

SKRIPSI

**STUDI PENGENDALIAN PENCEMARAN SUNGAI
CIKAKEMBANG MENGGUNAKAN ANALISIS HEC-RAS**



YUDHA PRIMUS KRISTIANTO

NPM : 6102001144

PEMBIMBING: Doddi Yudianto, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Finna Fitriana, S.T., M.S.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL

(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)

BANDUNG

JULI 2024

UNDERGRADUATE THESIS

**STUDY ON CONTROLLING POLLUTION OF
CIKAKEMBANG RIVER USING HEC-RAS ANALYSIS**



YUDHA PRIMUS KRISTIANTO

NPM : 6102001144

ADVISOR: Doddi Yudianto, Ph.D.

CO-ADVISOR: Finna Fitriana, S.T., M.S.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

(Accredited by SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)

BANDUNG

JULY 2024

SKRIPSI

**STUDI PENGENDALIAN PENCEMARAN SUNGAI
CIKAKEMBANG MENGGUNAKAN ANALISIS HEC-RAS**



YUDHA PRIMUS KRISTIANTO

NPM : 6102001144

BANDUNG, 25 JULI 2024

PEMBIMBING:

Ir. Doddi Yudianto, Ph.D.

KO-PEMBIMBING:

Ir. Finna Fitriana, S.T., M.S.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL

(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)

BANDUNG

JULI 2024

SKRIPSI

STUDI PENGENDALIAN PENCEMARAN SUNGAI CIKAKEMBANG MENGGUNAKAN ANALISIS HEC-RAS



YUDHA PRIMUS KRISTIANTO

NPM : 6102001144

PEMBIMBING: Ir. Doddi Yudianto, Ph.D.

KO-

PEMBIMBING: Ir. Finna Fitriana, S.T., M.S.

PENGUJI 1: Ir. Dr. Steven Reinaldo Rusli

PENGUJI 2: Ir. Stephen Sanjaya, S.T., M.Sc.


25/07/2024


25/07/2024


25/07/2024


26/07/2024

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL

(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)

BANDUNG

JULI 2024

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Yudha Primus Kristianto

Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 12 April 2002

NPM : 6102001144

Judul skripsi : **STUDI PENGENDALIAN PENCEMARAN
SUNGAI CIKAKEMBANG MENGGUNAKAN
ANALISIS HEC-RAS**

Dengan ini Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Bahwa tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak keserjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bandung, 25 Juli 2024



Yudha Primus Kristianto

STUDI PENGENDALIAN PENCEMARAN SUNGAI CIKAKEMBANG MENGGUNAKAN ANALISIS HEC-RAS

YUDHA PRIMUS KRISTIANTO

NPM: 6102001144

Pembimbing: Doddi Yudianto, Ph.D.

Ko-Pembimbing: Finna Fitriana, S.T., M.S.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL

(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)

BANDUNG

JULI 2024

ABSTRAK

Kecamatan Majalaya telah berkembang menjadi sebuah kawasan industri tekstil dengan dominasi pabrik dan pemukiman penduduk. Sungai Cikakembang, anak Sungai Citarum yang mengalir di kecamatan ini tercemar oleh pembuangan limbah industri dan domestik. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi beban limbah dan merumuskan skenario pengendalian pencemaran dengan memodelkan parameter BOD, DO, $\text{NH}_3\text{-N}$, dan TP. Proses dimulai dengan *sampling* air yang dilakukan untuk memperoleh data kualitas air yang akan diuji di laboratorium. Proses pemodelan menggunakan beberapa koefisien, seperti koefisien reaerasi (k_a) dari persamaan Jha (2003), koefisien deoksigenasi (k_d) dengan metode *simple method* (1950), dan koefisien dispersi (E_x) dari persamaan Iwasa dan Aya (1991) pada perangkat lunak HEC-RAS. Hasil kalibrasi model HEC-RAS menunjukkan konsentrasi yang sesuai dengan data pengujian. Di titik hilir (titik 9) misalnya, hasil yang didapatkan untuk debit limbah yang masuk adalah limbah domestik sebesar $0,4877 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan konsentrasi DO 1,8 mg/L, BOD 32 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 15 mg/L, dan TP 0,8 mg/L. Skenario pengendalian pencemaran terbaik adalah skenario 4, walaupun belum dapat memenuhi standar baku mutu air sungai kelas II. Pengendalian pencemaran akibat limbah industri dan domestik diperlukan dengan menurunkan konsentrasi limbah yang dibuang agar pencemaran dapat dikendalikan.

Kata Kunci: HEC-RAS, limbah industri, limbah domestik, pemodelan kualitas air, Sungai Cikakembang.

STUDY ON CONTROLLING POLLUTION OF CIKAKEMBANG RIVER USING HEC-RAS ANALYSIS

YUDHA PRIMUS KRISTIANTO

NPM: 6102001144

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

BACHELOR PROGRAM

(Accredited by SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)

BANDUNG

JULY 2024

ABSTRACT

The sub-district of Majalaya has evolved into a textile industry zone dominated by factories and residential areas. Cikakembang River, a tributary of the Citarum River flowing through this sub-district, is polluted by industrial and domestic waste disposal. This study aims to evaluate the waste load and formulate pollution control scenarios by modelling parameters such as BOD, DO, NH₃-N, and TP. The process begins with water sampling to obtain quality data for laboratory testing. Modeling involves several coefficients, such as the reaeration coefficient (k_a) from Jha's equation (2003), deoxygenation coefficient (k_d) using the simple method (1950), and dispersion coefficient (E_x) from Iwasa and Aya's equation (1991) in HEC-RAS software. Calibration results from the HEC-RAS model show concentrations consistent with test data. For example, at the downstream point (point 9), the calculated inflow of domestic waste is 0,4877 m³/s with DO concentration of 1,8 mg/L, BOD 32 mg/L, NH₃-N 15 mg/L, and TP 0,8 mg/L. The optimal pollution control scenario identified is scenario 4, although it still does not meet the class II river water quality standards. Controlling pollution from industrial and domestic waste is necessary by reducing the concentrations of discharged waste to manage pollution effectively.

Keywords: HEC-RAS, industrial waste, domestic waste, water quality modelling, Cikakembang River.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “STUDI PENGENDALIAN PENCEMARAN SUNGAI CIKAKEMBANG MENGGUNAKAN ANALISIS HEC-RAS”. Adapun penulisan skripsi tersebut sebagai syarat untuk memenuhi kelulusan dalam Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

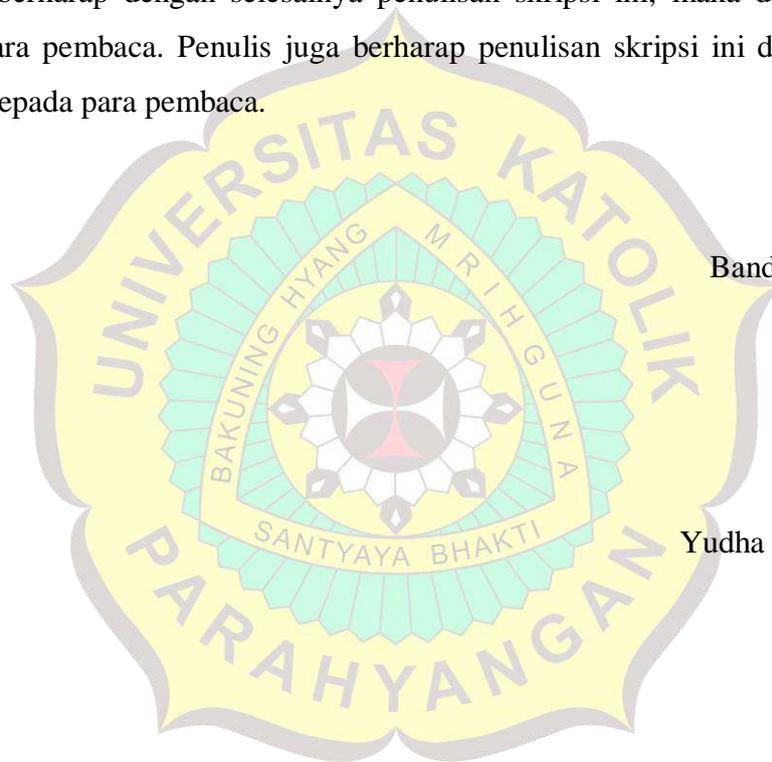
Tak hanya itu, penulis juga ingin menyampaikan rasa syukur dan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis. Hal ini dikarenakan tanpa bantuan, bimbingan,

1. Bapak Doddi Yudianto, Ph. D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, dan ilmu yang bermanfaat selama penulisan skripsi ini.
2. Ibu Finna Fitriana S.T., M.S. selaku ko-pembimbing yang membantu penulis dalam proses penulisan skripsi, khususnya dalam penggunaan aplikasi HEC-RAS, serta mendukung penulis dalam pengambilan sampel air hingga proses pemodelan.
3. Ibu Galuh, Pak Alman, Pak Nanang selaku laboran di Laboratorium Teknik Sumber Daya Air Universitas Katolik Parahyangan, yang telah membantu penulis dengan menguji sampel air sungai demi kelancaran skripsi ini.
4. Bapak Muslymin Syam, S.H., M.H. dan Ibu Khristina Andes selaku orang tua penulis yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan doa untuk kelancaran proses penulisan skripsi ini.
5. Bapak Henry Evamutam, Ibu Inge Dwi, Ibu E. Fitri Kirana Dewi, Mbah Ning, Jeremi, dan Mika selaku keluarga penulis di Bandung yang selalu memotivasi, menyemangati, dan mendoakan kelancaran skripsi ini.
6. Kak Andrea Polisar selaku penulis skripsi untuk studi sebelumnya yang memberikan banyak masukan dan bimbingan terkait pemodelan pada aplikasi HEC-RAS.
7. Rizky Prihandoko, selaku rekan penulis yang sejak dari SMA selalu memberikan dukungan dan bimbingan, hingga penulisan skripsi ini agar menghasilkan karya yang berkualitas.
8. Evely, Raul, Imam, dan Demirel selaku rekan seperjuangan dari bimbingan Bapak Doddi, yang selalu bersama-sama melalui proses penulisan skripsi baik dalam keadaan susah dan senang.

9. Kirana, Vasco, Fahren, Fathia, Gabs, Deianira, Izzan, Raysha, Rivan, Devin, Aldi, Ayu dan rekan futufucul lainnya yang selalu menyemangati penulis selama proses penulisan skripsi ini berlangsung.
10. Pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu karena banyaknya bantuan dan bimbingan yang diberikan kepada penulis dalam proses penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Hal ini dikarenakan terdapat keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan penulis dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan dan terbuka kepada kritik yang membangun terhadap penulisan skripsi ini.

Penulis berharap dengan selesainya penulisan skripsi ini, maka dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Penulis juga berharap penulisan skripsi ini dapat memberikan wawasan baru kepada para pembaca.



Bandung, 19 Juli 2024

Yudha Primus Kristianto

6102001144

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Inti Permasalahan.....	4
1.3. Tujuan Studi.....	4
1.4. Ruang Lingkup Studi.....	5
1.5. Metodologi Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	7
BAB II LANDASAN TEORI.....	8
2.1. Sumber Pencemaran Air Sungai.....	8
2.2. Teori Pemodelan Kualitas Air	9
2.2.1 Koefisien <i>Manning</i>	9
2.2.2 Metode Neraca Massa.....	10
2.2.3 Parameter Pemodelan Kualitas Air.....	12
2.2.3.1 <i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i>	12
2.2.3.2 <i>Dissolved Oxygen (DO)</i>	13
2.2.3.3 Amonia dalam N ($\text{NH}_3\text{-N}$).....	14

2.2.3.4 <i>Total Phosphorus (TP)</i>	14
2.2.4 Model HEC-RAS.....	15
2.2.4.1 Analisis Aliran Langgeng (<i>Steady Flow</i>).....	15
2.2.4.2 Pemodelan Kualitas Air	17
2.2.5 Ketelitian Hasil Pemodelan.....	17
2.2.5.1 Bias (Beda).....	17
2.2.5.2 <i>Relative Error</i>	17
2.3. Standar Baku Mutu Kualitas Air	17
BAB III METODOLOGI STUDI	20
3.1. Gambaran Umum Daerah Studi.....	20
3.2. Pengukuran Parameter Kualitas Air.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Data Kualitas Air Sungai Cikakembang	23
4.2. Evaluasi Kualitas Air Terhadap Standar Baku Mutu.....	24
4.3. Pemodelan Hidraulik.....	26
4.4. Pemodelan Kualitas Air	28
4.4.1. Penentuan Parameter Kualitas Air.....	28
4.4.2. Estimasi Beban Limbah Pencemar	29
4.4.3 Hasil Kalibrasi Pemodelan Kualitas Air	30
4.4.4 Skenario Pengendalian Pencemaran	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1. Kesimpulan.....	38
5.2. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	42

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Daftar Singkatan

BOD	:	<i>Biological Oxygen Demand</i>
BPS	:	Badan Pusat Statistik
COD	:	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
DAS	:	Daerah Aliran Sungai
DLH	:	Dinas Lingkungan Hidup
DO	:	<i>Dissolved Oxygen</i>
HEC-RAS	:	<i>Hydrologic Engineering Center's River Analysis System</i>
IPAL	:	Instalasi Pengolahan Air Limbah
LHK	:	Lingkungan Hidup dan Kehutanan
MW	:	Megawatt
NH ₃ -N	:	Amonia Nitrogen
PLTA	:	Pembangkit Listrik Tenaga Air
PP	:	Peraturan Pemerintah
TP	:	<i>Total Phosphorus</i>

Daftar Notasi

A	:	jarak titik potong pada sumbu y dilihat dari garis lurus (m)
B	:	kemiringan garis (<i>slope</i>)
C _{in}	:	konsentrasi polutan yang masuk (mg/L)
C _{out}	:	konsentrasi polutan yang keluar (mg/L)
C	:	koefisien kehilangan akibat penyempitan dan pelebaran
C	:	data simulasi
C _x	:	konsentrasi senyawa x (mg/L)
D	:	kebutuhan oksigen (mg/L)
$\frac{dC}{dt}$:	laju perubahan konsentrasi polutan terhadap waktu
E _x	:	koefisien dispersi (<i>day</i> ⁻¹)
g	:	gravitasi (m/s ²)
h _e	:	kehilangan energi (m)
H	:	kedalaman aliran (m)

k	: koefisien reaksi (day^{-1})
k_a	: koefisien reaerasi (day^{-1})
k_d	: koefisien deoksigenasi (day^{-1})
L	: kebutuhan oksigen biokimia (BOD) (mg/L)
L	: panjang bidang gesekan dari 2 <i>cross-section</i> (m)
n	: koefisien kekasaran <i>Manning</i> untuk sub-sub area
P	: keliling basah penampang sungai (m)
P_i	: keliling basah segmen ke-I (m)
Q_{in}	: debit masuk (m^3/s)
Q_{out}	: debit keluar (m^3/s)
R	: laju reaksi
t	: waktu (hari)
U	: kecepatan (m/s)
u	: kecepatan aliran (m/s)
U^*	: kecepatan geser (m/s)
\bar{u}	: kecepatan rata-rata (m/s)
V	: volume sistem (m^3/s)
w	: lebar saluran (m)
X	: data lapangan
x	: jarak (m)
Y_1, Y_2	: tinggi kedalaman pada <i>cross-section</i> 1 dan 2 (m)
Z_1, Z_2	: elevasi dasar saluran pada <i>cross-section</i> 1 dan 2 (m)
α_1, α_2	: koefisien kecepatan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Titik <i>Sampling</i>	4
Gambar 1. 2 Bagan Alir Metodologi Penelitian	6
Gambar 2. 1 Diagram Batas Persamaan Energi	16
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Titik <i>Sampling</i>	20
Gambar 3. 2 Dokumentasi Lokasi <i>Sampling</i>	21
Gambar 3. 3 Skematisasi <i>Sampling</i>	21
Gambar 4. 1 Hasil Pengujian BOD Sepanjang Ruas Sungai Cikakembang	24
Gambar 4. 2 Hasil Pengujian DO Sepanjang Ruas Sungai Cikakembang	25
Gambar 4. 3 Hasil Pengujian NH ₃ -N Sepanjang Ruas Sungai Cikakembang	25
Gambar 4. 4 Hasil Pengujian TP Sepanjang Ruas Sungai Cikakembang	26
Gambar 4. 5 Profil Tinggi Muka Air Hasil Pemodelan Hidraulik	27
Gambar 4. 6 Grafik Koefisien Reaerasi.....	29
Gambar 4. 7 Grafik Koefisien Dispersi	29
Gambar 4. 8 Hasil Kalibrasi Kualitas Air Parameter BOD	31
Gambar 4. 9 Hasil Kalibrasi Kualitas Air Parameter DO	32
Gambar 4. 10 Hasil Kalibrasi Kualitas Air Parameter NH ₃ -N.....	32
Gambar 4. 11 Hasil Kalibrasi Kualitas Air Parameter TP	33
Gambar 4. 12 Hasil Penerapan Skenario Pengendalian Pencemaran untuk BOD	36
Gambar 4. 13 Hasil Penerapan Skenario Pengendalian Pencemaran Untuk DO.....	36
Gambar 4. 14 Hasil Penerapan Skenario Pengendalian Pencemaran Untuk NH ₃ -N	37
Gambar 4. 15 Hasil Penerapan Skenario Pengendalian Pencemaran Untuk TP.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Koefisien <i>Manning</i>	10
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Sungai	18
Tabel 2. 3 Baku Mutu Limbah Domestik	19
Tabel 2. 4 Baku Mutu Limbah Industri	19
Tabel 3. 1 Metode Pengujian Parameter Kualitas Air	22
Tabel 4. 1 Data Konsentrasi Kualitas Air	23
Tabel 4. 2 Nilai Koefisien <i>Manning</i> Hasil <i>Trial and Error</i>	27
Tabel 4. 3 Hasil Pemodelan Hidraulik Terhadap Tinggi Muka Air	27
Tabel 4. 4 Nilai Koefisien Deoksigenasi	28
Tabel 4. 5 Debit Limbah Industri dan Domestik	30
Tabel 4. 6 Konsentrasi Limbah Industri dan Domestik	30
Tabel 4. 7 Nilai Bias dan <i>Relative Error</i> Rerata dari Hasil Kalibrasi Pemodelan	31
Tabel 4. 8 Skenario Pengendalian Pencemaran yang Diterapkan	34
Tabel 4. 9 Konsentrasi Limbah Skenario Pengendalian 4	35



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 TABEL PENAMPANG MELINTANG (<i>CROSS SECTION</i>).....	42
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN NILAI E_x	57
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN NILAI K_a	59



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan sungai sebagai suatu sumber air yang vital bagi kehidupan manusia sangatlah penting karena air merupakan kebutuhan esensial untuk konsumsi sehari-hari, pertanian, industri, hingga pariwisata. Namun, dengan estimasi sekitar 71% air yang menutupi permukaan bumi, sungai memiliki peran krusial dalam memenuhi kebutuhan air manusia yang relatif sedikit (Rahmani, 2018). Di Indonesia, terdapat salah satu sungai yang penting, yaitu Sungai Citarum yang memiliki peran utama sebagai penyedia air untuk Provinsi Jawa Barat. Pemanfaatan air Sungai Citarum telah lama dilakukan dan berguna untuk berbagai keperluan, termasuk irigasi, kebutuhan rumah tangga, industri, dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) (DLH, 2018). Air Sungai Citarum menyumbang kebutuhan untuk 3 PLTA utama, yaitu Saguling, Cirata, dan Jatiluhur yang dapat menghasilkan energi hingga 2000 MW listrik (Rahmani, 2018). Selain itu, Sungai Citarum yang memiliki luas daerah aliran sungai (DAS) terbesar di Provinsi Jawa Barat dengan luas mencapai 6.614 km², merupakan sumber air utama bagi populasi sebanyak 18,64 juta jiwa yang tinggal di sepanjang alirannya (Polisar, 2023; BPS, 2016).

Meskipun memiliki peran penting sebagai penyuplai air, Sungai Citarum saat ini menghadapi masalah pencemaran serius yang berasal dari berbagai sumber, terutama akibat limbah industri dan domestik. Kedua jenis limbah tersebut diduga menjadi penyebab utama pencemaran yang dapat menurunkan kualitas air sungai karena mengandung limbah organik dalam jumlah yang besar. Laporan dari *Green Cross Switzerland and Blacksmith Institute* pada tahun 2013 menyatakan bahwa Sungai Citarum merupakan tempat paling tercemar dan terkotor di dunia. Namun, laporan terbaru terkait Sungai Citarum pada tahun 2023 menunjukkan bahwa sungai ini telah mengalami perbaikan kualitas air akibat penerapan program Citarum Harum yang dimulai sejak tahun 2018 (Rachman, 2023). Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Citarum membaik ke status tercemar ringan dari sebelumnya tercemar berat saat program Citarum Harum dimulai (Rachman, 2023). Meski demikian, perbaikan kualitas air Sungai Citarum belum dapat memenuhi standar baku mutu air sungai kelas II dan masih menunjukkan pencemaran di beberapa titik akibat 200 pabrik tidak memiliki IPAL yang memadai (Rachman, 2023). Salah satu daerah yang diduga menjadi sumber pencemar utama,

terutama bagi Sungai Citarum hulu adalah Kecamatan Majalaya. Daerah ini sejak abad ke-20 telah berdiri sebagai suatu kawasan industri tekstil dan berperan atas 60% produksi tekstil di Provinsi Jawa Barat (Handayani, 2019). Pencemaran yang berasal dari kecamatan ini umumnya disebabkan oleh aktivitas industri sekitar yang mampu menghasilkan limbah hingga 2.800 ton yang mencemari sungai (Ramadhana, 2015). Selain itu, dominasi pemukiman penduduk yang tersebar di kecamatan ini juga turut berperan dalam pencemaran sungai melalui limbah domestik. Kedua hal tersebut menjadikan Kecamatan Majalaya sebagai salah satu sumber pencemaran utama di Sungai Citarum, terutama pada Sungai Cikakembang yang merupakan anak sungai Citarum yang mengalir di kecamatan tersebut.

Dalam mengendalikan permasalahan terkait pencemaran limbah di sungai, Pemerintah Indonesia mengeluarkan berbagai peraturan dan regulasi berupa penyusunan standar baku mutu kualitas air. Beberapa regulasi yang menjadi dasar adalah Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang digunakan sebagai regulasi baku mutu air sungai, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) No. P.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) No. P.16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Limbah Industri Tekstil. Namun, upaya tersebut belum berhasil mengatasi tingkat pencemaran di Sungai Citarum, termasuk Sungai Cikakembang. Kualitas air Sungai Cikakembang terus menurun sejak tahun 2013 hingga tahun 2021 karena dampak pencemaran dari industri tekstil dan pemukiman penduduk yang padat disekitarnya. Hal ini menyebabkan peningkatan konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan Amonia Nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) di sebagian besar daerah hilir sungai (Fitriana dkk., 2023).

Disamping peraturan perundang-undangan yang telah dijelaskan sebelumnya, Pemerintah Indonesia juga mengeluarkan regulasi guna pengendalian pencemaran sungai, yaitu dengan mengeluarkan Peraturan Presiden No. 15 Tahun 2018 tentang Percepatan Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Sungai Citarum untuk penanganan pencemaran yang terjadi (Fitriana dkk., 2023). Pada tahun 2020, dilakukan pemantauan kualitas air berdasarkan Peraturan Presiden tersebut dengan memanfaatkan akuarium yang dipasang di Sungai Cikakembang sebagai kontrol limbah industri dan domestik (Fitriana dkk., 2023). Namun, tindakan tersebut terbukti tidak efektif dalam mengurangi tingkat pencemaran karena akuarium sudah tidak digunakan lagi sejak tahun 2022 karena alasan yang tidak diketahui (Fitriana dkk., 2023).

Berbagai studi terus dilakukan untuk menelusuri tingkat pencemaran yang terjadi di Sungai Cikakembang sebagai upaya antisipasi dan pengendalian pencemaran. Studi sebelumnya yang dilakukan pada tahun 2023 menunjukkan bahwa pencemaran masih terus terjadi di Sungai Cikakembang karena hasil pengujian kualitas air sungai tersebut belum memenuhi standar baku mutu kelas II (Polisar, 2023). Pemodelan kualitas air dengan memodelkan beberapa parameter, yaitu *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Dissolved Oxygen* (DO) dan Amonia Nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) dilakukan menggunakan perangkat lunak *Hydrologic Engineering Center's River Analysis System* (HEC-RAS) di lima titik Sungai Cikakembang bagian hulu, termasuk tiga titik *outfall* industri (Polisar, 2023). Diantara berbagai jenis model kualitas air yang tersedia saat ini, studi sebelumnya memilih HEC-RAS sebagai perangkat lunak untuk memodelkan kualitas air karena didasarkan pada kemampuan HEC-RAS yang memungkinkan pengguna untuk secara bersamaan mengembangkan model hidraulik dan kualitas air (Hussein, 2015). Pemodelan hidraulik pada HEC-RAS diketahui lebih mendetail dibandingkan dengan perangkat serupa karena mampu memodelkan berbagai bentuk penampang sungai, sehingga hasil pemodelan kualitas air akan lebih akurat (Halaj dkk., 2013).

Studi ini melanjutkan studi sebelumnya dengan mengevaluasi konsentrasi limbah industri tekstil dan domestik di Sungai Cikakembang menggunakan perangkat lunak yang sama, yaitu HEC-RAS. Parameter yang dimodelkan adalah BOD, DO, $\text{NH}_3\text{-N}$, dan *Total Phosphorus* (TP), dengan penggunaan koefisien dispersi yang sama seperti studi sebelumnya. Sementara itu, koefisien reaerasi dan deoksigenasi yang sesuai akan dicari untuk membantu proses evaluasi beban limbah, khususnya untuk parameter BOD dan DO. Pemodelan tiga parameter yang sama dalam studi ini bertujuan untuk perbandingan tingkat pencemaran, sementara penambahan TP bertujuan untuk memberikan variasi tambahan terkait pencemaran yang terjadi di Sungai Cikakembang, khususnya yang disebabkan oleh limbah domestik. Studi ini juga mencakup daerah hilir sungai, memperluas cakupan daerah studi berdasarkan saran dari studi sebelumnya, untuk memberikan pemahaman lebih menyeluruh tentang pencemaran di Sungai Cikakembang di sepanjang ruas sungai dari hulu hingga hilir. Hasil pemodelan kemudian digunakan untuk merumuskan alternatif skenario pengendalian pencemaran agar Sungai Cikakembang memenuhi standar baku mutu air sungai kelas II.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Titik *Sampling*

(Sumber : *Google Earth*, 2024)

1.2. Inti Permasalahan

Pencemaran pada Sungai Citarum yang terjadi saat ini salah satunya diduga berasal dari pembuangan limbah pada anak sungainya, yaitu Sungai Cikakembang. Kawasan industri dan pemukiman penduduk yang berdiri di Kecamatan Majalaya dan terletak di daerah aliran Sungai Cikakembang, berkontribusi pada pencemaran yang terjadi di sungai tersebut, terutama melalui limbah organik yang berasal dari aktivitas domestik dan industri. Dengan mempertimbangkan hasil studi sebelumnya, maka studi ini akan berfokus pada evaluasi konsentrasi beban limbah yang masuk ke Sungai Cikakembang dengan memodelkan parameter BOD, DO, $\text{NH}_3\text{-N}$, dan TP. Pemodelan keempat parameter dilakukan pada perangkat lunak HEC-RAS. Hasil pemodelan kemudian digunakan untuk merumuskan alternatif skenario pengendalian pencemaran yang terjadi di Sungai Cikakembang.

1.3. Tujuan Studi

Tujuan yang dimiliki pada studi ini diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Mengevaluasi konsentrasi beban limbah yang masuk ke Sungai Cikakembang dengan memodelkan parameter BOD, DO, $\text{NH}_3\text{-N}$, dan TP menggunakan perangkat lunak HEC-RAS.
2. Merumuskan alternatif skenario pengendalian pencemaran Sungai Cikakembang berdasarkan hasil pemodelan HEC-RAS.

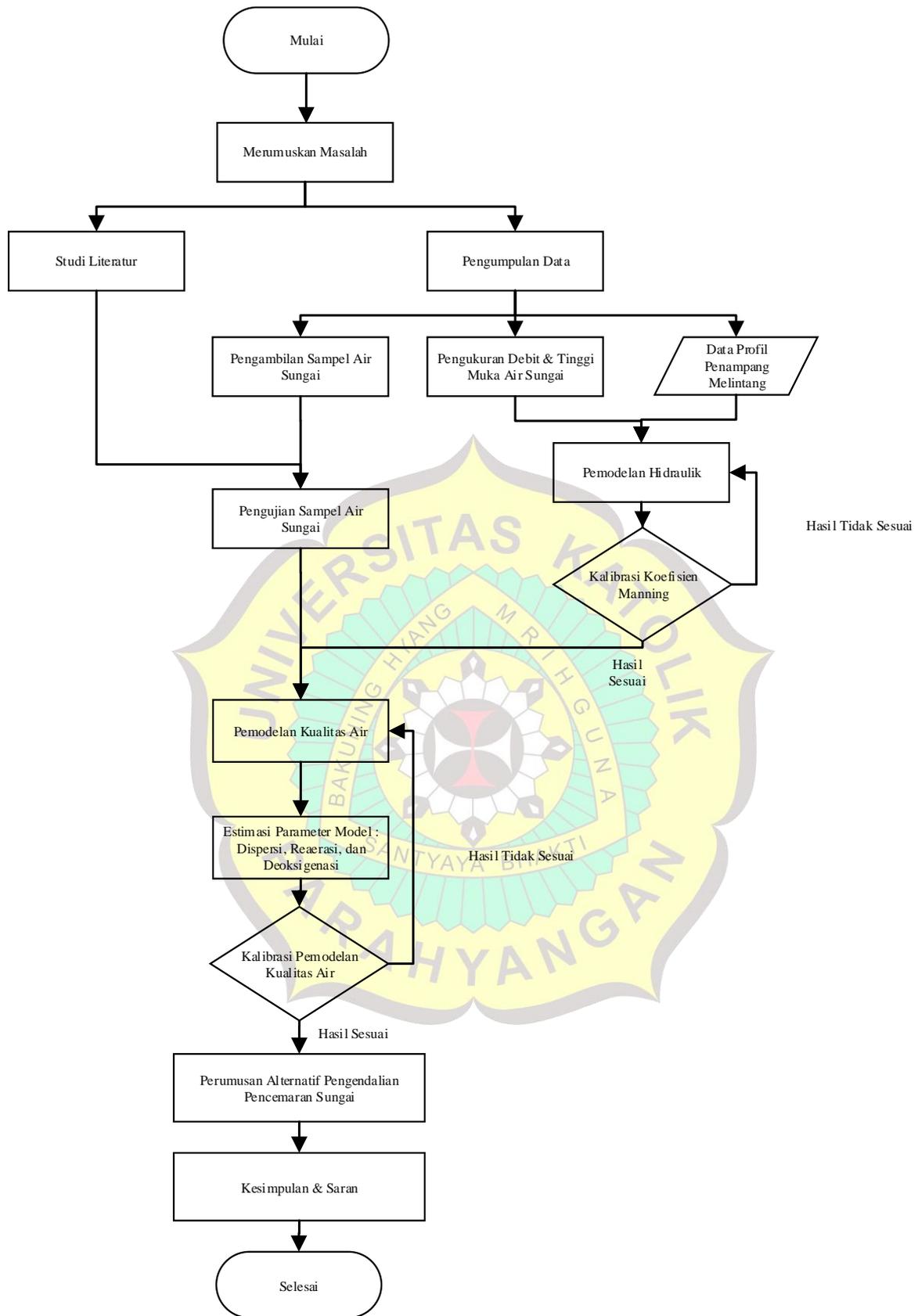
1.4. Ruang Lingkup Studi

Pembahasan masalah pada studi ini mempunyai ruang lingkup diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Data yang diambil untuk pengujian pada studi ini berasal dari anak Sungai Citarum, yaitu Sungai Cikakembang. Daerah Sungai Cikakembang yang ditinjau memiliki panjang sekitar 5,63 km. Terdapat 12 titik pengambilan sampel dari sekitar panjang sungai yang ditinjau 5,63 km. Dari 12 titik *sampling*, 9 titik diantaranya diambil di sepanjang ruas sungai dan 3 titik lainnya diambil dari titik *outfall* pembuangan limbah industri.
2. Sampel air diambil sebanyak 1 kali, yaitu pada musim kemarau tanggal 5 Juni 2024.
3. Data dalam studi ini juga didukung oleh hasil pengukuran eksternal dari surveyor, yang mencakup penampang melintang sungai dan penambahan debit di sepanjang ruas Sungai Cikakembang.
4. Evaluasi konsentrasi beban limbah yang masuk ke Sungai Cikakembang dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 5.0.1 dengan memperhitungkan kombinasi koefisien dispersi yang sama seperti studi sebelumnya. Kombinasi koefisien reaerasi dan deoksigenasi yang sesuai akan dicari pada studi ini untuk membantu evaluasi konsentrasi beban limbah, khususnya untuk memperhitungkan nilai DO dan BOD. Selain itu, asumsi aliran yang diterapkan pada studi ini adalah *steady flow* karena tidak tersedianya data *time series* atau runtut waktu untuk debit Sungai Cikakembang.

1.5. Metodologi Penelitian

Proses mulainya studi ini diawali dengan perumusan hingga penetapan batasan ruang lingkup masalah yang akan dibahas. Selanjutnya, proses yang dilakukan adalah studi literatur terdahulu dan pengumpulan data terkait kualitas air sungai yang akan dievaluasi kandungannya. Selanjutnya, evaluasi kandungan beban limbah dilakukan pada perangkat lunak HEC-RAS dan menghasilkan pemodelan kualitas air yang juga akan divalidasi berdasarkan data pengukuran dan pengujian sampel di laboratorium. Hasil pemodelan yang didapatkan dari evaluasi kandungan beban limbah Sungai Cikakembang akan dijadikan dasar untuk perumusan alternatif skenario pengendalian pencemaran yang terjadi di Sungai Cikakembang. Bagan alir metodologi penelitian pada studi ini ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Bagan Alir Metodologi Penelitian

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada studi ini diantaranya adalah sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, inti permasalahan, tujuan studi, ruang lingkup studi, metodologi penelitian yang berisi bagan alir metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisi penjelasan teori yang berasal dari studi literatur mengenai sumber pencemaran air sungai, teori pemodelan kualitas air, termasuk koefisien *Manning*, metode neraca massa, parameter pemodelan yang dimodelkan dalam studi ini, model HEC-RAS, ketelitian model, hingga regulasi standar baku mutu kualitas air sungai dan limbah.

BAB 3 METODOLOGI STUDI

Bab ini menjelaskan kondisi daerah studi yang meliputi Sungai Cikakembang di Kawasan Industri Majalaya, Kecamatan Majalaya, Kabupaten Bandung, dan metode pengujian yang diterapkan pada parameter pemodelan kualitas air.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan evaluasi kualitas air Sungai Cikakembang yang diuji dan diukur di lapangan dan laboratorium terhadap standar baku mutu kualitas air sungai kelas II. Kemudian bagian ini juga menjelaskan pemodelan hidraulik dan pemodelan kualitas air yang mencakup hasil kalibrasi pemodelan dan hasil penerapan skenario pengendalian pencemaran yang dilakukan terhadap Sungai Cikakembang dengan menggunakan analisis HEC-RAS.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan dan saran berdasarkan kesimpulan yang diperoleh untuk digunakan pada studi selanjutnya.