

# Literatur Review Pemodelan Kualitas Air Sungai Menggunakan Software WASP

**NAUFAL ARIQ<sup>1</sup>, KANCITRA PHARMAWATI<sup>1</sup>, DIANA RAHAYUNING WULAN<sup>2</sup>**

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Institut Teknologi Nasional

2. Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Badan Riset dan  
Inovasi Nasional (BRIN)

Email: nariq89@gmail.com

## ABSTRAK

Kualitas air sungai sering terganggu akibat berbagai faktor, seperti pencemaran yang disebabkan oleh limbah dari kegiatan domestik, industri, pertanian, dan aktivitas lainnya. Salah satu upaya untuk mengendalikan pencemaran kualitas air adalah dengan melakukan pemodelan kualitas air. Model kualitas air digunakan untuk menganalisis kondisi perairan, memprediksi dampak pencemaran, serta merancang strategi pengelolaan yang efektif. Artikel ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang penerapan model *Water Quality Analysis Simulation Program* (WASP). Metode yang digunakan adalah analisis deskriptif berdasarkan literatur review mengenai pemodelan kualitas air sungai, sehingga diperoleh perbandingan hasil pemodelan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model WASP berhasil dalam memprediksi kualitas air, menghitung beban pencemar, serta upaya pengendalian dan pengelolaan kualitas air.

**Kata kunci:** Kualitas air, pemodelan, Sungai, WASP

## 1. PENDAHULUAN

Kualitas air sungai merupakan faktor penting terhadap kehidupan makhluk hidup khususnya kesehatan manusia. Kualitas air sungai seringkali terganggu akibat berbagai faktor, seperti pencemaran yang disebabkan oleh limbah domestik, industri, pertanian, serta aktivitas lainnya (Napitupulu dkk., 2025). Salah satu upaya mengendalikan zat yang masuk ke dalam sungai diperlukan software pemodelan kualitas air yang dapat melihat persebaran zat tersebut di dalam sungai sehingga dapat dilihat sumber penyebab tingginya konsentrasi zat pencemar (Amalia dan Juwana, 2024). *Water Quality Analysis Simulation Program* (WASP) adalah salah satu model yang dikembangkan oleh *Environmental Protection Agency* (EPA) yang difokuskan pada simulasi kualitas air di berbagai perairan seperti sungai, danau, estuari, dan laut. Program ini memiliki kemampuan yang kuat dalam memodelkan transportasi dan distribusi polutan serta parameter kualitas air (Syahidah, 2023). Model WASP dapat mensimulasikan berbagai parameter kualitas air, seperti oksigen terlarut, bahan organik, nutrisi, serta zat pencemar beracun. WASP menggunakan persamaan kekekalan massa dan momentum untuk menentukan karakteristik hidrolis sungai (misalnya kedalaman, kecepatan, lebar puncak, dan laju aliran) (Sitorus dkk., 2023). Artikel ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai penerapan penggunaan model WASP tersebut berdasarkan literatur review terhadap studi ilmiah sebelumnya.

## 2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam artikel ini yaitu pendekatan literatur review dari berbagai sumber ilmiah yang membahas penerapan *Water Quality Analysis Simulation Program* (WASP) dalam pemodelan kualitas air. Literatur review merupakan suatu kajian ilmiah yang berfokus pada satu topik tertentu. Melakukan literatur review sama artinya dengan melakukan kegiatan pengumpulan data/informasi, melakukan evaluasi data, teori, informasi atau hasil penelitian, serta menganalisa hasil publikasi seperti buku, artikel penelitian atau yang lain (Cahyono dkk., 2019). Hasil pemodelan kualitas air menggunakan model WASP disajikan berdasarkan perbedaan polutan yang disimulasikan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Model Kualitas Air

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi penting bagi kehidupan, terutama manusia. Kualitas air merupakan indikator kualitas yang diperlukan untuk penggunaan sumber air tertentu. Kualitas air meliputi parameter dan karakteristik fisik, kimia, dan biologis yang menggambarkan kondisi air, seperti suhu, pH, oksigen terlarut, keberadaan zat pencemar, dan organisme hidup. Pengelolaan kualitas air bertujuan untuk menjaga kualitas air dalam kondisi ilmiah dengan memastikan tujuan dan target tercapai (Sitorus dkk., 2023).

Model kualitas air merupakan alat penting yang mensimulasikan nasib polutan dalam air dan menilai bahaya yang terkait. Model kualitas air dapat digunakan untuk menganalisis fenomena yang ada, memprediksi dan menghitung dampak perubahan lingkungan perairan, menentukan batas emisi atau beban pencemaran, mengetahui lokasi sumber pencemaran dan penyebab penurunan kualitas air pada suatu bagian sungai tertentu dan memilih pendekatan optimal untuk pembangunan berkelanjutan (Sitorus dkk., 2023). Model kualitas air dapat menggambarkan proses kualitas air utama dan umumnya membutuhkan input hidrologi dan konstituen (aliran atau volume air dan beban polutan) (Negoro, 2023).

### 3.2 *Water Quality Analysis Simulation Program* (WASP)

WASP merupakan model dinamis untuk menganalisis berbagai masalah kualitas air pada beragam badan air seperti pada kolam, sungai, danau, waduk, muara, dan perairan pesisir berdasarkan pada prinsip utama konservasi massa (Hindriani, 2019). WASP berguna untuk memodelkan kualitas air sungai. Pemodelan WASP dapat melakukan simulasi kualitas air sungai dalam bentuk 1, 2 dan 3 dimensi. Selain itu, pemodelan ini juga mampu mensimulasikan atau memprediksi perubahan kualitas sungai terhadap jarak dan waktu secara bersamaan. Pemodelan semacam ini dapat membantu dalam mengetahui daya tampung beban pencemaran sungai secara berkala (Novita dkk., 2023). Simulasi seperti ini dapat dimanfaatkan untuk mengetahui daya tampung beban pencemaran suatu sungai dengan kriteria mutu air yang telah ditetapkan (Sitorus dkk., 2023). Persamaan yang digunakan dalam model WASP adalah sebagai berikut (Wool dkk., 2020):

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{\partial U_x C}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( E_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial U_y C}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left( E_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) - \frac{\partial U_z C}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left( E_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + S + SB + SK$$

Keterangan :

- C = Konsentrasi parameter pencemar (mg/L)
- t = Waktu (hari)
- $U_x, U_y, U_z$  = Kecepatan adveksi longitudinal, lateral, dan vertikal (m/hari)
- $E_x, E_y, E_z$  = Kecepatan adveksi longitudinal, lateral, dan vertikal (m/hari)
- S = laju beban yang menyebar ( $\text{gr/m}^3\text{-hari}$ )
- SB = laju batas pembebanan (termasuk hulu, hilir, dan atmosfer) ( $\text{gr/m}^3\text{-hari}$ )
- SK = laju transformasi kinetik total ( $\text{gr/m}^3\text{-hari}$ )

Terdapat beberapa parameter polutan yang dapat disimulasikan seperti *solute chemical, nanochemical, mercury, solids, DOC, bacteria, tracer, salinity, dan temperature* (Wool dkk., 2020). Simulasi model pada *software* WASP perlu diketahui terlebih dahulu untuk dapat menghasilkan *output* model eksisting kualitas air sungai yang tepat. Tahapan pemodelan kualitas air menggunakan model WASP meliputi segmentasi ruas perairan, pengolahan data, input data, kalibrasi model, dan pengembangan simulasi. Parameter yang dimasukkan ke dalam model adalah data hidrolika segmen, beban pencemaran (*load*), debit sungai (*flows*), dan konsentrasi parameter kualitas air di hulu dan hilir segmen (*boundaries*) (Purnaini dkk., 2019). Berikut merupakan inputan untuk menjalankan WASP meliputi (Wool dkk., 2020):

- Model identification and system bypass options*
- Exchange coefficients*
- Segment volumes*
- Flow*
- Boundary conditions*
- Forcing functions*
- Parameters*
- Constants*
- Miscellaneous time functions*
- Initial conditions for each system in the model.*

### 3.3 Hasil Pemodelan WASP

Model WASP telah banyak digunakan dalam menganalisa dan memprediksi kualitas air sungai. Berikut penelitian terdahulu mengenai pemodelan WASP yang disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1 Rangkuman Hasil Pemodelan WASP**

No	Judul Penelitian	Tujuan	Hasil	Sumber
1.	Pendekatan Model WASP ( <i>Water Quality Analysis Simulation Program</i> ) pada Pencemaran Logam Berat Cd di Sungai Kapuas Kecil	Mensimulasikan sebaran Cd pada Sungai Kapuas Kecil dan menghitung Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) serta Alokasi Beban Pencemar (ABP)	Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada debit minimum saat surut, konsentrasi Cd di segmen 3-5 meningkat signifikan, mencapai kondisi terburuk 0,08 mg/L. Saat pasang, konsentrasi Cd masih belum memenuhi baku mutu kelas 2 (PP 22/2021). Berdasarkan simulasi reduksi beban pencemar (25%, 50%, 75%, 90%), DTBP Sungai Kapuas Kecil ditentukan berdasarkan beban	(Nengsih dkk., 2023)

No	Judul Penelitian	Tujuan	Hasil	Sumber
			pencemaran yang diperbolehkan. Untuk menjaga kualitas air, diperlukan penurunan beban hingga 90% (1,44 kg/hari) pada kondisi surut dan debit minimum	
2.	Pemodelan Sebaran BOD Di Sungai Kapuas Kecil Bagian Hilir Menggunakan WASP	Memprediksi perubahan kualitas air akibat buangan yang masuk dari berbagai sumber pencemar terhadap konsentrasi BOD di Sungai Kapuas kecil menggunakan model WASP sebagai upaya pemantauan terhadap kualitas air dan pengendalian pencemaran air	Simulasi distribusi spasial pada berbagai skenario menunjukkan bahwa akumulasi beban pencemaran BOD mulai terjadi setelah 5 km dari batas hulu. Lonjakan konsentrasi yang signifikan terjadi di segmen 27 akibat beban pencemar dari Sungai Landak dan Parit Pekong. Selanjutnya, konsentrasi BOD berfluktuasi dan kembali meningkat hingga 5 km sebelum hilir, lalu terus menurun hingga mencapai hilir.	(Purnaini dkk., 2019)
3.	Pendekatan Model WASP Pada Pengendalian Pencemaran Sungai Dengan Parameter Uji COD	Menganalisa reduksi beban cemar parameter COD pada debit andalan maksimum dan debit andalan minimum agar daya tampung beban pencemaran sungai Siak memenuhi klasifikasi baku mutu kelas II.	Secara keseluruhan, Sungai Siak berada dalam kondisi tercemar. Kelebihan rata-rata daya tampung beban pencemaran COD mencapai -454.516 kg/hari saat debit maksimum dan -181.087 kg/hari saat debit minimum. Untuk memenuhi baku mutu kelas II, diperlukan pengurangan beban pencemar COD sebesar 50% pada kedua kondisi debit tersebut.	(Saily dkk., 2019)
4.	Analisis Model Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Buntung Sidoarjo Dengan Water Quality Analysis Simulation Program	Mengetahui kualitas air DAS Buntung, menghitung beban pencemar DAS Buntung, serta menganalisis model kualitas air	Hasil penelitian menunjukkan bahwa BOD dan Total Coliform telah melebihi batas beban pencemar yang diizinkan, dengan rata-rata BOD sebesar 79,99 kg/hari dan Total Coliform mencapai 3.735.823.680 MPN/hari. Model kualitas air menggunakan WASP disimulasikan untuk parameter Temperatur, TSS, BOD, Nitrat, dan Total Coliform dengan debit aktual, kemudian divalidasi menggunakan metode MAPE. Hasil analisis daya tampung beban pencemaran menunjukkan bahwa BOD mencapai -236,06 kg/hari dan Total Coliform sebesar 12.642.920.640 MPN/hari, melebihi batas maksimum	(Negoro, 2023)

No	Judul Penelitian	Tujuan	Hasil	Sumber
			yang ditetapkan, yaitu 149,34 kg/hari untuk BOD dan 21.504.960 MPN/hari untuk Total Coliform.	
5.	Kajian Daya Tampung Beban Pencemaran Senyawa Aox Di Sungai Ciujung Dengan Model WASP ( <i>Water Quality Analysis Simulation Program</i> )	Menetapkan daya tampung beban pencemaran Senyawa AOX dengan pemodelan WASP	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Ciujung untuk kelas II meningkat sebesar 81,82%, dari 13,75 km menjadi 25 km. Selain itu, daya tampung beban pencemaran rata-rata meningkat menjadi 57,42 kg/hari setelah debit dinaikkan dari 1,9 m <sup>3</sup> /detik menjadi 29,9 m <sup>3</sup> /detik, dan beban pencemaran dari sumber titik dikurangi sebesar 90%.	(Hindriani, 2019)

Berdasarkan penelitian terdahulu, pemodelan menggunakan *software* WASP digunakan untuk memprediksi konsentrasi pencemar di badan air serta menghitung daya tampung beban pencemar. Jenis parameter pencemar tidak terbatas pada parameter fisik seperti temperatur dan total padatan, namun juga dapat diaplikasikan pada parameter biologi seperti coliform dan parameter kimia organik maupun logam berat. Hasil pemodelan tersebut menunjukkan hasil konsentrasi polutan untuk setiap parameter yang dimodelkan, sehingga dapat digunakan dalam pengelolaan kualitas air.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari artikel ini dapat memberikan gambaran mengenai hasil pemodelan kualitas air menggunakan model WASP yang dapat digunakan untuk simulasi polutan organik maupun polutan logam. Model WASP dapat memprediksi konsentrasi kualitas air, menghitung beban pencemar dan upaya strategi pengendalian kualitas air. Perbedaan hasil simulasi model kualitas air WASP dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk parameter input, skenario model, kondisi geometri sungai serta kondisi lingkungan sumber pencemar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, R., Dan Juwana, I. J. P. F. S. (2024). Kajian Literatur: Pemodelan Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Menggunakan Qual2kw Dan Wasp. 971-976.
- Cahyono, E. A., Sutomo, N., Dan Hartono, A. J. J. K. (2019). Literatur Review; Panduan Penulisan Dan Penyusunan. 12(2), 12-12.
- Hindriani, H. (2019). Kajian Daya Tampung Beban Pencemaran Senyawa Aox Di Sungai Ciujung Dengan Model Wasp (*Water Quality Analysis Simulation Program*). 1(1), 57-70.
- Napitupulu, L. H., Simanjuntak, J. M., Chaniago, A. D., Dan Mariati, E. J. T. J. I. I. K. D. K. (2025). Hubungan Kualitas Air Sungai Dengan Keluhan Kesehatan Di Desa Sitio-Tio Kota Pematang Siantar. 3(1), 202-210.
- Negoro, Y. T. (2023). Analisis Model Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Buntung Sidoarjo Dengan *Water Quality Analysis Simulation Program*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

- Nengsih, K. G., Purnaini, R., Dan Saziati, O. J. J. T. L. L. B. (2023). Pendekatan Model Wasp (Water Quality Analysis Simulation Program) Pada Pencemaran Logam Berat Cd Di Sungai Kapuas Kecil. 11(1), 084-093.
- Novita, E., Bisri, M., Mustofa, I., Dan Pradana, H. A. J. J. T. (2023). Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Bedadung Jember Menggunakan Software Wasp. 13(1).
- Purnaini, R., Sudarmadji, S., Dan Purwono, S. J. J. T. S. (2019). Pemodelan Sebaran Bod Di Sungai Kapuas Kecil Bagian Hilir Menggunakan Wasp. 8(2), 148-157.
- Saily, R., Fauzi, M., Suprayogi, I. J. I. J. O. C. E., Dan Development, S. (2019). Pendekatan Model Wasp Pada Pengendalian Pencemaran Sungai Dengan Parameter Uji Cod. 2(1), 13-21.
- Sitorus, E., Armus, R., Rosyidah, M., Destiarti, L., Rachim, F., Erdawaty, E., Rahmawati, R., Mahyuddin, M., Purba, J. S., Dan Murtini, S. (2023). Pemodelan Kualitas Air: Yayasan Kita Menulis.
- Syahidah, A. I. (2023). Studi Pemodelan Kualitas Air Sungai Code Untuk Parameter Bod Dan Do Menggunakan Hecras 4.1. 0. Universitas Islam Indonesia.
- Wool, T., Ambrose Jr, R. B., Martin, J. L., Dan Comer, A. J. W. (2020). Wasp 8: The Next Generation In The 50-Year Evolution Of Usepa's Water Quality Model. 12(5), 1398.