



DISERTASI

**STRATEGI PENGENDALIAN PENCEMARAN NUTRIEN
DAN BAHAN ORGANIK DI PERAIRAN DAS BEKASI HULU**

DANY POLTAK MARISI



**PROGRAM STUDI
ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi berjudul Strategi Pengendalian Pencemaran Nutrien dan Bahan Organik di Perairan DAS Bekasi Hulu adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Dany Poltak Marisi
NIM P0602221014

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

DANY POLTAK MARISI. Strategi Pengendalian Pencemaran Nutrien dan Bahan Organik di Perairan DAS Bekasi Hulu. Dibimbing oleh SUPRIHATIN, SIGID HARIYADI, dan KASWANTO.

DAS Bekasi Hulu berada di Provinsi Jawa Barat dengan luas DAS sebesar 39.250 hektar. DAS Bekasi Hulu merupakan bagian dari DAS Bekasi yang merupakan DAS terbesar di Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane. DAS Bekasi Hulu memiliki tiga sungai utama yaitu Sungai Cileungsi, Sungai Cikeas dan Kali Bekasi Hulu dan menjadi sumber air yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan air untuk aktivitas masyarakat yang berada di area DAS Bekasi Hulu seperti sumber air baku PDAM dan industri, kegiatan perikanan, pertanian, perkebunan dan MCK. Kondisi sungai-sungai tersebut saat ini telah tercemar dan peruntukan air sungai tidak lagi dapat digunakan sebagai air baku air minum berdasarkan mutu air sungai. Kondisi fisik dari air sungai yang telah berwarna hitam, adanya timbunan busa, bau yang menyengat, terganggunya organisme perairan hingga kematian masal ikan di beberapa lokasi merupakan dampak dari limbah-limbah yang dihasilkan dari berbagai macam aktivitas manusia di sekitar sungai. Alih fungsi lahan pada DAS Bekasi Hulu menyebabkan degradasi kualitas perairan terutama pencemaran oleh nutrien dan bahan organik. Oleh karena itu penanganan pencemaran nutrien dan bahan organik di perairan DAS Bekasi Hulu harus dilakukan secara menyeluruh (*holistic*) dan terintegrasi antar berbagai kepentingan melalui pendekatan sistem. Pendekatan sistem menggunakan model yang dapat memprediksi pencemaran di perairan DAS Bekasi Hulu dimasa yang akan datang, dan menjadi bahan pertimbangan bagi pengambil kebijakan dalam pengendalian pencemaran nutrien dan bahan organik di perairan DAS Bekasi Hulu. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan strategi pengendalian pencemaran nutrien dan bahan organik di perairan DAS Bekasi Hulu dengan analisis kondisi eksisting kualitas air, status mutu air, daya tampung beban pencemaran, kapasitas asimilasi, pengaruh tutupan lahan dengan kualitas air, membangun model pengendalian pencemaran dengan berbagai skenario dan menentukan strategi pengendalian pencemaran nutrien dan bahan organik di perairan DAS Bekasi Hulu.

Penelitian dilakukan melalui evaluasi kualitas perairan DAS Bekasi Hulu serta dinamika parameter nutrien dan bahan organik berdasarkan musim yang disajikan dalam bentuk *box plot*. Status mutu air ditentukan dengan metode Indeks Pencemaran (IP), sedangkan beban pencemaran pada setiap segmen di perairan DAS Bekasi Hulu dimodelkan dengan berbagai skenario menggunakan program QUAL2Kw versi 5.1. Nilai beban pencemaran hasil simulasi digunakan untuk menghitung Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) dan kapasitas asimilasi nutrien dan bahan organik di setiap segmen. Kondisi dan perubahan tutupan lahan di area DAS Bekasi Hulu menggunakan aplikasi ERDAS Imagine 9.2 dan ArcGIS 10.8. Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap kualitas perairan DAS Bekasi Hulu dianalisis dengan korelasi Rank Spearman menggunakan aplikasi *Statistical Product and Service Solution 25* (SPSS 25). Identifikasi sumber pencemar untuk parameter nutrien dan bahan organik dilakukan dengan metode *Principal Component Analysis* (PCA) untuk menentukan komponen-komponen utama.



Untuk menentukan strategi pengendalian pencemaran nutrisi dan bahan organik di perairan DAS Bekasi Hulu dilakukan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), sedangkan tingkat persepsi masyarakat diperoleh melalui metode *Importance Performance Analysis* (IPA). Model pengendalian pencemaran nutrisi dan bahan organik dibangun melalui pendekatan sistem yang dibantu dengan aplikasi Powersim Studio 10.

Hasil penelitian menunjukkan kualitas perairan DAS Bekasi Hulu pada kondisi eksisting telah melampaui baku mutu air kelas II untuk parameter TSS, DO, H₂S, Klorin bebas, Ni, Cu, Cr(VI), Fecal Coliform dan Total Coliform. Parameter nutrisi berupa NO₂⁻, NO₃⁻, NH₃, dan PO₄³⁻ serta bahan organik seperti BOD dan COD juga telah melebihi baku mutu air kelas II yang mengacu pada PP No.82 tahun 2001 dan PP No.22 tahun 2021. Status mutu perairan DAS Bekasi Hulu berdasarkan Indeks Pencemaran (IP) dikategorikan dalam status cemar ringan hingga cemar sedang dengan nilai IP 3,94-7,65. Nilai DTBP setiap segmen pada perairan DAS Bekasi Hulu masih memiliki kemampuan menampung beban pencemaran dari akumulasi parameter NO₂⁻ dan NO₃⁻ namun perairan DAS Bekasi Hulu tidak memiliki kemampuan untuk menampung beban pencemaran NH₃, PO₄³⁻, BOD dan COD. Kapasitas asimilasi diperoleh dalam penelitian ini yaitu parameter NO₃⁻ dan COD berada dibawah garis baku mutu pada bagian hilir perairan DAS Bekasi Hulu. Adanya perubahan tutupan lahan pada area DAS Bekasi Hulu dimana lahan sawah terjadi degradasi yang sangat signifikan selama tahun 2018-2023 dengan penurunan luas sebesar 3863,20 ha atau 36,25%, sedangkan lahan terbangun terjadi peningkatan luas area sebesar 6186,47 ha atau 42,05%. Berdasarkan hasil korelasi Rank Spearman diperoleh adanya korelasi yang kuat pada setiap jenis tutupan lahan dengan parameter nutrisi dan bahan organik.

Model pengendalian pencemaran nutrisi dan bahan organik di perairan DAS Bekasi Hulu menggambarkan dinamika beban pencemaran nutrisi dan bahan organik yang terdiri dari klaster Sungai Cikeas, klaster Sungai Cileungsi dan klaster Kali Bekasi Hulu dengan skenario *business as usual* (BAU), moderat dan optimis. Skenario optimis dalam model merupakan skenario terbaik karena mampu membuat kondisi perairan DAS Bekasi Hulu memiliki beban pencemaran nutrisi dan bahan organik di bawah kapasitas asimilasi. Strategi pengendalian pencemaran nutrisi dan bahan organik dengan bobot tertinggi yang diperoleh pada penelitian ini yaitu peningkatan kapasitas sosial dan manajemen serta penegakan regulasi lingkungan. Kedua strategi tersebut menjadi prioritas utama dalam mengendalikan pencemaran nutrisi dan bahan organik di perairan DAS Bekasi Hulu. Kebaruan penelitian ini terletak pada strategi pengendalian pencemaran nutrisi dan bahan organik di perairan DAS Bekasi Hulu dengan pendekatan sistem yang terintegrasi. Penelitian ini tidak hanya bersifat evaluatif, tetapi juga prediktif dengan membangun model dinamik yang mampu mensimulasikan skenario pengendalian pencemaran hingga tahun 2030 sebagai dasar pengambilan kebijakan pengelolaan DAS.

Kata kunci : bahan organik, beban pencemaran, kualitas air, nutrisi, perubahan tutupan lahan.

SUMMARY

DANY POLTAK MARISI. Strategies for Controlling Nutrient and Organic Matter Pollution in Waters of the Upper Bekasi Watershed. Supervised by SUPRIHATIN, SIGID HARIYADI, and KASWANTO.

The Upper Bekasi Watershed is located in West Java Province with a watershed area of 39,250 hectares. The Upper Bekasi Watershed is part of the Bekasi Watershed, which is the largest watershed in the Ciliwung Cisadane River Basin. The Bekasi Hulu watershed has three main rivers, namely the Cileungsi River, the Cikeas River, and the Bekasi Hulu River, which are very important sources of water to meet the water needs of the community in the Bekasi Hulu watershed area, such as raw water sources for PDAM and industry, fisheries, agriculture, plantations, and public sanitation facilities. The condition of these rivers is currently polluted, and the water quality no longer meets the standards for use as raw water for drinking purposes. The physical condition of the river water, which has turned black, the presence of foam, a pungent odor, the disruption of aquatic organisms, and mass fish deaths in several locations are the effects of waste produced by various human activities around the river and the conversion of land use in the Bekasi Hulu watershed, which has caused degradation of water quality, particularly pollution by nutrients and organic matter. Therefore, the management of nutrient and organic matter pollution in the waters of the Upper Bekasi River Basin must be carried out holistically and integrated across various interests through a systems approach. The systems approach uses a model that can predict pollution in the waters of the Upper Bekasi River Basin in the future, and serves as a consideration for policy makers in controlling nutrient and organic matter pollution in the waters of the Upper Bekasi River Basin. This study aims to formulate a strategy for controlling nutrient and organic matter pollution in the waters of the Upper Bekasi River Basin by analyzing the existing conditions of water quality, water quality status, pollution load capacity, assimilation capacity, the influence of land cover on water quality, developing a pollution control model with various scenarios, and determining strategies for controlling nutrient and organic matter pollution in the waters of the Upper Bekasi River Basin.

The study was conducted by evaluating the water quality of the Upper Bekasi River Basin and the dynamics of nutrient and organic matter parameters based on the season, presented in the form of box plots. Water quality status was determined using the Pollution Index (PI) method, while the pollution load in each segment of the Upper Bekasi River Basin was modeled using various scenarios with the QUAL2Kw version 5.1 program. The pollution load values from the simulation were used to calculate the Pollution Load Capacity (DTBP) and the assimilation capacity of nutrients and organic matter in each segment. The conditions and changes in land cover in the Bekasi Hulu watershed area were analyzed using ERDAS Imagine 9.2 and ArcGIS 10.8. The effect of land cover changes on water quality in the Bekasi Hulu watershed was analyzed using Spearman's rank correlation using Statistical Product and Service Solution 25 (SPSS 25). The identification of pollutant sources for nutrient and organic matter parameters was performed using the Principal Component Analysis (PCA) method to determine the main components. The strategy for controlling nutrient

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



and organic matter pollution in the waters of the Bekasi Hulu watershed was determined using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, while the level of public perception was obtained through the Importance Performance Analysis (IPA) method. The model for controlling nutrient and organic matter pollution was developed through a systems approach assisted by the Powersim Studio 10 application.

The results of the study show that the water quality of the Bekasi Hulu watershed in its current condition has exceeded Class II water quality standards for the parameters of TSS, DO, H₂S, free chlorine, Ni, Cu, Cr(VI), fecal coliform, and total coliform. Nutrient parameters such as NO₂⁻, NO₃⁻, NH₃, and PO₄³⁻, as well as organic matter such as BOD and COD, have also exceeded Class II water quality standards as referred to in Government Regulation No. 82 of 2001 and Government Regulation No. 22 of 2021. The water quality status of the Upper Bekasi River Basin based on the Pollution Index (PI) is categorized as slightly polluted to moderately polluted with a PI value of 3.94-7.65. The DTBP value for each segment in the Bekasi Hulu watershed still has the capacity to accommodate pollution loads from the accumulation of NO₂⁻ and NO₃⁻ parameters, but the Bekasi Hulu watershed does not have the capacity to accommodate pollution loads of NH₃, PO₄³⁻, BOD, and COD. The assimilation capacity obtained in this study indicated that the NO₃⁻ and COD parameters were below the quality standard line in the downstream part of the Upper Bekasi Watershed. There has been a change in land cover in the Bekasi Hulu watershed area, where rice fields have degraded significantly during 2018-2023 with a decrease in area of 3863.20 ha or 36.25%, while built-up land has increased in area by 6186.47 ha or 42.05%. Based on the results of the Spearman's rank correlation, there is a strong correlation between each type of land cover and nutrient and organic matter parameters.

The model for controlling nutrient and organic matter pollution in the waters of the Upper Bekasi River Basin describes the dynamics of nutrient and organic matter pollution loads consisting of the Cikeas River cluster, the Cileungsi River cluster, and the Upper Bekasi River cluster under business as usual (BAU), moderate, and optimistic scenarios. The optimistic scenario in the model is the best scenario because it is able to make the water conditions of the Upper Bekasi River Basin have a pollution load of nutrients and organic matter below the assimilation capacity. The nutrient and organic matter pollution control strategies with the highest weight obtained in this study are increasing social and management capacity and enforcing environmental regulations. These two strategies are the top priorities in controlling nutrient and organic matter pollution in the waters of the Upper Bekasi River Basin. The novelty of this research lies in the strategy for controlling nutrient and organic pollution in the waters of the Upper Bekasi Watershed using an integrated systems approach. This research is not only evaluative but also predictive, building a dynamic model capable of simulating pollution-control scenarios through 2030 as a basis for watershed management policymaking.

Keywords : organic matter, pollution load, water quality, nutrients, land cover change.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2026 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

STRATEGI PENGENDALIAN PENCEMARAN NUTRIEN DAN BAHAN ORGANIK DI PERAIRAN DAS BEKASI HULU

DANY POLTAK MARISI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor
pada
Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan
Lingkungan

**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti
2. Dr. Luki Subehi, M.Sc.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti
2. Dr. Luki Subehi, M.Sc.



Disertasi

Judul Disertasi : Strategi Pengendalian Pencemaran Nutrien dan Bahan Organik di Perairan DAS Bekasi Hulu
Nama : Dany Poltak Marisi
NIM : P0602221014

Disetujui oleh

Pembimbing 1
Prof. Dr.-Ing. Ir. Suprihatin, IPU

Pembimbing 2
Dr. Ir. Sigid Hariyadi, M.Sc.

Pembimbing 3
Dr. Kaswanto, S.P, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi : Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Prof. Dr. Lina Karlinasari, S.Hut., MSc.F.Trop.
NIP. 197311261998022001

Dekan Sekolah Pascasarjana
Prof. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc.
NIP. 196607281991031002

Tanggal Ujian Tertutup :
28 April 2026

Tanggal Pengesahan : 8 Juli 2026

Tanggal Sidang Promosi Terbuka :
09 Juni 2026



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan YME atas segala berkat dan kasih-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2024 sampai bulan Januari 2025 ini diberi judul “Strategi Pengendalian Pencemaran Nutrien dan Bahan Organik di Perairan DAS Bekasi Hulu”. Penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini atas dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr.-Ing. Ir. Suprihatin, IPU selaku ketua komisi pembimbing, juga kepada Dr. Ir. Sigid Hariyadi, M.Sc. dan Dr. Kaswanto, S.P, M.Si. selaku anggota komisi pembimbing yang telah membimbing, memberikan masukan dan arahan kepada penulis.
2. Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti dan Dr. Luki Subehi, M.Sc. selaku penguji dan promotor luar komisi pembimbing yang telah membimbing, memberikan masukan dan arahan kepada penulis.
3. Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan IPB University, Sekolah Pascasarjana IPB University beserta staf dan jajarannya yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu dengan menghadirkan pelayanan akademik terbaik.
4. Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane dan Dinas Lingkungan Hidup Kota Bekasi yang telah memberikan dukungan data untuk pelaksanaan penelitian.
5. Orang tua, istri dan anak-anak serta keluarga besar penulis atas segala doa, dukungan, kasih sayang dan semangat yang telah diberikan.
6. Bapak Ibu rekan-rekan PSL Reguler angkatan 2022 sebagai teman seperjuangan dalam menuntut ilmu di IPB University yang telah memberikan dukungan dalam proses menyelesaikan jenjang doktoral.
7. Lembaga Pengelolaan Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan RI yang telah memberikan kesempatan mendapatkan bantuan biaya pendidikan dalam studi doktoral.
8. Kepala Pusat Riset Teknologi Bakar Nuklir dan Limbah Radioaktif, BRIN dan juga rekan-rekan kelompok riset Teknologi Pengolahan Bahan Baku Nuklir.

Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Dany Poltak Marisi



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kerangka Pemikiran	4
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 <i>Novelty</i> (Kebaruan) Penelitian	7
II TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)	12
2.2 Pencemaran Air Sungai	12
2.3 Sumber Pencemaran Air Sungai	13
2.4 Parameter Pencemaran	14
2.5 Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) dan Kapasitas Asimilasi	20
2.6 Pendekatan Sistem dan Pemodelan	21
III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	23
3.2 Alat dan Data	24
3.3 Metode (Jenis dan Sumber Data)	24
IV KONDISI UMUM DAERAH PENELITIAN	28
4.1 Kondisi Geografis	28
4.2 Sungai-sungai pada DAS Bekasi Hulu	28
4.3 Curah Hujan	30
4.4 Topografi	30
4.5 Wilayah Administrasi dan Demografi	32
V KONDISI EKSISTING KUALITAS PERAIRAN DAS BEKASI HULU	34
5.1 Pendahuluan	34
5.2 Metode	35
5.2.1 Lokasi dan periode pemantauan kualitas air sungai	35
5.2.2 Ketersediaan dan penggunaan data kualitas air sungai	35
5.2.3 Pengolahan dan analisis data kualitas air sungai	30
5.3 Hasil dan Pembahasan	40
5.3.1 Parameter Fisika	40
5.3.2 Parameter Kimia	43
5.3.3 Parameter Mikrobiologi	55
5.3.4 Nutrien	56
5.3.5 Bahan Organik	64
5.3.6 Kelembagaan dan Dasar Hukum	68



5.4	Kesimpulan	71
VI	STATUS MUTU, DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN DAN KAPASITAS ASIMILASI PERAIRAN DAS BEKASI HULU	72
6.1	Pendahuluan	72
6.2	Metode	73
6.2.1	Status Mutu Perairan DAS Bekasi Hulu	73
6.2.2	Daya Tampung Beban Pencemaran Perairan DAS Bekasi Hulu	75
6.2.3	Kapasitas Asimilasi Perairan DAS Bekasi Hulu	78
6.3	Hasil dan Pembahasan	78
6.3.1	Status Mutu Perairan DAS Bekasi Hulu	78
6.3.2	Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP)	84
6.3.3	Kapasitas Asimilasi	93
6.4	Kesimpulan	96
VII	PENGARUH TUTUPAN DAN TATA GUNA LAHAN TERHADAP KUALITAS PERAIRAN DAS BEKASI HULU	98
7.1	Pendahuluan	98
7.2	Metode	99
7.2.1	Area Studi	99
7.2.2	Analisis Kualitas Air	99
7.2.3	Analisis Perubahan Tutupan dan Penggunaan Lahan	100
7.2.4	Analisis Korelasi Rank Spearman	100
7.2.5	<i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	101
7.3	Hasil dan Pembahasan	103
7.3.1	Evaluasi Data Kualitas Perairan DAS Bekasi Hulu	103
7.3.2	Perubahan Tutupan dan Penggunaan Lahan DAS Bekasi Hulu	104
7.3.3	Perubahan Tutupan dan Penggunaan Lahan Tiap Titik Pemantauan	110
7.3.4	Korelasi Rank Spearman Kualitas Air & Penggunaan Lahan	117
7.3.5	Identifikasi Sumber Pencemar dengan Metode PCA	123
7.4	Kesimpulan	125
VIII	MODEL PENGENDALIAN PENCEMARAN NUTRIEN DAN BAHAN ORGANIK DI PERAIRAN DAS BEKASI HULU	126
8.1	Pendahuluan	126
8.2	Metode	127
8.2.1	Analisis Kebutuhan	127
8.2.2	Formulasi Masalah	127
8.2.3	Identifikasi Sistem	128
8.2.4	Pemodelan Sistem	128
8.2.5	Verifikasi dan Validasi	128
8.3	Hasil dan Pembahasan	129
8.3.1	Pendekatan Sistem	129
8.3.2	Pemodelan Strategi Pengendalian Pencemaran Nutrien dan Bahan Organik di Perairan DAS Bekasi Hulu	132
8.3.3	Analisis Kecenderungan Sistem (Simulasi Model)	134
8.3.4	Penyusunan Skenario Pengendalian Pencemaran Nutrien dan Bahan Organik di Perairan DAS Bekasi Hulu	136

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

8.3.5 Analisis Perbandingan Penerapan antar Skenario	139
8.4 Kesimpulan	141
IX ANALISIS STRATEGI PENGENDALIAN PENCEMARAN DAN PARTISIPASI MASYARAKAT DI PERAIRAN DAS BEKASI HULU	142
9.1 Pendahuluan	142
9.2 Metode	143
9.2.1 Teknik Penentuan Responden	143
9.2.2 Analisis Strategi Pengendalian Pencemaran (AHP)	143
9.2.3 Analisis Tingkat Persepsi dan Partisipasi Masyarakat	146
9.3 Hasil dan Pembahasan	149
9.3.1 Strategi Pengendalian Pencemaran Nutrien dan Bahan Organik di Perairan DAS Bekasi Hulu	149
9.3.2 Persepsi Masyarakat Terhadap Kualitas Perairan DAS Bekasi Hulu	154
9.3.3 Partisipasi Masyarakat dalam Mengendalikan Pencemaran di Perairan DAS Bekasi Hulu	157
9.4 Kesimpulan	159
X PEMBAHASAN UMUM DAN STRATEGI PENGENDALIAN PENCEMARAN NUTRIEN DAN BAHAN ORGANIK	160
10.1 Kondisi Perairan DAS Bekasi Hulu Berdasarkan Kualitas Air, Status Mutu, Daya Tampung Beban Pencemaran dan Kapasitas Asimilasi	160
10.2 Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Kondisi Perairan DAS Bekasi Hulu	162
10.3 Implikasi Model Dinamik terhadap Perumusan Strategi Pengendalian Pencemaran Nutrien dan Bahan Organik	164
10.4 Strategi Pengendalian Pencemaran Nutrien dan Bahan Organik di Perairan DAS Bekasi Hulu di Masa Mendatang	165
XI SIMPULAN DAN SARAN	171
11.1 Simpulan	171
11.2 Saran	172
DAFTAR PUSTAKA	173
LAMPIRAN	187
RIWAYAT HIDUP	193





DAFTAR TABEL

1.1	Beberapa penelitian sejenis yang pernah dilakukan	8
3.1	Jumlah responden pakar dalam penelitian	25
3.2	Matriks rancangan penelitian	27
4.1	Panjang anak sungai di DAS Bekasi Hulu	28
4.2	Debit air Sungai Cileungsi Tahun 2022	29
4.3	Debit air Sungai Cikeas Tahun 2022	29
4.4	Curah hujan harian Tahun 2019-2022	31
4.5	Jumlah penduduk pada setiap kecamatan Tahun 2018-2023	38
5.1	Lokasi titik pengambilan sampel air sungai	36
5.2	Daftar periode pemantauan kualitas air selama tahun 2018-2023	38
5.3	Daftar parameter kualitas air sungai selama pemantauan tahun 2018 2023	39
5.4	Parameter kualitas air sungai serta satuannya	40
5.5	Parameter fisika pada DAS Bekasi Hulu Tahun 2018-2022	42
5.6	Parameter kimia anorganik non logam pada DAS Bekasi Hulu Tahun 2018-2023	45
5.7	Parameter kimia logam pada DAS Bekasi Hulu Tahun 2018-2023	50
5.8	Parameter kimia organik pada DAS Bekasi Hulu Tahun 2018-2023	56
5.9	Parameter mikrobiologi pada DAS Bekasi Hulu Tahun 2018-2023	58
6.1	Status mutu air berdasarkan nilai IP	74
6.2	Kriteria nilai <i>Nash Sutcliffe Efficiency</i> (NSE)	77
6.3	Teknik simulasi data	77
6.4	Segmentasi	84
6.5	Data kualitas air di tiap titik segmen	84
6.6	Data Hidrolik	85
6.7	Data <i>manning formula</i> pada lembar kerja <i>reach</i>	85
6.8	Validasi model	86
6.9	Data <i>point sources</i> pada skenario 1	87
6.10	Data <i>diffuse sources</i> pada skenario 1	87
6.11	Data <i>point sources</i> pada skenario 2	88
6.12	Data <i>diffuse sources</i> pada skenario 2	88
6.13	Beban pencemaran, DTBP dan penurunan BOD	90
6.14	Beban pencemaran, DTBP dan penurunan NH ₃	91
6.15	Beban pencemaran, DTBP dan penurunan NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻	91
6.16	Beban pencemaran, DTBP dan penurunan PO ₄ ³⁻	92
6.17	Beban pencemaran, DTBP dan penurunan COD	92
7.1	Interprestasi koefisien korelasi	101
7.2	Kategori penilaian uji KMO	102
7.3	Kategori penilaian uji MSA	102
7.4	Deskripsi statistika kualitas perairan DAS Bekasi Hulu dari 21 titik pemantauan pada periode 2018–2023	103
7.5	Perubahan luas tutupan lahan DAS Bekasi Hulu tahun 2018-2023	110
7.6	Koefisien Korelasi Rank Spearman	117
7.7	Korelasi antara tutupan lahan dengan parameter nutrisi dan bahan organik di Sungai Cileungsi (SCL)	118
7.8	Korelasi antara tutupan lahan dengan parameter nutrisi dan bahan organik	

di Sungai Cikeas (SCK)	120
7.9 Korelasi antara tutupan lahan dengan parameter nutrien dan bahan organik di Kali Bekasi Hulu (KBH)	121
7.10 <i>Output total variance explained</i>	124
7.11 Klasifikasi <i>output rotated component matrix</i>	124
7.12 Pengelompokan variabel berdasarkan komponen	125
8.1 Matriks kebutuhan sistem	130
8.2 Kemungkinan kombinasi pengendalian pencemaran nutrien dan bahan organik pada perairan DAS Bekasi Hulu di masa mendatang	138
8.3 Perbandingan antar skenario	140
9.1 Skala perbandingan berpasangan	145
9.2 Pembobotan tingkat kepentingan (<i>importance</i>)	146
9.3 Pembobotan tingkat kinerja (<i>performance</i>)	146
9.4 Atribut kuisioner penelitian	148
9.5 Hasil perhitungan tingkat kepentingan, tingkat kinerja dan tingkat kesesuaian	152

DAFTAR GAMBAR

1.1 Kerangka pemikiran penelitian	6
3.1 Peta lokasi penelitian DAS Bekasi Hulu, Provinsi Jawa Barat	23
3.2 Diagram alir penelitian	26
4.1 Peta administrasi DAS Bekasi Hulu	32
5.1 Peta titik pengambilan sampel air sungai	37
5.2 Tren perubahan konsentrasi parameter fisika di perairan DAS Bekasi Hulu	42
5.3 Tren perubahan konsentrasi parameter kimia ph dan DO di perairan DAS Bekasi Hulu	43
5.4 Tren perubahan konsentrasi parameter kimia Cl bebas di perairan DAS Bekasi Hulu	44
5.5 Tren perubahan konsentrasi parameter kimia H ₂ S di perairan DAS Bekasi Hulu	44
5.6 Tren perubahan konsentrasi parameter logam berat Zn, Cu dan Pb di perairan DAS Bekasi Hulu	48
5.7 Tren perubahan konsentrasi parameter logam berat Ni dan Cr(VI) di perairan DAS Bekasi Hulu	48
5.8 Tren perubahan konsentrasi parameter Ba, Fe dan Mn di perairan DAS Bekasi Hulu	49
5.9 Tren perubahan konsentrasi parameter minyak dan lemak serta deterjen total di perairan DAS Bekasi Hulu tahun 2018-2021	53
5.10 Tren perubahan konsentrasi parameter fenol di perairan DAS Bekasi Hulu tahun 2022-2023	54
5.11 Tren perubahan konsentrasi parameter mikrobiologi di perairan DAS Bekasi Hulu tahun 2018-2023	55
5.12 Distribusi spasial NO ₃ ⁻ pada tiap titik pengambilan sampel	57
5.13 Distribusi temporal NO ₃ ⁻ tahun 2018-2023	58
5.14 Distribusi spasial NO ₂ ⁻ pada tiap titik pengambilan sampel	59
5.15 Distribusi temporal NO ₂ ⁻ tahun 2018-2023	60



5.16	Distribusi spasial NH ₃ pada tiap titik pengambilan sampel	61
5.17	Distribusi temporal NH ₃ tahun 2018-2023	62
5.18	Distribusi spasial total PO ₄ ³⁻ pada tiap titik pengambilan sampel	63
5.19	Distribusi temporal total PO ₄ ³⁻ tahun 2018-2023	63
5.20	Distribusi spasial BOD pada tiap titik pengambilan sampel	65
5.21	Distribusi temporal BOD tahun 2018-2023	66
5.22	Distribusi spasial COD pada tiap titik pengambilan sampel	67
5.23	Distribusi temporal COD tahun 2018-2023	67
6.1	Segmentasi Sungai Cileungsi dan Kali Bekasi Hulu	76
6.2	Hubungan antara beban pencemaran dan konsentrasi pencemar	78
6.3	Status mutu perairan DAS Bekasi Hulu tahun 2018	79
6.4	Status mutu perairan DAS Bekasi Hulu tahun 2019	79
6.5	Status mutu perairan DAS Bekasi Hulu tahun 2020	80
6.6	Status mutu perairan DAS Bekasi Hulu tahun 2021	80
6.7	Status mutu perairan DAS Bekasi Hulu tahun 2022	81
6.8	Status mutu perairan DAS Bekasi Hulu tahun 2023	81
6.9	Grafik status mutu air Sungai Cileungsi, Sungai Cikeas dan Kali Bekasi Hulu tahun 2018-2023 Musim Hujan	83
6.10	Grafik status mutu air Sungai Cileungsi, Sungai Cikeas dan Kali Bekasi Hulu tahun 2018-2023 Musim Kemarau	83
6.11	Grafik simulasi pemodelan kalibrasi data hidrolis dengan QUAL2Kw (a)Debit (b)Kecepatan aliran (c)Kedalaman	85
6.12	Grafik simulasi pemodelan kualitas air dengan QUAL2Kw (a)BOD (b)Amonia (c)Nitrat+Nitrit (d)fosfat (e)COD terhadap nilai konsentrasi pengamatan	86
6.13	Nilai konsentrasi hasil simulasi pemodelan skenario 1 dengan QUAL2Kw (a)BOD (b)Amonia (c)Nitrat+Nitrit (d)fosfat (e)COD terhadap nilai pengamatan	87
6.14	Nilai konsentrasi hasil simulasi pemodelan skenario 2 dengan QUAL2Kw (a)BOD (b)Amonia (c)Nitrat+Nitrit (d)fosfat (e)COD terhadap baku mutu	88
6.15	Nilai konsentrasi hasil simulasi pemodelan skenario 3 dengan QUAL2Kw (a)BOD (b)Amonia (c)Nitrat+Nitrit (d)fosfat (e)COD pada kondisi tanpa <i>diffuse source</i>	89
6.16	Analisis regresi linear antar beban pencemaran dan konsentrasi BOD	93
6.17	Analisis regresi linear antar beban pencemaran dan konsentrasi NH ₃	94
6.18	Analisis regresi linear antar beban pencemaran dan konsentrasi NO ₃ ⁻	94
6.19	Analisis regresi linear antar beban pencemaran dan konsentrasi NO ₂ ⁻	95
6.20	Analisis regresi linear antar beban pencemaran dan konsentrasi PO ₄ ³⁻	95
6.21	Analisis regresi linear antar beban pencemaran dan konsentrasi COD	96
7.1	<i>Euclidean distance</i> pada titik pemantauan	100
7.2	Diagram Alir <i>Principal Component Analysis</i>	101
7.3	Peta penutupan lahan DAS Bekasi Hulu Tahun 2018	104
7.4	Persentase luas penutupan lahan DAS Bekasi Hulu Tahun 2018	104
7.5	Peta penutupan lahan DAS Bekasi Hulu Tahun 2019	105
7.6	Persentase luas penutupan lahan DAS Bekasi Hulu Tahun 2019	105
7.7	Peta penutupan lahan DAS Bekasi Hulu Tahun 2020	106
7.8	Persentase luas penutupan lahan DAS Bekasi Hulu Tahun 2020	106
7.9	Peta penutupan lahan DAS Bekasi Hulu Tahun 2021	107

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

7.10	Persentase luas penutupan lahan DAS Bekasi Hulu Tahun 2021	107
7.11	Peta penutupan lahan DAS Bekasi Hulu Tahun 2022	108
7.12	Persentase luas penutupan lahan DAS Bekasi Hulu Tahun 2022	108
7.13	Peta penutupan lahan DAS Bekasi Hulu Tahun 2023	109
7.14	Persentase luas penutupan lahan DAS Bekasi Hulu Tahun 2023	109
7.15	Peta tutupan lahan tiap titik pemantauan tahun 2018	111
7.16	Persentase luas tutupan lahan tiap titik pemantauan tahun 2018	111
7.17	Peta tutupan lahan tiap titik pemantauan tahun 2019	112
7.18	Persentase luas tutupan lahan tiap titik pemantauan tahun 2019	112
7.19	Peta tutupan lahan tiap titik pemantauan tahun 2020	113
7.20	Persentase luas tutupan lahan tiap titik pemantauan tahun 2020	113
7.21	Peta tutupan lahan tiap titik pemantauan tahun 2021	114
7.22	Persentase luas tutupan lahan tiap titik pemantauan tahun 2021	114
7.23	Peta tutupan lahan tiap titik pemantauan tahun 2022	115
7.24	Persentase luas tutupan lahan tiap titik pemantauan tahun 2022	115
7.25	Peta tutupan lahan tiap titik pemantauan tahun 2023	116
7.26	Persentase luas tutupan lahan tiap titik pemantauan tahun 2023	116
7.27	<i>Output KMO and Bartlett's test</i>	123
8.1	Variabel-variabel yang mempengaruhi kinerja sistem	131
8.2	Diagram lingkaran sebab-akibat (<i>Causal Loop</i>)	131
8.3	Diagram alir (<i>stock flow</i>) klaster sungai Cikeas	132
8.4	Diagram alir (<i>stock flow</i>) klaster sungai Cileungsi	133
8.5	Diagram alir (<i>stock flow</i>) klaster kali Bekasi Hulu	133
8.6	Diagram alir (<i>stock flow</i>) model pengendalian pencemaran nutrisi dan bahan organik di perairan DAS Bekasi Hulu	134
8.7	Kecenderungan laju beban pencemaran BOD (A), COD (B), NO_3^- (C), NO_2^- (D), NH_3 (E) dan PO_4^{3-} (F) hingga tahun 2030	135
8.8	Prediksi beban pencemaran perairan DAS Bekasi Hulu pada skenario moderat parameter BOD (A), COD (B), NO_3^- (C), NO_2^- (D), NH_3 (E) dan PO_4^{3-} (F) hingga tahun 2030	139
8.9	Prediksi beban pencemaran perairan DAS Bekasi Hulu pada skenario optimis parameter BOD (A), COD (B), NO_3^- (C), NO_2^- (D), NH_3 (E) dan PO_4^{3-} (F) hingga tahun 2030	139
9.1	Kuadran <i>Importance-Performance Analysis</i>	148
9.2	Perbandingan prioritas kriteria pengendalian pencemaran	150
9.3	Perbandingan prioritas alternatif strategi pengendalian pencemaran	150
9.4	Hierarki AHP	154
9.5	Diagram Kartesius <i>Importance Performance Analysis</i> (IPA)	156
9.6	Partisipasi masyarakat dalam mengendalikan pencemaran	158
9.7	Perilaku masyarakat membuang sampah	159
10.1	Model Pengendalian Pencemaran Nutrien dan Bahan Organik	165

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data Kualitas Perairan DAS Bekasi Hulu 2018-2023	187
2	Data Luas Tutupan Lahan Area <i>Euclidean Distance</i> Tahun 2018-2023	188
3	Output Analisis Anti-Image Matrices	189

Output Analisis Communalities	190
Output Analisis Component	191
Jenis Usaha/Kegiatan serta baku mutu air limbah	192

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.