

**DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN KALI ANGKE SEGMENT KOTA DEPOK
DENGAN METODE SPASIAL DAN NUMERIK****Endah Sulistiyowati^{1*}, Yudi Setiawan^{2,3}, Budi Kurniawan⁴**¹ Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (PS-PSL), IPB University
Kampus IPB Baranangsiang, RT.02/RW.05, Tegallaga, Bogor Tengah, Kota Bogor 16144.² Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan,
IPB University³ Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, IPB University

Jl. Raya Darmaga, Gedung Sekolah Pascasarjana IPB, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680.

⁴ Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Kawasan Sains Teknologi Dr. (H.C) Ir. H. Soekarno, Jl. Raya Bogor KM. 46, Cibinong 16911.

*Email: endahthesis@gmail.com

Abstrak

Kali Angke adalah salah satu sungai di Kota Depok yang menjadi batas geografis di sisi barat berbatasan dengan wilayah Kabupaten Bogor yang telah menerima aliran air limbah dari kegiatan di sekitarnya. Hal ini dapat menyebabkan berkurangnya daya dukung dan daya tampung sungai terhadap ekosistem di sekitarnya. Selain berfungsi sebagai badan air permukaan, Kali Angke juga merupakan sumber air baku pengolahan air minum PDAM. Hasil pemantauan kualitas air Kali Angke oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Depok pada tahun 2020 dan 2021 diperoleh data status mutu air dari hulu ke hilir dari cemar sedang ke cemar ringan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya tampung beban pencemar (DTBP) Kali Angke segmen Kota Depok, apakah masih dapat menerima buangan air limbah, atau justru pada kondisi eksisting telah terlampaui daya tampungnya. Penelitian dilakukan di sepanjang ruas Kali Angke segmen Kota Depok pada tahun 2023 dengan metode spasial perangkat lunak ArcGIS dan metode numerik menggunakan QUAL2Kw. Hasil yang didapatkan, Kali Angke segmen Kota Depok memiliki nilai daya tampung beban pencemaran maksimum pada parameter Biochemical Oxygen Demand (BOD) sebesar 46,36 kg/ hari sedangkan kondisi eksisting saat ini menampung sebesar 261,99 kg/hari. Hal ini menunjukkan bahwa DTBP Kali Angke segmen Kota Depok telah melebihi kapasitasnya.

Kata kunci: BOD, kualitas air, pencemar, qual2kw, spasial**1. PENDAHULUAN**

Pertumbuhan penduduk di kota metropolitan yang dihuni oleh jumlah penduduk di atas 1 juta jiwa seperti Kota Depok, menyebabkan peningkatan kebutuhan akan hunian dan fasilitas pendukungnya. Hal ini juga menyebabkan peningkatan limbah yang dihasilkan dari sumber antropogenik, baik limbah padat maupun cair. Produksi limbah padat dan cair yang dibuang ke media lingkungan seperti sungai dapat meningkat secara bertahap karena populasi yang terus meningkat, yang pada gilirannya menyebabkan penurunan kualitas air sungai (Komarudin et al., 2015). Air limbah yang dibuang ke sungai tanpa adanya pengolahan untuk menurunkan kadar pencemar, dari waktu ke waktu dapat menurunkan kualitas air di sungai tersebut. Kondisi ini apabila dibiarkan tanpa pengendalian akan mengakibatkan peningkatan biaya pemulihan lingkungan (Kurniawan et al., 2023). Dengan memahami hubungan antara penggunaan lahan dan kualitas air permukaan

dapat diketahui kebijakan yang diperlukan untuk pengelolaan air yang lebih efektif guna menjaga kelestarian daya dukung dan daya tampung air bagi kehidupan makhluk hidup di sekitarnya. Ada hubungan yang erat antara jenis penggunaan lahan dengan kualitas air dan pendapat tersebut telah diterima secara luas (Permatasari et al., 2017).

Kali Angke atau Sungai Angke merupakan salah satu sungai yang melintasi Provinsi Jawa Barat, Banten dan DKI Jakarta. Hulu Kali Angke berada di wilayah Kota Bogor, melintasi wilayah administrasi Kabupaten Bogor, Kota Depok di Provinsi Jawa Barat, Kota Tangerang Selatan dan Kota Tangerang di Provinsi Banten, Kota Administrasi Jakarta Selatan, Jakarta Barat dan Jakarta Utara dan bermuara di Teluk Jakarta di Provinsi DKI Jakarta.

Penelitian terkait Kali Angke telah dilakukan oleh (Tjampakasari & Wahid, 2008), (Oktavia et al., 2018), serta (Cordova & Riani, 2011) namun penelitian tersebut hanya membahas tentang kualitas air Kali Angke

ditinjau dari parameter mikrobiologi, parameter logam berat (Hg, Cd, Pb) serta penentuan status mutu air Kali Angke. Penelitian yang bertujuan untuk menghitung daya tampung beban pencemaran Kali Angke dari hulu hingga hilir hanya segmen Kota Depok belum pernah dilakukan.

Pengelolaan Kali Angke tidak dapat terlepas dari pengelolaan DAS-nya karena salah satu pengaruh baik buruk kualitas airnya adalah penggunaan lahan di wilayah DAS-nya. Untuk itu diperlukan penentuan batas wilayah DAS agar diketahui strategi pengelolaannya. “Pengelolaan Cekungan Terpadu” atau DAS, merupakan hal penting di seluruh dunia agar pemanfaatan sumber daya air yang ada dapat dilakukan secara lebih tepat dan mengurangi masalah lingkungan (Ozulu, 2018).

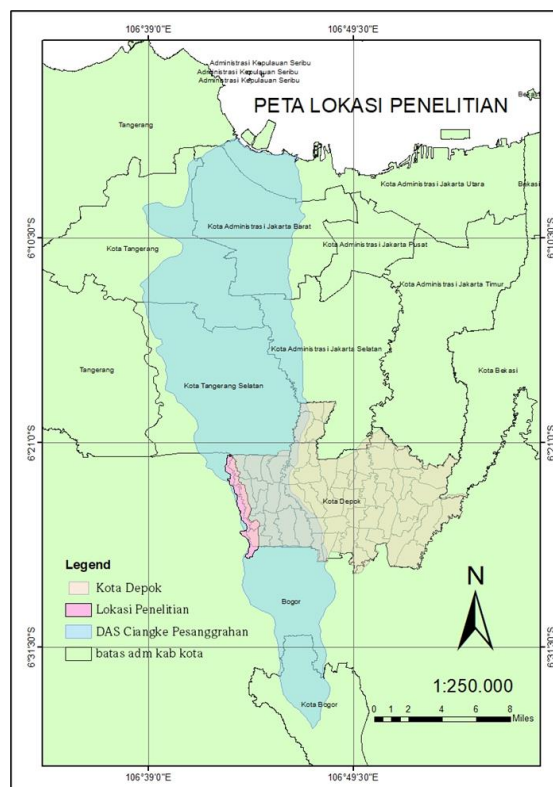
Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air menjelaskan bahwa DTBP merupakan kemampuan sumber air untuk menerima masukan zat-zat atau bahan - bahan pencemar tanpa mengakibatkan kondisi sumber air menjadi cemar (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2010). Perhitungan DTBP diperlukan agar diketahui apakah badan air masih dapat menampung penambahan beban pencemarannya atau sudah melebihi. Setelah DTBP diketahui, langkah selanjutnya menghitung dan menetapkan alokasi beban pencemar air. Dijelaskan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, bahwa penetapan alokasi beban pencemar digunakan sebagai dasar pemangku kepentingan dalam pemberian Persetujuan Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah, yang merupakan salah satu bagian dari Persetujuan Teknis yang dipersyaratkan untuk penerbitan Persetujuan Lingkungan (PP, 2021).

2. METODE PENELITIAN

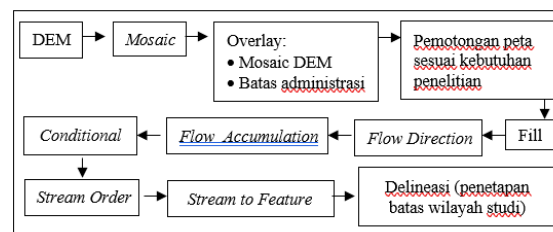
2.1 Penentuan batas wilayah studi

Penelitian dilaksanakan di wilayah daerah aliran sungai (DAS) Angke segmen Kota Depok. DAS adalah daerah yang mengalirkan air permukaan ke saluran keluar bersama. Penentuan DAS dilakukan menggunakan analisis Hidrologi dalam perangkat lunak ArcGIS untuk mengetahui anak-anak sungai yang mengalir menuju ke sungai utama kemudian dilakukan delineasi.

Berikut ini langkah langkah analisis Hidrologi dalam perangkat lunak ArcGIS.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian



Gambar 2. Alur kerja penetapan DAS

2.2 Analisis tutupan lahan dan segmentasi

Setelah diketahui batas wilayah DAS, selanjutnya dilakukan analisis tutupan lahan secara manual menggunakan bantuan *basemap* dengan klasifikasi 6 (enam) jenis tutupan lahan adalah sebagai berikut: (1) sawah, (2) badan air, (3) permukiman, (4) pertanian lahan kering, (5) lahan terbuka, dan (6) industri. Penentuan klasifikasi ini berdasarkan kemiripan fungsi penggunaan lahan, sehingga menghasilkan jenis parameter pencemar yang sama.

Setelah dilakukan klasifikasi tutupan lahan, selanjutnya dilakukan pembagian sungai utama dan lokasi pengambilan sampel air sungai. Penetapan titik tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan homogenitas sumber pencemar titik maupun nirtitik, lokasi titik

pemantauan kualitas air, dan batas administrasi (Kurniawan et al., 2023). Ruas Kali Angke utama segmen Kota Depok dibagi menjadi 2 subsegmen yaitu subsegmen hulu dan subsegmen hilir, sedangkan wilayah DAS dibagi menjadi 4 subsegmen.

2.3 Pelaksanaan sampling air sungai

Teknik sampling dilaksanakan secara grab mengacu pada SNI 6989.57:2008. Data yang diambil antara lain tanggal, waktu, titik koordinat sampling, elevasi, kecepatan aliran, material dasar sungai, kondisi air, kondisi cuaca, tutupan awan, kelembaban udara, suhu udara, suhu air, dan pH. Parameter laboratorium seperti DO, BOD, COD dan TSS diukur di laboratorium dengan dilakukan pengawetan di lapangan. Jarak titik sampling dari hilir dianalisis menggunakan analisis spasial.

Tabel 1. Metode pengujian lapangan dan laboratorium

Parameter	Satuan	Metode Analisis
Suhu	°C	SNI 06-6989.23-2005
TSS	mg/liter	SNI 6989.3-2019
pH	-	SNI 6989.11-2019
DO	mg/liter	SNI 06-6989.14-2004
COD	mg/liter	SNI 6989.2-2019
BOD	mg/liter	SNI 6989.72-2009

Tabel 2. Lokasi titik sampling

Nama	Titik Koordinat	Alamat	Sub-segmen
Titik 1	106° 43' 59,52" 6° 26' 53,89"	Jl. Arco Raya (Jembatan Angke), Kalisuren	Hulu
Titik 2	106° 43' 58,93" 6° 25' 35,30"	Jl. Sawangan Elok (Jembatan Angke), Duren Seribu	Hulu
Titik 3	106° 44' 10,76" 6° 25' 28,72"	Perumahan Sawangan Elok, Duren Seribu	Hulu
Titik 4	106° 43' 33,96" 6° 23' 16,08"	Bendungan Mas Yon, Curug	Hilir
Titik 5	106° 43' 8,04" 6° 21' 36,36"	Jl. Wijaya Kusuma, Pamulang (Jembatan Swadaya), Bakti Jaya	Hilir

2.4 Perhitungan potensi beban pencemar

Tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan informasi jenis kegiatan apa saja yang berpotensi mencemari Kali Angke

sehingga dapat dihitung debit dan konsentrasi beban pencemar per parameter. Klasifikasi jenis kegiatan berdasarkan sumbernya dibagi menjadi kelompok sumber pencemar domestik dan non-domestik.

Tabel 3. Klasifikasi sumber pencemar air

No	Karakteristik Limbah	Sumber Titik (Point Source)	Sumber Nirtitik (Diffuse Source)
1.	Limbah domestik	Aliran limbah kota melalui sistem saluran dan sistem pembuangan limbah domestik yang terintegrasi	Aliran limbah daerah permukiman tanpa aliran/ pengolahan terpadu
2.	Limbah Non Domestik	Aliran limbah industri, pertambangan	Limbah yang dihasilkan oleh pertanian, peternakan, dan kegiatan usaha kecil - menengah

Dalam perhitungan DTBP parameter kunci yang diinput adalah Dissolved Oxygen (DO) atau Oksigen Terlarut, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD) dan Padatan Tersuspensi Total (TSS) (Pusat Litbang Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2006). Berdasarkan hasil pemantauan kualitas air hampir di seluruh Indonesia dalam rangka penelitian dan pengembangan yang dilakukan oleh Pusat Litbang Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, pada umumnya meliputi parameter - parameter sebagai berikut:

Parameter yang dikaji dalam penelitian ini adalah BOD karena parameter tersebut dianggap sebagai 'polutan payung' karena kemampuannya untuk menggantikan banyak parameter kualitas air yang berbeda (Kurniawan et al., 2023). BOD terdapat pada air limbah yang dihasilkan dari seluruh jenis kegiatan yang diinventarisasi di DAS Angke segmen Kota Depok ini.

Perhitungan potensi beban pencemar dibagi menjadi 2 :

1. Perhitungan Potensi Beban Pencemar Sumber Titik

Perhitungan yang digunakan menghitung beban pencemar sumber titik adalah sebagai berikut :

$$PBPi = ((Q_i \times C_i)) / \beta \quad (1)$$

Keterangan : PBPi = Potensi beban pencemar air (kg/hari); Q_i = Debit air limbah (m^3 /hari); C_i = Konsentrasi zat pencemar (mg/l); β = Konversi satuan dari mg menjadi kg atau liter ke m^3 (1.000).

2. Perhitungan Potensi Beban Pencemar Sumber Nirtitik

Beban pencemar yang tidak diketahui debit dan konsentrasinya, termasuk di dalamnya limbah yang belum tertangani dan kegiatan yang berpotensi mencemari sungai namun tidak diketahui di mana outletnya dapat dihitung dengan pendekatan faktor emisi.

2.5 Simulasi model QUAL2Kw

Pembuangan air limbah yang berisi zat organik dan nutrisi yang dapat terdegradasi telah mengakibatkan penurunan konsentrasi DO di sepanjang alirannya (Kannel et al., 2007). QUAL2Kw diimplementasikan dalam Microsoft Excel menggunakan program Visual Basic for Applications (VBA). Excel digunakan oleh pengguna untuk input, menjalankan model, dan melihat output. Integrasi numerik selama model dijalankan dilakukan oleh program Fortran 95 yang telah dikompilasi dan dijalankan oleh program Excel VBA (Pelletier et al., 2006). QUAL2Kw mensimulasikan pengangkutan dan kondisi polutan konvensional. Kerangka kerja ini merepresentasikan sungai sebagai saluran satu dimensi dengan aliran yang tidak seragam dan stabil, serta mensimulasikan dampak beban polutan sumber titik dan nirtitik (Pelletier et al., 2006). Model QUAL2Kw dikalibrasi dan dikonfirmasi menggunakan data pada tahun 2023.

Data yang diinput dalam model terdiri dari data segmentasi sungai dari analisis hidrologi sekarang-kurangnya harus mencakup peta geografis DAS yang bersangkutan yang meliputi panjang, kedalaman, lebar, dan topografi sekitar DAS; data hidrolik badan air (kedalaman, lebar); kondisi iklim (suhu, kecepatan angin, tingkat curah hujan); pemanfaatan air saat ini dan masa mendatang (rencana) meliputi beban sumber pencemar titik dan nirtitik; serta kualitas air dan laju aliran (Kurniawan et al., 2023).

Selanjutnya dilakukan kalibrasi dan validasi model. Nilai variabel disesuaikan untuk kalibrasi agar hasil pemodelan sesuai dengan data lapangan atau eksperimen. Analisis sensitivitas digunakan untuk kalibrasi model agar hasilnya paling mirip dengan data lapangan. Selama validasi, sebuah set data lapangan berbeda dibandingkan dengan set data lapangan yang digunakan pada tahap kalibrasi. Ini memungkinkan untuk menguji apakah parameter yang digunakan pada tahap ini sesuai untuk diterapkan pada set data lapangan lain, sehingga siap untuk mensimulasikan skenario, yang biasanya meramalkan apa yang akan terjadi di masa depan. Validasi dilakukan dengan menggunakan uji Root Mean Square Error (RMSE).

$$RMSE = \sqrt{\left[\frac{\sum_{t=1}^n (St - At)^2}{n} \right]} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan: RMSE : Root Mean Square Error; St : Nilai simulasi pada waktu t; At : Nilai aktual pada waktu t; n : Jumlah Pengamatan (t = 1, 2, . . . , n) (Elida Novita et al., 2022).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Wilayah administrasi

Dari hasil analisis spasial diketahui bahwa Kali Angke segmen Kota Depok memiliki panjang 18,64 km dan luas DAS 966,92 Ha.

Tabel 4. Wilayah administrasi DAS

Desa/ Kel	Kec	Kab/ Kota	Prov	Luas dalam DAS (Ha)	% dalam DAS
Citayam	Tajur-halang	Kab. Bogor	Jawa Barat	34,85	3,6
Kalisuren	Tajur-halang	Kab. Bogor	Jawa Barat	3,80	0,39
Parung	Parung	Kab. Bogor	Jawa Barat	104,20	10,78
Pamagarsa-sari	Parung	Kab. Bogor	Jawa Barat	29,65	3,07
Curug	Gunung Sindur	Kab. Bogor	Jawa Barat	186,70	19,31
Rawa Kalong	Gunung Sindur	Kab. Bogor	Jawa Barat	83,37	8,62
Duren Seribu	Bojong-sari	Kota Depok	Jawa Barat	144,48	14,94
Duren Mekar	Bojong-sari	Kota Depok	Jawa Barat	70,81	7,32
Bojongsari	Bojong-sari	Kota Depok	Jawa Barat	3,89	0,4
Curug	Bojong-sari	Kota Depok	Jawa Barat	216,87	22,43
Pondok Petir	Bojong-sari	Kota Depok	Jawa Barat	86,82	8,98
Baktijaya	Setu	Kota Tangerang Selatan	Banten	1,47	0,15
Total				966,92	100

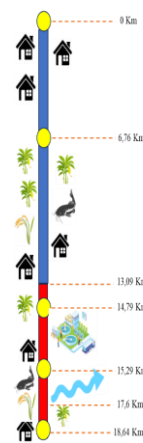
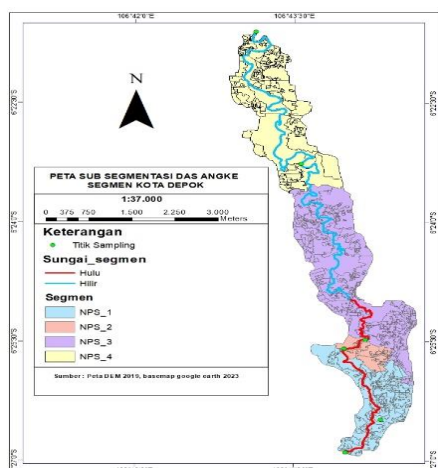
3.2 Potensi beban pencemar

Dari hasil analisis spasial dapat diketahui proporsi masing-masing kelas tutupan lahan yang tersaji dalam tabel di bawah ini.

Tabel 5. Luas masing-masing kelas tuplah

No.	Nama Kelas	Luas (Ha)	Prosentase
1.	Badan air	38,55	3,99
2.	Industri	23,72	2,45
3.	Lahan terbuka	87,07	9,00
4.	Permukiman	445,19	46,04
5.	Pertanian lahan kering/kebun campuran	366,68	37,92
6.	Sawah	5,72	0,59
	Total	966,92	100

Masih menggunakan analisis spasial, seluruh wilayah DAS Angke segmen Kota Depok dibagi menjadi 4 wilayah berdasarkan kontribusi beban pencemar yang mengalir ke sungai pada masing-masing lokasi titik sampling. Dari panjang sungai secara keseluruhan dibagi menjadi 2 subsegmen yaitu subsegmen sungai bagian hulu dan bagian hilir. Panjang subsegmen hulu 5,55 km dan panjang subsegmen hilir 13,09 km. Pada jarak 17,6 km dari hilir terdapat anak sungai yang keluar dari sungai utama yaitu Saluran Angke V dengan debit sebesar 2,76 m³/detik. Pada rentang jarak 15 km dari hilir terdapat unit pengolahan air minum yaitu Instalasi Pengolahan Air Duren Seribu milik PDAM Tirta Asasta Kota Depok dengan debit pengambilan kurang lebih 50 liter/detik. Ilustrasi segmentasi wilayah DAS maupun segmentasi sungai tersaji dalam gambar di bawah ini.



Gambar 3. Peta segmentasi DAS dan ruas sungai

Dari hasil analisis spasial maupun survei di lapangan tidak ditemukan sumber pencemar titik di sepanjang aliran Kali Angke, sehingga data yang diolah dalam pemodelan QUAL2Kw adalah data beban pencemar BOD dari sumber pencemar nirtitik. Jumlah beban pencemar BOD dari masing-masing subsegmen tersaji dalam tabel berikut ini.

Tabel 6. Beban BOD per subsegmen

Sub seg-men	Beban pencemaran BOD (kg/hari)				
	Penduduk (Air Limbah domestik)	Pertanian lahan kering	Budidaya ikan dalam kolam	Penduduk (sampah)	Industri (pergudangan)
1	371,518	0,21	662,03	3,698	0,02
2	149,838	0,01	-	1,491	-
3	999,158	1,09	571,64	9,945	3,4
4	696,762	0,04	-	6,935	0,22
Total	2217,276	1,35	1233,67	22,068	3,64

3.3 Hasil uji kualitas air sungai

Data hasil analisa laboratorium air sungai merupakan salah satu data yang akan diolah dalam QUAL2Kw disiapkan, sampel yang diambil dianggap dapat merepresentasikan kualitas air sungai di sekitar lokasi titik sampling. Berikut data hasil analisa laboratorium terhadap air sungai.

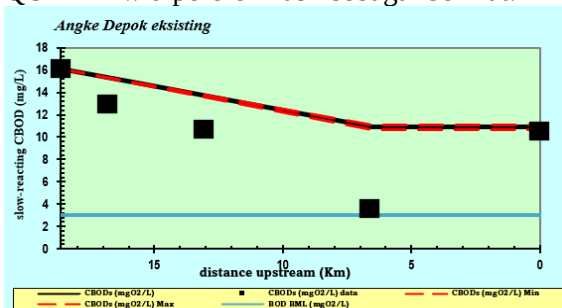
Tabel 7. Hasil analisa kualitas air sungai

Nama	pH	DO	BOD	TSS	COD
		(mg/ liter)			
BML	6-9	Minimal 4	3	50	25
Kelas 2	8,35	6,51	16,1	42	26,4
Titik 1	7,55	5,25	12,95	148,3	20,1
Titik 2	7,45	6,51	10,7	94,4	16,8
Titik 3	7,24	8,3	3,6	3,6	5,98
Titik 4	7,25	7,35	10,5	68	16

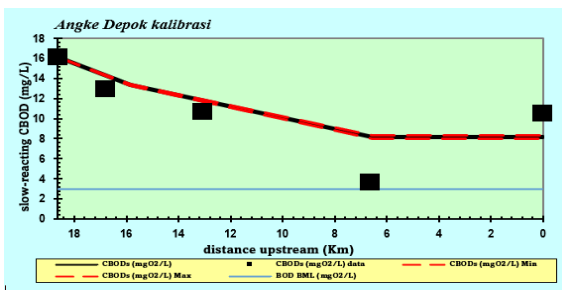
3.4 Simulasi kualitas air menggunakan model QUAL2Kw

Simulasi yang pertama menginput seluruh data eksisting dimulai dari kertas kerja QUAL2K, Headwater, Reach, data Klimatologi, potensi beban pencemar nir titik, dan data pemantauan kualitas air hasil analisis laboratorium. Setelah itu dilakukan kalibrasi dengan melakukan trial and error terhadap beban pencemar sumber nirtitik agar grafik model mendekati kualitas air hasil pemantauan. Setelah itu dilakukan validasi untuk mengetahui apakah model yang dibuat sesuai dengan data kualitas air yang telah dimasukkan ke dalam proses pemodelan sebelum digunakan untuk menjalankan skenario (Lusiana et al., 2020).

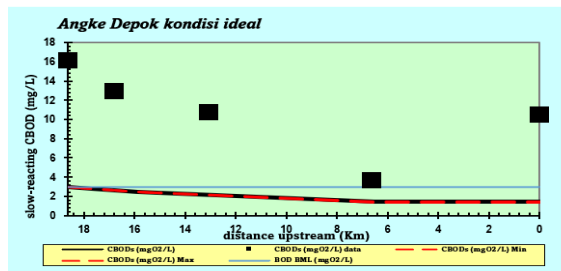
Hasil validasi pada model diperoleh kuadrat simpangan sebesar 9,20% sehingga model dapat digunakan untuk simulasi target yang diinginkan. Simulasi yang ketiga adalah kondisi ideal yang diinginkan di mana kualitas air diharapkan memenuhi baku mutu dan tidak ada beban pencemar yang masuk. Dengan demikian selisih dari kondisi eksisting dengan kondisi ideal merupakan hasil dari penghitungan daya tampung beban pencemaran. Hasil olah data menggunakan pemodelan QUAL2Kw diperoleh hasil sebagai berikut.



Gambar 4. Hasil pemodelan QUAL2Kw parameter BOD eksisting



Gambar 5. Hasil pemodelan QUAL2Kw parameter BOD setelah kalibrasi dan validasi



Gambar 6. Hasil analisis pemodelan QUAL2Kw parameter BOD kondisi ideal

Dari hasil simulasi pemodelan QUAL2Kw diperoleh hasil studi bahwa kapasitas untuk menampung beban pencemar di Kali Angke segmen Kota Depok telah melewati kapasitasnya. Daya tampung beban pencemar BOD seharusnya sebanyak 46,36 kg/hari, namun kondisi eksisting saat ini Kali Angke segmen Kota Depok menerima beban pencemar sebesar 261,99 kg/hari. Sehingga dengan demikian Kali Angke segmen Kota Depok sudah tidak dapat menerima beban pencemar lagi namun harus dilakukan upaya penurunan sebesar 215,63 kg/hari. Target penurunan BOD di setiap subsegmen dituangkan dalam tabel berikut.

Tabel 8. Target penurunan BOD di setiap subsegmen

SPNT	Beban CBOD eksisting (kg/hari)	Beban CBOD ideal (kg/hari)	target penurunan CBOD (kg/hari)
1	69,55	12,96	56,59
2	35,86	6,62	29,24
3	35,42	6,18	29,24
4	121,15	21,14	100,01
total	261,99	46,36	215,63

Di wilayah subsegmen 1 dan 3 didominasi kegiatan domestik (permukiman) dan perikanan. Pakan ikan yang tidak terkonsumsi oleh ikan dan hasil metabolisme tubuh ikan menyumbang BOD di perairan. Di subsegmen 2 juga didominasi oleh permukiman saja, sama dengan subsegmen 4 kondisi yang permukimannya sudah padat. Hal ini dapat dilihat pula dari hasil pemantauan kualitas air di Kali Angke segmen Kota Depok maupun analisis tutupan lahan, terlihat di subsegmen 3 kualitas air mengalami peningkatan, dapat disebabkan karena masih banyaknya lahan hijau di wilayah tersebut sehingga memungkinkan terjadinya *self purification* di rentang jarak

tersebut. Pengambilan air oleh PDAM untuk diolah menjadi air minum juga menurunkan debit aliran sungai yang artinya dapat membantu menurunkan potensi beban pencemar. Namun di subsegmen 4 kualitas air menurun kembali.

4. KESIMPULAN

Analisis spasial dapat digunakan dalam berbagai penelitian, di antaranya dalam program pengendalian pencemaran air. Fungsi metode spasial dalam penelitian ini adalah untuk menentukan batas wilayah DAS, menentukan batas administrasi, inventarisasi beban pencemar melalui analisis tutupan lahan, menghitung panjang sungai dan luas DAS. Sebagian besar aktivitas dilakukan di DAS Angke segmen Kota Depok adalah permukiman dan perikanan dengan proporsi air limbah domestik sebesar 63,75% dan air limbah kegiatan perikanan sebesar 35,47%. Kali Angke segmen Kota Depok sebagai badan air penerima polutan dari kegiatan di sekitarnya telah mengalami kelebihan daya tampungnya dalam menerima beban pencemar.

Dalam penelitian ini hanya menghitung beban parameter BOD karena parameter tersebut terdapat dalam kandungan air limbah beberapa jenis kegiatan yang terinventarisasi, yaitu permukiman (limbah cair dan padat), perikanan, pertanian, dan industri. Beban maksimum beban pencemar BOD di ruas Kali Angke segmen Kota Depok sebesar 46,36 kg/hari, namun saat ini Kali Angke menerima beban sebesar 261,99 kg/hari. Sehingga intervensi kebijakan terkait pegendalian pencemaran di wilayah DAS tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

[BLK-PLSDA] Balai Lingkungan Keairan - Pusat Litbang Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum. (2006). *Volume VII: Pengelolaan Kualitas Air Bagian-2.1: Inventarisasi & Identifikasi Sumber dan Beban Pencemaran Air*. VII(45), 58.

Cordova, M. R., & Riani, E. (2011). Konsentrasi Logam Berat (Hg, Cd, Pb) pada Air dan Sedimen di Muara Sungai Angke, Jakarta le No Title No Title. *Jurnal Hidrosfir Indonesia*, 61–112.

Kannel, P. R., Lee, S., Lee, Y. S., Kanel, S. R., Pelletier, G. J., & Kim, H. (2007). Application of automated QUAL2Kw for water quality modeling and management

in the Bagmati River, Nepal. *Ecological Modelling*, 202(3–4), 503–517. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.12.033>

Komarudin, M., Hariyadi, S., & Kurniawan, B. (2015). Analysis Pollution Load Capacity Pesanggrahan River (Segment Depok City) using Numeric and Spatial Model. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 5(2), 121–132. <https://doi.org/10.19081/jpsl.5.2.121>

Kurniawan, B., Komarudin, M., & Safrudin. (2023). The development of an action plan for the Jeneberang River pollution control based on the calculation of the total maximum daily load. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1201(1), 0–11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1201/1/012042>

Lusiana, N., Sulianto, A. A., Devianto, L. A., & Sabina, S. (2020). Penentuan Indeks Pencemaran Air dan Daya Tampung Beban Pencemaran Menggunakan Software QUAL2Kw (Studi Kasus Sungai Brantas Kota Malang). *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 8(2), 161–176. <https://doi.org/10.14710/JWL.8.2.161-176>

Oktavia, S. R., Effendi, H., & Hariyadi, S. (2018). Status mutu air Kali Angke di Bogor, Tangerang, dan Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 2(3), 220–234. <https://doi.org/10.36813/jplb.2.3.220-234>

Ozulu, M. (2018). Meneliti Pendekatan Ambang Aliran yang Digunakan dalam Analisis Hidrologi. 3, 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijgi7060201>

Pelletier, G. J., Chapra, S. C., Tao, H.. (2006). A framework for modelling water quality in streams and rivers using a genetic algorithm for calibration. *Environmentak Modelling & Software*. 21, 419–425. doi:10.1016/j.envsoft.2005.07.002.

[Permen] Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. (2010). *Menteri Negara Lingkungan Hidup*, 169.

[PP] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. (2021).

Permatasari, P. A., Setiawan, Y., & Effendi, H.

(2017). *The effect of land use change on water quality: A case study in Ciliwung Watershed* *The effect of land use change on water quality: A case study in Ciliwung Watershed*. January.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/54/1/012026>

Tjampakasari, C. R., & Wahid, M. H. (2008). Water quality of Angke river: Microbiological point of view. *Medical Journal of Indonesia*, 17(2), 82–87.
<https://doi.org/10.13181/mji.v17i2.305>