

SUAR MODIFIKASI CUACA CoSAT 1000 AMAN TERHADAP STATUS MUTU AIR DANAU TOBA, SUMATERA UTARA (TINJAUAN STATUS MUTU AIR PADA PELAKSANAAN MODIFIKASI CUACA BERBASIS SUAR CoSAT-1000 DI DAERAH TANGKAPAN AIR DANAU TOBA)

Hygroscopic Flare CoSAT-1000 are Safe for Lake Toba Water Quality
(Review of Water Quality Status on Weather Modification Operation Using
Hygroscopic Flare CoSAT-1000 at Lake Toba Catchment Area, North
Sumatra)

Dwipa Wirawan¹⁾*, Satyo Nuryanto¹⁾, Ardila Yananto²⁾

¹⁾ Lab. Pengelolaan TMC, Direktorat Pengelolaan Laboratorium Fasilitas Riset dan Kawasan SainsTeknologi - BRIN, Gedung Ir. Mohammad Soebagio, PUSPIPTEK, Tangerang Selatan

²⁾ Pusat Riset Teknologi Hidrodinamika, Organisasi Riset Energi dan Manufaktur - BRIN, Jl. Grafika No. 2, SEKIP, Yogyakarta, 55284, Indonesia

*Email : dwip003@brin.go.id

Intisari

Penerapan Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) dengan menggunakan bahan semai berupa suar higroskopis yang memiliki kandungan bahan kimia Natrium Klorida sebagai bahan semai higroskopis, Kalium, Magnesium dll.nya telah beberapa kali diterapkan secara operasional dalam kegiatan TMC. Suar higroskopis Cloud Seeding Agent Tube 1000 (CoSAT-1000) produksi PT. Pindad pertama kali digunakan dalam kegiatan penerapan TMC di Daerah Tangkapan Air (DTA) Danau Toba guna mengatasi defisit air Danau Toba pada tahun 2021. Untuk mengetahuidampak yang mungkin ditimbulkan akibat penggunaan suar CoSAT 1000, telah dilakukan analisa uji kualitas dan analisa uji kualitas dan status mutu air dari sampel air hujan, air sungai dan air Danau Toba sendiri baik pada periode sebelum, selama dan setelah pelaksanaan kegiatan TMC. Uji parameter kualitas dan status mutu air yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa hasilnya masih memenuhi standar baku mutu air kelas 1 dan 2, dengan status mutu air kelas A, sesuai dengan kriteria persyaratan baku mutu air pada Peraturan Pemerintah nomor 22 tahun 2021, dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 115 ahun 2003 tentang pedoman Penentuan Status Mutu Air. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan semai suar CoSAT-1000 pada operasional TMC tidak memberikan dampak negatif pada kualitas dan status mutu air.

Kata Kunci : Suar CoSAT-1000, Uji Kualitas Sampel Air Hujan, Sungai dan Danau, Baku Mutu dan Status Mutu Air, Analisa Metode STORET

Abstract

Implementing Weather Modification Technology (TMC) using hygroscopic flare, which has chemical compounds Sodium Chloride as a hygroscopic seeding material, Potassium, Magnesium, etc., has been applied several times in TMC operations. For the first time, the hygroscopic flare was made by PT. Pindad, called Cloud Seeding Agent Tube 1000 (CoSAT 1000), has been used on TMC operation in Lake Toba Catchment Area to overcome Lake Toba's water deficit in 2021. To find out the impact that might be caused by the use of the CoSAT 1000, an analysis of the water parameter and quality has been carried out from samples of rainfall, river, and lake in the period before, during, and after the implementation of TMC activities. Based on the criteria for water quality standard requirements in Government Regulation number 22 of 2021 and Minister of Environment Guidelines for Determining Water Quality Status number 115 of 2003, the results obtained from the quality parameter test and water quality status that were taken have met the class 1 and 2 water quality standards, as well as with class A water quality status. It is concluded that the use of CoSAT-1000 flare seedlings in TMC operations does not have any negative impact on water quality status.

Keywords : Flare CoSAT-1000, Quality Test of Water Sampling Rain, River and Lake Toba water, Water Quality Standards and Status, STORET methode analysis

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada prinsipnya Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) guna menambah curah hujan yang dilakukan dengan penyemaian awan adalah menambahkan langsung sejumlah partikel higroskopik ke dalam awan Cumulus yang dibawa dengan pesawat, dengan tujuan agar proses pengumpulan butiran tetes air di dalam awan Cumulus yang banyak mengandung uap air dan berpotensi menjadi hujan dapat segera berlangsung. Pelepasan partikel higroskopis dilakukan di dasar awan agar dapat langsung masuk ke dalam awan dengan memanfaatkan *updraft* (daya angkat) sehingga proses pembesaran tetes air terjadi lebih awal dan mempercepat proses tumbukan (*collision*) dan penggabungan (*coalescence*) butir air di dalam awan. Dengan demikian hujan akan turun lebih cepat dan dengan intensitas yang lebih banyak.

Umumnya bahan semai yang digunakan dalam TMC adalah berupa *super fine powder* NaCl berbentuk bubuk halus yang berukuran diameter sekitar $\pm 10-30$ mikron. Namun seiring dengan perkembangan TMC, penyemaian awan dilakukan dengan menggunakan bahan semai dalam bentuk suar. Suar modifikasi cuaca merupakan kemasan bahan kimia higroskopis yang dipadatkan dalam tabung kertas dengan kandungan utama NaCl ditambah dengan beberapa bahan kimia lain sebagai oksidator dan pewarna asap.

Suar Cloud Seeding Agent Tube 1000 (CoSAT 1000) yang merupakan produksi PT.Pindad (persero) dikembangkan atas hasil kerjasama dengan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) sejak tahun 2011. Diawali melalui *reverse engineering* dari suar produksi impor hingga menjadi produk lokal dengan nilai Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) yang mencapai sekitar 80%* (Gambar 1). CoSAT 1000 telah memiliki sertifikat laik dan aman untuk digunakan di udara setelah melakukan uji dinamis sertifikasi dengan menggunakan pesawat Piper Cheyenne milik BPPT di bandara Budiarto, Curug, Banten pada 2 November 2020. Suar yang berbentuk tabung ditempatkan pada *rack mounting* di bagian sayap pesawat Piper Cheyenne (Gambar 2). Proses pelepasan partikel higroskopis dari suar CoSAT 1000 melalui proses pembakaran sehingga ukuran partikel higroskopis dapat mencapai diameter sekitar $\pm 2,5$ hingga 10 mikron. Asap hasil pembakaran yang keluar dari suar diarahkan masuk ke dalam awan melalui bagian dasar awan. (Bruitjes *et al.*, 2012, Rosenfeld *et al.*, 2010)

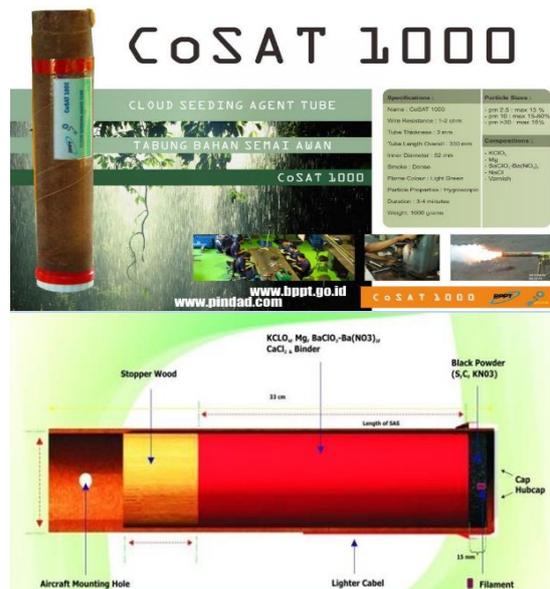
Spesifikasi suar CoSAT 1000 PT.Pindad (Persero) sebagai berikut:

1. Berbentuk tabung dengan total berat terdiri ± 1000 gram terdiri dari selongsong kertas

padat dan bahan kimia higroskopis berikut oksidator yang dipadatkan, dengan berat selongsong sekitar 200 gram dan berat kandungan bahan kimia padat sekitar 780-800 gram.

2. Panjang tabung ± 330 mm; Diameter ± 52 mm.
3. Warna Nyala Api : Hijau
4. Durasi pembakaran : 3 – 4 menit.
5. Komposisi kandungan bahan kimia yang dipadatkan yang berfungsi sebagai bahan semai:
 - a. NaCl (*Sodium Chloride*) sebagai bahan kimia higroskopis sekitar 12% ($\pm 90-100$ g).
 - b. KClO₄ (*Potassium per Chlorate*) dan Magnesium (Mg) sebagai oksidator sekitar 68% (± 540 g).
 - c. Sirlak/*Varnish* sebagai perekat bahan/material sekitar 10%, (± 80 g) dan
 - d. BaClO₃ (*Barium Chloride*) atau Ba(NO₃)₃ (*Barium Nitrat*) sebagai pewarna sekitar 10% (± 80 g).
 - e. Sebaran ukuran partikel hasil pembakaran : 2,5 mikron sekitar ± 10 %, 10 mikron sekitar ± 80 %, partikel ≥ 30 mikron sekitar ± 10 %.

(Berita Berita Acara Uji Dinamis Sertifikasi CoSAT, 2020, Sertifikat Laik dan Aman Udara CoSAT 1000, 2020, *Webinar Potensi Pemanfaatan Teknologi Modifikasi Cuaca Berbasis Flare di Indonesia, 2021*)



Gambar 1. Struktur Suar CoSAT 1000



Gambar 2. Penyemaian dengan suar CoSAT-1000 pada dasar awan

Penyemaian awan yang menggunakan beberapa jenis bahan kimia baik *super fine powder* NaCl maupun CoSAT 1000 diasumsikan dapat memberikan dampak lingkungan yang negatif atau berbahaya khususnya pada kualitas air hujan maupun kualitas air sungai atau danau yang menjadi area/wilayah target modifikasi cuaca. Untuk itu guna membuktikan bahwa tidak ada dampak negatif yang ditimbulkan akibat penyemaian awan pada kegiatan penerapan TMC yang pertama kali menggunakan suar CoSAT-1000 di Daerah Tangkapan Air (DTA) Danau Toba, maka dilakukan uji kualitas sampel air di wilayah target serta mengukur status mutu air pada periode tersebut.

1.2. Tujuan

Tujuan penulisan ini guna mengetahui dampak lingkungan penyemaian awan menggunakan bahan semai suar Cosat-1000 melalui uji status kualitas air hujan, air sungai dan air danau selama pelaksanaan kegiatan TMC di DTA Danau Toba periode tanggal 15 Oktober – 18 November 2021.

2. METODE

Penerapan TMC berbasis suar CoSAT 1000 di DTA Danau Toba berlangsung selama 35 hari kegiatan sejak tanggal 15 Oktober s.d. 18 November 2021, dengan total penerbangan penyemaian awan sebanyak 37 kali sorti dan menghabiskan 324 (tiga ratus dua puluh empat) batang suar CoSAT 1000. Total asumsi bahan kimia yang dilepas di udara dalam bentuk partikel asap pada penyemaian awan sekitar 259 kilogram.

Tinggi Muka Air (TMA) Danau Toba pada saat sebelum dilaksanakannya kegiatan TMC berada pada ketinggian 903,158 meter dpl dan setelah pelaksanaan TMC, TMA meningkat menjadi 903,389 meter dpl dengan kenaikan TMA sebesar 23,1 cm. Dengan luas permukaan Danau Toba sebesar 1.124 km² (DitJen Pengendalian DAS dan Hutan Lindung, KLHK, 2019) maka apabila terjadi kenaikan TMA setinggi 1 cm setara

dengan penambahan 11,24 juta kubik air, maka jumlah penambahan air selama kegiatan TMC sekitar 259,64 juta kubik air (Lab. Pengelolaan TMC, 2021, DitJen Pengendalian DAS dan Hutan Lindung, KLHK, 2019).

Dengan besarnya jumlah air tambahan yang diperoleh/ditampung oleh Danau Toba, maka guna mengetahui apabila terjadi dampak terhadap kualitas air di sekitar Danau Toba untuk itu pengumpulan sampel air diupayakan seoptimal mungkin dan mencakup tiga periode *sebelum, selama* dan *sesudah* kegiatan.

2.1. Pengumpulan Sampel

Untuk mengetahui kualitas air pada pelaksanaan TMC berbasis suar CoSAT-1000 di DTA danau Toba maka pengambilan sampel air dilakukan terhadap *air hujan, air sungai dan air danau Toba* yang kemudian dilanjutkan dengan uji kualitas air menurut standar baku mutu yang berlaku.

Pelaksanaan pengambilan sampel air dilakukan dalam tiga periode, meliputi :

1. Sebelum Pelaksanaan TMC, guna mengetahui kondisi kualitas air sebelum dilakukan penyemaian awan,
2. Selama pelaksanaan TMC atau selama kegiatan penyemaian awan berlangsung yang dilakukan sebanyak 2 kali pengambilan,
3. Setelah pelaksanaan TMC dimana tidak dilakukan penyemaian awan.

Sampel air hujan diambil dari 2 (dua) pos pengamat meteorologi (posmet) yang berlokasi di Balige (bagian tenggara DTA) dan Merek (di bagian utara DTA). Sebagai sampel air sungai yang merupakan aliran masuk (*inlet*) dipilih sampel air sungai Bakara yang berada di baratdaya DTA Danau Toba, sedangkan sampel air masuk menuju ke PLTA Asahan (*outlet*) diambil dari aliran air sungai Asahan. Untuk sampel air Danau Toba sendiri diambil dari pantai Huta Lontung, Muara, Kabupaten Tapanuli Utara dan pantai Sibola Hotangsas, Balige, Kabupaten Toba. Dari total 6 (enam) titik pengambilan sampel air dilakukan pengumpulan sesuai periode yang ditentukan, periode *sebelum, selama* dan *setelah* pelaksanaan TMC. Total jumlah sampel air keseluruhan diperoleh 20 sampel air. Titik lokasi pengambilan sampel air tampak pada gambar 3, berikut jadwal perolehan sampelnya yang disajikan pada Tabel 1.

Untuk pengambilan sampel air hujan dilakukan dengan metode *Simple Rain Sampler (SRS)* yaitu salah satu metode pengambilan sampel air hujan yang sederhana dan mudah digunakan. Air hujan ditampung menggunakan panci/wadah dengan bahan plastik atau kaca yang diletakkan di tempat yang terbuka dan terkena hujan. Setelah hujan selesai dan hasil air

hujan yang ditampung kemudian disimpan dalam wadah atau jerigen plastik volume 1-2 liter untuk analisis lebih lanjut. Sedangkan untuk pengambilan sampel air sungai dan waduk dilakukan dengan metode pengambilan sampel air secara langsung dari permukaan sungai atau danau dengan menggunakan wadah atau jerigen plastik pengambilan sampel volume 1-2 liter yang bersih dan steril.

2.2. Unsur Pengujian

Untuk mengetahui apakah kandungan bahan semai CoSAT 1000 memberikan pengaruh atau dampak terhadap kualitas air, maka parameter uji yang digunakan untuk menentukan kualitas air terdiri dari parameter Fisika, Kimia Anorganik, dan Kandungan Mineral dengan unsur Kimia yang diuji merupakan derivatif dari kandungan bahan semai suar CoSAT 1000.

Parameter uji kualitas air yang diujikan adalah sebagai berikut:

1. Fisika: DHL (daya hantar listrik).
2. Kimia Anorganik: pH (derajat keasaman), Chloride (Cl), Nitrit (NO₂), Nitrat (NO₃).

3. Kandungan Mineral: Kalium (K), Natrium (Na) dan Magnesium (Mg).

Adapun unsur kimia Barium yang merupakan bahan pewarna asap serta jumlah komposisi yang rendah diasumsikan habis terbakar, untuk itu tidak dilakukan pengujian.

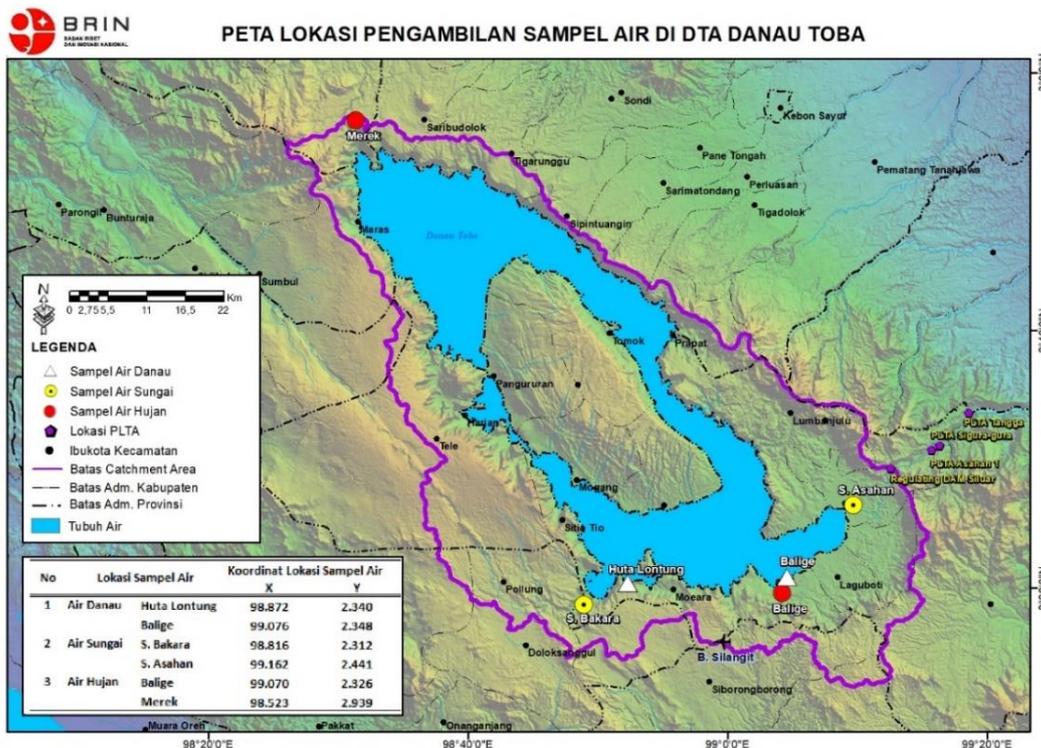
2.3. Analisa Sampel

Uji parameter kandungan sampel air dilakukan di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan (PTL) Organisasi Riset Pengkajian dan Penerapan Teknologi (OR-PPT) BRIN yang telah memperoleh akreditasi KAN (Komite Akreditasi Nasional), dengan metode pengujian mengacu pada (OR PPT Pusat Teknologi Lingkungan, 2021):

1. Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 6989 untuk pengujian pH, Daya Hantar listrik dan Kandungan logam berat lainnya yang diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN).
2. Standard Test Methode SM23rd 4011 yang diterbitkan U.S. Environmental Protection Agency (EPA).

Tabel 1. Jadwal Pengambilan Sampel Air periode TMC 15 Oktober - 18 November 2021

| Sampel | Lokasi | Periode TMC | | | |
|------------|------------------|-------------|---------------|----------------|------------|
| | | Sebelum | Selama I (S1) | Selama II (S2) | Setelah |
| Air Hujan | Posmet Merek | | 1/10/2021 | 16/11/2021 | |
| | Posmet Balige | | 22/10/2021 | 10/11/2021 | |
| Air Sungai | S. Bakara | 14/10/2021 | 23/10/2021 | 5/11/2021 | 19/11/2021 |
| | S.Asahan | 14/10/2021 | 22/10/2021 | 16/11/2021 | 22/11/2021 |
| Air Danau | Huta Lontung | 14/10/2021 | 23/10/2021 | 5/11/2021 | 19/11/2021 |
| | Sibola Hotangsas | 14/10/2021 | 23/10/2021 | 5/11/2021 | 19/11/2021 |



Gambar 3. Lokasi Titik Pengambilan Sampel Air

2.4. Analisa Baku Mutu Air dan Status Mutu Air

Umumnya kriteria kualitas air dinyatakan dengan “Kelas Air”, mengacu kepada Peraturan Pemerintah nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Namun mengingat dalam PP 22/2021 tersebut tidak mengkategorikan kandungan bahan kimia mineral seperti yang terkandung dalam komposisi suar CoSAT 1000, maka digunakan standar baku mutu lainnya sesuai Peraturan berikut:

1. Peraturan Gubernur Sumatera Utara nomor 1 tahun 2009 tentang Baku Mutu Air Danau Toba di Provinsi Sumatera Utara, yang sebagian besar mengacu kepada PP 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air,
2. Peraturan Menteri Kesehatan nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum
3. Peraturan Menteri Kesehatan nomor 32 tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus per Aqua* dan Pemandian Umum, serta
4. World Health Organization *Guidelines for Drinking Water Quality*.

Berdasarkan PP 22 Tahun 2021, kriteria Kelas Air dibagi menjadi:

1. Kelas I adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas II adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana /sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas III adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
4. Kelas IV adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Sedangkan untuk menentukan Status Mutu Air digunakan metode STORET (*Storage and Retrieval*) sesuai prosedur yang tertuang Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Dengan metoda STORET ini dapat diketahui parameter-parameter yang telah memenuhi atau melampaui baku mutu

air dengan membandingkan antara data kualitas air dengan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya. Metode STORET menguji kualitas air berdasarkan sampel yang diambil secara periodik, untuk itu metode ini cukup tepat untuk menguji dampak/efek dari bahan semai yang digunakan dalam pelaksanaan TMC berbasis suar CoSAT-1000 di DTA Danau Toba, dimana periode sampel dibagi kedalam periode *sebelum, selama dan setelah* pelaksanaan TMC sesuai dengan jadwal tabel 1.

Klasifikasi penilaian status mutu air menggunakan sistem nilai yang dibagi ke dalam empat kelas, yaitu :

1. Kelas A : baik sekali, skor = 0 = memenuhi baku mutu
 2. Kelas B : baik, skor = -1 s/d -10 = cemar ringan
 3. Kelas C : sedang, skor = -11 s/d -30 = cemar sedang
 4. Kelas D : buruk, skor \geq -31 = cemar berat
- Langkah-langkah metoda STORET dilakukan sebagai berikut :

1. Menyiapkan sampel air yang dikumpulkan secara periodik sehingga membentuk data dari waktu ke waktu (*time series data*).
2. Membandingkan data hasil uji maksimum, minimum dan rerata dari masing-masing parameter air dengan nilai baku mutu yang sesuai dengan kelas air.
3. Jika memenuhi nilai baku mutu air maka diberi nilai/skor = 0 (hasil uji < baku mutu),
4. Jika hasil uji tidak memenuhi nilai baku mutu air maka diberi nilai/skor sesuai dengan Tabel 2 berikut ini (hasil pengukuran > baku mutu).

Pemberian nilai skor dibagi berdasarkan jumlah parameter yang diuji serta dibagi ke dalam jenis parameter Fisika, Kimia dan Biologi dengan nilai skor sesuai tabel 2. Sehubungan dengan keterkaitan unsur bahan kimia dari bahan semai suar CoSAT-1000, maka pada sampel air yang dikumpulkan tidak dilakukan penilaian skor parameter biologi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan tujuan penulisan ini yakni untuk mengetahui mutu air dan status mutu air dari sampel air pada pelaksanaan TMC berbasis suar CoSAT 1000 tidak memberikan dampak negatif terhadap kualitas air hujan, air sungai maupun air Danau Toba. Berikut hasil pengukuran dan uji analisis dari masing-masing sampel air dapat diuraikan di bawah ini. Sehubungan daya hantar listrik sangat berkaitan erat dengan Total Zat Padat Terlarut atau *Total Dissolve Solid* (TDS) maka nilai standar Daya Hantar Listrik diperoleh dari konversi nilai standar TDS dengan koefisien untuk air tawar sebesar 0,65 – 0,89 (Rusydi, 2019).

Tabel 2. Sistem Penentuan Nilai Status Mutu Air

| Jml parameter* | Nilai | Parameter | | |
|----------------|-----------|-----------|-------|---------|
| | | Fisika | Kimia | Biologi |
| < 10 | Maksimum | -1 | -2 | -3 |
| | Minimum | -1 | -2 | -3 |
| | Rata-rata | -3 | -6 | -9 |
| ≥ 10 | Maksimum | -2 | -4 | -6 |
| | Minimum | -2 | -4 | -6 |
| | Rata-rata | -6 | -12 | -18 |

Catatan: *) jumlah parameter yang digunakan untuk penentuan status mutu air.

3.1. Analisis Kualitas Air Hujan

Sampel Air Hujan yang dilakukan di Lokasi Posmet Merek dan Posmet Balige, hanya diperoleh sampel air hujan pada periode S1 dan S2, sedangkan pada periode sebelum dan setelah TMC tidak diperoleh sampel air hujan dikarenakan tidak adanya kejadian hujan. Hasil pengukuran Dari Tabel 3 hasil uji parameter kualitas sampel air hujan dapat diinformasikan bahwa di kedua lokasi baik di Merek maupun Balige secara keseluruhan

nilai uji parameter kualitas air hujan dapat dikatakan tidak melebihi ambang batas maksimal. dan uji analisis terhadap sampel air hujan tersaji pada tabel 3.

Derajat keasaman (pH) air hujan berada pada tingkat netral, sehingga dapat diartikan hujan yang turun pada periode pelaksanaan penyemaian awan bukan hujan asam. Kandungan bahan kimia dari bahan semai suar CoSAT-1000 berupa Kalium, Natrium dan Magnesium menunjukkan nilai konsentrasi yang sangat rendah pada air hujan sehingga tidak membahayakan. Demikian juga dengan konsentrasi kandungan Klorida dan Nitrit/Nitrat.

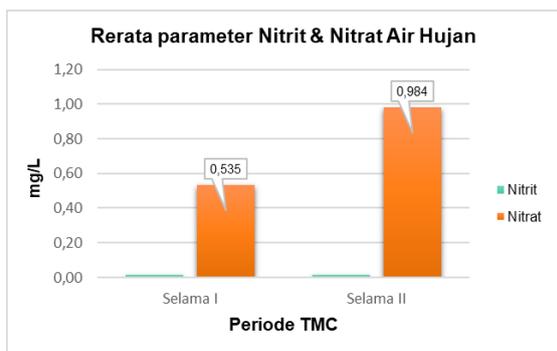
Untuk itu kualitas air hujan dapat dikategorikan memenuhi kriteria air Kelas 1, serta kriteria mutu Persyaratan Kualitas Air Minum Permenkes 492 tahun 2010. Pada gambar 4, parameter Nitrat dan Nitrit, serta parameter unsur kimia bahan semai suar CoSAT-1000 (Kalium, Natrium dan Magnesium) kesemuanya menunjukkan kadar di bawah 10 mg/L.

Tabel 3. Hasil uji parameter kualitas sampel air hujan

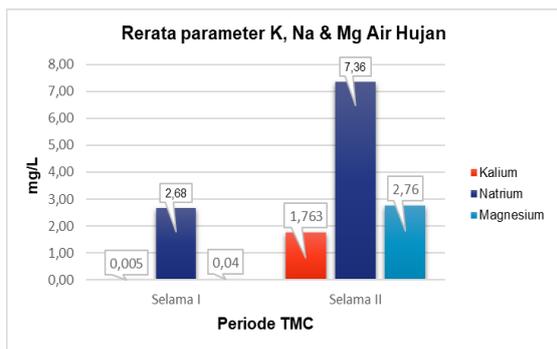
| Lokasi : Pos BALIGE | | Standar Baku Mutu | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|-------------------|-------------|------------------|------------------|-----------|-----------|---|------------------|
| Parameter | Satuan | Hasil Uji Periode | | PP no.22 th 2021 | PerGub no.1/2009 | Permenkes | | WHO Guideline (Drinking Water Quality) | Ambang Batas |
| | | S I | S II | Kelas I | Kelas I | 492/2010 | 32/2017 | | A(tas) / B(awah) |
| pH | - | 7,54 | 7,14 | 6-9 | 6-9 | 6-8,5 | 6-8,5 | | B |
| DHL (*) | µs/Cm | 48 | 20 | 1124-1538 | 1124-1538 | 562-769 | 1124-1538 | 300-800 | B |
| ion Klorida (Cl) | mg/L | 0,16 | 0,16 | 300 | 600 | 250 | - | 250 | B |
| ion Nitrit (NO ₂) | mg/L | 0,017 | 0,017 | 0,06 | 0,05 | 3 | 1 | 3 | B |
| ion Nitrat (NO ₃) | mg/L | 0,46 | 0,017 | 10 | 10 | 50 | 10 | 50 | B |
| Kalium (K) | mg/L | 0,005 | 0,005 | - | - | - | - | 160 | B |
| Natrium (Na) | mg/L | 2,68 | 7,66 | - | - | 200 | - | 200 | B |
| Magnesium (Mg) | mg/L | 0,05 | 0,62 | - | -- | - | - | 30 | B |

| Lokasi : Pos MEREK | | Standar Baku Mutu | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|-------------------|-------------|------------------|------------------|-----------|-----------|---|------------------|
| Parameter | Satuan | Hasil Uji Periode | | PP no.22 th 2021 | PerGub no.1/2009 | Permenkes | | WHO Guideline (Drinking Water Quality) | Ambang Batas |
| | | S I | S II | Kelas I | Kelas I | 492/2010 | 32/2017 | | A(tas) / B(awah) |
| pH | - | 7 | 6,28 | 6-9 | 6-9 | 6-8,5 | 6-8,5 | | B |
| DHL (*) | µs/Cm | 20 | 13 | 1124-1538 | 1124-1538 | 562-769 | 1124-1538 | 300-800 | B |
| ion Klorida (Cl) | mg/L | 0,31 | 3,45 | 300 | 600 | 250 | - | 250 | B |
| ion Nitrit (NO ₂) | mg/L | 0,017 | 0,017 | 0,06 | 0,05 | 3 | 1 | 3 | B |
| ion Nitrat (NO ₃) | mg/L | 0,61 | 1,95 | 10 | 10 | 50 | 10 | 50 | B |
| Kalium (K) | mg/L | 0,005 | 3,52 | - | - | - | - | 160 | B |
| Natrium (Na) | mg/L | 2,67 | 7,06 | - | - | 200 | - | 200 | B |
| Magnesium (Mg) | mg/L | 0,03 | 4,9 | - | -- | - | - | 30 | B |

(*) Konversi dari nilai standar Total Zat Padat Terlarut (Total Dissolve Solid – TDS), (Rusydi,2019)



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Rerata parameter Nitrit dan Nitrat sampel air hujan, (b) Rerata parameter Kalium, Natrium, dan Magnesium sampel air hujan

Berdasarkan pengujian dengan metode STORET seperti tampak pada tabel 4, status mutu air sampel air hujan baik sampel air hujan Pos Balige maupun Pos Merek masuk ke dalam kategori kelas A, atau memenuhi standar baku pada semua parameternya.

3.2. Analisis Kualitas Air Sungai

Pengambilan sampel air sungai dilakukan di Sungai Bakara yang mewakili sungai di daerah hulu dan merupakan aliran masuk ke Danau Toba dan Sungai Asahan yang mewakili daerah hilir (aliran keluar). Dikarenakan tidak terkendala harus adanya kejadian hujan seperti untuk sampel air hujan, maka sampel air sungai di kedua sungai dapat diperoleh untuk semua periode (*sebelum*,

selama dan setelah TMC).

Hasil uji parameter kualitas sampel air sungai yang tersaji pada Tabel 5 dapat disimpulkan nilai parameter sampel air sungai Bakara dan air sungai Asahan masih dalam batas aman dan tidak melebihi ambang batas maksimum. Derajat keasaman (pH) pada kedua air sungai berada pada kategori netral. Kadar kandungan bahan kimia suar CoSAT-1000; Kalium, Natrium dan Magnesium menunjukkan nilai kandungan kadar yang cukup rendah. Hal ini menunjukkan air sungai disekitar DTA Danau Toba tidak terkontaminasi bahan kimia suar CoSAT-1000, meskipun secara nilai kandungan sedikit lebih tinggi dari yang terkandung pada sampel air hujan. Demikian juga kadar kandungan Klorida dan Nitrit/Nitrat menunjukkan nilai yang sangat rendah. Secara umum terhadap parameter yang diujikan, kualitas air sungai memenuhi kriteria air Kelas 1.

Perbandingan kondisi parameter sampel Air Sungai pada setiap periode secara grafik diperlihatkan dalam gambar 5, dimana parameter kandungan kimiawi suar CoSAT-1000 (Kalium, Natrium dan Magnesium) dimana Natrium menunjukkan kadar kandungan rerata di kisaran 14 - 21 mg/L.

Dari gambar 5 terlihat terjadi peningkatan Nitrat pada periode selama pelaksanaan TMC, namun menunjukkan penurunan setelah pelaksanaan penyemaian awan berakhir. Sedangkan kandungan Natrium pada air sungai fluktuatif pada pengambilan sampel periode selama TMC, namun masih dibawah ambang batas.

Dari perhitungan STORET yang disajikan pada Tabel 6, Status Mutu Air air Sungai Bakara dan Sungai Asahan memenuhi skor "Baik Sekali" dengan kategori kelas A, dan memenuhi baku mutu air kelas I. sehingga tidak hanya layak digunakan sebagai air minum namun juga layak untuk prasarana /sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 4. Hasil penilaian status mutu air metode STORET untuk sampel air hujan

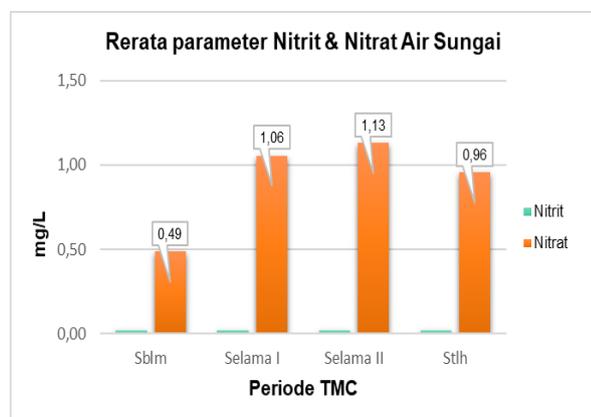
| Parameter | satuan | Baku Mutu Kelas I | Pengukuran (Pos Balige) | | | SKOR | Pengukuran (Pos Merek) | | | SKOR |
|-------------------------------|--------|-------------------|-------------------------|-----|------------|----------|------------------------|-----|--------|----------|
| | | | MAKS | MIN | RERATA | | MAKS | MIN | RERATA | |
| pH | - | 6-9 | 7,54 | 7,1 | 7,34 | 0 | 7 | 6,3 | 7,66 | 0 |
| FISIKA | | | | | | | | | | |
| DHL (*) | µs/Cm | 1331 | 48 | 20 | 34 | 0 | 20 | 13 | 79 | 0 |
| KIMIA | | | | | | | | | | |
| ion Klorida (Cl) | mg/L | 300 | 0,16 | 0,2 | 0,16 | 0 | 3,45 | 0,3 | 4,78 | 0 |
| ion Nitrit (NO ₂) | mg/L | 0,06 | 0,017 | 0 | 0,017 | 0 | 0,017 | 0 | 0,017 | 0 |
| ion Nitrat (NO ₃) | mg/L | 10 | 0,46 | 0 | 0,2385 | 0 | 1,95 | 0,6 | 0,42 | 0 |
| Kalium (K) | mg/L | 160 | 0,005 | 0 | 0,005 | 0 | 3,52 | 0 | 3,42 | 0 |
| Natrium (Na) | mg/L | 200 | 7,66 | 2,7 | 5,17 | 0 | 7,06 | 2,7 | 11,8 | 0 |
| Magnesium (Mg) | mg/L | 30 | 0,62 | 0,1 | 0,335 | 0 | 4,9 | 0 | 3,36 | 0 |
| | | | | | Total Skor | 0 | | | Total | 0 |
| | | | | | KELAS | A | | | KELAS | A |

Tabel 5. Hasil uji parameter kualitas air sungai

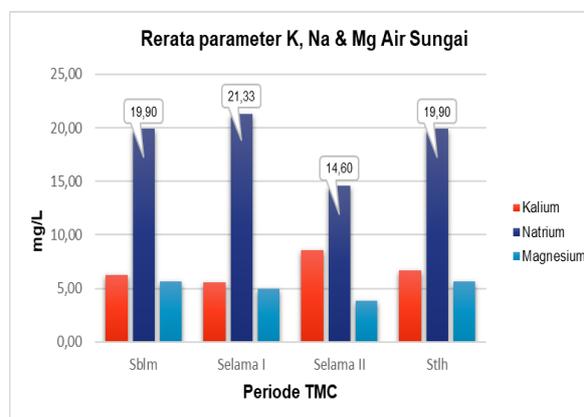
| Lokasi : S.Bakara | | Standar Baku Mutu | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|-------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|--------------|---------------|---------------------------------|---------------------|
| Parameter | Satuan | Hasil Uji Periode | | | | PP no.22 th 2021 | PerGub no.1/2009 | Permenkes | | WHO Guideline | Ambang Batas |
| | | Sblm | S I | S II | Sth | Kelas I | Kelas I | 492/ 2010 | 32/ 2017 | (Drinking Water Quality) | A(tas) / B(awah) |
| pH | - | 8,12 | 7,81 | 8,02 | 8 | 6-9 | 6-9 | 6-8,5 | 6-8,5 | - | B |
| DHL (*) | µs/Cm | 267 | 184 | 145 | 189 | 1124- 1538 | 1124-1538 | 562- 769 | 1124- 1538 | 300-800 | B |
| ion Klorida (Cl) | mg/L | 0,41 | 2,44 | 3,46 | 2,57 | 300 | 600 | 250 | - | 250 | B |
| ion Nitrit (NO ₂) | mg/L | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,06 | 0,05 | 3 | 1 | 3 | B |
| ion Nitrat (NO ₃) | mg/L | 0,55 | 1,65 | 1,8 | 1,41 | 10 | 10 | 50 | 10 | 50 | B |
| Kalium (K) | mg/L | 4,48 | 4 | 13,8 | 7,7 | - | - | - | - | 160 | B |
| Natrium (Na) | mg/L | 10,29 | 6,75 | 17,4 | 26,4 | - | - | 200 | - | 200 | B |
| Magnesium (Mg) | mg/L | 6,61 | 5,55 | 4,31 | 6,17 | - | -- | - | - | 30 | B |

| Lokasi : S.Asahan | | Standar Baku Mutu | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|-------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|--------------|---------------|---------------------------------|---------------------|
| Parameter | Satuan | Hasil Uji Periode | | | | PP no.22 th 2021 | PerGub no.1/2009 | Permenkes | | WHO Guideline | Ambang Batas |
| | | Sblm | S I | S II | Sth | Kelas I | Kelas I | 492/ 2010 | 32/ 2017 | (Drinking Water Quality) | A(tas) / B(awah) |
| pH | - | 7,66 | 7,69 | 8,04 | 7,7 | 6-9 | 6-9 | 6-8,5 | 6-8,5 | - | B |
| DHL (*) | µs/Cm | 87 | 83 | 79 | 86 | 1124- 1538 | 1124-1538 | 562- 769 | 1124- 1538 | 300-800 | B |
| ion Klorida (Cl) | mg/L | 5,3 | 5,28 | 4,78 | 5,03 | 300 | 600 | 250 | - | 250 | B |
| ion Nitrit (NO ₂) | mg/L | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,06 | 0,05 | 3 | 1 | 3 | B |
| ion Nitrat (NO ₃) | mg/L | 0,42 | 0,46 | 0,46 | 0,5 | 10 | 10 | 50 | 10 | 50 | B |
| Kalium (K) | mg/L | 8 | 7,17 | 3,42 | 5,68 | - | - | - | - | 160 | B |
| Natrium (Na) | mg/L | 29,5 | 35,9 | 11,8 | 13,4 | - | - | 200 | - | 200 | B |
| Magnesium (Mg) | mg/L | 4,69 | 4,37 | 3,36 | 5,17 | - | -- | - | - | 30 | B |

(*) Konversi dari nilai standar Total Zat Padat Terlarut (Total Dissolve Solid – TDS), (Rusydi,2019)



(a)



(b)

Gambar 5. (a) Rerata parameter Nitrit dan Nitrat sampel air sungai, (b) Rerata parameter Kalium, Natrium, dan Magnesium sampel air sungai

Tabel 6. Hasil Penilaian Status Mutu Air metode STORET untuk Sampel Air Sungai

| Parameter | satuan | Baku Mutu Kelas I | Sampel S. Bakara | | | SKOR | Sampel S. Asahan | | | SKOR |
|-------------------------------|--------|-------------------|------------------|--------|------------|----------|------------------|-------|------------|----------|
| | | | MAKS | MIN | RERATA | | MAKS | MIN | RERATA | |
| pH | | 9 | 8,12 | 7,81 | 7,99 | 0 | 8,04 | 7,66 | 7,77 | 0 |
| FISIKA | | | | | | | | | | |
| DHL (*) | µs/Cm | 1331 | 267,00 | 145,00 | 196,25 | 0 | 87,00 | 79,00 | 83,75 | 0 |
| KIMIA | | | | | | | | | | |
| ion Klorida (Cl) | mg/L | 300 | 3,46 | 0,41 | 2,22 | 0 | 5,30 | 4,78 | 5,10 | 0 |
| ion Nitrit (NO ₂) | mg/L | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0 |
| ion Nitrat (NO ₃) | mg/L | 10 | 1,80 | 0,55 | 1,35 | 0 | 0,50 | 0,42 | 0,46 | 0 |
| Kalium (K) | mg/L | 160 | 13,80 | 4,00 | 7,50 | 0 | 8,00 | 3,42 | 6,07 | 0 |
| Natrium (Na) | mg/L | 200 | 26,40 | 6,75 | 15,21 | 0 | 35,90 | 11,80 | 22,65 | 0 |
| Magnesium (Mg) | mg/L | 30 | 6,61 | 4,31 | 5,66 | 0 | 5,17 | 3,36 | 4,40 | 0 |
| | | | | | Total Skor | 0 | | | Total Skor | 0 |
| | | | | | KELAS | A | | | KELAS | A |

3.3. Analisis Kualitas Air Danau

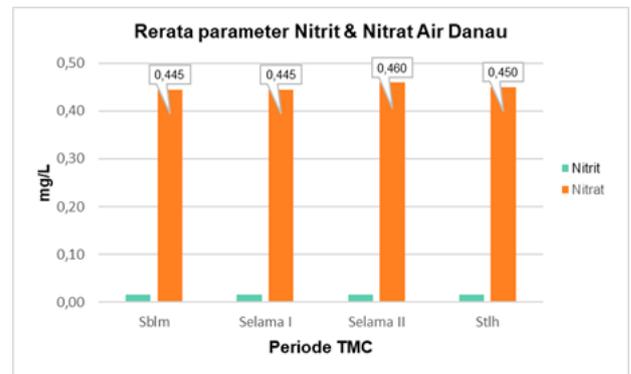
Pengambilan sampel air Danau dilakukan di daerah Huta Lontung, Muara dan Sibola Hotangsas, Balige. Seperti halnya untuk sampel air sungai, dikarenakan tidak terkendala dengan adanya kejadian hujan, maka sampel air danau di kedua lokasi dapat diperoleh untuk semua periode (*sebelum, selama dan setelah* TMC). Hasil uji parameter kualitas sampel air danau tersaji pada Tabel 7.

Secara umum kondisi air danau relatif sama dengan air sungai, masih dalam batas aman dan dibawah batas ambang maksimal, dapat dikategorikan memenuhi kriteria air Kelas 1 dan Persyaratan Kualitas Air Minum Permenkes 492 tahun 2010. Derajat keasaman (pH) air danau berada pada kategori netral. Dan kadar kandungan bahan kimia suar CoSAT-1000; Kalium, Natrium dan Magnesium menunjukkan nilai kandungan kadar yang cukup rendah. Namun serupa dengan air sungai konsentrasi kadar Natrium lebih tinggi dibandingkan dengan air hujan, dengan kisaran rerata 12 s.d 15 mg/L. Kandungan Klorida dan Nitrit/Nitrat pada air danau menunjukkan kadar yang cukup rendah.

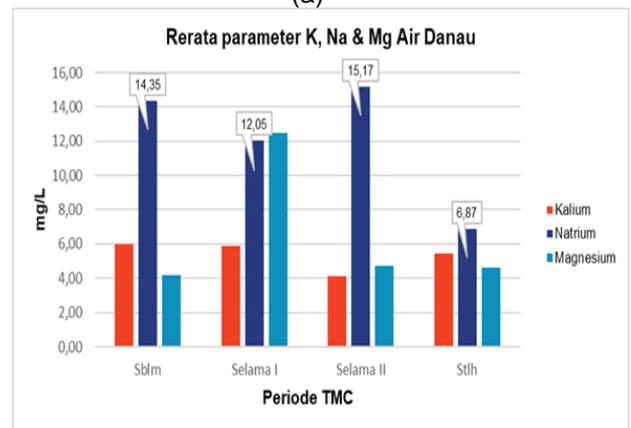
Dapat disimpulkan air Danau Toba tidak terkontaminasi unsur bahan kimia suar CoSAT-1000.

Perbandingan kondisi parameter uji Air Danau, khususnya Klorida dan Nitrit/Nitrat serta Kalium, Natrium dan Magnesium pada setiap periode secara grafik diperlihatkan dalam Gambar 6. Dari grafik tersebut tampak kandungan Nitrat dalam air Danau konsisten pada kisaran 0,4-0,5 mg/L setiap periode. Sedangkan kandungan Natrium pada air danau fluktuatif pada periode

sebelum dan selama pelaksanaan TMC, namun kembali turun setelah pelaksanaan penyemaian awan berakhir.



(a)



(b)

Gambar 6. (a) Rerata parameter Nitrit dan Nitrat sampel air hujan, (b) Rerata parameter Kalium, Natrium, dan Magnesium sampel air hujan

Tabel 7. Hasil Uji Paramater Kualitas Sampel Air Danau Standar Baku MutuLokasi :
HUTA LONTUNG

| Parameter | Satuan | Hasil Uji Periode | | | | PP no.22 th 2021 | PerGub no.1/2009 | Permenkes | | WHO Guideline | Ambang Batas |
|----------------------------------|--------|-------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|--------------|---------------|---------------------------------|----------------------|
| | | Sblm | S I | S II | Stlh | Kelas I | Kelas I | 492/ 2010 | 32/ 2017 | (Drinking Water Quality) | A(tas) / B(aawah) |
| pH | - | 7,82 | 7,25 | 7,89 | 8,03 | 6-9 | 6-9 | 6-8,5 | 6-8,5 | - | B |
| DHL (*) | µs/Cm | 66 | 80 | 77 | 81 | 1124- 1538 | 1124-1538 | 562- 769 | 1124- 1538 | 300-800 | B |
| ion Klorida (Cl) | mg/L | 5,19 | 5,08 | 5,19 | 4,75 | 300 | 600 | 250 | - | 250 | B |
| ion Nitrit (NO ₂) | mg/L | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,06 | 0,05 | 3 | 1 | 3 | B |
| ion Nitrat (NO ₃) | mg/L | 0,42 | 0,47 | 0,47 | 0,48 | 10 | 10 | 50 | 10 | 50 | B |
| Kalium (K) | mg/L | 6,02 | 6,02 | 5,16 | 2,79 | - | - | - | - | 160 | B |
| Natrium (Na) | mg/L | 18,3 | 11,4 | 23,4 | 3,86 | - | - | 200 | - | 200 | B |
| Magnesium (Mg) | mg/L | 4,59 | 5,91 | 5,23 | 3,71 | - | -- | - | - | 30 | B |

Lokasi :
BALIGE

Standar Baku Mutu

| Parameter | Satuan | Hasil Uji Periode | | | | PP no.22 th 2021 | PerGub no.1/2009 | Permenkes | | WHO Guideline | Ambang Batas |
|----------------------------------|--------|-------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|--------------|---------------|---------------------------------|----------------------|
| | | Sblm | S I | S II | Stlh | Kelas I | Kelas I | 492/ 2010 | 32/ 2017 | (Drinking Water Quality) | A(tas) / B(aawah) |
| pH | - | 7,92 | 7,87 | 7,78 | 7,9 | 6-9 | 6-9 | 6-8,5 | 6-8,5 | - | B |
| DHL (*) | µs/Cm | 56 | 82 | 88 | 88 | 1124- 1538 | 1124- 1538 | 562- 769 | 1124- 1538 | 300-800 | B |
| ion Klorida (Cl) | mg/L | 5,64 | 9,52 | 4,75 | 4,78 | 300 | 600 | 250 | - | 250 | B |
| ion Nitrit (NO ₂) | mg/L | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,06 | 0,05 | 3 | 1 | 3 | B |
| ion Nitrat (NO ₃) | mg/L | 0,47 | 0,42 | 0,45 | 0,42 | 10 | 10 | 50 | 10 | 50 | B |
| Kalium (K) | mg/L | 5,95 | 5,79 | 3,11 | 8,14 | - | - | - | - | 160 | B |
| Natrium (Na) | mg/L | 10,4 | 12,7 | 6,93 | 9,88 | - | - | 200 | - | 200 | B |
| Magnesium (Mg) | mg/L | 3,73 | 19,1 | 4,21 | 5,47 | - | -- | - | - | 30 | B |

(*) Konversi dari nilai standar Total Zat Padat Terlarut (Total Dissolve Solid – TDS), (Rusydi,2019).

Berdasarkan analisa metode STORET sampel air danau Toba di Huta Lontung dan Balige dapat dilihat pada Tabel 8. Menurut table tersebut, perhitungan STORET Status Mutu Air air danau Toba pada titik sampel Huta Lontung dan Balige memenuhi skor “Baik Sekali” dengan kategori kelas A, dan memenuhi baku mutu air kelas I sehingga layak digunakan untuk prasarana

/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut (Soetrisno, 2020).

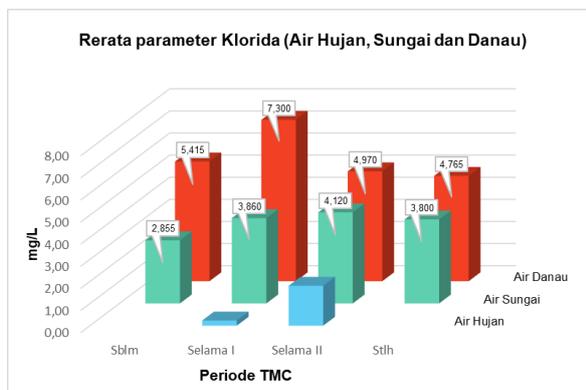
Tabel 8. Hasil Penilaian Status Mutu Air metode STORET untuk Sampel Air Danau

| Parameter | satuan | Baku Mutu Kelas II | Sampel Huta Lontung | | | SKOR | Sampel Balige | | | SKOR | |
|-------------------------------|--------|--------------------|---------------------|-------|------------|----------|---------------|-------|--------|------------|----------|
| | | | MAKS | MIN | RERATA | | MAKS | MIN | RERATA | | |
| pH | | 9 | 8,03 | 7,25 | 7,75 | 0 | 7,92 | 7,78 | 7,87 | 0 | |
| FISIKA | | | | | | | | | | | |
| DHL (*) | µs/Cm | 1331 | 81,00 | 66,00 | 76,00 | 0 | 88,00 | 56,00 | 78,50 | 0 | |
| KIMIA | | | | | | | | | | | |
| ion Klorida (Cl) | mg/L | 300 | 5,19 | 4,75 | 5,05 | 0 | 9,52 | 4,75 | 6,17 | 0 | |
| ion Nitrit (NO ₂) | mg/L | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0 | |
| ion Nitrat (NO ₃) | mg/L | 10 | 0,48 | 0,42 | 0,46 | 0 | 0,47 | 0,42 | 0,44 | 0 | |
| Kalium (K) | mg/L | 160 | 6,02 | 2,79 | 5,00 | 0 | 8,14 | 3,11 | 5,75 | 0 | |
| Natrium (Na) | mg/L | 200 | 23,40 | 3,86 | 14,24 | 0 | 12,70 | 6,93 | 9,98 | 0 | |
| Magnesium (Mg) | mg/L | 30 | 5,91 | 3,71 | 4,86 | 0 | 19,10 | 3,73 | 8,13 | 0 | |
| | | | | | Total Skor | 0 | | | | Total Skor | 0 |
| | | | | | KELAS | A | | | | KELAS | A |

3.4. Pembahasan

Analisa baku mutu dan status mutu air pada sampel air hujan, air sungai dan air danau Toba secara keseluruhan masih dibawah ambang batas baik periode *sebelum*, *selama* dan *setelah* pelaksanaan penerapan TMC. Kondisi air hujan, air sungai dan air Danau Toba baik *sebelum*, *selama* dan *sesudah* penerapan TMC merupakan air 'netral' yang derajat keasaman (pH) dan memenuhi batas ambang baku mutu kelas I maupun kelas II. Kadar kandungan bahan kimia Kalium, Natrium dan Magnesium yang merupakan unsur kimia utama pada bahan semai suar CoSAT-1000 menunjukkan konsentrasi yang jauh di bawah dari batas ambang maksimal.

Bila ditinjau dari parameter ion Klorida (Cl) pada sampel air hujan menunjukkan nilai konsentrasi kurang dari 4 mg/L, namun pada sampel air sungai terjadi peningkatan sebesar sekitar 2,2 mg/L pada sampel air sungai Bakara dan 5,1 mg/L pada sampel air sungai Asahan, sedangkan pada sampel air Danau, rerata konsentrasi Klorida (Cl) mencapai 5,1 mg/L dan pada sampel Huta Lontung, dan 6,2 mg/L pada sampel air danau di Balige. Secara umum nilai kandungan ion Klorida (Cl) baik pada sampel air sungai dan air Danau Toba dan tidak melebihi ambang batas yang telah ditentukan.



Gambar 7. Rerata Parameter Klorida Sampel Air Hujan, Air Sungai dan Air Danau.

4. KESIMPULAN

Penerapan TMC di DTA Danau Toba telah terlaksana dari tanggal 15 Oktober s.d 18 November 2021, selama 35 hari kegiatan dengan jumlah sorti penerbangan penyemaian awan sebanyak 37 kali sorti dan menghabiskan 324 batang suar CoSAT 1000 atau setara dengan 259 kg campuran bahan kimia baik Natrium, Kalium dan Magnesium serta Klorida.

Dengan diperolehnya hasil analisa uji parameter sampel air hujan, air sungai dan air Danau Toba selama penerapan TMC yang memenuhi baku mutu air serta berdasarkan analisa metode STORET menunjukkan bahwa status mutu air hujan, air sungai dan air danau memenuhi kategori kelas A. Maka hal ini menunjukkan bahwa kandungan bahan kimia suar CoSAT-1000 aman untuk dipergunakan sebagai bahan semai penerapan modifikasi cuaca dan tidak memberikan dampak negatif terhadap status mutu air hujan, air sungai dan air danau Toba.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih sebesar-besarnya ditujukan kepada PT. Indonesia Aluminium -INALUM (Persero) yang telah mempercayakan dan menugaskan Laboratorium Pengelolaan Teknologi Modifikasi Cuaca (dh. Balai Besar TMC) untuk melaksanakan kegiatan penerapan TMC berbasis suar CoSAT 1000 pertama kalinya di DTA Danau Toba.

6. DAFTAR PUSTAKA

Berita Acara Uji Dinamis Sertifikasi CoSAT 1000 pada pesawat Piper Cheyenne, 22 Oktober 2020
 Bruintjes, R. T., Salazar, V., Semeniuk, T. A., Buseck, P., Breed, D. W., & Gunkelman, J. (2012). Evaluation of hygroscopic cloud seeding flares. *The Journal of Weather*

- Modification*, 44(1), 69-94. doi: 10.54782/jwm.v44i1.85
- Direktorat Pengendalian Kerusakan Perairan Darat, Direktur Jenderal Pengendalian DAS dan Hutan Lindung, Kementerian Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2019), Rencana Pengelolaan Danau Toba.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.
- Laboratorium Pengelolaan Teknologi Modifikasi Cuaca (November 2021), Direktorat Pengelolaan Laboratorium Fasilitas Riset dan Kawasain Sains Teknologi, *Laporan Akhir Pelaksanaan Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) di Daerah Tangkapan Air Danau Toba Provinsi Sumatera Utara, tahap II -Tahun 2021 periode 15 Oktober – 18 November 2021*.
- Organisasi Riset Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Pusat Teknologi Lingkungan, (9 Desember 2021) *Laporan Hasil Uji nomor 070/LHU/Lab.An/PTL/XI/2021*
- Peraturan Gubernur Sumatera Utara nomor 1 tahun 2009 tentang Baku Mutu Air Danau Toba di Provinsi Sumatera Utara.
- Peraturan Menteri Kesehatan nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum
- Peraturan Menteri Kesehatan nomor 32 tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua dan Pemandian Umum
- Peraturan Pemerintah nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Peraturan Pemerintah nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Rosenfeld, D., Axisa, D., Woodley, W. L., & Lahav, R. (2010). A quest for effective hygroscopic cloud seeding. *journal of applied meteorology and climatology*, 49(7), 1548-1562. doi: 10.1175/2010JAMC2307.1
- Sertifikat Laik dan Aman Udara CoSAT 1000, 2 November 2020, SKET/01/PM/XI/2020
- Webinar Potensi Pemanfaatan Teknologi Modifikasi Cuaca Berbasis Flare di Indonesia, 20 Agustus 2021, *Materi Presentasi CoSAT 1000 Produk Bahan Semai Awan PT.PINDAD (persero)*,
- World Health Organization. (2022). *Guidelines for Drinking-Water Quality.4th editio*
- Soetrisno Garno. Y, Nugroho R, Hanif M. (2020). Kualitas Air Danau Toba di Wilayah Kabupaten Toba Samosir dan Kelayakan Peruntukannya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(1), 118-124.
- Rusydi, A. F. (2018, February). Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. In *IOP conference series: earth and environmental science* (Vol. 118, p. 012019). IOP Publishing. doi: 10.1088/1755-1315/118/1/012019