

Dinamika parameter kualitas air di Sentra Akuakultur Danau Tondano
pada dekade 2010-an

(The dynamic of the water quality parameters in Tondano Lake
Aquacultural Centres in the 2010s decade).

Wira D. Siahaan¹, Indra R.N. Salindeho², Sipriana S. Tumembouw²

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan FPIK Unsrat Manado

²⁾ Staf Pengajar Prgram Studi Budidaya Perairan FPIK Unsrat Manado

Penulis Korespondensi: I. R. N. Salindeho, indra.salindeho@unsrat.ac.id

Abstract

The objective of this research was to find out the dynamic of the water quality parameters in Tondano lake aquacultural centres from 2010 to 2019. Data were collected from scientific information, either published or unpublished articles, and from the technical reports released by government or non government organization. Data were tabulated and presented in histogram, scatter and line-diagram and then were compared to the water quality parameters standard according to the Indonesian Government Regulation No. 82, year 2001. Data, were then analyzed in the regression and correlation analysis, to assess the fluctuation trend of the water quality parameters during 10 years time. The results show that, in ten years time, the dynamic of the water quality parameters of Tondano Lake waters were as follow: temperature was in the range of 23-29,9°C, and there was no significant trend of fluctuation; water brightness was in the range of 1,1 – 3,15m, and there was a significant trend of decreasing ($y = -0.0303x + 63.42$ and $R^2 = 0.7501$); pH was in the range of 6,7 – 8,3, and there was an increasing trend but not significant; DO was in the range of 4,2 – 8,81 ppm, and there was a significant trend of decreasing ($y = -0.2868x + 584,22$, and $R^2 = 0.6156$); NH₃ was in the range of 0 – 0,77 ppm, and there was a significant polynomial trend ($y = 0.0161x^2 - 64.726x + 65199$ and $R^2 = 0.9737$); NO₂ was in the range of 0 – 0,09 ppm, and there was a significant polynomial trend ($y = 0.0037x^2 - 14.746x + 14859$ and $R^2 = 1$); NO₃ was in the range of 0 – 1,56 ppm, and there was a significant polynomial trend ($y = 0.0436x^2 - 175.64x + 176837$ and $R^2 = 0.9943$); PO₄ was in the range of 0 – 0,37 ppm, and there was a significant polynomial trend ($y = 0.012x^2 - 48.221x + 48572$ and $R^2 = 0.9009$). In general, even though there were significant trends of fluctuation, all the water quality parameters were in the suitable level for aquaculture activities.

Keywords: Tondano Lake, water quality, aquaculture, 2010s decade.

PENDAHULUAN

Danau Tondano adalah danau alami terbesar di Sulawesi Utara, yang posisinya ada di Kabupaten Minahasa pada ketinggian 600 m dari permukaan laut (Rondo *dkk.*, 2015). Luas Danau Tondano

bervariasi antara 44 km² pada musim kering dan 48 km² pada musim basah, dengan fluktuasi tinggi air antara 1-2 m (Trisakti *dkk.*, 2012; Rondo *dkk.*, 2015), sementara secara rata-rata luas Danau Tondano adalah 46,16 km² (KLH-RI,

2014). Inlet Danau Tondano bersumber dari 3 sungai besar dan kurang lebih 35 sungai kecil yang sebagian besar merupakan sungai musiman atau sungai intermitten (KLH-RI, 2011; Nontji, 2016). Danau Tondano hanya memiliki satu outlet yaitu Sungai Tondano yang bermuara di Teluk Manado (Nontji, 2016). Danau Tondano merupakan sumberdaya alam yang penting dan strategis bagi kehidupan dan perekonomian masyarakat propinsi Sulawesi Utara. Sudah sejak beberapa dekade yang lalu Danau Tondano dimanfaatkan sebagai sumber bahan pangan bergizi (ikan), sumber air untuk industri, air minum (PAM Manado), sumber energi (PLTA Tanggari), media transportasi, pariwisata dan juga digunakan sebagai areal akuakultur (Rondo dan Soeroto, 1990; Sittadewi, 2008; KLH-RI, 2014; Nontji, 2016; Bapelitbang KKP, 2016). Fungsi-fungsi tersebut masih efektif sampai saat ini, sehingga keberadaan Danau Tondano dan lingkungannya harus dijaga kelestariannya (Bapelitbang KKP, 2016).

Sejak tiga dekade belakangan ini, akuakultur telah menjadi salah satu aktifitas ekonomi masyarakat pesisir danau yang mendominasi pemanfaatan badan air pada hampir sekeliling pesisir Danau Tondano (Arifin, 2003; Mambrassar, *dkk.*, 2014; Rawung, *dkk.*, 2014). Peningkatan produksi akuakultur berlangsung sangat cepat. Peningkatan jumlah pembudidaya, jumlah KJT yang beroperasi, dan jumlah produksi yang sangat cepat dalam kurun waktu yang singkat, mengindikasikan adanya perkembangan yang tidak terkontrol. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya degradasi lingkungan perairan danau, dan pada akhirnya berdampak pada produksi akuakultur itu sendiri (Trisakti

dkk., 2012; Mantau, 2014; Rondo *dkk.*, 2015).

Salah satu dampak adanya degradasi lingkungan sangat jelas terlihat pada sebagian permukaan perairan Danau Tondano yang sudah ditutupi eceng gondok, dan tidak dapat dikendalikan lagi. Trisakti *dkk.* (2012) melaporkan bahwa, luasan Danau Tondano yang sudah tertutup eceng gondok sudah mencapai 242,67 ha. Selanjutnya Rondo *dkk.* (2015) menyatakan bahwa, secara umum ekosistem perairan Danau Tondano saat ini dalam status terancam baik pada kuantitas dan kualitas air, juga pada biota yang ada di dalam. Meskipun berdasarkan laporan Bapelitbang KKP (2016), kondisi tropik Danau Tondano saat ini masih dalam level “eutrofik ringan”.

Dalam rangka mengantisipasi kondisi Danau Tondano yang semakin terdegradasi dan terancam keberadaannya, maka Danau Tondano dimasukkan dalam 15 Danau Prioritas Nasional untuk diselamatkan, dipertahankan, dilestarikan dan dipulihkan berdasarkan prinsip keseimbangan ekosistem dan daya dukung lingkungan (KLH-RI, 2014). Sebagai tindak lanjut dari penetapan tersebut, telah ditetapkan tujuh butir program strategis danau dimana salah satunya adalah pengembangan sistem monitoring, evaluasi dan informasi danau (KLH-RI, 2014). Salah satu faktor terpenting untuk dimonitor, dievaluasi dan diinformasikan adalah parameter kualitas air Danau Tondano, karena keberhasilan program pemulihan Danau Tondano akan ditentukan oleh kondisi parameter kualitas air yang berada pada level yang layak dan aman untuk kehidupan biota perairan danau tersebut, serta untuk berbagai pemanfaatan air danau diantaranya, air

minum, penangkapan ikan, pariwisata, akuakultur. Data historis kualitas air danau sangat diperlukan untuk melakukan monitoring dan pengukuran keberhasilan dalam mencapai tujuan evaluasi pengelolaan lingkungan danau (Puslit Limnologi-LIPI, 2019).

Berdasarkan uraian di atas maka diperlukan suatu penelitian untuk mengetahui dinamika parameter kualitas air Danau Tondano yang secara permanen dipengaruhi oleh kondisi areal DTA yang sudah terdegradasi, serta intensitas akuakultur pada KJA dan KJT di sepanjang pesisir Danau Tondano. Dampak dari kebijakan penyelamatan Danau Tondano yang ditetapkan pada tahun 2009 juga perlu dievaluasi melalui suatu prosedur monitoring kondisi kualitas air Danau Tondano pada satu dekade terakhir ini. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui fluktuasi parameter kualitas air pada sentra akuakultur perairan Danau Tondano antara tahun 2010 sampai 2019.

METODE PENELITIAN

Data parameter kualitas air Danau Tondano mulai tahun 2010 – 2019 dikumpulkan dari berbagai informasi ilmiah yang terpublikasi dan maupun tidak terpublikasi, dan dari laporan-laporan instansi teknis pemerintah maupun non-pemerintah. Data dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabulasi, histogram, diagram pencar atau garis. Selanjutnya data dikomparasi dengan baku mutu kualitas air yang ditetapkan melalui PPRI (Peraturan Pemerintah Republik Pemerintah) No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Data kemudian dianalisis regresi dan

korelasi untuk melihat tren perubahan melalui persamaan regresi dari *trendline* yang paling sesuai, serta koefisien determinasi dan korelasi untuk menentukan kesesuaian data dan *trendline*. Model atau tren persamaan garis regresi juga akan dianalisis deskriptif dengan menghubungkannya pada faktor-faktor lingkungan dan produksi akuakultur yang diasumsikan dapat mempengaruhi model atau tren tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

(1) Suhu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dalam kurun waktu 10 tahun, perairan Danau Tondano memiliki suhu dengan rentang antara 23-29,9°C (Gambar 1). Suhu terendah, 23°C, direkam pada tahun 2016 pada penelitian yang dilakukan Bapelitbang KKP (2016), dan suhu tertinggi, 29,9°C diukur pada tahun 2013 pada penelitian Kamsuri *dkk.* (2013).

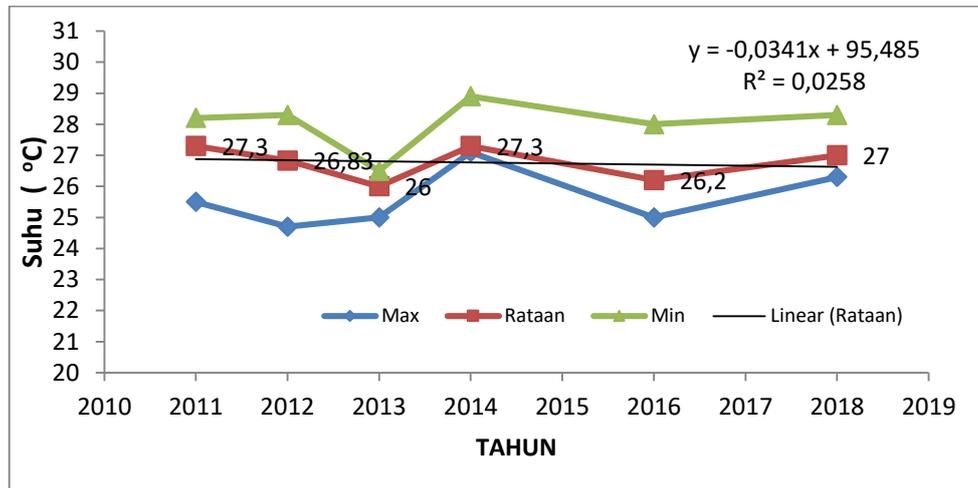
Diagram pencar pada gambar-1 menunjukkan bahwa, tidak ada tren peningkatan atau penurunan suhu secara signifikan dalam kurun waktu 10 tahun, seperti terlihat pada *trendline* dan persamaan garis regresi. Secara rata-rata, suhu perairan Danau Tondano berada pada kisaran 27°C.

(2) Kecerahan

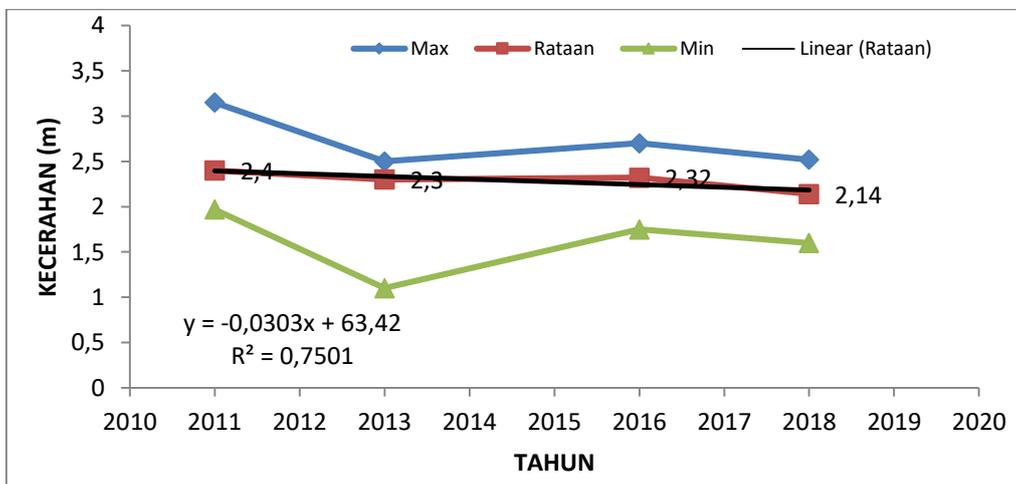
Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dalam kurun waktu 10 tahun, perairan Danau Tondano memiliki nilai kecerahan pada rentang antara 1,1 – 3,15 m (Gambar 2). Nilai kecerahan terendah, 1,1m, direkam pada tahun 2013 oleh Kamsuri *dkk.*, (2013), dan nilai kecerahan tertinggi, 3,15m, diukur pada tahun 2011 (Tatangindatu, *dkk.*, 2013). Secara rata-rata, nilai kecerahan perairan Danau Tondano berkisar antara 2,14-2,4m. Diagram pencar

pada gambar-2 menunjukkan bahwa, ada tren penurunan nilai kecerahan secara signifikan dalam kurun waktu 10 tahun, dengan mengikuti persamaan garis regresi

$y = -0.0303x + 63.42$, dan koefisien determinasinya sebesar $R^2 = 0.7501$. (Gambar 2).



Gambar-1. Fluktuasi suhu perairan Danau Tondano pada dekade 2010-an. (Sumber: Tatangindatu *dkk.*, 2013; De Breving dan Rompas, 2013; Kamsuri *dkk.*, 2013; Urbasa *dkk.*, 2015; Bapelitbang KKP, 2016; Sarif *dkk.*, 2019).



Gambar-2. Fluktuasi nilai kecerahan perairan Danau Tondano pada dekade 2010-an. (Sumber: Tatangindatu *dkk.*, 2013; De Breving dan Rompas, 2013; Kamsuri *dkk.*, 2013; Bapelitbang KKP, 2016; Sarif *dkk.*, 2019).

(3) Derajat Keasaman (pH)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dalam kurun waktu 10 tahun, perairan Danau Tondano memiliki nilai pH pada rentang antara 6,7 – 8,3 (Gambar 3). Nilai pH terendah, 6,7, dan tertinggi, 8,3, direkam pada tahun 2011 (Tatangindatu, *dkk.*, 2013).

Diagram pencar pada gambar-3 menunjukkan bahwa, ada tren peningkatan nilai pH dalam kurun waktu 10 tahun, meskipun tidak signifikan seperti terlihat pada persamaan garis regresi dan koefisien determinasi yang ditunjukkan pada gambar-3.

(4) Oksigen Terlarut (DO)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dalam kurun waktu 10 tahun, perairan Danau Tondano memiliki nilai oksigen terlarut (DO) pada rentang antara 4,2 – 8,8 ppm. Nilai terendah DO, 4,2 ppm, direkam pada tahun 2018 oleh Sarif, *dkk.* (2019), dan nilai DO tertinggi, 8,8 ppm, diukur pada tahun 2014 (Urbasa, *dkk.*, 2015). Nilai rata-rata DO berada pada kisaran 5,26 – 7,5 ppm (Gambar 4).

Diagram pencar pada gambar-4 menunjukkan bahwa, ada tren penurunan nilai DO secara signifikan dalam kurun waktu 10 tahun, dengan mengikuti persamaan garis regresi $y = -0.2868x + 584,22$, dan koefisien determinasinya sebesar $R^2 = 0.6156$.

(5) Amoniak (NH₃)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dalam kurun waktu 10 tahun, perairan Danau Tondano memiliki nilai amoniak pada rentang antara 0 – 0,77 ppm. Nilai amoniak terendah, 0 ppm, direkam pada tahun 2016 di dalam penelitian Bapelitbang KKP, dan nilai amoniak tertinggi, 0,77 ppm, diukur pada tahun 2011 (Tatangindatu, *dkk.*, 2013). Secara

rataan, nilai amoniak perairan Danau Tondano berkisar antara 0,0067 – 0,196 ppm (Gambar 5). Diagram pencar pada gambar-5 menunjukkan bahwa, ada tren fluktuasi secara polinomial yang signifikan dari nilai amoniak dengan mengikuti formula $y = 0.0161x^2 - 64.726x + 65199$ dan dengan nilai koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0.9737$

(6) Nitrit (NO₂)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dalam kurun waktu 10 tahun, perairan Danau Tondano memiliki nilai nitrit dengan rentang antara 0 – 0,095 ppm (Gambar 6). Nilai nitrit terendah, 0 ppm, direkam pada tahun 2016 di dalam penelitian Bapelitbang KKP, dan nilai nitrit tertinggi, 0,095 ppm, diukur pada tahun 2013 oleh Kamsuri *dkk.* (2013).

Secara rata-rata, nilai nitrit perairan Danau Tondano berkisar antara 0,00735 – 0,0315 ppm. Diagram pencar pada gambar-6 menunjukkan bahwa, ada tren fluktuasi secara polinomial yang signifikan dari nilai nitrit dengan mengikuti formula $y = 0.0037x^2 - 14.746x + 14859$ dan dengan nilai koefisien determinasi sebesar $R^2 = 1$.

(7) Nitrat (NO₃)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dalam kurun waktu 10 tahun, perairan Danau Tondano memiliki nilai nitrat dengan rentang antara 0 – 1,56 ppm. (Gambar 7). Nilai nitrat terendah, 0 ppm, direkam pada tahun 2013 di dalam penelitian Kamsuri *dkk.* (2013), dan nilai nitrat tertinggi, 1,56 ppm, diukur pada tahun 2018 oleh Sarif *dkk.* (2019). Secara rata-rata, nilai nitrat perairan Danau Tondano berkisar antara 0,135 – 1 ppm. Diagram pencar pada gambar-7 menunjukkan bahwa, ada tren fluktuasi secara polinomial yang signifikan dari

nilai nitrat dengan mengikuti formula $y = 0.0436x^2 - 175.64x + 176837$ dan dengan nilai koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0.9943$.

(8) Fosfat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dalam kurun waktu 10 tahun, perairan Danau Tondano memiliki nilai fosfat pada rentang antara 0 – 0,37 ppm (Gambar 8). Nilai fosfat terendah, 0 ppm, direkam pada tahun 2013 pada penelitian Kamsuri *dkk.* (2013), dan nilai fosfat tertinggi, 0,37 ppm, diukur pada tahun 2011 (Tatangindatu, *dkk.*, 2013). Secara rata-rata, nilai fosfat perairan Danau Tondano berkisar antara 0,015 – 0,188 ppm. Diagram pencar pada gambar-8 menunjukkan bahwa, ada tren fluktuasi secara polinomial yang signifikan dari nilai fosfat dengan mengikuti formula $y = 0.012x^2 - 48.221x + 48572$ dan dengan nilai koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0.9009$.

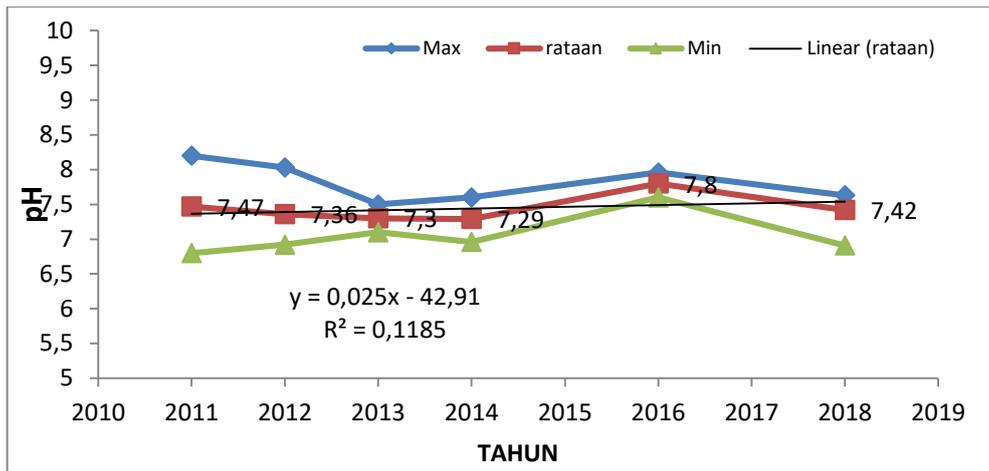
Parameter kualitas air seperti suhu dan pH, secara rata-rata tidak berfluktuasi secara signifikan dalam kurun waktu antara 2010 sampai 2019. Secara rata-rata, suhu berkisar 27°C, dan pH berkisar 7,4, dimana level tersebut sangat layak untuk aktifitas akuakultur. Nilai tertinggi dan terendah dari kedua parameter tersebut juga masih dalam level yang layak untuk kehidupan organisme akuatik secara umum. Ini mengindikasikan bahwa, dalam kurun waktu 10 tahun, tidak ada faktor lingkungan yang ekstrim, termasuk iklim dan cuaca, yang mempengaruhi nilai suhu dan pH dari perairan Danau Tondano.

Parameter kecerahan dan DO mengalami penurunan secara linear dalam kurun waktu 10 tahun, meskipun nilainya tidak besar. Secara rata-rata, nilai kecerahan turun secara konsisten dari 2,4m menjadi

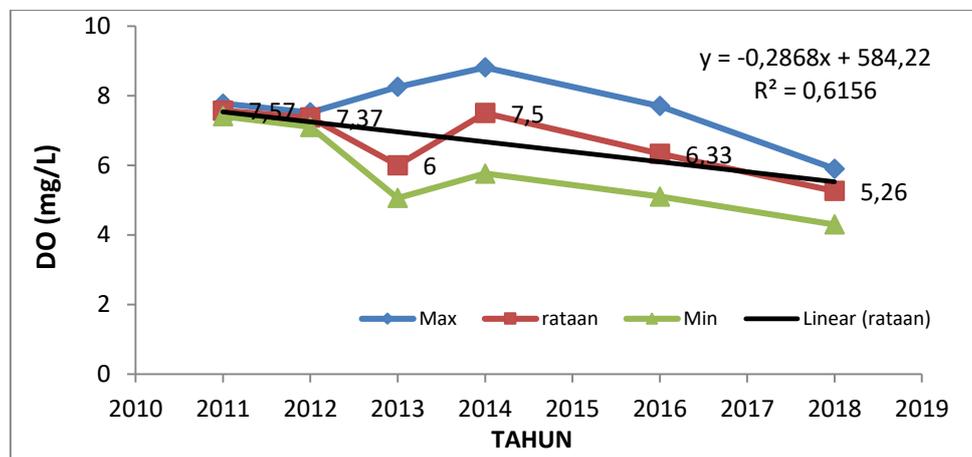
2,14m, sementara DO turun dari 7,5 ppm menjadi 5,26 ppm. Meskipun terjadi penurunan secara linier, akan tetapi nilai-nilai tersebut masih dalam selang yang layak untuk aktifitas akuakultur dan kehidupan organisme akuatik secara umum.

Untuk parameter Amoniak, Nitrit, Nitrat dan Fosfat, dalam kurun waktu 10 tahun, terjadi fluktuasi secara polinomial yang signifikan. Pada awal dekade 2010-an nilai Amoniak, Nitrit, Nitrat dan Fosfat berada pada level yang cukup tinggi, dan kemudian menurun sampai pada titik terendah pada pertengahan dekade, namun kemudian meningkat lagi pada akhir dekade. Fakta yang penting dan menarik adalah 4 parameter tersebut memiliki tren fluktuasi yang persis sama, dan parameter-parameter tersebut merupakan indikator adanya nutrifikasi perairan (Beveridge, 1987).

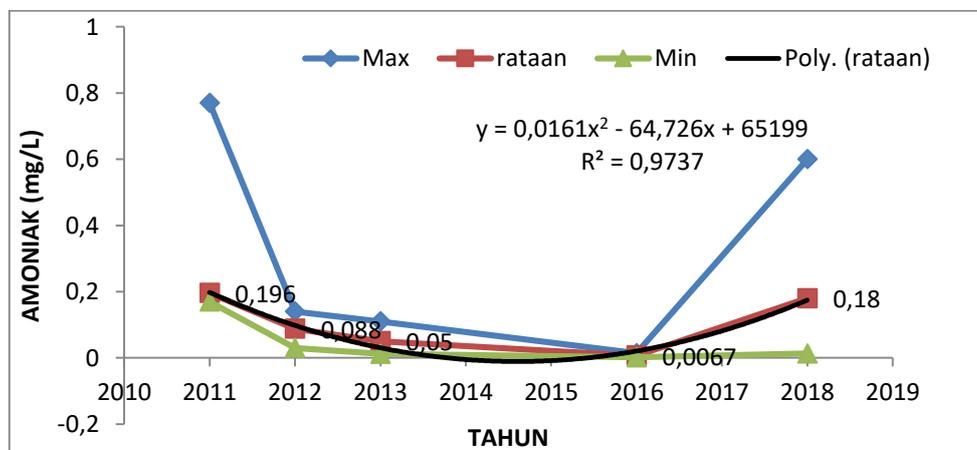
Amoniak, nitrit dan nitrat akan selalu mengikuti tren yang sama, karena nitrit dan nitrat adalah produk dari proses nitrifikasi amoniak. Jika amoniak pada suatu perairan nilainya tinggi, pasti akan diikuti oleh nitrit dan kemudian nitrat, jika proses nitrifikasi berjalan secara efektif (Beveridge, 1987). Amoniak dan fosfat merupakan produk hasil perombakan bahan organik, dan khusus untuk Danau Tondano, amoniak dan fosfat terutama berasal dari pakan ikan akuakultur. Suplai dari aktifitas DTA sekitar danau juga dapat menjadi peyumbang amoniak dan fosfat, meskipun belum ada data berapa besar sumbangan DTA untuk amoniak dan fosfat perairan Danau Tondano.



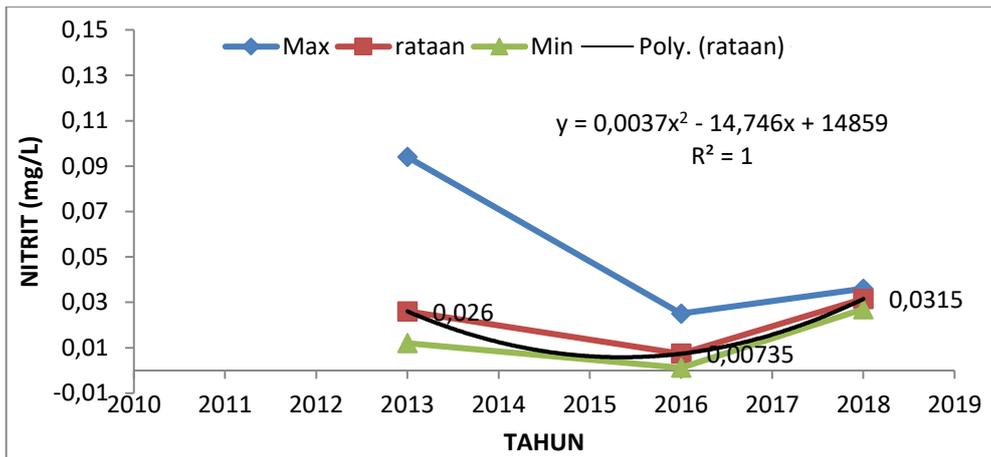
Gambar-3. Fluktuasi nilai pH perairan Danau Tondano pada dekade 2010-an. (Sumber: Tatangindatu *dkk.*, 2013; De Breving dan Rompas, 2013; Kamsuri *dkk.*, 2013; Urbasa *dkk.*, 2015; Bapelitbang KKP, 2016; Sarif *dkk.*, 2019).



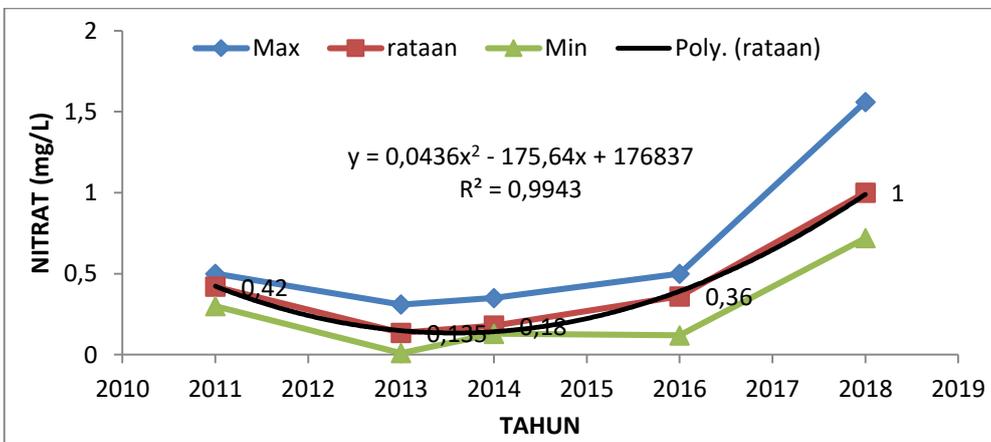
Gambar-4. Fluktuasi DO perairan Danau Tondano pada dekade 2010-an. (Sumber: Tatangindatu *dkk.*, 2013; De Breving dan Rompas, 2013; Kamsuri *dkk.*, 2013; Urbasa *dkk.*, 2015; Bapelitbang KKP, 2016; Sarif *dkk.*, 2019).



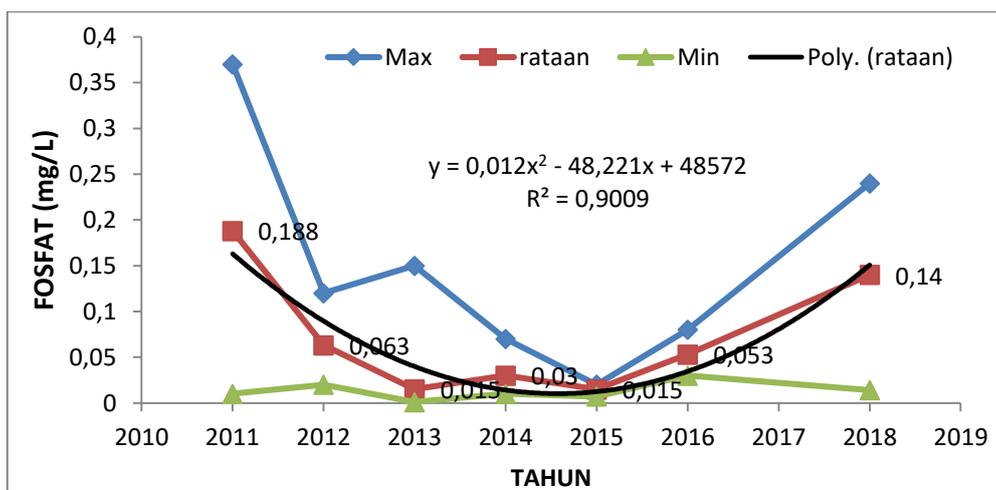
Gambar-5. Fluktuasi nilai amoniak perairan Danau Tondano pada dekade 2010-an. (Sumber: Tatangindatu *dkk.*, 2013; Kamsuri *dkk.*, 2013; Bapelitbang KKP, 2016; dan Sarif *dkk.*, 2019).



Gambar-6. Fluktuasi nilai nitrit perairan Danau Tondano pada dekade 2010-an. (Sumber: Kamsuri *dkk.*, 2013; Bapelitbang KKP, 2016; Sarif *dkk.*, 2019).



Gambar-7. Fluktuasi nilai nitrat perairan Danau Tondano pada dekade 2010-an. (Sumber: Tatangindatu *dkk.*, 2013; Kamsuri *dkk.*, 2013; Rawung *dkk.*, 2014; Bapelitbang KKP, 2016; Sarif *dkk.*, 2019).



Gambar-8. Fluktuasi nilai fosfat perairan Danau Tondano pada dekade 2010-an. (Sumber: Tatangindatu *dkk.*, 2013; Kamsuri *dkk.*, 2013; Rawung *dkk.*, 2014; Sudrajat dan Bintoro, 2016; Bapelitbang KKP, 2016; Sarif *dkk.*, 2019).

Fosfat sendiri merupakan salah satu indikator utama adanya nutrifikasi perairan dan juga faktor penentu terjadinya eutrofikasi perairan. Level fosfat pada perairan yang ada aktifitas akuakultur sangat ditentukan oleh buangan-buangan dari aktifitas akuakultur tersebut (Beveridge, 1987; Arifin, 2003). Fluktuasi level fosfat perairan Danau Tondano pada beberapa dekade belakangan ini sangat mencerminkan fluktuasi produksi akuakultur Danau Tondano (Rawung *dkk*, 2014).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa sejak awal dekade 2010-an terjadi penurunan kadar fosfat sampai pertengahan dekade, yakni tahun 2014-2015, dimana nilai Fosfat perairan Danau Tondano mencapai titik terendah. Dan memang dari data produksi akuakultur yang ada, pada pertengahan dekade 2010-an merupakan titik terendah produksi akuakultur Danau Tondano (Trisakti, 2012; Rawung *dkk.*, 2014; Mambrassar *dkk.*, 2014). Melewati pertengahan dekade, terjadi peningkatan fosfat, amoniak, nitrit dan nitrat, yang merupakan indikasi adanya peningkatan produksi akuakultur. Akan tetapi, data produksi terakhir yang terpublikasi menyangkut produksi akuakultur hanya ada pada tahun 2014 (Mambrassar *dkk*, 2014). Selanjutnya tidak ada data produksi akuakultur mulai pertengahan dekade, sampai pada akhir dekade 2010-an. Meskipun demikian, peningkatan nilai fosfat, amoniak, nitrit dan nitrat merupakan indikasi yang kuat adanya peningkatan produksi akuakultur di Danau Tondano.

Untuk pengelolaan Danau Tondano yang lestari, diperlukan suatu sistem monitoring, evaluasi dan informasi Danau Tondano secara berkelanjutan dan konsisten baik dari segi waktu, area perairan, serta aktivitas pemanfaatan Danau. Saat ini, data yang tersedia menyangkut perairan Danau Tondano masih sangat kurang dan terbatas. Data kualitas air yang dapat dikumpulkan pada penelitian ini, didasarkan pada pengukuran kualitas air dari berbagai lokasi yang berbeda dan pada waktu (musim, jam pengambilan sampel) yang berbeda, sehingga tidak dapat memberikan informasi yang detil menyangkut kondisi parameter kualitas air Danau Tondano yang akurat yang mewakili keseluruhan badan danau.

Data parameter kualitas air yang komprehensif dari musim dan cuaca yang berbeda, serta dari seluruh area perairan Danau perlu direkam dan dikaji secara kontinu. Data menyangkut aktivitas akuakultur seperti, produksi, jumlah pembudidaya, jumlah KJT/KJA yang beroperasi, protokol akuakultur, merupakan data yang sangat penting, dan harus direkam setiap tahun. Demikian juga data menyangkut pengaruh DTA secara langsung terhadap parameter kualitas air serta kondisi badan Danau sangat penting dikaji setiap tahun. Semua data tersebut dapat dikompilasi pada setiap selang waktu tertentu, misalnya dalam satu dekade, untuk dapat dievaluasi, sehingga dapat menjadi acuan atau pijakan untuk menetapkan tindakan dan kebijakan dimasa mendatang dalam usaha penyelamatan Danau Tondano.

KESIMPULAN

Dalam kurun waktu 10 tahun, parameter kualitas air, suhu dan pH, cenderung stabil selama satu dekade, sedangkan nilai kecerahan dan DO mengalami fluktuasi dengan tren penurunan yang signifikan selama dekade 2010-an.

Untuk parameter kualitas air seperti amoniak, nitrit, nitrat dan fosfat, terjadi fluktuasi secara polinomial yang signifikan, dimana pada awal dekade 2010-an nilai parameter kualitas air tersebut cukup tinggi, dan kemudian menurun sampai pada titik terendah di pertengahan dekade, kemudian meningkat lagi pada akhir dekade.

Secara umum, meskipun ada tren fluktuasi selama 10 tahun, namun semua parameter masih berada pada level yang layak untuk aktivitas akuakultur.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin H. 2003. Daya Dukung Perairan Danau Tondano dengan Parameter Fosfor (P) untuk Menunjang Kegiatan Budidaya Ikan. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Unsrat Manado. 48 halaman
- Bapelitbang KKP. 2016. Kajian stok sebagai dasar untuk pengelolaan sumberdaya ikan Danau Tondano, Sulawesi Utara. Laporan Teknis Penelitian 2016. Palembang.
- Beveridge MCM. 1987. Cage Aquaculture. Fishing News Books Ltd, England. 352 p.
- De Breving ZM, Rompas RJ. 2013. Kualitas fisika-kimia air di areal budidaya Desa Kaima, Eris dan Toulimembet, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. E-Jurnal Budidaya Perairan 1(2):38-42.
- FPIK, UNSRAT- DKP SULUT, 2001. Identifikasi Desa Sampel Perikanan di Sulawesi Utara. FPIK- UNSRAT dan Dinas Perikanan dan Kelautan, Pemerintah Provinsi Sulut, Manado. 76 hal.
- Kamsuri AI, Pangemanan NPL dan Tumbol RA. 2013. Kelayakan lokasi budidaya ikan di Danau Tondano ditinjau dari parameter fisika kimia air. E-Jurnal Budidaya Perairan 1(3): 31-42.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2011. Profil 15 Danau Prioritas Nasional. Deputi Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan dan Perubahan Iklim. Jakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. Gerakan Penyelamatan Danau (GERMADAN) Tondano.
- Mambrassar D, Salindeho IRN, Tumembouw SS. 2014. Teknologi dan produksi akuakultur di Danau Tondano, Kabupaten Minahasa. E-jurnal Budidaya Perairan 2(3):20-30.
- Maniagasi R, Tumembouw SS, Mudeng J. 2013. Analisis Kualitas Fisika Kimia Air di Areal Budidaya Ikan Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara. Jurnal Budidaya Perairan 1 (2) : 29-37.
- Mantau Z. 2014. Analisis Kelayakan Investasi Usaha Budidaya Ikan Mas dan Nila dalam Keramba Jaring Apung Ganda di Pesisir Danau Tondano Provinsi

- Sulawesi Utara. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Provinsi Sulawesi Utara. 39 halaman.
- Nontji A., 2016, Danau-Danau Alami Nusantara. Jakarta
- Puslit Limnologi-LIPI, 2019. Pengelolaan kualitas air untuk Danau Prioritas. Pusat Penelitian Limnologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Rawung M, Salindeho IRN dan Tumembouw S. 2014. Produksi akuakultur dan dampak nutrifikasi perairan Danau Tondano. *Platax* 2(2):55-62.
- Rondo M, Sampekalo J, Tamanampo JFS. 2015. Ekologi dan Manejemen Danau Tondano. Makalah Pada Seminar Pengelolahan dan Pemanafatan Danau Tondano UNSRAT.
- Rondo M, Soeroto B. 1990. Kondisi Ekologis Perairan Danau Tondano. *Berita Fakultas Perikanan UNSRAT*, 1(2):58-63.
- Sarif AJ, Kusen DJ, Pangemanan NPL, Monijung RJ, Kalesaran, OJ. 2019. Analisis parameter fisika kimia air pada lokasi karamba jaring tancap di Danau Tondano Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Budidaya Perairan* 7(1): 1-12.
- Sittadewi EH, 2008. Fungsi strategis danau tondano, perubahan ekosistem dan masalah yang terjadi. *Jurnal Tek. Ling.* 9(1):59-66.
- Sudrajat A, Bintoro A. 2016. Pengukuran konsentrasi ortofosfat di Danau Tondano. *Buletin teknik litkayasa* 14(2):127-133.
- Tatangindatu F, Kalesaran O, Rompas R, 2013. Studi Parameter Fisika Kimia Air pada Areal Budidaya Ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa., *e-Jurnal Budidaya Perairan* 1(2) : 8-19.
- Trisakti B, 2012. Penguatan Kapasitas Pemanfaatan Data Inderaja Untuk Ekstraksi Informasi Kualitas Danau Bagi Kesesuaian Budidaya Perikanan Darat Dan Kelestarian Lingkungan Di Danau Tempe Dan Tondano. Laporan Penelitian. Insentif Peningkatan Kemampuan Peneliti Dan Rekayasa Kementerian Riset Dan Teknologi. 42 hal.
- Tumembouw SS. 2012. Kualitas Air Pada Lokasi Budidaya Ikan Di Perairan Desa Eris, Danau Tondano, Kabupaten Minahasa. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan Tropis.* 8 (1) : 33-36.
- Uno EC. 1996. Studi Parameter Fisika, Kimia, Biologi di Perairan Danau Tondano. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNSRAT.
- Urbasa PA, Undap SL, Rompas RJ. 2015. Dampak Kualitas Air Pada Budi Daya Ikan Dengan Jaring Tancap Di Desa Toulimembet Danau Tondano. *E-Jurnal Budidaya Perairan* 3(1):59-67.
- Wantasen S, Kereh MR. 2001. Penurunan Kualitas Air DAS Tondano di Sulawesi Utara. *Ekoton, Jurnal Lingkungan Hidup dan Sumber Daya Alam*, 1 (1) : 29-32.
- Wehantow A. 2005. Fluktuasi Produksi Ikan Budidaya Perairan Danau Tondano. Skripsi. Fakultas Perikanan. Universitas Sariputra Indonesia. Tomohon. 35 hal.