

Analisis Beban Pencemaran Total Nitrogen dan Total Fosfat pada Telaga Cebong, Wonosobo

Lintang Nur Fadlillah*, Evlis Erliyani, Hasna Nabilla Dewi, Theresia Puan Bertiana Wardoyo, dan Aqila Rheva Latifah Ibrahim

Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia; e-mail: lintang.n.f@ugm.ac.id

ABSTRAK

Danau memiliki fungsi penting dalam menunjang ketersediaan air permukaan, menjaga keseimbangan ekologi, serta mendukung aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat. Namun demikian, danau sangat rentan terhadap pencemaran, terutama akibat aktivitas antropogenik yang meningkatkan beban nutrisi, seperti nitrogen total (TN) dan fosfor total (TP). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya tampung beban pencemaran (DTBP) Telaga Cebong terhadap parameter TN dan TP serta mengevaluasi potensi risiko ekologis yang ditimbulkan. Penelitian dilakukan di Telaga Cebong, Kabupaten Wonosobo, melalui pengambilan sampel air di tujuh titik secara *purposive* menggunakan teknik *grab sampling*. Sementara volume danau dan kedalaman rata-rata diperoleh dari data pemeruman (*sounding*) menggunakan single beam gps585. Analisis laboratorium dilakukan untuk mengukur konsentrasi TN dan TP, sedangkan analisis morfometri danau dilakukan dengan interpolasi IDW. Perhitungan DTBP mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009. Analisis laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi TN (1,0–14,7 mg/L) dan TP (0,069–0,129 mg/L) melebihi baku mutu kelas II sesuai PP No. 22 Tahun 2021. Telaga Cebong merupakan danau dangkal dengan kedalaman rata-rata 1,9 m dan *flushing rate* sebesar 0,06 kali/tahun. Perhitungan DTBP menunjukkan beban pencemaran potensial dari penggunaan lahan yang dapat masuk ke tubuh perairan danau sebesar 1.289,63 kg TN/tahun dan 118,20 kg TP/tahun. Sumber utama beban berasal dari pertanian dan permukiman di daerah tangkapan air. Temuan ini menunjukkan perlunya upaya pengelolaan terpadu berbasis daerah tangkapan untuk menjaga keberlanjutan fungsi ekosistem Telaga Cebong.

Kata kunci: Danau, DTBP, Fosfor Total, Nitrogen Total, Nutrien

ABSTRACT

Lakes have an important function in supplying surface water, maintaining ecological balance, and supporting the social and economic activities of communities. However, lakes are highly vulnerable to pollution, especially due to anthropogenic activities that increase nutrient loads, such as total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP). This study aims to analyze the pollution load capacity (DTBP) of Telaga Cebong Lake for TN and TP parameters and evaluate the potential ecological risks caused. The study was conducted at Telaga Cebong Lake, Wonosobo Regency, through the collection of water samples at seven points using purposive grab sampling techniques. Meanwhile, the lake volume and average depth were obtained from sounding data using a single beam GPS585. Laboratory analysis was used to measure TN and TP concentrations, while lake morphometric analysis was obtained through IDW interpolation. DTBP calculations referred to Ministry of Environment Regulation No. 28 of 2009. Laboratory analysis showed that TN concentrations (1.0–14.7 mg/L) and TP concentrations (0.069–0.129 mg/L) exceeded Class II quality criteria according to Government Regulation No. 22 of 2021. Telaga Cebong is a shallow lake with an average depth of 1.9 m and a flushing rate of 0.06 times/year. DTBP calculations show a potential load from landuses of 1,289.63 kg TN/year and 118.20 kg TP/year. The primary sources of pollution load originate from agricultural activities and settlement areas within the watershed. These findings highlight the need for integrated watershed-based management efforts to ensure the sustainability of the ecological functions of Telaga Cebong.

Keywords: Lake, DTBP, Total Phosphorus, Total Nitrogen, Nutrients

Citation: Fadlillah, L. N., Erliyani, E., Dewi, H. N., Wardoyo, T. P. B., dan Ibrahim, A. R. L. (2026). Analisis Beban Pencemaran Total Nitrat dan Total Fosfat pada Telaga Cebong, Wonosobo. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 24(3), 631-639, doi:10.14710/jil.24.3.631-639

1. PENDAHULUAN

Danau memiliki peran penting dalam menyediakan sumber daya air permukaan, mendukung keseimbangan ekologi, serta memberikan manfaat bagi rekreasi dan pembangkit listrik tenaga air (Amorim *et al.*, 2021). Namun, ekosistem danau rentan terhadap pencemaran akibat aktivitas manusia di sekitarnya, seperti pertanian, industri, dan limbah domestik. Pencemaran ini dapat menyebabkan masuknya sedimen, nutrisi berlebihan, bahan kimia, dan logam berat melalui limpasan permukaan atau aliran sungai yang masuk ke dalam danau (Feng *et al.*, 2019). Akumulasi polutan tersebut dapat mengakibatkan penurunan kualitas air, eutrofikasi, serta gangguan pada keseimbangan ekosistem perairan (Wang *et al.*, 2023; van Wijk *et al.*, 2024).

Nitrogen total (TN) dan fosfor total (TP) merupakan polutan yang sering ditemukan dari perairan. Salah satu aspek penting dalam memahami dinamika pencemaran di danau adalah analisis Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) Danau serta evaluasi risiko ekologis akibat keberadaan nutrisi berlebih. Nitrat merupakan senyawa alami ion anorganik yang dapat ditemukan di tanah dan air, sebagai hasil penguraian bahan organik dari kegiatan pertanian. Senyawa nitrat (NO_3^-) dihasilkan dari nitrogen yang bertransformasi menjadi senyawa lain, termasuk pula nitrit (NO_2^-) dan ammonia (NH_3). Nitrogen yang berada di alam diuraikan oleh mikroba menjadi ammonia, kemudian dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat, dengan karakteristik nitrit yang dapat dioksidasi dengan mudah menjadi nitrat (Manampiring, 2009).

Telaga Cebong merupakan salah satu ekosistem perairan yang terletak di Desa Sembungan, Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah. Danau ini dikelilingi oleh perbukitan serta lahan pertanian yang berpotensi menjadi sumber masukan unsur hara, seperti TN dan TP, ke dalam perairan. Dengan luas sekitar 4,5 Ha, Telaga Cebong rentan mengalami perubahan kualitas air akibat aktivitas antropogenik di sekitarnya, terutama dari sektor pertanian yang dapat meningkatkan kadar nutrisi di dalam air dan sedimen. Aktivitas pertanian kentang di sekitar telaga dilakukan secara intensif pada lahan ladang/tegallan seluas 65,18 Ha (Fiatnasari, *et al.*, 2019). Pertanian kentang diusahakan sepanjang tahun secara langsung berpengaruh pada peningkatan penggunaan pupuk, baik organik maupun

anorganik. Penggunaan pupuk secara berlebih berpotensi menyebabkan kerusakan terhadap tanah dan lingkungan.

Penilaian risiko ekologis untuk nutrisi dalam ekosistem perairan Telaga Cebong dapat dilakukan dengan mengevaluasi kandungan TN dan TP terhadap baku mutu kualitas air serta hasil analisis daya tampung beban pencemaran (DTBP). Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada pendekatan penilaian risiko ekologis yang dikembangkan oleh Departemen Lingkungan dan Energi Ontario, Kanada (Ye *et al.*, 2019).

Perhitungan daya tampung beban pencemaran TN dan TP di Telaga Cebong dilakukan menggunakan pendekatan matematis yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009. Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan kapasitas maksimum beban pencemaran yang masih dapat diterima oleh ekosistem perairan tanpa menyebabkan gangguan signifikan terhadap kualitas air dan keseimbangan ekosistem. Dengan menggunakan metode ini, dapat dilakukan analisis yang lebih komprehensif terhadap tingkat risiko pencemaran nutrisi serta pengaruhnya terhadap ekosistem perairan Telaga Cebong. Berdasarkan telaah pustaka, penelitian mengenai Telaga Cebong umumnya berfokus pada kajian kualitas air dan status trofik, sedangkan kajian mengenai DTBP terhadap parameter TN dan TP masih terbatas. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis DTBP, morfometri danau, dan potensi beban pencemaran berdasarkan penggunaan lahan.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis daya tampung beban pencemaran dan pengaruh parameter TN dan TP terhadap eutrofikasi. Penelitian ini dapat menyediakan informasi ilmiah yang mendukung pengelolaan danau secara berkelanjutan (Liu *et al.*, 2021). Hasil penelitian juga dapat menjadi referensi dalam penyusunan kebijakan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan di wilayah konservasi.

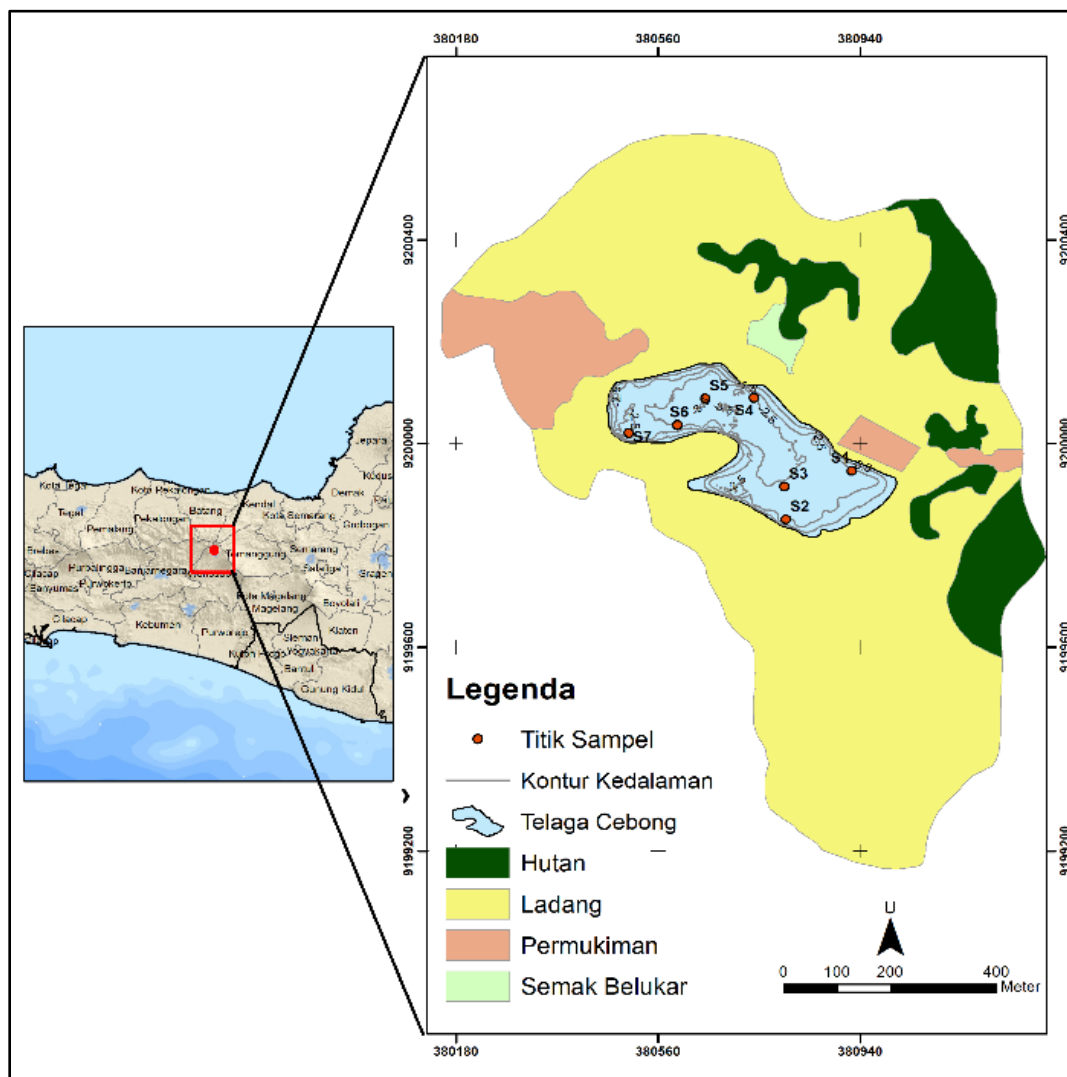
2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Telaga Cebong merupakan danau yang terletak di Desa Sembungan, Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah. Secara geografis, Telaga Cebong dikelilingi oleh perbukitan dan lahan pertanian yang dapat berkontribusi terhadap masukan unsur hara ke dalam telaga. Dengan luas sekitar 4,5 Ha, Telaga Cebong menjadi ekosistem perairan yang rentan terhadap perubahan kualitas air akibat aktivitas di sekitarnya, yakni pertanian (**Gambar 1**).

2.2. Alat dan bahan

Dalam penelitian Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) dan Risiko Ekologis Telaga Cebong, berbagai alat dan bahan digunakan untuk mendukung proses pengumpulan dan analisis data (**Tabel 1**).



Gambar 1. Lokasi Penelitian dan Titik sampel
(Sumber: Survei lapangan, 2025)

Tabel 1. Alat dan Bahan yang Digunakan

Alat Penelitian	Kegunaan
Botol sampel air 1 liter dan label	Menyimpan sampel air untuk diuji di laboratorium
Water Checker	Mengukur suhu dan pH air danau di lapangan
Water Sampler	Mengambil sampel air danau di kedalaman tertentu
Ice Box	Menyimpan sampel air
Avenza Maps	Menentukan titik koordinat pengambilan sampel
Checklist lapangan	Mencatat hasil pengukuran lapangan
Perahu	Menyusuri danau saat pengambilan sampel air dan pemeruman danau
Echosounder	Mengukur kedalaman danau

2.3. Metode Pengambilan sampel

Penentuan titik sampel air untuk parameter TN dan TP dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* yaitu, titik sampel pada inlet, outlet, tengah danau, serta penggunaan lahan yang berbeda, dengan asumsi setiap penggunaan lahan memiliki potensi beban yang berbeda. Pengambilan sampel dilakukan pada tujuh titik pengambilan. Pengambilan

sampel air dilakukan dengan metode *grab sampling* pada kedalaman 0,6 kali kedalaman perairan (0,6d). Hal tersebut didasarkan pada karakteristik Telaga Cebong sebagai danau dangkal (kedalaman rata-rata 1,9 m) yang diasumsikan memiliki kolom air relatif tercampur (*well mixed*) selama periode pengambilan sampel. Menurut US EPA (1990) pada danau dangkal yang tidak memiliki stratifikasi pengambilan sampel pada satu kedalaman di dekat bagian tengah danau umumnya telah representatif untuk menggambarkan kondisi kualitas air secara umum, sedangkan pengambilan sampel pada beberapa kedalaman lebih diperlukan pada danau yang memiliki stratifikasi. Pengambilan sampel menggunakan botol sampel ukuran 1 liter dengan alat *water sampler* dan kapal sebagai sarana transportasi. Sampel selanjutnya diuji di Laboratorium. Peta sampel dan lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.

2.4. Analisa Data

2.4.1. Morfometri Danau

Estimasi volume danau dan kedalaman rata-rata diperoleh dari data pemeruman (*sounding*) hasil pengukuran langsung di lapangan. Jalur pemeruman

terlebih dahulu dirancang menggunakan *Single Beam gps585*, kemudian data kedalaman diinterpolasi dengan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) sehingga diperoleh model batimetri danau. Berdasarkan model tersebut, perhitungan volume dilakukan menggunakan fitur *cut and fill* pada *software* ArcGIS.

2.4.2. Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran

Perhitungan daya tampung beban pencemaran TN dan TP di Telaga Cebong dilakukan dengan menggunakan rumus matematis berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009. Berikut merupakan rumus umum perhitungan daya tampung beban pencemaran danau dan/atau waduk.

A. Morfologi dan hidrologi danau

Morfologi danau

$$\check{Z} = 100 \times \frac{V}{A} \dots\dots\dots (1)$$

$\check{Z}$ = Kedalaman rata-rata danau (m)

V = Volume air danau (juta m³)

A = Luas perairan danau (Ha)

Laju penggantian air danau

$$\rho = \frac{Q_0}{V} \dots\dots\dots (2)$$

ρ = Laju pergantian air waduk (1/tahun)

Q_0 = Jumlah debit air keluar waduk (juta m³/tahun)

V = Volume air waduk (juta m³)

B. Alokasi beban pencemaran TP dan TN

Parameter P

$$[P]_d = [P]_{STD} - [P]_i - [P]_{DAS} \dots\dots\dots (3)$$

$[P]_{STD}$ = Syarat kadar parameter TP maksimal sesuai baku mutu air (mg/m³)

$[P]_i$ = Kadar parameter TP hasil pemantauan danau (mg/m³)

$[P]_{DAS}$ = Jumlah alokasi beban TP dari DAS/DTA (mg/m³)

$[P]_d$ = Alokasi beban TP limbah kegiatan pada perairan danau (mg/m³)

Parameter N

$$[N]_d = [N]_{STD} - [N]_i - [N]_{DAS} \dots\dots\dots (4)$$

$[N]_{STD}$ = Syarat kadar parameter TN maksimal sesuai baku mutu air (mg/m³)

$[N]_i$ = Kadar parameter TN hasil pemantauan danau (mg/m³)

$[N]_{DAS}$ = Jumlah alokasi beban TN dari DAS/DTA (mg/m³)

$[N]_d$ = Alokasi beban TN limbah kegiatan pada perairan danau (mg/m³)

C. Daya tampung beban pencemaran pada air danau

Parameter P

$$R = \frac{1}{(1 + 0,747\rho^{0,507})} \dots\dots\dots (5)$$

$$L = \frac{\Delta[P]_d \cdot \check{Z} \cdot \rho}{(1-R)} \dots\dots\dots (6)$$

$$La = \frac{L \times A}{100} \dots\dots\dots (7)$$

L = Daya tampung limbah P per satuan luas danau (gr P/m² tahun)

La = Jumlah daya tampung limbah P pada perairan waduk (gr P/tahun)

R = Total P yang tinggal bersama sedimen atau mengendap

Parameter N

$$R = \frac{1}{(1 + 0,747\rho^{0,507})} \dots\dots\dots (8)$$

$$L = \frac{\Delta[N]_d \cdot \check{Z} \cdot \rho}{(1-R)} \dots\dots\dots (9)$$

$$La = \frac{L \times A}{100} \dots\dots\dots (10)$$

L = Daya tampung limbah N per satuan luas danau (gr N/m² tahun)

La = Jumlah daya tampung limbah N pada perairan waduk (gr N/tahun)

R = Total N yang tinggal bersama sedimen atau mengendap

2.4.3. Analisis Potensi Sumber Pencemaran *Non-Point Sources* Penggunaan Lahan

Sumber pencemaran bukan titik (*non-point sources*) didapatkan dari *delivery load* dan faktor emisi per penggunaan lahan. Menurut Balai Lingkungan Keairan, Pulitbang SDA, Kementerian Pekerjaan Umum (2004) sebagaimana dikutip oleh Kurniawan *et al.* (2017), rata-rata *delivery load* atau potensi suatu penggunaan membawa beban pecemar dari limpasan permukaan untuk penggunaan lahan kebun, palawija, dan lahan terbangun di Indonesia adalah 1%. Faktor emisi per penggunaan lahan dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Faktor Emisi Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	TN	TP	Satuan
Hutan	21,92	1,37	kg/ha/hr
Tegalan/Kebun Campuran/ Semak	3	1,5	kg/ha/musim tanam
Lahan terbangun/ Permukiman	18,9	0,55	kg/ha/hr
Palawija	10	5	kg/ha/musim tanam

Sumber: BLK-PSDA, 2004

Rumus perhitungan beban pencemaran (BP) berdasarkan ICWRMIP (2015) adalah sebagai berikut:

BP hutan dan lahan terbangun (kg/hari) = luas lahan (ha) x faktor emisi x 1 % $\dots\dots\dots (1)$

BP palawija dan kebun (kg/hari) = luas lahan (ha) x faktor emisi x 1 % / jumlah hari musim tanam $\dots\dots\dots (2)$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Morfometri Telaga Cebong

Pengukuran batimetri menunjukkan bahwa kedalaman rata-rata Telaga Cebong mencapai 1,9 meter, dengan titik terdalam mencapai 2,5 meter. Kedalaman rata-rata volume Telaga Cebong yang relatif kecil mengindikasikan bahwa telaga ini termasuk dalam kategori danau dangkal sehingga memiliki kerentanan yang lebih tinggi terhadap proses eutrofikasi (Lakhdari & Bouselsal, 2024). Selain itu, nilai *flushing rate* yang hanya mencapai 0,06 kali/tahun menunjukkan bahwa Telaga Cebong memiliki *residence time* (waktu tinggal) yang panjang dengan waktu pergantian seluruh volume air diperkirakan ± 16 tahun. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh karakteristik hidrologi Telaga Cebong yang tidak memiliki sungai sebagai masukan (*inlet*) dan hanya memiliki debit keluaran yang relatif kecil yakni sebesar 9.600 m³/ tahun.

Laju pergantian air yang lambat berpotensi memperpanjang waktu akumulasi nutrisi di badan air, yang memperburuk kualitas air terutama jika masukan nutrisi (TP dan TN) dari DTA tinggi. Selain itu, nilai rasio luas permukaan terhadap volume cukup besar yakni, 0,517, yang mempercepat respons danau terhadap beban eksternal. Adapun morfometri Telaga Cebong dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Morfometri Telaga Cebong

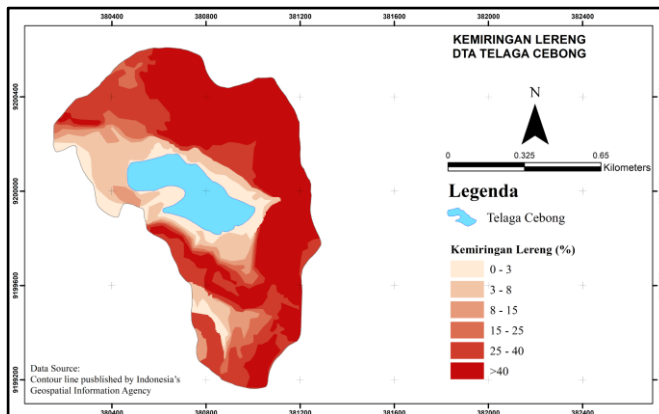
Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Kedalaman rata-rata	Z	1,93	m
Volume danau	V	167.676,6	m ³
Luas perairan	A	86.750,80	m ²
Laju pergantian air danau	p	0,06	(1/tahun)
Debit keluar air	Qo	9.600,00	m ³ /tahun

Karakteristik morfometri Daerah Tangkapan Air (DTA) Telaga Cebong didominasi oleh topografi curam hingga sangat curam, di mana lereng dengan kemiringan >40% mencakup area terluas yaitu 37,38 ha (40,62%), diikuti oleh kelas lereng 25–40% sebesar 18,90 ha (20,53%) sebagaimana disajikan pada **Tabel 4** dan **Gambar 2**. Konfigurasi spasial ini menunjukkan bahwa wilayah sekeliling telaga bertindak sebagai zona tangkapan yang sangat dinamis, di mana kemiringan lereng yang terjal mempercepat laju limpasan permukaan sekaligus mengeskalasi transpor pencemar termasuk yang berasal dari aktivitas antropogenik di bagian hulu seperti pencucian pupuk lahan pertanian menuju badan air telaga. Akibatnya, akumulasi beban nutrisi ini secara langsung mengontrol pola sebaran konsentrasi TN dan TP di dalam Telaga Cebong, menjadikannya sangat rentan terhadap pengayaan unsur hara akibat ekosistem darat di sekitarnya yang curam.

Tabel 4. Slope Length and Steepness

Slope Steepness (%)	Area (ha)	Percentage (%)
0 - 3	15.95	17.33
3 - 8	11.11	12.08
8 - 15	4.03	4.38
15 - 25	4.66	5.06
25 - 40	18.90	20.53
>40	37.38	40.62

Sumber: RBI, 2022



Gambar 2. Kemiringan Lereng DTA Telaga Cebong

3.2. Kondisi Kualitas Air Telaga Cebong Berdasarkan TN dan TP

Hasil analisis kualitas air pada **Tabel 5** menunjukkan nilai TN berkisar antara 1,0 – 14,7 mg/L, dengan rata-rata 3,72 mg/L. Nilai tersebut telah melampaui baku mutu TN untuk perairan danau berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 Kelas 2, yakni 0,75 mg/. Secara spasial, distribusi konsentrasi TN pada setiap titik pengamatan ditunjukkan pada **Gambar 3**. Titik S5 memiliki konsentrasi TN tertinggi, yaitu 14,7 mg/L atau hampir 20 kali lipat di atas baku mutu. Sementara itu, konsentrasi TN terendah berada pada titik S4 yakni sebesar 1,0 mg/L meskipun nilai tersebut masih melampaui baku mutu lebih dari 30%. Konsentrasi TN tinggi pada S5 berkorelasi dengan lahan pertanian intensif untuk perkebunan kentang. Pola tersebut menunjukkan bahwa distribusi TN dan TP berkaitan dengan aktivitas penggunaan lahan di sekitar telaga. Kawasan pertanian dan permukiman merupakan sumber masukan nutrisi yang berpotensi meningkatkan konsentrasi nitrogen dan fosfor di badan air, terutama melalui proses limpasan permukaan yang menghubungkan daerah tangkapan air dengan Telaga Cebong.

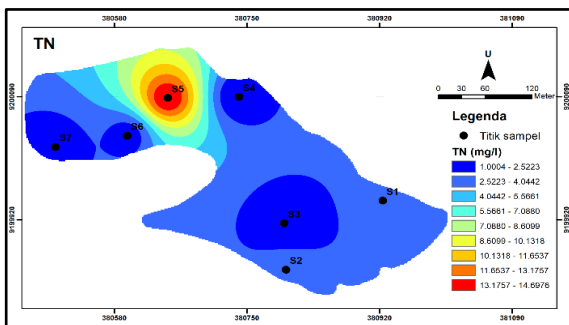
Budidaya kentang umumnya memerlukan *input* pupuk anorganik, terutama pupuk berbasis nitrogen dan fosfor (NPK) dalam jumlah yang relatif tinggi untuk mendukung produktivitas tanaman. Selain itu, nilai TP yang tinggi ini juga dipengaruhi oleh penggunaan pupuk pertanian yang relatif tinggi (Santosa, 2007). Apabila pemupukan dilakukan secara berlebihan atau tidak diimbangi dengan pengelolaan lahan yang baik, sebagian unsur hara tersebut berpotensi terangkut melalui limpasan permukaan menuju badan air, terutama saat terjadi hujan sehingga meningkatkan konsentrasi TN dan TP di perairan (Crowson *et al.*, 2024). Kondisi ini diperkuat oleh karakteristik Telaga Cebong yang memiliki *flushing rate* rendah (0,06 kali/tahun) sehingga nutrisi yang telah

masuk ke badan air cenderung tertahan lebih lama dan mengalami akumulasi yang dapat meningkatkan risiko eutrofikasi (Luna *et al.*, 2023).

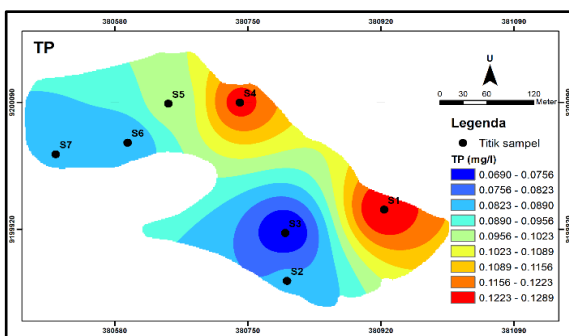
Tabel 5. Hasil TP dan TN Telaga Cebong

No Sampel	Koordinat		Parameter	
	X	Y	Total Nitrogen	Total Fosfat (sebagai P)
			(mg/L)	(mg/L)
1	380.923,38	9.199.944,79	2,8	0,129
2	380.800,16	9.199.850,94	3,2	0,083
3	380.798,07	9.199.916,48	1,3	0,069
4	380.739,87	9.200.088,98	1	0,125
5	380.647,59	9.200.088,46	14,7	0,098
6	380.595,16	9.200.036,02	1,6	0,083
7	380.503,40	9.200.020,29	1,5	0,085

Konsentrasi TP pada danau berkisar antara 0,069 hingga 0,129 mg/L. **Gambar 4** menunjukkan bahwa konsentrasi TP tertinggi terdapat pada bagian Utara hingga Timur Laut danau, terutama pada titik S1 (0,129 mg/L) dan S4 (0,125 mg/L). Sebaliknya, bagian barat hingga barat daya yakni S6 dan S7 menunjukkan konsentrasi TP yang relatif lebih rendah (< 0,085 mg/L). Meskipun demikian, seluruh titik pengamatan masih melampaui baku mutu kualitas air sebesar 0,03 mg/L.



Gambar 3. Distribusi TN pada Telaga Cebong



Gambar 4. Distribusi TP pada Telaga Cebong

Secara umum, distribusi spasial dari TN dan TP menunjukkan bahwa pencemar tidak terdistribusi merata. Titik S5 menjadi pusat akumulasi nitrogen sedangkan S1 dan S4 menjadi pusat akumulasi fosfat. Distribusi ini berkorelasi dengan sumber pencemar NPS (**Gambar 1**) yang mana pertanian dan permukiman menyumbang nutrient terbesar (Reta *et al.*, 2018).

Konsentrasi TN dan TP yang melebihi baku mutu pada seluruh titik pengamatan mengindikasikan adanya potensi risiko ekologis terhadap ekosistem Telaga Cebong. Tingginya masukan nutrisi dapat memicu proses eutrofikasi yang ditandai dengan peningkatan produktivitas fitoplankton dan tumbuhan air, sehingga berpotensi menurunkan kualitas perairan serta mengganggu keseimbangan ekosistem (Liu *et al.*, 2021; Paerl *et al.*, 2024). Potensi risiko tersebut diperkirakan semakin besar mengingat Telaga Cebong memiliki *flushing rate* yang rendah, sehingga nutrisi yang masuk ke badan air cenderung terakumulasi dan bertahan lebih lama di dalam perairan.

3.3. Evaluasi Alokasi Beban Pencemaran Berdasarkan Penggunaan Lahan dan Perbandingan dengan Daya Tampung

Setiap badan air memiliki kemampuan untuk menerima beban pencemaran tanpa menurunkan kualitas airnya secara signifikan (Auvria & Munfarida, 2020). Menurut Machbub (2010), DTBP merupakan maksimum badan air dalam menerima beban pencemar tanpa melampaui ambang batas kualitas air yang ditetapkan, sehingga badan air dapat digunakan sesuai peruntukan dan memenuhi standar mutu yang berlaku (Hindriani, 2013).

Hasil analisis potensi beban pencemaran pada **Tabel 6** menunjukkan bahwa penggunaan lahan di daerah tangkapan air (DTA) Telaga Cebong memberikan kontribusi berbeda terhadap pencemaran nutrisi, khususnya TN dan TP. Secara umum, perumahan dan perkebunan kentang memberikan kontribusi paling signifikan terhadap beban pencemaran harian. Permukiman berkontribusi sebesar 1,32 kg TN/hari dan 0,04 kg TP/hari, dengan lahan hanya seluas 6,99 ha. Ini mengindikasikan beban nutrisi per satuan luas cukup tinggi. Perkebunan kentang, dengan luas 64,55 ha, menyumbang 0,27 kg TN/hari dan 0,13 kg TP/hari. Beban ini relatif lebih kecil per hektar namun signifikan secara total karena luasannya besar. Total beban pencemar harian dari semua penggunaan lahan mencapai 4,06 kg/hari dan 0,34 kg/hari. Dibandingkan dengan Beban pencemaran di Danau Air Laut Aneuk alot, nilai beban pencemar TN sekitar 173,48 kg/hari) dan TP sekitar 10,59 kg/hari, Total DTBP Telaga Cebong jauh lebih kecil karena dipengaruhi DTA yang lebih kecil. Jika dikonversi menjadi beban tahunan, setara dengan 1.481,43 kg TN/tahun dan 122,45 kg TP/tahun.

Tabel 6. Potensi Beban Pencemaran dari Penggunaan Lahan di DTA Telaga Cebong

Penggunaan lahan	Luas (ha)	Beban pencemaran TN	Beban pencemaran TP
Hutan	11,18	2,45	0,15
Perkebunan kentang	64,55	0,27	0,13
Permukiman	6,99	1,32	0,04
Semak belukar/ tegalan	0,63	0,02	0,01
Total Beban Pencemar harian (kg/hari)		4,06	0,34
Total Beban Pencemar harian (kg/tahun)		1.481,43	122,45

Tabel 7. Daya Tampung Telaga Cebong TP dan TN

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Daya tampung TP Eksisting			
Alokasi beban TP limbah kegiatan pada perairan Baku mutu TP Kelas 2	[P]d	-66	mg/m ³
Kadar parameter TP hasil pemantauan danau	[P]std	0.03	mg/L
Total TP yang tinggal bersama sedimen	[P]i	96	mg/m ³
Daya tampung TP eksisting per satuan luas danau	R	0,85	
Daya tampung TP eksisting pada perairan danau	L	-48,99	mg P/m ² .tahun
	La	-4,25	kg P/tahun
Daya Tampung TN Eksisting			
Alokasi beban TN limbah kegiatan pada perairan Baku mutu TN kelas 2	[P]d	-2978,57	mg/m ³
Kadar parameter TN hasil pmantauan danau	[P]std	0.75	mg/L
Total TN yang tinggal bersama sedimen	[P]i	3728,57	mg/m ³
Daya tampung TN eksisting per satuan luas danau	R	0,85	
Daya tampung TN eksisting pada perairan danau	L	-2211,02	mg N/m ² .tahun
	La	-191.81	kg N/tahun

Perhitungan DTBP Telaga Cebong berdasarkan PermenLHK Nomor 28 Tahun 2009 tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/atau Waduk pada **Tabel 7** menunjukkan bahwa beban pencemaran aktual telah melampaui daya tampung yang dihitung berdasarkan baku mutu kelas 2. Nilai DTBP negatif menunjukkan bahwa beban pencemaran aktual telah melebihi kapasitas asimilasi Telaga Cebong dalam menerima masukan TN dan TP. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa daya dukung perairan dalam mengakomodasi tambahan beban nutrisi telah terlampaui, sehingga peningkatan masukan pencemar dari DTA berpotensi memperburuk kondisi kualitas air. Temuan ini menunjukkan bahwa Telaga Cebong berada pada kondisi rentan terhadap tekanan ekologis akibat akumulasi nutrisi, terutama dengan karakteristik waktu tinggal air yang relatif panjang (Luna *et al.*, 2023; Paerl *et al.*, 2024). Selain berdampak terhadap kualitas perairan, kondisi tersebut berpotensi mempengaruhi keberlanjutan fungsi pemanfaatan telaga, baik sebagai kawasan wisata maupun sebagai sumber daya lingkungan bagi masyarakat sekitar (Van Wijk *et al.*, 2024).

Jika dibandingkan dengan potensi beban pencemaran pada **Tabel 8**, terdapat potensi beban dari penggunaan lahan sekitar 1.289,83

kg/tahun untuk TN dan 118,20 kg/tahun untuk TP yang masih memungkinkan masuk ke perairan melalui limpasan permukaan (Feng *et al.*, 2019). Selain penggunaan lahan, morfometri juga mempengaruhi proses transport pencemar menuju Telaga Cebong. Penelitian Nurfahmi dan Sudarmadji (2016) menunjukkan bahwa DTA Telaga Cebong didominasi lereng yang relatif curam (55% - 140%), sehingga berpotensi meningkatkan erosi dan mempercepat aliran permukaan yang membawa sedimen serta nutrisi ke badan air. Kondisi tersebut diduga turut mempengaruhi pola sebaran konsentrasi TN dan TP yang diperoleh pada penelitian ini. Pengambilan sampel dilakukan pada musim hujan sehingga pola sebaran konsentrasi merepresentasikan kondisi ketika transport nutrisi dari DTA menuju Telaga Cebong meningkat akibat limpasan permukaan. Oleh karena itu, pola sebaran konsentrasi TN dan TP yang diperoleh dalam penelitian ini merepresentasikan kondisi kualitas air pada musim hujan dan perlu diinterpretasikan sesuai dengan periode pengambilan sampel.

Dibandingkan dengan danau lain di Indonesia, daya tampung Telaga Cebong tergolong rendah karena morfometri yang dangkal dan luas DTA yang kecil. Kondisi ini menunjukkan pentingnya pengelolaan beban pencemar dari DTA melalui pengendalian limbah domestik, penerapan praktik pertanian berkelanjutan, dan pemulihan vegetasi penyangga untuk menjaga keberlanjutan ekosistem Telaga Cebong (Dewi *et al.*, 2016; Merina *et al.*, 2016). Penerapan strategi tersebut perlu disesuaikan dengan kondisi sosial ekonomi masyarakat serta mempertimbangkan produktivitas pertanian, sehingga upaya pengurangan masukan nutrisi dapat dilakukan tanpa mengurangi keberlanjutan mata pencaharian petani. Daya tampung beban pencemar air dapat menjadi dasar dalam pemberian izin lokasi, penentuan dalam pengelolaan air dan sumber air, hingga program kerja pengendalian pencemaran air (Wardhani & Sulistiowati, 2018).

Tabel 8. Perbandingan Daya Tampung TN dan TP

Parameter	Daya Tampung (kg/tahun)	Potensi Beban dari PL (kg/tahun)	Selisih
TN	-191.81	1481.43	1289.63
TP	-4.25	122.45	118.20

Selain hasil yang diperoleh, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini. Pengambilan sampel kualitas air dilakukan menggunakan metode grab sampling dan hanya dilaksanakan satu kali pada periode penelitian, sehingga hasil yang diperoleh merepresentasikan kondisi kualitas air pada saat pengambilan sampel dan belum mampu menggambarkan dinamika kualitas air secara temporal, termasuk variasi yang dipengaruhi oleh perubahan musim maupun kondisi hidrologi. Selain itu, estimasi potensi beban pencemaran dari penggunaan lahan didasarkan pada faktor emisi yang mengacu pada BLK-PSDA (2004), dengan asumsi bahwa nilai tersebut mewakili karakteristik penggunaan lahan di daerah penelitian. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melakukan

pengambilan sampel secara berkala pada musim hujan dan musim kemarau untuk memperoleh gambaran variasi temporal kualitas air serta pengaruh perubahan limpasan dari DTA terhadap masukan nutrient ke Telaga Cebong.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan daya tampung beban pencemaran Telaga Cebong telah melebihi kapasitasnya untuk parameter Total Nitrogen (TN) dan Total Fosfat (TP). Selain itu, dibandingkan dengan baku mutu kelas II berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 untuk danau/waduk seluruh titik pengamatan menunjukkan konsentrasi TN dan TP yang melebihi baku mutu. Nilai tertinggi TN sebesar 14,7 mg/L dan TP sebesar 0,129 mg/L. Sebaran spasial menunjukkan bahwa konsentrasi TN tertinggi terkonsentrasi di wilayah utara pada S5, sedangkan untuk TP pada Utara (S4) dan Timur Laut danau (S1), berdekatan dengan area permukiman dan pertanian intensif, terutama perkebunan kentang. Perhitungan daya tampung beban pencemaran menunjukkan bahwa beban aktual TN dan TP telah melampaui kapasitas telaga dalam menerima tambahan masukan nutrien. Kondisi ini mengindikasikan bahwa Telaga Cebong berpotensi mengalami eutrofikasi sehingga meningkatkan risiko ekologis terhadap ekosistem perairan. Apabila masukan nutrien dari DTA tidak dikendalikan, akan berpotensi menurunkan kualitas air dan mengganggu fungsi ekologis Telaga Cebong. Oleh karena itu, pengelolaan penggunaan pupuk pada lahan pertanian serta pengendalian sumber pencemar dari kawasan permukiman perlu diprioritaskan untuk mengurangi masukan nitrogen dan fosfor ke badan air.

DAFTAR PUSTAKA

Amorim, L. F., Martins, J. R. S., Nogueira, F. F., Silva, F. P., Duarte, B. P. S., & Vinçon-Leite, B. (2021). Hydrodynamic and ecological 3D modeling in tropical lakes. *Discover Applied Sciences*, 3 (444), 1–14.

Auvaria, S. W., & Munfarida, I. (2020). Analisis daya tampung lingkungan (beban pencemaran air) di kawasan Porong Kabupaten Sidoarjo ex Penambangan Lapindo. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 17(2), 104–112.

Crowson, M., Pettorelli, N., Isaac, N. J. B., Norris, K., & Wade, A. J. (2024). Quantifying the relative importance of agricultural land use as a predictor of catchment nitrogen and phosphorus concentrations. *Science of the Total Environment*, 954, 176589. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176589>

Dewi, S. N., Joko, T., & Dewanti, N. A. Y. (2016). Analisis risiko kesehatan lingkungan pencemaran nitrat (NO3) pada air sumur gali di kawasan pertanian

Desa Tumpukan Kecamatan Karangdowo Kabupaten Klaten. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(5), 204–212. <https://doi.org/10.14710/jkm.v4i5.14511>

Feng, Y., Bao, Q., Xiao, X., & Lin, M. (2019). Geo-accumulation vector model for evaluating the heavy metal pollution in the sediments of Western Dongting Lake. *Journal of Hydrology*, 573, 40–48.

Fiatnasari, F., Windani, I., & Hasanah, U. (2019). Efisiensi Penggunaan Faktorproduksi Usahatani Kentang (*Solanum tuberosum* L) di Desa Surengede Kecamatan Kejajar Kabupaten Wonosobo. *Surya Agritama: Jurnal Ilmu Pertanian dan Peternakan*, 8(1), 81–94.

Lakhdari, A. S., & Bouselsal, B. (2024). Investigation of the quality of the groundwater and the nitrate pollution hazards to human health in the desert region of Algeria. *Ecological Questions*, 35(4), 1–32. <https://doi.org/10.12775/EQ.2024.053>

Hindriani, H. (2013). Pengendalian pencemaran Sungai Ciujung berdasarkan analisis daya tampung beban pencemaran, Tesis Magister, Institut Pertanian Bogor.

Integrated Citarum Water Resources Management Investment Project (ICWRMIP). (2015). Technical report.

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2009). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 tentang Pedoman Teknis Inventarisasi Beban Pencemaran Air di Wilayah Sungai.

Kurniawan, B., Hendratmo, A., Safrudin, Fitry, W., Juniarta, J., Wahyudiyanto, & Krismawan, A. (2017). Buku Kajian Daya Tampung dan Alokasi Beban Pencemaran Sungai Citarum. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Liu, A., Wang, B., & Zhang, C. (2021). Impact of total nitrogen and phosphorus on eutrophication in lake ecosystems. *Journal of Freshwater Ecology*, 36(4), 567–580.

Luna, Martin J., Pietro Masino, Edoardo Bertone, and Rodney A. Stewart. (2023). Science of the Total Environment Towards Nutrient Neutrality: A Review of Agricultural Runoff Mitigation Strategies and the Development of a Decision-Making Framework. *Science of the Total Environment*, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162408>.

Machbub, B. (2010). Model perhitungan daya tampung beban pencemaran air danau dan waduk. *Jurnal Sumber Daya Air*, 6(2), 103–204.

Mananpiring, A. E. (2009). Studi Kandungan Nitrat (NO-3) Pada Sumber Air Minum Masyarakat Kelurahan Rurukan Kecamatan Tomohon Timur Kota Tomohon. *Karya Ilmiah*. Universitas Sam Ratulangi.

Merina G., Zakaria IJ., dan Chairul. (2016). Produktivitas Primer Fitoplankton dan Analisis Fisika Kimia di Perairan Laut Pesisir Barat Sumatera Barat. *Jurnal Metamorfosa* 3(2), 112–119. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2016.v03.i02.p08>

Nurfahmi, P., & Sudarmadji, S. (2016). Studi Karakteristik Sedimen Dasar dan Tanah Pertanian di Daerah Tangkapan Air Telaga Cebong Kecamatan Kejajar Kabupaten Wonosobo. *Jurnal Bumi Indonesia*, 5(4), 228802.

Paerl, H. W., Chaffin, J. D., Cheshire, J. H., Plaas, H. E., Barnard, M. A., Goerlitz, L. B., Braddy, J. S., Sabo, A., Nelson, L. M., & Yue, L. (2024). Dual phosphorus and nitrogen nutrient reduction will be more effective than a phosphorus-only reduction in mitigating diatom and cyanobacterial blooms in Lake Erie, USA–Canada. *Limnology and*

- Fadlillah, L. N., Erliyani, E., Dewi, H. N., Wardoyo, T. P. B., dan Ibrahim, A. R. L. (2026). Analisis Beban Pencemaran Total Nitrat dan Total Fosfat pada Telaga Cebong, Wonosobo. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 24(3), 631-639, doi:10.14710/jil.24.3.631-639
- Oceanography*, 69(12), 2913-2928.
<https://doi.org/10.1002/lno.12719>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Lampiran VI Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021: Baku Mutu Air.
- Reta, G., Dong, X., Zhonghua Li, *et al.* (2018). Environmental impact of phosphate mining and beneficiation: review. *International Journal of Hydrology*, 2(4), 424-431.
<https://doi.org/10.15406/ijh.2018.02.00106>
- Santosa, E. (2007). Mikroba pelarut fosfat. *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Bogor.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1990). *Monitoring lake and reservoir restoration: Technical supplement to the lake and reservoir restoration guidance manual* (EPA 440/4-90-007). U.S. Environmental Protection Agency.
- Van Wijk, D., Janse, J. H., Wang, M., Kroeze, C., Mooij, W. M., & Janssen, A. B. G. (2024). How nutrient retention and TN:TP ratios depend on ecosystem state in thousands of Chinese lakes. *Science of the Total Environment*, 918, 170690.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170690>
- Wang, X., Jiang, Q., Zhao, Z. Comparison of spatiotemporal burial and contamination of heavy metals in core sediments of two plateau lakes with contrasting environments: implication for anthropogenic-driven processes. *Environ Monit Assess*, 195 (1178), 1-26.
- Wardhani, E., & Sulistiowati, L. A. (2018). Kajian Daya Tampung Sungai Citarik Provinsi Jawa Barat. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 2(2), 147-155.
- Ye, H., Yang, H., Han, N., Huang, T., Li, G., Yuan, X. & Wang, H. (2019). Risk Assessment Based on Nitrogen and Phosphorus Forms in Watershed Sediments: A Case Study of the Upper Reaches of the Minjiang Watershed. *Sustainability*. 11 (5565), 1-21.