

**PERANCANGAN KURVA LENGKUNG
DEBIT ALIRAN DAN SEDIMEN DI SUNGAI KENALI BESAR**



TESIS

Dedi Pranaka Putra

NIM : P2F121001

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS JAMBI**

2025

**PERANCANGAN KURVA LENGKUNG
DEBIT ALIRAN DAN SEDIMEN DI SUNGAI KENALI BESAR**



TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Ilmu Lingkungan**

Dedi Pranaka Putra

NIM : P2F121001

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS JAMBI**

2025

PERNYATAAN ORISINILITAS DAN BEBAS PLAGIARISME

Nama : Dedi Pranaka Putra
Bidang Ilmu : Interdisiplin
Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan
Judul Tesis : Perancangan Kurva Lengkung Debit Aliran dan Sedimen di Sungai
Kenali Besar

Saya yang bertandatangan di bawah ini dengan sebenarnya menyatakan bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Jambi. Semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Apabila di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang dijatuhkan oleh Universitas Jambi kepada saya.

Jambi, Juli 2025

Materai
Rp. 10.000,-

Dedi Pranaka Putra
NIM P2F121001

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

Dengan ini Pembimbing Tesis, menyatakan bahwa penelitian tesis yang disusun oleh:

Nama : Dedi Pranaka Putra
Nomor Mahasiswa : P2F121001
Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan
Judul : Perancangan Kurva Lengkung Debit Aliran dan Sedimen
di Sungai Kenali Besar

Telah layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Magister sesuai dengan prosedur, ketentuan dan kelaziman yang berlaku.

Jambi, Juli 2025

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Prof. Dr. Ir. Aswandi, M.Si.
NIP 196212271990011001

Prof. Dr. Ir. Sunarti, SP, MP.
NIP 197312271999032003

HALAMAN PERSETUJUAN KETUA PROGRAM STUDI

Dengan ini Ketua Program Studi, menyatakan bahwa:

Nama : Dedi Pranaka Putra
Nomor Mahasiswa : P2F121001
Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan
Judul : Perancangan Kurva Lengkung Debit Aliran dan Sedimen
di Sungai Kenali Besar

Telah memenuhi semua persyaratan administrasi akademik dan keuangan, untuk mencapai tahap memperoleh gelar Magister.

Jambi, Juli 2025
Ketua Program Studi,

Dr. Ir. Mohd. Zuhdi, M.Sc.
NIP 196705071994031006

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis dengan judul : Perancangan Kurva Lengkung Debit Aliran dan Sedimen di Sungai Kenali Besar, yang ditulis oleh Dedi Pranaka Putra NIM P2F121001 telah dipertahankan dihadapan Tim/Dewan Penguji Ujian Naskah Tesis Program Studi Magister Ilmu Lingkungan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 07 Juli 2025

Tempat : Ruang Kelas Lantai 2 PPS UNJA

SUSUNAN TIM/DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1.	Dr. Ir. Asmadi Sa'ad, M.Si	Ketua Penguji	
2.	Prof. Dr. Ir. Anis Tatik Maryani, M.P	Penguji Anggota	
3.	Prof. Dr. Ir. Ajidirman, M.P	Penguji Anggota	
4.	Prof. Dr. Ir. Aswandi, M.Si	Pembimbing Ketua	
5.	Prof. Dr. Ir. Sunarti, S.P., M.P	Pembimbing Anggota	

Mengesahkan
Direktur Program Pascasarjana
Universitas Jambi

Prof. Dr. Dra. Muazza, M.Si.
NIP 196711081995112001

Jambi, Juli 2025

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Magister Ilmu Lingkungan

Dr. Ir. Mohd. Zuhdi, M.Sc.
NIP 196705071994031006

BIODATA PENULIS



Penulis, **Dedi Pranaka Putra** dilahirkan di Desa Mendalo Darat, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi pada tanggal 11 Januari 1996, anak ke tiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Afkarudhi dan Ibu Jaminah. Penulis menikah dengan Reni Kumalasari di tahun 2023 dan dikaruniai seorang putri bernama Bija Munajima, umur 9 bulan.

Penulis adalah penganut agama Islam dan saat ini bertempat tinggal di Dusun Kota Graha, RT 010 RW 002, Desa Mendalo Darat, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi, Kode Pos 36361.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di MIN 4 Muaro Jambi, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di MTsN 5 Kenali Besar Kota Jambi dan pendidikan menengah atas di SMA Nusantara Kota Jambi. Penulis melanjutkan pendidikan jenjang S-1 di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Jambi dan lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2021 penulis melanjutkan pendidikan jenjang S-2 yang ditempuh di Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Jambi.

Penulis saat ini bekerja di bidang konsultan sipil/pembangunan dengan keahlian sebagai drafter yang menghasilkan gambar teknis presisi, quantity engineer yang mahir dalam perhitungan estimasi biaya dan volume pekerjaan, supervisor yang bertanggung jawab atas pengawasan dan koordinasi proyek di lapangan, serta surveyor yang cakap dalam pengukuran dan pemetaan lahan.

Saat ini, Penulis bergabung dengan Persatuan Insinyur Indonesia (PII), sebuah bentuk dedikasi kuat terhadap pengembangan profesional dan standar etika dalam dunia sains dan teknologi. Pengalaman praktis yang mendalam, dikombinasikan dengan keterlibatan dalam organisasi profesi Persatuan Insinyur Indonesia (PII), memberikan penulis perspektif yang kaya dan relevan pada penelitian akademis yang dilakukan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Perancangan Kurva Lengkung Debit Aliran dan Sedimen di Sungai Kenali Besar” yang dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sains Ilmu Lingkungan Program Studi Ilmu Lingkungan pada Program Pascasarjana Universitas Jambi. Penulis selalu mendapatkan dorongan dan bantuan dari berbagai pihak sehingga segala rintangan yang penulis hadapi dapat teratasi. Oleh sebab itu, dengan telah selsesainya tesis ini maka penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Helmi., S.H., M.H selaku Rektor Universitas Jambi.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Muazza, M.Si. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Jambi.
3. Bapak Dr. Ir. Mohd. Zuhdi, M.Sc selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Jambi.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Aswandi, M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tesis ini.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Sunarti, S.P.,M.P. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tesis ini.
6. Bapak Dr. Ir. Asmadi Sa’ad, M.Si, Ibu Prof. Dr. Ir. Anis Tatik Maryani, M.P, dan Bapak Prof. Dr. Ir. Ajidirman, M.P selaku dewan penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran dalam penyusunan tesis ini.
7. Kedua orang tua, istri dan anak yang selalu memberikan doa, motivasi, dukungan, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata penulis berdoa, semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Jambi, Juli 2025

Penulis

PERANCANGAN KURVA LENGKUNG DEBIT ALIRAN DAN SEDIMEN DI SUNGAI KENALI BESAR

Dedi Pranaka Putra, Aswandi, Sunarti.

Abstrak

Ketersediaan persamaan kurva lengkung debit aliran dan kurva lengkung debit sedimen di suatu sungai sangat penting untuk memprediksi debit aliran sungai dan debit sedimen sungai. kurva lengkung debit aliran dan kurva lengkung debit sedimen telah banyak digunakan sebagai salah satu metode empiris yang menghubungkan konsentrasi antara debit aliran dan debit sedimen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan persamaan kurva lengkung debit aliran dan sedimen di sungai Kenali Besar. Penelitian ini menggunakan data primer berupa data hidrometri (lebar saluran, kedalaman aliran, kecepatan aliran dan sampel konsentrasi sedimen), kemudian menganalisis hubungan data tinggi muka air, debit aliran dan debit sedimen untuk membuat persamaan kurva lengkung debit aliran dan sedimen. Persamaan kurva lengkung debit aliran dan sedimen ditentukan dengan menggunakan uji analisis regresi pangkat (*power regression*). Hasil penelitian menunjukkan metode regresi pangkat (*power regression*) memperoleh persamaan untuk kurva lengkung debit aliran dengan nilai $R^2 = 0,9356$ dan $r = 0,9672$ dengan persamaan $Q = 1,4988_{TMA}^{2,2085}$ dan untuk kurva lengkung debit sedimen dengan nilai $R^2 = 0,9774$ dan $r = 0,9886$ dengan persamaan $Q_s = 0,046Q^{1,5721}$.

Kata kunci: *Kurva Lengkung Debit Aliran, Kurva Lengkung Debit Sedimen, Sungai Kenali Besar.*

DESIGN OF DISCHARGE AND SEDIMENT RATING CURVE IN THE KENALI BESAR RIVER

Dedi Pranaka Putra, Aswandi, Sunarti.

Abstract

The availability of water discharge curve equations and sediment discharge curve equations in a river is very important for predicting river water discharge and river sediment discharge. Water discharge curves and sediment discharge curves have been widely used as one of the empirical methods that link the concentration between water discharge and sediment discharge. This study aims to determine the equations for the discharge rating curve and sediment rating curve in the Kenali Besar River. This study uses primary data in the form of hydrometric data (channel width, flow depth, flow velocity, and sediment concentration samples), then analyzes the relationship between water level, water discharge, and sediment discharge data to create equations for the discharge rating curve and sediment rating curve. The equations for the discharge rating curve and sediment rating curve are determined using power regression analysis. The results of the study show that the power regression method obtained an equation for the water discharge rating curve with an $R^2 = 0,9356$ and $r = 0,967$ and the equation $Q = 1,4988_{TMA}^{2,2085}$ and for the sediment rating curve with an $R^2 = 0,9774$ and the equation $Q_s = 0,046Q^{1,5721}$.

Key word: Discharge Rating Curve, Kenali Besar River, Sediments Rating Curve.

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk memahami dinamika hidrologi dan transportasi sedimen di Sungai Kenali Besar, dengan fokus pada pembangunan kurva lengkung debit aliran dan kurva lengkung debit sedimen yang belum tersedia. Sungai Kenali Besar, yang terletak di Kota Jambi dan Kabupaten Muaro Jambi, diklasifikasikan sebagai DAS sangat kecil (mikro) dengan luas 3562,04ha, memiliki iklim basah tipe B, didominasi oleh tanah Kambisol Distrik (77,83%), dan sebagian besar memiliki kemiringan lereng landai. Hasil analisis spasial menunjukkan perubahan tutupan lahan yang signifikan antara tahun 2019 dan 2024. Area bangunan meningkat dari 1361,15ha menjadi 1697,43ha, dan lahan terbuka meningkat dari 371,41ha menjadi 525,10ha. Sebaliknya, tutupan vegetasi menurun drastis dari 1829,48ha menjadi 1339,51ha. Perubahan ini mengindikasikan peningkatan limpasan permukaan dan potensi erosi. Morfometri DAS menunjukkan rasio pemanjangan (R_e) 0,79, rasio pembulatan (R_c) 0,1 (menunjukkan bentuk memanjang), relief dasar 56m, relief rasio 3,92, indeks pencabangan sungai 8,83 (menunjukkan banyak cabang), dan kerapatan drainase sebesar 2,63 Km/Km² (drainase sedang). Pengukuran di lokasi penelitian menunjukkan fluktuasi debit aliran yang ekstrem, dari minimum 0,16 m³/dtk hingga maksimum 18,49 m³/dtk, yang menegaskan karakteristik sungai yang sangat responsif terhadap curah hujan dan rentan banjir. Konsentrasi sedimen (CS) juga menunjukkan variasi yang signifikan, dari 0,003Kg/dtk pada aliran rendah hingga 4,81Kg/dtk pada aliran tinggi. Hal ini mengindikasikan korelasi positif yang kuat antara debit aliran dan beban sedimen yang diangkut, menunjukkan adanya proses erosi aktif di DAS Kenali Besar. Temuan ini diperkuat oleh fakta bahwa kapasitas penampang sungai mengalami penurunan dari 27,44m² pada Juli 2024 menjadi 25,91m² pada Mei 2025, yang sebagian besar disebabkan oleh sedimentasi. Persamaan kurva lengkung debit aliran adalah $Q = 1,4988_{TMA}^{2,2085}$ dengan nilai $R^2 = 0,9356$ dan $r = 0,9672$ yang menunjukkan bahwa model ini dapat diandalkan untuk estimasi/prediksi debit aliran di sungai Kenali Besar, sedangkan persamaan kurva lengkung debit sedimen $Q_s = 0,046Q^{1,5721}$ dengan $R^2 = 0,9774$ dan $r = 0,9886$, yang menunjukkan model dapat diandalkan untuk estimasi/prediksi debit sedimen di Sungai Kenali Besar.

SUMMARY

This study aims to understand the hydrological dynamics and sediment transport in the Kenali Besar River, with a focus on developing discharge curves and sediment discharge curves that are not yet available. The Kenali Besar River, located in the city of Jambi and Muaro Jambi Regency, is classified as a very small (micro) watershed with an area of 3,562.04 ha, has a wet climate type B, is dominated by Kambisol District soil (77.83%), and mostly has gentle slopes. Spatial analysis results indicate significant changes in land cover between 2019 and 2024. The built-up area increased from 1,361.15 ha to 1,697.43 ha, and open land increased from 371.41 ha to 525.10 ha. Conversely, vegetation cover decreased drastically from 1,829.48 ha to 1,339.51 ha. These changes indicate an increase in surface runoff and erosion potential. Watershed morphometry shows an elongation ratio (Re) of 0.79, a roundness ratio (Rc) of 0.1 (indicating an elongated shape), a base relief of 56 m, a relief ratio of 3.92, a river branching index of 8.83 (indicating many branches), and a drainage density of 2.63 km/km² (moderate drainage). Measurements at the study site showed extreme fluctuations in flow rate, ranging from a minimum of 0.16 m³/s to a maximum of 18.49 m³/s, confirming the river's highly responsive nature to rainfall and flood susceptibility. Sediment concentration (SC) also showed significant variation, from 0.003 kg/s at low flow to 4.81 kg/s at high flow. This indicates a strong positive correlation between flow rate and sediment load, suggesting active erosion processes in the Kenali Besar watershed. This finding is reinforced by the fact that the river cross-sectional area decreased from 27.44 m² in July 2024 to 25.91 m² in May 2025, primarily due to sedimentation. The flow rate curve equation is $Q = 1.4988TMA2.2085$ with an R^2 value of 0.9356 and $r = 0.9672$, indicating that this model is reliable for estimating/predicting flow rates in the Kenali Besar River, while the sediment discharge curve equation is $Q_s = 0.046Q1.5721$ with $R^2 = 0.9774$ and $r = 0.9886$, indicating that the model is reliable for estimating/predicting sediment discharge in the Kenali Besar River.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINILITAS DAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PERSETUJUAN KETUA PROGRAM STUDI	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
BIODATA PENULIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
Abstrak.....	viii
<i>Abstract</i>	ix
RINGKASAN.....	x
SUMMARY.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Tujuan penelitian.....	4
1.4 Manfaat penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Landasan Teori.....	5
2.1.1 Sungai dan daerah aliran sungai	5
2.1.2 Debit aliran sungai	6
2.1.3 Sedimen sungai	8
2.2 Penelitian Terdahulu	9
2.3 Kerangka Berfikir.....	14
2.4 Hipotesis.....	15
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Bahan dan Alat	16
3.3 Metode Penelitian.....	16
3.4 Tahapan Penelitian	16

3.4.1	Sumber data	16
3.4.2	Tahap-tahap penelitian.....	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		24
4.1	Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	24
4.1.1	Kondisi umum geografis.....	24
4.1.2	Iklim dan curah hujan	27
4.1.3	Biofisik DAS Kenali Besar.....	29
4.1.4	Morfometri DAS Kenali Besar	37
4.2	Kondisi Eksisting Sungai Kenali Besar	46
4.3	Profil Penampang Sungai Kenali Besar	49
4.4	Debit Aliran Sungai Kenali Besar.....	51
4.5	Kurva Lengkung Debit Aliran (<i>Dischrage Rating Curve</i>).....	52
4.6	Evaluasi Model Kurva Lengkung Debit Aliran	56
4.7	Debit Sedimen Sungai Kenali Besar	57
4.8	Kurva Lengkung Debit Sedimen (<i>Sediment Rating Curve</i>).....	58
4.9	Evaluasi Model Kurva Lengkung Debit Sedimen	60
4.10	Implikasi Kurva Lengkung Debit Aliran dan Sedimen.....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA		65
DAFTAR LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria Koefisien Determinasi.....	9
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3. 1 Jenis dan Sumber Data.....	17
Tabel 4. 1 Luas Wilayah Administrasi di DAS Kenali Besar	24
Tabel 4. 2 Distribusi Jenis Tanah di DAS Kenali Besar.....	31
Tabel 4. 3 Kelas dan Nilai Skor Kemiringan Lereng	31
Tabel 4. 4 Lereng (<i>slope</i>) DAS Kenali Besar	32
Tabel 4. 5 Tutupan Lahan DAS Kenali Besar Tahun 2019 dan 2024	34
Tabel 4. 6 Klasifikasi DAS	37
Tabel 4. 7 Orde dan Tingkat Pencabangan Sungai Kenali Besar	42
Tabel 4. 8 Klasifikasi Indeks Densitas Drainase (Dd).....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Berfikir	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Peneitian	18
Gambar 3. 2 Sketsa Penampang Melintang Sungai	20
Gambar 4. 1 Peta Wilayah DAS Kenali Besar	25
Gambar 4. 2 Peta Jenis Tanah DAS Kenali Besar	30
Gambar 4. 3 Peta Kelerengan DAS Kenali Besar	33
Gambar 4. 4 Peta Tutupan Lahan DAS Kenali Besar 2019 & 2024	36
Gambar 4. 5 Peta Topografi DAS Kenali Besar	41
Gambar 4. 6 Peta Orde Sungai DAS Kenali Besar	43
Gambar 4. 7 Peta Kerapatan Jaringan Sungai di DAS Kenali Besar	45
Gambar 4. 8 Foto Eksisting Lokasi Penelitian	47
Gambar 4. 9 Profil Penampang Sungai Kenali Besar	50
Gambar 4. 10 Kurva Lengkung Debit Aliran Sungai Kenali Besar	52
Gambar 4. 11 Kurva Lengkung Debit Sedimen Sungai Kenali Besar	58

DAFTAR RUMUS

(3. 1) Rumus Luas Penampang	20
(3. 2) Rumus Debit per Segmen.....	21
(3. 3) Rumus Debit Aliran	22
(3. 4) Rumus Debit Sedimen.....	22
(4.1) Rumus Rasio Pemanjangan (Re).....	38
(4.2) Rumus Rasio Pembulatan (Rc)	39
(4.3) Rumus Relief Dasar (R)	39
(4.4) Rumus Relief Rasio (Rr).....	40
(4.5) Rumus Densitas Drainage (Dd)	44

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Pelaksanaan Pengukuran Debit Aliran Dengan Alat Currentmeter
- Lampiran 2 Langkah Pengukuran Sedimen
- Lampiran 3 Tabel Curah Hujan Rata-Rata (mm)
- Lampiran 4 Tabel Curah Hujan 24 Jam Sebelum Pengambilan Sampel
- Lampiran 5 Tabel Perhitungan Debit Aliran Sungai Kenali Besar
- Lampiran 6 Tabel Perhitungan Debit Sedimen Sungai Kenali Besar
- Lampiran 7 Hasil Uji Regresi *Discharge Rating Curve* dengan IBM SPSS 27
- Lampiran 8 Hasil Uji Regresi *Sediment Rating Curve* dengan IBM SPSS 27
- Lampiran 9 Dokumentasi Penelitian

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Sungai Kenali Besar yang membentang melintasi Kota Jambi menghadirkan tantangan hidrologi kompleks. Studi morfometri dan kondisi biofisik DAS Kenali Besar menunjukkan beberapa karakteristik krusial bentang DAS yang memanjang dengan kerapatan drainase sedang dan waktu puncak banjir relatif cepat serta laju penurunan debit pasca puncak yang juga tinggi. Urbanisasi yang pesat di wilayah sungai Kenali Besar dengan perubahan tutupan lahan berupa bangunan pemukiman sebesar 24,71% selama periode 2019-2024, mengakibatkan kapasitas dan laju infiltrasi tanah rendah, sehingga meningkatkan risiko banjir.

Menurut data Dinas PUPR Kota Jambi Bidang Sumber Daya Air, Sungai Kenali Besar di Kota Jambi merupakan sungai yang mengalami peningkatan debit signifikan dan memiliki dasar saluran yang masih berupa tanah, sehingga proses pendangkalan berlangsung cepat dan saluran sungai tidak mampu menampung debit puncak, mengakibatkan masyarakat di sekitarnya kerap terdampak banjir. Banjir pada bulan Januari 2024 di 8 Kecamatan di Kota Jambi yang mengakibatkan 1.732 Jiwa terdampak, salah satunya di wilayah Kelurahan Kenali Besar dengan genangan setinggi hingga 1,8m akibat kapasitas drainase yang tidak memadai serta intensitas hujan tinggi (Baittri & Hartik, 2024). Kemudian, pada Februari 2025 banjir berulang merendam Perumahan Bougenville Lestari hingga tiga kali dalam pekan terakhir dengan ketinggian air mencapai pinggang orang dewasa, bahkan menewaskan tiga orang dan mengungsikan 435 KK saat debit Sungai Batanghari mencapai status siaga di Maret 2025 (Sandi & Hardiyanto, 2025).

Upaya normalisasi Danau Teluk Kenali (hilir Sungai Kenali Besar) oleh Balai Wilayah Sungai Sumatera VI (BWS Sumatera VI) telah menyoroti tingginya tingkat sedimentasi. Penumpukan sedimen mencapai kedalaman 1,5–2,0 m. Sejak Februari 2024 hingga Oktober 2024 telah diangkat total 148 ribu m³ sedimen, dan sisa 20 ribu m³ dijadwalkan selesai dalam waktu satu bulan. Pendangkalan ini mengurangi kapasitas tampung danau dari 2 juta m³ (musim hujan) menjadi 800 ribu m³ (musim kemarau), sehingga tanpa penanganan akan mengancam frekuensi banjir di wilayah hilir DAS Kenali Besar (Purwacitra, 2024).

Fluktuasi beban sedimen di Sungai Kenali Besar dipengaruhi oleh kombinasi intensitas dan durasi hujan tropis yang kuat, karakteristik fisik DAS Kenali Besar, serta aktivitas manusia di sekitarnya. Curah hujan rata-rata tahunan di DAS Kenali Besar yang mencapai 2069,39mm memicu erosi permukaan pada tanah Kambisol dan Podsolik di hulu, memobilisasi material halus ke badan sungai, sedangkan periode kering menurunkan aliran sehingga sedimen lebih banyak mengendap. Morfometri DAS Kenali Besar dengan kemiringan lereng yang bervariasi dari datar hingga curam dengan kerapatan drainase 2,63 km/km² mempercepat transport sedimen saat hujan deras. Luas tutupan lahan permukiman yang mencapai hampir setengah DAS Kenali Besar mengurangi infiltrasi dan memperbesar limpasan langsung, menaikkan puncak debit sekaligus meningkatkan kemampuan air membawa sedimen hingga beberapa kilogram per detik.

Pendangkalan sungai perlu segera diatasi karena endapan sedimen yang menumpuk secara kontinu akan menyempitkan dan merendahkan dasar alur sehingga kapasitas tampung air menurun drastis, memicu luapan air dan memperparah frekuensi serta intensitas banjir. Menurut Sari & Wijaya (2019), kegiatan manusia seperti perubahan penggunaan lahan dan pembuangan sampah ke sungai, menjadi sumber potensial penyebab terjadinya pendangkalan sungai. Oleh karena itu, pendangkalan sungai merupakan fenomena yang menimbulkan dampak besar yang terus mengancam kawasan di sekitar Sungai Kenali Besar.

Debit aliran suatu DAS dapat dijadikan sebuah tolak ukur untuk memonitor dan mengevaluasi neraca air suatu kawasan melalui suatu pendekatan potensi sumber daya air permukaan yang ada. Salah satu komponen hidrologi yang sangat penting dalam penyelesaian masalah hidrologi suatu DAS adalah data debit aliran sungai yang akurat. Namun masalah yang terjadi di Sungai Kenali Besar pada saat ini adalah tidak tersedianya data debit aliran. Hal ini terjadi dikarenakan adanya beberapa faktor, seperti faktor waktu pengamatan data yang relatif sedikit, faktor biaya yang mahal, serta risiko dalam pengambilan data. Oleh karena itu, untuk melengkapi data yang tidak tersedia, maka perlu dilakukan pengambilan data debit aliran secara langsung di Sungai Kenali Besar sehingga data tersebut dapat mewakili data debit aliran yang ada pada Sungai Kenali Besar.

Salah satu model pendugaan laju debit aliran sungai adalah persamaan kurva lengkung debit aliran yang merupakan persamaan garis yang menghubungkan tinggi muka air sungai dengan besarnya debit aliran, sehingga dapat diduga melalui ukuran tinggi muka air (Neno et al., 2016). Selain kurva lengkung debit aliran, terdapat pula tolak ukur untuk memonitor dan mengevaluasi kondisi suatu sungai yaitu kurva lengkung debit sedimen (*Sediment Rating curve*). Sedimen Melayang adalah partikel yang bergerak dalam aliran yang cenderung terus menerus melayang bersama aliran (Reynaldo & Pranoto, 2019). Kecepatan aliran serta debit aliran merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses sedimentasi (Putra, 2019).

Kurva lengkung debit aliran (*Discharge rating curve*) dan kurva lengkung debit sedimen (*sediment rating curve*) secara empiris menggambarkan hubungan antara aliran sungai dan sedimen tersuspensi (C_{ss}). Kurva ini merupakan sebuah metode untuk mengatasi kurangnya pemantauan debit aliran dan debit sedimen secara terus menerus serta digunakan dalam banyak aplikasi hidrologi untuk perencanaan mitigasi bencana, pengelolaan banjir, dan perencanaan infrastruktur hidrolik seperti bendungan dan irigasi, prediksi banjir, penghitungan penyimpanan air, serta manajemen irigasi dan sumber daya air (Generoso et al., 2022).

Penelitian terhadap Sungai Kenali Besar memegang peranan krusial dalam upaya pengelolaan sumber daya air dan mitigasi bencana hidrometeorologis, karena hanya melalui data debit aliran dan beban sedimen yang representatif, hasil dari pengembangan *discharge rating curve* dan *sediment rating curve*, peningkatan akurasi peringatan dini banjir dapat diterapkan, sehingga evakuasi dan kesiapsiagaan masyarakat menjadi lebih tepat waktu. Sungai Kenali Besar tak hanya berperan sebagai penyalur aliran untuk mitigasi banjir dan penopang pasokan air baku, tetapi juga menjadi tulang punggung ekonomi dan ekosistem di Kota Jambi. Debit aliran sungai Kenali Besar yang stabil (rata-rata $5 \text{ m}^3/\text{s}$) diolah PDAM Tirta Penyengat Jambi untuk memenuhi kebutuhan domestik pelanggan, petani di Kecamatan Pematang Sulur dan Alam Barajo memanfaatkan alirannya untuk mengairi sawah sehingga produktivitas padi tetap stabil di musim kemarau. Menurut Poedjiastoeti et al. (2017) perlu diingat bahwa air permukaan lebih rentan terhadap pencemaran dibandingkan dengan air tanah karena lebih mudah terbuka terhadap berbagai kontaminasi.

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana Kondisi Debit Aliran dan Sedimen di Sungai Kenali Besar?
2. Bagaimana Membuat Persamaan Kurva Lengkung Debit Aliran dan Sedimen di Sungai Kenali Besar?

1.3 Tujuan penelitian

1. Menganalisis Debit Aliran dan Sedimen di Sungai Kenali Besar.
2. Membuat Persamaan Kurva Lengkung Debit Aliran dan Sedimen di Sungai Kenali Besar.

1.4 Manfaat penelitian

1. Memberikan informasi bagi pemerintah dalam mengidentifikasi dan mitigasi banjir dan sedimentasi yang terjadi di sungai Kenali Besar.
2. Memberikan pemahaman kepada masyarakat pentingnya perlindungan sungai dan keberlanjutan sumber daya air.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sungai dan daerah aliran sungai

Sungai merupakan salah satu bagian dari siklus hidrologi. Air dalam sungai biasanya berasal dari aliran bawah tanah, hujan, embun, mata air, dan di beberapa negara juga dari lelehan es atau salju. Sungai tidak hanya mengalirkan air tetapi juga sedimen dan polutan. Sungai memiliki banyak manfaat, terutama untuk irigasi pertanian, sumber air minum, dan saluran pembuangan air hujan dan limbah, sungai juga dapat digunakan sebagai objek wisata.

Sungai memainkan peran penting dalam perkembangan masyarakat manusia, karena hampir semua peradaban penting sepanjang sejarah telah muncul di sepanjang tepiannya. Contoh ilustrasi adalah Sungai Batang Arau, yang melintasi wilayah Kota Padang. Daerah sekitar DAS ini merupakan salah satu daerah yang paling awal dihuni hingga hari ini, Sungai Batang Arau memiliki beberapa fungsi penting bagi penduduk setempat (Wijaya & Muchtar, 2019).

Menurut Asdak (2010) dalam Sevtiandi (2019), mendefinisikan DAS adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggungan gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkan ke laut melalui sungai utama. DAS (*watershed*) adalah suatu area di permukaan bumi yang didalamnya terdapat sistem pengaliran yang terdiri dari satu sungai utama (*main stream*) dan beberapa anak cabangnya (*tributaries*), yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air dan mengalirkan air melalui satu outlet.

Pandu (2023), menyatakan bahwa sampai saat ini, beberapa DAS masih memiliki lahan kritis yang bisa meningkatkan risiko bencana banjir. Pemulihan DAS pun terus dilakukan dengan upaya rehabilitasi hutan dan lahan hingga 77.103 hektar sepanjang 2022. Upaya ini dapat meningkatkan tutupan lahan juga menahan laju sedimentasi. Berdasarkan peta klasifikasi DAS Nasional, secara keseluruhan Indonesia memiliki 42.210 DAS. Dari seluruh jumlah tersebut, sebanyak 37.721 DAS masih dipertahankan dan 4.489 DAS lainnya dilakukan pemulihan. Adapun dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024, sebanyak 108 DAS menjadi prioritas untuk dipulihkan.

Daerah aliran sungai dikategorikan ke dalam daerah hulu, tengah, dan hilir, masing-masing dengan fitur yang berbeda. Daerah hulu adalah zona konservasi dengan lereng curam, sedangkan daerah hilir lebih datar dan rawan banjir. Daerah Aliran Sungai (DAS) sangat mempengaruhi kondisi lingkungan sekitarnya, seperti erosi tanah, kualitas dan kuantitas air, serta kontinuitas aliran sungai. Faktor sosial ekonomi juga turut berperan penting dalam pengelolaan DAS, termasuk investasi dalam bangunan konservasi tanah dan air serta pemanfaatan ruang wilayah (Suryani et al., 2024).

2.1.2 Debit aliran sungai

Debit aliran sungai mengacu pada volume air yang mengalir melalui saluran sungai selama periode tertentu, biasanya diukur dalam meter kubik per detik (m^3/detik). Evaluasi dan prediksi debit aliran sungai sangat penting untuk menilai ketersediaan dan pengelolaan sumber daya air, terutama selama kekeringan (Jang et al., 2025). Debit aliran sungai dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk karakteristik fisik, kondisi iklim, dan aktivitas manusia. Faktor-faktor seperti lebar sungai, gradien, dan sinuositas secara signifikan mempengaruhi ketepatan prediksi debit aliran sungai (Shi et al., 2022).

Debit sungai juga dapat dipengaruhi oleh perubahan alamiah dalam tata air dan kondisi lingkungan yang tidak selalu terkait dengan faktor manusia. Selain itu, faktor iklim yang tidak dapat dikendalikan manusia juga dapat mempengaruhi debit sungai secara signifikan. Perubahan pola curah hujan secara langsung mempengaruhi aliran sungai, aktivitas manusia juga dapat memperburuk kondisi aliran sungai, seperti urbanisasi dan perubahan penggunaan lahan yang dapat mengubah pola aliran yang berdampak pada perubahan debit sungai (Ebode, 2024).

Pengamatan sistematis dan pengukuran debit sungai diperlukan dalam proses mendasar dan kritis yang memainkan peranan penting dalam pengelolaan sumber daya air yang efektif, pelestarian dan konservasi tanah dan air, analisis dan mitigasi dampak perubahan iklim, pengaturan kegiatan siklus air, serta penyediaan peringatan dini terhadap terjadinya banjir atau kekeringan, yang semuanya sangat penting untuk kemajuan praktik berkelanjutan di bidang pertanian dan transportasi (Shi et al., 2022).

Pengukuran debit sungai yang akurat sangat penting untuk mengelola sumber daya air dan memprediksi banjir. Metode ini merupakan dasar dalam pengelolaan sumber daya air yang efektif dan kritis dalam menjaga keseimbangan ekosistem (Paoletti et al., 2023). Dengan memahami kurva lengkung debit aliran (*discharge rating curve*), kita dapat melakukan analisis yang akurat terhadap kondisi aliran air, sehingga dapat mengambil langkah-langkah mitigasi yang tepat untuk melindungi lingkungan dan masyarakat dari potensi bencana alam seperti banjir atau kekeringan.

Debit sungai dalam hidrologi dikemukakan sebagai air yang melewati satu penampang tertentu per satuan waktu, merupakan parameter hidrologi fundamental dalam kajian sumber daya air. Besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/detik) atau liter per detik (L/detik). Dalam aliran melalui saluran terbuka, distribusi kecepatan tergantung pada banyak faktor seperti bentuk saluran, kekasaran dinding. Persamaan yang biasa digunakan adalah:

$$Q = A \cdot V$$

Dimana Q adalah debit aliran (m^3/detik), A adalah luas penampang (m^2), dan V adalah kecepatan aliran (m/detik). Debit atau aliran merupakan volume air yang mengalir lewat satu penampang melintang dalam alur (*channel*), pipa, akuifer, ambang, dan sebagainya, per satu waktu. Besarnya debit ditentukan oleh luas penampang aliran dan kecepatan aliran.

Discharge rating curve adalah hubungan antara tinggi muka air (*stage*) dan debit aliran (*discharge*) yang digunakan untuk memperkirakan debit berdasarkan pengukuran tinggi muka air. Ini dikembangkan menggunakan pengukuran bersamaan dari tinggi muka air dan debit aliran untuk lokasi pengukuran tertentu (Martin & White, 2023). *Discharge Rating Curve* dibuat berdasarkan data pengukuran debit dari berbagai ketinggian muka air. Pengukuran debit, untuk praktisnya, hanya dilaksanakan secara berkala, minimal sekali setiap bulannya. Pengamatan tinggi muka air dapat dilaksanakan secara kontinu dengan menggunakan alat duga air otomatis atau secara teratur dengan membaca tinggi muka air biasa (*Peilschale*) (Darlino et al., 2019).

Analisis data hubungan antara debit sungai dengan tinggi muka air dapat dilakukan dengan analisis regresi. Bentuk persamaan regresi terpilih ditentukan dari nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi yang dihasilkan pada masing-masing persamaan. Konsistensi pola lengkung atau kecenderungan naik turun dua data yang dibandingkan tersebut dapat menjadi satu identifikasi dalam menyimpulkan kualitas data. Pengolahan data dengan komputer akan menghasilkan persamaan regresi linier dari kedua variabel yang dibandingkan, dan kemudian dapat digunakan sebagai persamaan koreksi. Koherensi dari suatu kalibrasi dapat dilihat dari hasil *scatter-plot* (Amelia et al., 2021).

Ketersediaan persamaan *Discharge rating curve* di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sangat penting untuk memprediksi debit sungai di suatu DAS, sedangkan debit menunjukkan ketersediaan air di suatu DAS. Penelitian dilakukan dengan mencatat tinggi muka air menggunakan water level logger dan mengukur debit sungai menggunakan *current meter*, kemudian menganalisis hubungan data muka air dan debit sungai untuk membuat persamaan *discharge rating curve*. Persamaan *discharge rating curve* ditentukan dengan menggunakan beberapa metode, yaitu polinomial, linier, fungsi pangkat, logaritma, dan eksponensial. Persamaan yang diperoleh dengan metode tersebut akan diperiksa dengan nilai koefisien determinasi (R^2) (Tanjung & Nasution, 2023).

2.1.3 Sedimen sungai

Sedimen adalah campuran kompleks bahan alami dan antropogenik yang memainkan peran penting dalam ekosistem perairan dan kesehatan lingkungan. Komposisi sedimen dapat bervariasi tergantung pada sumbernya, seperti batuan di daerah aliran sungai atau aktivitas manusia di sekitarnya yang secara signifikan dapat mempengaruhi kesuburan tanah dan morfologi sungai (Sitorus & Susanto, 2019).

Sedimen berdampak pada kualitas air, kesehatan ekosistem, dan risiko banjir, membuat pemantauannya penting untuk pengelolaan sungai yang efektif. Sedimen berkontribusi terhadap pencemaran air dan dapat menyebabkan banjir, sebagaimana dibuktikan oleh penelitian Prasetyowati et al. (2022) bahwa 82% dari 550 sungai di Indonesia tercemar dan dalam kondisi kritis, yang menekankan kebutuhan mendesak untuk pemeliharaan sungai dan pemantauan sedimen.

Analisis sedimen sungai sangat penting untuk memahami dan mengelola berbagai masalah lingkungan dan hidrologi. Terdapat beberapa metode analisa sedimen sungai yang efektif untuk mengevaluasi tingkat sedimentasi di daerah aliran sungai, salah satunya adalah metode kurva lengkung debit sedimen (*sediment rating curve*). *Sediment rating curve* secara empiris menjelaskan bagaimana konsentrasi sedimen (C_{ss}) bervariasi dengan aliran sungai, membantu pengelolaan sumber daya air dan perlindungan lingkungan. Penelitian di Brasil dan Aljazair yang dilakukan oleh Dorneles et al. (2024) menunjukkan bahwa *sediment rating curve* dapat secara efektif memperkirakan beban sedimen tersuspensi, dengan temuan signifikan pada hasil sedimen dan tingkat degradasi.

Sesuai atau tidaknya tabel matematis regresi sederhana dengan data yang digunakan dapat ditunjukkan dengan mengetahui besarnya nilai R^2 atau juga disebut dengan koefisien determinasi (*Coefficient of determination*) dan tingkat korelasi analisis yang merupakan bentuk analisis statistik yang menunjukkan kuatnya hubungan antara dua variabel tersebut dan dapat dinyatakan kuat apabila berada pada rentang nilai $0,75 < x < 0,99$. Koefisien determinasi memiliki beberapa kriteria seperti pada Tabel berikut:

Tabel 2. 1 Kriteria Koefisien Determinasi

Nilai R^2	Interpretasi
$0,7 < R^2 < 1,0$	Pengaruh Tinggi
$0,4 < R^2 < 0,7$	Pengaruh Sedang
$0,2 < R^2 < 0,4$	Pengaruh Rendah
$R^2 < 0,2$	Diabaikan

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu telah dipilih sesuai dengan permasalahan dalam penelitian ini, sehingga diharapkan mampu menjelaskan maupun memberikan referensi bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Berikut dijelaskan beberapa penelitian terdahulu yang telah dipilih pada Tabel berikut:

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

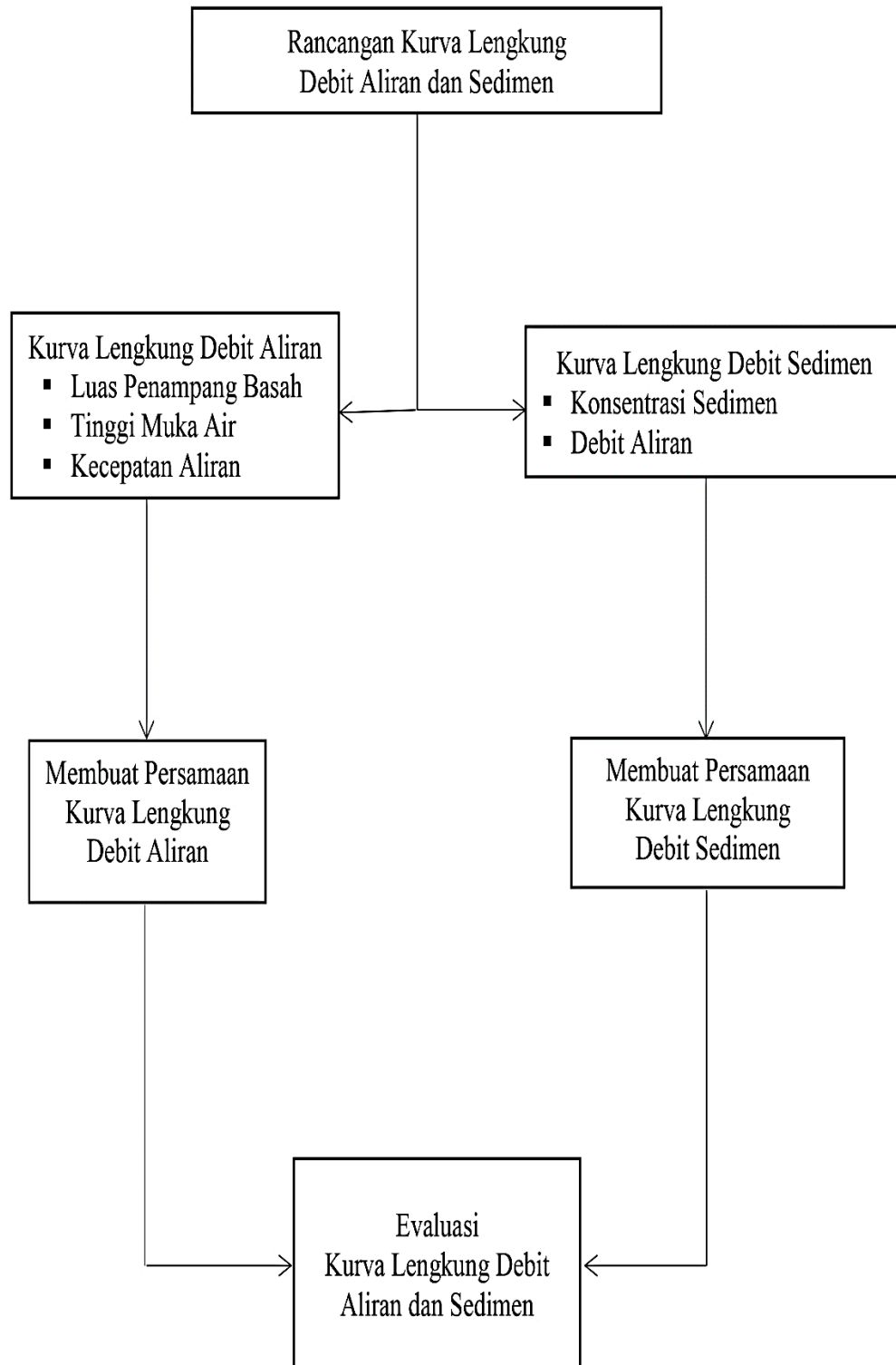
No.	Penulis	Tahun	Judul Artikel	Tujuan Penelitian	Metodologi	Kesimpulan Singkat
1	Abd Kamal Neno Herman Harijanto Abdul Wahid	2016	Hubungan debit aliran dan tinggi muka air di sungai lambagu kecamatan tawaeli kota palu	Menyelidiki hubungan antara debit aliran (<i>flow rate</i>) dan ketinggian permukaan air di Sungai Lambagu yang terletak di Kecamatan Tawaeli, Kota Palu.	Metode survei lapangan, pengumpulan data komprehensif, dan analisis statistik untuk mengeksplorasi hubungan antara debit aliran dan ketinggian muka air di Sungai Lambagu	Studi ini menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) 0,905. Nilai tinggi ini menunjukkan bahwa sekitar 90,5% dari variabel debit aliran dipengaruhi oleh perubahan ketinggian permukaan air, menunjukkan kemampuan prediksi yang kuat dari model yang digunakan.
2	Viviane Dorneles Victoria de Souza Wojahn Samuel Beskov Maria Candida Moitinho Nunes	2024	<i>Applicability of sediment rating curves: analysis in the state of Rio Grande do Sul</i>	Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi penggunaan <i>sediment rating curve</i> di stasiun sedimentometrik yang terletak di Rio Grande do Sul, Brasil	Metode kuantitatif : pengumpulan data sekunder, analisis statistik.	Penelitian ini menyimpulkan bahwa nilai perkiraan konsentrasi sedimen tersuspensi (C _{ss}) dengan metode <i>sediment rating curve</i> menunjukkan peningkatan ketika data dibagi menjadi periode 10 tahun.
3	Darlino Hartati Aguskamar M. Iqbal Dila Pertiwi	2019	<i>Sedimentation Study at Batang Lampasi River</i>	Penelitian ini menyelidiki dampak sedimentasi pada dasar sungai, yang menyebabkan pendangkalan dan dapat menyebabkan sungai meluap di daerah sekitarnya.	Studi ini menggunakan metode Nakayasu, Hasper, dan Melchior untuk menganalisis debit banjir teoritis.	Penelitian ini menghasilkan bahwa transportasi sedimen di Sungai Batang Lampasi secara signifikan dipengaruhi oleh erosi lahan, terutama di daerah hulu DAS. Sedimen yang dibawa oleh sungai berkontribusi terhadap pendangkalan, yang dapat menyebabkan banjir di daerah sekitarnya karena berkurangnya kapasitas sungai.

4	Cheolhee Jang Deokhwan Kim Jeonghyeon Choi Hyoungsub Shin Hyeonjun Kim	2024	<i>Evaluation of the River Discharge Considering Interaction of Surface water and Groundwater in the Yeongsan-Seomjin River in the Republic of Korea Using DWAT (Dynamic Water Resources Assessment Tool, DWAT)</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi debit sungai di lembah sungai Yeongsan-Seomjin di Republik Korea	Penelitian ini menggunakan analisis <i>Dynamic Water resources Assessment Tool (DWAT)</i> sebagai alat penelitian.	Studi ini menyimpulkan bahwa menggunakan <i>Dynamic Water Resources Assessment Tool (DWAT)</i> memberikan metode yang akurat untuk memprediksi debit sungai di lembah sungai Yeongsan-Seomjin.
5	Michele Paoletti Marco Pellegrini Alberto Belli Paola Pierleoni Francesca Sini Nicola Pezzotta Lorena Parra	2023	<i>Discharge Monitoring in Open-Channels: An Operational Rating Curve Management Tool</i>	Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem manajemen debit sungai yang membantu dalam pemantauan dan pengelolaan debit sungai, terutama di Wilayah Marche di Italia timur-tengah. Sistem ini dimaksudkan untuk mendukung Dinas Perlindungan Sipil dalam mengelola data hidrologi secara efektif untuk memastikan peringatan dini banjir dan pengelolaan air secara akurat dan real time.	Metode pemantauan hidrometri dan Metode <i>Step Backwater</i> dengan aplikasi HEC- RAS.	Menekankan perlunya membuat <i>rating curve</i> untuk memperkirakan laju aliran berdasarkan ketinggian air.
6	Nick Martin Jeremy White	2023	<i>Flow Regime-Dependent, Discharge Uncertainty Envelope for Uncertainty Analysis with Ensemble Methods</i>	Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi model hidrologi dengan <i>uncertainty analysis</i> secara efektif dalam proses penyesuaian data.	Metode observasi pengamatan debit sungai, Metode Ensemble.	Meningkatkan akurasi dalam penggunaan model hidrologi dengan <i>uncertainty analysis</i> secara efektif dalam proses penyesuaian data.
7	Li Peng	2024	<i>Impact of anthropogenic changes and rain fall variability on river discharge in tropical central Africa</i>	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan curah hujan dan aliran pada debit sungai di sungai	The Pettit Test untuk menganalisis data time series.	Sejak 1970-an, DAS Benoue dan Logone mengalami penurunan curah hujan secara terus menerus. Penurunan ini telah menyebabkan perubahan aliran

					Benoue dan Logone selama tujuh dekade terakhir.		sungai, dengan penurunan signifikan dalam aliran rata-rata selama musim hujan dan setiap tahun, dengan pengurangan melebihi 7%.
8	Indra Pratama Putra Kartini Nurhayati	2019	Analisis Angkutan Sedimen Di Muara Parit Berkat	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besarnya transportasi sedimen di saluran Parit Berkat, khususnya di muara yang terletak di Desa Punggur Besar, Kecamatan Sungai Kakap	Perhitungan Debit Sedimen Melayang Metode Sesaat dan Metode Meyer-Petter dan Muller	Angkutan sedimen melayang dan sedimen dasar pada saluran Parit Berkat Desa Punggur Besar Kecamatan Sungai Kakap masing masing dihitung menggunakan metode sesaat dan Metode Meyer Peter Muller. Angkutan sedimen melayang terbesar untuk lokasi muara adalah 0,11929 kg/dtk dan angkutan sedimen dasar terbesar adalah 1,8568 kg/dtk.	
9	Zhuolin Shi Qianqian Chen Chang Huang	2022	<i>The Influence of River Morphology on the Remote Sensing Based Discharge Estimation: Implications for Satellite Virtual Gauge Establishment</i>	Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan penerapan penginderaan jauh dalam studi hidrologi dengan memberikan wawasan tentang faktor-faktor morfologi yang secara signifikan mempengaruhi keakuratan prediksi debit aliran.	Metode Calibration/ Measurement C/M	Morfologi sungai mempengaruhi perkiraan debit dan penelitian ini memberikan masukan untuk membangun SVG untuk pemantauan debit sungai.	
10	Atikah Sitorus Edi Susanto	2019	<i>A Sediment Rating-curve Method to Determine Sediment Discharge for Rainy Season in Micro-scale Watersheds</i>	Penelitian ini bertujuan untuk membuat persamaan <i>sediment rating curve</i> .	Penelitian menggunakan metode deskriptif, mengumpulkan data primer dan sekunder.	Studi ini membuat persamaan <i>sediment rating curve</i> . Persamaan ini menghubungkan debit sungai dengan debit sedimen, memungkinkan perkiraan debit sedimen hanya	

						menggunakan data debit sungai. Metode ini mengatasi tantangan ketersediaan data sedimen yang terbatas di daerah aliran sungai.
11	M S Tanjung D L S Nasution	2023	<i>Determining discharge rating curve at Karai sub watershed</i>	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan persamaan <i>discharge rating curve</i> untuk Daerah Aliran Sungai Karai. <i>Discharge rating curve</i> adalah metode yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai debit menggunakan data ketinggian air.	Metode penelitian deskriptif, Survei lapangan dan pengamatan langsung.	Penelitian ini menyimpulkan bahwa debit sungai tertinggi yang tercatat di Daerah Aliran Sungai Karai adalah 1,116 m ³ /s, sedangkan yang terendah adalah 0,441 m ³ /s.
12	Reynaldo Wati Asriningsih Pranoto	2019	Kajian Tiga Rumus Angkutan Sedimen Melayang Sungai Serayu Dibandingkan Dengan Hasil Laboratorium	Untuk memperoleh debit angkutan sedimen melayang (Qs) Sungai Serayu dengan beberapa variasi kecepatan.	Kombinasi Metode teoritis dan eksperimental	Antara tiga rumus transpor sedimen yang dievaluasi, rumus Chang, Simon, dan Richardson paling mendekati dengan hasil laboratorium.

2.3 Kerangka Berfikir



Gambar 2. 1 Kerangka Berfikir

2.4 Hipotesis

H0 : Tidak terdapat hubungan signifikan debit aliran dengan debit sedimen di sungai Kenali Besar.

H1: Terdapat hubungan signifikan debit aliran dengan debit sedimen di sungai Kenali Besar

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari Juni 2024 sampai dengan Mei 2025. Lokasi penelitian berada di sungai Kenali Besar pada posisi geografis 103°33'20,264" BT, 1°36'9,96" LS.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian adalah GPS, Stopwatch, Meteran, alat ukur tinggi muka air (*peilschaal*), pengukur kecepatan air (*Currentmeter*), alat untuk mengambil sampel sedimen (*Sediment sampler*), Kertas Filter/Whatman, Timbangan analitik, Oven, Botol penyimpanan sedimen uk. 500 ml, Seperangkat komputer dengan software ArcGIS, software AutoCad, software SPSS, software Microsoft office, alat tulis dan kamera sebagai alat dokumentasi.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Metode kuantitatif dengan data primer hidrometri yang diambil secara langsung dilapangan dan data sekunder yang bersumber dari instansi dan lembaga terkait. Metode yang digunakan dalam pengambilan data debit aliran dan sedimen menggunakan Metode Integrasi kedalaman (*depth integrated*) dan penentuan pengambilan sampel menggunakan teknik dasar penarikan sampel non-probability sampling dengan penentuan titik pengukuran secara sengaja (*purposive sampling*).

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Sumber data

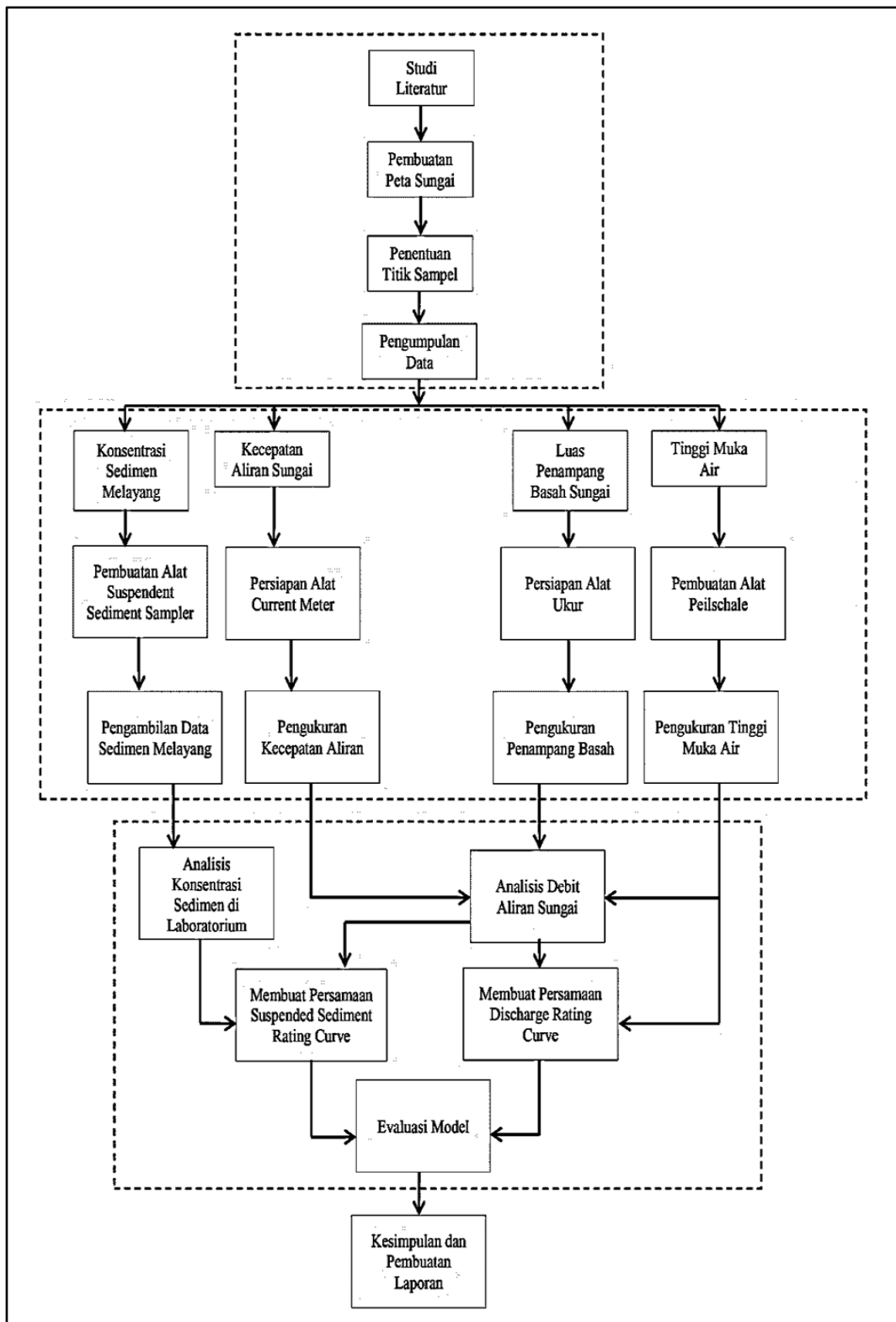
Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer yang diambil secara langsung dilapangan dan data sekunder yang bersumber dari instansi dan lembaga terkait. Berikut adalah jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini :

Tabel 3. 1 Jenis dan Sumber Data

No	Data	Jenis Data	Sumber Data
1	Peta Sungai Kenali Besar	Sekunder	Download data DEMNAS di https://www.indonesia-geospasial.com/
2	Peta Administrasi DAS Kenali Besar	Sekunder	Peta Batas Wilayah Provinsi Jambi Download di https://tanahair.indonesia.go.id/
3	Peta Tutupan Lahan DAS Kenali Besar	Sekunder	Citra Landsat-8 Wilayah Provinsi Jambi Download di https://earthexplorer.usgs.gov/
4	Peta Jenis Tanah DAS Kenali Besar	Sekunder	Peta Tanah Semi Detail BBSDLP Download di https://portalsp.ina-sdi.or.id/
5	Peta DEM DAS Kenali Besar	Sekunder	Download data DEMNAS di https://www.indonesia-geospasial.com/
6	Data Curah Hujan DAS Kenali Besar	Sekunder	Download data di https://dataonline.bmkg.go.id/ Stasiun Meteorologi Sultan Thaha Jambi
7	Tinggi muka air (TMA) Sungai Kenali Besar	Primer	Pengukuran secara langsung dilapangan
8	Lebar Penampang Basah Sungai Kenali Besar	Primer	Pengukuran secara langsung dilapangan
9	Kecepatan Aliran Sungai Kenali Besar	Primer	Pengukuran secara langsung dilapangan
10	Konsentrasi Sedimen Sungai Kenali Besar	Primer	Pengukuran secara langsung dilapangan

3.4.2 Tahap-tahap penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu persiapan studi literatur untuk mencari teori yang berkaitan dengan penelitian, melakukan pengumpulan data awal seperti *shapefile* peta sungai dan sebaran DAS nya, mempersiapkan peralatan yang digunakan selama pengukuran, melakukan pengukuran luas penampang sungai dan kecepatan aliran untuk mengukur debit sungai, mengambil sampel konsentrasi sedimen, kemudian mengolah data yang telah dikumpulkan dan melakukan analisis. Berikut diagram alir penelitian :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.4.2.1 Persiapan/studi literatur

Studi literatur yaitu melakukan studi pustaka untuk mencari teori-teori dan data pendukung maupun data yang dapat digunakan sebagai pembanding yang menunjang penelitian. Studi literatur ini dilakukan agar pengkajian penelitian ini dapat lebih terarah dengan mencari sumber pustaka seperti jurnal, artikel ilmiah, buku dan sumber lainnya tentang debit sungai, sedimen, persamaan regresi dan semua yang berhubungan dengan penelitian yang mendukung penelitian ini.

3.4.2.2 Persiapan dan pengolahan data awal

Pengolahan data awal dilakukan agar pelaksanaan penelitian bisa lebih mudah dan terstruktur. Adapun yang dilakukan pada tahapan ini mengumpulkan data-data yang dibutuhkan berupa data *shapefile* peta (peta administrasi sungai Kenali Besar), melakukan survei pendahuluan ke lapangan untuk menentukan titik pengukuran dan mempelajari keadaan di lapangan untuk dapat mempersiapkan teknis pengukuran yang akan dilakukan di lapangan agar dapat terlaksana dengan baik dan efisien saat penelitian dilaksanakan.

3.4.2.3 Survey lapangan

Survey lapangan dilakukan antara lain melakukan pengukuran luas penampang melintang basah sungai, melakukan pengukuran tinggi muka air sungai, melakukan pengukuran kecepatan aliran sungai dan pengambilan sampel muatan sedimen, dilakukan setelah beberapa data yang diperlukan untuk pengambilan muatan sedimen sudah diperoleh, adapun data yang diperlukan berupa data aktual pengukuran yang dilakukan segera sebelum pengambilan contoh muatan sedimen dilaksanakan. Data tersebut terdiri dari :

1. Penampang melintang sungai (A)
2. Tinggi muka air sungai
3. Kecepatan aliran sungai (V)

Tahapan-tahapan metode yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran penampang melintang

Penentuan bagian penampang sungai tempat pengambilan sampel digunakan dengan Metode *Equal Width Increment (EWI)*, dilakukan dengan cara membagi lebar penampang basah sungai menjadi beberapa bagian yang sama tergantung dari jumlah sampel yang akan diambil. Pada penelitian ini penampang basah sungai di bagi menjadi 3 (tiga) segmen, setiap segmen akan di ambil sampel dengan tinggi muka air yang berbeda.

Perhitungan luas penampang basah sungai secara keseluruhan dihitung dari penjumlahan hasil perkalian antara kedalaman air dan lebar sungai pada setiap jalur vertikal. Pengukuran luas penampang basah sungai dilakukan dengan membuat profil penampang melintangnya dengan cara melakukan pengukuran ke arah horizontal (lebar aliran) dan kearah vertikal (kedalam aliran). Luas penampang basah merupakan jumlah luas tiap bagian (segmen) dari profil yang terbuat. Perhitungan luas penampang dihitung menggunakan persamaan :

$$an = bn \times dn \quad (3.1)$$

$$A = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n)$$

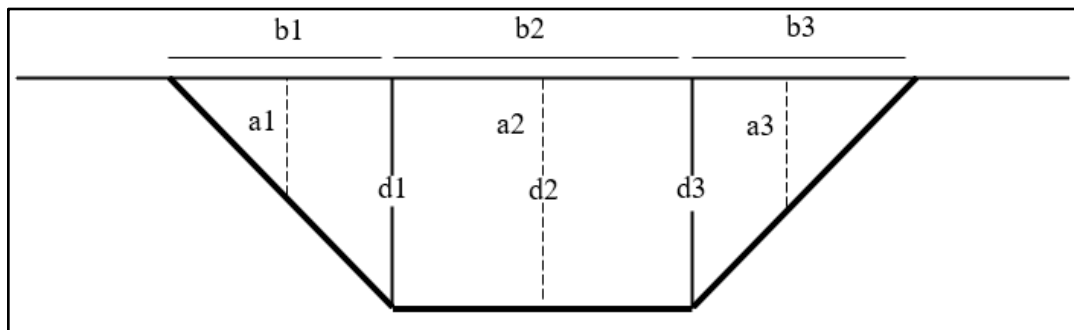
Dimana :

a_n = luas penampang basah pada bagian ke n, (m^2)

b_n = lebar sungai ke n, (m)

d_n = kedalaman sungai seksi ke n, (m)

A = luas seluruh penampang basah (m^2)



Gambar 3. 2 Sketsa Penampang Melintang Sungai

2. Tinggi muka air sungai

Pengukuran tinggi muka air dilakukan secara manual menggunakan alat duga ukur/*peilschaal*. Posisi pengambilan sampel yang akan dilakukan terletak pada tengah – tengah dari setiap bagian segmen/penampang tempat pengambilan sampel.

3. Pengukuran kecepatan aliran sungai

Pengukuran kecepatan aliran sungai yang akan dilakukan dengan pengukuran menggunakan alat *Currentmeter*. *Currentmeter* atau dikenal juga dengan alat ukur arus, biasanya digunakan untuk mengukur aliran pada air rendah. Alat ini merupakan alat pengukur kecepatan yang paling banyak digunakan karena memberikan ketelitian yang cukup tinggi. Kecepatan aliran yang diukur adalah kecepatan aliran titik dalam satu penampang aliran tertentu.

Dari kecepatan yang didapatkan dari alat ukur arus (*Currentmeter*), maka akan didapatkan debit pada suatu aliran tersebut. Pengukuran debit pada aliran air ini (saluran/sungai) memerlukan pengukuran yaitu luas penampang basah dan kecepatan aliran. Setelah dilakukan pengukuran maka besaran debit setiap penampang dapat dihitung dengan rumus :

$$qn = vn \times an \quad (3.2)$$
$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n$$

Dimana :

- Q = debit total yang melewati penampang yang diukur (m^3/dtk)
qn = debit pada segmen ke n, (m^3/dtk)
vn = kecepatan aliran pada segmen ke n, (m/dtk)
an = luas penampang pada segmen ke n, (m^2)

4. Pengambilan sampel sedimen

Pengambilan sampel muatan sedimen dilakukan segera setelah melakukan pengukuran luas penampang sungai dan kecepatan aliran sungai. Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan beberapa tahap yang meliputi antara lain air sungai di ambil menggunakan *sediment sampler*, kemudian sampel yang telah diambil dimasukkan kedalam wadah yang sebelumnya telah disediakan, lalu sampel yang telah diambil selanjutnya akan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis.

Pengambilan sampel sedimen dilakukan di setiap bagian segmen sungai, dan untuk satu kali waktu pengambilan sampel semua segmen di komposit kemudian diambil sebanyak 500ml sebagai sampel yang akan di analisis di laboratorium. Posisi pengambilan sampel yang akan dilakukan terletak pada tengah – tengah dari bagian penampang tempat pengambilan sampel. Langkah-langkah pengukuran sedimen pada penelitian ini meliputi :

- a. Mengukur lebar penampang basah sungai
- b. Mengukur tinggi muka air sungai
- c. Mengukur kecepatan arus sungai pada setiap segmen penampang melintang
- d. Melakukan pengambilan sampel muatan sedimen
- e. pengolahan sedimen di laboratorium

3.4.2.4 Analisis data

Langkah-langkah pengolahan/analisis data pada penelitian ini meliputi :

1. Menghitung debit aliran sebagai hasil perkalian antara kecepatan aliran/arus dan luas penampang basah menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$Q = V \times A \quad (3. 3)$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m^3/dtk)

V = kecepatan aliran (m/dtk)

A = Luas penampang basah (m^2)

2. Menghitung debit sedimen sebagai hasil perkalian antara konsentrasi sedimen dan debit aliran menggunakan rumus perhitungan sedimen :

$$Q_s = Q \times C_s \quad (3. 4)$$

Dimana :

Q_s = Debit sedimen (kg/dtk)

Q = Debit aliran (m^3/dtk)

C_s = Konsentrasi sedimen (kg/m^3)

3. Membuat kurva lengkung debit aliran (*Discharge rating curve*)

Prosedur ini dimulai dengan pengambilan data lapangan berupa pembacaan tinggi muka air (TMA) secara berkala dengan menggunakan *peilschale*, yang mencakup rentang nilai historis dari kondisi rendah hingga tinggi. Selain itu, diperlukan pula pengukuran debit aktual melalui metode pengukuran kecepatan, kedalaman, dan lebar aliran. Data ini kemudian diplot secara grafis untuk membangun kurva hubungan antara TMA dan debit. Hasil *discharge rating curve* ini selanjutnya digunakan untuk memprediksi debit pada kondisi muka air yang berbeda, sehingga dapat mendukung perencanaan, pengelolaan, dan pengambilan keputusan pengelolaan sumber daya air.

4. Membuat kurva lengkung debit sedimen (*Sediment rating curve*)

Proses ini diawali dengan pengukuran debit aliran dan elevasi muka air yang dilakukan secara berkala selama rentang kondisi aliran (dari kondisi rendah hingga tinggi) untuk memastikan keterwakilan variabilitas hidrologis. Data sedimen yang meliputi konsentrasi sedimen tersuspensi, yang diperoleh melalui metode sampling lapangan. Seluruh data tersebut kemudian diolah dengan analisis regresi. Hasil dari analisis ini digunakan untuk memprediksi beban sedimen pada kondisi operasional yang berbeda, sehingga mendukung pengelolaan sumber daya air, analisis erosi, dan perencanaan pengendalian sedimentasi secara berkelanjutan.

5. Evaluasi model

Langkah awal evaluasi model yang digunakan adalah pengumpulan data empiris dari variabel independen (tinggi muka air dan debit) dan variabel dependen (debit sungai atau konsentrasi sedimen) yang diperoleh melalui pengukuran lapangan. Data yang terkumpul kemudian diorganisasikan dalam bentuk tabel. Selanjutnya, dengan menggunakan perangkat lunak statistik SPSS dan *Tool Data Analysis* di Microsoft Excel ditentukan koefisien regresi (*slope* dan *intercept*) untuk membentuk model matematis yang menggambarkan hubungan antar variabel. Proses ini mencakup pengujian keakuratan model melalui nilai koefisien determinasi (*R-squared*). Model yang telah dibangun kemudian diaplikasikan untuk memprediksi nilai variabel dependen pada rentang nilai variabel independen yang belum terukur secara langsung, sehingga menghasilkan alat bantu yang berguna dalam pengelolaan dan perencanaan berbasis data empiris.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

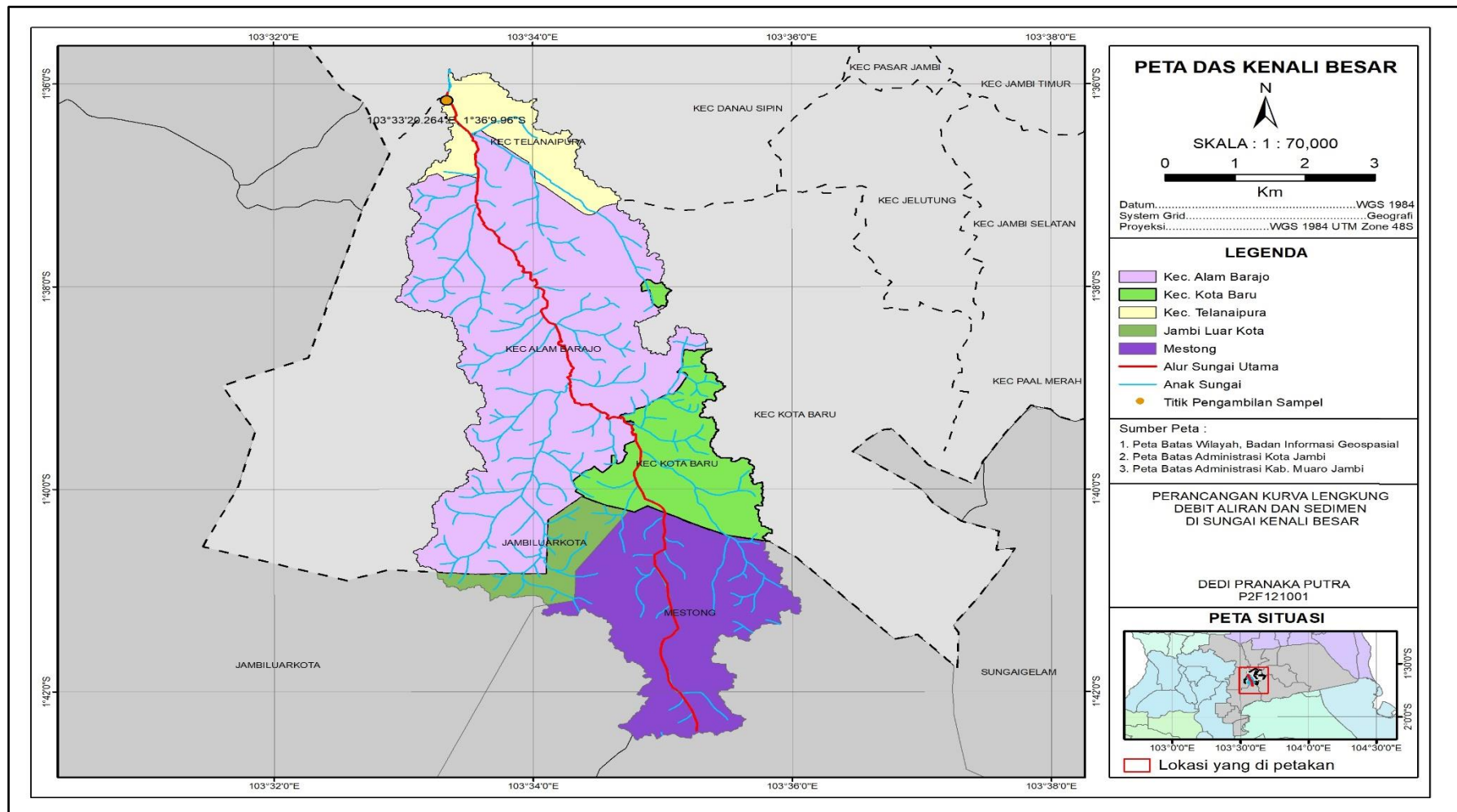
4.1.1 Kondisi umum geografis

Sungai Kenali Besar memiliki panjang sungai utama sekitar 14,3 Km. Sungai Kenali Besar termasuk ke dalam wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Kenali Besar. DAS Kenali Besar terletak pada titik koordinat geografis 103°33'6"-103°36'7" Bujur Timur dan 1°36'5" - 1°42'28" Lintang Selatan. Luas DAS Kenali Besar secara keseluruhan adalah 3.562,04 ha dan kelilingnya sepanjang sekitar 59,71 Km.

Secara administratif DAS Kenali Besar mencakup sebagian wilayah Kabupaten Muaro Jambi yaitu Kelurahan Sungai Bertam Kecamatan Jambi Luar Kota dan Kelurahan Pondok Meja Kecamatan Mestong, namun lebih dominan mencakup wilayah Kota Jambi (72,9 %). Cakupan DAS Kenali Besar pada wilayah administrasi Kabupaten Muaro Jambi dan Kota Jambi disajikan di tabel berikut :

Tabel 4. 1 Luas Wilayah Administrasi di DAS Kenali Besar

NO	KECAMATAN	KELURAHAN	LUAS (ha)
MUARO JAMBI			
1	Jambi Luar Kota	Sungai Bertam	173,42
2	Mestong	Pondok Meja	791,80
	Jumlah		965,22
KOTA JAMBI			
1	Alam Barajo	Bagan Pete	230.96
2		Beliung	124.08
3		Kenali Besar	111.80
4		Mayang Mangurai	611.72
5		Pinang Merah	0.95
6		Rawasari	229.34
7		Simpang Rimbo	574.13
8	Kota Baru	Kenali Asam	300.94
9		Kenali Asam Bawah	1.64
10		Simpang III Sipin	11.91
11	Telanaipura	Talang Gulo	130.52
12		Aur Kenali	49.48
13		Pematang Sulur	146.92
14		Simpang IV Sipin	72.29
	Jumlah		2,596.82
	Luas DAS Kenali Besar		3.562,04



Gambar 4. 1 Peta Wilayah DAS Kenali Besar

Batas administrasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data spasial dari Lampiran Perda Kota Jambi Nomor 3 Tahun 2022 tentang Pembentukan Kelurahan Aur Kenali, Kelurahan Simpang Rimbo, Kelurahan Pinang Merah, Kelurahan Talang Gulo, Kelurahan Kenali Asam, dan Kelurahan Bakung Jaya untuk batas kelurahan di Kota Jambi, serta hasil Deliniasi Batas Kelurahan yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial untuk batas desa di Kabupaten Muaro Jambi. Berdasarkan Tabel 4.1 dan Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa di Kabupaten Muaro Jambi, Desa Pondok Meja memiliki wilayah paling luas pada DAS Kenali Besar, yaitu seluas 791,80 hektar. Sedangkan untuk wilayah Kota Jambi, berdasarkan data tersebut, kelurahan yang berada di DAS Kenali Besar, Kelurahan Mayang Mangurai memiliki luas wilayah terbesar yaitu 611,72 hektar, sedangkan Kelurahan Pinang Merah memiliki luas wilayah terkecil yaitu 0,95 hektar. Selain itu, Kelurahan Simpang Rimbo dan Kenali Asam juga memiliki luas wilayah yang cukup besar, masing-masing sebesar 574,13 hektar dan 300,94 hektar.

Menurut Sunarti, et al. (2022) bahwa dalam konteks batas DAS Kenali Besar yang melintasi wilayah Kabupaten Muaro Jambi dan Kota Jambi, maka pengelolaannya harus dilakukan secara koordinatif antar wilayah. Hal ini penting karena DAS merupakan sistem hidrologi yang menyatu dan harus dikelola secara terpadu. Dengan mempertimbangkan cakupan wilayah DAS Kenali Besar yang sebagian besar termasuk Kota Jambi, maka DAS ini dapat diklasifikasikan sebagai *Urban Watershed* atau Daerah Aliran Sungai perkotaan.

Pengklasifikasian DAS Kenali Besar sebagai *Urban Watershed* berkaitan dengan aktivitas perkotaan dan memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan DAS yang berada di daerah pedesaan. Oleh karena itu, pengelolaan DAS Kenali Besar perlu memperhatikan koordinasi antara Kota Jambi dan Kabupaten Muaro Jambi guna melindungi sumber daya air, menjaga kualitas air, serta mengurangi potensi dampak negatif dari kegiatan perkotaan.

4.1.2 Iklim dan curah hujan

Berdasarkan data curah hujan Stasiun Meteorologi Sultan Thaha Kota Jambi (2015-2024) dan perhitungan klasifikasi iklim menggunakan Metode iklim Schmidt & Ferguson, DAS Kenali Besar mempunyai curah hujan rata-rata tahunan 2.069,39mm dan memiliki iklim bertipe iklim B (Basah) dengan nilai Q sebesar 19,10. Volume tertinggi curah hujan bulanan selama 10 tahun terakhir (2015-2024) terjadi pada bulan oktober 2022 sebesar 435,20mm dan curah hujan terendah terjadi pada bulan September 2015 sebesar 0,0mm. Kejadian hari hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan Desember tahun 2019 sebanyak 28 hari hujan dan kejadian hari hujan bulanan terendah terjadi pada bulan September tahun 2015 sebanyak 1 hari hujan dan pada bulan Agustus tahun 2019 sebanyak 1 hari hujan. Jumlah bulan basah dan bulan kering selama 10 tahun terakhir (2015-2024) sebanyak 89 bulan basah dan 17 bulan kering.

Iklim basah sangat mempengaruhi ketersediaan air dan siklus hidrologi suatu DAS secara keseluruhan. Curah hujan yang tinggi meningkatkan ketersediaan air permukaan dan air tanah, mengisi sungai, danau, dan waduk. Daerah dengan iklim basah cenderung memiliki aliran sungai yang deras dan stabil sepanjang tahun. Namun, curah hujan berlebihan juga dapat menyebabkan banjir dan erosi. Selain itu, kelembaban yang tinggi mengurangi laju evaporasi, sehingga air tetap tersedia lebih lama. Kondisi ini mendukung aktivitas pertanian dan menyediakan sumber air bagi ekosistem serta kebutuhan manusia.

Pengaruh curah hujan terhadap debit sungai dan beban sedimen sungai sangat krusial, karena hujan merupakan pemicu utama proses erosi, transport sedimen, dan perubahan dinamika aliran. Dalam penelitian ini, pengambilan sampel debit dan sedimen dilakukan sebanyak 27 kali, dengan mencatat nilai curah hujan 24 jam sebelum setiap pengambilan sampel. Pada Lampiran 4 Tabel curah hujan 24 jam sebelum pengambilan sampel memperlihatkan distribusi curah hujan pada saat pengambilan sampel. Variabilitas curah hujan ini mempengaruhi perilaku *discharge rating curve* dan *sediment rating curve* yang dikembangkan. Hujan intens menyebabkan lompatan tajam pada hubungan tinggi muka air dengan debit sungai dan debit sungai dengan debit sedimen, sementara periode kering menentukan penyesuaian kurva untuk menangkap titik nonlinier pada rentang bawah.

Data curah hujan signifikan 24 jam sebelum sampling pada 8 Juli 2024 (18,20 mm) dan 6 September 2024 (28,60 mm) berkorelasi dengan peningkatan debit dan sedimen di sungai, menunjukkan respons DAS. Peristiwa dengan curah hujan di atas 75 mm terjadi pada pengambilan sampel pada bulan Mei 2025, informasi bahwa pada bulan Mei 2025 terjadi hujan deras dan lama di lokasi pengambilan sampel yang memungkinkan pengambilan data puncak muka air, namun stasiun klimatologi yang berada di luar dari wilayah DAS Kenali Besar menunjukkan 0.00 mm. Ini secara definitif mengonfirmasi bahwa data curah hujan dari stasiun yang jauh tidak representatif untuk kondisi aktual di dalam DAS Kenali Besar selama peristiwa hujan lebat tersebut.

Ketidaksesuaian data curah hujan stasiun dengan kondisi lapangan terutama di bulan Mei adalah bukti kuat dari variabilitas spasial curah hujan yang tinggi. Stasiun yang berada di luar dari wilayah DAS tidak mampu menangkap peristiwa hujan yang terlokalisasi namun intens yang dapat memiliki dampak besar pada DAS mikro. Ini berarti bahwa peristiwa hujan deras yang menyebabkan puncak debit di bulan Mei terjadi di dalam atau sangat dekat dengan DAS Kenali Besar, namun tidak terdeteksi oleh stasiun klimatologi yang digunakan. Ketidakmampuan stasiun yang berada di luar dari wilayah DAS Kenali Besar untuk merekam hujan deras yang nyata di bulan Mei secara tegas menunjukkan bahwa DAS Kenali Besar membutuhkan jaringan stasiun curah hujan yang lebih rapat dan idealnya berlokasi di dalam atau sangat dekat dengan batas DAS. Tanpa data curah hujan yang representatif, pemodelan hidrologi (hujan-limpasan) dan sistem peringatan dini banjir akan memiliki ketidakpastian yang sangat tinggi.

Oleh karena itu, meskipun data stasiun tidak mencatatnya, respons cepat dari DAS untuk menghasilkan puncak muka air setelah hujan deras menegaskan waktu konsentrasi air hujan yang sangat singkat di DAS Kenali Besar, konsisten dengan ukurannya sebagai DAS mikro. Mengingat curah hujan dapat sangat terlokalisasi, strategi pengelolaan DAS (termasuk perencanaan konservasi lahan dan mitigasi bencana) harus mampu beradaptasi dengan variabilitas spasial ini, bukan hanya mengandalkan data regional yang mungkin tidak relevan.

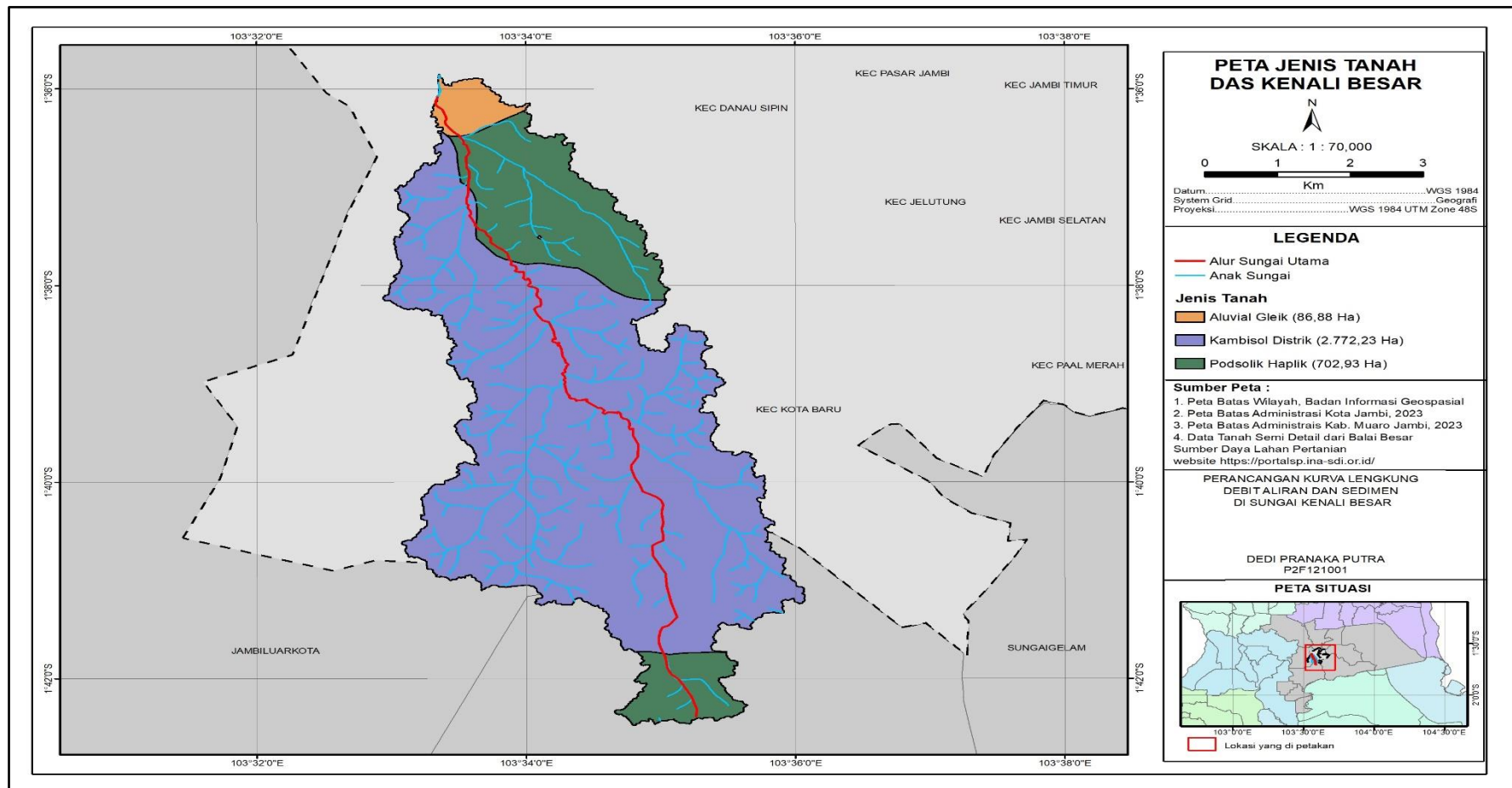
4.1.3 Biofisik DAS Kenali Besar

4.1.3.1 Jenis tanah di DAS Kenali Besar

Jenis tanah di DAS Kenali Besar secara langsung mempengaruhi karakteristik hidrologis dan proses sedimentasi di alur sungai. Berdasarkan Peta Jenis Tanah Semi Detail tahun 2016 yang bersumber dari Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian, diperoleh hasil bahwa jenis tanah yang paling dominan di DAS Kenali Besar adalah Kambisol Distrik seluas kurang lebih 2.772,23 ha atau 77,83%, kemudian Podsolik Haplik seluas 702,93 ha dan Aluvial Gleik seluas 86,88 ha.

Dominasi tanah Kambisol Distrik (77,83%) yang umumnya berstruktur gembur dan berpori besar memberikan kapasitas infiltrasi sedang hingga tinggi, namun rentan terhadap erosi bila tutupan lahan berkurang, limpasan permukaan di area Kambisol pada hujan intens dapat membawa partikel tanah halus ke badan sungai. Podsolik Haplik (19,73%) di dataran landai hingga lereng sedang memiliki lapisan pengotor (humus) tipis dan permeabilitas lebih rendah, sehingga meningkatkan waktu konsentrasi aliran dan mendukung pembentukan genangan lokal sebelum alirannya terakselerasi ke sungai utama. Sementara itu, tanah Aluvial Gleik (2,44%) di bagian hilir sungai berperan sebagai zona deposisi alami sedimen yang terbawa dari hulu cenderung terendapkan di sini saat kecepatan aliran menurun yang mempertahankan kedalaman alur dan menjadi area resapan air kembali ke muka air tanah.

Penelitian Tutuarima et al. (2021) mengungkapkan bahwa meskipun Kambisol umumnya memiliki karakteristik fisik yang relatif stabil, keberadaannya di suatu DAS yang mengalami perubahan penggunaan lahan dan paparan terhadap curah hujan intens dapat menyebabkan tingkat degradasi lahan dan sedimentasi yang bervariasi, dari ringan hingga sangat berat. Ini berarti bahwa masalah erosi dan sedimentasi di DAS Kenali Besar sangat mungkin diperburuk oleh interaksi antara jenis tanah dominan (Kambisol Distrik) dengan faktor-faktor pemicu seperti hilangnya tutupan vegetasi dan urbanisasi. Peta jenis tanah dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut :



Gambar 4. 2 Peta Jenis Tanah DAS Kenali Besar

Tabel 4. 2 Distribusi Jenis Tanah di DAS Kenali Besar

Jenis Tanah	Luas (ha)	Luas (%)
Aluvial Gleik	86,88	2,44%
Kambisol Distrik	2.772,23	77,83%
Podsolik Haplik	702,93	19,73%
Jumlah	3.562,04	100,00%

Sumber : Hasil analisis spasial, 2024.

Secara umum tanah kambisol mempunyai tekstur dari kasar sampai halus, dalam hal ini bergantung pada tingkat pelapukan bahan induk. Tanah kambisol dengan horison kambik yang memiliki tingkat keasaman tinggi, kandungan N, P, K dan bahan organik rendah (Jacob & Tatipata, 2014). Kandungan bahan organik pada tanah menentukan tinggi rendahnya bobot isi tanah (Chaudhari et al., 2013). Jenis tanah kambisol memiliki kepekaan erosi tanah dalam kategori rendah–agak tinggi. Tanah kambisol di wilayah daerah aliran sungai Kenali Besar pada topografi datar dan landai banyak dimanfaatkan sebagai areal bangunan permukiman.

4.1.3.2 Kemiringan lereng di DAS Kenali Besar

Pemanfaatan penggunaan lahan di suatu DAS harus memperhatikan kemiringan lereng. Kemiringan lereng yang tidak diperhatikan akan sangat berbahaya bagi masyarakat. Menurut Setyanugraha, T et al. (2023), peta kemiringan lereng berfungsi untuk memberikan informasi untuk menentukan fungsi lahan yang tepat dan untuk memberikan informasi letak wilayah yang berpotensi mengalami longsor ataupun erosi. Pentingnya untuk melakukan pemetaan kemiringan lereng yaitu untuk memberikan informasi pendukung kepada masyarakat agar dapat mencegah terjadinya erosi yang berpotensi longsor akibat kemiringan lereng.

Tabel 4. 3 Kelas dan Nilai Skor Kemiringan Lereng

Kelas	Kemiringan (%)	Klasifikasi
I	0 - 8	Datar
II	8 -15	Landai
III	15 -25	Agak Curam
IV	25 - 45	Curam
V	> 45	Sangat Curam

Sumber : Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah, 1986.

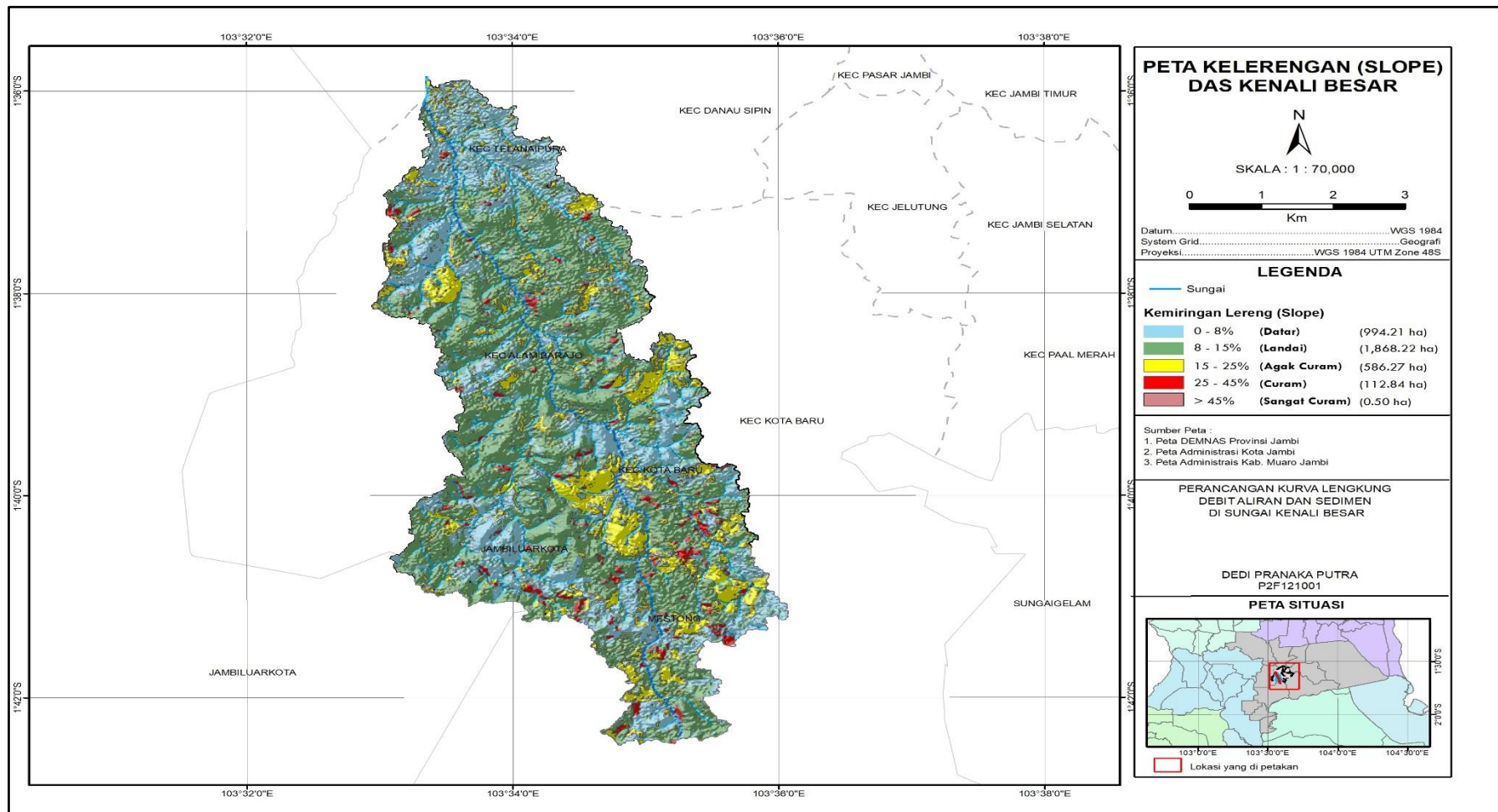
Data hasil pengolahan kemiringan lereng DAS Kenali Besar menggunakan aplikasi ArcGIS. Berdasarkan hasil analisis, dapat diasumsikan bahwa kelas lereng 0%-8% yang mendominasi sekitar 27,91% dari luas DAS Kenali Besar di wilayah Kota Jambi rentan terhadap bahaya banjir. Hal ini disebabkan karena lereng 0%-8% menerima aliran air dari lereng yang lebih tinggi. Menurut Rakuasa et al. (2022) Kemiringan lereng mempengaruhi arah, laju, dan juga konsentrasi air hujan, daerah dengan kemiringan lereng yang relatif datar akan membuat daerah tersebut selalu tergenang ataupun banjir ketika musim hujan.

Tabel 4. 4 Lereng (*slope*) DAS Kenali Besar

Kelas Lereng (%)	Morfologi	Luas (ha)	Persentase Luas (%)
0–8	Datar	994,21	27,91%
8–15	Landai	1.868,22	52,45%
15–25	Agak Curam	586,27	16,46%
25–45	Curam	112,84	3,17%
>45	Sangat Curam	0,50	0,01%
Jumlah		3.562,04	100,00%

Sumber : Hasil analisis spasial, 2024.

Kemiringan lereng mempengaruhi jumlah dan kecepatan limpasan permukaan, drainase permukaan, penggunaan lahan dan erosi. semakin landai kemiringan lerengnya, maka aliran limpasan permukaan akan menjadi lambat dan kemungkinan terjadinya genangan atau banjir menjadi besar. Sedangkan semakin curam kemiringan lereng akan menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat sehingga air hujan yang jatuh akan langsung dialirkan dan tidak menggenangi daerah tersebut, sehingga resiko banjir menjadi kecil. Sesuai dengan pernyataan Miardini & Saragih (2019), pada daerah dengan kemiringan lereng yang tinggi maka air hujan akan menjadi aliran permukaan karena kecepatan aliran yang tinggi, namun pada daerah yang relatif datar kecepatan air akan melambat dan berpotensi menyebabkan banjir.



Gambar 4. 3 Peta Kelerengan DAS Kenali Besar

4.1.3.3 Tutupan lahan DAS Kenali Besar

Data spasial tutupan lahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data citra landsat 8 Wilayah Provinsi Jambi tahun 2019 dan tahun 2024. Dalam penelitian ini data tutupan yang digunakan hanya yang berada dalam wilayah DAS Kenali Besar dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Tutupan Lahan DAS Kenali Besar Tahun 2019 dan 2024

Tutupan Lahan	Luas (ha) 2019	Luas (ha) 2024	Perubahan (ha)	Perubahan (%)
Bangunan/Permukiman	1.361,15	1.697,43	+336,28	+24,71%
Lahan Terbuka	371,41	525,10	+153,69	+41,38%
Tutupan Vegetasi	1.829,48	1.339,51	-489,97	-26,78%

Sumber : hasil analisa 2024

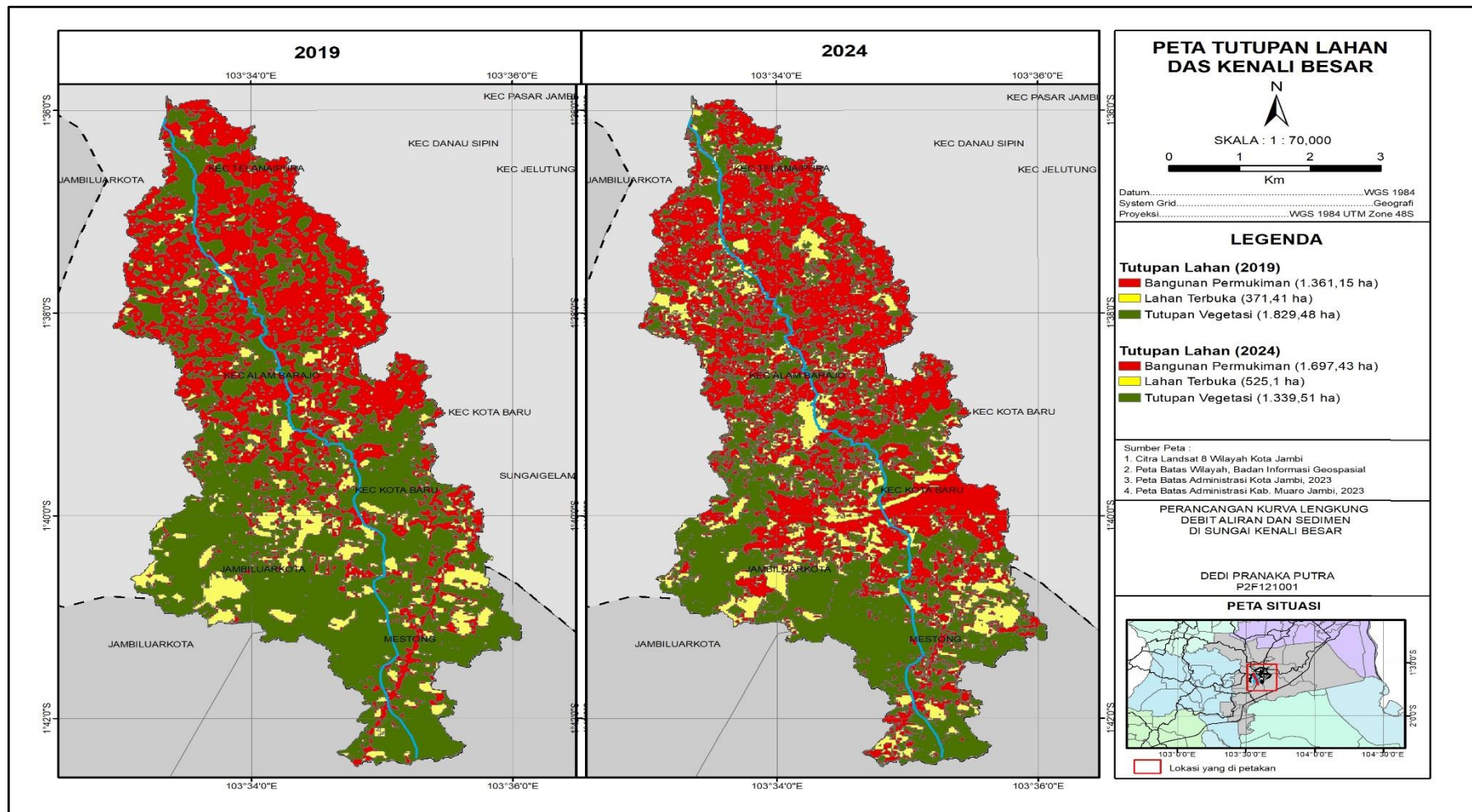
Berdasarkan Tabel 4.5 secara jelas mengindikasikan adanya tren urbanisasi dan degradasi lingkungan di DAS Kenali Besar dalam kurun waktu lima tahun. Peningkatan luas area terbangun (bangunan) dan lahan terbuka, yang secara langsung diimbangi oleh penurunan tutupan vegetasi, memiliki implikasi hidrologis dan ekologis yang serius. Peningkatan luas bangunan sebesar 24,71% (dari 1361,15 ha menjadi 1697,43 ha) menegaskan bahwa DAS Kenali Besar terus mengalami tekanan pembangunan permukiman. Penurunan tutupan vegetasi yang signifikan sebesar 26,78% (dari 1829,48 ha menjadi 1339,51 ha) adalah konsekuensi langsung dari ekspansi bangunan dan lahan terbuka. Vegetasi, termasuk hutan dan semak belukar, memainkan peran krusial dalam fungsi hidrologi DAS.

Menurut Sadhwani et al. (2022) dalam penelitiannya bahwa perubahan penggunaan dan tutupan lahan memiliki dampak signifikan dalam mengubah hidrologi DAS dan laju hasil sedimennya. Dampak ini diperparah khususnya terhadap erosi dan sedimentasi terutama di wilayah tropis yang didominasi oleh pola curah hujan monsun. Akibatnya, aliran air di permukaan meningkat, sementara kemampuan tanah untuk menampung air berkurang. Hal ini selaras dengan kondisi di DAS Kenali Besar, di mana perubahan tutupan lahan menjadi pemicu utama fluktuasi debit ekstrem dan tingginya beban sedimen.

Urbanisasi melibatkan konversi lahan alami atau pertanian menjadi permukaan kedap air (*impervious surfaces*) seperti jalan, bangunan, dan perkerasan. Peningkatan lahan terbuka sebesar 41,38% (dari 371,41 ha menjadi 525,10 ha) merupakan indikator penting. Lahan terbuka ini bisa jadi merupakan area yang baru saja dibersihkan dari vegetasi untuk persiapan pembangunan atau pertanian, atau lahan yang terdegradasi akibat aktivitas manusia. Lahan terbuka memiliki kerentanan yang tinggi terhadap erosi tanah, terutama saat terpapar langsung oleh curah hujan. Hal ini dapat menyebabkan penurunan ketersediaan air tanah, meningkatkan risiko kekeringan, serta memperparah risiko banjir saat musim hujan karena air tidak dapat diserap dengan optimal. Perubahan tutupan lahan di DAS Kenali Besar memiliki dampak yang kompleks.

Perubahan tutupan lahan saat ini didominasi oleh aktivitas pembangunan perumahan. Berdasarkan data dari Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman, rerata luas penambahan perumahan di Kota Jambi adalah sekitar 55,57 ha per tahun, artinya akan ada perubahan tutupan lahan dari awalnya hutan, belukar, lahan pertanian menjadi kawasan perumahan. Proses pembukaan lahan (*land clearing*) kawasan perumahan menjadi salah satu penyumbang air limpasan (*run off*) dan sedimen di Sungai Kenali Besar karena kondisi lahan tersebut tidak ada vegetasi sama sekali, apalagi terbuka dalam kurun waktu yang lama dan terjadi hujan dengan intensitas tinggi.

Untuk memperkecil dampak tersebut, maka perlu adanya kolam retensi. Kolam retensi harus dibangun sebelum dilakukan kegiatan pembersihan lahan (*land clearing*). Pembuatan biopori untuk masing-masing kavling dalam kawasan perumahan perlu dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi *run-off*. Salah satu upaya Pemerintah Kota Jambi dalam mengendalikan pembangunan perumahan adalah dengan menerbitkan Peraturan Walikota Jambi Nomor 5 Tahun 2014 tentang penyelenggaraan Perumahan dan Kawasan Permukiman, dimana salah satu aspek penting untuk penerapan konsep *zero run off* adalah dengan penyediaan kolam retensi dalam siteplan perumahan dengan ukuran menyesuaikan dengan hasil perhitungan volume air *run off* dalam perumahan tersebut. Selain kolam retensi, siteplan perumahan juga harus menyediakan lahan RTH yang bisa dimanfaatkan sebagai taman perumahan dan membantu menyerap sebagian air larian.



Gambar 4. 4 Peta Tutupan Lahan DAS Kenali Besar 2019 & 2024

4.1.4 Morfometri DAS Kenali Besar

4.1.4.1 Luas daerah aliran sungai

Dari hasil analisis data diperoleh hasil luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Kenali Besar adalah 3.562,04 ha dan kelilingnya 59,71 Km, Berdasarkan Peraturan Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial No, P3/V-SET/2013 (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2013), dengan nilai luasan tersebut, maka DAS Kenali Besar diklasifikasikan sebagai DAS sangat kecil.

Tabel 4. 6 Klasifikasi DAS

No	Luas DAS (ha)	Klasifikasi DAS
1	> 1.500.000	DAS Sangat Besar
2	500.000 – 1.500.000	DAS Besar
3	100.000 – 500.000	DAS Sedang
4	10.000 – 100.000	DAS Kecil
5	< 10.000	DAS Sangat Kecil

Sumber : Peraturan Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial, 2013.

Meskipun ukurannya kecil dibandingkan DAS yang lebih besar, DAS mikro seperti DAS Kenali Besar memiliki dinamika hidrologi yang sangat responsif terhadap perubahan lingkungan, terutama perubahan tutupan lahan. Dalam konteks ini, perubahan tutupan lahan yang signifikan, seperti peningkatan area terbangun dan lahan terbuka yang didapat dari analisa sebelumnya, akan memiliki dampak yang sangat cepat dan terkonsentrasi pada pola aliran dan transportasi sedimen sungai di dalamnya. Hal ini menjadikan pengelolaan DAS mikro sangat krusial karena dampaknya dapat langsung terasa pada skala lokal, seperti kejadian banjir dan sedimentasi yang sering terjadi di Sungai Kenali Besar. DAS dengan klasifikasi sangat kecil lebih rentan terhadap dampak bencana alam seperti banjir dan kekeringan. Hal ini dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan akibat kerusakan infrastruktur, lahan pertanian, dan pemukiman. Masyarakat yang bergantung pada sumber daya alam di DAS ini juga akan sangat terpengaruh.

4.1.4.2 Rasio Pemanjangan (Re)

Rasio pemanjangan dapat menentukan faktor bentuk DAS dengan cara membagi luas DAS dengan panjang sungai utama. Semakin panjang bentuk DAS maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk konsentrasi sehingga fluktuasi banjir semakin kecil. Rasio Pemanjangan (Re) ini adalah rasio diameter lingkaran dengan panjang sungai utama. Semakin tinggi nilai elongasi, semakin bulat bentuknya dan semakin rendah nilai elongasinya maka semakin memanjang bentuknya. Nilai Re umumnya bervariasi, nilai yang mendekati 0 adalah daerah dengan relief rendah sedangkan nilai yang mendekati 4 umumnya dikaitkan dengan relief yang tinggi dan kemiringan tanah yang curam. Menurut Asfar et al. (2020), rasio Pemanjangan (Re) lebih dipengaruhi oleh iklim dan geologi. Rasio pemanjangan atau nisbah memanjang dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Re = \frac{\left(\frac{A}{\pi}\right)}{Lb} \quad (4.1)$$

Dimana :

Re = Rasio Pemanjangan

A = Luas DAS (Km²)

π = Nilai phi (3,14)

Lb = Panjang sungai utama (Km)

Dari hasil perhitungan diperoleh hasil bahwa Rasio Pemanjangan adalah 0,79. Berdasarkan nilai Re yang diperoleh maka dapat menentukan bentuk DAS Kenali Besar merupakan DAS agak lonjong atau memanjang.

4.1.4.3 Rasio pembulatan (Rc)

Miller (1953) dalam Choudhari et al. (2018) menyatakan bahwa rasio kebulatan merupakan rasio dari luasan DAS ke luas lingkaran dengan keliling yang sama pada DAS terkait. Klasifikasi bentuk Daerah Aliran Sungai apabila nilai Rc (< 0,5) maka merupakan DAS memanjang, sedangkan nilai Rc (> 0,5) maka merupakan DAS sirkular/bulat. Rasio kebulatan dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut :

$$Rc = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (4.2)$$

Dimana :

Rc = Rasio kebulatan

π = Nilai phi (3,14)

P = Keliling DAS (Km)

Dari hitungan yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa rasio kebulatan (*Circularity ratio*) di DAS Kenali Besar adalah 0,1. Berdasarkan nilai Rc yang diperoleh menandakan bahwa DAS Kenali Besar memiliki bentuk daerah aliran sungai memanjang. Bentuk DAS memanjang mengindikasikan bahwa debit puncak pada DAS Kenali Besar datangnya cepat, begitu juga penurunannya.

Menurut Sideng et al. (2022), DAS memanjang biasanya sungai utamanya membentang karena anak-anak sungainya mengalir langsung ke sungai utamanya. Terkadang bentuknya seperti bulu burung. Bentuk ini biasanya menghasilkan aliran banjir yang relatif kecil karena aliran banjir dari anak-anak sungai berbeda. Namun biasanya durasi banjir relatif lama.

4.1.4.4 Relief dasar (R)

Menurut Hadley dan Schumm (1961) dalam Choudhari et al. (2018) relief DAS merupakan nilai hasil selisih antara elevasi tertinggi dan elevasi terendah. Nilai relief DAS dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut :

$$R = H - h \quad (4.3)$$

Dimana :

R = Relief Das

H = Elevasi Tertinggi DAS

h = Elevasi Terendah DAS

Berdasarkan hasil perhitungan Relief Dasar pada DAS Kenali Besar diperoleh hasil Relief Dasar pada DAS Kenali Besar adalah 56. Secara singkat, angka 56 meter ini mengindikasikan bahwa DAS Kenali Besar memiliki relief yang relatif rendah atau topografi yang cenderung datar hingga landai.

4.1.4.5 Relief rasio (Rr)

Relief rasio merupakan nilai rasio antara relief DAS dan panjang DAS Choudhari et al. (2018). Jika nilai rasio relief tinggi, maka wilayah DAS tersebut memiliki wilayah berbukit sedangkan jika nilainya rendah, maka wilayah DAS tersebut memiliki wilayah lembah. Nilai rasio relief DAS dapat dihitung menggunakan Persamaan :

$$R = \frac{R}{Lb} \quad (4.4)$$

Dimana :

Rr = Relief Rasio

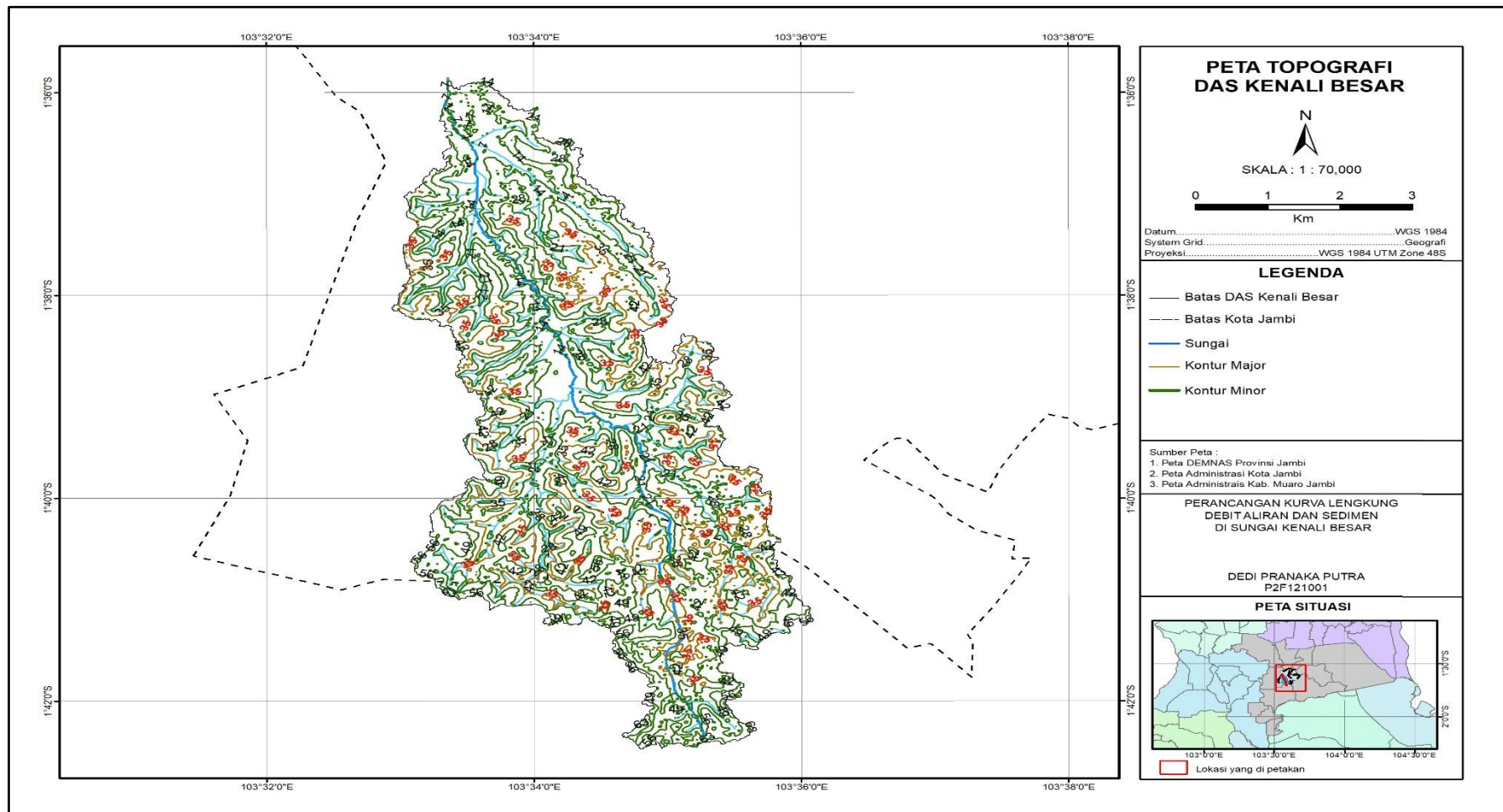
R = Relief DAS

Lb = Panjang sungai utama (Km)

Berdasarkan hasil perhitungan Relief Rasio pada DAS Kenali Besar diperoleh hasil Relief Rasio adalah sebesar 3,92. Dapat disimpulkan bahwa Relief Rasio Sungai Kenali Besar termasuk kategori kelerengan datar. Nilai Relief Rasio yang rendah pada Sungai Kenali Besar menjadi penyebab kawasan di sekitar sungai tersebut lebih rawan terhadap banjir karena air mengalir lambat.

Menurut Schumm (1956) dalam Choudhari et al. (2018), bahwa adanya hubungan erat antara tingkat mitigasi dan karakteristik hidrologi DAS, dan ia menemukan bahwa sedimen lepas per satuan luas terkait dengan tingkat mitigasi. Relief Rasio yang rendah menunjukkan bahwa topografi DAS tersebut rendah, begitu juga sebaliknya. Secara umum Relief Rasio di suatu daerah memiliki nilai besar yang menunjukkan relief tinggi dan lereng curam serta nilai kecil yang menunjukkan relief rendah dan lereng landai.

Nilai Relief Rasio (Rr) tidak memiliki klasifikasi khusus. Sebagian besar para peneliti mengelompokkan nilai rasio relief (Rr) berdasarkan hasil penelitian masing-masing yang relatif berbeda antara satu peneliti dengan peneliti lain (Uca et al., 2021).



Gambar 4. 5 Peta Topografi DAS Kenali Besar

4.1.4.6 Orde dan tingkat pencabangan sungai

Orde sungai pada penelitian ini diterapkan dengan metode Strahler (yaitu segmen tanpa cabang adalah orde pertama. Ketika kedua segmen bergabung bersama, urutan kedua terbentuk. Dua tahap kedua akan membentuk tahap ketiga. Dua orde ketiga akan membentuk orde keempat, dan seterusnya. Setiap segmen dapat menempatkan orde yang lebih kecil, tetapi tidak akan mengubah nilai ordenya. Dari hasil pengolahan dengan metode Strahler diperoleh hasil bahwa DAS Kenali Besar memiliki orde sungai paling tinggi adalah 5.

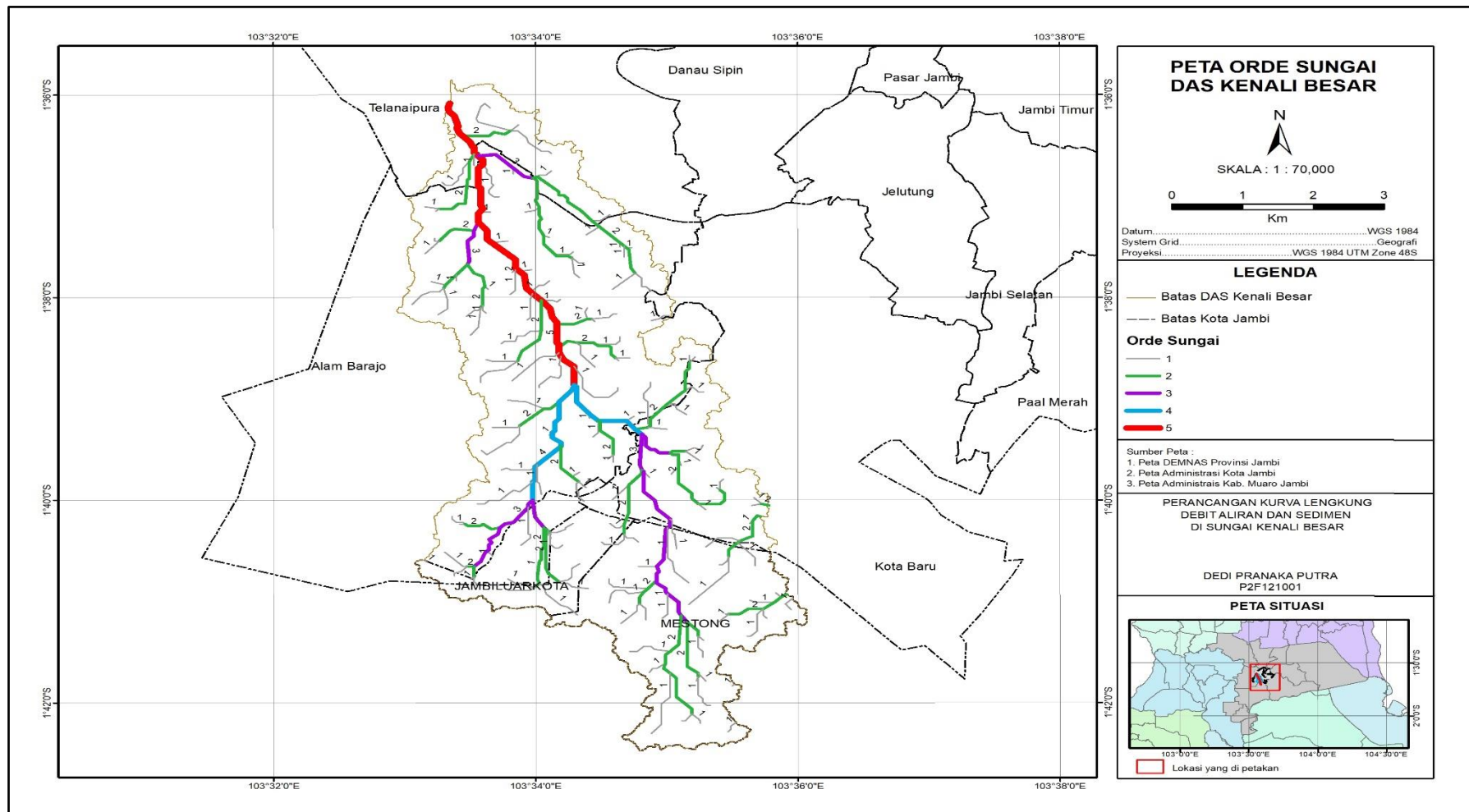
Tabel 4. 7 Orde dan Tingkat Pencabangan Sungai Kenali Besar

Orde Sungai	Panjang (Km)	Jumlah	$Rb = \frac{(N_u)}{N_{u+1}}$	$WRb = \frac{\sum Rb_{u+1}(N_u + N_{u+1})}{N_u}$
1	48,22	142	1,84	5,65
2	27,02	77	3,67	2,23
3	8,40	21	1,75	0,94
4	3,95	12	0.6	0
5	6,21	20		
Total	93,8		7,86	8,83

Sumber : Hasil analisis spasial, 2024

Dari perhitungan pada tabel 4.7 tersebut diperoleh hasil bahwa Nilai Indeks Pencabangan sungai rerata (WRb) adalah 8,83. Hal ini memberikan indikasi bahwa alur sungai yang berada di DAS Kenali Besar ketika hujan secara umum akan mengalami kenaikan muka air banjir dengan cepat, demikian pula penurunannya akan berjalan dengan cepat.

Berdasarkan hasil analisa pola aliran sungai pada DAS Kenali Besar adalah mengikuti pola dendritik, yaitu pola sungai dimana anak-anak sungainya (*tributaries*) cenderung sejajar dengan induk sungainya. Anak-anak sungainya bermuara pada induk sungai dengan sudut lancip. Pola ini umumnya terdapat pada daerah dengan batuan sejenis dan penyebarannya luas, kondisi lereng yang landai sampai berombak (Maimunah et al., 2020). Pola aliran dendritik menghasilkan hidrograf yang tajam, yang berarti debit banjir meningkat dengan cepat. Debit banjir di bagian hulu relatif kecil tetapi terjadi peningkatan dengan cepat di bagian hilir dan dapat menyebabkan banjir besar.



Gambar 4. 6 Peta Orde Sungai DAS Kenali Besar

4.1.4.7 Densitas drainase (Dd)

Salah satu parameter terpenting yang mempengaruhi banjir adalah kerapatan drainase (Dd). Kerapatan drainase mempengaruhi waktu konsentrasi dan puncak banjir. Menurut Sideng et al. (2022) bahwa kerapatan aliran yang tinggi telah menyebabkan peningkatan banjir puncak. Nilai kerapatan aliran yang rendah menjelaskan bahwa DAS cenderung sering mengalami banjir. Indeks Densitas Drainase diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Klasifikasi Indeks Densitas Drainase (Dd)

No	Indeks Dd	Klasifikasi
1	<0,25 Km/Km ²	Rendah
2	0,25 - 10 Km/Km ²	Sedang
3	10 - 25 Km/Km ²	Tinggi
4	>25 Km/Km ²	Sangat Tinggi

Berdasarkan nilai total panjang jaringan sungai 93,8 Km dan berdasarkan hasil perhitungan diperoleh luas DAS Kenali Besar adalah 35,6204 Km², sehingga nilai kerapatan sungai (Dd) didapat dengan menggunakan rumus :

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (4.5)$$

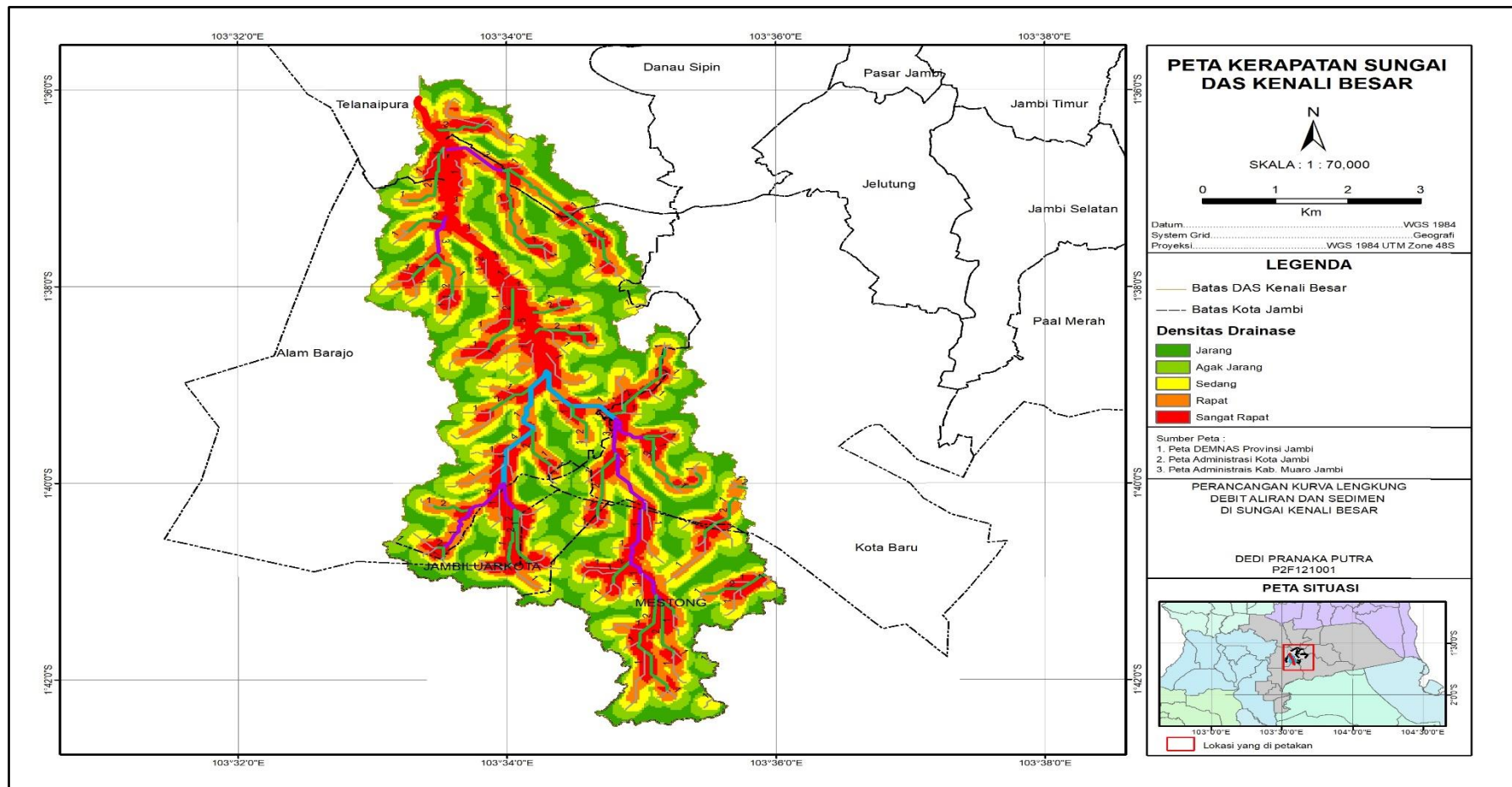
Dimana :

Dd = Densitas Drainase

L = Total Panjang Jaringan Sungai

A = Luas DAS (Km²)

Indeks kerapatan sungai di DAS Kenali Besar dari hasil hitungan adalah 2,63 Km/Km² dan berdasarkan klasifikasi maka kerapatan jaringan sungai di DAS Kenali Besar masuk dalam kategori sedang. Menurut Hayani & Sutriyono (2020) bahwa nilai Kerapatan Sungai (Dd) yang sedang berarti berada pada area dengan material bawah permukaan yang memiliki permeabilitas yang sedang dan tingkat vegetasi yang tidak terlalu rapat dan banyak. Oleh karena itu, aliran sungai Kenali Besar akan menimbulkan angkutan sedimen yang terbawa aliran akan lebih besar. Hal ini dikarenakan alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak yang memiliki potensi erosi, yang cenderung semakin besar.



Gambar 4. 7 Peta Kerapatan Jaringan Sungai di DAS Kenali Besar

4.2 Kondisi Eksisting Sungai Kenali Besar

Sungai Kenali Besar merupakan sungai yang menjadi bagian DAS Kenali Besar, sungai ini kerap mengalami banjir setiap tahunnya. Tingkat erosi yang tinggi menunjukkan kecenderungan semakin kritis keadaan sungai kenali besar yang memicu terjadinya sedimentasi/pendangkalan pada luas penampang sungai sehingga memperbesar resiko terjadinya bencana banjir.

Keberadaan pabrik tahu di dekat lokasi penelitian yang berada di sempadan sungai secara langsung menegaskan risiko tinggi pembuangan limbah ke badan air tanpa kontrol yang memadai, mempercepat degradasi kualitas air dan ekosistem sungai. Beban organik yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan endapan lumpur (*sludge*) di dasar sungai, terutama di area dengan aliran lambat. Endapan ini dapat mengurangi kedalaman efektif saluran dan mempengaruhi pola aliran.

Tumpukan sampah di badan sungai yang ditemukan di lokasi penelitian adalah indikator visual dari masalah pengelolaan limbah yang serius, yang memiliki implikasi langsung dan tidak langsung terhadap debit serta konsentrasi sedimen. Limbah padat, terutama sampah rumah tangga seperti plastik, botol, dan puing-puing, dapat secara fisik menghambat aliran air di saluran sungai. Tumpukan sampah dapat meningkatkan kekasaran permukaan dasar dan tebing sungai (*mannings roughness coefficient 'n'*), sehingga mengurangi efisiensi aliran. Air memerlukan waktu lebih lama untuk melewati segmen tersebut, atau TMA akan lebih tinggi untuk debit yang sama. Sampah juga dapat menyumbat saluran drainase yang mengarah ke sungai atau gorong-gorong di bawah jembatan, memperparah genangan dan memperlambat aliran keluar dari daerah permukiman.

Erosi tebing (*Streambank Erosion*) yang terjadi di lokasi penelitian mengindikasikan adanya pengikisan tanah pada tebing sungai akibat aliran air yang kuat atau gerusan dasar sungai. Meskipun pelebaran saluran bisa tampak meningkatkan kapasitas, hal ini juga menyebabkan pendangkalan relatif (penurunan kedalaman sungai). Tebing sungai yang tererosi menyumbang material yang lebih kasar (misalnya pasir, kerikil) dan juga partikel halus ke dalam aliran. Ini secara langsung meningkatkan konsentrasi sedimen (Cs) total di dalam sungai, bahkan melebihi apa yang dipasok dari erosi permukaan DAS.



Gambar 4. 8 Foto Eksisting Lokasi Penelitian
 (a) Foto Lokasi Pabrik Tahu di dekat Area Penelitian
 (b) Foto Tumpukkan Sampah di Lokasi Penelitian
 (c) Foto *Streambank Erosion* di Lokasi Penelitian

Menurut Pitanggi et al. (2017), penyempitan penampang sungai disebabkan oleh sedimentasi dan akumulasi sampah yang terus dihadapi oleh pemerintahan. Faktor sedimen dan perubahan penampang membuat perubahan drastis pada sungai yang kita kenal dengan perubahan geomorfologi. Erosi yang disebabkan karena faktor sedimentasi di sepanjang sungai Kenali Besar dapat menyebabkan pendangkalan badan sungai sehingga akan menurunkan kapasitas dari badan air dan meningkatkan potensi luapan/banjir. Andina (2019) juga menambahkan bahwa sampah yang sulit terurai dapat memblokir aliran air dan memodifikasi morfologi sungai yang mengakibatkan perubahan struktur saluran dan pola aliran sungai.

Selain faktor sedimentasi, tingginya air limpasan permukaan juga membuat debit puncak menjadi lebih besar. Limpasan permukaan yang tinggi tersebut lebih banyak disebabkan oleh pemanfaatan lahan sebagai lahan terbangun. Wilayah ini mempunyai luas prioritas pengendalian limpasan permukaan sekitar 47,65% dari seluruh luas wilayah. Tingginya intensitas curah hujan yang terjadi pada lahan terbangun memberikan implikasi pada intensitas banjir pada sungai dan banjir lokal pada daerah banjir serta pada hakekatnya dapat memperbesar resiko banjir di kemudian hari. Hal ini berarti, di lahan-lahan yang mempunyai nilai prioritas tersebut harus dilakukan suatu upaya-upaya untuk menurunkan limpasan permukaan dan meningkatkan penyimpanan air dalam tanah.

Salah satu alternatif pengendalian adalah dengan melakukan normalisasi penampang di Sungai Kenali Besar agar kapasitas dari sungai menjadi lebih besar dan dapat menampung debit puncak banjir yang terjadi. Namun upaya normalisasi hanya sebatas tindakan kuratif sehingga perlu dilakukan upaya preventif pada sumber dari permasalahan tersebut. Untuk itu diperlukan upaya konservasi lahan, baik secara struktural maupun non struktural. Upaya struktural dimaksudkan untuk menekan laju sedimentasi di sungai, meningkatkan ketersediaan air di musim kemarau serta menurunkan debit puncak banjir. Sedangkan upaya konservasi non struktural lebih fokus dalam melibatkan partisipasi masyarakat. Perspektif ini melibatkan pemahaman interaksi di antara penggunaan lahan, pengambilan sumber daya alam dan pilihan mata pencaharian dengan hukum dan kerangka kebijakan yang legal.

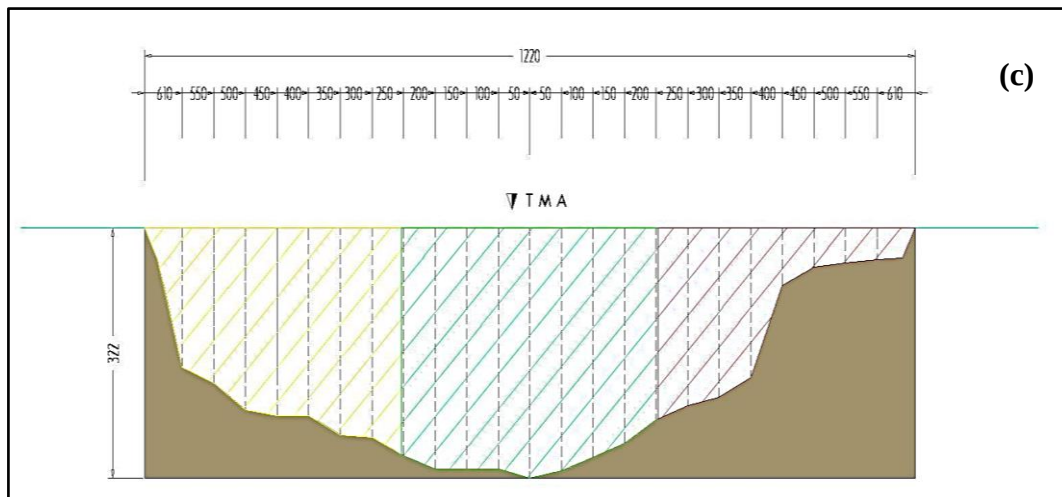
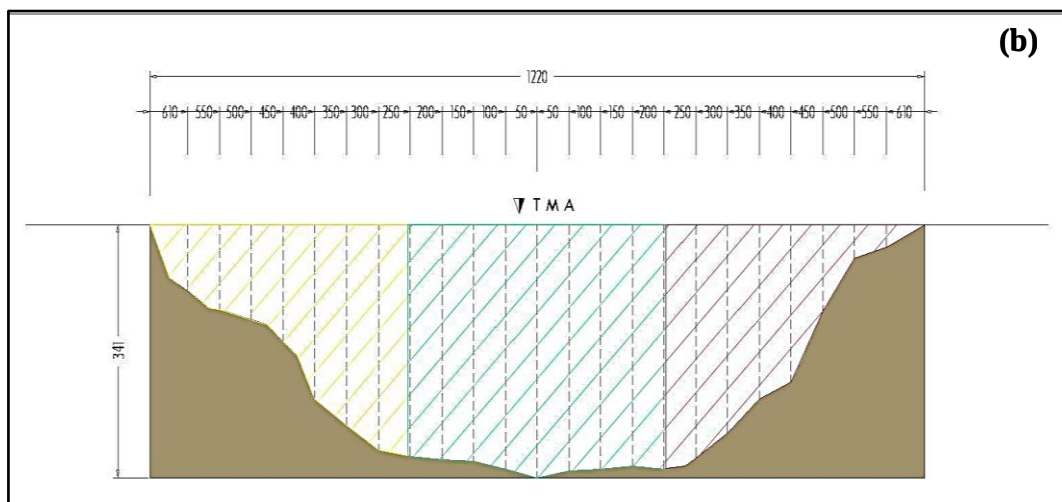
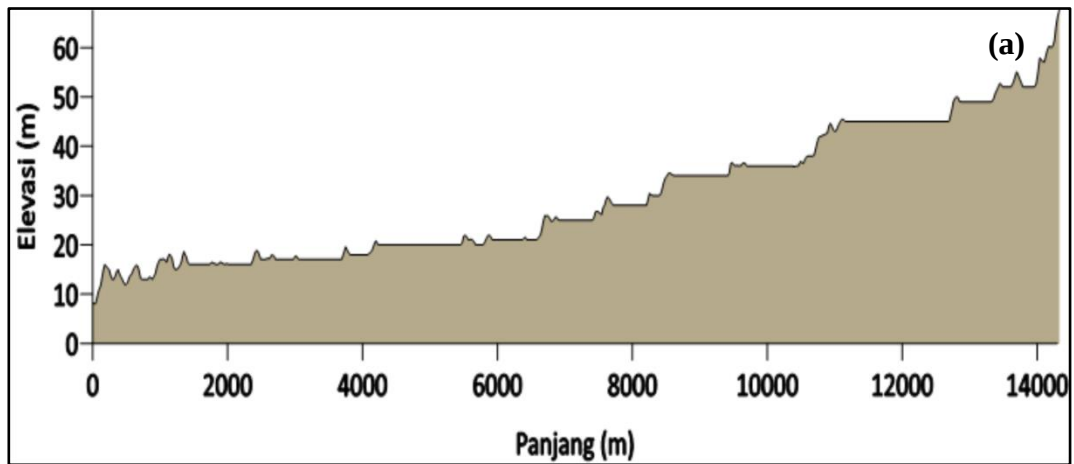
4.3 Profil Penampang Sungai Kenali Besar

Pengukuran profil penampang melintang sungai bertujuan untuk mendapatkan luas area pada penampang sungai. Pengukuran dilakukan perlahan per 50cm untuk mendapatkan profil penampang melintang sungai yang akurat. Pengukuran ini dilakukan karena sangat dibutuhkan pada pengolahan data dan termasuk salah satu parameter yang dibutuhkan.

Berdasarkan hasil pengukuran profil penampang melintang Sungai Kenali Besar pada koordinat 103°33'20,264" BT - 1°36'9,96" LS, didapatkan bahwa pada bulan Juli 2024 kapasitas penampang sungai Kenali Besar memiliki volume sebesar 27,44m² dan pada bulan Mei 2025 kapasitas penampang sungai mengalami penurunan daya tampung menjadi sebesar 25,91m². Temuan mengenai penurunan kapasitas penampang Sungai Kenali Besar ini merupakan indikator krusial dari proses sedimentasi aktif yang terjadi di lokasi penelitian. Penurunan volume penampang basah sungai sebesar 1,53 m² dalam kurun waktu kurang dari satu tahun ini memiliki implikasi hidrologis yang signifikan.

Data tutupan lahan sebelumnya menunjukkan peningkatan area terbangun dan lahan terbuka, serta penurunan tutupan vegetasi antara tahun 2019 dan 2024. Perubahan ini secara drastis mengurangi kemampuan tanah untuk menyerap air (*infiltrasi*) dan meningkatkan aliran permukaan (*runoff*). Limpasan permukaan yang lebih cepat dan bervolume besar ini memiliki energi yang lebih tinggi untuk mengikis tanah di daerah hulu dan sepanjang tebing sungai, membawa material erosi sebagai sedimen tersuspensi ke dalam saluran sungai. Akibat penurunan daya tampung, bahkan curah hujan dengan intensitas sedang pun dapat dengan mudah menyebabkan luapan air dari sungai, memperparah frekuensi dan tingkat keparahan banjir di wilayah sekitarnya, seperti yang sering terjadi di Kota Jambi.

Menurut Legowo et al. (2024), kapasitas tampung yang terbatas dalam saluran sungai akan mempercepat tercapainya debit puncak. Pada saat terjadi penyempitan kapasitas tampung sungai mengakibatkan air dapat meluap dari badan sungai. Luapan ini sering kali menggenangi area pertanian seperti sawah dan juga area pemukiman. Dampak dari kejadian tersebut menyebabkan kerusakan materi dan non materi, seperti kerusakan properti, infrastruktur, dan potensi masalah kesehatan.



Gambar 4. 9 Profil Penampang Sungai Kenali Besar
 (a) Profil Penampang Memanjang Sungai Kenali Besar
 (b) Profil Penampang Melintang Sungai Kenali Besar ($103^{\circ}33'20.264''$ BT - $1^{\circ}36'9.96''$ LS) Juli 2024
 (c) Profil Penampang Melintang Sungai Kenali Besar ($103^{\circ}33'20.264''$ BT - $1^{\circ}36'9.96''$ LS) Mei 2025

4.4 Debit Aliran Sungai Kenali Besar

Debit aliran (Q) adalah volume air yang mengalir melalui penampang basah sungai yang dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/det) atau liter per detik (L/det). Pengumpulan data yang mencakup berbagai rentang TMA, dari rendah hingga tinggi, sangat krusial untuk membangun kurva debit yang akurat dan representatif. Kurva ini akan memungkinkan konversi pembacaan TMA rutin (yang relatif mudah diukur) menjadi data debit yang berkelanjutan dan akurat, tanpa perlu pengukuran langsung yang mahal dan memakan waktu.

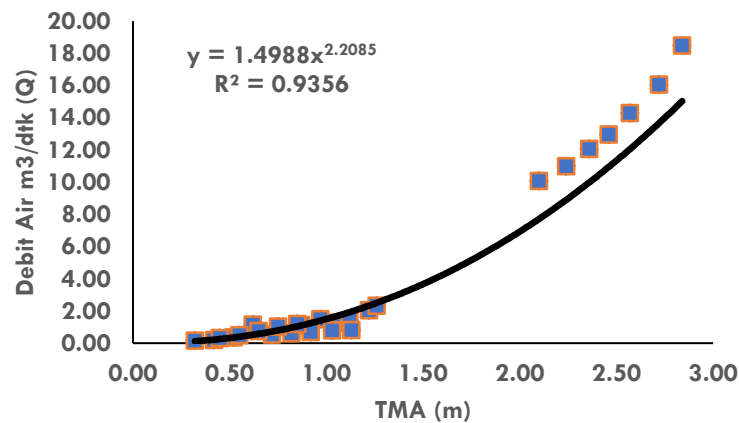
Berdasarkan data hasil pengukuran, fluktuasi debit aliran yang mengalir pada penampang sungai berbeda-beda yang ditunjukkan oleh perbedaan nilai $Q_{\max}$ maupun $Q_{\min}$. Data menunjukkan rentang debit yang sangat luas, dari terendah $0,16 \text{ m}^3/\text{dtk}$ (pada 20 Juli 2024 dengan TMA 0,32 m) hingga tertinggi $18,49 \text{ m}^3/\text{dtk}$ (pada 13 Mei 2025 dengan TMA 2,84 m). Rentang ini konsisten dengan karakteristik Sungai Kenali Besar sebagai sungai periodik, yang debitnya sangat bergantung pada musim dan masukan curah hujan.

Hasil penelitian yang mengidentifikasi adanya penurunan kapasitas penampang Sungai Kenali Besar (dari $27,44 \text{ m}^2$ pada Juli 2024 menjadi $25,91 \text{ m}^2$ pada Mei 2025), hal ini memiliki dampak langsung dan signifikan terhadap debit aliran sungai. Ketika luas penampang ini berkurang, secara fisik kemampuan sungai untuk mengalirkan volume air (debit) tertentu juga menurun. Pada saat terjadi aliran puncak (*peak flow*) akibat hujan deras, sungai akan mencapai TMA kritis dan meluap lebih cepat dan lebih sering, meskipun total debit aliran yang masuk ke sistem sungai mungkin tidak lebih besar dari kejadian sebelumnya. Hal ini mengubah karakteristik respons hidrologi sungai, membuatnya menjadi pemicu banjir yang lebih sering atau lebih parah di area sekitarnya.

Menurut Bugis et al. (2024) menyatakan bahwa terdapat hubungan positif antara luas penampang sungai dengan debit aliran sungai, di mana semakin besar luas penampang, maka semakin besar pula debit atau laju aliran air yang dapat dialirkan oleh sungai, dan sebaliknya. Hal ini mengindikasikan bahwa pengurangan atau penyempitan penampang sungai secara langsung akan membatasi kemampuan sungai untuk mengalirkan volume air yang tinggi, sehingga memengaruhi karakteristik debit aliran di dalamnya.

4.5 Kurva Lengkung Debit Aliran (*Dischrage Rating Curve*)

Kurva Lengkung Debit Aliran adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara tinggi muka air dan debit sungai pada lokasi penampang sungai tertentu. *Dischrage Rating curve* berguna untuk dipakai sebagai dasar penentuan besarnya debit sungai di lokasi dan tinggi muka air pada periode waktu tertentu. Dengan menggunakan nilai parameter tinggi muka air dan debit sungai yang di dapat dari hasil penelitian di lapangan, maka dapat dibentuk Kurva Lengkung Debit Aliran.



Gambar 4. 10 Kurva Lengkung Debit Aliran Sungai Kenali Besar

Dari grafik *discharge rating curve* yang disajikan dengan persamaan regresi pangkat (*power regression*), yang bermakna variabel x (tinggi muka air / TMA) yang mempengaruhi debit aliran (Q). Grafik ini menggambarkan hubungan non-linier antara TMA dan debit aliran dalam bentuk fungsi pangkat ($Q=a*TMA^b$). Nilai eksponen (b) yang lebih besar dari 1 (dalam kasus ini 2,5784) adalah karakteristik kunci dari hubungan TMA dan debit pada sungai Kenali Besar.

Kurva yang menanjak curam ini menunjukkan bahwa pada TMA yang lebih tinggi (misalnya saat hujan deras), sedikit peningkatan ketinggian air akan menghasilkan peningkatan debit aliran yang sangat besar. Ini adalah indikator kuat dari responsivitas tinggi Sungai Kenali Besar terhadap masukan hidrologi, yang khas untuk DAS mikro. Sungai ini dapat dengan cepat mengalirkan volume air yang jauh lebih besar ketika muka airnya naik. grafik dengan persamaan regresi pangkat ini tidak hanya memvisualisasikan bahwa TMA mempengaruhi debit, tetapi juga secara matematis menjelaskan bahwa pengaruh ini bersifat non-linier.

Bentuk persamaan pangkat ini konsisten dengan prinsip-prinsip dasar hidrolika saluran terbuka, seperti Persamaan Manning. Dalam bentuk yang disederhanakan, debit berbanding lurus dengan luas penampang basah dan kecepatan aliran. Karena baik luas penampang basah maupun kecepatan aliran (yang dipengaruhi oleh jari-jari hidrolik) keduanya merupakan fungsi dari kedalaman atau TMA secara non-linier, maka debit secara keseluruhan akan berbanding dengan TMA dengan suatu pangkat tertentu. Nilai eksponen 2,5784 mencerminkan bagaimana geometri spesifik Sungai Kenali Besar mempengaruhi hubungan ini. Ini adalah representasi fisik dari bagaimana karakteristik saluran sungai memungkinkan sungai mengalirkan volume air yang semakin besar dengan efisiensi yang meningkat seiring kenaikan tinggi muka air.

Hal ini memiliki makna bahwa peningkatan luas penampang basah yang semakin efisien ketika tinggi muka air (TMA) meningkat. Peningkatan tinggi muka air dan debit aliran seringkali bersifat non-linier dan secara signifikan memperbesar ruang bagi air untuk mengalir. Seiring dengan kenaikan TMA, jari-jari hidrolik (rasio luas penampang basah terhadap keliling basah) juga cenderung meningkat. Peningkatan jari-jari hidrolik ini mengurangi gaya gesek relatif antara air dengan dasar dan dinding saluran. Akibatnya, air dapat mengalir dengan kecepatan rata-rata yang lebih tinggi dan lebih efisien. Jadi, semakin dalam air, semakin cepat ia cenderung mengalir.

Analisis ini mencakup aspek hubungan antara variabel, representasi rentang kondisi sungai, dan implikasinya untuk pembentukan kurva hidrologi dan pengelolaan DAS. Rentang TMA yang luas ini sangat berharga, karena mencakup kondisi aliran rendah (musim kemarau/normal) hingga kondisi aliran tinggi yang mendekati kondisi banjir. Titik data tertinggi pada 2.84m memungkinkan pengembangan kurva lengkung debit aliran yang valid untuk prakiraan banjir. Fluktuasi debit yang signifikan ini rentang $0,16\text{m}^3/\text{dtk}$ (minimum) hingga $18,49\text{m}^3/\text{dtk}$ (maksimum) mengkonfirmasi karakteristik dinamis Sungai Kenali Besar sebagai DAS mikro yang sangat responsif terhadap masukan curah hujan. Debit maksimum $18,49\text{ m}^3/\text{dtk}$, yang terjadi pada Mei 2025 (periode potensial musim hujan), mencerminkan kapasitas pengangkutan air yang besar dan juga potensi ancaman banjir.

Debit di Sungai Kenali Besar dipengaruhi oleh kondisi topografi yang berbeda beda. Distribusi kemiringan lereng menunjukkan dominasi kelas landai (1.868,22 ha), diikuti oleh datar (994,21 ha). Lereng landai (8-15%) secara alami memiliki kemampuan infiltrasi yang baik karena air lebih lama tertahan di permukaan tanah dibandingkan lereng curam. Proporsi lereng agak curam hingga sangat curam relatif kecil. Secara teoritis, topografi yang didominasi landai ini seharusnya mengurangi risiko erosi dan aliran permukaan yang cepat. Namun, seperti halnya iklim, manfaat alami ini kemungkinan besar terdampak oleh perubahan tata guna lahan yang mengurangi tutupan vegetasi dan meningkatkan permukaan kedap air, sehingga memicu aliran permukaan yang lebih tinggi dan masalah banjir.

Pola drainase DAS Kenali Besar umumnya mengikuti pola Deindritik, dimana pola drainase sungai ini merupakan pola aliran sungai yang menghasilkan hidrograf yang tajam, yang berarti debit banjir meningkat dengan cepat. Debit banjir di bagian hulu relatif kecil tetapi terjadi peningkatan dengan cepat di bagian hilir dan dapat menyebabkan banjir besar. Di sini, erosi yang terus-menerus menciptakan anak-anak sungai yang berkembang secara acak dan menyatu kembali pada sungai utama yang secara langsung berkontribusi pada masalah akumulasi sedimen di dalam saluran sungai.

Faktor selanjutnya yang mempengaruhi besar kecilnya debit aliran di Sungai Kenali Besar yaitu kondisi penutupan lahan atau penutupan vegetasi. Berdasarkan data peta perubahan tutupan lahan kawasan DAS Kenali Besar tahun 2019-2024 mengalami peningkatan luas bangunan sebesar 24,71% (dari 1.361,15 ha menjadi 1.697,43 ha). Dalam konteks DAS Kenali Besar yang mengalami urbanisasi dan degradasi tutupan lahan, ukuran DAS yang kecil mempercepat dan memperparah dampak hidrologis seperti banjir dan peningkatan aliran permukaan. Kondisi ini yang menyebabkan debit aliran di Sungai Kenali Besar cukup besar pada saat terjadinya hujan, karena sebagian air hujan tidak langsung terinfiltrasi ke dalam tanah. Pada dasarnya saat terjadi hujan (hujan kecil), air pada aliran sungai tidak langsung mengalami pertambahan debit akan tetapi sebagian besar air langsung terinfiltrasi ke dalam tanah.

Menurut Neno et al. (2016), peningkatan debit aliran sungai tak terlepas dari terjadinya degradasi sifat fisik tanah sebagai akibat alih guna lahan hutan menjadi penggunaan lahan lainnya. Dengan hampir separuh (47,65%) wilayah DAS Kenali Besar tertutup pemukiman, kapasitas infiltrasi turun drastis sehingga sebagian besar hujan berubah langsung menjadi limpasan permukaan. Akibatnya, koefisien limpasan meningkat, waktu konsentrasi DAS memendek, dan puncak debit datang lebih cepat, semua faktor ini memperbesar risiko banjir dan memperparah genangan di hilir sungai. Pemukiman juga memicu pendangkalan yang lebih cepat karena erosi tebing akibat aliran terfokus ke saluran buatan (gorong-gorong, drainase kota) serta sedimentasi partikel halus dari area konstruksi dan kebun pekarangan yang tak tertutup vegetasi. Secara ekonomi, meski pemukiman mendukung akses dan pertumbuhan kota, ketidaksiapan infrastruktur drainase memaksa pemerintah menambah biaya pengerukan rutin, pembangunan turap, serta program konservasi hulu.

Iklim DAS Kenali Besar diklasifikasikan sebagai Tipe B, yang secara eksplisit dinyatakan sangat cocok untuk sektor pertanian, menyiratkan potensi alami yang tinggi untuk produktivitas pertanian. Namun, data tata guna lahan mengungkapkan bahwa pemukiman (47,65%) adalah tutupan lahan yang dominan, dengan pertanian yang kurang menonjol. Hal ini menunjukkan pergeseran signifikan dari potensi agro-iklim alami DAS menuju urbanisasi. Kontradiksi ini sangat penting karena menyoroti perubahan bentang alam yang diinduksi oleh manusia, yang terlepas dari kondisi alami yang menguntungkan, kemungkinan besar berkontribusi signifikan terhadap masalah hidrologi yang diamati di sungai, seperti berkurangnya infiltrasi dan peningkatan limpasan.

Nilai Indeks Pencabangan Sungai Rerata (Bifurcation Ratio) sebesar 8,83 adalah sangat tinggi mengindikasikan aliran permukaan yang tinggi dan infiltrasi yang rendah, yang sangat konsisten dengan masalah banjir yang dialami Sungai Kenali Besar. Ini menunjukkan bahwa meskipun topografi dasar cenderung landai, struktur geologis atau proses geomorfologis telah menciptakan jaringan sungai yang sangat efisien dalam mengalirkan air, mempercepat respons hidrologi yang berkorelasi langsung dengan kejadian banjir.

4.6 Evaluasi Model Kurva Lengkung Debit Aliran

Bentuk grafik Kurva Lengkung Debit Aliran (*Discharge Rating Curve*) yang menunjukkan peningkatan debit yang semakin cepat seiring kenaikan tinggi muka air (TMA) mengkonfirmasi bahwa DAS Kenali Besar memiliki respons hidrologi yang sangat responsif terhadap masukan air. Ini konsisten dengan karakteristiknya sebagai DAS mikro. Setiap peningkatan kecil pada TMA di level tinggi akan menghasilkan volume debit yang sangat besar. Hal ini adalah karakteristik umum DAS mikro dan menjelaskan mengapa DAS Kenali Besar sangat rentan terhadap banjir atau genangan air yang cepat setelah hujan lebat.

Kurva yang curam pada TMA tinggi menunjukkan bahwa DAS Kenali Besar dapat dengan cepat menghasilkan aliran puncak yang besar, meningkatkan potensi banjir. Potensi banjir ini diperparah oleh adanya penurunan kapasitas penampang sungai akibat sedimentasi (dari 27,44 m² menjadi 25,91 m²). Ini berarti sungai akan meluap pada debit yang lebih rendah dibandingkan jika kapasitas penampang tidak berkurang. Fenomena ini diperburuk oleh perubahan tutupan lahan (peningkatan area terbangun dan lahan terbuka serta penurunan vegetasi) yang menyebabkan peningkatan limpasan permukaan dan mempercepat waktu konsentrasi aliran.

Dalam penelitian Vázquez & Hampel (2022) menunjukkan bahwa pengukuran tinggi muka air dan debit sungai merupakan parameter kunci yang berhasil merepresentasikan dinamika hidrologi di suatu sungai dan fundamental dalam pemodelan hidrologi. Sehingga, model ini akurat untuk keperluan prediksi dan manajemen sumber daya air di sungai Kenali Besar. Data hasil penelitian secara kuat memvalidasi prinsip dasar hidrologi bahwa semakin tinggi muka air (TMA), semakin besar debit aliran (Q) sungai. Ketersediaan titik-titik data dari kondisi aliran sangat rendah hingga sangat tinggi (terutama data Mei 2025 yang mencapai TMA 2,84 m dan Debit 18,49 m³/dtk) sangat krusial. Ini memungkinkan pengembangan kurva debit dapat digunakan untuk mengestimasi debit secara akurat di berbagai kondisi hidrologi, termasuk selama peristiwa banjir. Evaluasi mendalam menunjukkan bahwa DAS Kenali Besar berada dalam kondisi yang rentan terhadap banjir dan sedimentasi, yang dipicu oleh interaksi kompleks antara karakteristik morfometri DAS, perubahan tutupan lahan, jenis tanah, dan pola curah hujan.

4.7 Debit Sedimen Sungai Kenali Besar

Sedimen merupakan material lepas yang mempunyai bentuk dan ukuran yang bervariasi dan terbentuk oleh proses fisika dan kimia pada batuan. Partikel yang terlepas dari batuan kemudian bergerak akibat terbawa arus, angin, gravitasi, gelombang dan sebagainya, dimana jika terbawa air disebut fluvial atau angkutan sedimen (*sediment transport*). Hasil sedimen biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment*) atau dengan pengukuran langsung di dalam waduk.

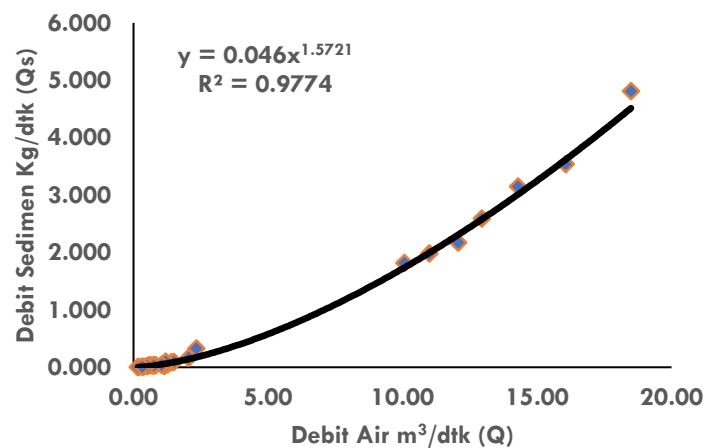
Berdasarkan hasil pengukuran sedimen yang dilakukan bersamaan dengan pengukuran debit sungai yaitu dengan cara mengambil sampel air sungai maka hasil pengukuran beban sedimen di Sungai Kenali Besar menunjukkan bahwa konsentrasi sedimen tertinggi adalah 4,81Kg/dtk dan terendah sebesar 0,003Kg/dtk.. Hal ini mencerminkan kapasitas angkut sedimen sungai yang meningkat secara signifikan seiring dengan peningkatan energi aliran. Hubungan ini menjadi dasar untuk menghitung Debit Sedimen (Q_s) secara tidak langsung dan kemudian membangun kurva sedimen. Kurva ini adalah alat vital untuk mengestimasi total beban sedimen yang diangkut oleh sungai, yang secara langsung berkaitan dengan masalah sedimentasi di saluran sungai dan badan air lainnya.

Berdasarkan hasil penelitian yang menunjukkan adanya penurunan kapasitas penampang Sungai Kenali Besar (dari 27,44 m² pada Juli 2024 menjadi 25,91 m² pada Mei 2025), hal ini memiliki dampak signifikan terhadap debit sedimen di dalam sungai. Di area yang menjadi lebih dangkal atau sempit, kecepatan aliran air cenderung melambat. Ketika kecepatan aliran air menurun, kapasitas angkut sedimen sungai juga ikut berkurang secara drastis. Hal ini menyebabkan partikel-partikel sedimen yang sebelumnya tersuspensi atau bergerak sebagai sedimen dasar akan mengendap di dasar atau di tepi saluran, bukan lagi terangkut ke hilir. Akibatnya, terjadi peningkatan sedimen di dalam penampang sungai. Sesuai dengan penelitian Amri (2022) menyatakan bahwa penurunan kapasitas penampang sungai, yang seringkali diakibatkan oleh proses pendangkalan, dapat menyebabkan penumpukan sedimen di bagian tertentu dari aliran sungai. Hal ini mengindikasikan bahwa kapasitas angkut sedimen sungai di area tersebut menurun, sehingga sedimen cenderung mengendap daripada terus terangkut ke hilir.

4.8 Kurva Lengkung Debit Sedimen (*Sediment Rating Curve*)

Kurva lengkung debit sedimen merupakan suatu metode atau persamaan yang digunakan untuk menganalisa hubungan antara debit aliran dengan debit sedimen suspensi, digunakan sebagai salah satu Metode empiris yang menghubungkan konsentrasi sedimen C_s (kg/m^3) dengan debit aliran Q (m^3/detik) (Susanto, 2017). *Sediment rating curve* berperan krusial karena memberikan fungsi empirik yang menghubungkan debit sungai dengan beban sedimen. Sehingga, cukup dengan data muka air atau debit yang mudah diperoleh, beban sedimen dapat diprediksi secara kontinu tanpa perlu sampling manual berulang.

Dari grafik Kurva Lengkung Debit Sedimen (*Sediment Rating Curve*) pada Gambar 4.11, dengan variabel x (Debit Aliran, Q) dan variabel y (Debit Sedimen, Q_s). Grafik ini menggambarkan hubungan non-linier antara debit aliran air dan debit sedimen, yang merupakan karakteristik umum pada sistem sungai alami.. Temuan ini mengindikasikan pengaruh signifikan karakteristik DAS terhadap pola transportasi sedimen yang mempercepat pendangkalan sungai.



Gambar 4. 11 Kurva Lengkung Debit Sedimen Sungai Kenali Besar

Bentuk kurva yang menanjak dan melengkung menunjukkan bahwa debit sedimen (Q_s) sangat sensitif dan meningkat secara signifikan seiring dengan peningkatan debit aliran (Q). Artinya, sedikit peningkatan pada aliran air akan menghasilkan peningkatan yang jauh lebih besar pada jumlah sedimen yang diangkut. Hal ini dikonfirmasi oleh data aktual di mana pada debit aliran tinggi ($18,49 \text{ m}^3/\text{dtk}$), debit sedimen juga mencapai nilai puncak ($4,80 \text{ Kg/dtk}$).

Kenaikan konsentrasi sedimen yang signifikan pada saat debit tinggi adalah indikator kuat dari proses erosi yang aktif di DAS Kenali Besar, terutama setelah periode hujan deras. Ini konsisten dengan temuan perubahan tutupan lahan (penurunan vegetasi dan peningkatan lahan terbuka) yang meningkatkan kerentanan lahan terhadap erosi. Menurut Melo et al. (2020), sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh aliran air akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatannya melambat atau terhenti. Peristiwa pengendapan ini dikenal dengan peristiwa atau proses sedimentasi.

Data tutupan lahan sebelumnya menunjukkan peningkatan area terbangun dan lahan terbuka, serta penurunan tutupan vegetasi antara tahun 2019 dan 2024. Perubahan ini secara drastis mengurangi kemampuan tanah untuk menyerap air (*infiltrasi*) dan meningkatkan aliran permukaan (*runoff*). Limpasan permukaan yang lebih cepat dan bervolume besar ini memiliki energi yang lebih tinggi untuk mengikis tanah di daerah hulu dan sepanjang tebing sungai, membawa material erosi sebagai sedimen tersuspensi ke dalam saluran sungai.

Sungai Kenali Besar adalah sungai periodik, yang debit alirannya sangat bergantung pada musim. Selama musim hujan, debit yang tinggi membawa muatan sedimen yang besar. Ketika kecepatan aliran berkurang (misalnya, saat memasuki bagian sungai yang lebih datar atau melebar, atau saat debit menurun), sedimen ini akan mengendap, menyebabkan akumulasi. Menurut Naharuddin (2018) buruknya pengelolaan tanah dan tanaman menyebabkan terjadinya erosi yang besar, sebagai akibat dari infiltrasi yang kecil, sehingga aliran permukaan menjadi besar dan daya gerusnya terhadap tanah juga bertambah, akibatnya sedimentasi juga meningkat

Nilai rasio relief yang rendah (0,1) dikombinasikan dengan kerapatan drainase tinggi (3,27 km/km²) pada DAS Kenali Besar mempercepat laju aliran permukaan dan meningkatkan proses transportasi sedimen menuju sungai utama, terutama pada ordo sungai 3 dan 4. Hal ini sesuai dengan pernyataan Gunawan, et al (2015) dalam (Melo et al., 2020), menjelaskan hubungan antara debit aliran dan sedimen menunjukkan suatu hubungan yang positif yang berarti peningkatan debit aliran akan diikuti dengan peningkatan muatan sedimen. Sedimentasi yang terus-menerus dapat mengubah profil dan stabilitas dasar sungai, mempengaruhi pola aliran dan mempercepat proses degradasi sungai.

4.9 Evaluasi Model Kurva Lengkung Debit Sedimen

Kurva Lengkung Debit Sedimen (*Sediment Rating Curve*) tidak hanya mengukur hubungan Q-Qs, tetapi juga secara kuat mengindikasikan kondisi DAS Kenali Besar yang mengalami degradasi lingkungan parah, di mana tingginya debit aliran dapat dengan mudah memobilisasi sejumlah besar sedimen akibat kerentanan tanah dan perubahan tutupan lahan. Tingginya sensitivitas debit sedimen terhadap debit aliran ini disebabkan oleh perubahan tutupan lahan yang drastis di DAS Kenali Besar, yaitu peningkatan area terbangun dan lahan terbuka, serta berkurangnya tutupan vegetasi alami. Vegetasi berperan sebagai pelindung tanah dari dampak langsung curah hujan dan penahan erosi. Dengan hilangnya vegetasi, tanah menjadi lebih rentan terhadap erosi permukaan oleh limpasan air hujan, sehingga pasokan sedimen ke sungai meningkat pesat saat debit aliran tinggi.

Menurut Vaughan et al. (2017) menyatakan bahwa bentuk dan parameter *Sediment Rating Curve* dipengaruhi oleh karakteristik DAS seperti topografi, tutupan lahan, dan lingkungan dekat saluran. Faktor-faktor ini mempengaruhi transportasi dan konsentrasi sedimen, terutama selama kondisi aliran yang berbeda. Iklim, hidrologi, dan faktor geologi juga berperan dalam menentukan dinamika transportasi sedimen dalam DAS, mempengaruhi bentuk dan akurasi *Sediment Rating Curve*.

Kurva ini menunjukkan bahwa DAS ini sangat rentan terhadap erosi dan sedimentasi, yang dipicu oleh interaksi antara karakteristik alami DAS dengan aktivitas manusia. Hubungan TMA-Debit yang sebelumnya dibahas menunjukkan bahwa DAS Kenali Besar memiliki respons hidrologi yang cepat dan menghasilkan puncak debit yang tinggi dalam waktu singkat setelah hujan. Debit aliran yang tinggi dan cepat ini memiliki energi yang sangat besar untuk mengangkut sejumlah besar sedimen, sebagaimana ditunjukkan oleh kurva *sediment rating curve*.

Bentuk kurva ini mengindikasikan bahwa upaya paling efektif untuk mengurangi beban sedimen di Sungai Kenali Besar adalah melalui pengendalian erosi di daerah hulu DAS. Ini termasuk revegetasi, praktik konservasi tanah, dan pengelolaan lahan yang berkelanjutan untuk mengurangi pasokan sedimen ke sungai. Ini menuntut tindakan pengelolaan DAS yang terpadu dan berkelanjutan untuk memitigasi dampak lebih lanjut.

4.10 Implikasi Kurva Lengkung Debit Aliran dan Sedimen

Hubungan antara Tinggi Muka Air (TMA), Debit Aliran (Q) dan Debit Sedimen (Qs) pada penelitian ini merupakan aspek fundamental dalam karakterisasi hidrologi DAS Kenali Besar, yang direpresentasikan secara kuantitatif melalui kurva lengkung debit (*Discharge Rating Curve*) dan kurva lengkung sedimen (*Sediment Rating Curve*). Berdasarkan analisis regresi, hubungan fungsional antara TMA (sebagai variabel independen, x) dan Debit Aliran (sebagai variabel dependen, y), secara hidrologis mengindikasikan bahwa sistem sungai di DAS Kenali Besar memiliki responsibilitas aliran yang sangat tinggi dan bersifat non-linier.

Perubahan tutupan lahan, yaitu peningkatan area terbangun dan lahan terbuka serta penurunan tutupan vegetasi, secara langsung mengurangi kemampuan tanah untuk menginfiltrasi air hujan. Akibatnya, limpasan permukaan meningkat secara drastis dalam volume dan kecepatan. Peningkatan limpasan inilah yang memberi potensi bagi lonjakan debit aliran yang cepat, sebagaimana ditunjukkan oleh bentuk curam *discharge rating curve*. Sesuai dengan penelitian Wahyuningrum et al. (2014) menyatakan bahwa pengaruh topografi dan tutupan lahan pada jumlah muatan sedimen menggaris bawahi perlunya pendekatan pemantauan dan pemodelan yang komprehensif untuk menangkap kompleksitas proses transportasi sedimen.

Data curah hujan rata-rata DAS Kenali Besar yang tinggi menunjukkan bahwa DAS Kenali Besar sering mengalami kejadian hujan yang intensitasnya tinggi. Hujan intensitas tinggi inilah pemicu utama bagi respons hidrologi yang ekstrem (debit aliran tinggi) dan mobilisasi sedimen yang besar (debit sedimen tinggi), yang kemudian direfleksikan secara akurat oleh kedua kurva rating. Ini mengindikasikan bahwa DAS sebenarnya menghadapi beban hidrologi yang parah.

Penurunan kapasitas penampang sungai (dari 27,44 m² menjadi 25,91 m²) adalah konsekuensi langsung dari tingginya beban sedimen yang diangkut, sebagaimana ditunjukkan oleh *sediment rating curve*. Kapasitas yang berkurang ini menciptakan umpan balik positif, sedimentasi mengurangi kapasitas pengaliran, yang kemudian menghambat transportasi sedimen lebih lanjut, menyebabkan lebih banyak deposisi, dan memperburuk risiko banjir.

Berdasarkan evaluasi mendalam ini, Implikasinya adalah indikator kuat bahwa DAS Kenali Besar merupakan DAS yang sangat mudah tererosi (*erodible*) atau memiliki potensi produksi sedimen yang sangat tinggi, masalah sedimentasi di dalam saluran sungai yang parah dan berkelanjutan, yang akan mengurangi kapasitas pengaliran sungai dan memperburuk risiko banjir. langkah-langkah yang harus diambil mengingat *sediment rating curve* yang sangat sensitif, strategi paling efektif adalah mengurangi pasokan sedimen dari sumbernya di hulu DAS. Melakukan penanaman kembali vegetasi (pohon, semak, penutup tanah) di lahan kritis, lahan terbuka, dan terutama di area berlereng curam (>25%) yang memiliki risiko erosi sangat tinggi. Vegetasi berfungsi meningkatkan infiltrasi, mengurangi limpasan, dan menstabilkan tanah.

Nseka et al. (2022) merekomendasikan dalam menghadapi perubahan tutupan lahan adalah dengan melakukan penghijauan di daerah terdegradasi untuk memulihkan kesehatan daerah aliran sungai setelah kondisi kritis tercapai karena perubahan tutupan lahan. Intervensi ini bertujuan untuk meningkatkan hidrologi lereng bukit, yang telah sangat terhambat oleh peningkatan aktivitas manusia dan pengurangan drastis padang rumput dan tutupan hutan. Dengan meningkatkan tutupan vegetasi, keseimbangan ekologis DAS dapat dipulihkan, yang pada akhirnya menguntungkan kesehatan keseluruhan daerah aliran sungai. Dengan menerapkan rekomendasi ini secara komprehensif dan berkelanjutan, kondisi DAS Kenali Besar dapat ditingkatkan secara signifikan, risiko bencana hidrologi dapat diminimalkan, dan keseimbangan ekosistem serta sumber daya air dapat terjaga untuk generasi mendatang.

Penelitian Jasman et al. (2023) mengungkapkan bahwa dampak signifikan dari perubahan tutupan lahan pada pembuangan air dan produktivitas pangan, menunjukkan bahwa mempertahankan atau memulihkan tutupan lahan dapat mengurangi pengurangan debit aliran. Menerapkan praktik pengelolaan lahan berkelanjutan dan reboisasi dapat menjadi strategi penting untuk meningkatkan pembuangan air dan produktivitas pangan di dalam DAS. Hasil penelitian ini dapat menjadi landasan ilmiah yang kuat bagi upaya pengelolaan DAS Kenali Besar yang lebih adaptif, terintegrasi, dan berkelanjutan, demi tercapainya keseimbangan ekologis serta peningkatan kualitas hidup masyarakat di masa mendatang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil mengumpulkan data empiris yang krusial untuk memahami dinamika hidrologi dan transportasi sedimen di Sungai Kenali Besar, yang pada gilirannya memberikan dasar kuat untuk pengembangan kurva lengkung debit dan sedimen. Dua kesimpulan utama dapat ditarik dari hasil penelitian ini :

1. Debit aliran sungai Kenali Besar tercatat memiliki rentang yang sangat luas, dari debit minimum 0,16 m³/dtk (pada kondisi aliran rendah) hingga maksimum 18,49 m³/dtk (pada kondisi aliran tinggi atau puncak musim hujan) serta diikuti debit sedimen terendah 0,003Kg/dtk dan tertinggi adalah 4,81Kg/dtk. Rentang debit yang ekstrem ini secara langsung mengkonfirmasi kecenderungan Sungai Kenali Besar mengalami peristiwa banjir yang cepat dan intens, yang diperparah oleh penurunan kapasitas penampang sungai akibat sedimentasi dan penurunan tutupan vegetasi akibat dampak urbanisasi. Ini menunjukkan bahwa semakin besar volume aliran sungai, semakin tinggi pula kapasitasnya untuk mengangkut material sedimen.
2. Data yang telah dikumpulkan ini membentuk landasan empiris untuk pembangunan kurva lengkung debit dan sedimen di Sungai Kenali Besar. Persamaan kurva lengkung debit aliran (*Discharge rating curve*) adalah $Q = 1,4988TMA^{2,2085}$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) 0,9356 dan koefisien korelasi adalah (r) 0,9672 yang menunjukkan bahwa model ini dapat diandalkan untuk estimasi/prediksi debit di sungai Kenali Besar, sedangkan persamaan kurva lengkung debit sedimen (*Sediment rating curve*) adalah $Q_s = 0,046Q^{1,5721}$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) 0,9774 dan koefisien korelasi (r) 0,9886 yang menunjukkan bahwa model ini dapat diandalkan untuk estimasi/prediksi debit sedimen di sungai Kenali Besar. Kedua kurva ini akan berfungsi sebagai alat fundamental untuk mengestimasi debit sungai dan sedimen secara berkelanjutan hanya dari pengukuran TMA yang lebih mudah dilakukan. Ini penting untuk pemantauan hidrologi rutin, prakiraan banjir secara real-time, dan perencanaan alokasi sumber daya air.

5.2 Saran

1. Pemasangan *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) yang bertujuan untuk mendapatkan data tinggi muka air (TMA) sungai secara kontinu dan real-time dengan data TMA ini kemudian dapat dikonversi menjadi data debit aliran (Q) menggunakan *Discharge Rating Curve* yang telah divalidasi.
2. Pemerintah terkait diharapkan dapat menggunakan hasil penelitian ini untuk melakukan strategi pengelolaan yang tepat guna untuk mengatasi masalah yang terdapat di sungai Kenali Besar.
3. Penelitian lanjutan yang mengeksplorasi integrasi data penginderaan jauh (*Remote Sensing*) dan teknologi *Internet of Things (IoT)* sangat disarankan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam implementasi model.
4. Tindakan konservasi lahan di DAS Kenali Besar untuk melindungi tanah dari degradasi, meningkatkan retensi air, dan mengurangi limpasan permukaan serta transportasi sedimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, E. D., Wahyuni, S., & Harisuseno, D. (2021). Evaluasi Kesesuaian Data Satelit sebagai Alternatif Ketersediaan Data Evaporasi di Waduk Wonorejo. *Jurnal Teknik Pengairan*, 12(2), 127–138.
<https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2021.012.02.05>
- Amri, K. (2022). Analisis laju angkutan sedimen di sungai luas bengkulu dengan menggunakan metode shen hungs dan engelund hansen. *RADIAL : Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, 10(1), 1–10.
<https://doi.org/10.37971/radial.v10i1.239>
- Andina, E. (2019). Analisis Perilaku Pemilahan Sampah di Kota Surabaya. *Aspirasi: Jurnal Masalah-masalah Sosial*, 10(2), 119–138.
<https://doi.org/10.46807/aspirasi.v10i2.1424>
- Asfar, S., Okto, A., Makkawaru, A., & Naim, I. (2020). Analisis Morfometri Sub-DAS Lahundape Sebagai Penyebab Proses Sedimentasi di Teluk Kendari. *Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia*, 1(3), 49–61.
- Baittri, J. H., & Hartik, A. (2024, Januari 21). 8 Kecamatan di Kota Jambi Masih Terendam Banjir, 1.732 Jiwa Terdampak.
<https://regional.kompas.com/read/2024/01/21/083352878/8-kecamatan-di-kota-jambi-masih-terendam-banjir-1732-jiwa-terdampak?form=MG0AV3>
- Bugis, R., Farida, A., Pristianto, H., & Yasin, A. F. (2024). Pengaruh Geometri Sungai Terhadap Debit Aliran Studi Kasus Das Klasaman Kota Sorong. 03(02).
- Chaudhari, P. R., Ahire, D. V., Ahire, V. D., Chkravarty, M., & Maity, S. (2013). Soil Bulk Density as related to Soil Texture, Organic Matter Content and available total Nutrients of Coimbatore Soil. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(2).
- Choudhari, P. P., Nigam, G. K., Singh, S. K., & Thakur, S. (2018). Morphometric based prioritization of watershed for groundwater potential of Mula river basin, Maharashtra, India. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 2(4), 256–267. <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1452482>
- Darlino, Hartati, Aguskamar, Iqbal, M., & Pertiwi, D. (2019). *Sedimentation Study at Batang Lampasi River*. 15.
- Dorneles, V., Wojahn, V. D. S., Beskow, S., & Nunes, M. C. M. (2024). Applicability of sediment rating curves: Analysis in the state of Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 17(4), 3037–3051.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.4.p3037-3051>
- Ebode, V. B. (2024). *Impact of anthropogenic changes and rainfall variability on river discharge in tropical central Africa*.
<https://doi.org/10.2166/ws.2024.068>

- Generoso, T. N. N., Silva, D. D. D., Amorim, R. S. S., Rodrigues, L. N., & Santos, E. P. D. (2022). *Methodology for estimating streamflow by water balance and rating curve methods based on logistic regression*. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1482060/v1>
- Hayani, S., & Sutriyono, E. (2020). Pengaruh Aktivitas Tektonik Terhadap Rekonstruksi Jalan Di Desa Pekan Gedang Dan Sekitarnya, Kecamatan Batang Asai, Kabupaten Sarolangun, Jambi. *Jurnal Geomine*, 8(2), 96–103. <https://doi.org/10.33536/jg.v8i2.588>
- Jacob, A., & Tatipata, A. (2014). Adaptabilitas jagung putih pada tanah regosol dan kambisol yang diberi kompos ela sagu. *Buana Sains*, 14(2), 61–70.
- Jang, C., Kim, D., Choi, J., Shin, H., & Kim, H. (2025, January 20). *Evaluation of the River Discharge Considering Interaction of Surface water and Groundwater in the Yeongsan-Seomjin River in the Republic of Korea Using DWAT (Dynamic Water Resources Assessment Tool, DWAT)*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-13771>
- Jasman, J., Syarif, M., Juharsah, J., Sukri, A., Ngii, E., & Hasddin, H. (2023). Model of the linkage between land cover changes to water discharge and food productivity: The case of the Konawe watershed in Indonesia. *Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic, SASA*, 73(2), 169–185. <https://doi.org/10.2298/IJGI2302169M>
- Legowo, D. Y. H., Yuliasari, D., & Purbaningtyas, D. (2024). Hydrological Study of Kutai Lama River Normalization in Anggana District, Kutai Kartanegara: Kajian Hidrologi Pada Normalisasi Sungai Kutai lama di Kecamatan Anggana, Kutai Kartanegara. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 29–38. <https://doi.org/10.56071/deteksi.v9i2.967>
- Loo, Y. Y., Billa, L., & Singh, A. (2015). Effect of climate change on seasonal monsoon in Asia and its impact on the variability of monsoon rainfall in Southeast Asia. *Geoscience Frontiers*, 6(6), 817–823. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2014.02.009>
- Martin, N., & White, J. (2023). Flow Regime-Dependent, Discharge Uncertainty Envelope for Uncertainty Analysis with Ensemble Methods. *Water*, 15(6), 1133. <https://doi.org/10.3390/w15061133>
- Melope, A., Harijanto, H., & Wahid, A. (2020). Debit air dan sedimen melayang sungai kodina di desa wayura kecamatan pamona tenggara kabupaten poso. *Jurnal Warta Rimba*, 8(2).
- Miardini, A., & Saragih, G. S. (2019). Penentuan Prioritas Penanganan Banjir Genangan Berdasarkan Tingkat Kerawanan Menggunakan Topographic Wetness Index Studi Kasus Di Das Solo. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 113. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.113-119>

- Naharuddin, N. (2018). Komposisi dan struktur vegetasi dalam potensinya sebagai parameter hidrologi dan erosi. *Jurnal Hutan Tropis*, 5(2), 134. <https://doi.org/10.20527/jht.v5i2.4367>
- Neno, A. K., Harijanto, H., & Wahid, A. (2016). *Hubungan debit air dan tinggi muka air di sungai lambagu kecamatan tawaeli kota palu*. 4.
- Nseka, D., Opedes, H., Mugagga, F., Ayesiga, P., Semakula, H., Wasswa, H., & Ologe, D. (2022). Implications of Land Use and Cover Changes on Upper River Rwizi Macro-Watershed Health in South Western Uganda. In M. Eyvaz, A. Albahnasawi, E. Gürbulak, & E. Yüksel (Eds.), *Water Conservation—Inevitable Strategy*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99611>
- Pandu, P. (2023, January 13). *Optimalisasi Rehabilitasi Hutan dan Lahan untuk Pemulihan DAS*. <https://www.kompas.id/baca/humaniora/2023/01/12/optimalisasi-rehabilitasi-hutan-dan-lahan-untuk-pemulihan-das>
- Paoletti, M., Pellegrini, M., Belli, A., Pierleoni, P., Sini, F., Pezzotta, N., & Palma, L. (2023). Discharge Monitoring in Open-Channels: An Operational Rating Curve Management Tool. *Sensors*, 23(4), 2035. <https://doi.org/10.3390/s23042035>
- Pitanggi, G. T., Lestari, I. T., Darsono, S., & Soedarto, J. (2017). Normalisasi Sungai Dolok Semarang - Demak, Jawa Tengah. 6.
- Poedjiastoeti, H., Sudarmadji, S., Sunarto, S., & Suprayogi, S. (2017). Penilaian Kerentanan Air Permukaan terhadap Pencemaran di Sub DAS Garang Hilir Berbasis Multi-Indeks. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 5(3), 168. <https://doi.org/10.14710/jwl.5.3.168-180>
- Prasetyowati, S. A. D., Arifin, B., Syakhroni, A., & Faza, M. K. (2022). Monitoring River Sediment by Optimizing Arduino Capabilities Controlled by the PID Algorithm. *WSEAS TRANSACTIONS ON SYSTEMS*, 21, 233–240. <https://doi.org/10.37394/23202.2022.21.25>
- Purwacitra, B. (2024, September 19). BWS Sumatera VI Normalisasi Danau Kenali, Tersisa 20 Ribu Meter Kubik Galian Sedimen. <https://www.majalahlintas.com/bws-sumatera-vi-normalisasi-danau-kenali-tersisa-20-ribu-meter-kubik-galian-sedimen/?form=MG0AV3>
- Putra, I. P. (2019). *Analisis angkutan sedimen di muara parit berkat*.
- Rakuasa, H., Sihasale, D. A., Mehdila, M. C., & Wlary, A. P. (2022). Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Banjir di Kecamatan Teluk Ambon Baguala, Kota Ambon. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 3(2), 60–69. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2022.v3i2.80>

- Reynaldo, R., & Pranoto, W. A. (2019). Kajian tiga rumus angkutan sedimen melayang sungai serayu dibandingkan dengan hasil laboratorium. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(4), 211.
<https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6193>
- Sadhwani, K., Eldho, T. I., Jha, M. K., & Karmakar, S. (2022). Effects of Dynamic Land Use/Land Cover Change on Flow and Sediment Yield in a Monsoon-Dominated Tropical Watershed. *Water*, 14(22), 3666.
<https://doi.org/10.3390/w14223666>
- Sandi, K., & Hardiyanto, S. (2025, Maret 16). Update Banjir Jambi, 3 Orang Meninggal, 435 KK Mengungsi. <https://regional.kompas.com/read/2025/03/16/145003378/update-banjir-jambi-3-orang-meninggal-435-kk-mengungsi?form=MG0AV3>
- Sari, E. K., & Wijaya, O. E. (2019). Penentuan Status Mutu Air Dengan Metode Indeks Pencemaran Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Sungai Ogan Kabupaten Ogan Komering Ulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 486.
<https://doi.org/10.14710/jil.17.3.486-491>
- Savana, G. (2024, May 8). *Diguyur Hujan Lebat, Perumahan Kembar Lestari Kota Jambi Terendam Banjir*.
<https://jambiindependent.disway.id/read/683059/diguyur-hujan-lebat-perumahan-kembar-lestari-kota-jambi-terendam-banjir>
- Setyanugraha, T., Romdania, Y., Herison, A., & Zakaria, A. (2023). Pemetaan Kemiringan Lereng Menggunakan Software Geographic Information System Pada Sub DAS Way Pubian. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 11(2), 351-362.
- Sevtiandi, A. R. (2019). *Evaluasi dimensi sistem drainase di jalan kejawi permai kel. Mangkurawang tenggarong kutai kartanegara*.
- Shi, Z., Chen, Q., & Huang, C. (2022). The Influence of River Morphology on the Remote Sensing Based Discharge Estimation: Implications for Satellite Virtual Gauge Establishment. *Water*, 14(23), 3854.
<https://doi.org/10.3390/w14233854>
- Sideng, U., Lamada, M. S., Mandra, M. A. S., & Jassin, A. M. I. (2022). *Morfometri, Perubahan Lahan, Zonasi & Pemodelan Banjir; Daerah Aliran Sungai (DAS) Saddang & Mata Allo Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan*.
- Sitorus, A., & Susanto, E. (2019). A Sediment Rating-curve Method to Determine Sediment Discharge for Rainy Season in Micro-scale Watersheds. *Indonesian Journal of Agricultural Research*, 2(1), 21-27.
<https://doi.org/10.32734/injar.v2i1.857>

- Suryani, A. I. S., Yuherman, Y., & Siregar, L. (2024). Technical Assistance on Plant Cultivation Landslide Prevention in the River Flow Area in Kampung Bendang Nagari River Sariak VII Koto Padang Pariaman District. *Asian Journal of Community Services*, 3(5), 429–438. <https://doi.org/10.55927/ajcs.v3i5.9367>
- Tanjung, M. S., & Nasution, D. L. S. (2023). Determining discharge rating curve at Karai sub watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1241(1), 012066. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1241/1/012066>
- Tutuarima, C. T., Talakua, S. M., & Osok, R. M. (2021). Penilaian Degradasi Lahan dan Dampak Sedimentasi terhadap Perencanaan Bangungan Air di Daerah Aliran Sungai Wai Ruhu, Kota Ambon. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 17(1), 43–51. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2021.17.1.43>
- Uca, Amal, Tabbu, M. A. S., Yusuf, M., Jeddayanti, & Sriwahyuni. (2021). Karakteristik Morfometri Sub Das Saddang dan Mata Allo Provinsi Sulawesi Selatan. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*.
- Vaughan, A. A., Belmont, P., Hawkins, C. P., & Wilcock, P. (2017). Near-Channel Versus Watershed Controls on Sediment Rating Curves. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 122(10), 1901–1923. <https://doi.org/10.1002/2016JF004180>
- Vázquez, R. F., & Hampel, H. (2022). A Simple Approach to Account for Stage–Discharge Uncertainty in Hydrological Modelling. *Water*, 14(7), 1045. <https://doi.org/10.3390/w14071045>
- Wijaya, Y. F., & Muchtar, H. (2019). Kesadaran Masyarakat Terhadap Kebersihan Lingkungan Sungai. *Journal of Civic Education*, 2(5), 405–411. <https://doi.org/10.24036/jce.v2i5.297>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pelaksanaan Pengukuran Debit Aliran Dengan Alat Currentmeter

Langkah-langkah pengukuran :

1. Tentukan penampang melintang yang akan dijadikan sebagai lokasi untuk pengukuran kecepatan arus.
2. Selanjutnya dilakukan pengukuran lebar penampang melintang dan tetapkan jarak antar jalur vertikal.
3. Alat ukur kecepatan ditempatkan pada posisi titik kedalaman sesuai dengan ketentuan yang di isyaratkan.
4. Pada kartu pengukuran akan dicatat :
 - a. kedalaman air pada masing-masing jalur vertikal,
 - b. jarak antar jalur vertikal.
5. Melakukan penghitungan kecepatan aliran rata-rata pada tiap-tiap jalur vertikal.
6. Kegiatan pengukuran kecepatan aliran akan dilakukan sebanyak 81 kali.
7. Besar debit di setiap segmen penampang dihitung, dengan rumus :

$$q_n = v_n \times a_x$$

Dimana :

q_n = debit pada segmen ke n, (m^3/dt).

v_n = kecepatan aliran pada segmen ke n, (m/dt).

a_x = luas penampang pada segmen ke n, (m^2).

Untuk data debit setiap segmen kemudian dijumlahkan untuk memperoleh debit total, dengan rumus :

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n$$

Dimana :

Q = debit total yang melewati penampang yang diukur (m^3/dt).

q_n = debit pada segmen ke n (m^3/dt).

Lampiran 2 Langkah Pengukuran Sedimen

1. Tinggi muka air setiap pengambilan sampel dilakukan pengukuran
2. Besar debit pada setiap segmen penampang melintang dihitung dengan rumus

$$Q = A.V$$

Dimana :

Q = debit aliran (m³/detik)

A = luas penampang basah sungai (m²)

V = kecepatan air melalui penampang tersebut (m/detik)

3. Pengambilan sampel muatan sedimen

Untuk pelaksanaan pengambilan sampel uji sedimen melayang, maka prosedur penggunaan alat yang harus dilakukan adalah sbb :

- a. alat yang digunakan disesuaikan dengan kedalaman dan kecepatan aliran pada lokasi pengambilan sampel sedimen.
 - b. Pada saat pengambilan contoh sedimen melayang, kecepatan menurunkan dan menaikkan alat mulai dari permukaan hingga ke dasar sungai harus sama.
 - c. pada saat pengambilan sampel sedimen, alat tidak boleh menyentuh dasar sungai, lubang pengambilan harus 10cm di atas dasar sungai.
 - d. volume yang tertampung dalam alat pengambilan maksimum 500 ml dan minimum 350 ml.
 - e. Pengambilan sampel sedimen melayang dilakukan, pada setiap segmen/bagian penampang (section) yang diambil tepat di tengah-tengah setiap bagian penampang
 - f. Sampel sedimen dimasukkan ke dalam botol yang telah disediakan dan berikan tanda label.
 - g. Sampel sedimen dikemas untuk siap dianalisis di laboratorium.
4. Kegiatan pengambilan sampel akan dilakukan sebanyak 81 kali.

Pengolahan sedimen layang di Laboratorium melalui beberapa tahap :

1. Persiapan

Persiapan semua bahan dan alat yang akan dipakai untuk bekerja, meliputi: Sampel sedimen layang 500 ml, Kertas Filter/Whatman, Timbangan analitik, Oven, Botol Erlenmeyer 500 ml, Gelas Ukur, Corong Gelas (Funnel Conical), Pipet.

2. Pengovenan Kertas Filter/Whatman

Persiapkan Kertas Filter/Whatman yang akan di gunakan untuk penyaringan sampel sedimen, oven kertas filter/whatman selama 24 jam dengan suhu 100°C, setelah di oven timbang berat kertas filter dengan menggunakan timbangan analitik, catat berat kertas hasil setelan di oven.

3. Penyaringan (Filtering)

Siapkan botol erlenmeyer, gelas ukur 500 ml, corong gelas dan kertas Whatman. Laksanakan penyaringan sampel sedimen layang sebanyak 500 ml.

4. Oven Hasil Penyaringan

Selanjutnya pelaksanaan pengovenan kertas saring analisa sedimen selama 24 jam dengan suhu 100°C.

5. Penimbangan Hasil Oven

Setelah 24 jam, kertas diambil dari oven kemudian melaksanakan penimbangan, hasilnya dicatat.

6. Tabulasi Hasil Penimbangan

Data berat masing-masing sampel sedimen setelah selesai penimbangan dimasukkan ke dalam tabel perhitungan yang telah dipersiapkan sebelumnya. Dimana selisih berat kertas saring sesudah digunakan untuk penyaringan dan sebelumnya adalah berat suspensi sedimen yang diteliti.

7. Berat Sedimen dapat dihitung dengan rumus :

$$Cs = 1000/V \times (b-a) \times 1000$$

Dengan :

Cs = Konsentrasi Sedimen (mg/L)

V = Volume sampel sedimen (mL)

b = Berat kertas filter dengan sedimen (g), a = Berat kertas filter kosong (g)

Lampiran 3 Tabel Curah Hujan Rata-Rata (mm)

Bulan	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		Rata-rata curah hujan (mm)
	curah hujan (mm)	hari hujan	curah hujan (mm)	hari hujan	curah hujan (mm)	hari hujan	curah hujan (mm)	hari hujan	curah hujan (mm)	hari hujan	curah hujan (mm)	hari hujan	curah hujan (mm)	hari hujan	curah hujan (mm)	hari hujan	curah hujan (mm)	hari hujan	curah hujan (mm)	hari hujan	
Januari	143.00	20	106.10	24	128.70	20	137.00	16	173.10	18	152.20	22	194.30	19	251.60	13	191.00	22	183.70	23	166.07
Februari	119.00	20	183.70	20	181.10	21	216.60	21	291.20	23	86.10	12	47.80	13	172.80	13	163.90	14	339.60	20	180.18
Maret	78.80	26	80.20	21	175.40	23	285.60	24	142.90	18	231.80	20	357.10	23	295.30	15	297.60	21	183.80	14	212.85
April	187.70	23	160.70	21	311.10	24	221.00	18	343.70	21	205.30	21	237.40	16	126.60	13	177.10	21	275.00	16	224.56
Mei	123.40	15	76.00	14	168.00	22	286.60	21	148.60	16	219.80	22	231.90	18	202.00	13	338.80	22	125.40	15	192.05
Juni	34.60	9	62.80	17	146.40	15	86.30	10	140.80	13	94.70	15	144.90	12	148.10	18	198.60	10	179.30	18	123.65
Juli	73.10	6	75.50	11	54.60	17	31.30	5	20.80	7	198.30	15	186.20	9	226.60	13	150.00	12	39.10	5	105.55
Agustus	37.40	11	198.60	13	68.10	19	62.00	10	2.80	1	95.90	7	138.80	19	251.20	17	63.40	9	56.90	6	97.51
September	0.00	1	109.40	18	205.50	21	219.00	15	48.00	8	182.20	19	348.40	19	176.00	12	77.40	4	194.10	17	156.00
Oktober	2.60	3	7.50	22	10.40	19	6.40	21	9.80	17	368.10	20	184.90	18	435.20	23	25.60	6	188.10	19	123.86
November	294.40	24	207.30	25	336.80	18	388.90	27	115.20	19	264.90	20	364.90	18	268.50	17	226.70	14	351.30	17	281.89
Desember	325.10	21	104.40	18	236.00	25	272.00	19	102.80	28	324.40	16	219.50	18	155.90	18	133.00	10	179.10	14	205.22
Rata-rata Tahunan																					2069.39

Sumber : dataonline.bmkg.go.id

Lampiran 4 Tabel Curah Hujan 24 Jam Sebelum Pengambilan Sampel

No	Tanggal Sampling	Curah Hujan (mm)
1	8 Juli 2024	18.20
2	8 Juli 2024	18.20
3	9 Juli 2024	0.00
4	9 Juli 2024	0.00
5	9 Juli 2024	0.00
6	10 Juli 2024	6.10
7	10 Juli 2024	6.10
8	11 Juli 2024	0.00
9	11 Juli 2024	0.00
10	12 Juli 2024	0.00
11	12 Juli 2024	0.00
12	13 Juli 2024	0.00
13	15 Juli 2024	0.00
14	17 Juli 2024	0.00
15	20 Juli 2024	0.00
16	22 Juli 2024	0.00
17	5 September 2024	0.00
18	5 September 2024	0.00
19	6 September 2024	28.60
20	6 September 2024	28.60
21	13 Mei 2025	0.00
22	13 Mei 2025	0.00
23	13 Mei 2025	0.00
24	14 Mei 2025	0.00
25	14 Mei 2025	0.00
26	14 Mei 2025	0.00
27	14 Mei 2025	0.00

Sumber : dataonline.bmkg.go.id

Lampiran 5 Tabel Perhitungan Debit Aliran Sungai Kenali Besar

No.	Tanggal Pengukuran	Lebar Penampang Basah Sungai (m)	Luas Penampang Basah Sungai per Segmen (m ²)			Kecepatan Arus (m/dtk) / segmen			Debit (m ³ /dtk) / segmen			Debit Total (m ³ /dtk)
			A1	A2	A3	V1	V2	V3	q1	q2	q3	
1	08 Juli 2024	7	1.38	2.23	1.64	0.2	0.3	0.2	0.28	0.67	0.33	1.27
2	08 Juli 2024	7.7	1.67	2.83	1.94	0.2	0.4	0.3	0.33	1.13	0.58	2.05
3	09 Juli 2024	7.5	1.51	2.52	1.73	0.2	0.3	0.2	0.30	0.76	0.35	1.40
4	09 Juli 2024	7	1.55	2.17	1.64	0.2	0.4	0.2	0.31	0.87	0.33	1.51
5	09 Juli 2024	6.9	1.40	1.91	1.42	0.2	0.3	0.2	0.28	0.57	0.28	1.14
6	10 Juli 2024	7.77	2.16	3.16	2.13	0.3	0.4	0.2	0.65	1.26	0.43	2.34
7	10 Juli 2024	7.5	1.66	2.48	1.67	0.1	0.2	0.1	0.17	0.50	0.17	0.83
8	11 Juli 2024	7	1.67	2.31	1.67	0.1	0.2	0.1	0.17	0.46	0.17	0.80
9	11 Juli 2024	6.9	1.45	2.03	1.45	0.1	0.2	0.1	0.15	0.41	0.15	0.70
10	12 Juli 2024	6.9	1.29	1.80	1.26	0.1	0.2	0.1	0.13	0.36	0.13	0.62
11	12 Juli 2024	6.8	1.14	1.55	1.13	0.1	0.2	0.1	0.11	0.31	0.11	0.54
12	13 Juli 2024	6.7	9.41	1.30	0.94	0.1	0.1	0.1	0.94	0.13	0.09	1.17
13	15 Juli 2024	6.7	0.79	1.08	0.78	0.1	0.2	0.1	0.08	0.22	0.08	0.37
14	17 Juli 2024	6.7	0.63	0.85	0.61	0.1	0.1	0.1	0.06	0.09	0.06	0.21
15	20 Juli 2024	6.7	0.49	0.63	0.50	0.1	0.1	0.1	0.05	0.06	0.05	0.16
16	22 Juli 2024	7.5	1.52	2.03	1.43	0.2	0.3	0.2	0.30	0.61	0.29	1.20
17	05 September 2024	7.3	1.33	1.75	1.23	0.2	0.3	0.2	0.27	0.53	0.25	1.04
18	05 September 2024	7.1	1.14	1.46	1.01	0.1	0.3	0.2	0.11	0.44	0.20	0.75
19	06 September 2024	6.9	0.96	1.19	0.83	0.1	0.2	0.2	0.10	0.24	0.17	0.50
20	06 September 2024	6.7	0.73	0.94	0.63	0.1	0.2	0.1	0.07	0.19	0.06	0.32
21	13 Mei 2025	11.8	7.49	10.36	3.50	0.8	0.97	0.7	5.99	10.05	2.45	18.49
22	13 Mei 2025	11	6.79	9.29	3.45	0.8	0.9	0.66	5.43	8.36	2.28	16.07
23	13 Mei 2025	10.7	6.29	8.52	3.33	0.72	0.9	0.63	4.53	7.67	2.10	14.29
24	14 Mei 2025	10.5	5.93	8.00	3.03	0.7	0.9	0.53	4.15	7.20	1.61	12.96
25	14 Mei 2025	10.5	5.60	7.65	2.80	0.66	0.9	0.53	3.70	6.89	1.48	12.07
26	14 Mei 2025	10.4	5.20	7.16	2.54	0.66	0.88	0.5	3.43	6.30	1.27	11.00
27	14 Mei 2025	10.2	4.75	6.57	2.32	0.66	0.88	0.5	3.14	5.78	1.16	10.08

Lampiran 6 Tabel Perhitungan Debit Sedimen Sungai Kenali Besar

No.	Tanggal Pengukuran	Debit Total (m ³ /dtk)	CS (Kg/m ³)	QS (Kg/dtk)
		Q		
1	08/07/2024	1.27	0.04	0.051
2	08/07/2024	2.05	0.08	0.164
3	09/07/2024	1.40	0.06	0.084
4	09/07/2024	1.51	0.06	0.090
5	09/07/2024	1.14	0.02	0.023
6	10/07/2024	2.34	0.14	0.327
7	10/07/2024	0.83	0.04	0.033
8	11/07/2024	0.80	0.04	0.032
9	11/07/2024	0.70	0.04	0.028
10	12/07/2024	0.62	0.06	0.037
11	12/07/2024	0.54	0.04	0.021
12	13/07/2024	1.17	0.02	0.023
13	15/07/2024	0.37	0.02	0.007
14	17/07/2024	0.21	0.02	0.004
15	20/07/2024	0.16	0.02	0.003
16	22/07/2024	1.20	0.08	0.096
17	05/09/2024	1.04	0.04	0.041
18	05/09/2024	0.75	0.04	0.030
19	06/09/2024	0.50	0.04	0.020
20	06/09/2024	0.32	0.02	0.006
21	13/05/2025	18.49	0.26	4.808
22	13/05/2025	16.07	0.22	3.535
23	13/05/2025	14.29	0.22	3.145
24	14/05/2025	12.96	0.2	2.591
25	14/05/2025	12.07	0.18	2.172
26	14/05/2025	11.00	0.18	1.981
27	14/05/2025	10.08	0.18	1.814

Lampiran 7 Hasil Uji Regresi *Discharge Rating Curve* dengan IBM SPSS 27

Hasil Uji Koefisien Korelasi (r) & Determinasi (R^2) *Discharge Rating Curve*

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.968	.936	.934	.365

The independent variable is Tinggi Muka Air.

Sumber : Data Primer diolah dengan IBM SPSS 27

Hasil Uji-t *Discharge Rating Curve*

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
In(Tinggi Muka Air)	2.211	.115	.968	19.167	<.001
(Constant)	1.499	.105		14.228	<.001

The dependent variable is ln(Debit Air).

Sumber : Data Primer diolah dengan IBM SPSS 27

Lampiran 8 Hasil Uji Regresi *Sediment Rating Curve* dengan IBM SPSS 27

Hasil Uji Koefisien Korelasi (r) & Determinasi (R^2) *Sediment Rating Curve*

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.989	.978	.977	.346

The independent variable is Debit Air (M3/Dtk).

Sumber : Data Primer diolah dengan IBM SPSS 27

Hasil Uji-t *Sediment Rating Curve*

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
ln(Debit Air (M3/Dtk))	1.581	.048	.989	32.988	<.001
(Constant)	.045	.003		14.203	<.001

The dependent variable is ln(Debit Sedimen (Kg/Dtk)).

Sumber : Data Primer diolah dengan IBM SPSS 27

Lampiran 9 Dokumentasi Penelitian

Alat – Alat Penelitian	
	
GPS	Current Meter
	
Perakitan Alat Duga Ukur	Pemasangan Alat Duga Ukur

Alat – Alat Penelitian



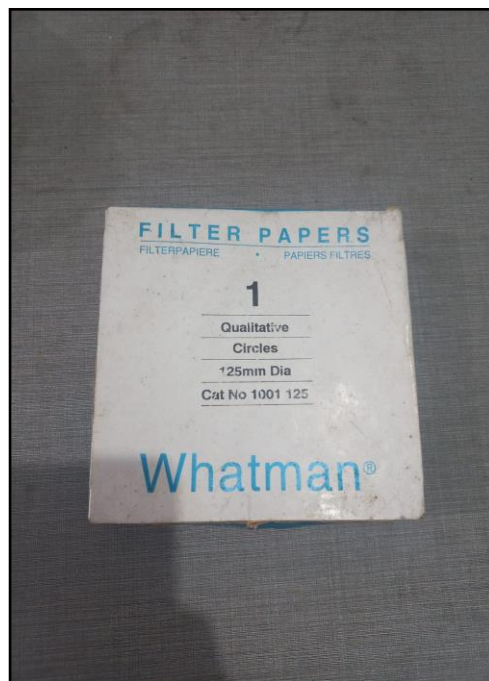
Meteran Pita



Meteran Roll



Timbangan Analitik



Kertas Saring

Alat – Alat Penelitian



Pembuatan Alat Sampel Sedimen



Pembuatan Alat Sampel Sedimen

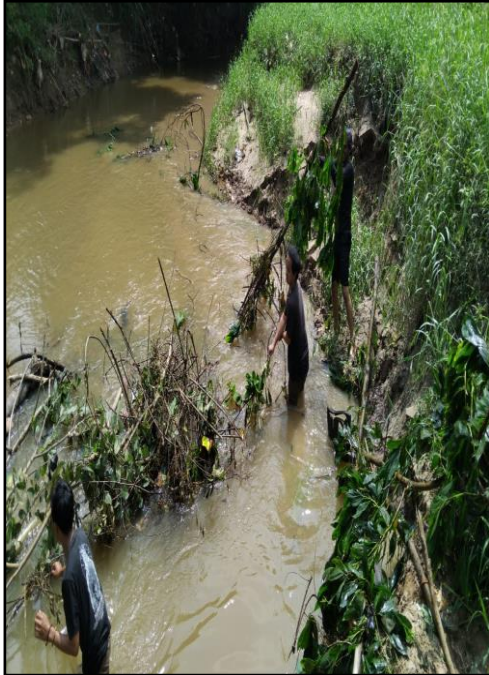


Pembuatan Alat Sampel Sedimen



Pembuatan Alat Sampel Sedimen

Proses Penelitian



Pembersihan Lokasi Penelitian



Pengukuran Lebar Sungai



Pengukuran Tinggi Muka Air



Pengukuran Kecepatan Aliran

Proses Penelitian



Pengambilan Sampel Sedimen



Pengambilan Sampel Sedimen



Pengambilan Sampel Sedimen



Pengambilan Sampel Sedimen

Proses Penelitian



Pengovenan Sedimen



Penyaringan Sedimen



Penimbangan Sedimen



Penimbangan Sedimen