

KAJIAN
PENGAMBILAN DAN PEMERIKSAAN SPESIMEN
AIR DANAU TOBA TERKAIT PENYAKIT
BERPOTENSI KLB DI KABUPATEN
SIMALUNGUN SUMATERA UTARA
TAHUN 2017



KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL PENCEGAHAN
DAN PENGENDALIAN PENYAKIT

BALAI TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PENGENDALIAN
PENYAKIT (BTKLPP) KELAS I MEDAN
TAHUN 2017

ABSTRAK

Danau Toba merupakan danau terbesar di Indonesia dan juga merupakan danau vulkanik terbesar di dunia dan dikelilingi oleh 7 (tujuh) wilayah kabupaten yaitu Kabupaten Simalungun, Karo, Dairi, Tapanuli Utara, Simalungun, Samosir, dan Humbang Hasundutan. Mayoritas masyarakat di 7 kabupaten tersebut, menggunakan air Danau Toba sebagai sumber baku minuman. Pencemaran air Danau Toba akan menyebabkan timbulnya penyakit berpotensi KLB. Sebagaimana diketahui, pencemar-pencemar kimia bersifat akumulatif dalam tubuh. Dampaknya tidak langsung dirasakan, tapi membutuhkan periode waktu tertentu sehingga menimbulkan penyakit-penyakit seperti gangguan syaraf, pencernaan, ginjal, kulit dan lain-lain.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter-parameter pencemar Danau Toba sebagai sumber penyakit serta melakukan analisis risiko kandungan parameter pencemar pada perairan Danau Toba di Kecamatan Parapat Kabupaten Simalungun, supaya dapat dirumuskan langkah-langkah pencegahan timbulnya penyakit berpotensi KLB. Metode penelitian adalah penelitian deskriptif tentang kualitas air danau Toba dan dilanjutkan dengan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) terhadap parameter-parameter pencemar. Sampel dalam penelitian ini sebanyak 30 sampel air Danau Toba yang berasal dari Keramba Jaring Apung, Permukiman Penduduk, Hotel, Tempat Wisata, dan Pelabuhan.

Dari 30 sampel yang dianalisa, keseluruhan (100%) sampel tidak memenuhi persyaratan, dimana terdapat 10 parameter yang melewati nilai baku mutu, yaitu besi, seng, krom valensi 6, khlor bebas, fluoride, pospat, sulfide, nitrat, TSS dan BOD. Dari analisis risiko yang dilakukan dengan metode ARKL meja terhadap parameter seng dan khlor bebas, keseluruhan responden masih berada pada kondisi yang aman dari paparan seng dan khlor bebas sepanjang hayatnya (besaran risiko, $RQ < 1$) namun sudah berisiko terkena dampak dari paparan Fluorida (besaran risiko, $RQ > 1$) dengan mengasumsikan tidak ada perubahan signifikan pada konsentrasi Selenium dan Fluorida dari air yang dikonsumsi dan data-data antropometri responden.

Disarankan kepada Dinas Kesehatan Kabupaten Simalungun untuk memberikan informasi kondisi air Danau Toba kepada masyarakat, sehingga masyarakat dapat ikut berpartisipasi dalam menjaga kualitas perairan Danau Toba dan mempercepat dilakukannya zonasi budidaya ikan system Keramba Jaring Apung (KJA).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Danau Toba merupakan danau terbesar di Indonesia dan juga merupakan danau vulkanik terbesar di dunia dengan luas 1130 km² dan titik terdalam 529 m (BKPEKDT). Danau Toba adalah danau oligotropik dengan ciri khas miskin akan unsur hara, memiliki waktu tinggal yang cukup lama, dan hampir tidak ada arus suhu stabil (Odum). Letaknya sangat strategis meliputi 7 (tujuh) wilayah kabupaten yaitu Kabupaten Simalungun, Karo, Dairi, Tapanuli Utara, Simalungun, Samosir, dan Humbang Hasundutan (Anonymous, 2012).

Mayoritas masyarakat di 7 kabupaten tersebut, menggunakan air Danau Toba sebagai sumber baku minuman. Sesuai dengan peruntukannya berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, Pemerintah Daerah Sumatera Utara telah menetapkan baku mutu air Danau Toba sebagai sumber air Kelas Satu (Pergub No. 1 Tahun 2009). Tiga PDAM beroperasi mengolah air Danau Toba untuk disalurkan ke masyarakat yaitu PDAM Balige, PDAM Laguboti, dan PDAM Pangururan. Pencemaran air Danau Toba akan menyebabkan timbulnya penyakit berpotensi KLB. Sebagaimana diketahui, pencemar-pencemar kimia bersifat akumulatif dalam tubuh. Dampaknya tidak langsung dirasakan, tapi membutuhkan periode waktu tertentu sehingga menimbulkan penyakit-penyakit seperti gangguan syaraf, pencernaan, ginjal, kulit dan lain-lain.

Selain mengambil air Danau Toba sebagai air baku, semua masyarakat membuang limbah cairnya kembali ke Danau Toba, kebanyakan tanpa diolah. Termasuk dalam limbah ini adalah yang berasal dari rumah tangga, hotel dan restaurant seperti tinja, sampah dan lain-lain. Limbah transportasi air mencemari Danau Toba dengan cecceran oli, minyak, bahan bakar, limbah padat dan cair dari toilet kapal. Sumber pencemaran kegiatan perikanan berasal dari kegiatan pemeliharaan keramba jaring apung (KJA) yang pertumbuhannya cukup pesat. Kegiatan pertanian yang secara tidak langsung menimbulkan pencemaran dan beban kerusakan adalah residu pupuk dan pestisida yang terbawa air hujan ke perairan. Pupuk dan berbagai limbah peternakan dan perikanan menyebabkan perairan danau semakin kaya dengan nutrient atau pospat yang berlebihan. Dampaknya dapat dilihat dari air yang berbau tidak sedap dan kekeruhannya meningkat. Indikator biologis

peningkatan kandungan pospat dalam air antara lain dari penurunan kandungan oksigen dalam air dan makin meluasnya tutupan enceng gondok di perairan (Anonymous, 2012).

Kabupaten Simalungun sebagai daerah yang termasuk dalam kawasan Danau Toba mengalami perkembangan yang cukup pesat dalam penambahan Keramba Jaring Apung (KJA), tempat-tempat wisata, hotel, serta kegiatan-kegiatan lainnya yang berpotensi menjadi sumber pencemar bagi perairan Danau Toba yang secara tidak langsung dapat menyebabkan timbulnya penyakit-penyakit akibat lingkungan.

Mengingat bahwa Danau Toba sebagai danau alam yang seharusnya berperan sebagai penyangga kelestarian ekosistem darat, yang dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai keperluan, perlu dilakukan penelitian untuk pemetaan kualitas perairan Danau Toba khususnya di Kabupaten Simalungun, sebagai dasar untuk merumuskan langkah-langkah pencegahan timbulnya penyakit-penyakit berpotensi KLB yang diakibatkan oleh pencemaran yang terjadi.

1.2. Dasar Hukum

1. Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup
2. Undang-Undang No. 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan
3. Permenkes 2349/Menkes/Per/XI/2011 tentang Organisasi dan Tata Kerja Unit Pelaksana Teknis di Bidang Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit
4. Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Kualitas Air Badan Air

1.3. Tujuan

1. Memberikan gambaran parameter pencemar sebagai sumber penyakit pada perairan Danau Toba di kawasan Parapat Kabupaten Simalungun
2. Mengetahui gambaran kesehatan dan sanitasi masyarakat di kawasan Parapat Kabupaten Simalungun
3. Mengetahui estimasi timbulnya penyakit akibat dampak paparan dari parameter pencemar terhadap masyarakat di kawasan Parapat Kabupaten Simalungun

1.4. Manfaat

1. Memberikan informasi kepada instansi terkait mengenai gambaran kualitas perairan Danau Toba yang merupakan indikator tingkat pencemaran dari kawasan tersebut
2. Sebagai informasi awal kepada instansi terkait maupun pengambil kebijakan untuk merumuskan kebijakan dalam rangka pencegahan terjadinya penyakit berpotensi KLB bersumber air Danau Toba.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air

Air merupakan molekul kimia yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi ini. Penggunaan air yang utama dan sangat vital bagi kehidupan adalah sebagai air minum yang berfungsi untuk mencukupi kebutuhan air didalam tubuh manusia itu sendiri. Air di dalam tubuh manusia berkisar antara 50 – 70% dari seluruh berat badan. Kehilangan air untuk 15% dari berat badan dapat mengakibatkan kematian yang diakibatkan oleh dehidrasi. Karenanya orang dewasa perlu meminum minimal sebanyak 1,5 – 2 liter air sehari untuk keseimbangan dalam tubuh dan membantu proses metabolisme. Di dalam tubuh manusia, air diperlukan untuk transportasi zat-zat makanan dalam bentuk larutan dan melarutkan berbagai jenis zat yang diperlukan tubuh. Misalnya untuk melarutkan oksigen sebelum memasuki pembuluh-pembuluh darah yang ada di sekitar alveoli (Slamet,2009).

Pengklasifikasian mutu air badan air menurut PP Nomor 82 Tahun 2001 adalah :

1. Kelas Satu : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
2. Kelas Dua : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas Tiga : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

Kelas Empat : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.2. Manfaat Air Bagi Kesehatan

Air minum dalam tubuh manusia berfungsi untuk menjaga keseimbangan metabolisme dan fisiologi tubuh. Setiap waktu, air perlu dikonsumsi karena setiap

saat tubuh bekerja dan berproses. Di samping itu, air juga berguna untuk melarutkan dan mengolah sari makanan agar dapat dicerna. Tubuh manusia terdiri dari berjuta-juta sel dan komponen terbanyak sel-sel itu adalah air. Jika kekurangan air, sel tubuh akan menciut dan tidak dapat berfungsi dengan baik. Begitu pula, air merupakan bagian ekskreta cair (keringat, air mata, air seni), tinja, uap pernafasan, dan cairan tubuh (darah lympe) lainnya (Depkes RI, 2006).

Menurut Slamet (2004), air digunakan untuk melarutkan berbagai jenis zat yang diperlukan oleh tubuh. Misalnya untuk melarutkan oksigen sebelum memasuki pembuluh-pembuluh darah yang ada di sekitar alveoli. Begitu juga dengan zat-zat makanan hanya dapat diserap apabila dapat larut dalam cairan yang meliputi selaput lender usus. Di samping itu, transportasi zat-zat makanan dalam tubuh semuanya dalam bentuk larutan dengan pelarut air. Air juga berguna untuk mempertahankan suhu badan karena dengan penguapannya suhu dapat menurun.

2.3. Penyakit-penyakit yang Ditularkan Melalui Air

Air merupakan suatu sarana utama untuk meningkatkan derajat kesehatan manusia, karena air merupakan salah satu media dalam berbagai macam penularan penyakit. Penyakit-penyakit yang berhubungan dengan air dapat dibagi dalam kelompok-kelompok berdasarkan cara penularannya. Mekanisme penularan penyakit sendiri terbagi menjadi empat, yaitu (Chandra, 2006):

1. Water borne mechanism

Penyakit pada mekanisme ini disebabkan oleh kuman patogen dalam air yang ditularkan kepada manusia melalui mulut atau sistem pencernaan. Contoh penyakit yang ditularkan melalui mekanisme ini antara lain kolera, tifoid, hepatitis viral, disentri basiler, dan poliomyelitis. Penyakit-penyakit ini hanya dapat menyebar apabila mikroba penyebabnya dapat masuk ke dalam sumber air yang dipakai masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

2. Water washed mechanism

Mekanisme penularan semacam ini berkaitan dengan kebersihan umum dan perorangan. Dengan terjaminnya kebersihan oleh tersedianya air yang cukup, maka penyakit-penyakit tertentu dapat dikurangi penularannya pada manusia. Mutu air yang diperlukan tidak perlu seketat mutu air bersih untuk air minum, yang lebih menentukan dalam hal ini adalah banyaknya air yang tersedia. Pada mekanisme ini terdapat tiga cara penularan, yaitu:

- a. Infeksi melalui alat pencernaan, seperti diare pada anak-anak.
- b. Infeksi melalui kulit dan mata, seperti skabies dan trakhoma.
- c. Penularan melalui binatang pengerat seperti pada penyakit leptospirosis

3. Water based mechanism

Penyakit yang ditularkan dengan mekanisme ini memiliki agent penyebab yang menjalani sebagian siklus hidupnya di dalam tubuh vektor atau sebagai intermediate host yang hidup di dalam air. Contohnya skistosomiasis dan penyakit akibat *Dracunculus medinensis*. Badan-badan air yang potensial untuk menjangkitkan jenis penyakit ini adalah badan-badan air yang terdapat di alam, yang sering berhubungan erat dengan kehidupan sehari-hari manusia seperti menangkap ikan, mandi, cuci, dan sebagainya.

4. Water related insect vector mechanism

Agent penyakit ditularkan melalui gigitan serangga yang berkembang biak di dalam air. Contoh penyakit dengan mekanisme penularan semacam adalah filariasis, DBD, malaria, dan yellow fever. Nyamuk *aedes aegypti* yang merupakan vektor penyakit dengue dapat berkembang biak dengan mudah bila pada lingkungan terdapat tempat-tempat sementara untuk air bersih seperti gentong air, pot, dan sebagainya.

2.4 Pencemaran

Polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Undang-Undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 1982).

Peristiwa pencemaran lingkungan disebut polusi. Zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran disebut polutan. Syarat-syarat suatu zat disebut polutan bila keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup. Contohnya karbon dioksida dengan kadar 0,033% di udara berfaedah bagi tumbuhan, tapi bila lebih tinggi dari 0,033% dapat memberikan efek merusak.

Suatu zat dapat disebut polutan apabila (1) Jumlahnya melebihi jumlah normal (2) Berada pada waktu yang tidak tepat (3) Berada pada tempat yang tidak

tepat. Sedangkan sifat polutan adalah (1) Merusak untuk sementara, tetapi bila telah bereaksi dengan zat lingkungan tidak merusak lagi (2) Merusak dalam jangka waktu lama, contohnya timbal tidak merusak bila konsentrasinya rendah, tapi dalam jangka waktu yang lama, timbal dapat terakumulasi dalam tubuh sampai ke tingkat yang merusak.

Pencemaran air adalah suatu perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air seperti danau akibat aktivitas manusia. Danau adalah bagian penting dalam siklus kehidupan manusia dan merupakan salah satu bagian penting dari siklus hidrologi. Selain mengalirkan air juga mengalirkan sedimen dan polutan. Berbagai macam fungsinya sangat membantu kehidupan manusia.

2.5. Danau Toba

Secara geografis Kawasan Danau Toba terletak di pegunungan Bukit Barisan Propinsi Sumatera Utara, 176 km arah selatan kota Medan, merupakan danau terbesar di Indonesia dan di Asia Tenggara. Permukaan danau berada pada ketinggian 903 meter di atas permukaan laut, dan Daerah Tangkapan Air (DTA) 1981 meter di atas permukaan laut. Luas perairan Danau Toba yaitu 1130 km² dengan kedalaman maksimal 529 meter. Total luas Daerah Tangkapan Air (DTA) Danau Toba ± 4311, 58 km².

DTA Danau Toba termasuk ke dalam tipe iklim B1, C1, C2, D2, dan E2. Dengan demikian, bualan basah (Curah hujan ≥ 200 mm/bulan) berturut-turut pada kawasan ini bervariasi antara dari 3 bulan sampai dengan 7 – 9 bulan, sedangkan bulan kering (Curah hujan ≤ 100 mm/bulan) berturut-turut antara 2 – 3 bulan. Berdasarkan klasifikasi iklim menurut Schmidt dan Fergusson, maka DTA Danau Toba ini termasuk ke dalam tipe iklim A, B, dan C.

Curah hujan tahunan yang terdapat di kawasan Daerah Tangkapan Air Danau Toba berkisar antara 1700 sampai dengan 2400 mm/tahun. Sedangkan puncak musim hujan terjadi pada bulan Nopember – Desember dengan curah hujan antara 190 – 230 mm/bulan dan puncak musim kemarau terjadi selama bulan Juni – Juli dengan curah hujan berkisar 54 – 151 mm/bulan.

Air yang masuk ke Danau Toba berasal dari (1) Air hujan yang langsung jatuh ke danau (2) Air yang berasal dari sungai-sungai yang masuk ke danau yaitu Sungai Sigubang, Sungai Bah Bolon, Sungai Guloan, Sungai Arun, Sungai Tomok, Sungai Sibandang, Sungai Halian, Sungai Simare, Sungai Aek Bolon, Sungai

Mongu, Sungai Mandosi, Sungai Gopgopan, Sungai Kijang, Sungai Sinabung, Sungai Ringo, Sungai Prembakan, Sungai Sipultkhuda, dan Sungai Silang.

2.6. Pencemaran Danau Toba

Danau Toba memegang peranan yang sangat vital bagi roda perekonomian masyarakat di Kawasan Danau Toba, antara lain bidang pertanian, peternakan, budidaya ikan, hotel dan pariwisata. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran Danau Toba antara lain adalah :

1. Pemakaian pupuk dan pestisida dari pertanian yang menyebabkan berkembangnya tanaman air (eceng gondok) di sepanjang pinggir kawasan Danau Toba. Berkembangnya tanaman air ini disebabkan pencemaran air oleh unsur hara tanaman (eutrofikasi) seperti buangan organik yang mengandung nitrogen dan pospor. Eceng gondok tidak dapat tumbuh di danau yang jernih dan tidak tercemar unsur hara.
2. Terjadinya penebangan hutan di sekitar Danau Toba, baik yang legal dan illegal yang menyebabkan terjadinya erosi dan meningkatnya kadar zat sedimentasi pada air yang dibawa lewat sungai ke dalam danau.
3. Limbah cair domestik dari penduduk sekitar Danau Toba, hotel-hotel, rumah makan dan transportasi (kapal motor) yang berlayar di danau. Limbah cair domestik ini meningkatkan kadar zat organik perairan, meningkatnya BOD dan COD, meningkatnya ammonium, nitrogen (N), Pospor (P) dan berbagai unsur kimia lainnya.
4. Keramba Jaring Apung (KJA)

Teknologi Keramba Jaring Apung berasal dari Vietnam. Pengembangannya dilakukan oleh para peneliti dari ITB dan memanfaatkan fasilitas laboratorium perikanan air tawar di Bogor. Uji coba pembudidayaan ikan menggunakan Keramba Jaring Apung dilakukan di Danau Lido pada tahun 1979. Penemuan Keramba Jaring Apung pada awalnya dianggap suatu keberuntungan karena teknologinya sederhana, mudah dibuat dan berbiaya murah namun menghasilkan panen yang menguntungkan. Sekarang, hamper semua danau di Indonesia permukaannya dipenuhi sebaran Keramba Jaring Apung. Air yang bersih dari danau yang dikategorikan sebagai danau sangat dalam merupakan penentu bai kualitas ikan yang dibesarkan dalam Keramba Jaring Apung di perairan Danau Toba. KJA mulai diperkenalkan pada masyarakat Danau Toba pada tahun 1996

di Desa Haranggaol, Simalungun. Saat ini booming KJA telah berbalik menjadi boomerang karena mulai disadari bahwa keberadaannya menurunkan kualitas lingkungan. Selain merusak kualitas air sehingga fungsinya menurun, dari segi estetika keberadaan Keramba Jaring Apung juga sangat merugikan. Daerah wisata yang tadinya diminati pengunjung akhirnya menjadi sepi karena airnya berubah menjadi amis

2.7. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

A. Konsep dan Definisi

Analisis risiko didefinisikan sebagai proses yang dimaksudkan untuk menghitung atau memperkirakan risiko pada suatu organisme sasaran, sistem atau (sub) populasi, termasuk identifikasi ketidakpastian-ketidakpastian yang menyertainya, setelah terpajan oleh *agent* tertentu, dengan memperhatikan karakteristik yang melekat pada *agent* yang menjadi perhatian dan karakteristik sistem sasaran yang spesifik. Risiko itu sendiri didefinisikan sebagai probabilitas suatu efek yang merugikan pada suatu organisme, sistem atau (sub)populasi yang disebabkan oleh pemajanan suatu *agent* dalam keadaan tertentu (Rahman, 2005).

Analisis risiko digunakan untuk menilai dan menaksir risiko kesehatan manusia yang disebabkan oleh pajanan bahaya lingkungan. Bahaya adalah sifat yang melekat pada suatu *risk agent* atau situasi yang memiliki potensi menimbulkan efek merugikan jika suatu organisme, sistem atau (sub) populasi terpajan oleh *risk agent* itu. Bahaya lingkungan terdiri dari tiga *risk agent* yaitu *chemical agents* (bahan-bahan kimia), *physical agents* (energi berbahaya), dan *biological agents* (mahluk hidup atau organisme). Analisis risiko bisa dilakukan untuk pemajanan bahaya lingkungan yang telah lampau (*post exposure*), dengan efek yang merugikan sudah atau belum terjadi, bisa juga dilakukan sebagai suatu prediksi risiko untuk pemajanan yang akan datang (Rahman, 2005).

Ada dua kemungkinan kajian Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) yang dapat dilakukan yaitu :

1. Evaluasi di atas meja (*Desktop Evaluation*), selanjutnya disebut ARKL Meja
2. Kajian lapangan (*Field Study*), selanjutnya disebut ARKL Lengkap

ARKL meja dilakukan untuk menghitung estimasi risiko dengan segera tanpa harus mengumpulkan data dan informasi baru dari lapangan. Kajian ini biasanya dilakukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan khalayak ramai yang bisa

menimbulkan kepanikan meluas, mencegah provokasi yang dapat memicu ketegangan sosial, atau dalam situasi kecelakaan dan bencana. ARKL lengkap biasanya berlangsung dalam suasana normal, tidak ada tuntutan mendesak namun perlu dilakukan sebagai tindakan proaktif untuk melindungi dan meningkatkan kesehatan masyarakat (Rahman, 2005).

B. Model Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Louvar (1998) dan Kolluru (1996) menggambarkan analisis risiko kesehatan terdiri dari 4 langkah utama yaitu Identifikasi bahaya (*Hazard Identification*), Analisis Pemajanan (*Exposure Assesment*), Analisis Dosis Respon (*Dose Respont Assesment*), dan Karakteristik Risiko (*Risk Characterization*).

B.1. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya adalah tahap awal ARKL untuk mengenali sumber risiko. Informasinya bisa ditelusuri dari sumber dan penggunaan *risk agent* memakai pendekatan *agent oriented*, bisa juga dilakukan dengan mengamati gejala dan penyakit yang berhubungan dengan toksisitas *risk agent* di masyarakat yang telah terkumpul dalam studi-studi sebelumnya, baik di wilayah kajian atau di tempat-tempat lain. Pendekatan seperti ini dikenal sebagai pendekatan *disease oriented* (WHO, 1981). ARKL biasanya dilakukan karena adanya peristiwa yang menjadi perhatian umum, bisa juga karena kebutuhan tertentu meskipun tidak atau belum menjadi perhatian umum. Kasus-kasus muncul karena dua masalah utama, yaitu indikasi pencemaran atau indikasi gangguan kesehatan. Masyarakat awam biasanya memakai identifikasi inderawi sebagai dasar kepedulian mereka maka kalangan profesional atau akademisi harus menggunakan data dan informasi ilmiah sebagai basis untuk menilai keberadaan masalah lingkungan dan kesehatan. Morbiditas dan mortalitas penyakit-penyakit berbasis lingkungan, insiden, dan prevalen, hasil-hasil monitoring kualitas lingkungan atau studi epidemiologi kesehatan lingkungan, merupakan sumber data yang lazim dipakai untuk merumuskan masalah. Jadi, keberadaan *risk agent* dapat disimpulkan dari gangguan kesehatan yang teramati (*disease oriented*), tingkat pencemaran (*agent oriented*, misalnya yang melampaui baku mutu), atau keduanya (Rahman, 2005).

B.2. Analisis Pemajanan

Analisis pemajanan yang disebut juga penilaian kontak, bertujuan untuk mengenali jalur-jalur pejanan *risk agent* agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko bisa dihitung. Pemajanan adalah proses yang menyebabkan organisme kontak dengan bahaya, pemajanan adalah penghubung antara bahaya dan risiko. Pemajanan dapat terjadi karena *risk agent* terhirup dalam udara, tertelan bersama air atau makanan, terserap melalui kulit atau kontak langsung dalam kasus radiasi (Kolluru,1996).

B.3. Analisis Dosis Respon

Analisis dosis respon menetapkan nilai-nilai kuantitatif toksisitas *risk agent* untuk setiap bentuk spesi kimianya. Toksisitas dinyatakan sebagai dosis referensi (*reference dose, RfD*) untuk efek-efek nonkarsinogenik dan *Cancer Slope Factor (CSF)* atau *Cancer Unit Risk (CCR)* untuk efek-efek karsinogenik. Analisis dosis respon merupakan tahap paling menentukan karena ARKL hanya bisa dilakukan untuk *risk agent* yang sudah ada dosis responnya (Kolluru, 1996).

RfD adalah toksisitas kuantitatif nonkarsinogenik, menyatakan estimasi dosis pajanan harian yang diperkirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun pajanan berlanjut sepanjang hayat. Dosis referensi dibedakan untuk pajanan oral atau tertelan (ingesi, untuk makanan dan minuman) yang disebut *RfD* dan untuk pajanan inhalasi (udara) yang disebut *Reference Concentration (RfC)*.

Hubungan dosis respon yang berbeda dapat diamati pada bahan yang sama, karena efek toksik yang dipengaruhi oleh jumlah asupan bahan kimia atau dosis yang diabsorpsi, frekuensi pajanan dan waktu. Pada analisis risiko kesehatan manusia, risiko yang dikaji hanya terpusat pada manusia. Oleh karena itu ketidakpastian dalam analisis risiko manusia hanya terbatas pada variasi jalur pajanan dan perbedaan sensitifitas setiap individu. Sehingga konsep risiko mengandung pengeritan probabilitas yang disebut dengan *RfD (reference dose)*. *RfD* bukan dosis yang *acceptable* melainkan hanya acuan saja, jika dosis yang diterima manusia melebihi *RfD* maka probabilitas mendapatkan risiko juga bertambah (Rahman, 2005).

Dosis respon atau efek dosis suatu zat toksik menunjukkan tingkat toksisitas zat tersebut dan dinyatakan sebagai :

- 1) Tingkat pajanan paling tinggi yang efek biologinya tidak teramati (NOAEL),

- 2) Tingkat paparan paling rendah yang efek biologinya teramati (LOAEL)
- 3) Efek-efek temporer dan permanen atau dosis efektif, seperti iritasi mata atau saluran pernafasan
- 4) Luka permanen
- 5) Efek fungsional kronik
- 6) Efek mematikan.

RfD ditetapkan dengan membagi NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*) dengan UF (*Uncertainty Factor*) x MF (*Modifying Factor*) (Kolluru, 1996).

$$RfD = \frac{NOAEL}{UF \times MF}$$

Menentukan dosis respon suatu *risk agent* sangat sulit, membutuhkan data dan informasi studi toksisitas yang asli dan lengkap, ahli-ahli kimia, toksikologi, farmakologi, biologi, epidemiologi dan spesialis-spesialis lain yang berhubungan dengan toksisitas dan farmakologi zat (Kolluru, 1996).

B.4. Karakterisasi Risiko (*Risk Characterization*)

Karakterisasi risiko adalah penghubung antara analisis risiko dengan manajemen risiko. Asupan pada manusia (*intake*) dibandingkan dengan dosis acuan (RfD). Rasio asupan dengan RfD dikenal dengan bilangan risiko (*Risk Quotients*), disingkat RQ. Dalam ARKL, RQ menyatakan kemungkinan risiko yang potensial terjadi. Semakin besar nilai RQ di atas 1, semakin besar kemungkinan risiko itu terjadi. Dan sebaliknya jika nilai RQ kurang dari 1, maka semakin kecil kemungkinan risiko kesehatan itu untuk terjadi (Kolluru, 1996).

B.5. Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah upaya yang didasarkan pada informasi tentang risiko kesehatan yang diperoleh melalui suatu analisis risiko, untuk mencegah, menanggulangi, atau memulihkan efek yang merugikan kesehatan oleh paparan zat toksik. Hasil dari karakterisasi risiko kemudian digunakan untuk memutuskan upaya-upaya pengendalian dengan memperhatikan faktor-faktor lain seperti ketersediaan teknologi, perangkat hukum dan perundangan, sosial, ekonomi dan informasi politik.

Formula untuk manajemen risiko adalah membuat berbagai macam skenario sedemikian rupa sehingga *intake* suatu *risk agent* sama dengan RfD-nya. Caranya adalah dengan mengurangi masa paparan atau waktu kontak atau dengan menurunkan konsentrasinya (Rahman, 2005).

BAB III

METODOLOGI

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif untuk melihat gambaran kualitas air Danau Toba untuk parameter fisika, kimia dan kondisi kesehatan serta sanitasi masyarakat di Kawasan Parapat Kabupaten Simalungun tahun 2017, dilanjutkan dengan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) untuk melihat besaran risiko pada masyarakat yang mengkonsumsi air danau Toba di Kabupaten Simalungun.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Pebruari 2017 di perairan Danau Toba di wilayah Parapat Kabupaten Simalungun.

3.3. Sampel

Sampel untuk analisa fisika kimia diambil sebanyak 30 sampel meliputi 5 titik sampel di perairan Danau Toba yang meliputi :

1. Pelabuhan (5 sampel)
2. Permukiman Penduduk (5 sampel)
3. Keramba Jaring Apung (6 sampel)
4. Hotel (8 sampel)
5. Tempat wisata (6 sampel)

3.4. Metode Pelaksanaan

3.4.1. Koordinasi Lintas Sektor

Koordinasi lintas sektor dilakukan dengan Dinas Kesehatan Propinsi Sumatera Utara dan Dinas Kesehatan Kabupaten Simalungun. Di samping kedua instansi kesehatan tersebut, dilakukan juga koordinasi dengan PDAM Kabupaten Simalungun.

3.4.2. Studi Dokumentasi

Pengambilan data sekunder dilakukan dengan melengkapi data profil kesehatan Kabupaten Simalungun Tahun 2016 yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kabupaten Simalungun.

3.4.3. Penanganan Sampel

3.4.3.1. Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel air danau mengacu kepada SNI 06-2412-1991 yaitu :

- a. Danau yang kedalamannya kurang dari 10 m, sampel diambil pada dua titik di permukaan dan dasar danau
- b. Danau dengan kedalaman antara 10 – 30 m, sampel diambil di lapisan termoklin dan di dasar danau
- c. Danau dengan kedalaman antara 30 – 100 m, sampel diambil pada empat titik yaitu di permukaan, lapisan termoklin (metalimnion), lapisan hipolimnion, dan di dasar danau
- d. Danau dengan kedalaman lebih dari 100 m, titik pengambilan dapat ditambah sesuai keperluan.

3.4.3.2. Pengawetan Sampel

Setelah dilakukan pengambilan sampel, dilakukan pengawetan sampel yang mengacu kepada tata cara pengawetan menurut SNI 06-2412-1991 berupa pendinginan dan penambahan H_2SO_4 / HNO_3 sampai pH sampel di bawah 2.

3.4.3.3. Pemeriksaan Parameter Lapangan

Untuk parameter-parameter yang cepat berubah diharuskan untuk melakukan analisa langsung di tempat, supaya didapatkan hasil yang tepat dan akurat. Parameter-parameter tersebut adalah :

1. Suhu

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan thermometer digital yang sudah terkalibrasi. Thermometer dimasukkan ke dalam air, dan setelah pembacaan menunjukkan angka yang stabil, dilakukan pencatatan hasil.

2. Derjat Keasaman (pH)

Pengukuran dilakukan dengan pH meter digital yang sudah terkalibrasi dengan menggunakan buffer pH 4, 7, dan 10. Pengukuran dilakukan dengan memasukkan alat ke dalam air, dan setelah pembacaan menunjukkan angka yang stabil, dilakukan pencatatan hasil.

3. Oksigen Terlarut (DO)

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan DO meter yang sudah terkalibrasi dengan cara memasukkann probe alat ke dalam air. Setelah pembacaan menunjukkan angka yang stabil, dilakukan pencatatan hasil.

3.4.3.4. Pemeriksaan Laboratorium

Sampel yang sudah diawetkan dibawa ke laboratorium untuk dianalisa. Pemeriksaan parameter fisika dan kimia dilakukan di Laboratorium Kimia BTKLPP Medan.

3.4. Analisa Data

Analisis dilakukan berdasarkan data hasil analisa parameter fisika kimia dan dibandingkan dengan Baku Mutu Air yang dikeluarkan oleh Menteri Lingkungan Hidup pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, dan dihubungkan dengan dampak dari masing-masing parameter terhadap kesehatan maupun lingkungan, serta dilanjutkan dengan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) terhadap parameter-parameter pencemar yang sudah memiliki nilai dosis respon (RfD).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Wilayah Kabupaten Simalungun

Kabupaten Simalungun adalah sebuah kabupaten di Sumatera Utara, Indonesia. Suku Batak Simalungun merupakan penduduk asli dari kabupaten ini. Ibu kota kabupaten telah resmi berpindah ke Raya pada tanggal 23 Juni 2008 dari Kota Pematangsiantar yang telah menjadi daerah otonom, setelah tertunda selama beberapa waktu.

Suku Bangsa di Simalungun masih didominasi oleh Suku Batak Simalungun, Batak Toba, Batak Karo dan suku pendatang Suku Melayu. Sedangkan agama yang dianut oleh masyarakat Simalungun adalah Kristen Protestan/Katolik (47%), Islam (46,6 %) , Buddha (2,06 %), Hindu (0,05 %), dan lain seperti Parmalim.

Kabupaten ini memiliki 31 kecamatan dengan luas 438.660 ha atau 6,12 % dari luas wilayah Provinsi Sumatera Utara. Kecamatan yang paling luas adalah Kecamatan Hatonduhan dengan luas 33.626 ha, sedangkan yang paling kecil adalah Kecamatan Jawa Maraja Bah Jambi dengan luas 3.897 ha. Keseluruhan kecamatan terdiri dari 345 desa/nagori dan 22 kelurahan.

Batas wilayah

Utara	Kabupaten Deli Serdang, Kabupaten Serdang Bedagai dan Kabupaten Batubara
Selatan	Kabupaten Toba Samosir
Barat	Kabupaten Karo
Timur	Kabupaten Asahan

4.2. Hasil dan Pembahasan Analisa Kualitas Fisika dan Kimia

Sampel air danau Toba diambil sebanyak 30 titik dengan keterangan lokasi sebagai berikut :

A. Pelabuhan

1. Pelabuhan Tiga Raja , Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun, titik 1 (N 02°39'39,76" E 098°55'49,59")
2. Pelabuhan Tiga Raja , Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun, titik 2 (N 02°39'39,18" E 098°55'49,12")
3. Pelabuhan Pantai Bebas, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'59,62" E 098°55'40,18")
4. Pelabuhan Atsari, Kelurahan Parapat, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun, titik 1 (N 02°39'54,41" E 098°56'07,30")
5. Pelabuhan Atsari, Kelurahan Parapat, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun, titik 2 (N 02°39'56,35" E 098°56'08,28")

Hasil dari analisa yang dilakukan di laboratorium adalah sebagai berikut :

NO	PARAMETER	SATUAN	BAKU MUTU	HASIL ANALISA				
				1	2	3	4	5
A	<u>FISIKA</u>							
1	Suhu	°C	Udara	24	24	25	26	26
2	TDS	mg/l	±3	77	80	79	78	79
3	TSS	mg/l	1000 50	4	23	14	4	12
B	<u>KIMIA</u>							
1	Besi	mg/l	0.3	0.03839	0.00084	0.00463	0.02311	0.00084
2	Mangan	mg/l	0.1	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044
3	Seng	mg/l	0,05	0.24178	0.14224	0.17688	0.18113	0.00023
4	Kadmium	mg/l	0,01	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
5	Timbal	mg/l	0,03	0.02952	0.00779	0.00022	0.00022	0.00022
6	Raksa	mg/l	0,002	0.00072	0.00061	0.00061	0.00062	0.00048
7	Arsen	mg/l	1	0.00026	0.00072	0.00068	0.00061	0.00062
8	Barium	mg/l	1	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029
9	Tembaga	mg/l	0,02	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
10	Kobalt	mg/l	0,2	0.00003	0.00003	0.10101	0.09225	0.09461
11	Selenium	mg/l	0,05	0.00025	0.00061	0.00048	0.00061	0.00062
12	Kromium Val 6	mg/l	0.05	0.133	0.227	0.125	0.030	0.035
13	Khlor Bebas	mg/l	0.03	0.228	0.147	0.143	0.129	0.140
14	Amoniak	mg/l	-	-	-	-	-	-
15	Fluorida	mg/l	1.5	4.4	3.8	3.0	2.5	2.4

16	Pospat	mg/l	0.2	0.058	0.280	0.334	0.027	0.039
17	Sulfat	mg/l	-	-	-	-	-	-
18	Nitrat	mg/l	10	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
19	Sulfida	mg/l	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002
20	DO	mg/l	min 4	14.90	8.47	8.79	8.40	8.89
21	BOD	mg/l	3	0.880	1.270	1.330	0.910	1.030
22	COD	mg/l	25	2.750	3.969	4.156	2.843	3.218
23	Sianida	mg/l	0.02	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
24	Deterjen	ug/l	200	<500	<500	<500	<500	<500
25	pH	-	6 s.d. 9	7.48	7.75	7.59	8.01	8.31
26	Nitrit	mg/l	0.06	0.0008	0.0008	0.0022	0.0008	0.0008
27	Klorida	mg/l	-	6.498	6.998	8.247	5.248	6.248

B. Permukiman Penduduk

1. Rumah Bapak Sigalingging, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'47.88" E 098°55'45,88")
2. Warung Bapak Ambarita, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'46,11" E 098°55'49,63")
3. Rumah Bapak Ginting, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'42,01" E 098°55'50,28")
4. Rumah Bapak Pardosi, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'42,69" E 098°55'49,95")
5. Warung Bapak Sitorus, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'51,01" E 098°55'44,40")

Hasil dari analisa yang dilakukan di laboratorium adalah sebagai berikut :

NO	PARAMETER	SATUAN	BAKU MUTU	HASIL ANALISA				
				1	2	3	4	5
A	<u>FISIKA</u>							
1	Suhu	°C	Udara	26	24	25	26	26
2	TDS	mg/l	±3	77	80	79	78	79
3	TSS	mg/l	1000 50	12	23	14	4	12
B	<u>KIMIA</u>							
1	Besi	mg/l	0.3	0.03839	0.00084	0.00463	0.02311	0.00084
2	Mangan	mg/l	0.1	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044
3	Seng	mg/l	0,05	0.24178	0.14224	0.17688	0.18113	0.00023
4	Kadmium	mg/l	0,01	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
5	Timbal	mg/l	0,03	0.02952	0.00779	0.00022	0.00022	0.00022
6	Raksa	mg/l	0,002	0.00072	0.00061	0.00061	0.00062	0.00048
7	Arsen	mg/l	1	0.00026	0.00072	0.00068	0.00061	0.00062
8	Barium	mg/l	1	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029
9	Tembaga	mg/l	0,02	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
10	Kobalt	mg/l	0,2	0.00003	0.00003	0.10101	0.09225	0.09461
11	Selenium	mg/l	0,05	0.00025	0.00061	0.00048	0.00061	0.00062
12	Kromium Val 6	mg/l	0,05	0.133	0.227	0.125	0.030	0.035
13	Khlor Bebas	mg/l	0,03	0.228	0.147	0.143	0.129	0.140
14	Amoniak	mg/l	-	-	-	-	-	-
15	Fluorida	mg/l	1.5	4.4	3.8	3.0	2.5	2.4
16	Pospat	mg/l	0.2	0.058	0.280	0.334	0.027	0.039
17	Sulfat	mg/l	-	-	-	-	-	-
18	Nitrat	mg/l	10	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
19	Sulfida	mg/l	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002
20	DO	mg/l	min 4	14.90	8.47	8.79	8.40	8.89
21	BOD	mg/l	3	0.880	1.270	1.330	0.910	1.030
22	COD	mg/l	25	2.750	3.969	4.156	2.843	3.218
23	Sianida	mg/l	0.02	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
24	Deterjen	ug/l	200	<500	<500	<500	<500	<500
25	pH	-	6 s.d. 9	7.48	7.75	7.59	8.01	8.31
26	Nitrit	mg/l	0.06	0.0008	0.0008	0.0022	0.0008	0.0008
27	Klorida	mg/l	-	6.498	6.998	8.247	5.248	6.248

C. Keramba Jaring Apung

1. Keramba Jaring Apung 1, Kelurahan Sibaganding, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°40'38,49" E 098°55'58,13")
2. Keramba Jaring Apung 2, Kelurahan Sibaganding, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°40'42,94" E 098°55'55,26")
3. Keramba Jaring Apung 3, Kelurahan Sibaganding, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°40'44,11" E 098°55'51,84")
4. Keramba Jaring Apung 4, Kelurahan Sibaganding, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°40'43,31" E 098°55'48,49")
5. Keramba Jaring Apung 5, Kelurahan Sibaganding, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°40'42,64" E 098°55'45,95")
6. Keramba Jaring Apung 56, Kelurahan Sibaganding, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°40'40,11" E 098°55'41,58")

Hasil dari analisa yang dilakukan di laboratorium adalah sebagai berikut :

NO	PARAMETER	BAKU MUTU	HASIL ANALISA					
			1	2	3	4	5	6
A	<u>FISIKA</u>							
1	Suhu	Udara ±3	25	26	26	26	26	26
2	TDS	1000	79	79	77	78	78	78
3	TSS	50	4	6	4	18	3	7
B	<u>KIMIA</u>							
1	Besi	0.3	0.02695	0.01772	0.01212	0.02915	0.06703	0.03990
2	Mangan	0.1	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044
3	Seng	0,05	0.25217	0.20492	0.26767	0.27776	0.24687	0.24237
4	Kadmium	0,01	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
5	Timbal	0,03	0.00313	0.00839	0.00022	0.00022	0.00022	0.00022
6	Raksa	0,002	0.00026	0.00081	0.00024	0.00021	0.00061	0.00024
7	Arsen	1	0.00064	0.00052	0.00061	0.00071	0.00018	0.00029

8	Barium	1	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029
9	Tembaga	0,02	0.00009	0.00009	0.00003	0.00009	0.00009	0.00009
10	Kobalt	0,2	0.10635	0.09979	0.00071	0.05420	0.15693	0.10331
11	Selenium	0,05	0.00075	0.00061	0.00061	0.00082	0.00052	0.00071
12	Kromium Val 6	0.05	0.035	0.133	0.059	0.040	0.042	0.038
13	Khlor Bebas	0.03	0.148	0.148	0.136	0.120	0.136	0.130
14	Amoniak	-	-	-	-	-	-	-
15	Fluorida	1.5	1.8	3.4	3.3	2.4	1.0	0.3
16	Pospat	0.2	0.035	0.052	0.056	0.053	0.064	0.052
17	Sulfat	-	-	-	-	-	-	-
18	Nitrat	10	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
19	Su;lfida	0.002	<0.002	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
20	DO	min 4	6.590	6.050	8.12	6.230	7.73	6.710
21	BOD	3	1.480	1.280	1.770	1.830	1.830	1.330
22	COD	25	4.625	4.00	3.969	5.718	5.718	4.156
23	Sianida	0.02	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
24	Deterjen	200	<500	<500	<500	<500	<500	<500
25	pH	6 s.d. 9	7.85	7.85	7.18	7.82	7.83	7.76
26	Nitrit	0.06	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
27	Klorida	-	5.498	6.998	5.748	5.748	4.998	5.748

D. Hotel

1. Hotel Tarabunga Parapat, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'54,45" E 098°55'57,65")
2. Hotel Inna Parapat, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'57,74" E 098°55'52,21")
3. Danau Toba International Cottage, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'32,28" E 098°55'48,84")
4. Hotel Dharma Agung Beach Parapat, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'51,99" E 098°55'41,83")
5. Siantar Hotel Parapat, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°40'12,18" E 098°56'06,22")

6. Hotel Pelangi Parapat, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°40'11,69" E 098°56'09,56")
7. Hotel Sanggan Aek Sere, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'50.20" E 098°55'46,96")
8. Hotel Wisata Bahari, Kelurahan Parapat, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°40'05,06" E 098°56'12,58")

Hasil dari analisa yang dilakukan di laboratorium adalah sebagai berikut :

N O	PARA METER	HASIL ANALISA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A	<u>FISIKA</u>								
1	Suhu	25	25	25	26	26	26	26	26
2	TDS	79	79	79	79	77	78	78	78
3	TSS	4	4	4	6	4	18	3	7
B	<u>KIMIA</u>								
1	Besi	0.02695	0.02695	0.02695	0.01772	0.01212	0.02915	0.06703	0.03990
2	Mangan	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044
3	Seng	0.25217	0.25217	0.25217	0.20492	0.26767	0.27776	0.24687	0.24237
4	Kadmium	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
5	Timbal	0.00313	0.00313	0.00313	0.00839	0.00022	0.00022	0.00022	0.00022
6	Raksa	0.00026	0.00026	0.00026	0.00081	0.00024	0.00021	0.00061	0.00024
7	Arsen	0.00064	0.00064	0.00064	0.00052	0.00061	0.00071	0.00018	0.00029
8	Barium	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029
9	Tembaga	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00003	0.00009	0.00009	0.00009
10	Kobalt	0.10635	0.10635	0.10635	0.09979	0.00071	0.05420	0.15693	0.10331
11	Selenium	0.00075	0.00075	0.00075	0.00061	0.00061	0.00082	0.00052	0.00071
12	Cr ⁶⁺	0.035	0.035	0.035	0.133	0.059	0.040	0.042	0.038
13	Khlorin	0.148	0.148	0.148	0.148	0.136	0.120	0.136	0.130
14	Amoniak	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Fluorida	1.8	1.8	1.8	3.4	3.3	2.4	1.0	0.3
16	Pospat	0.035	0.035	0.035	0.052	0.056	0.053	0.064	0.052
17	Sulfat	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Nitrat	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
19	Sulfida	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

20	DO	6.590	6.590	6.590	6.050	8.12	6.230	7.73	6.710
21	BOD	1.480	1.480	1.480	1.280	1.770	1.830	1.830	1.330
22	COD	4.625	4.625	4.625	4.00	3.969	5.718	5.718	4.156
23	Sianida	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
24	Deterjen	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500
25	pH	7.85	7.85	7.85	7.85	7.18	7.82	7.83	7.76
26	Nitrit	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
27	Klorida	5.498	5.498	5.498	6.998	5.748	5.748	4.998	5.748

E. Tempat Wisata

1. Pantai Bebas Titik 1, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'58,66" E 098°55'44,04")
2. Pantai Bebas Titik 2, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°40'00,60" E 098°55'48,20")
3. Istana Bung Karno Titik 1, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'55,22" E 098°55'31,60")
4. Istana Bung Karno Titik 2, Kelurahan Tiga Raja, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°39'57,18" E 098°55'33,90")
5. Pantai Bahari Titik 1, Kelurahan Parapat, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°40'04.08" E 098°56'12,17")
6. Pantai Bahari Titik 1, Kelurahan Parapat, Kecamatan Girsang Sipanganbolon Parapat, Kabupaten Simalungun (N 02°40'04.08" E 098°56'12,17")

Hasil dari analisa yang dilakukan di laboratorium adalah sebagai berikut :

NO	PARAMETER	BAKU MUTU	HASIL ANALISA					
			1	2	3	4	5	6
A	<u>FISIKA</u>							
1	Suhu	Udara ±3	25	25	26	25	27	26
2	TDS	1000	79	78	78	79	76	77
3	TSS	50	9	1	2	3	6	8

B	<u>KIMIA</u>							
1	Besi	0.3	0.03502	0.00084	0.04363	0.01719	0.07162	0.07162
2	Mangan	0.1	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00134	0.00887
3	Seng	0,05	0.24111	0.23343	0.28562	0.30819	0.24561	0.12068
4	Kadmium	0,01	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
5	Timbal	0,03	0.00022	0.00022	0.00022	0.00089	0.00022	0.00153
6	Raksa	0,002	0.00058	0.00076	0.00064	0.00075	0.00025	0.00024
7	Arsen	1	0.00024	0.00026	0.00026	0.00074	0.00026	0.00064
8	Barium	1	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00244
9	Tembaga	0,02	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
10	Kobalt	0,2	0.09035	0.00003	0.18083	0.00003	0.07573	0.04813
11	Selenium	0,05	0.00025	0.00071	0.00025	0.00061	0.00026	0.00071
12	Kromium Val 6	0.05	0.227	0.041	0.069	0.074	0.037	0.029
13	Khlor Bebas	0.03	0.118	0.121	0.151	0.124	0.130	0.163
14	Amoniak	-	-	-	-	-	-	-
15	Fluorida	1.5	2.4	1.8	3.2	2.4	1.5	3.4
16	Pospat	0.2	0.308	0.071	0.570	0.021	0.069	0.047
17	Sulfat	-	-	-	-	-	-	-
18	Nitrat	10	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
19	Sulfida	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	0.010
20	DO	min 4	7.76	7.480	14.200	8.610	8.260	7.180
21	BOD	3	1.180	1.030	1.020	1.020	1.330	1.180
22	COD	25	3.687	3.218	3.187	3.187	3.694	3.278
23	Sianida	0.02	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	0.003
24	Deterjen	200	<500	<500	<500	<500	<500	<500
25	pH	6 s.d. 9	7.84	7.93	8.15	8.12	8.10	8.10
26	Nitrit	0.06	0.0008	0.0018	0.0008	0.0008	0.0054	0.0100
27	Klorida	-	6.498	6.498	6.748	5.998	5.248	6.498

Berdasarkan hasil analisa di atas, terlihat bahwa parameter yang tidak memenuhi syarat nilai baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air adalah parameter Besi, Seng, Kromium valensi 6, Khlor bebas, Fluorida, Pospat, Sulfida, Nitrat, TSS dan BOD. Untuk pembahasan dari masing-masing parameter kita lihat pada penjelasan sebagai berikut:

1. Besi

Pencemaran besi yang terdapat dalam perairan Danau Toba di Kabupaten Simalungun disebabkan oleh kandungan besi yang memang sudah ada dalam air tanah, dan juga kontribusi dari industri yang ada di sekitaran Danau Toba. Senyawa besi dalam jumlah kecil di dalam tubuh manusia berfungsi sebagai pembentuk sel-sel darah merah, dimana tubuh memerlukan 7-35 mg/hari yang sebagian diperoleh dari air. Tetapi zat Fe yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan. Hal ini dikarenakan tubuh manusia tidak dapat mengsekresi Fe, sehingga bagi mereka yang sering mendapat transfusi darah warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe.

Air minum yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Selain itu dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering kali disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Kadar Fe yang lebih dari 1 mg/l akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit. Apabila kelarutan besi dalam air melebihi 10 mg/l akan menyebabkan air berbau seperti telur busuk.

Gangguan fisik yang ditimbulkan oleh adanya besi terlarut dalam air adalah timbulnya warna, bau, rasa. Air akan terasa tidak enak bila konsentrasi besi terlarutnya $> 1,0$ mg/l.

Pada Hemokromatosis primer besi yang diserap dan disimpan dalam jumlah yang berlebihan di dalam tubuh. Feritin berada dalam keadaan jenuh akan besi sehingga kelebihan mineral ini akan disimpan dalam bentuk kompleks dengan mineral lain yaitu hemosiderin. Akibatnya terjadilah sirosis hati dan kerusakan pankreas sehingga menimbulkan diabetes. Hemokromatosis sekunder terjadi karena transfusi yang berulang-ulang. Dalam keadaan ini besi masuk ke dalam tubuh sebagai hemoglobin dari darah yang ditransfusikan dan kelebihan besi ini tidak disekresikan.

Zat besi (Fe) adalah merupakan suatu komponen dari berbagai enzim yang mempengaruhi seluruh reaksi kimia yang penting di dalam tubuh meskipun sukar diserap (10-15%). Besi juga merupakan komponen dari hemoglobin yaitu sekitar 75%, yang memungkinkan sel darah merah membawa oksigen dan mengantarkannya ke jaringan tubuh.

Kelebihan zat besi (Fe) bisa menyebabkan keracunan dimana terjadi muntah, kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, mudah marah, radang

sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker, *cardiomyopathies*, sirosis ginjal, sembelit, diabetes, diare, pusing, mudah lelah, kulit kehitam – hitaman, sakit kepala, gagal hati, hepatitis, mudah emosi, hiperaktif, hipertensi, infeksi, insomnia, sakit liver, masalah mental, rasa logam di mulut, *myasthenia gravis*, mual, nevi, mudah gelisah dan iritasi, parkinson, rematik, skizofrenia, sariawan perut, *sickle-cell anemia*, keras kepala, *strabismus*, gangguan penyerapan vitamin dan mineral, serta hemokromatis. Besi (Fe) dibutuhkan oleh tubuh dalam pembentukan haemoglobin sehingga jika kekurangan besi (Fe) akan mempengaruhi pembentukan haemoglobin tersebut. Besi (Fe) juga terdapat dalam serum protein yang disebut dengan “*transferrin*” berperan untuk mentransfer besi (Fe) dari jaringan yang satu ke jaringan lain. Besi (Fe) juga berperan dalam aktifitas beberapa enzim seperti sitokrom dan flavo protein. Apabila tubuh tidak mampu mengekskresikan besi (Fe) akan menjadi akumulasi besi (Fe) karenanya warna kulit menjadi hitam. Debu besi (Fe) juga dapat diakumulasi di dalam alveoli menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru. Kekurangan besi (Fe) dalam diet akan mengakibatkan defisiensi yaitu kehilangan darah yang berat yang sering terjadi pada penderita tumor saluran pencernaan, lambung dan pada menstruasi. Defisiensi besi (Fe) menimbulkan gejala anemia seperti kelemahan, fatigue, sulit bernafas waktu berolahraga, kepala pusing, diare, penurunan nafsu makan, kulit pucat, kuku berkerut, kasar dan cekung serta terasa dingin pada tangan dan kaki.

2. Seng

Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya yaitu logam berat tidak dapat dihancurkan (non degradable) oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi. Biota air yang hidup dalam perairan tercemar logam berat, dapat mengakumulasi logam berat tersebut dalam jaringan tubuhnya. Makin tinggi kandungan logam dalam perairan akan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh hewan tersebut. Faktor lingkungan perairan seperti pH, kesadahan, temperature dan salinitas juga mempengaruhi daya racun logam berat. Penurunan pH air akan menyebabkan daya racun logam berat semakin besar. Kesadahan yang tinggi dapat mempengaruhi daya racun logam berat, karena logam

berat dalam air yang berkesadahan tinggi akan membentuk senyawa kompleks yang mengendap dalam dasar perairan.

Seng merupakan unsur yang berguna dalam tubuh manusia, binatang maupun tumbuh-tumbuhan. Karena kegunaannya tersebut maka Zn ditemukan dalam air, tanaman maupun binatang. Efek racun Zn pada manusia adalah pada konsentrasi yang tinggi antara 300-360 ppm, yaitu menyebabkan gangguan fisik seperti diare yang berat, keram perut dan muntah. Suatu sumber air minum yang mengandung Zn 26,6 mg/l tidak berbahaya bagi manusia, tetapi untuk air minum dengan kadar Zn 30,8 mg/l sudah mual dan mabuk. Dari segi estetika air yang mengandung Zn 30 mg/l akan tampak seperti susu dan bila direbus timbul suatu lapisan seperti minyak pada permukaan airnya.

Salah satu jenis logam berat hasil pengolahan nikel adalah Zinc atau yang lebih populer dikenal dengan sebutan seng (Zn). Logam Zn termasuk sebagai mineral mikronutrien, artinya logam ini dibutuhkan sebagai nutrien yang esensial oleh organisme dalam jumlah yang relatif sedikit. Kadar Zn yang tinggi dapat bersifat racun, dan dapat menyebabkan gangguan metabolisme Fe dan Cu, gejala teratoma, seminoma serta choriopithelioma. Semakin rendah pH maka akan semakin banyak gugus basa lemah yang terprotonisasi pada permukaan akibatnya terjadi penurunan jumlah serapan ion logam Zn dikarenakan kemampuan untuk menyerap ion logam Zn semakin lemah.

Limbah yang biasa mengandung logam berat berasal dari pabrik kimia, listrik, dan elektronik, logam dan penyepuhan elektro (electroplating), kulit, metalurgi dan cat serta bahan pewarna. Limbah padat permukiman juga mengandung logam berat. Logam berat yang masuk ke dalam perairan kebanyakan berasal dari kegiatan manusia. Akan tetapi logam berat di dalam lingkungan tidak dengan sendirinya membahayakan kehidupan makhluk hidup. Logam berat membahayakan apabila masuk ke dalam sistem metabolisme makhluk dalam jumlah melebihi ambang batas. Ambang batas untuk tiap macam logam berat dan untuk tiap jenis makhluk hidup berbeda-beda. Pemasukan logam berat ke dalam sistem metabolisme manusia dan hewan dapat secara langsung atau tidak langsung. Pemasukan secara langsung terjadi bersamaan dengan air yang diminum.

Sumber cemaran logam berat Zn dapat berasal dari berbagai aktivitas manusia yang menghasilkan limbah berupa pencemar. Bahan-bahan pencemar tersebut diangkut oleh air hujan dan gerakan air dari laut dan perairan tawar menuju

muara sungai yang merupakan tempat bertemunya perairan laut dan perairan tawar. Logam Zn dalam perairan dipekatkan melalui proses biologi dan kimia-fisika. Bioakumulasi dan biomagnifikasi merupakan proses biologi yang mampu mengendapkan logam pada tubuh organisme melalui rantai makanan. Pada proses kimia fisika, logam berat terlarut dan terendap pada sedimen dan dapat pula terabsorpsi pada zat tersuspensi. Apabila diketahui kadar logam Zn yang telah melebihi baku mutu, maka perlu dilakukan tindak lanjut dalam mencegah gangguan yang dapat disebabkan logam Zn.

Logam Seng (Zn) cenderung membentuk ion jika berada dalam air. Ion Seng (Zn) mudah terserap dalam sedimen dan tanah serta kelarutan logam berat Seng (Zn) dalam air relatif rendah pada air, logam berat cenderung mengikuti aliran air dan pengaruh pengenceran ketika ada air masuk, seperti air hujan, turut mengakibatkan menurunnya konsentrasi logam berat pada air. Konsentrasi logam berat pada air akan turut mempengaruhi konsentrasi logam berat yang ada pada sedimen. Kecenderungan peningkatan konsentrasi logam berat di sedimen diakibatkan oleh tingginya konsentrasi logam berat tersebut di air. Selain itu, terdapat parameter-parameter lain yang berpengaruh dalam kesetimbangan reaksi di sistem perairan, seperti pH, konsentrasi logam dan tipe senyawanya, kondisi reduksi-oksidasi perairan, dan bilangan oksidasi dari logam tersebut.

Adanya aktivitas pembuangan limbah rumah tangga, limbah pertanian yang banyak menggunakan pupuk pestisida, peningkatan aktivitas di industri serta adanya aktivitas pembuangan limbah domestik lain yang mengandung logam berat Seng (Zn). Air limbah industri air yang dihasilkan oleh industri, baik akibat proses pembuatan atau produksi yang dihasilkan industri tersebut maupun proses lainnya. Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber-sumber lain.

3. Khlorin

Khlorin dan senyawa yang berasal dari khlorin dapat menemukan jalan mereka ke sungai dan danau meskipun air limbah dari pabrik dan dari rumah tangga dengan air yang mengandung khlor atau dimana pemutih telah digunakan. Jika hadir dalam jumlah yang berlebihan, dapat membahayakan kehidupan air, baik secara langsung atau melalui akumulasi senyawa dalam rantai makanan. Dalam beberapa studi, ternyata orang yang meminum air yang mengandung khlorin berlebih memiliki

kemungkinan lebih besar untuk terkena kanker kandung kemih, dubur ataupun usus besar. Sedangkan bagi wanita hamil dapat menyebabkan melahirkan bayi cacat dengan kelainan otak atau urat saraf tulang belakang, berat bayi lahir rendah, kelahiran prematur atau bahkan dapat mengalami keguguran kandungan. Selain itu pada hasil suatu studi, efek khlorin pada binatang ditemukan pula kemungkinan kerusakan ginjal dan hati

Sumber dari khlorin tersebut kemungkinan berasal dari limbah-limbah peternakan, pertanian, kotoran manusia khususnya urin, dan industri di sekitar perairan Danau Toba. Selain itu Khlor dapat berasal dari peresapan septic tank yang berdekatan dengan perairan, dimana bahan khlor yang dilepaskan oleh tinja dan urin melalui proses perombakan menghasilkan klor organik yang pada akhirnya merembes ke dalam perairan Danau Toba. Penggunaan pestisida juga mempunyai peranan yang sangat besar dalam menghasilkan limbah khlor karena pestisida yang mengandung khlor organik sangat mudah terlarutkan oleh perairan sehingga berpotensi sebagai sumber pencemar khlor.

4. Pospat

Pospat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa ortopospat, polipospat dan pospat organis. Setiap senyawa pospat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme air. Di daerah pertanian, ortopospat berasal dari bahan pupuk yang masuk ke dalam sungai atau danau melalui drainase aliran air hujan. Polipospat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan deterjen yang mengandung pospat. Pada deterjen terdapat bahan pembentuk (builder) yang berfungsi meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menonaktifkan mineral penyebab kesadahan air. Salah satu builder yang digunakan adalah senyawa Pospat yaitu Sodium Tri Poli Phosphate (STPP). Pospat organik terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan. Pospat organik juga dapat terjadi dari ortopospat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap pospat bagi pertumbuhannya.

Persenyawaan pospat dapat menimbulkan eutrofikasi, memacu pertumbuhan eceng gondok dan gulma air sehingga dapat mengakibatkan ledakan jumlah tanaman tersebut. Ledakan jumlah tanaman tersebut akan mengakibatkan pendangkalan dan menyumbat aliran air sungai. Tanaman yang menutupi permukaan air akan

menghambat masuknya sinar matahari dan oksigen ke air. Hal ini akan berdampak pada kualitas air dan ikan-ikan menjadi sulit untuk bertahan hidup.

Dari analisa yang dilakukan terhadap sampel air danau toba di wilayah Kabupaten Simalungun tingginya kadar pospat kemungkinan disebabkan jumlah limbah yang berasal dari kotoran manusia dan juga limbah yang berasal dari penggunaan deterjen dalam jumlah yang cukup besar dari rumah tangga dan hotel di sekitar kawasan Danau Toba di Kabupaten Simalungun.

5. Krom valensi 6

Kromium di perairan dapat berasal dari material geokimia yang sudah ada pada perairan tersebut. Kromium terdapat dalam bentuk valensi 3 dan valensi 6. Garam-garam kromium yang masuk ke dalam tubuh manusia akan segera dikeluarkan oleh tubuh, akan tetapi jika kadar kromium tersebut cukup besar, akan mengakibatkan kerusakan pada sistem pencernaan (Effendi, 2003).

6. Sulfida

Ion sulfid, S^{2-} , dikenal dalam bentuk padatan tetapi tidak di dalam larutan *aqueous* (oksida). Konstanta disosiasi kedua dari hidrogen sulfida sering dinyatakan sekitar 10^{-13} , tetapi sekarang disadari bahwa angka ini merupakan *error* yang disebabkan oleh oksidasi sulfur dalam larutan alkalin. Estimasi terakhir terbaik untuk pK_{a2} adalah 19 ± 2 ^[8]. Gas Hydrogen Sulfide (H₂S) sangat beracun dan mematikan, pekerjapekerja pada pemboran minyak dan gas bumi mempunyai risiko besar atas keluarnya gas H₂S Pengetahuan Umum tentang (H₂S) Hidrogen Sulfida (H₂S) Adalah gas yang sangat beracun dan dapat melumpuhkan system pernapasan serta dapat dapat mematikan dalam beberapa menit. dalam jumlah sedikitpun gas H₂S sangat berbahaya untuk kesehatan.

Hidrogen Sulfida terbentuk dari proses penguraian bahan-bahan organis oleh bakteri. Maka dari itu H₂S terdapat dalam minyak dan gas bumi, selokan, air yang tergenang. Misalnya rawa-rawa dan juga terbentuk pada proses-proses industri maupun proses biologi lain.

Kateristik H₂S

- Sangat beracun dan mematikan
- Tidak Berwarna

- Lebih Berat Dari udara sehingga cenderung berkumpul dan diam pada daerah yang rendah
- Dapat terbakar dengan nyala api berwarna biru dan hasil pembakarannya gas sulfur Dioksida (SO₂) yang juga merupakan gas beracun
- Sangat Korosif mengakibatkan berkarat pada logam tertentu
- Pada konsentrasi yang rendah berbau seperti telur busuk dan dapat melumpuhkan indera penciuman manusia

7. Nitrat

Pencemaran air dari nitrat dan nitrit bersumber dari tanah dan tanaman. Nitrat dapat terjadi baik dari NO₂ atmosfer maupun dari pupuk-pupuk yang digunakan dan dari oksidasi NO₂ oleh bakteri dari kelompok Nitrobacter. Adanya oksigen di dalam air tambak akan mengubah amoniak menjadi nitrat dan nitrit (nitrifikasi). Nitrat terbentuk dari reaksi antara amoniak dan oksigen yang terlarut dalam air. Besarnya kadar nitrat di dalam tambak yang masih bisa ditoleransi berada dibawah 0,1 ppm. Sementara itu, kadar nitrit yang diperbolehkan tidak lebih dari 0,5 ppm. Kadar nitrat dan nitrit di dalam air tambak yang melebihi ambang batas tersebut akan berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup hewan yang dipelihara. Pengukuran kadar nitrat dan nitrit menggunakan instrument kit dengan kisaran pengukuran 0,05 – 2 ppm. Alat ini juga berfungsi sebagai pengukur kadar Cd (cadmium) dalam air tambak, (<http://akuakulturunhas.blogspot.com/>).

Konsentrasi kandungan unsur nitrogen nitrit dalam air. Nitrit merupakan ion-ion anorganik alami yang merupakan bagian dari sebuah siklus unsur Nitrogen di alam. Proses dimulai dari bahan/material yang mengandung Nitrogen oleh mikroorganisme dirubah menjadi Amoniak (NH₄), kemudian akan mengalami oksidasi menjadi Nitrit (NO₂-), selanjutnya ion Nitrit tersebut akan mengalami oksidasi lagi menjadi Nitrat (NO₃-) yang relatif memiliki ikatan kimia lebih stabil. Mengingat ion Nitrit dan Nitrat merupakan sebuah proses yang saling berantai dan tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lain maka berbagai dampak pada lingkungan dan kesehatan manusia adalah sama dengan dampak yang diakibatkan oleh ion Nitrat, akan tetapi karena ion Nitrit ini sangat labil ikatan kimianya, maka dampaknya akan semakin akut dan serius. Di alam, sumber Nitrogen yang akan bersiklus menjadi Amoniak, Nitrit dan Nitrat sangatlah melimpah, dapat berasal dari alam (batuan/tanah) juga dari berbagai

limbah organik, seperti limbah tinja/urine, limbah kotoran peternakan dan berbagai limbah organik lainnya yang oleh mikroorganisme akan diproses menjadi ion-ion Nitrit dan Nitrat tadi. Nitrat dalam perairan mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton dan tanaman. Jika kadarnya terlalu tinggi, maka akan menyebabkan blooming fitoplankton. Nitrat dan unsure- unsure lainnya seperti fosfor hingga batas tertentu tampaknya terbatas jumlahnya hampir pada semua ekosistem air tawar. Dalam air danau, dan aliran air dengan kesadahan rendah, kalsium dan garam- garam juga tampaknya terbatas, kecuali pada beberapa mata air mineral bahkan pada air dengan kesadahan tertinggi hanya mempunyai kadar garam dengan salinitas kurang dari 0,5% dibandingkan dengan 30- 37% dalam air laut Nitrit merupakan ion-ion an-organik alami yang merupakan bagian dari sebuah siklus unsur Nitrogen di alam. Proses dimulai dari bahan/material yang mengandung Nitrogen oleh mikro-organisme dirubah menjadi Amoniak (NH_4), kemudian akan mengalami oksidasi menjadi Nitrit (NO_2^-), ikatan kimia Nitrit tersebut tidak stabil maka Nitrit tersebut akan mengalami oksidasi lagi menjadi Nitrat (NO_3^-) sehingga unsur ion Nitrat ini paling umum dijumpai pada air permukaan dan bawah tanah. Sumber unsur Nitrogen dapat berasal dari pelarutan mineral dalam batuan dan tanah, pupuk pada lahan pertanian, limbah-limbah yang dihasil oleh aktifitas manusia. Nitrat dibentuk dari asam nitrit yang berasal dari ammonia melalui proses oksidasi katalitik. Nitrit juga merupakan hasil metabolisme dari siklus nitrogen. Bentuk pertengahan dari nitrifikasi dan denitrifikasi. Nitrat dan nitrit adalah komponen yang mengandung nitrogen berikatan dengan atom oksigen, nitrat mengikat tiga atom oksigen sedangkan nitrit mengikat dua atom oksigen.

8. Fluorida

Fluor yang juga dikenal dengan nama fluorin merupakan unsur kimia yang berupa gas pada suhu kamar (25°C), berwarna kuning kehijauan dan merupakan unsur yang sangat reaktif juga dilambangkan dengan huruf F. Sumber yang paling umum dari pencemaran fluoride adalah batubara, yang melepaskan fluoride ketika dibakar. Bagi manusia, pencemaran fluoride dapat menjadi masalah ketika orang terkena volume tinggi fluoride sebagai hasilnya. Asupan yang berlebihan fluoride dapat menyebabkan fluorosis, kondisi medis yang merusak tulang dan gigi.

9. BOD

BOD (Biochemisical Oxygen Demand) merupakan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan pencemar yang terdapat dalam perairan. BOD merupakan indikator pencemaran suatu perairan. Dengan meningkatnya nilai BOD menunjukkan perairan semakin tercemar.

10. TSS

TSS (Total Suspended Solid) merupakan total padatan yang tersuspensi dalam perairan. Seperti BOD, TSS juga merupakan indikator suatu perairan. Dengan meningkatnya nilai TSS menunjukkan perairan semakin tercemar.

4.3. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

Dari sepuluh parameter yang melebihi nilai ambang batas, dilakukan analisis risiko terhadap parameter Seng (Zn), Klor Bebas (Cl₂) dan Fluorida (F) karena diketahui Seng (Zn), Klor Bebas (Cl₂) dan Fluorida (F) telah memiliki nilai Dosis Respon (RfD), sehingga memungkinkan untuk dilakukan analisis risiko. Analisis Risiko yang dilakukan adalah dengan metode Analisis Risiko Meja, dimana nilai-nilai yang dimasukkan adalah nilai default, nilai yang sudah dibakukan, sehingga kita tidak perlu melakukan pengukuran langsung di lapangan. Nilai yang diperoleh langsung dari lapangan hanyalah nilai konsentrasi dari Seng (Zn), Klor Bebas (Cl₂) dan Fluorida (F).

4.3.1. Analisis Risiko Seng (Zn)

A. Hasil Analisa Seng

Nilai Maksimum	: 0.30819 mg/L
Nilai Minimum	: 0.00023 mg/L
Nilai Rata-Rata	: 0.21648 mg/L

Langkah pertama untuk melakukan analisis risiko adalah dengan menghitung nilai Intake (I) dengan menggunakan rumus berikut :

$$I = \frac{C \times R \times f_e \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan :

- C = Konsentrasi seng pada air danau Toba (mg/L)
R = Laju asupan / banyaknya konsumsi air minum per-hari (L/hari), digunakan nilai default = 2 mg/L
f_e = Jumlah hari mengkonsumsi air dalam satu tahun, digunakan nilai default = 350 hari / tahun
D_t = Durasi pajanan (tahun), digunakan nilai default = 30 tahun
W_b = Berat badan responden (kg), digunakan nilai default : pria = 60 kg, wanita = 45 kg
t_{avg} = Nilai default (= 30 th x 365 hari = 10950)
I = Intake

Untuk menentukan besaran risiko, Risk Quotion (RQ) didapatkan dengan membandingkan nilai I dengan nilai dosis respon (RfD) dari Seng (Zn) yaitu 0.3.

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

RQ < 1 : belum ada risiko

RQ >1 : sudah muncul risiko

B. Analisis Risiko Untuk Penduduk Berjenis Kelamin Laki-Laki

Dengan menggunakan rumus di atas, didapatkan nilai I dan RQ untuk penduduk berjenis kelamin laki-laki sebagai berikut :

No	C (mg/L)	R (L/hari)	f _E (hari/th)	D _t (th)	W _b (kg)	t _{avg}	I	RQ
1	C _{max} (= 0.30819)	2	350	30	60	10950	0,00985	0,033
2	C _{min} (= 0.00023)	2	350	30	60	10950	7x10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵
3	C _{rata-rata} (= 0.21648)	2	350	30	60	10950	0,00692	0,023

Dari tabel di atas, terlihat bahwa untuk ketiga konsentrasi Seng yang dihasilkan, diperoleh nilai $RQ < 1$ yang menunjukkan belum munculnya risiko kesehatan diakibatkan paparan parameter seng pada perairan Danau Toba. Berarti dapat disimpulkan, pada masyarakat berjenis kelamin laki-laki dengan berat badan 60 kg, belum akan muncul risiko akibat paparan seng dengan konsentrasi maksimum 0.30819 mg/L jika mengkonsumsi air danau toba sebanyak 2 liter per hari selama 30 tahun. Estimasi kapan risiko baru muncul dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Dt = \frac{RfDxW_bxt_{avg}}{CxRxf_e}$$

$$= \frac{0,3 \times 60 \times 10950}{0.30819 \times 2 \times 350} = \mathbf{913 \text{ tahun}}$$

Ini berarti, efek dari paparan seng baru akan muncul 913 tahun ke depan. Karena waktu tersebut sudah jauh melewati kemungkinan batas umur, dapat disimpulkan bahwa penduduk dengan jenis kelamin laki-laki dengan berat badan 60 kg masih aman dari efek keracunan seng sepanjang hayatnya.

C. Analisis Risiko Untuk Penduduk Berjenis Kelamin Perempuan

Dengan menggunakan rumus, didapatkan nilai I dan RQ untuk penduduk berjenis kelamin perempuan sebagai berikut :

No	C (mg/L)	R (L/hari)	fE (hari/th)	Dt (th)	Wb (kg)	t _{avg}	I	RQ
1	C _{max} (= 0.30819)	2	350	30	45	10950	0,01313	0,044
2	C _{min} (= 0.00023)	2	350	30	45	10950	10x10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁵
3	C _{rata-rata} (= 0.21648)	2	350	30	45	10950	0,00922	0,031

Dari tabel di atas, terlihat bahwa untuk ketiga konsentrasi Seng yang dihasilkan, diperoleh nilai $RQ < 1$ yang menunjukkan belum munculnya risiko kesehatan diakibatkan paparan parameter seng pada perairan Danau Toba. Berarti dapat disimpulkan, pada masyarakat berjenis kelamin perempuan dengan berat badan 45

kg, belum akan muncul risiko akibat paparan seng dengan konsentrasi maksimum 0.30819 mg/L jika mengkonsumsi air danau toba sebanyak 2 liter per hari selama 30 tahun. Estimasi kapan risiko baru muncul dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Dt = \frac{RfDxW_bxt_{avg}}{CxRxf_e}$$

$$= \frac{0,3 \times 45 \times 10950}{0.30819 \times 2 \times 350} = \mathbf{685 \text{ tahun}}$$

Ini berarti, efek dari paparan seng baru akan muncul 685 tahun ke depan. Karena waktu tersebut sudah jauh melewati kemungkinan batas umur, dapat disimpulkan bahwa penduduk dengan jenis kelamin perempuan dengan berat badan 45 kg masih aman dari efek keracunan seng sepanjang hayatnya.

4.3.2. Analisis Risiko Klor Bebas (Cl₂)

A. Hasil Analisa Klor Bebas (Cl₂)

Nilai Maksimum	: 0.228 mg/L
Nilai Minimum	: 0.118 mg/L
Nilai Rata-Rata	: 0.144 mg/L

Langkah pertama untuk melakukan analisis risiko adalah dengan menghitung nilai Intake (I) dengan menggunakan rumus berikut :

$$I = \frac{C \times R \times f_e \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan :

C	= Konsentrasi Klor Bebas (Cl ₂) pada air danau Toba (mg/L)
R	= Laju asupan / banyaknya konsumsi air minum per-hari (L/hari), digunakan nilai default = 2 mg/L
f _e	= Jumlah hari mengkonsumsi air dalam satu tahun, digunakan nilai default = 350 hari / tahun
D _t	= Durasi pajanan (tahun), digunakan nilai default = 30 tahun
W _b	= Berat badan responden (kg), digunakan nilai default : pria = 60 kg, wanita = 45 kg

t_{avg} = Nilai default (= 30 th x 365 hari = 10950)

I = Intake

Untuk menentukan besaran risiko, Risk Quotion (RQ) didapatkan dengan membandingkan nilai I dengan nilai dosis respon (RfD) dari Klor Bebas (Cl_2) yaitu 0.1.

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

$RQ < 1$: belum ada risiko

$RQ > 1$: sudah muncul risiko

B. Analisis Risiko Untuk Penduduk Berjenis Kelamin Laki-Laki

Dengan menggunakan rumus di atas, didapatkan nilai I dan RQ untuk penduduk berjenis kelamin laki-laki sebagai berikut :

No	C (mg/L)	R (L/hari)	fE (hari/th)	Dt (th)	Wb (kg)	t_{avg}	I	RQ
1	C_{max} (= 0.228)	2	350	30	60	10950	0,00729	0,073
2	C_{min} (= 0.118)	2	350	30	60	10950	0,00377	0,037
3	$C_{rata-rata}$ (= 0.144)	2	350	30	60	10950	0,00460	0,046

Dari tabel di atas, terlihat bahwa untuk ketiga konsentrasi Klor Bebas (Cl_2) yang dihasilkan, diperoleh nilai $RQ < 1$ yang menunjukkan belum munculnya risiko kesehatan diakibatkan paparan parameter Klor Bebas (Cl_2) pada perairan Danau Toba. Berarti dapat disimpulkan, pada masyarakat berjenis kelamin laki-laki dengan berat badan 60 kg, belum akan muncul risiko akibat paparan Klor Bebas (Cl_2) dengan konsentrasi maksimum 0.228 mg/L jika mengkonsumsi air danau toba sebanyak 2 liter per hari selama 30 tahun. Estimasi kapan risiko baru muncul dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Dt = \frac{RfDxW_bxt_{avg}}{CxRxf_e}$$

$$= \frac{0,1 \times 60 \times 10950}{0.228 \times 2 \times 350} = \mathbf{411 \text{ tahun}}$$

Ini berarti, efek dari paparan Klor Bebas (Cl₂) baru akan muncul 411 tahun ke depan. Karena waktu tersebut sudah jauh melewati kemungkinan batas umur, dapat disimpulkan bahwa penduduk dengan jenis kelamin laki-laki dengan berat badan 60 kg masih aman dari efek keracunan Klor Bebas (Cl₂) sepanjang hayatnya.

C. Analisis Risiko Untuk Penduduk Berjenis Kelamin Perempuan

Dengan menggunakan rumus, didapatkan nilai I dan RQ untuk penduduk berjenis kelamin perempuan sebagai berikut :

No	C (mg/L)	R (L/hari)	fE (hari/th)	Dt (th)	Wb (kg)	t _{avg}	I	RQ
1	C _{max} (= 0.228)	2	350	30	45	10950	0,00972	0,097
2	C _{min} (= 0.118)	2	350	30	45	10950	0,00503	0,050
3	C _{rata-rata} (= 0.144)	2	350	30	45	10950	0,00614	0,061

Dari tabel di atas, terlihat bahwa untuk ketiga konsentrasi Klor Bebas (Cl₂) yang dihasilkan, diperoleh nilai RQ < 1 yang menunjukkan belum munculnya risiko kesehatan diakibatkan paparan parameter Klor Bebas (Cl₂) pada perairan Danau Toba. Berarti dapat disimpulkan, pada masyarakat berjenis kelamin perempuan dengan berat badan 45 kg, belum akan muncul risiko akibat paparan Klor Bebas (Cl₂) dengan konsentrasi maksimum 0.228 mg/L jika mengkonsumsi air danau toba sebanyak 2 liter per hari selama 30 tahun. Estimasi kapan risiko baru muncul dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Dt = \frac{RfDxW_bxt_{avg}}{CxRxf_e}$$

$$= \frac{0,1 \times 45 \times 10950}{0.228 \times 2 \times 350} = \mathbf{308 \text{ tahun}}$$

Ini berarti, efek dari paparan Klor Bebas (Cl₂) baru akan muncul 308 tahun ke depan. Karena waktu tersebut sudah jauh melewati kemungkinan batas umur, dapat disimpulkan bahwa penduduk dengan jenis kelamin perempuan dengan berat badan 45 kg masih aman dari efek keracunan Klor Bebas (Cl₂) sepanjang hayatnya.

4.3.3. Analisis Risiko Fluorida (F)

A. Hasil Analisa Fluorida (F)

Nilai Maksimum	: 4.4 mg/L
Nilai Minimum	: 0.3 mg/L
Nilai Rata-Rata	: 2.26 mg/L

Langkah pertama untuk melakukan analisis risiko adalah dengan menghitung nilai Intake (I) dengan menggunakan rumus berikut :

$$I = \frac{C \times R \times f_e \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan :

C	= Konsentrasi Fluorida (F) pada air danau Toba (mg/L)
R	= Laju asupan / banyaknya konsumsi air minum per-hari (L/hari), digunakan nilai default = 2 mg/L
f _e	= Jumlah hari mengkonsumsi air dalam satu tahun, digunakan nilai default = 350 hari / tahun
D _t	= Durasi pajanan (tahun), digunakan nilai default = 30 tahun
W _b	= Berat badan responden (kg), digunakan nilai default : pria = 60 kg, wanita = 45 kg
t _{avg}	= Nilai default (= 30 th x 365 hari = 10950)
I	= Intake

Untuk menentukan besaran risiko, Risk Quotion (RQ) didapatkan dengan membandingkan nilai I dengan nilai dosis respon (RfD) dari Fluorida (F) yaitu 0.06.

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

RQ < 1 : belum ada risiko

RQ >1 : sudah muncul risiko

B. Analisis Risiko Untuk Penduduk Berjenis Kelamin Laki-Laki

Dengan menggunakan rumus di atas, didapatkan nilai I dan RQ untuk penduduk berjenis kelamin laki-laki sebagai berikut :

No	C (mg/L)	R (L/hari)	fE (hari/th)	Dt (th)	Wb (kg)	t _{avg}	I	RQ
1	C _{max} (= 4.4)	2	350	30	60	10950	0,14	2,34
2	C _{min} (= 0.3)	2	350	30	60	10950	0,0096	0,159
3	C _{rata-rata} (= 2.26)	2	350	30	60	10950	0,072	1,20

Dari tabel di atas, terlihat bahwa untuk konsentrasi Fluorida (F) **maksimum dan rata-rata** yang dihasilkan, diperoleh nilai **RQ > 1** yang menunjukkan **sudah munculnya risiko kesehatan** diakibatkan paparan parameter Fluorida (F) pada air minum. Berarti dapat disimpulkan, pada masyarakat berjenis kelamin laki-laki dengan badan 60 kg, sudah muncul risiko akibat paparan Fluorida (F) dengan konsentrasi maksimum 4.0 mg/L jika mengkonsumsi air sebanyak 2 liter per hari selama 30 tahun.

Harus dilakukan pemeriksaan kesehatan lanjutan terhadap responden yang mengkonsumsi air tersebut apakah sudah muncul efek paparan Fluorida berupa gangguan tulang dan gigi, serta memberikan pengobatan terhadap penyakit yang ditimbulkan oleh paparan Fluorida tersebut. Dan harus dilakukan manajemen risiko untuk menurunkan konsentrasi Fluorida tersebut, beserta komunikasi risiko terhadap masyarakat yang mengkonsumsi air tersebut.

C. Analisis Risiko Untuk Penduduk Berjenis Kelamin Perempuan

Dengan menggunakan rumus, didapatkan nilai I dan RQ untuk penduduk berjenis kelamin perempuan sebagai berikut :

No	C (mg/L)	R (L/hari)	fE (hari/th)	Dt (th)	Wb (kg)	t _{avg}	I	RQ
1	C _{max} (= 4.4)	2	350	30	45	10950	0,187	3,125
2	C _{min} (= 0.3)	2	350	30	45	10950	0,0013	0,021
3	C _{rata-rata} (= 2.26)	2	350	30	45	10950	0,096	1,61

Dari tabel di atas, terlihat bahwa untuk konsentrasi Fluorida (F) **maksimum dan rata-rata** yang dihasilkan, diperoleh nilai **RQ > 1** yang menunjukkan **sudah munculnya risiko kesehatan** diakibatkan paparan parameter Fluorida (F) pada air minum. Berarti dapat disimpulkan, pada masyarakat berjenis kelamin perempuan dengan badan 45 kg, sudah muncul risiko akibat paparan Fluorida (F) dengan konsentrasi maksimum 4.0 mg/L jika mengkonsumsi air sebanyak 2 liter per hari selama 30 tahun.

Harus dilakukan pemeriksaan kesehatan lanjutan terhadap responden yang mengkonsumsi air tersebut apakah sudah muncul efek paparan Fluorida berupa gangguan tulang dan gigi, serta memberikan pengobatan terhadap penyakit yang ditimbulkan oleh paparan Fluorida tersebut. Dan harus dilakukan manajemen risiko untuk menurunkan konsentrasi Fluorida tersebut, beserta komunikasi risiko terhadap masyarakat yang mengkonsumsi air tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisa fisika dan kimia pada perairan Danau Toba di wilayah Kabupaten Simalungun, parameter yang tidak memenuhi nilai baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air adalah parameter Besi, Seng, Kromium valensi 6, Klor bebas, Fluorida, Pospat, Sulfida, Nitrat, TSS dan BOD.
2. Berdasarkan hasil analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) yang dilakukan terhadap parameter Seng (Zn) dan Klor Bebas (Cl_2), didapatkan bahwa penduduk yang mengkonsumsi air Danau Toba masih berada pada kondisi aman dari dampak kesehatan akibat paparan kedua parameter tersebut (besar risiko, $RQ < 1$).
3. Berdasarkan hasil analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) yang dilakukan terhadap parameter Fluorida (F) didapatkan bahwa penduduk yang mengkonsumsi air Danau Toba sudah terkena dampak kesehatan akibat paparan parameter tersebut (besar risiko, $RQ > 1$).
4. Pencemaran perairan Danau Toba di wilayah Kabupaten Simalungun diduga berasal dari limbah domestik hotel dan permukiman penduduk berupa tinja dan limbah deterjen, limbah pertanian yang menggunakan pupuk dan pestisida, limbah industri dan transportasi air berupa tumpahan minyak, oli, cat, serta limbah yang dihasilkan dari keramba jaring apung berupa sisa pakan ikan.

5.2. Saran

1. Bagi Pemerintah Daerah
Dengan data dan pembahasan yang terdapat dalam kajian ini, Pemerintah Daerah dan instansi-instansi terkait dapat melakukan langkah-langkah berikut :
 - a. Menginformasikan kepada masyarakat tentang kualitas dan tingkat pencemaran air Danau Toba dan himbauan untuk bersama-sama menjaga kelestariannya.

- b. Menginformasikan kepada masyarakat tentang risiko terhadap kesehatan dan lingkungan yang dapat terjadi jika kebersihan dan kelestarian Danau Toba tidak dijaga bersama.
 - c. Mempercepat dilakukannya zonasi budidaya ikan sistem Keramba Jaring Apung (KJA) di perairan Danau Toba
2. Bagi Masyarakat
- a. Meningkatkan kepedulian dalam menjaga kebersihan dan kelestarian Danau Toba.
 - b. Bagi pengusaha hotel dan tempat wisata untuk melakukan pengolahan terhadap limbah sebelum dibuang ke badan air.
3. Bagi peneliti selanjutnya
- a. Melakukan penelitian lanjutan dengan menambah parameter pemeriksaan.
 - b. Melakukan analisis risiko terhadap masyarakat di sekitar Danau Toba yang mengkonsumsi air danau sebagai air minum

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 2012, Danau Toba, diakses 20 Juni 2015, <http://www.pustaka.org>
- Chandra, B., 2006. Pengantar Kesehatan Lingkungan, Jakarta, Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Direktorat Penyehatan Lingkungan, 2011, Panduan Sistem Surveilans Air Minum dan Sanitasi,
- Hadi, A., 2005, Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan, Jakarta, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2001, Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Kementerian Lingkungan Hidup, 1982, Undang-Undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 1982
- Slamet, J.S., 2009. Kesehatan Lingkungan, Yogyakarta, Gajah Mada University Press
- SNI 06-2412-1991 Tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air