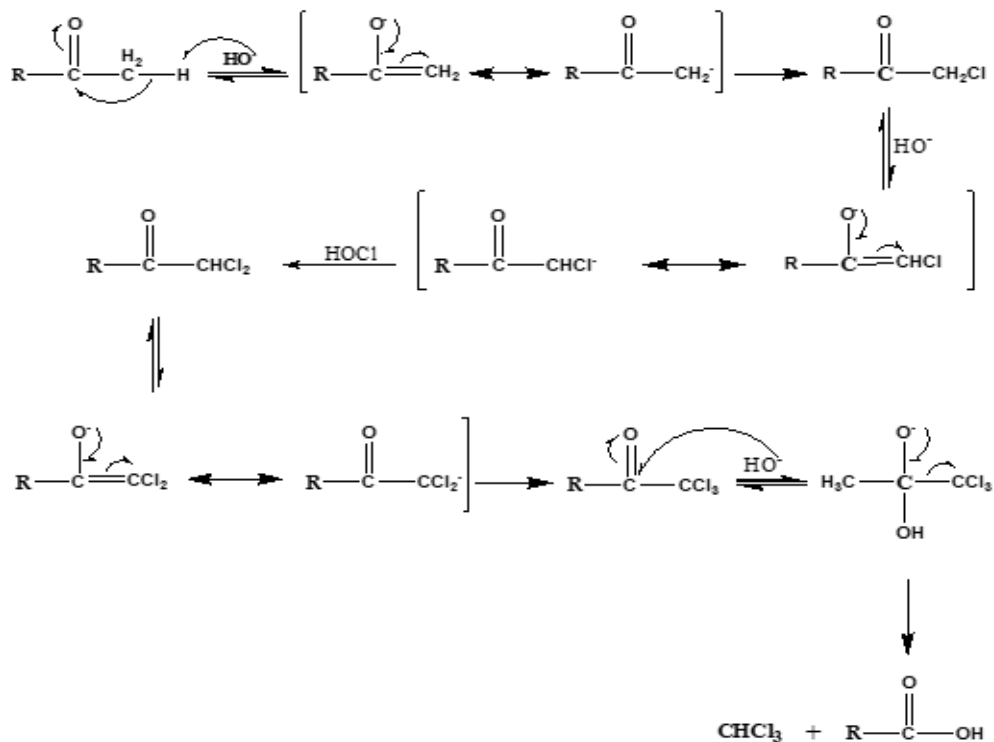
Kurva residu klorin untuk sampel air Sungai Maruni dengan dosis rendah menunjukkan penurunan kadar klorin yang signifikan pada 1 jam pertama klorinasi yaitu penurunan sebesar 75% dari klorin awal. Penurunan yang drastis ini menunjukkan bahwa proses utama yang terjadi adalah oksidasi, dimana hal ini didukung dengan data karakteristik air Sungai Maruni yang memiliki padatan terlarut yang cukup tinggi seperti padatan anorganik/logam terlarut seperti besi dan tembaga (Fe=0,43 mg/L; Cu=0,09 mg/L, Bapedalda Papua Barat, 2009). Material anorganik tersebut paling cepat bereaksi dengan klorin dibandingkan reaksi klorin dengan senyawa organik. Penambahan klorin sebesar <10 mg/L pada air Kali SP 6, setelah 1 jam hanya menyisakan 0,67 mg/L klorin, dimana hal ini berarti terjadi penurunan kadar klorin sebesar 93,3%. Karakteristik air Kali SP 6 yang tinggi TOC dan amonia, menyebabkan terjadinya kompetisi antara zat/bahan tersebut dengan klorin. Klorin bereaksi dengan amonia kemudian dengan adanya klorin berlebih menyebabkan terjadinya

reaksi oksidasi dengan senyawa organik yang menghasilkan produk samping klorinasi berupa organik klorin.

Mekanisme terbentuknya kloroform pada air yang di klorinasi disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Kurva residu klorin dari sampel air Sungai Maruni dengan dosis klorin awal berbeda selama 24 jam pengamatan



Gambar 3. Mekanisme reaksi pembentukan kloroform pada saat klorinasi (Deborde dan von Gunten, 2007)

### Klorinasi Sampel Air

Setelah diperoleh dosis klorin ideal, dilakukan klorinasi menggunakan dosis klorin ideal yang telah ditentukan yaitu 3,44 mg/L untuk air Sungai Maruni dan 10,36 mg/L untuk air Kali SP 6.

Setelah 24 jam, diukur konsentrasi kloroform yang terbentuk dan diperoleh hasil seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pembentukan kloroform setelah klorinasi sampel air dengan dosis klorin ideal

Sampel	Pemakaian Klorin (mg/L)	Pembentukan Kloroform ( $\mu\text{g/L}$ )
Sungai Maruni	3,44	$6,5 \pm 2,12$
Kali SP6	10,36	$577,5 \pm 9,19$

Baku mutu untuk kloroform menurut Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907 tahun 2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum adalah  $200 \mu\text{g/L}$ . Pembentukan kloroform untuk air Sungai Maruni masih sangat jauh dari baku mutunya. Sedangkan untuk air Kali SP 6 sudah melewati baku mutu yang dipersyaratkan. Tingginya TOC pada air Kali SP 6 sangat berpengaruh terhadap pembentukan kloroform, dimana senyawa organik merupakan prekursor utama pembentuk senyawa organik klorin. Air Sungai Maruni sangat potensial untuk diolah menggunakan metoda klorinasi karena karakteristiknya yang jernih dan tidak berwarna.

### KESIMPULAN

1. Kandungan TOC sangat mempengaruhi jumlah kebutuhan klorin ideal dan terbentuknya senyawa organik klorin selama klorinasi
2. Dosis klorin ideal untuk air Sungai Maruni adalah  $3,44 \text{ mg Cl}_2/\text{L}$  sedangkan untuk air Kali SP 6 sebesar  $10,36 \text{ mg Cl}_2/\text{L}$
3. Kloroform yang terbentuk pada sampel air Sungai Maruni dan Kali SP 6 berturut-turut adalah  $6,5 \pm 2,12 \mu\text{g/L}$  dan  $577,5 \pm 9,19 \mu\text{g/L}$
4. Sampel air Sungai Maruni sangat berpotensi dimanfaatkan sebagai air minum setelah diolah secara klorinasi.

### DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (APHA). (1996). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
- Badan Pusat Statistik. (2014). *Statistik Daerah Kabupaten Manokwari*. Manokwari: Badan Pusat Statistik Kabupaten Manokwari.
- Bellar, T. A., Lichtenbert, J. J., & Kroner, R. C. (1974). The occurrence of organohalides in chlorinated drinking waters. *Journal American Water Works Association*, 66, 703-706.
- Bruchet, A., & Rybacki, D. (1993). Transformation of NOM during treatment. In J. Oxenford, G. Amy, & J. Mallevalle, *Workshop AWWARF/LED Natural Organic Matter* (pp. 149-153). France: AWWA Research Foundation.
- BSN, Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 6989.57:2008. Metode Pengambilan Air Permukaan. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Daniels, B., Mesner, N. (2005). Drinking Water Treatment Systems. *Water Quality*.
- Deborde, M., von Gunten, U. (2007). *Reaction of chlorine with inorganic and organic compounds during water treatment-Kinetics and mechanisms: A critical review*. Swiss: Elsevier.
- Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanikus.
- Fitria M, D., Rosmasita, R., Yanti, E. S., & Bagariang, R. I. (2020). Survei Kualitas Air Danau Pandan yang Terletak di Kecamatan Pinangsori Kabupaten Tapanuli Tengah. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 4(2), 139–150. <https://doi.org/10.46252/jsai->

- [fpik-unipa.2020.Vol.4.No.2.101](#)
- Galal-Gorchev, H. (1996). Chlorine in water disinfection. *Pure & Applied Chemistry*, 1731-1735.
- Hadiyanto, H., Hasim, H., & Juliana, J. (2022). Kandungan Logam Berat Merkuri, Timbaldan Cadmium pada Air, Ikan, dan Sedimen di Danau Limboto. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2022.Vol.6.No.1.195>
- Irwan, M., Alianto, A., & Toja, Y. T. (2017). Kondisi Fisik Kimia Air Sungai Yang Bermuara Di Teluk Sawaibu Kabupaten Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 1(1), 81–92. <https://doi.org/10.30862/jsai-fpik-unipa.2017.Vol.1.No.1.23>
- Manaf, M., Suhaemi, S., Handayani, T., & Pranata, B. (2022). Evaluasi Kualitas Air Sungai pada Lokasi Pembangunan Jembatan dan Preservasi Jalan Trans Papua Mameh-Bintuni Provinsi Papua Barat. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 6(4), 295–304. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2022.Vol.6.No.4.227>
- Rook, J. J. (1974). Formation of haloforms during chlorination of natural waters. *Water Treatment Exam*, 23, 234-243.
- Wijaya, H. K. (2009). Komunitas Perifiton dan Fitoplankton serta Parameter Fisika-Kimia Perairan Sebagai Penentu Kualitas Air di bagian Hulu Sungai Cisadane, Jawa Barat, Bogor, Institut Pertanian Bogor.

