



### **EROSI DAN SEDIMENTASI AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN PADA DAS WINONGO MENGGUNAKAN METODE USLE DAN APLIKASI ARCGIS**

*(Erosion and Sedimentation Caused by Land Use Changes in The Winongo Watershed Using USLE Method and The ArcGIS Application)*

Surya Budi Lesmana, Bunsu Jondan Satriawan, dan Jazaul Ikhsan

### **KARAKTERISTIK DAS DAN PREDIKSI DEBITNYA MENGGUNAKAN HIDROGRAF SATUAN SINTETIK GAMA 1 DI DAS KLAWOGUK, KOTA SORONG**

*(Watershed Characteristic and Discharge Prediction Using Gama 1 Synthetic Unit Hydrograph in Klawoguk Watershed, Sorong City)*

Anif Farida dan Achmad Rusdi

### **KECERDASAN EKOLOGIS DALAM MENINGKATKAN KETAHANAN PANGAN BERKELANJUTAN: KASUS PETANI SAGU DI DISTRIK MAKBON KABUPATEN SORONG**

*(Ecological Intelligence in Improving Sustainable Food Security: The Case of Sago Farmers in Makbon District, Sorong Regency)*

Muzna Ardin Abdul Gafur, Niny Jeni Maipauw, dan Amir Amir

### **STRATEGI PENGELOLAAN KAWASAN HUTAN DENGAN TUJUAN KHUSUS CEMORO MODANG SEBAGAI KAWASAN HUTAN BERKELANJUTAN**

*(Management Strategy of The Cemoro Modang Special Purpose Forest Area as A Sustainable Forest Area)*

Jatu Diah Kartikasari, Maria Theresia Sri Budiastuti, Chanel Tri Handoko

### **PEMETAAN POTENSI GENANGAN BANJIR BERDASARKAN TOPOGRAPHIC WETNESS INDEX DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BARUMUN BILAH**

*(Mapping on the Potential Flood Inundation Based on Topographic Wetness Index of Barumun Bilah Watershed)*

Masitoh Munthe, Nursida Arif, dan Dyah Respati Suryo Sumunar

### **KAJIAN KETERSEDIAAN AIR DI DAS SAMPEAN BARU UNTUK IRIGASI PERKEBUNAN PISANG CAVENDISH (Musa Acuminata L) PT. XYZ DI KABUPATEN BONDOWOSO**

*(Water Availability Study in The Sampean Baru Watershed for Irrigation of Cavendish Banana (Musa Acuminata L) Plantations at PT. XYZ in Bondowoso Regency)*

Elida Novita, Idah Andriyani, Heru Ernanda, Halimatus Silvia, dan Hendra Andiananta Pradana

Diterbitkan oleh :

Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan dan Lingkungan Hidup Indonesia (APTKLHI)

Jl. Gunung Batu No 5 Bogor

E-mail: [sekred.jpndas@gmail.com](mailto:sekred.jpndas@gmail.com);

Website: <https://ejournal.aptklhi.org/index.php/JPPDAS/index>

Volume 8, Nomor 2, 2024

**JPPDAS**

Jurnal Penelitian  
Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Journal of Watershed Management Research

P-ISSN: 2579-6097

E-ISSN: 2579-5511

#### JURNAL PENELITIAN PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI

Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (JPPDAS) pertamakali diterbitkan pada April 2017 oleh Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPPTPDAS) dengan P-ISSN: 2579-6097 dan E-ISSN: 2579-5511. Pada awal penerbitannya, JPPDAS dikelola oleh BPPTPDAS bekerjasama dengan Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia (MKTi). Berdasarkan PermenLHK No 26 Tahun 2021, BPPTPDAS bertransformasi menjadi Badan Standardisasi Instrumen Lingkungan Hidup dan Kehutanan (BPSILHK) Solo. Seiring dengan perubahan tersebut, pengelolaan JPPDAS dilanjutkan oleh BPSILHK Solo bersama MKTi. Pada tahun 2023, pengelolaan JPPDAS dialihkan kepada Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan dan Lingkungan Hidup Indonesia (APTKLHI) sehubungan dengan perubahan kewenangan BPSILHK Solo yang tidak lagi melaksanakan kegiatan penelitian serta penerbitan publikasi ilmiah. Transisi pemindahan pengelolaan JPPDAS menyebabkan Tahun 2017 JPPDAS hanya menerbitkan satu kali, yaitu Volume 7 Nomor 1, 2023. Meskipun demikian, komitmen untuk menjaga kualitas dan kesinambungan jurnal tetap menjadi prioritas utama.

#### SASARAN DAN RUANG LINGKUP

Karya Tulis Ilmiah yang diterbitkan dalam JPPDAS merupakan hasil penelitian, kajian konseptual, dan pengembangan metode di bidang pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS). Ruang lingkup jurnal meliputi bidang pengelolaan lahan dan vegetasi, konservasi tanah dan air, rehabilitasi lahan, hidrologi, sosial, ekonomi, kelembagaan, penginderaan jauh, dan Sistem Informasi Geografis (SIG) yang mendukung teknologi pengelolaan DAS secara berkelanjutan.

#### TERBITAN



JPPDAS diterbitkan oleh Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan dan Lingkungan Hidup Indonesia (APTKLHI)

ISSN *print*/ P-ISSN : 2579-6097

ISSN *electronic*/ E-ISSN : 2579-5511

Edisi elektronik tersedia di

<https://ejournal.aptklhi.org/index.php/JPPDAS>



Seluruh KTI yang diterbitkan diberi nomor DOI yang digabungkan dengan awalan DOI Crossreff <https://doi.org/10.59465/jppdas>

#### FREKUENSI PENERBITAN

Jurnal diterbitkan dua kali dalam setahun yaitu pada bulan April dan Oktober dan setiap terbitan berisi 6 Karya Tulis Ilmiah (KTI).

#### KEBIJAKAN PEER REVIEW

Setiap KTI yang diterbitkan di JPPDAS akan ditelaah awal yang meliputi kesesuaian ruang lingkup jurnal dan tata cara penulisan menurut petunjuk penulisan. Selanjutnya telaah dilakukan minimal oleh dua *reviewer* dengan mempertimbangkan kebaruan, orisinalitas, metode, dan dampak keilmuan.

#### AKREDITASI

Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (JPPDAS) telah terakreditasi **Peringkat 2** berdasarkan Kutipan dari Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia Nomor **105/E/KPT/2022** tentang Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode 1 Tahun 2022 tanggal **7 April 2022**. Akreditasi berlaku selama 5 (lima) tahun yaitu mulai Volume 5 Nomor 2 Tahun 2021 sampai Volume 10 Nomor 1 Tahun 2026.

#### ALAMAT KORESPONDENSI

**Sekretariat Redaksi JPPDAS:**

**Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan dan Lingkungan Hidup Indonesia (APTKLHI)**

Alamat: Jl Gunung Batu No 5 Bogor

Email: [sekred.jppdas@gmail.com](mailto:sekred.jppdas@gmail.com)

Website: <https://ejournal.aptklhi.org/index.php/JPPDAS>

#### PENYERAHAN ONLINE

Penulis yang akan mengirimkan KTI kepada JPPDAS perlu melakukan registrasi untuk mendapatkan *username* dan *password*.

Registrasi dilakukan pada:

<https://ejournal.aptklhi.org/index.php/JPPDAS/user/register>

Login dilakukan pada:

<https://ejournal.aptklhi.org/index.php/JPPDAS/user/register>

Karya tulis ilmiah harus dikirim secara online melalui website JPPDAS. Penulis dapat memantau proses dan status pengelolaan KTI dalam website tersebut.

#### CHECKLIST PERSIAPAN PENYERAHAN

Sebelum mengunggah KTI, penulis diminta untuk mengecek kelengkapan penyerahannya sebagaimana disebutkan di bawah ini. Apabila KTI tidak sesuai dengan petunjuk jurnal, maka akan dikembalikan ke penulis.

1. Karya tulis ilmiah harus ditulis berdasarkan *template* JPPDAS dan sesuai dengan pedoman bagi penulis.
2. Format referensi berdasarkan gaya *American Psychological Association* (APA) edisi ke 6 dan dikelola dengan perangkat lunak Mendeley.
3. Delapan puluh persen dari referensi yang digunakan merupakan referensi primer terbitan 10 tahun terakhir.
4. Formulir pernyataan etis (Formulir JPPDAS 01\_paper) dan formulir transfer hak cipta (Formulir JPPDAS 06\_copyright Kesepakatan transfer) harus dilampirkan saat penyerahan KTI.
5. Pernyataan kesanggupan membayar *Article Processing Charge*.

#### PROSES PENGEDITAN (*COPY EDITING*) DAN KOREKSI CETAKAN (*PROOFREADING*)

Pada setiap KTI yang diterima akan melalui proses pengeditan untuk peningkatan kualitas tata bahasa oleh tim editorial.

#### PEMERIKSAAN PLAGIARISME

Pemeriksaan plagiarisme dilakukan oleh tim editorial JPPDAS. Apabila terindikasi plagiarisme melebihi 10%, maka KTI akan ditolak.

#### PENGELOLAAN REFERENSI

Untuk ketepatan pengambilan sumber informasi, silakan menggunakan perangkat lunak pengelola referensi Mendeley dalam membuat bibliografi, referensi dan kutipan dalam teks. Format referensi berdasarkan gaya APA ke 6. Mendeley adalah manajer referensi gratis yang dapat diunduh pada: <https://www.mendeley.com/Download-mendeley-desktop>.



#### KEBIJAKAN AKSES TERBUKA

Karya tulis ilmiah dalam JPPDAS dapat diakses secara terbuka dengan tujuan mendukung pertukaran informasi dan pengetahuan secara global.



#### IZIN CC

Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dikelola oleh Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan dan Lingkungan Hidup Indonesia (APTKLHI) di bawah CC BY-NC-SA Creative Commons Attribution Non Komersial Berbagi seperti attribution 4.0 internasional.

#### PENGELOLAAN BIAYA

Setiap naskah yang terbit dikenakan biaya pemrosesan penerbitan sebesar Rp. 1.500.000,-. Karya tulis Ilmiah diterbitkan secara elektronik tersedia secara bebas pada website. Penulis dapat menggunakan file dengan ekstensi .pdf yang telah diterbitkan untuk keperluan non-komersial pada website institusi atau pribadi.

#### PROSES INDEX DAN ABSTRAK

Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai telah terindeks dari layanan berikut: *Cross Ref*, *Google Scholar*, *Mendeley*, *Indonesian Scientific Journal Database (ISJD)*, *PKP Publishing Services*, *Cite Factor*, *Bielefeld Academic Search Engine (BASE)*, dan *Scientific and Literature (SCILIT)*.

#### HAK CIPTA

Jurnal ini dan kontribusi individu yang terkandung di dalamnya dilindungi oleh hak cipta Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan dan Lingkungan Hidup Indonesia (APTKLHI). Hak cipta tersebut mengikuti ketentuan dan kondisi yang berlaku dalam penggunaannya.

#### PERNYATAAN PRIVASI

Nama dan alamat email yang masuk dalam jurnal ini akan digunakan secara eksklusif untuk kebutuhan jurnal dan tidak akan digunakan untuk kebutuhan pihak lain.

## EDITORIAL TEAM

### Editor in-Chief

Dr. Ir. Dewi Retna Indrawati, M.P.  
(Scopus ID: 57226719729)

Ekologi Manusia

Pusat Riset Kependudukan, Badan  
Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

### Editor

Prof. Ris. Dr. Ir. Tyas Mutiara Basuki,  
M.Sc.  
(Scopus ID: 26030255700)

Hidrologi; Konservasi Tanah dan  
Air, dan Penginderaan Jauh

Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi,  
BRIN

Prof. Ris. Dr. Irfan Budi Pramono, M.Sc.  
(Scopus ID: 57194592259)

Hidrologi dan Konservasi Tanah

Pusat Riset Limnologi dan Sumber  
Daya Air, BRIN

Dr. Muhammad Anggri Setiawan, M.Sc.  
(Scopus ID: 23487125500)

Geografi

Universitas Gadjah Mada (UGM)

Dr. Agung Budi Supangat, S.Hut., M.T.,  
M.Si  
(Scopus ID: 57226712006)

Hidrologi

Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi,  
BRIN; MKTI

Dr. Ir. Nining Wahyuningrum, M.Sc.  
(Scopus ID: 57216288607)

Konservasi Tanah dan Air;  
Sistem Informasi Geografis

Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi,  
(BRIN)

Saut A. Sagala, ST., M.Sc., Ph.D.  
(Scopus ID: 35323035100)

Mitigasi Bencana

Institut Teknologi Bandung (ITB)

Dr. S. Andy Cahyono, S.P., M.Si.  
(Scopus ID: 57329151500)

Sosial Ekonomi

Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi,  
BRIN

Dr. Yonky Indrajaya, S.Hut., M.T., M.Sc.  
(Scopus ID: 57189633934)

Manajemen Hutan

Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi,  
BRIN

Dr. Ir. Hunggul Yudono S.H. Nugroho,  
M.Si.  
(Scopus ID: 57194607752)

Hidrologi dan Konservasi Tanah

Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi,  
BRIN

Dr. Ir. Sulistya ekawati, M.Si.  
(Scopus ID: 57209010673)

Sosiologi Kehutanan;  
Pemberdayaan Masyarakat

Pusat Riset Masyarakat dan Budaya,  
BRIN

**Copy Editor**

Dr. Ir. Endang Savitri, M.Sc.  
(Scopus ID: 57204823033)

Pengelolaan DAS, Konservasi  
Tanah dan Air, Kebencanaan

R. Pamungkas Buana Putra, S.Hut., M.Sc  
(Scopus ID: 57092722900)

Silvikultur

Pusat Riset Ekologi dan  
Etnobiologi, BRIN

**Section Editor**

Daniel Pandapotan Simarmata, M.Sc.  
(Scopus ID: 57885111400)

Ekologi Manusia

Pusat Riset Kependudukan,  
BRIN

F. Maftukhakh Hilmya Nada, S.Hut.,  
M.Sc.  
(Scopus ID: 57885111300)

Konservasi Tanah dan Air

Pusat Riset Ekologi dan  
Etnobiologi, BRIN

Dian Pratiwi, S. Hut., M. Sc.  
(Scopus ID: 57222641915)

Konservasi Hutan dan Pengaruh  
Hutan

Pusat Riset Ekologi dan  
Etnobiologi, BRIN

Luthfi Hanindiyasari, S.Hut., M.Sc.  
(Scopus ID:57884113400)

Konservasi dan Pengaruh Hutan

Pusat Riset Ekologi dan  
Etnobiologi, BRIN

Nardy Noerman Najib, S.Hut., M.Ling.  
(Scopus ID: 58115230300)

Management Lingkungan, dan  
Biodiversitas

Pusat Riset Ekologi dan  
Etnobiologi, BRIN

**Layout Editor**

Diah Auliyani, S. Hut., M. Si.  
(Scopus ID: 57219661069)

Konservasi dan Pengaruh Hutan

Pusat Riset Ekologi dan  
Etnobiologi, BRIN

Tri Hastuti Swandayani, S. Kom., M.Si.

Balai KSDA Yogyakarta

Gipi Samawandana  
(Scopus ID: 58529050100).

Pusat Riset Ekologi dan  
Etnobiologi, BRIN



Sekretariat Redaksi JPPDAS: Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan dan Lingkungan Hidup Indonesia  
(APTKLHI)

Alamat: Jl. Gunung Batu No 5 Bogor

E-mail: [sekred.jppdas@gmail.com](mailto:sekred.jppdas@gmail.com) ; Website: <https://ejournal.aptklhi.org/index.php/JPPDAS/index>

**REVIEWER**

Dr. Tri Sulistyati Widyaningsih, S. Sos., M.Sc. (Scopus ID: 57216432755)	Sosiologi Lingkungan	Pusat Riset Kependudukan, BRIN
Prof. Dr. Ahmad Maryudi, S.Hut., M.For. (Scopus ID: 48461414700)	Kebijakan Kehutanan	Universitas Gadjah Mada (UGM)
Prof. Dr. rer. nat. Junun Sartohadi, M.Sc. (Scopus ID: 24766831900)	Geografi Tanah dan Lingkungan	Universitas Gadjah Mada (UGM); MKTI
Andry Rustanto, S.Si., M.Sc. (Scopus ID: 57192945184)	Geografi	Universitas Indonesia (UI)
Dr. Tjahyo Nugroho Adji, S.Si., M. Sc. Tech (Scopus ID: 54987826800)	Geografi	Universitas Gadjah Mada (UGM )
Dr. Ogi Setiawan, S. Hut., M.Sc. (Scopus ID: 57205433334)	Hidrologi, Geomorfologi, Kehutanan	Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi, BRIN
Dr. Prabang Setyono, S.Si., M.Si. (Scopus ID: 56179823100)	Ekologi Pemodelan dan Rekayasa Lingkungan	Universitas Sebelas Maret (UNS)
Dr. Ryke Nandini, S.Si., M. Si. (Scopus ID: 57205494099)	Konservasi dan Pengaruh Hutan	Pusat Riset Ekologi dan Etnobiologi, BRIN
Prof. Dr. Ir. Hidayat Pawitan, M.Sc. (Scopus ID: 55177185300)	Hidrologi Sumberdaya Air	IPB University
Ary Widiyanto, S.Hut., M.Eng., M.P.P. (Scopus ID:57226365246)	Kebijakan Publik, Agroforestry	Pusat Riset Kependudukan, BRIN



Sekretariat Redaksi JPPDAS: Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan dan Lingkungan Hidup Indonesia  
(APTKLIH)

Alamat: Jl. Gunung Batu No 5 Bogor

E-mail: [sekred.jppdas@gmail.com](mailto:sekred.jppdas@gmail.com) ; Website: <https://ejournal.aptklhi.org/index.php/JPPDAS/index>

Diterbitkan di Bogor, Indonesia

©2024 Asosiasi Peneliti dan Teknisi Kehutanan dan Lingkungan Hidup Indonesia (APTKLHI)

**Volume 8, Nomor 2, 2024**

**JPPDAS**

**Jurnal Penelitian  
Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**

**Journal of Watershed Management Research**

**P-ISSN: 2579-6097**

**E-ISSN: 2579-5511**

## **Ucapan Terima Kasih**

Ucapan terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada Editor dan Mitra Bestari yang telah menyunting dan memberi saran yang konstruktif terhadap Karya Tulis Ilmiah dalam Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Volume 8 Nomor 2, 2024.

1. Dr. Ryke Nandini, S.Si., M. Si
2. Dr. Ir. Nining Wahyuningrum, M.Sc.
3. Dr. Agung Budi Supangat, S.Hut., M.T., M.Si
4. Dr. Ogi Setiawan, S. Hut., M. Sc
5. Dr. Tjahyo Nugroho Adji, S.Si., M. Sc. Tech
6. Dr. Ir. Sulistya ekawati, M.Si
7. Dr. S. Andy Cahyono, S.P., M.Si.
8. Dr. Yonky Indrajaya, S. Hut., M.T., M. Sc
9. Ary Widiyanto, S. Hut., M.Eng., M.P.P
10. Prof. Ris. Dr. Irfan Budi Pramono, M.Sc
11. Dr. Ir. Hunggul Yudono S.H. Nugroho, M.Si.

## DAFTAR ISI (CONTENTS)

Judul	Halaman
<b>EROSI DAN SEDIMENTASI AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN PADA DAS WINONGO MENGGUNAKAN METODE USLE DAN APLIKASI ARCGIS</b> <i>(Erosion and Sedimentation Caused by Land Use Changes in The Winongo Watershed Using USLE Method and The ArcGIS Application)</i> Surya Budi Lesmana, Bunsu Jondan Satriawan, dan Jazaul Ikhsan _____	113-130
<b>KARAKTERISTIK DAS DAN PREDIKSI DEBITNYA MENGGUNAKAN HIDROGRAF SATUAN SINTETIK GAMA 1 DI DAS KLAWOGUK, KOTA SORONG</b> <i>(Watershed Characteristic and Discharge Prediction Using Gama 1 Synthetic Unit Hydrograph in Klawoguk Watershed, Sorong City)</i> Anif Farida dan Achmad Rusdi _____	131-148
<b>KECERDASAN EKOLOGIS DALAM MENINGKATKAN KETAHANAN PANGAN BERKELANJUTAN: KASUS PETANI SAGU DI DISTRIK MAKBON KABUPATEN SORONG</b> <i>(Ecological Intelligence in Improving Sustainable Food Security: The Case of Sago Farmers in Makbon District, Sorong Regency)</i> Muzna Ardin Abdul Gafur, Niny Jeni Maipauw, dan Amir Amir _____	149-160
<b>STRATEGI PENGELOLAAN KAWASAN HUTAN DENGAN TUJUAN KHUSUS CEMORO MODANG SEBAGAI KAWASAN HUTAN BERKELANJUTAN</b> <i>(Management Strategy of The Cemoro Modang Special Purpose Forest Area as A Sustainable Forest Area)</i> Jatu Diah Kartikasari , Maria Theresia Sri Budiastuti, Chanel Tri Handoko _____	161-182
<b>PEMETAAN POTENSI GENANGAN BANJIR BERDASARKAN TOPOGRAPHIC WETNESS INDEX DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BARUMUN BILAH</b> <i>(Mapping on the Potential Flood Inundation Based on Topographic Wetness Index of Barumun Bilah Watershed)</i> Masitoh Munthe, Nursida Arif, dan Dyah Respati Suryo Sumunar _____	183-200
<b>KAJIAN KETERSEDIAAN AIR DI DAS SAMPEAN BARU UNTUK IRIGASI PERKEBUNAN PISANG CAVENDISH (Musa Acuminata L) PT. XYZ DI KABUPATEN BONDOWOSO</b> <i>(Water Availability Study in The Sampean Baru Watershed for Irrigation of Cavendish Banana (Musa Acuminata L) Plantations at PT. XYZ in Bondowoso Regency)</i> Elida Novita, Idah Andriyani, Heru Ernanda, Halimatus Silvia, dan Hendra Andiananta Pradana _____	201-228

## JURNAL PENELITIAN PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI (JPPDAS)

### ABSTRAK

P-ISSN : 2579-6097

Vol. 8 No. 2, 2024

E-ISSN : 2579-5511

Kata kunci bersumber dari artikel. Lembar abstrak ini boleh disalin tanpa izin dan biaya

Surya Budi Lesmana<sup>1</sup>, Bunsu Jondan Satriawan<sup>1</sup>, dan Jazaul Ikhsan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

#### **EROSI DAN SEDIMENTASI AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN PADA DAS WINONGO MENGGUNAKAN METODE USLE DAN APLIKASI ARCGIS**

Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Vol. 8 No. 2, 2024, p. 113 – 130

Erosi menjadi salah satu hal yang penting dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan dipengaruhi oleh beberapa faktor alamiah dan nonalamiah. Faktor alamiah yang memengaruhi erosi yaitu: hujan, jenis tanah, panjang dan kemiringan lereng. Tata guna lahan adalah faktor nonalamiah yang dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia. Faktor tersebut merupakan faktor penting dalam perhitungan erosi pada suatu DAS. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis (1) perubahan penggunaan lahan di DAS Winongo, (2) laju erosi yang terjadi akibat perubahan tata guna lahan di DAS Winongo, (3) dinamika perubahan klasifikasi erosi di DAS Winongo tahun 2001-2021, serta (4) sedimentasi yang terjadi di DAS Winongo. Hasil penelitian mendapatkan adanya perubahan nilai CP dari 0,61 menjadi 0,65 yang berarti terjadi perubahan tata guna lahan pada DAS Winongo. Laju erosi sebesar 22,78 ton/ha/tahun tergolong erosi ringan. Dalam rentang waktu 2001-2021, kawasan dengan klasifikasi tingkat bahaya erosi sedang, berat dan sangat berat meningkat sebesar 0,4% atau seluas 983,1 ha. Sedimen yang dihasilkan di DAS Winongo sebesar 121.398,69 ton/ha.

**Kata kunci:** *Erosi; DAS; USLE; Winongo*

Anif Farida<sup>1\*</sup> dan Achmad Rusdi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong*

<sup>2</sup>*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong*

#### **KARAKTERISTIK DAS DAN PREDIKSI DEBITNYA MENGGUNAKAN HIDROGRAF SATUAN SINTETIK GAMA 1 DI DAS KLAWOGUK, KOTA SORONG**

Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Vol. 8 No. 2, 2024, p. 131-148

Hidrograf satuan adalah hidrograf aliran langsung yang diperoleh dari hujan efektif yang berlangsung dalam intensitas tetap per satuan waktu serta tersebar merata di seluruh bagian DAS dan diterapkan pada daerah aliran sungai yang tidak memiliki alat pencatat tinggi muka air (AWLR). Daerah Aliran Sungai Klawoguk di Kota Sorong tidak mempunyai alat pengukur tinggi muka air secara otomatis (AWLR) dengan permasalahan terjadinya banjir apabila hujan turun dengan intensitas cukup tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik DAS Klawoguk sebagai masukan HSS Gama 1 dan mengestimasi besarnya debit menggunakan metode HSS Gama 1. Karakteristik DAS dihitung dengan menggunakan software ArcGIS 10.8, sedangkan analisis debit menggunakan metode HSS Gama 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sub DAS 1 wilayahnya mempunyai luasan sebesar 9,742 km yang berarti mampu menampung air hujan dalam jumlah yang banyak. Sungai utama terpanjang adalah di Sub DAS 5 (8,22 km) dan paling pendek yakni di Sub DAS 4 (4,95 km). Hal ini menandakan bahwa Sub DAS 5 mempunyai waktu konsentrasi yang lebih lama sehingga resiko banjirnya juga rendah. Kemiringan sungai utama di DAS Klawoguk cukup rendah (0,002-0,023) yang mengindikasikan terjadinya penumpukan air dan berpotensi terjadinya banjir. Nilai dari bentuk DAS Klawoguk berkisar 0,028-0,041 yang berarti semua Sub DAS tidak berbentuk bulat. Analisis HSS Gama 1 menunjukkan bahwa debit puncak (Qp) yang tertinggi pada Sub DAS 1 sebesar 1,427 m<sup>3</sup>/detik dan terendah di Sub DAS 5 sebesar 0,488 m<sup>3</sup>/detik. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi debit di lapangan berdasarkan karakteristik fisik DAS.

**Kata kunci:** *debit; daerah aliran sungai; hidrograf satuan; HSS Gama 1; Klawoguk*

## JURNAL PENELITIAN PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI (JPPDAS)

### ABSTRAK

P-ISSN : 2579-6097

Vol. 8 No. 2, 2024

E-ISSN : 2579-5511

Kata kunci bersumber dari artikel. Lembar abstrak ini boleh disalin tanpa izin dan biaya

Muzna Ardin Abdul Gafur<sup>1\*</sup>, Niny Jeni Maipauw<sup>1</sup>, dan Amir Amir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sorong

<sup>2</sup>Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sorong

#### **KECERDASAN EKOLOGIS DALAM MENINGKATKAN KETAHANAN PANGAN BERKELANJUTAN: KASUS PETANI SAGU DI DISTRIK MAKBON KABUPATEN SORONG**

Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Vol. 8 No. 2, 2024, p. 149 – 160

Tumbuhan sagu tersebar di beberapa kampung di Distrik Makbon. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan ekonomi, terdapat kekhawatiran akan terkikisnya kearifan lokal petani sagu dalam cara pandang, sikap, dan tindakan terhadap ekosistem sagu. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kecerdasan ekologis dalam nilai-nilai kearifan lokal petani sagu di Distrik Makbon. Pengumpulan data dilakukan di tiga lokasi pengolahan sagu, yaitu Kampung Teluk Dore, Kampung Baingketete, dan Kampung Malaumkarta. Cakupan penelitian meliputi tradisi, cara pandang, sikap, perilaku, dan pengetahuan lokal petani sagu dalam memelihara ekosistem serta memanfaatkan sumber daya hutan sagu. Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan beberapa bentuk kearifan lokal, di antaranya adalah memanen sagu sesuai kebutuhan tanpa eksploitasi berlebihan (tradisi egek), menjaga serta merawat rumpun sagu secara bijaksana, serta menaati pesan leluhur untuk tidak membakar rumput di sekitar lahan sagu guna mencegah kebakaran hutan sagu (netal fugin oh). Selain itu, pelibatan seluruh anggota keluarga dalam proses pengolahan sagu memberikan pengalaman bagi generasi penerus mengenai teknik pengolahan sagu (ap solfagu). Secara umum, ekosistem sagu di wilayah ini tetap terjaga, dan di Kampung Malaumkarta telah dilakukan upaya budidaya sagu oleh masyarakat. Kecerdasan ekologis petani sagu di Distrik Makbon menjadi indikator utama dalam pelestarian ekosistem sagu guna mendukung ketahanan pangan berkelanjutan.

**Kata kunci:** ekosistem; kearifan lokal; kecerdasan ekologis; ketahanan pangan; petani sagu

Jatu Diah Kartikasari<sup>1</sup>, Maria Theresia Sri Budiastuti<sup>2</sup>, Chanel Tri Handoko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departement of Enviromental Science Post Graduate School Sebelas Maret University

<sup>2</sup>Departement of Agrotechnology Agriculture Faculty Sebelas Maret University

<sup>3</sup>Departement of Enviromental Science Post Graduate School Sebelas Maret University

#### **STRATEGI PENGELOLAAN KAWASAN HUTAN DENGAN TUJUAN KHUSUS CEMORO MODANG SEBAGAI KAWASAN HUTAN BERKELANJUTAN**

Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Vol. 8 No. 2, 2024, p. 161 – 182

KHDTK Cemoro Modang sebagai salah satu KHDTK Penelitian dan Pengembangan Kehutanan mengalami dinamika penambahan fungsi kawasan sebagai area penerapan model standar bidang kehutanan. Hal ini menyebabkan perubahan tata kelola kawasan hutan di KHDTK. Penambahan fungsi ini memerlukan strategi baru untuk memastikan tata kelola hutan yang berkelanjutan, khususnya dalam menyeimbangkan konservasi, penelitian, dan keterlibatan masyarakat. Studi ini mengidentifikasi beberapa pendekatan strategis pengelolaan secara berkelanjutan dengan metode analisis SWOT kemudian dari hasil analisis SWOT tersebut membagi stakeholder kedalam kuadran kepentingan berdasarkan pengaruh dan kepentingan. Pendekatan-strateginya meliputi: (1) membina kemitraan pengelolaan hutan antar pemangku kepentingan, (2) menyelesaikan konflik pemanfaatan lahan melalui dialog dan mediasi yang inklusif, (3) memperkuat kapasitas pengelola hutan dan mitra lokal, (4) membangun kolaborasi lintas sektoral, dan (5) mengoptimalkan pemanfaatan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) untuk meningkatkan penghidupan masyarakat setempat tanpa mengorbankan integritas hutan. Keterlibatan pemangku kepentingan merupakan landasan dari strategi ini. Stakeholder kunci adalah Balai Penerapan Standar Instrumen Lingkungan Hidup dan Kehutanan Solo (BPSILHK) sebagai pengelola KHDTK, Perum Perhutani Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Cepu sebagai pemilik aset tanaman, pesanggem/petani penggarap lahan hutan yang menggarap lahan hutan dan kelompok masyarakat mitra pengelola KHDTK. Dengan memadukan kolaborasi multipihak dan praktik pengelolaan strategis, KHDTK Cemoro Modang menjadi model pengelolaan hutan lestari.

**Kata kunci:** Analisis SWOT, Stakeholder Mapping, Strategi Pengelolaan, Hutan Berkelanjutan, Cemoro Modang

## JURNAL PENELITIAN PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI (JPPDAS)

### ABSTRAK

P-ISSN : 2579-6097

E-ISSN : 2579-5511

Vol. 8 No.2, 2024

Kata kunci bersumber dari artikel. Lembar abstrak ini boleh disalin tanpa izin dan biaya

Masitoh Munthe<sup>1\*</sup>, Nursida Arif<sup>2</sup>, dan Dyah Respati Suryo Sumunar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Magister Pendidikan Geografi, FISIP, Universitas Negeri Yogyakarta

<sup>2</sup>Departemen Pendidikan Geografi, FISIP, Universitas Negeri Yogyakarta

#### **PEMETAAN POTENSI GENANGAN BANJIR BERDASARKAN TOPOGRAPHIC WETNESS INDEX DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BARUMUN BILAH**

Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Vol. 8 No. 2, 2024, p. 183–200

Daerah Aliran Sungai (DAS) Barumun Bilah memiliki sungai besar yang mengalir yakni Sungai Barumun dan Sungai Bilah. Kedua sungai ini seringkali meluap ketika musim hujan sehingga wilayah yang dialiri oleh sungai tersebut dilanda banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah memetakan sebaran potensi genangan wilayah kabupaten di DAS Barumun Bilah. Penelitian ini memanfaatkan sistem informasi geografis (SIG) untuk mengolah data DEM (Digital Elevation Model) dengan metode Topographic Wetness Index (TWI). Hasil analisis berupa peta yang menggambarkan 3 kelas potensi genangan pada wilayah DAS Barumun Bilah yaitu kelas tinggi seluas 247.524,40 ha, kategori sedang seluas 537.620,82 ha, dan kategori rendah seluas 513.558,70 ha. Kecamatan Bilah Hulu, Kabupaten Labuhanbatu, Provinsi Sumatera Utara merupakan wilayah paling luas dalam kategori potensi genangan banjir kelas tinggi seluas 24.711 Ha. Peta yang dihasilkan memberikan informasi spasial yang dapat digunakan sebagai dasar untuk penyusunan dokumen perencanaan seperti Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), perancangan strategi mitigasi risiko bencana bagi masyarakat, dan penetapan kebijakan pengendalian banjir di kecamatan-kecamatan dengan kategori TWI tinggi.

**Kata kunci:** *DAS Barumun Bilah; Topographic Wetness Index; pemetaan*

Elida Novita<sup>1\*</sup>, Idah Andriyani<sup>1</sup>, Heru Ernanda<sup>1</sup>, Halimatus Silvia<sup>1</sup>, dan Hendra Andiananta Pradana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Pangan, Jurusan Pertanian, Politeknik Negeri Banyuwangi

#### **KAJIAN KETERSEDIAAN AIR DI DAS SAMPEAN BARU UNTUK IRIGASI PERKEBUNAN PISANG CAVENDISH (Musa Acuminata L) PT. XYZ DI KABUPATEN BONDOWOSO**

Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Vol. 8 No. 2, 2024, p. 201 – 228

Pisang Cavendish menjadi tanaman yang berpotensi meningkatkan nilai ekspor hortikultura di Indonesia karena minat yang tinggi di pasar internasional. Perusahaan yang memiliki fokus pada budidaya pisang Cavendish adalah PT. XYZ dengan lokasi perkebunan pisang di wilayah DAS Sampean Baru Kabupaten Bondowoso. Faktor yang perlu diperhatikan untuk memastikan proses budidaya berjalan dengan maksimal adalah wilayah budidaya harus memiliki ketersediaan air yang mencukupi untuk mendukung kegiatan budidaya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi neraca air DAS Sampean Baru terhadap keberadaan perkebunan pisang Cavendish milik PT. XYZ. Penelitian ini melibatkan perhitungan ketersediaan air yang dihitung dengan menggunakan model FJ. Mock serta perhitungan kebutuhan air yang meliputi perhitungan kebutuhan air perkebunan pisang Cavendish PT. XYZ, kebutuhan air pertanian, kebutuhan air domestik-non domestik, serta kebutuhan air peternakan di wilayah DAS Sampean Baru. Data yang digunakan meliputi data klimatologi, data curah hujan, data tanaman, data luasan DAS, data rencana tata tanam Kabupaten Bondowoso, peta tutupan lahan, dan juga peta jenis tanah. Hasil menunjukkan DAS Sampean Baru mampu memenuhi kebutuhan air perkebunan pisang saat ini dan untuk keperluan pengembangan. Kondisi neraca air mengalami surplus pada semua bulan. Nilai total kebutuhan air untuk perkebunan pisang Cavendish PT. XYZ saat ini adalah 0,00976 m<sup>3</sup>/s. Total surplus yang dihasilkan 301,86 m<sup>3</sup>/s dengan total kebutuhan air untuk pertanian, domestik, non-domestik, peternakan adalah sebesar 44,189 m<sup>3</sup>/s. Pengembangan dapat dilakukan hingga perkebunan pisang Cavendish berada pada luasan 13.230,24 ha karena pada kondisi tersebut neraca air mengalami kondisi balance. Untuk mengantisipasi kondisi defisit terjadi, maka pengembangan direkomendasikan tidak melebihi nilai tersebut.

**Kata kunci:** *ketersediaan air; kebutuhan air; neraca air; F.J. Mock; Pisang Cavendish*

## EROSI DAN SEDIMENTASI AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN PADA DAS WINONGO MENGGUNAKAN METODE USLE DAN APLIKASI ARCGIS

*(Erosion and Sedimentation Caused by Land Use Changes in The Winongo Watershed Using USLE Method and The ArcGIS Application)*

Surya Budi Lesmana<sup>1\*</sup>, Bunsu Jondan Satriawan<sup>1</sup>, dan Jazaul Ikhsan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Kampus Terpadu UMY, Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

\*Email: [surya\\_lesmana@umy.ac.id](mailto:surya_lesmana@umy.ac.id)

Diterima: 26 Desember 2024, Direvisi : 26 Februari 2025, Disetujui : 9 April 2026.

### ABSTRACT

*Erosion is one of the most important things in watershed management, and is influenced by various natural and non-natural factors. Natural factors that affect erosion are: rain, soil type, slope length, and slope gradient. Land use is a non-natural factor that is influenced by various human activities. It is an important factor in calculating erosion that occurs in a watershed. The purpose of this study was to analyze (1) land use changes in the Winongo watershed, (2) erosion rate that occurs due to land use changes in the Winongo watershed, (3) the dynamics erosion classification changes in the Winongo watershed in 2001-2021 and (4) sedimentation that occurs in the Winongo watershed. The results of the study found a change in CP value from 0.61 to 0.65 which means that there was a change in land use in the Winongo watershed. An erosion rate of 22.78 tons/ha/year is classified as light erosion classification. During 2001-2021, areas with moderate, severe, and very severe erosion hazard classifications increased by 0.4% or 983.1 ha. The average of sediment produced in the Winongo watershed is 121,398.69 tons/year.*

**Keywords:** *Erosion; watersheds; USLE; Winongo*

### ABSTRAK

Erosi menjadi salah satu hal yang penting dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan dipengaruhi oleh beberapa faktor alamiah dan nonalamiah. Faktor alamiah yang memengaruhi erosi yaitu: hujan, jenis tanah, panjang dan kemiringan lereng. Tata guna lahan adalah faktor nonalamiah yang dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia. Faktor tersebut merupakan faktor penting dalam perhitungan erosi pada suatu DAS. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis (1) perubahan penggunaan lahan di DAS Winongo, (2) laju erosi yang terjadi akibat perubahan tata guna lahan di DAS Winongo, (3) dinamika perubahan klasifikasi

erosi di DAS Winongo tahun 2001-2021, serta (4) sedimentasi yang terjadi di DAS Winongo. Hasil penelitian mendapatkan adanya perubahan nilai CP dari 0,61 menjadi 0,65 yang berarti terjadi perubahan tata guna lahan pada DAS Winongo. Laju erosi sebesar 22,78 ton/ha/tahun tergolong erosi ringan. Dalam rentang waktu 2001-2021, kawasan dengan klasifikasi tingkat bahaya erosi sedang, berat dan sangat berat meningkat sebesar 0,4% atau seluas 983,1 ha. Sedimen yang dihasilkan di DAS Winongo sebesar 121.398,69 ton/ha.

**Kata kunci: Erosi; DAS; USLE; Winongo**

## I. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Winongo adalah salah satu DAS yang terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta dan berhulu di Gunung Merapi, serta banyak bangunan air yang ada di sepanjang Sungai Winongo. Seiring bertambahnya penduduk dan keperluan pemanfaatan lahan untuk infrastruktur pendukungnya, maka DAS Winongo telah mengalami perubahan terkait dengan tata guna lahannya. Pesatnya pertumbuhan penduduk memengaruhi kebutuhan masyarakat yang meningkat, yaitu kebutuhan masyarakat secara umum diantaranya adalah hal-hal yang terkait dengan keberlangsungan hidup (Rosyid, 2021). Penggunaan lahan yang cenderung dinamis, berpengaruh terhadap kualitas lahan dan vegetasi yang ada (Mubarok et al., 2022) sehingga adanya perubahan tata guna lahan akan menimbulkan potensi perubahan laju erosi pada lahan tersebut.

Erosi merupakan peristiwa terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari satu tempat ke tempat lain oleh media alami (Seran, 2022). Erosi dapat disebabkan oleh aktivitas manusia atau secara alamiah, dan berdampak pada penurunan produktivitas tanah dan kualitas lingkungan sekitar. Faktor-faktor yang berpengaruh pada erosi yaitu: hujan,

jenis tanah, panjang dan kemiringan lereng serta tata guna lahan. Faktor tata guna lahan adalah faktor nonalamiah yang dapat dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia (Suharyanto et al., 2020). Erosi dapat menjadi ancaman yang signifikan bagi keseimbangan dan produktivitas lahan pada area pegunungan. Erosi dapat memengaruhi ketahanan pangan dan kerentanan lahan terhadap perubahan iklim (Latifah et al., 2023).

Indonesia memiliki banyak bangunan air yang memiliki fungsi strategis. Laju erosi yang tinggi di daerah tangkapan air dari bangunan air tersebut, akan mengakibatkan sedimentasi yang tinggi, sehingga akan berpengaruh pada usia bangunan air (Togatorop, 2016). Sungai Winongo yang terdapat pada DAS Winongo, memiliki banyak bangunan air, sehingga perlu dilakukan pemantauan terhadap erosi, yang nantinya akan memengaruhi besarnya sedimen yang dapat terjadi (Ibrahim et al., 2022). Sedimentasi dapat menyebabkan pendangkalan sungai, saluran-saluran irigasi, muara-muara sungai di bagian hilir, mengurangi umur efektif waduk, dan dapat merusak penampang sungai serta bangunan teknik sipil di sepanjang sungai. Metode *USLE (Universal Soil Loss Equation)* digunakan secara luas untuk memprediksi

tingkat laju erosi, karena metode tersebut mudah dan efektif digunakan pada daerah yang erosinya disebabkan oleh hujan dan *surface run off* (Putra, 2021). Erosi dapat dikurangi dengan praktik bercocok tanam yang baik dan kesadaran masyarakat setempat akan konservasi lahan (Dung, 2017).

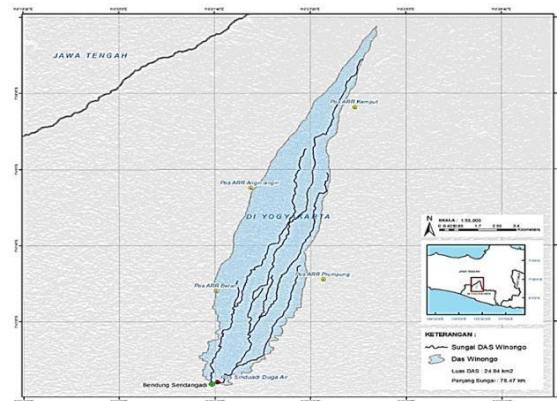
Penggabungan model *USLE* dan *GIS* dalam basis *grid-cell* dapat menghasilkan konsistensi yang tinggi untuk mengidentifikasi daerah rawan erosi pada sebuah DAS (Singh & Panda, 2017). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1) perubahan tata guna lahan di DAS Winongo, (2) laju erosi yang terjadi akibat adanya perubahan tata guna lahan pada DAS Winongo, (3) dinamika perubahan klasifikasi erosi di DAS Winongo dari tahun 2001-2021, (4) sedimentasi yang terjadi pada DAS Winongo. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran perubahan tata guna lahan, serta potensi perubahan laju erosi, klasifikasi erosi dan sedimentasi di DAS Winongo, yang dapat digunakan sebagai masukan dalam pengelolaan DAS Winongo.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Waktu dan Lokasi

Penelitian dilakukan pada tahun 2023. Lokasi penelitian di DAS Winongo pada Daerah Tangkapan Air Bendung Sinduadi yang terletak pada zona UTM WGS 194 49S dengan koordinat  $7^{\circ}36'51.47''S$  sampai dengan  $7^{\circ}44'43.70''S$ , dan  $110^{\circ}21'23.48''E$  sampai dengan  $110^{\circ}24'29.55''E$ . Bendung Sinduadi terletak pada koordinat  $7^{\circ}44'42.73''S$  dan  $110^{\circ}21'37.45''E$  di Desa Sinduadi, Kecamatan Jombor, Kabupaten

Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Bendung Sinduadi ini berbatasan dengan wilayah administrasi Desa Sariharjo di sebelah Selatan dan Desa Sinduadi di sebelah Utara. Peta DAS Winongo terdapat pada Gambar 1.



Gambar (Figure) 1. DAS Winongo (Winongo Watershed)

Sumber (Source): Hasil Analisis, 2023 (Analysis Result)

### B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data mengenai curah hujan di DAS Winongo selama 10 tahun terakhir yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak (BBWSSO) dan Dinas PUPESDM Provinsi DIY, peta DEMNAS dari Badan Informasi Geospasial, peta jenis tanah dari BBWSSO dan DLHK Provinsi DIY, serta peta tata guna lahan atau tutupan lahan dari BBWSSO dan KLHK atau DLHK DIY, serta perangkat lunak *ArcGIS ArcMAP 10.2*, *Google Earth Pro*, dan *Microsoft Office*.

### C. Metode Penelitian

Perhitungan erosi menggunakan Metode *USLE*, yaitu metode yang populer digunakan untuk memprediksi erosi pada luasan lahan dalam jangka waktu yang lama pada sistem dan pengelolaan

pertanaman tertentu (Olivares et al., 2011; Taslim et al., 2019). Besaran erosi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan *USLE* yang dikembangkan oleh Wischmeir dan Smith (1978) (Asdak, 2004):

$$A = R \times K \times LS \times CP \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan (*Remarks*) :

- A = Jumlah tanah yang tererosi (T/ha/th)
- R = Faktor erosivitas hujan
- K = Faktor erodibilitas tanah
- LS = Faktor panjang dan kemiringan lereng
- CP = Faktor pengelolaan tanaman atau penutupan lahan

Metode ini memberikan pendekatan yang cepat untuk memprediksi kehilangan tanah rata-rata dalam jangka waktu yang lama (Dung, 2017). Parameter-parameter yang terdapat dalam *USLE* meliputi nilai erosivitas (R), nilai erodibilitas (K), nilai panjang dan kemiringan lereng (LS), serta nilai tutupan lahan dan konservasi lahan (CP). Dalam aplikasi GIS parameter ini dibuat dalam bentuk spasial berupa *shapefile* yang selanjutnya dilakukan *overlay* untuk membuat peta laju erosi. Analisis spasial dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter tersebut sebagai berikut:

a. Luas DAS

*DEM (Digital Elevation Model)* adalah representasi bentuk relief bumi tanpa memperhitungkan fitur buatan manusia yang penting untuk perencanaan wilayah (Sulistiana et al., 2019). *DEM* sangat populer dalam menghasilkan representasi topografi permukaan bumi dan terintegrasi dengan teknik *GIS* untuk membedakan

distribusi spasial dari setiap faktor dan proses erosi (Kruk et al., 2020).

Delineasi dilakukan di titik *outlet* Bendung Sinduadi di DAS Winongo, yang terletak di zona UTM WGS 1984 49S, dengan koordinat 7°44'42.73"LS dan 110°21'37.45"BT. DAS Winongo ini memiliki luas sebesar 24,94 km<sup>2</sup> dengan panjang sungai utama 15,9 km.

Prosedur deliniasi adalah sebagai berikut:

1. Membuka *Geoprocessing* > *Arc Toolbox* > *Data Management Tools* > *Projections and Transformations* > *Define Projection*
2. Input Data *DEM* > *Input Dataset or Feature Class* > *Geographic Coordinate System* > *World* > *WGS 1984* > *OK*
3. Membuat aliran Sungai dengan membuka *Spatial Analyst Tools* > *Hydrology* > *Fill* > *Flow Direction* > *Flow Accumulation* yaitu membuat titik *outlet* dengan membuka *Windows Catalog* > *New* > *Shapefile* > Nama *Outlet* > *OK*.
4. Membuka *Editor* > *Start Editing* > *Create Features*, kemudian tempatkan titik pada posisi *outlet* yang telah ditentukan tepat di atas garis putih (sungai) > *Stop Editing*.
5. Membuat deliniasi DAS dengan membuka *Watershed* > *Input Flow Direction* > *Input Raster or Pour Point Data* > *Save Output* > *OK*

b. Nilai Erosivitas Hujan (R)

Erosivitas hujan adalah kemampuan hujan untuk mengikis dan mengelupas permukaan tanah sehingga mengakibatkan erosi (Kurniawati et al., 2023). Erosivitas hujan berpengaruh terhadap erosi melalui

tetes air hujan yang langsung mengikis tanah. Nilai erositivitas dipengaruhi oleh intensitas, durasi, dan kecepatan jatuhnya hujan (Krisnayanti et al., 2018). Dalam penelitian ini, data hujan tahunan di DAS Winongo digunakan untuk mendapatkan nilai erositivitas yang dibuat dalam bentuk peta distribusi menggunakan metode *IDW* pada aplikasi *ArcGIS*. Penentuan nilai R dari rumus Bols (Taslim et al., 2019) dapat dilihat dalam persamaan 2.

$$R = \frac{2.5P^2}{100(0.073P+0.73)} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan (*Remarks*) :

R =Indeks erositivitas rata-rata per tahun (MJ.mm/tahun)

P =Curah hujan rata-rata tahunan (mm/tahun)

Data hujan yang digunakan adalah jumlah hujan tahunan rata-rata yang terjadi di Daerah Aliran Sungai Winongo dari tahun 2001 hingga 2021. Terdapat empat stasiun hujan yang digunakan, yaitu stasiun hujan Beran, stasiun hujan Prumpung, stasiun hujan Angin-angin, dan stasiun hujan Kemptu. Sumber data tersebut diperoleh dari BBWSSO dan Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, Dinas PUPESDM Provinsi DIY.

Data hujan yang diperoleh digunakan untuk menghitung hujan rata-rata tahunan dengan cara sebagai berikut:

1. Dicari hujan harian maksimum di setiap tahun pada setiap bulannya pada setiap stasiun
2. Dicari hujan rerata tahunan dari empat stasiun yang digunakan yaitu, stasiun hujan Beran, stasiun hujan Prumpung,

stasiun hujan Angin-angin, dan stasiun hujan Kemptu.

3. Hasil hujan rerata tersebut kemudian dimasukkan dalam rumus Bols untuk mendapatkan nilai erositivitas hujan.

Data erositivitas hujan yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan metode *IDW (Inverse Distance Weighted)* dengan menggunakan *software ArcGIS*, sehingga didapatkan peta erositivitas hujan (R) pada area DAS yang akan ditinjau, langkah yang dilakukan adalah:

1. Memasukkan data koordinat stasiun hujan pada *ArcGis* dengan *file > add data > add XY data*
2. Membuat *field* erositivitas pada data stasiun hujan dengan membuka *attribut table> add field > kolom baru (R) > select stasiun hujan > field calculator > isi dengan nilai erositivitas hujan pada stasiun hujan tersebut, demikian diulang untuk stasiun hujan lainnya.*
3. Membuat *IDW* DAS, dengan dengan membuka *arc toolbox > data management tools > spatial analyst tools > interpolation > IDW > environment > processing extend > pilih layer sesuai dengan batas DAS yang akan dikerjakan.*

c. Nilai Erodibilitas (K)

Erodibilitas tanah terjadi karena partikel tanah terlepas karena disebabkan oleh energi kinetik dari hujan. Erodibilitas adalah sifat kepekaan tanah terhadap erosi atau mudah tidaknya tanah terkena erosi (Hanifa & Suwardi, 2022). Nilai erodibilitas tanah tinggi menunjukkan tanah tersebut lebih rentan terhadap erosi, tetapi jika erodibilitas rendah, tanah akan lebih tahan

terhadap erosi. Perangkat lunak *ArcGis* digunakan untuk mengolah data raster, sehingga dihasilkan data distribusi spasial erodibilitas (Ayuningtyas et al., 2018). Untuk mendapatkan Peta Erodibilitas (K), maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Buka Peta Jenis Tanah dan peta DAS pada *ArcGis*
2. *Clip* Peta Jenis Tanah dengan DAS dengan membuka *arc toolbox > extract > clip*.
3. Membuat *field* nilai erodibilitas pada peta hasil *clip*, dengan membuka *attribut table > add field > kolom baru (K) > select nama tanah > field calculator > isi dengan nilai erodibilitas pada tanah tersebut, demikian diulang untuk jenis tanah lainnya.*
4. Ubah peta tersebut dari *polygon* ke *raster* dengan membuka *arc toolbox > conversion tool > to raster > polygon to raster*.

d. Nilai Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Kemiringan dan panjang lereng, arah lereng, konfigurasi, dan keseragaman permukaan adalah faktor topografi memiliki dampak pada terjadinya pembentukan aliran permukaan dan erosi (Purwandito, 2019a). Kemiringan dan panjang lereng diperoleh dari *DEM* yang dianalisis dengan *ArcGIS* kemudian dilakukan kalkulasi nilai LS dengan rumus Moore and Burch (1986) sebagai berikut:

$$LS = ((flow\ acc \times cell\ size)/22.13)^{0.4} \times ((\sin(slope \times 0.01754)/0.0896))^{1.3} \dots\dots\dots (3)$$

Semakin besar nilai kemiringan dan panjang pada lereng, semakin besar kemungkinan terjadinya erosi, dan kemiringan yang sangat curam dapat meningkatkan resiko erosi yang besar pula (Dung, 2017) Tutupan lahan seperti vegetasi dapat melindungi wilayah dari erosi. Tabel klasifikasi kemiringan lereng terdapat pada Tabel 1 (Taslim et al., 2019).

Tabel (Table) 1. Klasifikasi Kemiringan Lereng (Slope Classification)

Kelas (Class)	Kemiringan (Slope) (%)	Keterangan (Remarks)
1	0-3	Datar
2	3-8	Landai
3	8-15	Agak curam
4	15-30	Curam
5	>30	Sangat curam

Sumber (Source): (Taslim et al., 2019)

Prosedur dalam membuat kemiringan lereng, adalah sebagai berikut:

1. *Fill DEM DAS Winongo* dengan membuka *arc toolbox > spatial analysis tool > hydrology > fill*.
2. Membuat *layer flow direction* dengan membuka *arc toolbox > spatial analysis tool > hydrology > flow direction*.
3. *Flow accumulation* dengan membuka *arc toolbox > spatial analysis tool > hydrology > flow accumulation*.
4. Membuat *slope* dengan membuka *arc toolbox > spatial analysis tool > surface > slope*
5. Kalkulasi nilai LS pada *ArcGis* dengan membuka *arc toolbox > spatial analysis tool > map algebra > raster calculator*

e. Indek Pengelolaan Tanaman dan Konservasi Lahan (CP)

Nilai faktor tutupan lahan dan konservasi lahan (CP) diekspresikan dalam angka untuk membandingkan laju kehilangan tanah pada wilayah tertentu dengan vegetasi yang sama (Purwandito, 2019a). Nilai CP tersebut dapat dimasukkan ke dalam tabel atribut dengan mengkonversi menjadi raster dan tercantum pada Tabel 2.

Tabel (Table) 2. Faktor Nilai CP (The CP value factor)

Kelas (Class)	CP
Hutan	0,01
Perkebunan	0,01
Sawah	0,14
Semak	0,1
Ladang	0,28
Permukiman	0,95

Sumber (Source): (Asdak, 2004; Purwandito, 2019b)

Prosedur dalam membuat peta Indek Pengelolaan Tanaman dan Konservasi, adalah sebagai berikut:

1. Buka peta tata guna lahan dan peta DAS pada ArcGis
2. Clip peta tata guna lahan dengan DAS, dengan membuka *arc toolbox > extract > clip*.
3. Membuat *field* nilai pengelolaan tanaman dan konservasi lahan (CP) pada peta hasil *clip* dengan membuka *attribut table > add field > kolom baru (CP) > select* nama tata guna lahan *> field calculator > isi dengan nilai CP pada tataguna lahan tersebut, demikian diulang untuk tata guna lahan lainnya.*
4. Ubah peta tersebut dari *polygon* ke *raster* dengan membuka *arc toolbox >*

*conversion tool > to raster > polygon to raster.*

f. Menghitung Erosi Lahan (Ea)

Erosi adalah hilangnya lapisan tanah yang disebabkan oleh kekuatan alami atau aktivitas manusia (Lesmana, 2020) dan dapat merusak lapisan tanah permukaan dan meningkatkan sedimentasi di wilayah sungai (Dung, 2017) Intensitas curah hujan, angin, limpasan permukaan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan tutupan lahan adalah faktor-faktor yang memengaruhi erosi (Eisenberg & Muvundja, 2020; Putra, 2021). *Overlay* dilakukan terhadap peta erosivitas, peta erodibilitas, peta tutupan lahan dan konservasi lahan serta peta kemiringan dan panjang lereng, sehingga akan dihasilkan peta erosi. Peta erosi menghasilkan laju erosi, yang dapat digunakan untuk penelitian dan solusi inovatif terhadap masalah erosi dan sedimentasi (Hartono, 2016). Klasifikasi erosi dapat dilihat pada Tabel 3 (Andarwati et al., 2021).

Tabel (Table) 3. Klasifikasi Tingkat Erosi (Erosion Level Classification)

No	Besaran (Amount) (T/ha/th)	Kriteria (Criteria)
1	< 15	Sangat Ringan
2	15-60	Ringan
3	60-180	Sedang
4	180-480	Berat
5	>480	Sangat berat

Sumber (Source): Andarwati et al. (2021)

Prosedur dalam menganalisa Erosi Lahan (Ea), adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai Ea dengan mengalikan nilai R, nilai K, nilai LS dan nilai CP, pada ArcGis membuka *arc toolbox > spatial analysis tool > map*

*algebra* > *raster calculator* > R\*K\*LS\*CP

2. Hasil perhitungan Ea tersebut dalam tipe *raster*, kemudian diubah ke tipe *polygon* untuk menampilkan nilai atributnya.
3. Pada *ArcGis* membuka *arc toolbox* > *spatial analysis tool* > *map algebra* > *raster calculator* > *multiplication sign* (\*) isi dengan bilangan 10 atau kelipatannya untuk menghilangkan nilai desimalnya.
4. Gunakan *tools* di *ArcGis* untuk konversi dari *raster* tipe *floating* ke *raster* tipe *integer*, membuka *arc toolbox* > *spatial analyst tools* > *math* > *int*.
5. Konversi tipe *raster* ke *polygon*, membuka *arc toolbox* > *conversion tools* > *from raster* > *raster to polygon*.

g. Menghitung *Sediment Delivery Ratio* (*SDR*)

*Sediment Delivery Ratio* (*SDR*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Siswanto et al., 2021).

$$Y = E \times SDR \dots\dots\dots (4)$$

$$SDR = 0.41 \times A^{-0.3} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan (*Remarks*) :

Y = Hasil Sedimen (ton/tahun)

E = Erosi lahan (ton/ha/tahun)

*SDR* = *Sediment Delivery Ratio*

A = Luas DAS (ha)

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

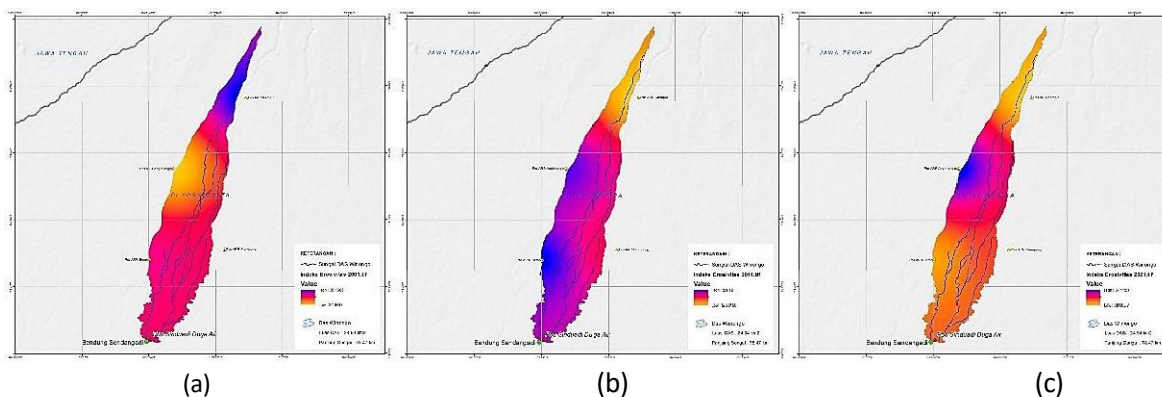
A. Erosivitas DAS Winongo

Erosivitas tertinggi terdapat di Stasiun Hujan Beran dengan nilai 204,25 Mj.mm/tahun, sedangkan nilai erosivitas terendah terdapat di Stasiun Hujan Angin-angin dengan nilai 155,90 Mj.mm/tahun. Hal ini disebabkan oleh perbedaan ketinggian elevasi pada stasiun hujan yang berbeda di DAS tersebut. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan elevasi yang lebih tinggi dapat meningkatkan risiko terjadinya erosi tanah pada daerah yang terkena curah hujan yang tinggi (Sulistyo, 2011; Tarigan & Mardiatno, 2012). Faktor erosivitas hujan (R) mempengaruhi erosi tanah, di mana semakin besar nilai R maka semakin tinggi jumlah tanah yang tererosi. Hasil analisis erosivitas hujan pada DAS Winongo dapat dilihat dalam Tabel 4 dan Peta Erosivitas Hujan dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel (Table) 4. Erosivitas Hujan ( *Rain Erosivity*)

Stasiun ( <i>Station</i> )	Koordinat ( <i>Coordinates</i> )		Erosivitas ( <i>Erosivity</i> )		
	LS	BT	2001	2011	2021
Beran	S. 07. 71093	E. 110. 36168	31,17	21,12	30,52
Prumpung	S. 07. 70687	E. 110.37167	29,33	11,10	32,14
Angin – angin	S. 07. 67329	E. 110.37167	2,87	20,09	37,13
Kemput	S. 07. 64387	E. 110. 40203	36,31	2,06	29,60

Sumber (*Source*): Hasil Analisis, 2023 (*Analysis Result*)



Gambar (Figure) 2. Peta Erosivitas DAS Winongo (a) tahun 2001, (b) tahun 2011, (c) tahun 2021  
*Winongo Watershed Erosivity Map (a) in 2001, (b) in 2011, (c) in 2021*

Sumber (Source): Hasil Analisis, 2023 (Analysis Result)

### B. Erodibilitas DAS Winongo

Pada DAS Winongo, didapatkan beberapa jenis tanah yang dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini. Faktor-faktor tanah yang berpengaruh terhadap erodibilitas meliputi: kecepatan infiltrasi, kapasitas penahanan air tanah, permeabilitas, kemampuan tanah untuk menahan dispersi, serta tingkat erosi oleh air hujan dan aliran permukaan (Veihe, 2002). Peta Jenis Tanah dan Peta Erodibilitas Tanah DAS Winongo dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel (Table) 5. Erodibilitas Tanah (Soil Erodibility)

Tanah (Land)	Luas (Area) (ha)	K
<i>Andic Dystropepts</i>	339,11	0,20
<i>Andic Eutropepts</i>	444,59	0,18
<i>Andic Hapludolls</i>	741,21	0,15
<i>Typic Endoaquents</i>	3,08	0,22
<i>Typic Fragiaquents</i>	365,90	0,20
<i>Typic Hapludands</i>	159,01	0,16
<i>Typic Tropaquepts</i>	373,52	0,20
<i>Typic Troporthents</i>	<u>67,68</u>	<u>0,21</u>

Sumber (Source): Sandi et al. (2020) dan Hasil Analisis, 2023 (Analysis Result)

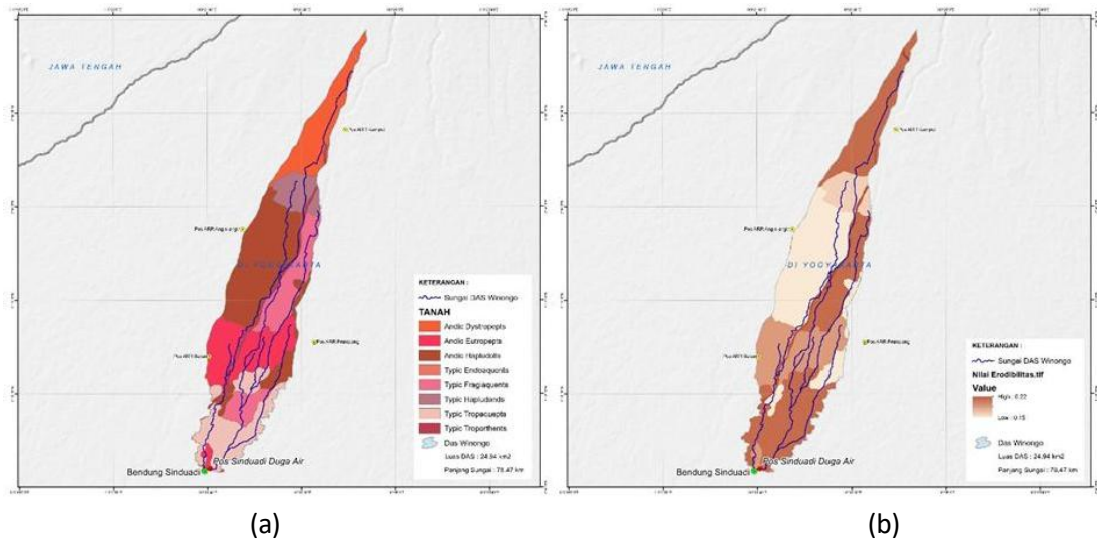
### C. Panjang dan Kemiringan Lereng DAS Winongo

Panjang dan kemiringan lereng adalah faktor yang potensial memengaruhi terjadinya erosi, semakin panjang dan curam lereng, aliran permukaan akan semakin cepat serta energi pengikisan tanah akan semakin besar. Peta Panjang dan Kemiringan Lereng pada DAS Winongo, dapat dilihat pada Gambar 4, dan diklasifikasikan seperti pada Tabel 6. Kemiringan lereng DAS Winongo tersebut kemudian dikonversi menjadi faktor LS menggunakan rumus Moore and Burch (Lesmana, 2020).

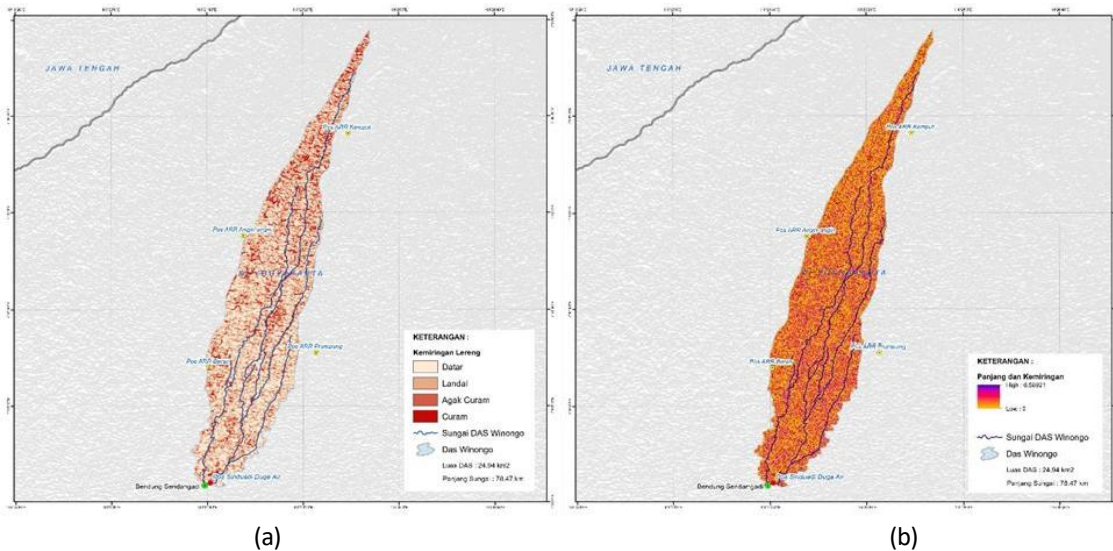
Tabel (Table) 6. Panjang dan kemiringan lereng (Slope length and slope values)

Kelas (Class)	Kemiringan (Slope) (%)	Luas (Area) (ha)	Keterangan (Remarks)
1	0-3	1048,17	Datar
2	3-8	1004,85	Landai
3	8-15	335,20	Agak curam
4	15-30	105,55	Curam
5	>30	0,33	Sangat curam

Sumber (Source): Hasil Analisis, 2023 (Analysis Result)



Gambar (Figure) 3. (a) Peta Jenis Tanah DAS Winongo, (b) Peta Erodibilitas Tanah DAS Winongo  
 (a) Winongo Watershed Soil Map, (b) Winongo Watershed Erodibility Map  
 Sumber(Source): Pemkab Sleman (2019) dan Hasil Analisis, 2023 (Analysis Result)



Gambar (Figure) 4. (a) Peta Kemiringan Lereng DAS Winongo, (b) Peta LS DAS Winongo  
 (a) Winongo Watershed Slope Map, (b) Winongo Watershed LS Map  
 Sumber (Source): Hasil Analisis, 2023 (Analysis Result)

D. Tutupan Lahan DAS Winongo

Pada DAS Winongo, terdapat nilai CP tertinggi pada kawasan pemukiman dan gedung, kawasan tersebut cenderung memiliki tingkat perlindungan yang lebih rendah terhadap erosi jika dibandingkan dengan penggunaan lahan lainnya (Isma et al., 2019). Hasil analisa tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 7 dan Peta Tutupan Lahan dapat dilihat pada Gambar 5.

Pada Tabel 7 dapat dilihat lahan pemukiman bertambah luasannya dari rentang waktu tahun 2001 -2021, dengan rata-rata pertambahan sebesar 0,732%/tahun, lahan pertanian dan lahan kering bertambah dengan rata-rata pertambahan luasan sebesar 0,41%/tahun, sedangkan lahan sawah mengalami penurunan luasan rata-rata 1,147%/tahun. Perubahan fungsi lahan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor,

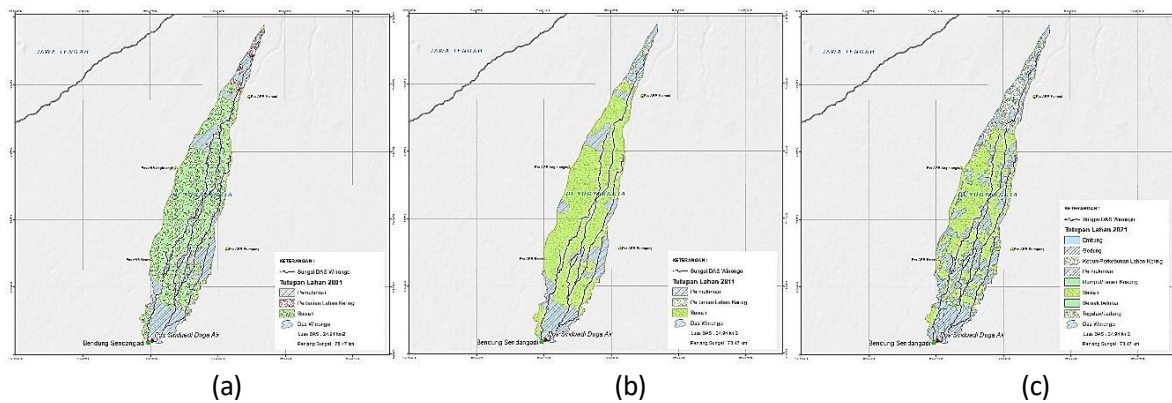
termasuk pertumbuhan populasi yang menyebabkan peningkatan kebutuhan hidup dan permintaan akan fasilitas. Faktor-faktor ini pada akhirnya

mempengaruhi perubahan penggunaan lahan di suatu wilayah (Budiastuti, 2009; Sitorus et al., 2012).

Tabel (Table) 7. Perubahan Tutupan Lahan 2001 –2011 – 2021 (Land Cover Change 2001 –2011 – 2021)

Tutupan Lahan (Land cover)	Nilai (Value) CP	2001		2011		2021	
		Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%
Pemukiman	0,95	587,92	23,57	633,81	25,41	953,09	38,21
Pertanian Lahan Kering	0,28	74,83	3,00	60,61	2,43	277,62	11,13
Sawah	0,141	1831,59	73,43	1800,17	72,17	1259,39	50,49

Sumber (Source): Hasil Analisis, 2023 (Analysis Result)



Gambar (Figure) 5. Peta Tutupan Lahan DAS Winongo (a) tahun 2001, (b) tahun 2011, (c) tahun 2021  
 Winongo Watershed Land Cover Map (a) in 2001, (b) in 2011, (c) in 2021

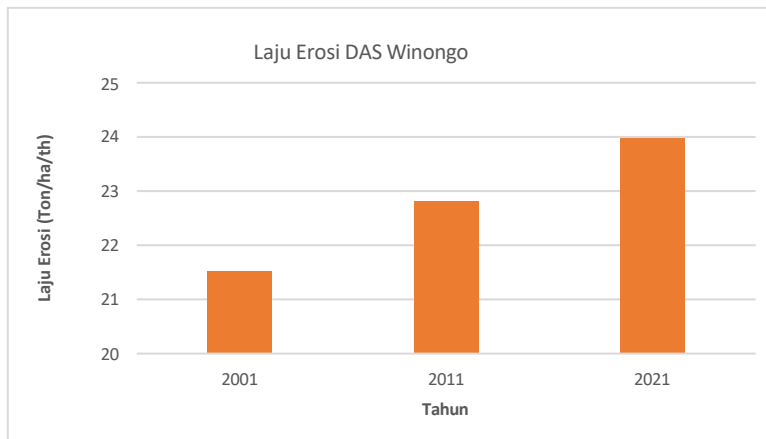
Sumber (Source): Hasil Analisis, 2023 (Analysis Result)

Hasil analisis nilai CP DAS Winongo pada tahun 2001 adalah 0,61, nilai CP DAS Winongo pada tahun 2011 adalah 0,62 dan nilai CP DAS Winongo pada tahun 2021 adalah 0,65. Nilai CP yang berubah menunjukkan adanya perubahan tata guna lahan dari tahun ke tahun pada DAS Winongo. Berdasarkan nilai CP yang meningkat tersebut, maka terdapat potensi kenaikan laju erosi yang terjadi pada rentang waktu tahun 2001-2021.

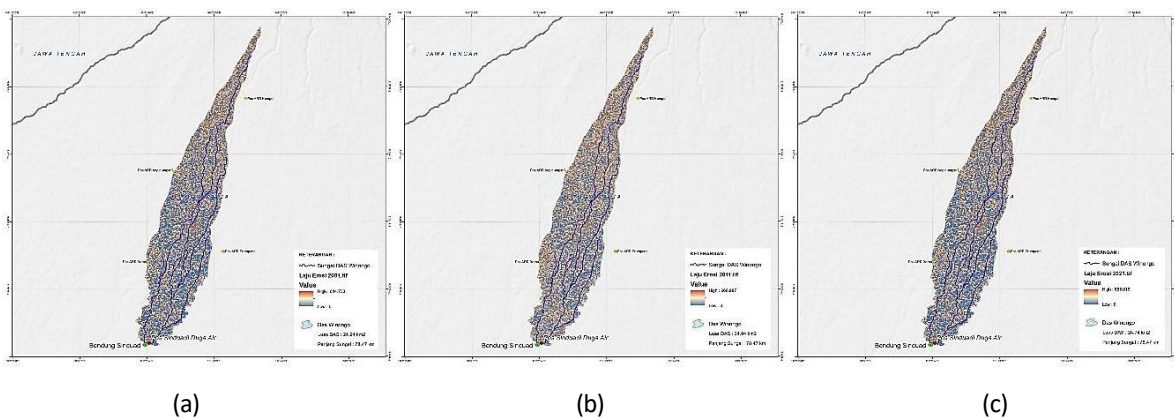
#### E. Laju Erosi DAS Winongo

Hasil penelitian di DAS Winongo menunjukkan bahwa pada tahun 2021,

rerata laju erosi mencapai nilai tertinggi yaitu 23,98 ton/ha/th. Faktor yang berpengaruh terhadap perubahan laju erosi setiap tahun adalah aktivitas manusia dan perubahan penggunaan lahan seperti pembangunan struktur sungai, pemasangan bendung, bendungan, sistem irigasi, modifikasi aliran sedimen, dan dampak tak disengaja seperti penebangan hutan mangrove di ekosistem pesisir (Mohd-Taib et al., 2020). Hasil laju erosi yang meningkat dapat dilihat pada Gambar 6 dan Peta Laju Erosi DAS Winongo dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar (Figure) 6. Laju Erosi DAS Winongo (Erosion rate of Winongo Watershed)  
 Sumber (Source): Hasil Analisis, 2019 (Analysis Result)



Gambar (Figure) 7. Peta Laju Erosi (a) tahun 2001, (b) tahun 2011, dan (c) tahun 2021  
 Erosion Rate Map (a) in 2001, (b) in 2011, and (c) in 2021  
 Sumber (Source): Hasil Analisis, 2023 (Analysis Result)

### F. Klasifikasi Tingkat Erosi DAS Winongo

Klasifikasi tingkat erosi pada suatu DAS, diperoleh berdasarkan laju erosi yang terjadi. Hasil analisis klasifikasi tingkat erosi DAS Winongo dapat dilihat pada Tabel 9.

Hasil analisis menunjukkan bahwa luasan klasifikasi erosi pada DAS Winongo meningkat untuk klasifikasi sedang, berat dan sangat berat dalam rentang waktu 2001-2021. Perubahan lajuerosi dapat terjadi karena faktor alam dan aktivitas manusia seperti kondisi tanah, topografi, vegetasi, dan iklim (Raco et al., 2022). Jumlah luas daerah dengan klasifikasi

sedang, berat dan sangat berat memiliki persentase yang kecil, namun meningkat luasannya dari rentang tahun 2001-2021 sebesar 0,4% atau seluas 983,1 Ha. Persentase perubahan luasan lahan dengan klasifikasi erosi dapat dilihat pada Tabel 9 dan Peta Klasifikasi Erosi dapat dilihat pada Gambar 8.

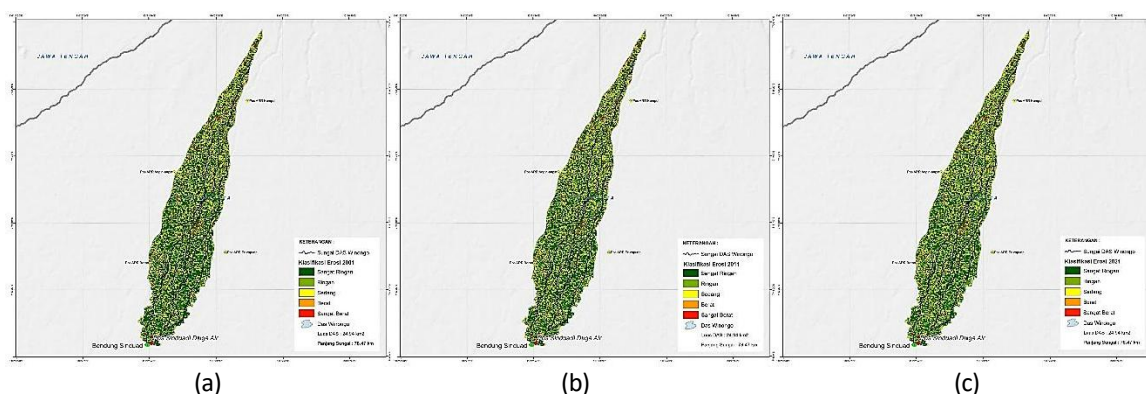
### G. Sedimentasi pada DAS Winongo

Hasil perhitungan sedimentasi berdasarkan laju erosi dan SDR dapat dilihat pada Tabel 10. Nilai SDR pada Tabel 10, diperoleh dari rumus 5, yaitu berdasarkan luasan DAS Winongo.

Tabel (Table) 9. Klasifikasi Tingkat Erosi 2001 – 2011 – 2021 (Erosion Rate Classification 2001 – 2011 – 2021)

Klasifikasi	2001		2011		2021	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Sangat Ringan	2.284,74	91,60	2.279,12	91,37	2.251,57	90,27
Ringan	152,53	6,12	154,82	6,21	175,88	7,05
Sedang	41,18	1,65	43,55	1,75	45,91	1,84
Berat	14,93	0,60	15,55	0,62	18,93	0,76
Sangat Berat	0,96	0,04	1,30	0,05	2,06	0,08

Sumber (Source): Hasil Analisis, 2023 (Analysis Result)



Gambar (Figure) 8. Peta Klasifikasi Tingkat Erosi (a) tahun 2001, (b) tahun 2011, dan (c) tahun 2021  
Erosion Rate Classification Map (a) in 2001, (b) in 2011, and (c) in 2021

Sumber (Source): Hasil Analisis, 2023(Analysis Result)

Tabel (Table) 10. Produk Sedimen pada DAS Winongo (Results of Sedimen Yield Value at Winongo Watershed)

Th	Total Erosi (Ton/ha/th)	Luas DAS (ha)	SDR	Y (Ton/th)
2001	1.226,78	2.494,34	0,039	120.066,50
2011	1.227,19	2.494,34	0,039	120.106,52
2021	1.267,21	2.494,34	0,039	124.023,05

Sumber (Source): Hasil Analisis, 2023 (Analysis Result)

Produk sedimen DAS Winongo pada tahun 2001 yaitu sebesar 120.066,50 ton/tahun, pada tahun 2011 yaitu sebesar 120.106,52 ton/tahun, dan pada tahun 2021 yaitu sebesar 124.023,05 ton/tahun. Hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan produk sedimen pada DAS Winongo pada rentang tahun 2001-2021. Penurunan persentase luas tutupan sawah, dan meningkatnya persentase luas tutupan untuk pemukiman dan juga pertanian lahan kering menjadi faktor yang

mempengaruhi peningkatan sedimen karena kondisi ini dapat menyebabkan erosi dan tanah mudah terkikis, sehingga sedimen terbawa oleh aliran dan terdeposisi di berbagai tempat (Dianasari et al., 2018).

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan: (1) Adanya perubahan tata guna lahan pada DAS Winongo, yang ditunjukkan

dengan adanya perubahan nilai CP dari 0,61 menjadi 0,65; (2) Tren laju erosi pada DAS Winongo meningkat dari tahun 2001 yaitu sebesar 1.226,7 ton/ha/tahun dan pada tahun 2021 yaitu sebesar 1.267,21 ton/ha/tahun serta termasuk dalam klasifikasi erosi ringan; (3) Adanya perubahan tata guna lahan dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2021, mengakibatkan bertambahnya luas daerah dengan klasifikasi erosi sedang, berat dan sangat berat sebesar 0,4% atau seluas 983,1 ha; dan (4). Tren laju sedimentasi pada DAS Winongo meningkat dari tahun 2001 yaitu sebesar 120.066,50 ton/tahun dan pada tahun 2021 yaitu sebesar 124.023,05 ton/tahun.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam berbagai bentuk sehingga penelitian ini dapat terwujud.

#### KONTRIBUSI

Penulis 1 merancang dan menganalisa penelitian. Penulis 2 melakukan kegiatan pengambilan data dan analisis data. Penulis 3 bersama-sama penulis 1 menghitung laju erosi, menganalisa klasifikasi tingkat bahaya erosi dan menganalisa sedimentasi yang terjadi. Semua penulis memberikan kontribusi yang sama dalam melakukan penulisan artikel.

#### DAFTAR PUSTAKA

Andarwati, N., Santoso, A. Z. P. B., & Nurcholis, M. (2021a). Pendugaan Erosi Di Lahan Kering Dengan Metode Usle Di Sub Sub Das Dengkeng

Kecamatan Bulu Dan Weru Kabupaten Sukoharjo Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Tanah Dan Air (Soil and Water Journal)*, 17(2), 92–103.

Asdak, C. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (edisi kedua)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Ayuningtyas, E. A., Ilma, A. F. N., & Yudha, R. B. (2018). Pemetaan erodibilitas tanah dan korelasinya terhadap karakteristik tanah di DAS Serang, Kulonprogo. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT)*, 2(1), 37–46.

Budiastuti, Mt. S. (2009). Hidrologi Tapak Lahan: Perubahan Tutupan Lahan dan Tingkat Resapan Air. *Sains Tanah- Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 6(1), 15–26.

Dianasari, Q., Andawayanti, U., & Cahya, E. N. (2018). Pengendalian erosi dan sedimen dengan arahan konservasi lahan di DAS Genting Kabupaten Ponorogo. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 9(2), 95–104.

Dung, B. X. (2017). Applying universal soil loss equation (USLE) to estimating soil erosion at Lam Son headwater catchment. *Journal of Forestry Science and Technology*, 5, 61–73.

Eisenberg, J., & Muvundja, F. A. (2020). Quantification of erosion in selected catchment areas of the Ruzizi River (DRC) using the (R) USLE model. *Land*, 9(4), 125.

Hanifa, H., & Suwardi, S. (2022). Nilai Erodibilitas Tanah pada Berbagai Penggunaan Lahan dan Tingkat

- Kemiringan Lahan di Sub Daerah Aliran Sungai Tulis, Banjarnegara, Jawa Tengah. *Biofarm: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 18(2), 160–165.
- Hartono, R. (2016). Identifikasi bentuk erosi tanah melalui interpretasi citra google earth di wilayah Sumber Brantas Kota Batu. *Pendidikan Geografi (Berkala)*, 21(1).
- Ibrahim, I. M., Harsanto, P., & Wisnulingga, B. K. (2022). Evaluasi Morfologi Dasar Sungai Winongo Dengan HEC-RAS 5.0. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(1), 45–50.
- Isma, F., Purwadito, M., & Ardhyana, Z. (2019). ANALISA POTENSI EROSI PADA DAS KRUENG LANGSA BERBASIS SIG. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 20–29.
- Krisnayanti, D. S., Udiana, I. M., & Muskanan, M. J. (2018). Pendugaan Erosi dan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE dan MUSLE Pada DAS Noel-Puames. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 143–154.
- Kruk, E., Klapa, P., Ryczek, M., & Ostrowski, K. (2020). Influence of DEM elaboration methods on the USLE model topographical factor parameter on steep slopes. *Remote Sensing*, 12(21), 3540.
- Kurniawati, D., Meviana, I., & Ferdiannanda, A. S. (2023). Penaksiran Indeks Erosivitas Hujan Dengan Metode Lenvain di Kecamatan Dau Kabupaten Malang. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*, 7(1), 33–42.
- Latifah, S., Hidayati, E., Sari, D. P., & Webliana, K. (2023). Estimasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE) Pada Empat Tipe Pengelolaan Lahan Di Desa Karang Sidemen, Lombok (Erosion Hazard Level Estimation of Four Land Use Management Types in Karang Sidemen Village, Lombok). *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Journal of Watershed Management Research)*, 7(1), 1–22.
- Lesmana, S. B. (2020). Kajian Erosi Pada Sub Das Serayu Sebagai Daerah Tangkapan Air Waduk Mrica. *Semesta Teknika*, 23(2), 182–186.
- Mohd-Taib, F. S., Mohd-Saleh, W., Asyikha, R., Mansor, M. S., Ahmad-Mustapha, M., Mustafa-Bakray, N. A., Mod-Husin, S., Md-Shukor, A., Amat-Darbis, N. D., & Sulaiman, N. (2020). Effects of anthropogenic disturbance on the species assemblages of birds in the back mangrove forests. *Wetlands Ecology and Management*, 28, 479–494.
- Mubarok, R., Widyasamratri, H., & Budi, S. P. (2022). ANALISIS PERUBAHAN LAHAN Studi Kasus: Kecamatan Mijen Kota Semarang, Kota Malang, dan Bali. *Jurnal Kajian Ruang*, 2(2), 204–213.
- Olivares, B., Verbist, K., Lobo, D., Vargas, R., & Silva, O. (2011). Evaluation of the USLE model to estimate water erosion in an Alfisol. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 11(2), 72–85.
- Pemkab Sleman. (2019). Peta Jenis Tanah Kabupaten Sleman. [https://geoportal.slemankab.go.id/layers/geonode:a\\_3404\\_50KB\\_JENIS\\_TANAH\\_SLEMAN\\_2019](https://geoportal.slemankab.go.id/layers/geonode:a_3404_50KB_JENIS_TANAH_SLEMAN_2019)

- Purwandito, M. (2019). Estimasi erosi dan sedimentasi lahan pada DAS Langsa berbasis sistem informasi geografis (SIG). *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 29–41.
- Putra, A. K. (2021). Pemetaan Kawasan Rawan Erosi Menggunakan Metode Usle (Universal Soil Loss Equation). *Jurnal ARTESIS*, 1(1), 88–95.
- Raco, B., Wicaksono, A., & Triweko, R. W. (2022). Tingkat Bahaya Erosi Akibat Perubahan Tutupan Lahan Pada Daerah Tangkapan Air Danau Tondano. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 63–76.
- Rosyid, M. (2021). *Pengaruh Pertumbuhan Penduduk Terhadap Perubahan Penggunaan Lahan Pertanian Ke Non Pertanian Kecamatan Banyudono Kabupaten Boyolali Tahun 2006-2018*.
- Sandi, D. K., Mulyanto, D., & Arbiwati, D. (2020). Kajian Erodibilitas Tanah Pada Beberapa Sub Group Tanah Di Kecamatan Semin. *Jurnal Tanah Dan Air (Soil and Water Journal)*, 16(2), 79–84.
- Seran, S. S. L. M. F. (2022). Analisis Erosi Pada Das Noelmina Menggunakan Metode Usle. *Eternitas: Jurnal Teknik Sipil*, 2(1), 33–39.
- Singh, G., & Panda, R. K. (2017). Grid-cell based assessment of soil erosion potential for identification of critical erosion prone areas using USLE, GIS and remote sensing: A case study in the Kapgari watershed, India. *International Soil and Water Conservation Research*, 5(3), 202–211.
- Siswanto, R., Kartini, K., & Herawati, H. (2021). Studi Karakteristik Dan Laju Angkutan Sedimen Parit Langgar Desa Wajok Hilir Kecamatan Siantan Kabupaten Mempawah. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 8(2).
- Sitorus, S. R. P., Leonataris, C., & Panuju, D. R. (2012). Analisis pola perubahan penggunaan lahan dan perkembangan wilayah di Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 14(1), 21–28.
- Suharyanto, A., Suhartanto, E., & Lesmana, S. B. (2020). Watershed morphometric classification analysis using geographic information system. *International Journal of GEOMATE*, 19(74). <https://doi.org/10.21660/2020.74.58650>
- Sulistiana, T., Parapat, A. D., & Aristomo, D. (2019). Analisis akurasi vertikal digital elevation model nasional (DEMNAS) studi kasus Kota Medan. *FIT ISI 2019 Dan ASEANFLAG 72nd COUNCIL MEETING Analisis*, 1, 37–45.
- Sulistyo, B. (2011). Pengaruh erosivitas hujan yang diperoleh dari rumus yang berbeda terhadap pemodelan erosi berbasis raster (Studi Kasus Di DAS Merawu, Banjarnegara, Jawa Tengah). *Agritech*, 31(3).
- Tarigan, D. R., & Mardiatno, D. (2012). Pengaruh Erosivitas Dan Topografi Terhadap Kehilangan Tanah Pada Erosi Alur Di Daerah Aliran Sungai Secang Desa Hargotirto Kecamatan Kokap Kabupaten Kulonprogo the Influence

- of Erosivity and Topography on Soil Loss on Rill Erosion at Secang Watershed Harg. *Jurnal Bumi Indonesia*, 1(3), 77203.
- Taslim, R. K., Mandala, M., & Indarto, I. (2019). Prediksi Erosi di Wilayah Jawa Timur: Penerapan USLE dan GIS. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 323–332.
- TOGATOROP, H. O. (2016). *Analisis Sedimentasi Di Check Dam Study Kasus: Sungai Air Anak dan Sungai Talang Bandung Desa Talang Bandung, Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat*.
- Veihe, A. (2002). The spatial variability of erodibility and its relation to soil types: a study from northern Ghana. *Geoderma*, 106(1–2), 101–120

Halaman Ini sengaja dibiarkan kosong

# KARAKTERISTIK DAS DAN PREDIKSI DEBITNYA MENGGUNAKAN HIDROGRAF SATUAN SINTETIK GAMA 1 DI DAS Klawoguk, Kota Sorong

*(Watershed Characteristic and Discharge Prediction Using Gama 1 Synthetic Unit  
Hydrograph in Klawoguk Watershed, Sorong City)*

Anif Farida<sup>1\*</sup>, Achmad Rusdi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong

\*Email: [aniffarida@um-sorong.ac.id](mailto:aniffarida@um-sorong.ac.id)

Diterima: 16 Februari 2024, Direvisi : 3 Maret 2025, Disetujui : 14 Mei 2025

## ABSTRACT

*A unit hydrograph is a direct flow hydrograph obtained from effective rainfall that occurs at a fixed intensity per unit time, is evenly distributed throughout the watershed, and is applied to river basins without automatic water level recorder. The Klawoguk River Basin in Sorong City does not have an automatic water level recorder device (AWLR), with the problem of flooding when it rains with a quite high intensity. The research aims to understand the characteristics of the Klawoguk watershed and estimate the amount of discharge using the HSS Gama 1 method. The study uses ArcGIS 10.8 to calculate the watershed's characteristics and applies the HSS Gama 1 method to analyse discharge. The research results show that Sub-watershed 1 has the largest area (9,74 km<sup>2</sup>), which means it can store large amounts of rainwater. The longest main river is Sub-watershed 5 (8.22 km), and the shortest is Sub-watershed 4 (4.95 km). This indicates that Sub-watershed 5 has a longer concentration time, so the risk of flooding is also low. The slope of the main river in the Klawoguk watershed is quite low (0.002-0.023), which indicates potential flooding. The watershed's shape ranges from 0.028 to 0.041, indicating it is not round. HSS Gama 1 analysis shows that the highest peak discharge (Q<sub>p</sub>) in Sub-watershed 1 at 1.427 m<sup>3</sup>/sec and the lowest in Sub-watershed 5 at 0.488 m<sup>3</sup>/sec. The result of this study is expected to provide an overview of discharge conditions based on the physical characteristics of the watershed.*

**Keywords:** *discharge, watershed, unit hydrograph, Gama 1, Klawoguk*

## ABSTRAK

Hidrograf satuan adalah hidrograf aliran langsung yang diperoleh dari hujan efektif yang berlangsung dalam intensitas tetap per satuan waktu serta tersebar merata di seluruh bagian DAS dan diterapkan pada daerah aliran sungai yang tidak memiliki alat pencatat tinggi muka

air (AWLR). Daerah Aliran Sungai Klawoguk di Kota Sorong tidak mempunyai alat pengukur tinggi muka air secara otomatis (AWLR) dengan permasalahan terjadinya banjir apabila hujan turun dengan intensitas cukup tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik DAS Klawoguk sebagai masukan HSS Gama 1 dan mengestimasi besarnya debit menggunakan metode HSS Gama 1. Karakteristik DAS dihitung dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.8, sedangkan analisis debit menggunakan metode HSS Gama 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sub DAS 1 wilayahnya mempunyai luasan sebesar  $9,74^2$  km yang berarti mampu menampung air hujan dalam jumlah yang banyak. Sungai utama terpanjang adalah di Sub DAS 5 (8,22 km) dan paling pendek yakni di Sub DAS 4 (4,95 km). Hal ini menandakan bahwa Sub DAS 5 mempunyai waktu konsentrasi yang lebih lama sehingga resiko banjirnya juga rendah. Kemiringan sungai utama di DAS Klawoguk cukup rendah (0,002-0,023) yang mengindikasikan terjadinya penumpukan air dan berpotensi terjadinya banjir. Nilai dari bentuk DAS Klawoguk berkisar 0,028-0,041 yang berarti semua Sub DAS tidak berbentuk bulat. Analisis HSS Gama 1 menunjukkan bahwa debit puncak ( $Q_p$ ) yang tertinggi pada Sub DAS 1 sebesar  $1,427 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan terendah di Sub DAS 5 sebesar  $0,488 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi debit di lapangan berdasarkan karakteristik fisik DAS.

**Kata kunci: debit; daerah aliran sungai; hidrograf satuan; HSS Gama 1; Klawoguk**

## I. PENDAHULUAN

Debit aliran ialah kecepatan mengalirnya air melewati penampang sungai menurut interval waktu tertentu (Fatihawati, Widyawati, & Septiana, 2023). Debit merupakan jumlah air yang mengalir sebagai *output* dari daerah aliran sungai (DAS). Debit ini sangat dipengaruhi oleh kondisi hidrologi di mana pada musim kemarau debit aliran cenderung kecil sebaliknya saat musim hujan semakin meningkat akibat adanya hujan (Setiawan & Purwanto, 2018). Debit juga memainkan peranan yang penting pada dinamika muara, mempengaruhi pasang surut dan permukaan air. Pemahaman yang terkait interaksi tersebut sangat penting bagi pengelolaan air yang efektif di muara (Cai *et al.*, 2023). Debit sungai ini sangat penting untuk diketahui dalam perkiraan banjir terutama di DAS yang terdiri atas

sistem yang kompleks. Metode yang dapat diterapkan untuk memperkirakan dan mengkaji besarnya debit sungai yakni hidrograf satuan (Gustama, Sabri & Manalu, 2018).

Hidrograf satuan merupakan hidrograf yang menggambarkan respon suatu daerah aliran sungai terhadap satu satuan curah hujan efektif yang penting untuk perkiraan banjir dan analisis aliran sungai (Harini, Barik, Sameera, Prayutsha, Sameera, Varsha & Shruthi, 2023). Sementara itu, hujan efektif adalah bagian dari curah hujan yang berkontribusi terhadap limpasan permukaan setelah dikurangi kehilangan akibat infiltrasi, intersepsi dan evaporasi (penguapan) (Deulkar, Londhe, Jain & Dixit, 2023). Hidrograf satuan mengkuantifikasi aliran langsung dihasilkan dari curah hujan 1 inchi atau 1 cm yang seragam di seluruh daerah aliran

(Stoica, Zaborilă, Telișcă, & Handley, 2022). Konsep dari hidrograf satuan pertama kali dikemukakan tahun Sherman (1935). Sungai yang mempunyai alat pengukur debit, hidrograf satuan dapat diperoleh dari data tinggi muka air otomatis (AWLR) dan disebut dengan hidrograf satuan terukur (Saidah, Setiawan, Hanifa, Suroso & Supriyadi, 2020). Apabila DAS tidak memiliki alat pencatat tinggi muka air (AWLR) maka dilakukan pendekatan menggunakan hidrograf satuan sintetik (Ariyani & Riadhi, 2016). Hidrograf satuan sintetik (HSS) adalah hidrograf satuan yang dijabarkan dari data sungai pada *catchment area* yang sama atau berbeda namun mempunyai ciri-ciri yang serupa. Selain itu, hidrograf satuan sintetik ini bisa dipergunakan apabila rangkaian data debit maupun data hujan tidak tersedia dan memadai sehingga perlu dilakukan penurunan hidrograf satuan pada DAS secara sintetik (Kamiana, 2011).

Hidrograf satuan sintetik (HSS) terdiri atas tiga jenis. Hidrograf satuan sintetik yang menghubungkan antara karakteristik DAS dengan *hidrograf*, misalnya HSS Snyder dan HSS Gray. Selanjutnya, hidrograf satuan sintetik yang dibuat menurut hidrograf satuan tidak berdimensi misalnya HSS SCS. Terakhir, hidrograf satuan sintetik yang bersumber dari cadangan (*storage*) yang ada di DAS misalnya HSS Clark (Suripin, 2004). Di Indonesia, HSS yang sering digunakan untuk analisis kondisi hidrologi di antaranya metode Limantara, Nakayasu, Gama 1, Snyder-SCS, Gama 2, ITB-1, Snyder-Alexeyev, ITB-2, dan sebagainya (Saidah et al., 2022). HSS Gama 1 dihasilkan berdasarkan penelitian yang dilakukan

pada tahun 1980 sebanyak 30 DAS di Pulau Jawa (Amiruddin, Saparuddin & Anasiru, 2020), sedangkan HSS Limantara dihasilkan dan dikembangkan berdasar penelitian data banjir yang diperoleh dari berbagai DAS yang ada di Indonesia (Limantara, 2012).

Daerah Aliran Sungai Klawoguk di Kota Sorong mempunyai keterbatasan data hidrologi. DAS ini tidak mempunyai alat pengukur tinggi *muka* air secara otomatis (AWLR) sehingga agak sulit melakukan pengelolaan sumberdaya air secara optimal (Simak, Farida & Rusdi, 2023). DAS Klawoguk juga mempunyai permasalahan apabila hujan turun cukup deras, maka akan mengalami perluapan (banjir genangan) (Farida & Irnawati, 2020). Peristiwa banjir berkaitan erat dengan siklus air dan morfometri DAS seperti bentuk DAS, luas daerah pengaliran, kondisi topografi dan penggunaan lahan (Harifa, Sholichin & Prayogo, 2017). Perolehan data banjir dapat menggunakan pendekatan yang memungkinkan variabilitas hidrograf satuan sintetik (Brunner, Seibert & Favre, 2018). Estimasi besarnya banjir ini sangat diperlukan baik di DAS yang terukur maupun tidak terukur untuk desain hidrolis dan penilaian resiko (Brunner, Furrer, Sikorsa, Viviroli, Seibert & Favre, 2018). Bahkan metode hidrograf satuan ini digunakan untuk menghitung desain hidrograf banjir dan bisa berupa hidrograf satuan sintetik khususnya pada DAS yang tidak terukur (Acanal, 2021). Penggunaan hidrograf satuan sintetik dalam memprediksi debit banjir dapat menjadi salah upaya untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan maupun untuk mitigasi bencana.

Memahami pola aliran air di DAS yang tidak terukur sangat penting untuk pengeloaan sumberdaya air. Prediksi debit juga sangat membantu perencanaan penggunaan air untuk kebutuhan irigasi, suplai air domestik dan kebutuhan untuk industri. Selain itu informasi debit sungai penting untuk merancang infrastruktur seperti jembatan, bendungan maupun saluran drainase. Berdasarkan latar belakang maka dilakukan penelitian hidrograf satuan sintetik (HSS) dalam memperkirakan debit sungai. Tujuan penelitian yaitu mengetahui karakteristik DAS Klawoguk sebagai masukan HSS Gama 1 dan mengestimasi besarnya debit menggunakan HSS Gama 1.

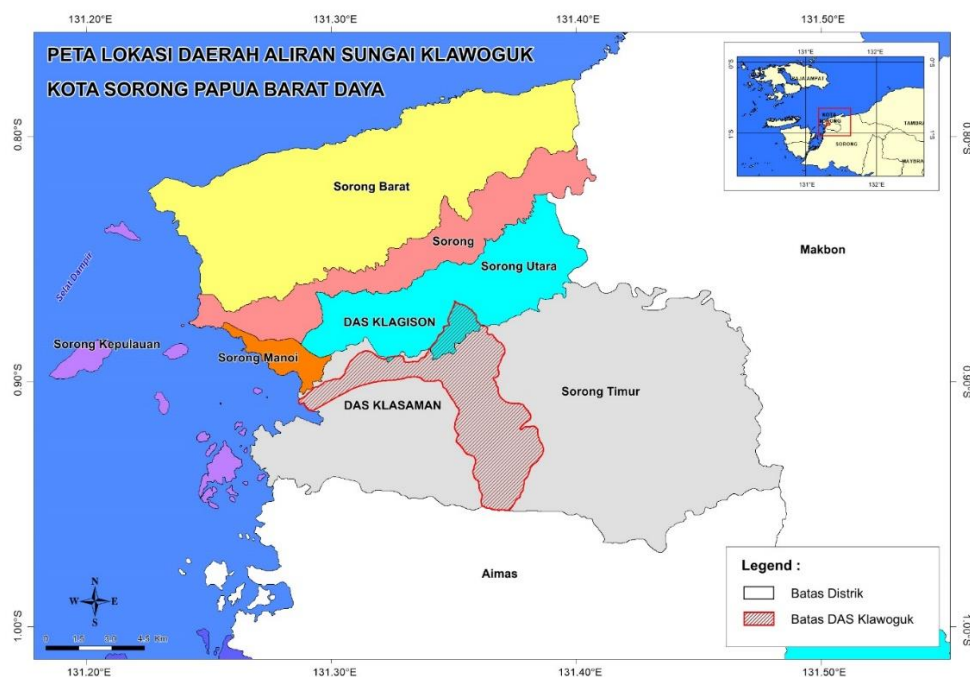
## II. BAHAN DAN METODE

### A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Agustus-September tahun 2023. Lokasi penelitian berada di DAS Klawoguk pada koordinat

0,86706396°LS – 0,95255829° LS dan 131,2866554° BT – 131,3865770° BT (Gambar 1). DAS ini merupakan salah DAS di Kota Sorong, Provinsi Papua Barat Daya yang mempunyai luas sebesar 29,97 km<sup>2</sup>. Wilayah DAS Klawoguk membentang dari hulu sampai hilir meliputi Distrik Sorong Timur hingga Distrik Sorong Utara.

Jenis tanah di daerah penelitian bersumber dari Peta Tanah Skala 1: 50.000 yakni *Aquic Dystrudepts*, *Typic Dystrudepts*, *Typic Eutrudepts*, *Typic Hapludults* dan *Typic Sulfaquepts*. Kemiringan lerengnya terdiri dari curam (25-45%), agak curam (15-25%), datar (0-8%) dan landai (8-15%). Curah hujan di daerah penelitian berdasarkan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kota Sorong yakni sebesar 144,5 mm di bulan Agustus 2023 sedangkan pada bulan September sebesar 164 mm.



Gambar (Figure) 1. Peta Daerah Aliran Sungai Klawoguk (*The Map of Klawoguk Watershed*)  
Sumber (Source): Peta RBI Skala 1 : 50.000 (*Indonesian Topographical Maps Scale 1 : 50.000*)

## B. Bahan dan Alat

Bahan yang dipergunakan pada saat penelitian yaitu :

1. Citra Satelit Landsat Sebagian Kota Sorong Tahun 2023, untuk memperoleh informasi terkait kondisi daerah penelitian;
2. Peta RBI Digital Kota Sorong Skala 1 : 50.000, untuk pembuatan peta dasar;
3. Peta Jenis Tanah Kota Sorong Skala 1 : 50.000, untuk mengetahui kondisi tanah daerah penelitian.

Alat yang dipergunakan pada saat penelitian yakni :

1. Kamera, untuk mendokumentasikan kondisi daerah penelitian;
2. *Global Positioning System* (GPS), untuk mengetahui koordinat di lapangan;
3. *Software Microsoft Office* Tahun 2021 untuk menginput data di *Microsoft Word* dan mengolah data penelitian di *Microsoft Excel*;
4. *Software ArcGIS 10.8* untuk mengolah peta karakteristik DAS

## C. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi dalam tiga tahap. Langkah pertama yaitu studi pustaka dan telaah penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan tema penelitian, pengumpulan peta RBI digital, citra satelit yang terbaru, penyusunan peta dasar dan *groundcheck* awal. Langkah selanjutnya yaitu pengecekan data di lapangan (jaringan sungai, kemiringan sungai). Terakhir yaitu analisis data

(karakteristik/morfometri DAS, debit HSS Gama 1). Gambar 2 menyajikan diagram alir penelitian.

### 1. Karakteristik Morfometri Daerah Aliran Sungai

#### a. Luas DAS

Luas daerah aliran sungai dihitung dengan *tools* yang ada di *ArcGIS 10.8.*, dengan terlebih dahulu menentukan *outlet* sungai untuk kemudian dibuat batas DASnya.

#### b. Panjang Sungai Utama

Panjang sungai utama ditentukan dari luaran (*outlet*) sungai hingga bagian ujung terluar dari hulu DAS.

#### c. Kemiringan Sungai Utama

Kemiringan sungai utama dihitung dengan rumus 1 (Seyhan, 1977) :

$$S = \frac{H}{L} \quad (1)$$

Keterangan :

S : rasio dari perbedaan ketinggian lokasi terjauh dengan lokasi pemantauan terhadap jarak.

L : panjang jarak dari lokasi terjauh di DAS hingga lokasi pemantauan banjir, dihitung berdasarkan alur sungai (meter).

H : perbedaan elevasi antara lokasi terjauh dengan lokasi pemantauan (meter).

#### d. Bentuk DAS (*Form Factor*)

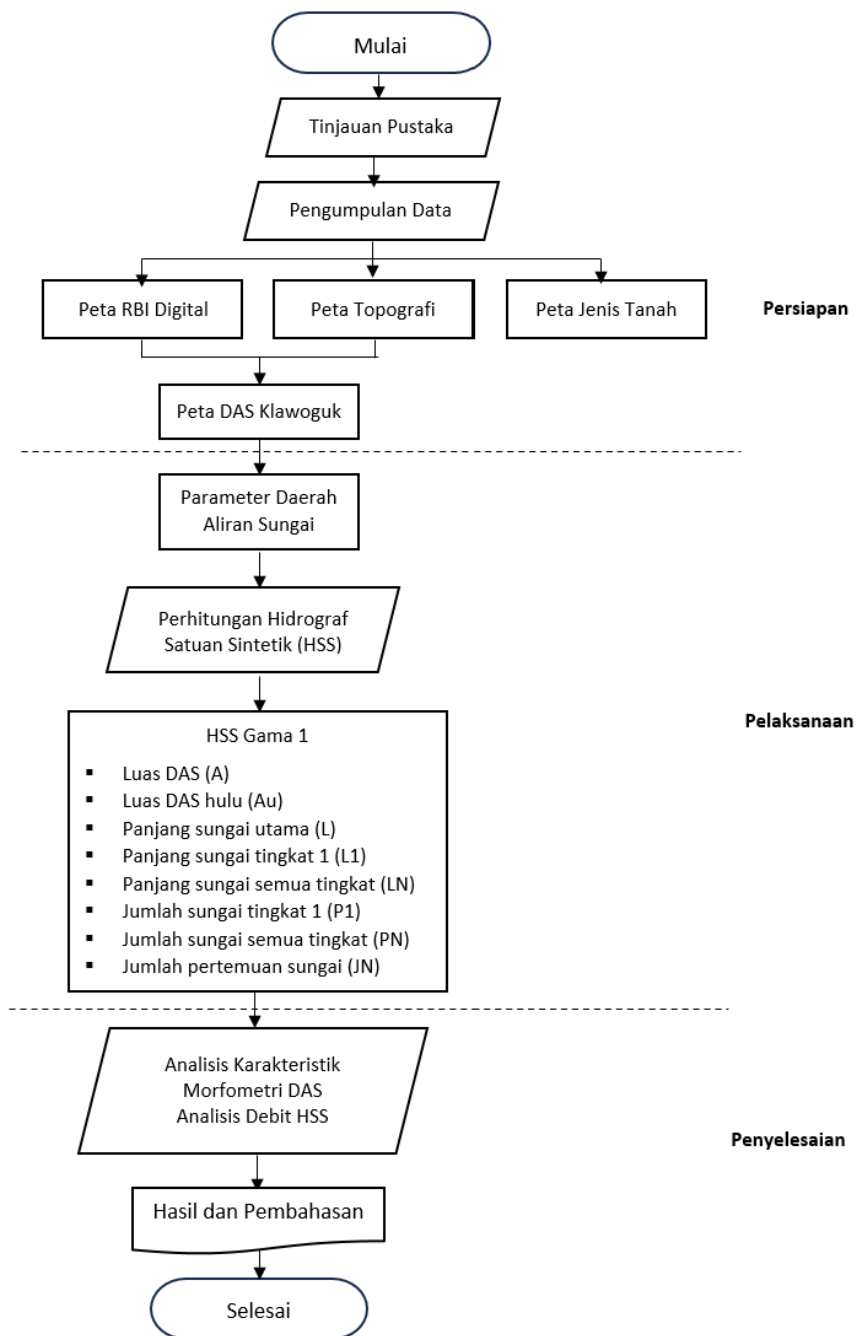
$$Rf = \frac{A}{(Lb)^2} \quad (2)$$

Keterangan :

Lb : keliling daerah aliran (km)

A : luas daerah aliran (km<sup>2</sup>)

Rf : *Form Factor* (Horton, 1932)



Gambar (Figure) 2. Diagram Alir Penelitian (Flow Chart of the Research)

## 2. Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan parameter HSS Gama 1 (Natakusumah, 2011):

a. Waktu dasar (Tb) dalam satuan jam

$$Tb = 27,4132 \times Tr^{0,1457} \times S^{-0,0986} \times SN^{0,7344} \times RUA^{0,2574} \quad (3)$$

b. Waktu puncak (Tr) dalam satuan jam

$$Tr = 0,43 \times \left[ \frac{L}{100 \times SF} \right]^3 + 1,0665 \times SIM + 1,2775 \quad (4)$$

c. Debit Puncak/ *Peak Discharge* ( $Q_p$ ) dalam satuan  $m^3/detik$

$$Q_p = 0,1836 \times A^{0,5886} \times Tr^{-0,4008} \times JN^{0,2381} \quad (5)$$

d. Bentuk Hidrograf Satuan

✓ Kurva naik ( $0 \leq T \leq T_p$ )

$$Q_t = Q_p \times T \quad (6)$$

✓ Kurva turun ( $T_p \leq T \leq T_b$ )

$$Q_t = Q_p \times e^{(t/K)} \quad (7)$$

K = koefisien tampungan (jam), untuk menetapkan kurva resesi hidrograf satuan :

$$K = 0,561 \times A^{0,1793} \times S^{-0,1146} \times SF^{-1,0897} \times D^{0,0452} \quad (8)$$

Keterangan :

S : kemiringan sungai

RUA :  $A_u/A$  (*relative upstream area*) yakni rasio luas DAS bagian hulu dengan luas DAS keseluruhan

D : kerapatan jaringan sungai yaitu jumlah panjang semua sungai dibagi luas total DAS ( $km/km^2$ )

JN : jumlah pertemuan sungai (*junction*)  $JN = (\sum \text{sungai orde } 1) - 1$

SF :  $\sum$  panjang sungai orde 1/  $\sum$  panjang semua sungai

L : panjang sungai utama (km)

A : luas DAS ( $km^2$ )

WF : faktor lebar DAS (*width*)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Karakteristik Morfometri Daerah Aliran Sungai

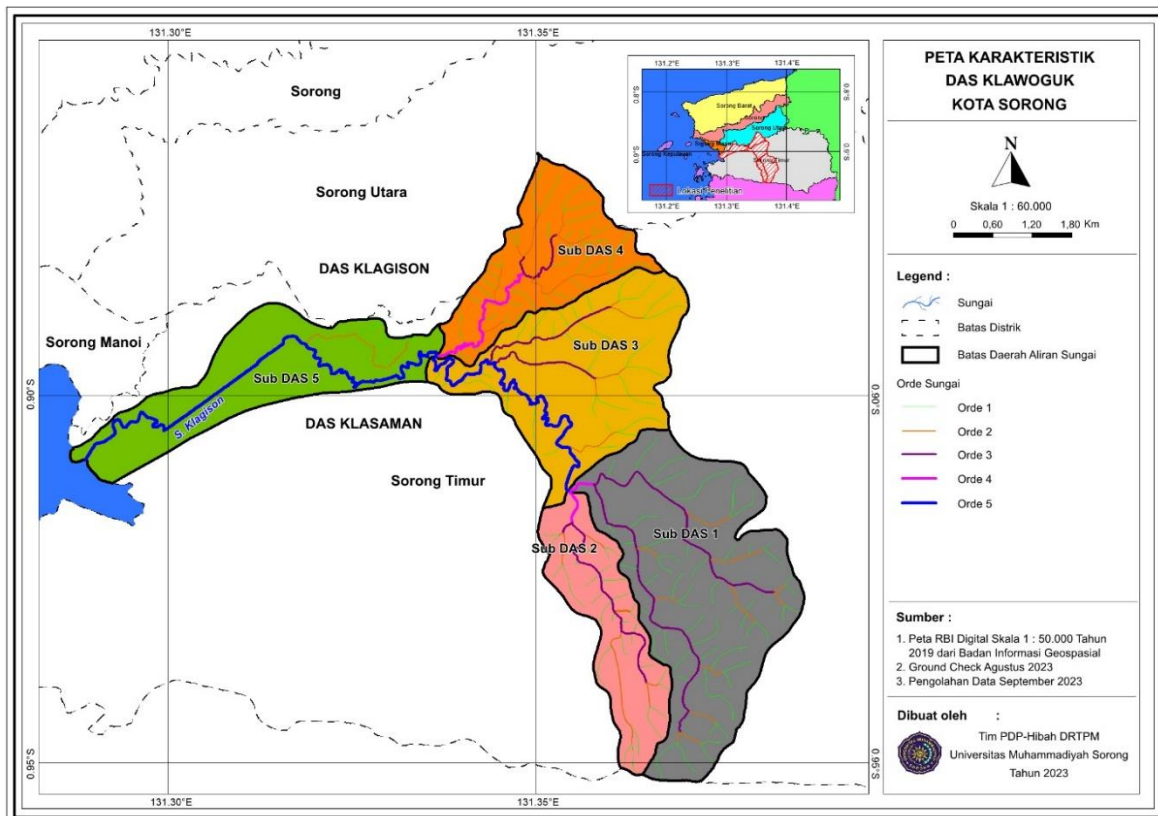
DAS Klawoguk mempunyai luas total sebesar 29,97  $km^2$  dan terdiri atas sistem sungai yang mengalir dari hulu sampai hilir. Pada penelitian ini DAS dibagi ke dalam lima Sub DAS

berdasarkan pada tingkatan orde sungainya seperti yang disajikan pada Gambar 3. Masing-masing Sub DAS juga dilakukan perhitungan luas, kemiringan sungai utama, panjang sungai utama dan faktor bentuk ( $R_f$ ). Hasil perhitungan terhadap masing-masing karakteristik Sub DAS tersebut tertera pada Tabel 1.

Tabel (Table) 1. Perhitungan Karakteristik DAS Klawoguk (*The Characteristic of Klawoguk Watershed*)

No.	Nama (Name)	Luas (Area) ( $km^2$ )	Panjang Sungai Utama (Length of Main river) (km)	Kemiringan Sungai Utama (main river slope)	Bentuk DAS (form factor)
1.	Sub DAS 1	9,74	6,12	0,020	0,038
2.	Sub DAS 2	3,67	5,05	0,020	0,032
3.	Sub DAS 3	6,87	6,31	0,022	0,041
4.	Sub DAS 4	4,25	4,95	0,023	0,037
5.	Sub DAS 5	5,43	8,22	0,002	0,028

Sumber (Source): Hasil olahan data tahun 2023 (*Data processed on 2023*)



Gambar (Figure) 3. Peta Sub Daerah Aliran Sungai Klawoguk (*Map of the Klawoguk Sub-Watershed*)  
Sumber (Source): Pengolahan data menggunakan ArcGIS 10.8 tahun 2023 (*Data processing using ArcGIS 10.8 in 2023*)

a. Luas DAS

Hasil perhitungan terhadap luas masing-masing Sub DAS menunjukkan bahwa Sub DAS 1 memiliki wilayah yang paling luas sebesar 9,74 km<sup>2</sup> sedangkan Sub DAS terkecil yaitu Sub DAS 2 sebesar 3,67 km<sup>2</sup>. Dengan demikian Sub DAS 1 mampu menampung air hujan dalam jumlah yang paling besar sehingga dapat diasumsikan debit airnya juga tinggi. Yani & Suhartanto (2019) menyatakan suatu daerah aliran sungai jika mempunyai wilayah yang luas, akan mengakibatkan persebaran hujan tidak merata ke semua wilayah. Namun, jika hujan terdistribusi merata dalam DAS tersebut, semakin besar ukuran DAS maka aliran permukaan akan cepat menuju *outlet* dan mengakibatkan tingginya debit puncak banjir.

b. Panjang Sungai Utama

Panjang sungai utama ditentukan dari luaran (*outlet*) sungai hingga bagian terluar dari hulu DAS. Hasil analisis memperlihatkan bahwa sungai utama di DAS Klawoguk yang paling panjang adalah di Sub DAS 5 (8,22 km) dan paling pendek yakni Sub DAS 4 (4,95 km). Berdasarkan sungai utamanya, maka waktu konsentrasi di Sub DAS 5 lebih lama dibandingkan dengan Sub DAS yang lain.

c. Kemiringan Sungai Utama

Dari hasil perhitungan, kemiringan sungai utama di DAS Klawoguk mempunyai nilai yang hampir sama kecuali di Sub DAS 5 sebesar 0,002. Hal ini terlihat pada saat pengecekan di lapangan dimana aliran airnya tidak

terlalu deras. Bahkan di sepanjang sungai yang menuju ke hilir kondisi airnya relatif tenang. Kemiringan sungai juga menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan arus (aliran) untuk mencapai hilir. Kemiringan yang rendah juga menyebabkan penumpukan air yang mengakibatkan banjir di daerah tersebut.

#### d. Bentuk DAS (*Rf*)

Bentuk DAS (*Rf*) adalah variabel yang dipakai untuk memperkirakan besarnya aliran yang terjadi pada wilayah sungai. Nilai faktor bentuk yang tinggi mengindikasikan bahwa daerah aliran sungai memiliki bentuk melingkar. Hasil perhitungan faktor bentuk di DAS Klawoguk berkisar antara 0,028-0,041. Berdasarkan nilai-nilai tersebut, diketahui bahwa DAS Klawogouk tidak berbentuk bulat. Apabila melihat Gambar 3, maka bentuk masing-masing Sub DAS cenderung memanjang hampir seperti kipas dan bulu burung. Daerah aliran sungai yang dimaksud memiliki ciri debit banjir yang relatif rendah akibat waktu terjadinya banjir sungainya tidak bersamaan. Selain itu durasi terjadinya banjir juga lama dikarenakan air memerlukan waktu yang cukup lama untuk mencapai *outlet* (Hambali, 2017). Lebih lanjut Andini (2019) menyebutkan bahwa DAS dengan bentuk yang memanjang kemudian menyempit akan menghasilkan kecepatan *runoff* yang kecil.

## B. Analisis Debit

Debit aliran pada penelitian ini dihitung dengan menggunakan pendekatan Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1. Dasar perhitungannya berdasarkan pada parameter-parameter fisik DAS yang menentukan pengalihragaman dari curah hujan menjadi aliran seperti yang tertera pada Tabel 2. Berdasarkan tabel tersebut, masing-masing Sub DAS mempunyai parameter yang berbeda yaitu luas, panjang sungai utama dan kemiringan sungai utama yang sudah dibahas pada sub bab sebelumnya.

Orde sungai di DAS Klawoguk bervariasi baik dari segi jumlah maupun panjangnya. Jumlah orde sungai yang paling banyak di Sub DAS 1 sedangkan paling sedikit di Sub DAS 5. Demikian pula dengan jumlah panjang sungai, di Sub DAS 1 lebih besar dibandingkan Sub DAS lainnya. Hal ini menjadi indikasi bahwa potensi debit yang ada di Sub DAS 1 lebih besar dibandingkan dengan Sub DAS lainnya akibat semakin besarnya kapasitas DAS dalam menyalurkan air hujan ke sungai utama. Banyaknya orde sungai di Sub DAS 1 juga mengakibatkan distribusi aliran yang lebih merata. Kondisi tersebut akan mengurangi kemungkinan terjadinya aliran puncak yang ekstrem di satu titik karena aliran tersebar di berbagai anak sungai.

Tabel (Table) 2. Parameter Fisik DAS Klawoguk (*Physical Parameters of the Klawoguk Watershed*)

No.	Parameter DAS ( <i>watershed parameter</i> )	Satuan ( <i>unit</i> )	Sub DAS 1	Sub DAS 2	Sub DAS 3	Sub DAS 4	Sub DAS 5
1	Panjang sungai utama (L)	Km	6,117	5,049	6,310	4,953	8,225
2	Jumlah panjang sungai orde 1 (L1)	Km	20,819	8,597	12,880	13,063	0,970
3	Jumlah panjang semua sungai (Li)	Km	35,069	16,223	25,537	21,564	11,485
4	Jumlah sungai orde1 (ST1)		52	30	29	36	5
5	Jumlah semua orde sungai (STi)		103	59	59	71	11
6	Kemiringan sungai utama (S)		0,020	0,020	0,022	0,023	0,002
7	WU	Km	1,606	0,960	3,190	1,670	1,065
8	WL	Km	1,788	1,127	0,719	0,817	0,877
9	Luas DAS bagian hulu (Au)	km <sup>2</sup>	4,868	1,799	4,205	2,311	2,991
10	Luas DAS (A)	km <sup>2</sup>	9,742	3,668	6,870	4,253	5,433
11	Faktor sumber (SF)		0,594	0,530	0,504	0,606	0,084
12	Frekuensi sumber (SN)		0,505	0,508	0,492	0,507	0,455
13	Faktor lebar DAS (WF)		0,898	0,852	4,437	2,045	1,215
14	Jumlah pertemuan sungai (JN)		51	29	28	35	4
15	Faktor simetri (SIM)		0,449	0,418	2,715	1,111	0,669
16	Kerapatan jaringan sungai (D)	km/km <sup>2</sup>	3,600	4,423	3,717	5,071	2,114
17	Faktor luas DAS (RUA)		0,500	0,490	0,612	0,543	0,551

Sumber (*Source*): Hasil olahan data tahun 2023 (*Data processed on 2023*)

Arsyad, Putranto, Aeni Isnan & Hasnawain (2019) menyebutkan bahwa orde sungai adalah letak percabangan alur suatu sungai menurut urutannya dalam jaringan sungai utama. Semakin banyak dan bervariasi jumlah orde sungai maka akan semakin panjang pula alur sungainya. Dengan demikian DAS juga akan semakin luas mengingat banyaknya tingkat percabangan.

Kerapatan jaringan sungai ialah perbandingan antara jumlah total seluruh sungai dibagi dengan luas total DAS.

Apabila kerapatan jaringan tinggi, maka DAS terbagi-bagi sehingga air hujan menjadi lebih cepat masuk. Selain itu terjadi pada daerah yang mudah tererosi dan kedap terhadap air, lerengnya curam dan sedikit ditemui vegetasi. Kerapatan jaringan rendah mengindikasikan DAS akan sulit mengalami pengatusan (dikeringkan) dan banyak ditemui pada daerah yang tahan terhadap proses erosi (Imaniar, 2021). Lima Sub DAS yang ada di DAS Klawoguk mempunyai nilai kerapatan jaringan 2-5km/km<sup>2</sup> dan masuk dalam

kategori sedang (0,25-10 km/km<sup>2</sup>) menurut Miardini & Nugraha (2020).

Faktor simetri (SIM) merupakan hasil perkalian antara faktor lebar (WF) dengan faktor luas DAS di bagian hulu (RUA). Nilai dari SIM di DAS Klawoguk cukup bervariasi di mana untuk Sub DAS 2 dan Sub DAS 1 mempunyai nilai < 0,5 sedangkan Sub DAS 5, Sub DAS 3 dan Sub DAS 4 nilainya > 0,5. Menurut Imaniar (2021), nilai SIM < 0,5 berarti bentuk DAS kecil di daerah hulu dan melebar di daerah hilir sedangkan SIM > 0,5 berarti di bagian hulu bentuknya lebar dan menyempit di hilir. Hal ini sesuai dengan kondisi di DAS Klawoguk seperti yang ada pada Gambar 3.

Bentuk DAS baik yang melebar baik di bagian hulu maupun hilir akan memberikan respon yang berbeda terhadap hujan yang jatuh. Dalam hal ini maka berpengaruh terhadap debit aliran yang dihasilkan. DAS yang melebar, debit yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan DAS berbentuk memanjang.

Parameter DAS yang ada dalam Tabel 2 kemudian digunakan untuk membuat kurva hidrograf satuan sintetik. Di dalam kurva HSS Gama 1 ini ada empat variabel utama yaitu debit puncak (Qp), waktu

dasar (Tb), waktu naik (Tr), serta koefisien tampungan (K) yang menentukan sisi resesi. Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan untuk keempat variabel tersebut.

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa waktu naik (Tr) untuk kelima Sub DAS mempunyai nilai yang cukup bervariasi. Besarnya waktu naik yang serupa antara Sub DAS 1 dengan Sub DAS 2 kemudian Sub DAS 4 dengan Sub DAS 5 menunjukkan faktor panjang sungai utama yang sama pula. Dengan demikian waktu yang diperlukan untuk mencapai *outlet* juga serupa walaupun luas dari Sub DAS nya berbeda. Sub DAS 3 mempunyai waktu naik yang paling lama dibandingkan dengan keempat Sub DAS lainnya dikarenakan faktor lebar DAS (WF) paling besar demikian juga dengan faktor luas DAS (RUA).

Buana, Limantara, Juwono & Sholichin (2022) menjelaskan bahwa panjang sungai utama dan sungai dari *outlet* sampai titik berat DAS (Lc) berkorelasi positif dengan waktu naik. Sungai yang lebih panjang memungkinkan waktu yang lebih lama bagi air untuk mengalir, sehingga meningkatkan waktu naik.

Tabel (Table) 3. Variabel Pembentuk Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1 (Physical Parameters of the Klawoguk Watershed)

No.	Nama DAS (watershed name)	Tr (jam)	Tb (jam)	K (jam)	Qp (m <sup>3</sup> /detik)
1	Sub DAS 1	1,76	22,11	2,78	1,427
2	Sub DAS 2	1,72	22,13	2,67	0,707
3	Sub DAS 3	4,17	25,75	3,09	0,712
4	Sub DAS 4	2,46	23,56	2,34	0,699
5	Sub DAS 5	2,39	28,36	29,74	0,488

Sumber (Source): Hasil olahan data tahun 2023 (Data processed on 2023)

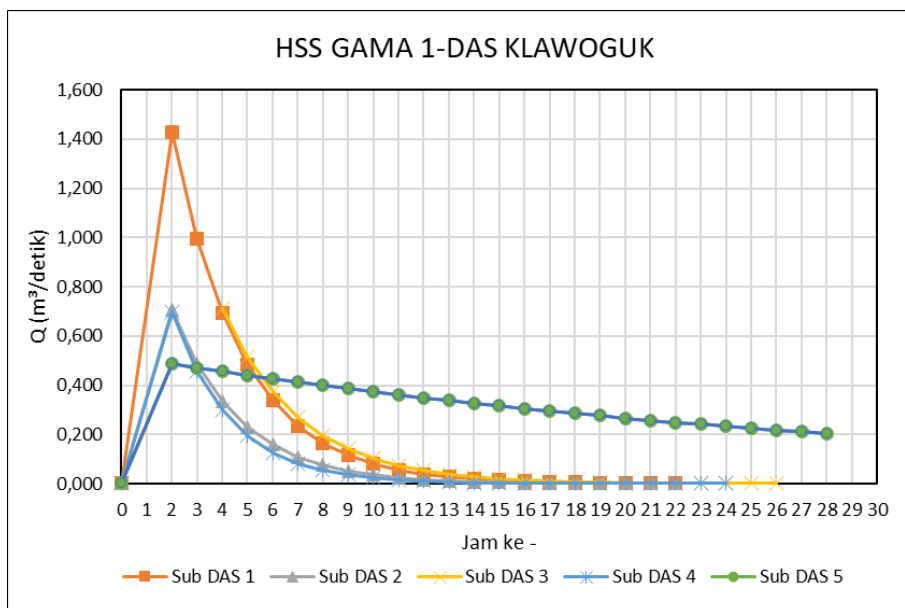
Setiyawan, Vera, Rehana & Wise Sri (2022) menyatakan karakteristik fisik DAS, seperti elevasi dan kemiringan berpengaruh terhadap kecepatan aliran air dalam sistem, yang pada gilirannya berdampak pada waktu naik. Aktivitas manusia yang menghalangi atau mengubah aliran air alami juga dapat secara signifikan mempengaruhi waktu naik dengan mengubah dinamika aliran di dalam DAS.

Saidah *et al.* (2022) menyebutkan waktu dasar ( $T_b$ ) merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu daerah aliran untuk menghabiskan *runoff* akibat dari kejadian hujan. Di DAS Klawoguk, Sub DAS 5 mempunyai waktu dasar yang lebih lama dalam mengalirkan *runoff* akibat hujan dibandingkan dengan empat Sub DAS yang lain, sehingga ketika terjadi banjir maka Sub DAS 5 tergenang lama.

Apabila dilihat nilai debit puncak ( $Q_p$ ), maka yang tertinggi pada Sub DAS 1 sebesar  $1,427 \text{ m}^3/\text{detik}$  sedangkan paling rendah di Sub DAS 5 sebesar  $0,488 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Hal ini kemungkinan disebabkan oleh luas daerahnya yang lebih besar dibandingkan Sub DAS lainnya karena debit puncak merupakan fungsi dari luas pada HSS. Selain itu, bentuk dari Sub DAS 1 cenderung menyerupai kipas atau radial. Martins Neto, Borges Alexandre & Corradini (2020) menyatakan DAS berbentuk radial mempunyai kerentanan terhadap curah hujan dan kejadian banjir yang bersamaan.

Tunas (2017) mengemukakan debit puncak dipengaruhi oleh luas DAS,

kemiringan sungai utama dan karakteristik jaringan sungai. Jika diperhatikan pada Tabel 2, terlihat bahwa Sub DAS 1, Sub DAS 2, Sub DAS 3 dan Sub DAS 4 memiliki kemiringan sungai yang hampir sama sehingga besarnya debit puncak juga hampir sama. Berbeda dengan Sub DAS 5 yang mempunyai kemiringan sungai paling kecil sehingga menghasilkan debit puncak yang kecil juga. Demikian halnya dengan kondisi jaringan sungainya, kelima Sub DAS yang ada di DAS Klawoguk masing-masing memiliki ciri khasnya baik dari segi jumlah orde sungai maupun panjang sungainya. Sub DAS 1 mempunyai jumlah orde sungai terbanyak 56 sedangkan paling sedikit di Sub DAS 5 yakni 1 saja. Demikian pula dengan panjang sungai di Sub DAS 1 paling tinggi dibandingkan dengan Sub DAS lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh letak Sub DAS 1 yang berada di bagian hulu sehingga banyak dijumpai alur sungai sedangkan di Sub DAS 5 karena sudah mendekati bagian hilir sehingga sudah jarang dijumpai alur sungai. Faktor-faktor tersebut secara tidak langsung akan menghasilkan nilai debit puncak yang berbeda untuk masing-masing Sub DAS dimana semakin banyak jumlah orde sungai maka debit aliran yang dihasilkan juga semakin banyak. Semakin besar jumlah anak sungai, maka berkontribusi terhadap aliran. Anak-anak sungai tersebut akan membawa air dari berbagai wilayah di DAS sehingga meningkatkan total debit air yang mengalir. Perbandingan grafik dari HSS Gama 1 di DAS Klawoguk disajikan pada Gambar 3



Gambar (Figure) 3. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1 (*Gama 1 Synthetic Unit Hydrograph*)  
Sumber (Source): Hasil olahan data tahun 2023 (*Data processed on 2023*)

Berdasarkan pada Gambar 3, terlihat bahwa kelima Sub DAS mempunyai bentuk hidrograf yang hampir sama yakni naik cepat sedangkan turunnya lambat. Tunas (2017) menyatakan faktor-faktor yang mempengaruhi sisi naik adalah waktu konsentrasi, jaringan sungai dan luas daerah aliran. Sisi resesi (lengkung resesi) merupakan bagian hidrograf yang mana dihitung dari puncak hidrograf sampai dengan akhir dari hidograf. Bentuk sisi resesi antara Sub DAS 3, Sub DAS 2, Sub DAS 4 dan Sub DAS 1 cenderung sama yakni melengkung ke bawah. Berbeda dengan Sub DAS 5 yang mana sisi resesi bentuknya cenderung lurus. Hal ini dipengaruhi oleh sifat dari tampungan (*storage*) dari DASnya dan debit puncak. Menurut Alves, Assemany, De Faria, Assis & Caljuri (2014) sisi resesi dipengaruhi oleh karakteristik DAS antara lain penggunaan lahan khususnya dalam proses infiltrasi.

Konversi hutan menjadi area pertanian atau pemukiman mengubah proses

hidrologi, yang mengarah ke kurva resesi yang lebih curam. Hutan umumnya menyimpan air lebih efektif, sehingga menghasilkan lereng resesi yang lebih landai dibandingkan dengan wilayah pertanian atau perkotaan (Latuamury & Talaohu, 2019; Latuamury, Sahureka, Imlabla, Hadijah, Sahusilawane, Marasabessy & Talaohu, 2022). Demikian pula dengan aktivitas manusia seperti pengambilan airtanah dan pengaturan reservoir dapat mengubah pola aliran sungai, yang menyebabkan perubahan pada kurva resesi. Aktivitas ini seringkali mengakibatkan berkurangnya pengisian cadangan airtanah dan perubahan rezim aliran (Parchami, Mostafazadeh, Ouri & Imani, 2024).

Kemiringan daerah aliran juga secara signifikan mempengaruhi perilaku resesi. Di daerah aliran berukuran sedang yang didominasi hujan, kondisi bawah permukaan dan kemiringan sangat penting, sedangkan di daerah aliran yang

didominasi salju, kemiringan dan ekuivalen air salju maksimum tahunan lebih berpengaruh (Li & Ameli, 2022). Selain itu, kemiringan rata-rata suatu daerah aliran dapat mendominasi proses resesi banjir ketika intensitas curah hujan menurun melampaui ambang batas tertentu (Cheng, Sang, Wang, Guo & Tang, 2021).

#### IV. KESIMPULAN

DAS Klawoguk memiliki karakteristik daerah aliran sungai yang cukup beragam. Sub DAS 1 mempunyai wilayah paling luas sebesar  $9,74^2$  km yang berarti mampu menampung air hujan dalam jumlah yang banyak. Sungai utama di DAS Klawoguk yang paling panjang adalah di Sub DAS 5 (8,22 km) dan paling pendek yakni Sub DAS 4 (4,95 km). Hal ini menandakan bahwa Sub DAS 5 mempunyai waktu konsentrasi yang lebih lama sehingga resiko banjirnya juga rendah. Kemiringan sungai utama di DAS Klawoguk cukup rendah (0,002-0,023) yang mengindikasikan terjadinya penumpukan air. Nilai dari bentuk DAS Klawoguk berkisar 0,028-0,041 yang berarti lima Sub DAS tidak berbentuk bulat. Bahkan jika dilihat dari peta batas DAS, bentuknya cenderung memanjang hampir seperti kipas dan bulu burung. Waktu yang diperlukan untuk terjadinya akumulasi aliran penuh akibat curah hujan lebih lama sehingga debit yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan DAS berbentuk lebar.

Berdasarkan hasil perhitungan parameter Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1, maka nilai debit puncak ( $Q_p$ ) yang tertinggi pada Sub DAS 1 sebesar  $1,427$   $m^3/detik$  sedangkan paling rendah di Sub DAS 5 sebesar  $0,488$   $m^3/detik$ . Hal ini

kemungkinan disebabkan luas daerah dari Sub DAS 1 paling besar dibandingkan Sub DAS lainnya di mana debit puncak merupakan fungsi dari luas. Nilai debit yang diperoleh menggunakan HSS Gama 1 dapat menjadi gambaran kondisi debit di lapangan. Penelitian lanjutan sangat diperlukan untuk mengintegrasikan antara besarnya daya tampung sungai dengan debit banjir akibat hujan yang turun.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi atas dukungan penelitian ini dalam Hibah Program Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Tahun 2023 skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) dan mahasiswa Teknik Sipil Angkatan 2020 yang turut serta dalam survei lapangan.

#### KONTRIBUSI

Pada penelitian ini A Farida berkontribusi dalam merancang penelitian, mengolah dan menganalisis data HSS serta menyusun manuskrip. A Rusdi berkontribusi dalam mengumpulkan literatur yang berhubungan dengan tema penelitian, merencanakan kegiatan survei lapangan dan membantu dalam analisis data hidrograf satuan sintetik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Acanal, N. (2021). Snyder-gamma synthetic unit hydrograph. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 271. Springer. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06531-7>.
- Alves, L.G.S., Assemany, P.P., De Faria, A.P.M, Assis, L.C., & Caljuri, M.L. (2014). Evaluation of Alternatives for Reducing

- Flow Peaks in An Urban Watershed. *Proceeding of 6th International Conference on Flood Management, September 2014 in Sao Paulo-Brazil.*
- Amiruddin, A., Saparuddin, S., & Anasiru, T. (2020). Debit Banjir Rancangan DAS Tojo Metode HSS ITB 1. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 126-137. <https://doi.org/10.35334/be.v4i2.1582>
- Andini, M. (2019). Kajian Karakteristik Biofisik Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Limau Manis untuk Ketersediaan Air Berkelanjutan. *Doctoral dissertation*. Universitas Andalas. Padang.
- Ariyani, D. & Riadhi, H. (2019). Perbandingan Hasil Analisa Debit Banjir dengan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayashu dan Gama 1 di DAS Ciherang Hulu. *Spirit of Civil Engineering (SPRING) Journal*, 1(1), 1-7.
- Arsyad, U., Putranto, B., Aeni, N., Isnain, W., & Hasnawain. (2019). Analisis Karakteristik Biogeofisik dan Debit Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah, Sub DAS Ralla. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 8(1), 27-38.
- Brunner, M.I., Seibert, J., & Favre, A. (2018). Representative sets of design hydrographs for ungauged catchments: A regional approach using probabilistic region memberships. *Advances in Water Resources*, 112, 235–244. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.12.018>
- Brunner, M.I., Furrer, F., Sikorsa, A.E., Viviroli, D., Seibert, J., & Favre, A. (2018b). Synthetic design hydrographs for ungauged catchments: a comparison of regionalization methods. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. Springer, 32, 1993-2023. <https://doi.org/10.1007/s00477-018-1523-3>.
- Buana, H., Limantara, L. M., Juwono, P. T., & Sholichin, M. (2022). Time Lag Modeling in Modification of Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(7), 9–17. <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.7.2>.
- Cai, H., Bo Li, Garel, E., Pan. H., Zhao, T., Liu, F., Ma, Y., Ou, S.. (2023). A data-driven model to quantify the impact of river discharge on tide-river dynamics in the Yangtze River estuary. *Journal of Hydrology* 620 (2023) 129411. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129411>
- Cheng, Y., Sang, Y.-F., Wang, Z., Guo, Y., & Tang, Y. (2021). Effects of Rainfall and Underlying Surface on Flood Recession—The Upper Huaihe River Basin Case. *International Journal of Disaster Risk Science*, 12(1), 111–120. <https://doi.org/10.1007/S13753-020-00310-W>.
- Deulkar, A. M., Londhe, S., Jain, R., & Dixit, P. (2023). *Rainfall-Runoff Modelling Using Artificial Neural Networks (ANNs) for Upper Krishna Basin, Maharashtra, India* (pp. 439–450). Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-1901-7\\_35](https://doi.org/10.1007/978-981-99-1901-7_35).
- Farida, A. & Irnawati, I. (2020). Kajian Karakteristik Morfometri Daerah Aliran Sungai Klawoguk Kota Sorong Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Median Jurnal Ilmu-Ilmu Eksakta*, 12(2), 74-86. <https://doi.org/10.33506/md.v12i2.1004>.
- Fatihawati, N.D., Widyawati, R. & Septiana, T.(2023). Analisis Debit Air Pada Daerah Aliran Kali Jaletreng (Studi Kasus Pada Kota Tangerang Selatan). *Seminar*

- Nasional Insinyur Pofesional (SNIP), Oktober 2023 di Lampung.* Lampung : Unila.
- Gustama, Sabri, F., & Manalu, D.F. (2018). Kesesuaian Hidrograf Satuan Sintetik Terhadap Hidrograf Satuan Terukur (Studi Kasus Sub Sub Daerah Aliran Sungai Pedindang Bagian Tengah). *Jurnal Fropil*, 6(1), 29-44. <https://doi.org/10.33019/fropil.v6i1.1263>.
- Hambali, R. (2017). Analisis Hubungan Bentuk DAS Dengan Debit Banjir Studi Kasus : DAS Kali Pesanggrahan DAS Kali Krukut dan DAS Kali Cipinang. *Faktor Exacta*, 10(4), 389-400. <http://dx.doi.org/10.30998/faktorexacta.v10i4.2244>.
- Harifa, A. C., Sholichin, M., & Prayogo, T. B. (2017). Analisa Pengaruh Perubahan Penutupan Lahan Terhadap Debit Sungai Sub Das Metro dengan Menggunakan Program Arcswat. *Jurnal Teknik Pengairan*, 8(1), 1–14.
- Harini, S., Barik, D. K., Pratyusha, N., Sameera, M., Varsha, M., & Shruthi, S. (2023). A Case Study on GIS Based Method to Develop Geographically Distributed Synthetic Unit Hydrograph using Geo-Spatial Tools in Ungauged Sub-watershed of Ambika River Basin, Gujarat. *Journal of the Geological Society of India*, 99(8), 1165-1172.
- Horton, R.E. 1932. Drainage Basin Characteristics. *Tansactions of American Geophysical Association*, 13: 350-361.
- Imaniar, A.S., (2021). Analisa Perbandingan Kinerja Hidrograf Satuan Sintetis Gama 1, Limantara, dan Nakayasu Pada Sub DAS Lesti, Jawa Timur. *Doctoral dissertation*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Kamiana, I.M. (2011). Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Latuamury, B., & Talaohu, M. (2019). *Variations in Baseflow Recession Curves as a Function of Land-Use Change in the Keduang Watershed, Wonogiri Regency, Jawa Tengah Province, Indonesia*. 3(2), 54–67. <https://doi.org/10.21523/GCJ5.19030202>.
- Latuamury, B., Sahureka, M., Imlabla, W., Hadijah, M. H., Sausilawane, J., Marasabessy, H., & Talaohu, M. (2022). Land use change and baseflow recession modelling in Wuryantoro Watershed, Wonogiri Regency, Central Java Province, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 10(1), 3871. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2022.101.3871>.
- Li, H., & Ameli, A. (2022). A statistical approach for identifying factors governing streamflow recession behaviour. *Hydrological Processes*, 36(10). <https://doi.org/10.1002/hyp.14718>.
- Limantara, L. M. (2012). Hidrograf Satuan Sintetik Limantara (Studi Kasus di Sebagian DAS di Indonesia). *Rekayasa Sipil*, 3(3), 209–226.
- Martins Neto, F. F., Borges Alexandre, F. I., & Corradini, F. A. (2020). Topomorphological compartments and morphodynamics of an urban stream watershed, uberaba, brazil. *REVISTA CAMINHOS DE GEOGRAFIA*. 21(78), 253–269. <https://doi.org/10.14393/RCG217857962>.
- Miardini, A., & Nugraha, H. (2020). Penentuan sub das prioritas penanganan banjir di DAS Bodri, Jawa Tengah. *majalah ilmiah globe*, 22(2),

- 93-100. <https://doi.org/10.24895/MIG.2020.22-2.992>.
- Natakusumah, D. K. (2011). Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya. *Jurnal Teknik Sipil*, 18( 3), 251-291.
- Parchami, N., Mostafazadeh, R., Ouri, A. E., & Imani, R. (2024). *Spatio-temporal analysis of river flow master recession curve characteristics over Ardabil province rivers*. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2024.103586>
- Saidah, H., Setiawan, A., Hanifa, L., Suroso, A., & Supriyadi, A. (2022). Unjuk Kerja Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, ITB 2 dan Limantara untuk Daerah Aliran Sungai Berbentuk Memanjang. *PADURAKSA*, 11(2), 157-165. <https://doi.org/10.22225/pd.11.2.5013.157-165>.
- Setiawan, I., & Purwanto, Y. (2018). Perbandingan Pengukuran Debit Sungai Dengan Metode Pelampung dan Current Meter. In *Pros. Has. Penelit. dan Kegiat.*
- Setiawan, W. A., Vera, I., Rehana, H., & Wise Sri, A. (2022). Testing of The Method of Gama I Synthetic Unit Hydrograph in The Analysis of The Tojo Watershed Design Flood. *IOP Conference Series*, 1075(1), 012050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1075/1/012050>.
- Seyhan, E. (1977). A Mophometrical Analysis In The Ardeche River Basin, Southern France. Utrecht: Geographical Institute.
- Sherman, L. K. (1935). Report of the Committee on Rainfall and Runoff, 1934–35. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 16(2), 404-426.
- Simak, A.P., Farida, A. & Rusdi, A. (2023). Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Daerah Aliran Sungai Klawoguk Kota Sorong. *Skrispi*. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Sorong. Sorong.
- Stoica, P., Zaborilă, A., Telișcă, M., Balan, I., & Giurma-Handley, C. R. (2022, July). Deriving a unit hydrograph for Tazlău River Basin using ArcGIS. In *Present Environment and Sustainable Development* (pp. 31-31).
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Tunas, I.G. (2017). Pengembangan Model Hidrograf Satuan Sintetik Berdasarkan Karakteristik Fraktal Daerah Aliran Sungai. *Disertasi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Yani, D. A. & Suhartanto, E. (2019). Model Debit Puncak Banjir Berdasarkan Faktor Bentuk DAS Untuk Sungai-Sungai di Sulawesi Selatan. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 4 (1), 8 -15.

Sengaja Dibuat kosong

**KECERDASAN EKOLOGIS DALAM MENINGKATKAN KETAHANAN PANGAN BERKELANJUTAN:  
KASUS PETANI SAGU DI DISTRIK MAKBON KABUPATEN SORONG**

*(Ecological Intelligence in Improving Sustainable Food Security: The Case of Sago Farmers in  
Makbon District, Sorong Regency)*

Muzna Ardin Abdul Gafur<sup>1\*</sup>, Niny Jeni Maipauw<sup>1</sup>, dan Amir Amir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sorong

<sup>2</sup>Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sorong

\*Email: muznagafur@gmail.com

Diterima: 9 Februari 2024, Direvisi : 11 Mei 2025, Disetujui : 27 Mei 2025

**ABSTRACT**

*Sago is one of the staple foods of the people of Southwest Papua and is an important commodity supporting food security. Sago plants are spread across several villages in Makbon District. Along with increasing economic needs, there is a concern that the local wisdom of sago farmers will be eroded in their perspectives, attitudes, and actions towards the sago ecosystem. This study aims to describe ecological intelligence in the values of local wisdom of sago farmers in Makbon District. Data was collected in three sago processing locations: Teluk Dore Village, Baingkete Village, and Malaumkarta Village. The scope of the study includes traditions, perspectives, attitudes, behaviors, and local knowledge of sago farmers in maintaining the ecosystem and utilizing sago forest resources. Data analysis was carried out descriptively and qualitatively. The results of the study showed several forms of local wisdom, including harvesting sago according to needs without excessive exploitation (egek tradition), maintaining and caring for sago groves wisely, and obeying ancestral messages not to burn grass around sago land to prevent sago forest fires (netal fugin oh). In addition, the involvement of all family members in the sago processing process provides experience for the next generation regarding sago processing techniques (ap solfagu). In general, the sago ecosystem in this area is maintained, and in Malaumkarta Village, sago cultivation efforts have been carried out by the community. The ecological intelligence of sago farmers in Makbon District is the main indicator in preserving the sago ecosystem to support sustainable food security.*

**Keywords: ecosystem; local wisdom; ecological intelligence; food security; sago farmers**

**ABSTRAK**

Sagu merupakan salah satu makanan pokok masyarakat di Papua Barat Daya dan menjadi komoditas penting dalam mendukung ketahanan pangan. Tumbuhan sagu tersebar di beberapa

kampung di Distrik Makbon. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan ekonomi, terdapat kekhawatiran akan terkikisnya kearifan lokal petani sagu dalam cara pandang, sikap, dan tindakan terhadap ekosistem sagu. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kecerdasan ekologis dalam nilai-nilai kearifan lokal petani sagu di Distrik Makbon. Pengumpulan data dilakukan di tiga lokasi pengolahan sagu, yaitu Kampung Teluk Dore, Kampung Baingkete, dan Kampung Malaumkarta. Cakupan penelitian meliputi tradisi, cara pandang, sikap, perilaku, dan pengetahuan lokal petani sagu dalam memelihara ekosistem serta memanfaatkan sumber daya hutan sagu. Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan beberapa bentuk kearifan lokal, di antaranya adalah memanen sagu sesuai kebutuhan tanpa eksploitasi berlebihan (tradisi *egek*), menjaga serta merawat rumpun sagu secara bijaksana, serta menaati pesan leluhur untuk tidak membakar rumput di sekitar lahan sagu guna mencegah kebakaran hutan sagu (*netal fugin oh*). Selain itu, pelibatan seluruh anggota keluarga dalam proses pengolahan sagu memberikan pengalaman bagi generasi penerus mengenai teknik pengolahan sagu (*ap solfagu*). Secara umum, ekosistem sagu di wilayah ini tetap terjaga, dan di Kampung Malaumkarta telah dilakukan upaya budidaya sagu oleh masyarakat. Kecerdasan ekologis petani sagu di Distrik Makbon menjadi indikator utama dalam pelestarian ekosistem sagu guna mendukung ketahanan pangan berkelanjutan.

**Kata kunci: ekosistem; kearifan lokal; kecerdasan ekologis; ketahanan pangan; petani sagu**

## I. PENDAHULUAN

Pertanian berkelanjutan merupakan sistem produksi pangan yang mampu memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya. Perhatian terhadap sistem pangan berkelanjutan semakin meningkat seiring dengan berbagai tantangan global, seperti perubahan iklim, pertumbuhan populasi, degradasi lingkungan, serta ketimpangan akses terhadap pangan.

Papua dan Papua Barat memiliki hutan sagu yang luas, dominasi areal hutan sagu di Indonesia bahkan dunia berada di wilayah ini yaitu seluas 5,2 juta ha. Berdasarkan data Unit Percepatan Pembangunan Papua dan Papua Barat (UP4B) tahun 2014, luas lahan

sagu dunia mencapai 6,5 juta ha, di mana 5,5 juta ha berada di Indonesia (Tonggroitou *et al.*, 2016). Sagu berperan strategis dalam mendukung ketahanan pangan di wilayah tropis basah sebagai sumber karbohidrat alternatif yang selaras dengan sistem pertanian lokal. Selain menyediakan kontribusi ekonomi melalui penciptaan lapangan kerja dan pengembangan usaha berbasis masyarakat, khususnya di Indonesia Timur, sagu juga memiliki nilai ekologis tinggi karena mampu tumbuh di lahan marginal dan mendukung konservasi lingkungan (Abbas, 2018).

Kabupaten Sorong memiliki total luas lahan sagu 4.826,4 ha dari luas wilayah 13.075,28 km<sup>2</sup>. Berdasarkan laporan Badan Pusat Statistik (BPS) produksi sagu di tahun

2022 mencapai 1.311,95 ton lebih tinggi dari tanaman pangan lainnya. Distrik Makbon Kabupaten Sorong memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah termasuk potensi lahan sagu yang masih terjaga ekosistemnya. Bahkan di beberapa kampung telah dilakukan penanaman tanaman sagu.

Kecerdasan ekologi petani sagu di Distrik Makbon, Kabupaten Sorong, Papua Barat Daya, berkaitan dengan pemahaman dan kearifan mereka dalam mengelola ekosistem sagu secara berkelanjutan. Petani sagu di daerah ini umumnya memiliki pengetahuan turun-temurun tentang ekologi hutan sagu, termasuk cara menanam, memanen, dan mengolah sagu dengan tetap menjaga keseimbangan alam.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat di berbagai bidang serta perkembangan global yang semakin pesat, terdapat kekhawatiran bahwa kearifan lokal dan kecerdasan ekologis dalam pengelolaan hutan sagu oleh masyarakat adat di Distrik Makbon akan mengalami perubahan. Hal ini dapat berdampak pada keberlanjutan sumber daya sagu yang menjadi bagian penting dari kehidupan masyarakat adat Suku Moi. Dengan mengoptimalkan kearifan lokal dalam pengelolaan sagu bisa memperkuat cadangan pangan secara berkelanjutan tanpa merusak lingkungan.

Pendekatan yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup kajian berbagai literatur terkait kearifan lokal masyarakat adat Suku Moi, penelitian sebelumnya mengenai potensi lahan sagu, serta pengetahuan masyarakat adat Suku Moi tentang budidaya dan keberlanjutan

tanaman sagu. Selain itu, dilakukan survei awal untuk menginventarisasi lokasi atau kampung yang memiliki lahan sagu di Distrik Makbon. Dalam proses ini, mahasiswa asli Distrik Makbon dilibatkan guna mempermudah teknis wawancara dan pengambilan data lapangan.

## II. STUDI LITERATUR

### A. Tanaman Sagu (*Metroxylon sago* Rottb.)

Sagu (*Metroxylon sago* Rottb.) adalah tumbuhan penghasil pati dari keluarga palmae, biasanya tumbuh secara alami di dataran rendah atau rawa (Yamamoto *et al.*, 2022). Tanaman sagu (*Metroxylon sago* Rottb.) merupakan jenis tanaman yang dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, baik yang memiliki drainase buruk maupun baik. Selain itu, tanaman sagu mampu beradaptasi dengan berbagai kondisi hidrologi, mulai dari lahan basah yang selalu tergenang air sepanjang tahun hingga lahan kering, di mana sebagian besar tanaman lain tidak dapat tumbuh (Tonggroitou *et al.*, 2022).

Sagu mengandung karbohidrat yang tinggi sehingga menjadi salah satu sumber pangan potensial, memiliki keunggulan dibanding tanaman pangan lainnya karena dapat di panen kapan saja tidak tergantung musim (Manambangtua, 2020). Tanaman sagu merupakan penghasil pati terbesar dalam setiap hektare tanaman sagu. Setiap batang bisa memproduksi sekitar 200 kg tepung sagu basah per tahun, atau 25 hingga 30 ton per hektare. Sagu merupakan salah satu sumber daya lokal yang dapat berkontribusi sebagai sumber bahan pangan. Selain memiliki nilai ekonomi yang

tinggi sebagai sumber bahan pangan, sagu juga memiliki beragam manfaat sebagai sumber non-pangan. Sebagai sumber pangan, pati sagu dapat diolah menjadi berbagai jenis makanan, baik sebagai makanan pokok maupun camilan. Sementara itu, dalam sektor non-pangan, sagu dapat dimanfaatkan sebagai biofuel atau sumber energi alternatif yang ramah lingkungan (Syartiwidya, 2023).

Untuk menjaga degradasi potensi lokal tidak terjadi di masa mendatang diantaranya adalah memperbaiki manajemen pengembangan tanaman sagu. Kondisi alam, teknik budidaya, dan persyaratan lahan sebagai tempat tumbuh sangat menentukan pertumbuhan dan produktivitas tanaman sagu, karena semua tanaman dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik jika berada pada lingkungan tumbuh yang sesuai. Hal ini menjadi tidak mudah apabila tidak ada perhatian dan keseriusan untuk menjadikan sagu sebagai tanaman alternatif (Ismail, 2022).

Sebagian besar masyarakat di Papua menjadikan sagu sebagai makanan pokok. Di Sorong, Papua Barat Daya, terdapat beberapa suku yang menjadikan sagu sebagai makanan pokok. Beberapa di antaranya adalah:

1. Suku Moi adalah suku asli yang mendiami wilayah Sorong dan sekitarnya. Mereka mengolah sagu menjadi berbagai makanan tradisional seperti papeda, yang disantap bersama ikan kuah kuning. Sagu juga diolah menjadi sinole (sejenis bubur sagu) dan kue-kue tradisional lainnya.

2. Suku Tehit adalah suku yang berada di daerah Selatan Sorong hingga wilayah Tambrau. Mereka memanfaatkan sagu sebagai makanan utama, sering dikombinasikan dengan ikan dan hasil hutan lainnya.
3. Suku Maya, suku ini mendiami wilayah Raja Ampat dan beberapa daerah pesisir di sekitar Sorong. Sagu menjadi bagian penting dalam pola makan mereka, disamping hasil laut yang melimpah.

Suku Moi sebagai suku terbesar di Kabupaten Sorong mengonsumsi sagu sebagai makanan pokok selain beras. Masyarakat mengelola sagu secara turun temurun untuk digunakan sebagai bahan pangan (Soekamto *et al.*, 2020). Kegiatan pemanenan sagu atau dikenal dengan menokok sagu dilakukan oleh masyarakat secara tradisional dan sesuai kebutuhan sehari-harinya. Pemanfaatan pohon sagu dari hutan adat hanya dilakukan oleh marga pemilik hak ulayat dan tidak diperjualbelikan atau dialihkan kepada pihak lain (Irnawati *et al.*, 2018). Selain ketiga suku tersebut, banyak suku lain di Papua Barat yang juga menjadikan sagu sebagai makanan utama, karena sagu adalah sumber karbohidrat yang melimpah dan mudah diolah. Tradisi mengolah sagu diwariskan secara turun-temurun dan masih lestari hingga kini.

## **B. Kecerdasan Ekologis**

Kemampuan manusia untuk berinteraksi secara selaras dengan lingkungannya dikenal sebagai kecerdasan ekologis. Kecerdasan ini terbentuk dari perpaduan antara pengetahuan, kesadaran, dan keterampilan yang mendorong upaya pelestarian

lingkungan. Seseorang yang memiliki kecerdasan ekologis menyadari bahwa setiap tindakannya memiliki dampak terhadap dirinya maupun lingkungan sekitar. Oleh karena itu, menjaga keberlanjutan lingkungan menjadi bagian penting dari perilaku sehari-hari, demi memastikan lingkungan tetap mampu mendukung kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya (Mutiani *et al.*, 2021). Memahami bahwa segala bentuk perilaku manusia terhadap alam akan mempengaruhi komponen ekologisnya dan akan membentuk kearifan lokal, kebiasaan hidup, sikap, dan perilaku berwawasan ekologis dalam tradisi kehidupan masyarakat lokal akan membentuk kecerdasan ekologis (Rosidi, 2020).

Kearifan lokal (*local wisdom*) merupakan bentuk tindakan atau perilaku positif yang mengandung nilai-nilai kebaikan, dan telah hadir sejak lama dalam kehidupan masyarakat yang berbudaya. Kearifan ini tidak hanya bersumber dari budaya, tetapi juga dapat berasal dari nilai-nilai adat istiadat, ajaran agama, maupun pengetahuan yang terbentuk secara ilmiah (Rasudin, 2022). Kearifan lokal merupakan bentuk pengetahuan yang berasal dari tradisi masyarakat setempat. Pengetahuan ini tercermin dalam berbagai tindakan atau perilaku yang dijalankan berdasarkan aturan, nilai, dan norma tertentu (Anau *et al.*, 2019). Secara umum, manusia memanfaatkan pengetahuan, sikap, dan keterampilan untuk berpikir serta bertindak secara bijak terhadap lingkungan hidup (Wahdah *et al.*, 2020). Setiap daerah dan masyarakat

tertentu memiliki kearifan lokal sendiri yang tetap dijaga tidak hanya sebagai sebuah tradisi, namun pedoman hidup. Ada lima belas asas yang melandasi pemajuan kebudayaan dan pemberdayaan kearifan lokal, sebagaimana tertuang dalam UU No.5 Tahun 2017 yaitu toleransi, keberagaman, kelokalan, lintas wilayah, partisipatif, manfaat, keberlanjutan, kebebasan berekspresi, keterpaduan, kesetaraan, gotong royong, demokratis, keadilan, non-diskriminatif, dan kepastian hukum

Dalam budidaya tanaman sagu, peran kearifan lokal perlu mendapat perhatian untuk menjaga ekosistem tanah gambut. Kearifan lokal ini juga menjadi penting dalam pemberdayaan masyarakat sehingga dapat meningkatkan perekonomiannya (Partini *et al.*, 2023). Kepemilikan sagu memiliki arti penting secara sosial budaya, diantaranya dapat menjadi simbol status sosial seseorang, berfungsi sebagai pusaka adat seperti warisan, mahar pernikahan, atau penebus sanksi adat. Selain itu, sagu juga digunakan dalam acara-acara adat dan berperan dalam menjaga kelestarian lingkungan. Kearifan lokal mampu menjadikan sistem pertanian menjadi ramah lingkungan (Sinapoy *et al.*, 2021). Manusia perlu meningkatkan kecerdasan ekologis agar dapat hidup selaras dengan alam dan berperilaku lebih ramah lingkungan. Hal ini penting mengingat sikap masyarakat saat ini yang cenderung semena mena terhadap lingkungan sekitar (Thamrin, 2014).

Menurut Partini *et al.* (2023) bahwa kearifan lokal dalam masyarakat mulai tergerus, norma dan etika terhadap

lingkungan hidup telah terdegradasi oleh gaya hidup materialis-hedonis konsumtif, terbukti dengan banyaknya dalam masyarakat kaum profesionalis yang kurang peduli terhadap lingkungan. Ismail (2022) menyatakan pada umumnya beberapa daerah tidak memanfaatkan lagi pangan lokal karena pola konsumsi masyarakat beralih ke beras. Tolok (2023) mengemukakan dampak globalisasi telah pula masuk dalam tatanan kehidupan masyarakat papua, dikhawatirkan mengancam ketahanan pangan masyarakat. Padahal pemenuhan kebutuhan pangan dengan mengandalkan kearifan lokal merupakan modal utama yang mestinya diperjuangkan baik oleh pemerintah dan masyarakat melalui berbagai langkah strategis. Kearifan lokal masyarakat Distrik Makbon memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai modal dalam menyiapkan kebutuhan pangan ke masa yang akan datang. Distrik Makbon dapat dijadikan sebagai lumbung sagu, tentunya dengan langkah strategis pemerintah dan dukungan masyarakat. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana bentuk kecerdasan ekologis petani sagu di Distrik Makbon serta bagaimana kondisi ekosistem lahan sagu di Distrik Makbon Kabupaten Sorong.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Waktu dan Lokasi

Pengambilan data dilakukan pada Bulan November sampai dengan Desember 2023. Lokasi pengamatan ditentukan secara

*purposive sampling* di tiga lokasi pengolahan sagu oleh kelompok tani, yaitu di Kampung Teluk Dore, Kampung Baingkete dan Kampung Malaumkarta. Pemilihan tiga lokasi ini karena ketiganya memiliki lahan sagu dan terdapat sentra-sentra pengolahan sagu secara tradisional.

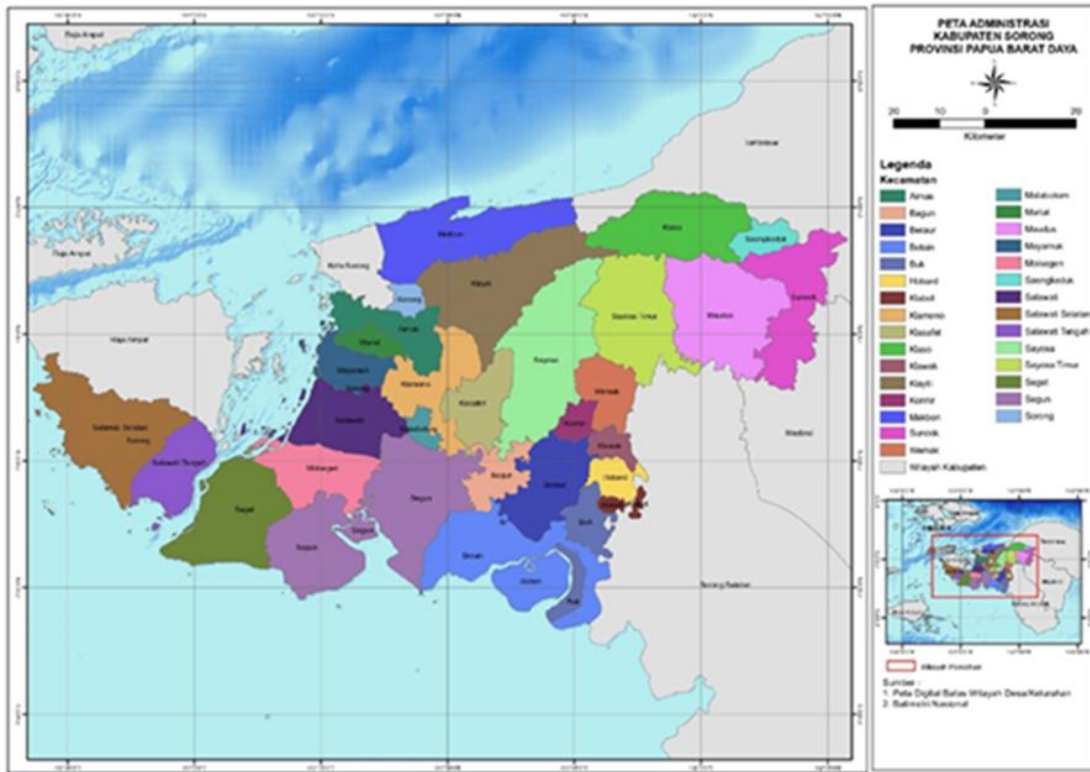
#### B. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang di gunakan dalam penelitian ini meliputi: Kamera, GPS, alat tulis, dan kuisisioner.

#### C. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk memberikan gambaran serta informasi penting mengenai kearifan lokal yang menjadi indikator kecerdasan ekologis petani sagu di Distrik Makbon Kabupaten Sorong. Pendekatan ini dipilih karena penelitian bersifat alami (natural), fleksibel, dan tidak melibatkan perlakuan khusus dari peneliti yang dapat memengaruhi data. Informasi yang dikumpulkan mencakup aspek pengetahuan, sikap, dan keterampilan petani sagu. Hasil dari pengolahan data disajikan dalam bentuk deskripsi analisis yang menjawab rumusan penelitian.

Cakupan penelitian meliputi kebiasaan (tradisi), perilaku, dan pengetahuan lokal petani sagu terhadap ekosistem dan pemanfaatan sumber daya sagu. Data dan informasi diperoleh melalui wawancara dan diskusi fokus, meninjau langsung aktivitas masyarakat dan kondisi ekosistem hutan sagu. Sumber informasi terdiri dari kepala desa, tokoh masyarakat, tokoh adat, kepala keluarga dan petani sagu.



Gambar (Figure) 1. Peta Kabupaten Sorong (Distrik Makbon di bagian utara berwarna biru cerah) (Map of Sorong Regency (Makbon District in the North is in bright blue)).

Sumber (Source): Hasil pengolahan data (Data processing results)

Jumlah petani sagu di tiga kampung yang menjadi lokasi penelitian, yaitu Kampung Teluk Dore, Baingkete, dan Malaumkarta, tercatat sebanyak 115 orang, dengan rincian 33 orang di Teluk Dore, 45 orang di Baingkete, dan 37 orang di Malaumkarta. Dari masing-masing kampung, dipilih sebanyak 15 orang petani sagu sebagai responden melalui teknik purposive sampling, berdasarkan keterlibatan aktif mereka dalam pengelolaan dan pemanfaatan sagu. Dengan demikian, jumlah responden utama sebanyak 45 orang. Selain itu, di setiap kampung juga dipilih lima informan kunci (*key informants*) yang terdiri dari satu kepala kampung, satu tokoh adat,

dan tiga tokoh masyarakat yang dinilai memahami aspek sosial dan budaya terkait pengelolaan sagu. Total informan kunci dari ketiga kampung berjumlah 15 orang. Secara keseluruhan, total responden dalam penelitian ini berjumlah 60 orang, terdiri dari 45 petani dan 15 informan kunci.

Wawancara dilakukan dengan semua responden untuk mendapatkan data primer menggunakan kuesioner yang berisi daftar pertanyaan serta pengecekan langsung ke lapangan untuk melihat ekosistem sagu, kondisi pertanian, dan proses pengolahan sagu secara langsung. Data sekunder diperoleh dari pemerintah distrik dan kampung atau instansi terkait lainnya, yang

mencakup jumlah petani sagu di Distrik Makbon, keadaan umum daerah penelitian, serta kebijakan atau program pemerintah terkait pengelolaan sagu. Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan menginterpretasikan hasil wawancara, observasi lapangan, serta data sekunder untuk memahami kondisi pertanian sagu, tantangan yang dihadapi petani, dan potensi pengembangannya di wilayah tersebut.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Analisis Kecerdasan Ekologis Petani Sagu

###### 1. Karakteristik lingkungan sagu di Distrik Makbon

Ekosistem sagu di Distrik Makbon dapat dikelompokkan dalam tipe habitat lahan pasang surut air payau, yaitu habitat yang berbatasan dengan vegetasi mangrove. Sagu tumbuh di bagian belakang mangrove dari bagian pesisir ke arah daratan, biasanya terendam di saat terjadi air pasang dan mengering jika air laut surut. Tingkat keasaman (pH) air pada habitat sagu Distrik Makbon berkisar antara 4.5-5,5. Curah hujan pada bulan Oktober - Desember 2023 adalah 122,90 -177,00 mm.

Distrik Makbon berada dalam kawasan DAS Warsamson, menurut data BPS Kabupaten Sorong (2022) Sungai Warsamson memiliki panjang 134,12 km. Selain sungai utama terdapat pula beberapa anak sungai yaitu: Sungai Kalaugan, Sungai Kalawous, Sungai Kalagauk dan Sungai Kalagalan. Di pinggiran sungai-sungai ini yang menjadi tempat petani mengolah sagu. Sungai Kalaugan di kampung Malaumkarta bahkan dimanfaatkan sebagai sumber air minum

skala kecil yang di alirkan melalui pipa ke rumah rumah-rumah warga.

###### 2. Pengetahuan Lokal dan Praktik Tradisional Petani Sagu

Kecerdasan ekologis petani sagu diidentifikasi melalui tiga faktor utama, yaitu pengetahuan, sikap, dan perilaku. Adapun identifikasi kecerdasan ekologis petani sagu di Distrik Makbon adalah sebagai berikut:

###### ***Lokasi I: Petani Sagu di Kampung Teluk Dore Pengetahuan***

Lahan sagu di Kampung Teluk Dore merupakan warisan turun-temurun dari keluarga Marga Mobalen, Kwatolo, Mili, dan Kadakolo. Lahan ini dikelola untuk kebutuhan konsumsi sehari-hari sebagai makanan pokok. Jika hasil panen berlebih, sagu dijual ke pasar untuk memenuhi kebutuhan lain, seperti biaya sekolah anak, membeli obat saat sakit, serta kebutuhan sekunder lainnya.

Petani sagu memiliki pengetahuan tentang waktu yang tepat untuk memanen pohon sagu. Jika tidak dipanen pada waktunya, batang pohon sagu akan rusak dan membusuk. Oleh karena itu, ketika dalam satu rumpun terdapat pohon yang sudah layak panen, seluruh anggota marga atau keluarga akan bergotong royong untuk menebang dan menokok sagu tersebut. Pohon sagu yang siap dipanen memiliki ciri khas, yaitu mulai mengeluarkan tunas berbentuk jari-jari (Gambar 2). Proses pengolahannya dilakukan dengan metode sederhana, yakni batang sagu dicincang hingga halus, kemudian disaring menggunakan peralatan tradisional.



Gambar (Figure) 2. Kemunculan tunas berbentuk jari sebagai tanda pohon sagu layak panen (*The presence of finger-shaped buds is an indication that the sago tree is ready for harvest*)

Sumber (Source): Hasil penelitian (*Research results*)

### *Sikap*

Pemanenan pohon sagu dilakukan secara bijaksana, tidak berlebihan, dan tidak dalam skala besar. Satu pohon sagu yang dipanen sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan keluarga selama dua hingga tiga bulan.

Dalam tradisi adat suku Moi di Distrik Makbon, terdapat istilah *egek*, yaitu larangan adat untuk tidak mengambil hasil alam secara berlebihan. Esensi dari tradisi *egek* adalah memanfaatkan alam secukupnya tanpa mengeksploitasi kekayaannya secara berlebihan. *Egek* merupakan warisan dan amanat leluhur untuk menjaga kelestarian alam. Mereka meyakini bahwa jika alam tidak dijaga dengan baik, maka alam akan marah dan mendatangkan bencana bagi masyarakat Moi.

Lahan sagu tidak diperjualbelikan, karena merupakan milik bersama beberapa rumpun keluarga. Bahkan dalam kondisi sulit sekalipun, tidak ada keinginan untuk menjual lahan sagu. Hal ini didasari oleh kesadaran bahwa lahan sagu adalah warisan leluhur

yang berkaitan erat dengan kelangsungan hidup keluarga. Memelihara ekosistem sagu juga merupakan bentuk bakti kepada orang tua dan keluarga.

### *Perilaku*

Larangan membakar sampah atau rumput kering di hutan sekitar lahan sagu merupakan pesan turun-temurun dari orang tua sebagai amanah bagi anak cucu untuk menjaga lahan sagu dari kebakaran dan kerusakan. Berdasarkan pengamatan di lapangan, petani sagu memanen sagu dengan peralatan sederhana tanpa menggunakan mesin. Meskipun proses manual ini memerlukan waktu lebih lama, ketekunan dan kekuatan dalam mengelola sagu mencerminkan karakter petani sagu. Di Kampung Teluk Dore, petani tidak menanam atau membudidayakan pohon sagu karena sagu dapat tumbuh sendiri dari anakan rumpun. Mereka hanya melakukan pemeliharaan, dengan keyakinan bahwa pohon sagu yang tumbuh akan mencukupi kebutuhan pangan keluarga selama bertahun-tahun



Gambar (Figure) 3. Proses pengolahan sago di Kampung Teluk Dore (*The sago processing in Teluk Dore Village*)

Sumber (Source): Hasil penelitian (*Research results*)

### **Lokasi II: Petani Sagu di Kampung Baingkete** *Pengetahuan*

Lahan sago di Kampung Baingkete merupakan milik Marga Kwatolo, Ulimpa, Mili, dan Mobalen. Awalnya, sago tumbuh alami tanpa penanaman, tetapi kini mulai dibudidayakan. Karena lahan tergenang air, pengolahan sago dilakukan di dekat sungai atau mata air. Seperti halnya di Kampung Teluk Dore, sago dikelola untuk konsumsi sehari-hari dan sebagian dijual ke pasar. Di Kampung Baingkete, enam kelompok keluarga terlibat dalam pengolahan sago. Penanaman kembali dilakukan dengan mengambil anakan sago, menanamnya di lahan baru setelah membersihkan semak belukar, menggali lubang, dan menanam tanpa pemupukan karena kesuburan alami lahan.

Pemeliharaan rumpun sago mencakup pembersihan dan pengurangan anakan agar yang sehat dapat tumbuh optimal (Gambar 4). Pemanenan hanya dilakukan pada pohon

yang siap panen, ditandai dengan munculnya daun pucuk menjari. Jika terlalu muda, tepung sago belum terbentuk, sementara jika terlambat panen, tepung akan berbusa. Pengolahan sago menggunakan mesin parut sederhana berbahan bakar bensin. Batang sago ditebang, dibelah dengan kampak, dipotong 50–70 cm, lalu diparut. Namun, proses penapisan tetap menggunakan alat tapis tradisional dari pelepah sago.



Gambar (Figure) 4. Rumpun sago di Kampung Baingkete (*Sago groves in Baingkete Village*)

Sumber (Source): Hasil penelitian (*Research results*)

### *Sikap*

Pemanenan pohon sago dilakukan seperlunya sesuai kebutuhan. Penebangan pohon sago dilakukan oleh kaum laki-laki dari anggota keluarga, sedangkan pembelahan dan pamarutan dikerjakan oleh kaum perempuan. Kegiatan ini biasanya melibatkan seluruh anggota keluarga secara gotong royong. Dalam kebiasaan masyarakat Suku Moi di Kampung Baingkete dan kampung-kampung sekitarnya, tradisi adat *kambi* merupakan proses pendidikan nilai-nilai adat Suku Moi bagi generasi penerus.

Seperti halnya di Kampung Teluk Dore, di Kampung Baingkete juga tidak ada praktik penjualan lahan sago, karena lahan sago

merupakan milik bersama beberapa rumpun keluarga. Bahkan dalam kondisi sulit sekalipun, tidak pernah ada keinginan untuk menjual lahan sagu, karena masyarakat menyadari bahwa lahan tersebut adalah warisan leluhur yang berkaitan erat dengan hajat hidup keluarga (Gambar 5). Menjaga ekosistem sagu merupakan wujud bakti kepada orang tua dan keluarga. Leluhur mereka mengajarkan bahwa hutan adalah ibu kandung (*Tam Sinih*), yang memberikan perlindungan serta penghidupan. Jika pohon di hutan ditebangi secara sembarangan, maka siklus kehidupan akan terganggu dan terancam punah.



Gambar (Figure) 5. Wawancara dengan petani sagu Kampung Baingkete (*Interview with Sago Farmers of Baingkete Village*)

Sumber (Source): Hasil penelitian (*Research results*)

### *Perilaku*

Setiap kali musim panen sagu tiba, para petani terlebih dahulu membersihkan rumpun sagu dari dedaunan serta pelepah kering, lalu membuka rerumputan yang menutupi tunas atau anakan sagu. Untuk menebang pohon sagu, mereka menggunakan gergaji mesin (*chainsaw*) ataupun kampak. Di Baingkete, para petani sagu mulai melakukan penanaman dan

pembudidayaan pohon sagu. Pembudidayaan ini bertujuan untuk memastikan ketersediaan sumber pangan bagi generasi mendatang.

### **Lokasi III: Petani Sagu di Kampung Malaumkarta**

#### *Pengetahuan*

Para petani sagu di Kampung Malaumkarta berasal dari rumpun keluarga Mobalen, Kalami, Malasamuk, Magablo, Su, dan Do. Di kampung tersebut, sagu tumbuh secara alami di beberapa area, sementara di tempat lain, sagu dibudidayakan oleh masyarakat (Gambar 6). Bibit anakan sagu diperoleh dari lahan sagu di Kampung Baingkete, kemudian ditanam di lahan-lahan milik keluarga di Kampung Malaumkarta. Petani sagu di Kampung Malaumkarta memiliki pengetahuan yang cukup tentang cara membudidayakan tanaman sagu. Keberadaan objek wisata pantai di kampung ini memungkinkan masyarakat berinteraksi dengan para pengunjung, sehingga terjadi pertukaran informasi, termasuk mengenai teknik budidaya sagu. Pengolahan sagu di kampung Malaumkarta sebagian sudah menggunakan mesin pamarut sagu sederhana. Proses penyaringan masih tetap dilakukan di pinggir sungai dengan peralatan sederhana.

#### *Sikap*

Pemanenan pohon sagu dilakukan secukupnya, tanpa eksploitasi berlebihan dan tidak dalam jumlah besar. Selain itu, tradisi *Egek* juga masih dijalankan di kampung ini. Proses pengolahan sagu dilakukan secara bersama-sama oleh

anggota keluarga (*ap solfagu*). Mereka yang berasal dari satu rumpun marga bekerja sama dalam menokok sagu. Hasil panen kemudian dibagi secara adil di antara anggota keluarga untuk konsumsi sendiri atau dijual ke pasar. Pemilik lahan sagu tidak menjual tanahnya kepada pihak lain karena lahan tersebut merupakan kepemilikan beberapa marga dan menjadi sumber mata pencaharian bersama. Budidaya sagu dilakukan dengan kesadaran bahwa tanaman ini merupakan sumber pangan utama yang jika ditanam saat ini, baru bisa dipanen dalam lima tahun ke depan untuk memenuhi kebutuhan keluarga.



Gambar (Figure) 6. Rumpun sagu hasil Budidaya di Kampung Malaumkarta (*Cultivated sago groves in Malaumkarta Village*)

Sumber (Source): Hasil penelitian (*Research results*)

### *Perilaku*

Budidaya tanaman sagu dilakukan bersama keluarga mulai dari kakek, nenek, bapak, ibu, anak dan cucu. Hal ini secara tidak langsung memberikan pelajaran dan pengalaman kepada generasi untuk menyiapkan kebutuhan pangan di masa mendatang. Melakukan perawatan lahan sagu dengan cara membersihkan rerumputan di sekitar tanaman sagu.

Pengolahan sagu dilakukan masih secara sederhana dengan menebang pohon sagu, menokok dengan kampak dan parang, menyaring menggunakan peralatan saring sederhana, dan penggunaan sumber air dari sungai di Kampung Malaumkarta. Serta tidak membuang ampas sagu ke sungai karena sungai Malaumkarta digunakan untuk keperluan air minum dan mandi. Masyarakat sudah memiliki pengetahuan bahwa membuang limbah sagu ke sungai akan mencemari air dan berdampak buruk kepada masyarakat yang mengonsumsi air sungai tersebut.

Kecerdasan ekologis memainkan peran krusial dalam upaya menjaga kelestarian dan keberlanjutan lingkungan. Dengan memiliki kecerdasan ekologis, individu dan masyarakat akan lebih mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan, mengurangi dampak negatif, serta berperan aktif dalam melestarikan ekosistem alam yang beragam dan berharga untuk kehidupan kini dan generasi mendatang. Indikator kecerdasan ekologis berfungsi sebagai kriteria atau tanda-tanda yang dapat digunakan untuk mengukur dan mengevaluasi tingkat kecerdasan ekologis seseorang atau kelompok.

### 3. Bentuk Kecerdasan Ekologis Petani Sagu Distrik Makbon

Kecerdasan ekologis petani sagu di Distrik Makbon tercermin dalam beberapa aspek berikut:

#### 1. Pemahaman ekosistem sagu

Petani memahami komponen ekosistem sagu serta hubungan timbal balik antarunsurnya. Mereka menyadari bahwa

gangguan pada satu komponen dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem secara keseluruhan.

## 2. Kesadaran lingkungan

Petani menyadari perubahan lingkungan, seperti perubahan iklim dan hilangnya biodiversitas, serta pentingnya menjaga lahan sagu demi kelestarian sumber daya alam.

## 3. Pengelolaan sumber daya alam

Petani memahami pentingnya pengelolaan lahan sagu untuk memastikan ketersediaan pangan secara berkelanjutan.

## 4. Etika lingkungan

Mereka memiliki sikap etis terhadap alam, tercermin dalam penghargaan terhadap hutan sagu dan sumber daya di dalamnya.

## 5. Perilaku berkelanjutan

Petani menerapkan praktik berkelanjutan, seperti merawat lahan sagu, tidak membakar hutan, tidak menjual lahan, hanya memanen seperlunya, serta melakukan pembudidayaan sagu.

## 6. Tanggung jawab dan kerja sama

Ilmu dan pengalaman diwariskan kepada generasi berikutnya dengan melibatkan seluruh anggota keluarga dalam pemeliharaan dan pemanenan sagu, sehingga menumbuhkan rasa tanggung jawab dan kerja sama dalam pemenuhan kebutuhan pangan.

## **B. Potensi Keberlanjutan Ekosistem Lahan Sagu di Distrik Makbon**

Distrik Makbon memiliki lahan sagu seluas 90 hektare yang tersebar di beberapa

kampung. Lahan ini terdiri dari sagu yang tumbuh secara alami maupun yang telah dibudidayakan. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, ekosistem tumbuhan sagu di Distrik Makbon masih terpelihara dengan baik. Kampung Baingkete memiliki lahan sagu terluas, diikuti oleh Kampung Malaumkarta dan Teluk Dore. Lahan sagu di distrik ini umumnya berada di kawasan hutan lahan basah atau lahan yang tergenang air.

Yamamoto *et al.* (2022) menyatakan bahwa sagu mampu tumbuh dan beradaptasi di lahan marginal yang kurang mendukung pertumbuhan tanaman lain, seperti tanah gambut, tanah masam, air payau, dan area tergenang. Manambangtua (2020) juga menambahkan bahwa salah satu keunggulan tanaman sagu dibandingkan tanaman penghasil karbohidrat lainnya adalah kemampuannya untuk dipanen kapan saja tanpa bergantung pada musim.

Terjaganya ekosistem sagu di Distrik Makbon tidak terlepas dari kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga keberlanjutan lahan sagu. Pengetahuan, sikap, dan perilaku petani sagu yang tidak membakar lahan secara sembarangan mencerminkan upaya mereka dalam menjaga kelestarian lingkungan. Selain itu, pemeliharaan sungai kecil dan mata air di hutan lahan sagu menjadi faktor penting yang harus dilakukan oleh para petani. Partini *et al.* (2023) menekankan bahwa perhatian terhadap faktor lingkungan sangat diperlukan karena sagu umumnya tumbuh di daerah gambut yang rentan

terhadap kebakaran.

Di kampung Baingkete dan Malaumkarta telah dilakukan proses budidaya tanaman sagu. Hal ini dilakukan oleh petani sagu dalam upaya menjaga keberlanjutan sumber pangan masyarakat. Menurut Riry (2023), peralihan dari hutan sagu menjadi kebun sagu merupakan solusi berkelanjutan untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan, pada akhirnya, meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Hasil wawancara dengan masyarakat di tiga kampung di Distrik Makbon menunjukkan bahwa sebagian besar penduduk telah memahami pentingnya penyediaan pangan untuk masa depan. Generasi mendatang membutuhkan ketersediaan pangan, dan upaya tersebut dapat dilakukan melalui budidaya sagu secara berkelanjutan.

Implementasi kearifan lokal dalam berbagai aktivitas pertanian dapat meningkatkan produktivitas. Dalam budidaya tanaman sagu, kearifan lokal memegang peran penting dalam menjaga ekosistem tanah gambut. Selain itu, kearifan lokal juga berkontribusi dalam pemberdayaan masyarakat, sehingga mampu meningkatkan perekonomian (Saputra & Tarumun, 2022). Kepemilikan lahan sagu melambangkan status sosial seseorang dan dianggap sebagai pusaka adat. Lahan ini dapat diwariskan, dijadikan mahar pernikahan, digunakan sebagai penebus sanksi adat, menjadi simbol persatuan, serta berperan dalam berbagai acara adat. Selain itu, lahan sagu juga berfungsi sebagai bagian dari konservasi

lingkungan (Sinapoy *et al.*, 2021). Penerapan kearifan lokal dalam sistem pertanian menjadikannya lebih ramah lingkungan (Murhaini & Achmadi, 2021). Hal ini mendorong manusia untuk hidup selaras dengan alam serta memiliki perilaku yang lebih ekologis.

Meningkatkan kecerdasan ekologis sangat diperlukan, karena saat ini banyak masyarakat yang bersikap semena-mena terhadap lingkungan (Rahayu & Setiadi., 2018). Tuntutan kebutuhan hidup yang terus meningkat menyebabkan eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan. Meskipun hal ini belum terlihat di masyarakat Distrik Makbon, bukan tidak mungkin akan terjadi di masa mendatang. Dari 30 responden petani sagu, 90% menyatakan bahwa mereka hanya memanen sagu sesuai kebutuhan. Perilaku ini mencerminkan sikap bijaksana dalam menjaga keberlanjutan tanaman sagu. Selain itu, setiap kampung yang memiliki lahan sagu masih mempertahankan kondisi alamnya tanpa adanya penebangan berlebihan.

Menerapkan perilaku berkelanjutan dapat melindungi lingkungan, meningkatkan ketahanan pangan dan menciptakan masa depan yang berkelanjutan. Pengembangan sistem pertanian berkelanjutan adalah langkah penting dalam mencapai keberlanjutan pangan. Di masa tantangan pertumbuhan populasi yang sangat pesat, perubahan iklim global, rusaknya sumber daya alam maka pertanian berkelanjutan menjadi sangat penting untuk keberlanjutan

pangan. Sistem pertanian berkelanjutan dapat diterapkan melalui pendekatan yang mempertimbangkan aspek ekologis, ekonomi dan sosial.

Sagu sangat potensial dalam mendukung ketahanan pangan nasional dan didayagunakan bagi pengelolaan, pengendalian dan pelestarian lingkungan, serta dikembangkan sebagai bahan pangan alternatif bagi masyarakat Indonesia selain beras. Dewandari *et al.*, (2023) sagu memiliki potensi besar sebagai sumber bahan baku pengganti terigu. Nursalam (2018) menambahkan bahwa sagu memberikan kontribusi yang besar pada pendapatan dan meningkatkan perekonomian masyarakat.

Pengelolaan sagu di Distrik Makbon untuk mendukung ketahanan pangan secara berkelanjutan dapat dilakukan melalui beberapa cara:

1. Pembudidayaan tanaman sagu pada lahan-lahan yang belum dimanfaatkan. Tanah marginal di Distrik Makbon memiliki potensi untuk perluasan area tanaman sagu. Menurut Rosalina *et al.* (2024) jika dilakukan optimalisasi lahan di Distrik Makbon maka akan dapat meningkatkan produksi pertanian dan meningkatkan perekonomian masyarakat.
2. Pemanfaatan teknologi dalam pengolahan sagu guna mempercepat proses produksi serta mengurangi jumlah pati sagu yang terbuang. Rosalina *et al.* (2023) mengemukakan bahwa petani sagu di Distrik makbon mengolah sagu secara manual dengan

peralatan tradisional. Hal ini tentunya membutuhkan dukungan teknologi guna memaksimalkan proses pengolahan dan meningkatkan produksi pati sagu.

3. Pengelolaan limbah sagu menjadi produk yang bermanfaat untuk mencegah pencemaran lingkungan. Hasil penelitian Rosalina *et al.* (2022) bahwa sebagian besar limbah sagu di Distrik Makbon belum dimanfaatkan dikarenakan masih minimnya informasi dan pengetahuan masyarakat tentang potensi limbah sagu menjadi pupuk organik.
4. Penyuluhan dan pelatihan bagi petani mengenai praktik pertanian berkelanjutan sebagai faktor penting dalam mewujudkan ketahanan pangan. Hasil penelitian Farida *et al.* (2024) bahwa Distrik Makbon memiliki potensi lahan pertanian namun sebagian besar belum dimanfaatkan secara maksimal, sehingga dibutuhkan pendampingan kepada petani dalam pemanfaatan lahan secara berkelanjutan.
5. Kolaborasi dan kemitraan antara pemerintah, petani, peneliti, dan sektor swasta untuk mendorong pertukaran pengetahuan, teknologi, serta sumber daya demi menjaga keberlanjutan pangan.
6. Perhatian pada aspek sosial dan ekonomi, termasuk kemudahan dalam pemasaran hasil pertanian, perbaikan kondisi kerja, serta pemberdayaan petani guna meningkatkan kesejahteraan mereka. Dahliani (2024) menyatakan keberlanjutan

pengembangan sagu mencakup lima dimensi: ekonomi, ekologi, sosial budaya, teknologi, dan kelembagaan.

Kearifan lokal membentuk kecerdasan ekologis petani sagu di Distrik Makbon. Cara pandang terhadap alam serta perlakuan terhadapnya sebagai aset bernilai merupakan wujud kebijaksanaan yang perlu dikembangkan dalam upaya mendukung ketahanan pangan. Menurut Talakua & Marpaung (2024) pemenuhan kebutuhan masyarakat yang berlandaskan kearifan lokal merupakan aset strategis yang perlu dijaga dan dikembangkan melalui berbagai upaya sistematis, baik oleh pemerintah maupun oleh masyarakat itu sendiri. Dalam konteks ini, upaya pelestarian kearifan lokal diwujudkan melalui pemanfaatan sumber daya lokal, khususnya hutan sagu, secara optimal dan berkelanjutan. Ismail (2022) menambahkan bahwa manajemen pengembangan sagu merupakan salah satu strategi untuk mencegah degradasi potensi lokal di masa mendatang. Namun, mempertahankan sagu bukanlah hal yang mudah, terutama jika tidak ada perhatian terhadap pengembangannya sebagai alternatif pangan. Metode pengolahan yang tepat sangat penting untuk memastikan keberlanjutan hutan sagu. Melestarikan hutan sagu berarti menjaga ketahanan pangan bagi generasi mendatang.

Bagi masyarakat di pedesaan, pemenuhan kebutuhan pangan umumnya bergantung pada sumber pangan lokal seperti sagu, umbi-umbian, pisang, jagung,

sukun, dan lainnya. Jika dikelola dengan baik, potensi sumber daya pangan lokal di setiap wilayah seperti sagu dapat berperan penting dalam mencukupi kebutuhan pangan rumah tangga, memperkuat cadangan pangan daerah, serta mengurangi ketergantungan terhadap beras (Luhukay *et al.*, 2020). Di Makbon, pangan sagu masih merupakan pangan utama, meskipun budaya makan nasi sudah masuk akan tetapi belum menggeser sagu sebagai makanan pokok. Dari hasil wawancara dengan petani sagu di kampung Malaumkarta, pilihan membudidayakan tanaman sagu merupakan upaya mereka dalam mempertahankan keberlanjutan sumber pangan.

Ekosistem sagu di Distrik Makbon yang masih terpelihara tentunya tidak lepas dari kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga keamanan lahan sagu. Masyarakat Suku Moi Distrik Makbon menamai Sagu dengan Sebutan "Iwa". Beberapa jenis sagu yang tumbuh dan di dimanfaatkan oleh masyarakat adalah *Iwayuluk* (*Metroxylon rumphii* Mart), *Iwasinam* (*Metroxylon Sagus* Rott), *Iwabilum* (*Metroxylon sylvester* Mart), *Iwaduow* (*Metroxylon longispinum* Mart), *Iwasulagi* (*Metroxylon* sp), *Iwagili* (*Metroxylon micracantum* Mart) (Irnawati *et al.*, 2018). Pengetahuan, Sikap dan perilaku masyarakat petani sagu yang tidak membakar lahan sagu secara sembarangan menjadi salah satu bentuk kecerdasan petani sagu dalam menjaga lingkungan tumbuh tanaman sagu. Penjagaan terhadap sungai-sungai kecil dan mata air di hutan lahan sagu menjadi satu faktor yang wajib

dilakukan petani dalam pengolahan sagu. Akan tetapi, menjadi masalah jika anak-anak meninggalkan sekolah karena harus ikut orang tuanya menokok sagu. Sehingga disarankan untuk menjadikan proses pengolahan sagu ini diajarkan di sekolah formal dalam bentuk muatan lokal, dengan menyelipkan pembelajaran tentang membagi waktu untuk sekolah formal dan kegiatan menokok sagu. Dapat pula melibatkan sukarelawan yang bersedia mengunjungi tempat menokok sagu dan memberikan pembelajaran kepada anak-anak tersebut.

Dalam proses pengolahan sagu, petani memanfaatkan aliran sungai kecil atau mata air di sekitar lahan sagu. Saat hujan, air sungai menjadi keruh, namun tetap digunakan untuk penyaringan pati sagu karena tidak ada sumber air lain. Oleh karena itu, diperlukan perhatian dari berbagai pihak untuk menyediakan bak penampung air yang dilengkapi dengan pipa-pipa guna mengalirkan air bersih dalam proses penyaringan pati sagu. Prinsip higienis dalam pengolahan sagu juga perlu dipahami oleh para petani agar kualitas hasil produksi tetap terjaga.

## V. KESIMPULAN

Kecerdasan ekologis petani sagu Distrik Makbon terbentuk dari kearifan lokal yang mendukung ketahanan pangan berkelanjutan. Bentuk-bentuk kecerdasan ekologis petani sagu di Distrik Makbon mencakup pengetahuan, sikap, dan perilaku yang tercermin dalam pemahaman terhadap ekosistem sagu, kesadaran

lingkungan, kebijaksanaan dalam pengelolaan sumber daya alam, sikap etis terhadap lingkungan, perilaku berkelanjutan, tanggung jawab, serta kerja sama. Tradisi *egek* merupakan salah satu bentuk kearifan lokal dalam pengelolaan sumber daya alam, termasuk sagu. Ekosistem sagu di Distrik Makbon berada dalam kondisi baik dan terpelihara. Tidak ditemukan kerusakan atau penebangan berlebihan, serta di beberapa lokasi telah dilakukan upaya pembudidayaan.

## VI. REKOMENDASI

Pemerintah perlu melakukan pendampingan kepada petani sagu dalam proses pengolahan dan budidaya tanaman sagu di lahan-lahan yang sesuai dan proses pengolahan sagu dengan menerapkan prinsip higienis. Pemerintah juga perlu menyiapkan sumber air bersih untuk kebutuhan pengolahan sagu sehingga tidak mengganggu wilayah aliran sungai. Tradisi *egek* (memanen seperlunya) perlu dilembagakan dalam lembaga adat suku Moi Distrik Makbon dan menyosialisasikan ke sekolah-sekolah sebagai bentuk pewarisan budaya lokal yang ramah lingkungan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Badan Perencanaan Pembangunan Riset dan Inovasi Daerah (Baperida) Provinsi Papua Barat Daya dan Universitas Muhammadiyah Sorong atas pendanaan pelaksanaan penelitian ini dengan No. Kontrak 290/KTK/II.3.AU/J/2023 tanggal 1 November 2023.

## KONTRIBUSI

Penulis pertama merencanakan tema penelitian, menyusun draft awal, membuat jadwal lapangan dan mengumpulkan data dan penyusunan laporan hasil penelitian. Penulis ke dua dan ketiga membantu pendokumentasian data lapangan, pengolahan data, dan pembuatan luaran penelitian lainnya dan penyusunan artikel ilmiah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, B. (2018). Sago Palm Genetic Resource Diversity in Indonesia. In *Sago Palm, Multiple Contributions to Food Security and Sustainable Livelihoods* (pp. 61–71). [https://scholar.google.com/scholar?cluster=17395557999498410973&hl=id&as\\_sdt=0,5](https://scholar.google.com/scholar?cluster=17395557999498410973&hl=id&as_sdt=0,5)
- Anau, N., Hakim, A., Lekson, A. S., & Setyowati, E. (2019). Local Wisdom Practices of Dayak Indigenous People in the Management of Tana' Ulen in the Kayan Mentarang National Park of Malinau Regency, North Kalimantan Province, Indonesia. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 91(7), 156–167. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2019-07.16>
- Dahlioni, L. (2024). Perkebunan Sagu berbasis Kearifan Lokal dalam Mengelola dan Mewujudkan Pertanian Sagu Berkelanjutan. *Tabela, Jurnal Pertanian Berkelanjutan* <https://jurnal.ilmubersama.com/index.php/tabela/article/view/441>
- Dewandari, K. T., & Mulyawanti, I. (2023). Strategi peningkatan pemanfaatan tepung sagu terstandar pada industri mi. *Warta BSIP Perkebunan*, 1(3), 8-15. <https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/wartabun/article/view/3459>
- Farida, A., F. R. & Z. S. (2024). Pemetaan Potensi Lahan Pertanian di Distrik Makbon Melalui Sistem Informasi Geografis., *Amal Ilmiah : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 6(1), 86–95. <http://amalilmiah.uho.ac.id/index.php/journal/article/view/328> .
- Irnowati., M Sy. Kahar & M.E.Budiarti. (2018). Studi Pengolahan Sagu ( *metroxylon sp .* ) Oleh Masyarakat Kampung Malawor Distrik Makbon Kabupaten Sorong. *Aksiologiya : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 2(2), 97–110. <https://journal.um-surabaya.ac.id/Axiologiya/article/view/1202/1512>.
- Ismail, M. (2022). Manajemen Pengembangan Sagudi Kampung Simpuro Distrik Ebungfauwkabupatenjayapura. *Jurnal Administrasi Dan Kebijakan Publik*, 7(1), 24–43. <https://doi.org/10.25077/jakp>.
- Luhukay, M., Risamasu, R. G., & Tomaso, R. (2020). Kajian Potensi Sagu Sebagai Sumber Pangan Lokal Di Negeri Tuhaha Kecamatan Saparua Timur Kabupaten Maluku Tengah. *Agrinimal Jurnal Ilmu Ternak Dan Tanaman*, 7(2), 64–68. <https://doi.org/10.30598/ajitt.2019.7.2.64-68>
- Manambangtua, A. P. (2020). Analisis Usaha Tani Sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) Di Kabupaten Luwu Utara Sulawesi Selatan. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 16(2), 115. <https://doi.org/10.20956/jsep.v16i2.8778>

- Murhaini, S., & Achmadi. (2021). The farming management of Dayak People's community based on local wisdom ecosystem in Kalimantan, Indonesia. *Heliyon*, 7(12), e08578. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08578>
- Mutiani, M., Rahman, A. M., Permatasari, N., Abbas, E. W., & Putra, M. A. H. (2021). Kecerdasan Ekologis Perajin Tangguli di Bantaran Sungai Barito. *PAKIS (Publikasi Berkala Pendidikan Ilmu Sosial)*, 1(1), 70–79. <https://doi.org/10.20527/pakis.v1i1.3207>
- Nursalam, N. (2018). Analyzing the Efficient Allocation of Sago Processing Business Production Factors in East Kolaka District. *Indonesian Journal of Business and Entrepreneurship*, 4(1), 45–54. <https://doi.org/10.17358/ijbe.4.1.45>
- Partini, Noer, M., Suliansyah, I., & Devianto, D. (2023). Kearifal Lokal dalam Dinamika Pengembangan Perkebunan Sagu Berkelanjutan. *Agribisains*, 9(1), 28–37. DOI: 10.30997/jagi.v9i1.6970
- Rahayu & Setiadi. (2018). Penerapan Model Project Citizen dalam Upaya Meningkatkan Kecerdasan Ekologis. *Mimbar Sekolah Dasar*, 5(1), 31–42. <https://doi.org/10.17509/mimbar-sd.v5i1.9684>
- Rasudin, N. (2022). Kearifan Lokal di Kabupaten Kepulauan Meranti *Jurnal Ilmu Hukum*, 11(1), 147–164. [https://scholar.google.com/scholar?cluster=10047493378975542699&hl=id&as\\_sdt=0,5](https://scholar.google.com/scholar?cluster=10047493378975542699&hl=id&as_sdt=0,5)
- Riry, R. B. (2023). Development of Sago Forest into a Sago Plantation in Kampung Baru Hamlet, Negeri Dawang, East Seram Regency. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Arumbai*, 1(1), 24–30. <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/arumbai/article/view/10576>
- Rosalina, F., Ardin, M., Gafur, A., Nurul, S., & Ula, N. (2022). Sosialisasi dan Edukasi Pupuk Organik kepada Masyarakat Kampung Batu Lubang, Kabupaten Sorong. In *SNPKM: Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat*, Vol. 4, No. 1, pp. 173–178. <https://journal.unilak.ac.id/index.php/SNPKM/article/view/12694>
- Rosalina, F., Ardin, M., Gafur, A., Sangadji, Z., & Riskawati, R. (2024). Soil microbial populations of several land use types in Makbon District, Sorong Regency, Indonesia. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 22 (2), 339–346. <https://doi.org/10.22124/CJES.2024.7712>
- Rosalina, F., Dera, R., Rawi, P., Arief, M., Wahyudien, N., Ardin, M., & Gafur, A. (2023). Sosialisasi Pemanfaatan Limbah Sagu dalam Mendorong Pertanian Berkelanjutan dan Pengembangan Ekonomi Industri Kreatif Bagi Masyarakat Kampung Batu Lubang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat JPKM*, Volume 29, 631–637. <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jpkm/article/view/50662>
- Rosidi, M. imron. (2020). *Menumbuhkan Kecerdasan Ekologis Siswa Melalui Green Consumer Dalam Pembelajaran IPS*. *Jurnal Sandhyakala* 1, 56–70. <https://jurnal.unipar.ac.id/index.php/sandhyakala/article/view/339>
- Saputra, A.R., S. Tarumun., D. M. (2022). Tingkat keberdayaan petani sagu di

- Desa Tanjung Paranap Kec. Tebing Tinggi Barat Kabupaten Kepulauan Meranti., *Jurnal Agribisnis Unisi Vol. 11 No. 2 Tahun 2022*. 11(2), 19–26. <https://ejournal.unisi.ac.id/index.php/agribisnis/article/view/2217>
- Sinapoy, S., Melamba, B., & Herman, H. (2021). Ekologi Budaya Dan Nilai Kearifan Lokal Pohon Sagu Dalam Dimensi Masyarakat Suku Tolaki. *ETNOREFLIKA: Jurnal Sosial Dan Budaya*, 10(3), 323–342. <https://doi.org/10.33772/etnoreflika.v10i3.1163>
- Soekamto, M. H., Ponisri, & Z., & Sangadji. (2022). *Pengolahan Tepung Sagu Basah Menjadi Aneka Olahan Makanan*. Abdimas: Papua Journal of Community Service. 5–10. <http://www.ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/pjcs/article/view/806>
- Syartiwidya. (2023). Potensi sagu (*Metroxylon* sp.) dalam mendukung ketahanan pangan di Provinsi Riau. *Jurnal Selodang Mayang*, 6(1), 90–106. <https://doi.org/10.47521/selodangmayang.v9i1.277>
- Talakua, J.F.D., G. N. Marpaung., J. . N. (2024). Development of Sago Ecotourism in Negeri Rutong to Maintain Food Security. In *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian*. Vol. 5, No. 1, pp. 54-67. <https://doi.org/10.47687/snppvp.v5i1.1017>
- Thamrin, H. (2014). Revitalisasi Kearifan LOKal Melayu Dalam Menjaga Harmonisasi Lingkungan Hidup. *Jurnal Toleransi*, 6(1), 90–106. <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/toleransi/article/view/899>
- Tolok, K. B. B. (2023). Globalisasi dan karakterisasi kearifan lokal sagu masyarakat Papua Selatan. *Jurnal Jumpa*, XI(2), 148–158. <https://ojs.stkyakobus.ac.id/index.php/jumpa/article/view/140>
- Tonggroitou, S., Palennari, M., & Rante, P. (2022.). *Upaya Pelestarian Hutan Sagu di Papua*. *Profesi Kependidikan*, 3. 31–36. <https://journal.ikipsiliwangi.ac.id/index.php/jpp/issue/view/280>
- Wahdah, Zahra Nabilah., Winarno, M. E., & Tama, T. D. (2020). *Hubungan antara Kecerdasan Ekologis dengan Aktivitas Pemilahan Sampah Organik dan Anorganik Pada Siswa Kelas VII dan VIII di SMP Negeri 1 Malang*. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Masyarakat Indonesia* 1(9), 166–175. <https://journal.unnes.ac.id/sju/jppkmi/article/view/40322>
- Yamamoto, Y., Ochi, A., Yanagidate, I., Ishima, H., Yoshida, T., Rembon, F. S., Pasolon, Y. B., Manaroisong, E., Sayangbati, C., Maliangkay, R. B., Tenda, E., & Miyazaki, A. (2022). *Growth Characteristics and Starch Productivity of ' Sagu Baruk ' ( Arenga microcarpa Becc .) on Sangihe Island , North Sulawesi , Indonesia*. *Journal of the Society of Tropical Agriculture*, 66(1), September 2014, 12–20. <https://doi.org/10.11248/jsta.66.12>

## STRATEGI PENGELOLAAN KAWASAN HUTAN DENGAN TUJUAN KHUSUS CEMORO MODANG SEBAGAI KAWASAN HUTAN BERKELANJUTAN

*(Management Strategy of The Cemoro Modang Special Purpose Forest Area as A Sustainable Forest Area)*

Jatu Diah Kartikasari<sup>1</sup>, Maria Theresia Sri Budiastuti<sup>2</sup>, Chanel Tri Handoko, <sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>*Departement of Enviromental Science Post Graduate School Sebelas Maret University*

<sup>2</sup>*Departement of Agrotechnology Agriculture Faculty Sebelas Maret University*

<sup>3</sup>*Departement of Enviromental Science Post Graduate School Sebelas Maret University*

\*chanel.handoko@gmail.com

Diterima: 14 April 2025, Direvisi : 19 Juni 2025, Disetujui : 25 Juni 2025

### ABSTRACT

*The Cemoro Modang Special Purpose Forest Area (SPFA) plays a vital role in supporting forestry research, education, and training. SPFA Cemoro Modang, as one of the forestry research and development units, has experienced the dynamics of adding area functions as a role model for implementing standard models in the forestry sector. This has led to changes in its forest governance system. It needs new strategies to ensure sustainable forest management, especially in balancing conservation, research, and community engagement. This study identifies several strategic approaches to sustainable management using a SWOT analysis method. Based on the SWOT results, stakeholders are divided into interest quadrants according to their level of influence and interests. The strategic approaches include: (1) fostering partnerships between forest management stakeholders, (2) resolving land use conflicts through inclusive dialogue and mediation, (3) strengthening the capacity of forest managers and local partners, (4) building cross-sectoral collaborations, and (5) optimizing the use of Non-Timber Forest Products (NTFPs) to improve local community livelihoods without sacrificing forest integrity. Stakeholder involvement is the foundation of this strategy. The key stakeholders are Office for Standard Implementation of Environment and Forestry Instruments Solo, which manages the SPFA; State Forestry Public Company Cepu Management Unit, which owns the plant assets; pesanggem, or forest farmers who cultivate forest land; and community groups that partner with SPFA in its management. Through the combination of multi-stakeholder collaboration and strategic management practices, SPFA Cemoro Modang serves as a model for sustainable forest management.*

**Keywords:** SWOT Analysis, Stakeholder Mapping, Management Strategy, Sustainable Forest, Cemoro Modang

## ABSTRAK

*Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Cemoro Modang berperan penting dalam mendukung penelitian, pendidikan, dan pelatihan kehutanan. KHDTK Cemoro Modang sebagai salah satu KHDTK Penelitian dan Pengembangan Kehutanan mengalami dinamika penambahan fungsi kawasan sebagai area penerapan model standar bidang kehutanan. Hal ini menyebabkan perubahan tata kelola kawasan hutan di KHDTK. Penambahan fungsi ini memerlukan strategi baru untuk memastikan tata kelola hutan yang berkelanjutan, khususnya dalam menyeimbangkan konservasi, penelitian, dan keterlibatan masyarakat. Studi ini mengidentifikasi beberapa pendekatan strategis pengelolaan secara berkelanjutan dengan metode analisis Strengths Weaknesses Opportunities and Threads (SWOT) kemudian dari hasil analisis SWOT tersebut membagi stakeholder kedalam kuadran kepentingan berdasarkan pengaruh dan kepentingan. Pendekatan-strateginya meliputi: (1) membina kemitraan pengelolaan hutan antar pemangku kepentingan, (2) menyelesaikan konflik pemanfaatan lahan melalui dialog dan mediasi yang inklusif, (3) memperkuat kapasitas pengelola hutan dan mitra lokal, (4) membangun kolaborasi lintas sektoral, dan (5) mengoptimalkan pemanfaatan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) untuk meningkatkan penghidupan masyarakat setempat tanpa mengorbankan integritas hutan. Keterlibatan pemangku kepentingan merupakan landasan dari strategi ini. Stakeholder kunci adalah Balai Penerapan Standar Instrumen Lingkungan Hidup dan Kehutanan Solo (BPSILHK) sebagai pengelola KHDTK, Perum Perhutani Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Cepu sebagai pemilik aset tanaman, pesanggem/petani penggarap lahan hutan yang menggarap lahan hutan dan kelompok masyarakat mitra pengelola KHDTK. Dengan memadukan kolaborasi multipihak dan praktik pengelolaan strategis, KHDTK Cemoro Modang menjadi model pengelolaan hutan lestari.*

**Kata Kunci: Analisis SWOT, Stakeholder Mapping, Strategi Pengelolaan, Hutan Berkelanjutan, Cemoro Modang**

### I. PENDAHULUAN

Hutan memiliki peran krusial sebagai tempat hidup bagi berbagai jenis makhluk hidup sekaligus menjadi ruang untuk aktivitas budaya dan rekreasi. Selain itu, hutan memberikan berbagai manfaat ekologis, sosial, dan ekonomi bagi masyarakat, termasuk sebagai sumber produksi kayu (Wang *et al.*, 2025). Salah satu

fungsi penting hutan adalah kemampuannya dalam menyerap dan menyimpan karbon, yang berkontribusi terhadap upaya mitigasi perubahan iklim (Wang *et al.*, 2025). Hutan menyediakan sumber penghidupan bagi jutaan orang dan berkontribusi terhadap pembangunan ekonomi di banyak negara (Masha *et al.*, 2024). Berdasarkan Undang-Undang No 41 Tahun 1999, hutan merupakan ekosistem yang terdiri atas lahan yang

mengandung sumber daya alam hayati, didominasi oleh keberadaan pepohonan, dan memiliki keterkaitan erat dengan lingkungan sekitarnya, di mana seluruh komponennya saling terhubung dan tidak dapat dipisahkan.

Menurut Hutagaol (2019) meskipun hutan memiliki kemampuan untuk mengatur daerah aliran sungai, pengaruh mereka terhadap aliran sungai hanya terasa kuat ketika sebagian besar daerah aliran sungai ditutupi oleh hutan. Secara umum, hutan membantu mengurangi volume banjir dengan melindungi permukaan tanah dari tenaga kinetis air hujan, yang merupakan tahap awal proses erosi. Diantara fungsinya, tajuk hutan berfungsi sebagai penampung air hujan sebelum diupkan kembali ke atmosfer melalui proses intersepsi, sehingga sebagian besar air tetap tertahan di lapisan daun.

Untuk mencapai tujuan tertentu, wilayah hutan dapat dialokasikan sebagai Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK), Hutan dengan Pengelolaan Khusus (KHDPK), atau Hutan untuk Ketahanan Pangan (KHKP). KHDTK Cemoro Modang secara resmi ditetapkan melalui Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. SK. 1057 Tahun 2024 dengan luas area sebesar 1.335,10 hektar. Secara administratif, lokasi ini berada di Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah. KHDTK Cemoro Modang merupakan salah satu KHDTK bertipikal hutan monsoon dengan jenis vegetasi penyusun utamanya yaitu jati (*Tectona grandis*).

Pengelolaan KHDTK Cemoro Modang sangat dipengaruhi oleh dinamika kebijakan dan regulasi yang berlaku. Pemberlakuan

Peraturan Pemerintah Nomor 11 Tahun 2020 tentang Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), yang mengintegrasikan seluruh lembaga riset dari berbagai kementerian/lembaga ke dalam BRIN, telah membawa perubahan besar terhadap lembaga-lembaga riset, termasuk sarana dan prasarana penelitian dan pengembangan. Salah satu yang terdampak adalah kegiatan riset yang sebelumnya berada di bawah Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) beserta sarana pendukungnya yaitu KLHK. Perubahan kelembagaan dapat menyebabkan perubahan perilaku masyarakat. Mayasari *et al.*, (2015) mengungkapkan bahwa perubahan perilaku masyarakat dapat melalui peraturan, perundangan atau peraturan tertulis. Perubahan dalam struktur kelembagaan dapat mempengaruhi cara pengelolaan sumber daya hutan, yang pada gilirannya dapat berdampak pada kesejahteraan masyarakat lokal.

Pengelolaan KHDTK Cemoro Modang secara berkelanjutan menjadi kunci untuk menjaga kelestarian fungsi ekologis hutan. Penelitian mengenai strategi pengelolaan hutan dari bawah ke atas melalui proses partisipatif sebagian besar didasarkan pada studi kasus yang tersebar (Ezquerro *et al.*, 2019) yang mengkompromikan generalisasi dan identifikasi isu-isu kritis. Pengelolaan KHDTK secara berkelanjutan membutuhkan pendekatan yang komprehensif, melibatkan seluruh pemangku kepentingan dan mempertimbangkan aspek ekologis, ekonomis dan sosial. Pada bidang kehutanan, konsep pengelolaan hutan lestari/

*Sustainability Forest Management* (SFM) telah diakui berkontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan dan hutan partisipatif. SFM adalah pengelolaan hutan didasarkan pada konsep pembangunan berkelanjutan. Oleh karena itu SFM mencakup berbagai permasalahan pengelolaan hutan termasuk aspek ekonomi, lingkungan hidup dan sosial (Jafari *et al.*, 2018)

Isu tentang perubahan pengelolaan dan pemanfaatan aset berupa tanaman jati oleh Perum Perhutani sesuai dengan Pasal 448 ayat (5) poin d (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 7, 2021) "*Dalam hal areal KHDTK masih terdapat aset tanaman pemegang Perizinan Berusaha atau badan usaha milik negara di bidang kehutanan sebelumnya, dapat dilakukan pemanfaatan aset tanaman sesuai rencana pengaturan kelestarian hasil yang disetujui Direktur Jenderal yang membidangi Pengelolaan Hutan Lestari atas nama Menteri*", merupakan hal yang perlu dicermati dalam pengelolaan KHDTK secara berkelanjutan. Penambahan fungsi KHDTK Cemoro Modang tidak hanya sebagai kawasan hutan untuk riset dan penelitian, namun untuk penerapan standar model kehutanan juga menambah tantangan dalam pengelolaannya.

Analisis terhadap *stakeholders*/para pemangku kepentingan yang terlibat dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang memiliki peran yang sangat krusial. Melalui analisis ini, dapat diidentifikasi kepentingan masing-masing pihak, apakah memberikan dampak positif maupun negatif terhadap

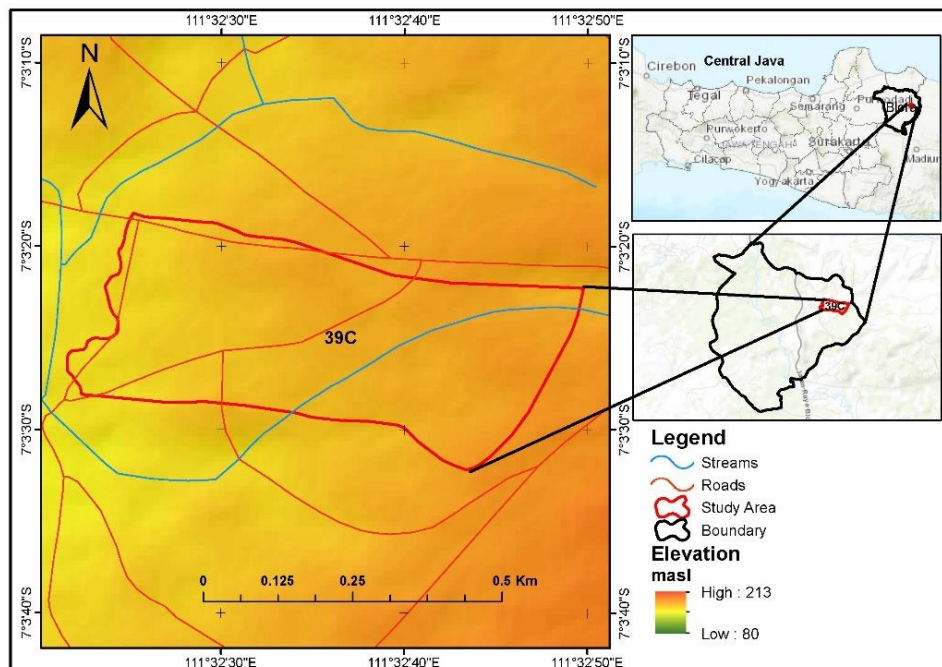
pengelolaan kawasan. Selain itu, analisis ini juga membantu mengenali pihak-pihak yang memiliki pengaruh dalam proses pengambilan keputusan, serta peran mereka dalam upaya pencegahan dan penanggulangan kerusakan kawasan KHDTK Cemoro Modang di masa depan. Selain itu, analisis pemangku kepentingan dapat membantu dalam mobilisasi sumber daya lokal dan dapat membantu dalam memahami konflik penggunaan sumber daya lahan yang terjadi (Wakka, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemetaan *stakeholder* yang terlibat dalam pengelolaan serta menentukan strategi pengelolaan KHDTK Cemoro Modang sebagai kawasan hutan berkelanjutan. Berbeda dengan penelitian tentang analisis *stakeholder mapping* pengelolaan KHDTK sebelumnya, dalam penelitian ini di rumuskan strategi yang harus dilakukan oleh masing-masing *stakeholder* sehingga masing-masing *stakeholder* dapat berperan sesuai tugas dan fungsinya dalam pengelolaan KHDTK.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Waktu dan Lokasi

Lokasi penelitian adalah KHDTK Cemoro Modang khususnya di *demonstration plot* (demplot) 39 C yang berlokasi di Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah. KHDTK Cemoro Modang merupakan salah satu KHDTK bertipikal hutan *monsoon* dengan jenis vegetasi penyusun utamanya yaitu jati (*Tectona grandis*).



Gambar (Figure) 1. Peta Administratif KHDTK Cemoro Modang (*Administrative Map of SPFA Cemoro Modang*)

Sumber (Source): Laporan Pengelolaan KHDTK Cemoro Modang Tahun 2022 (*Management Report of SPFA Cemoro Modang for the Year 2022*)

Pelaksanaan kegiatan penelitian dimulai pada bulan September 2024 sampai dengan bulan Januari 2025.

## B. Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan beberapa alat, antara lain kuesioner yang telah melalui uji validitas dan reliabilitas oleh penulis, serta perangkat lunak pendukung seperti *Microsoft Word*, *ArcGIS*, dan *Microsoft Excel*.

Bahan yang digunakan terdiri dari data primer, yang mencakup informasi dari responden, data curah hujan, data sedimen, dan Tinggi Muka Air (TMA) di KHDTK Cemoro Modang, serta peta administratif kawasan tersebut.

## C. Metode Penelitian

### 1) Pengumpulan data

Penelitian ini menerapkan pendekatan yang menggabungkan metode kualitatif dan kuantitatif (Lombardi Netto *et al.*, 2021). Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan wawancara dan pemberian kuesioner berisi pertanyaan tentang pengelolaan sistem agroforestry yang dilakukan oleh pesanggem (petani penggarap lahan hutan) di KHDTK dan pengelolaan KHDTK Cemoro Modang.

Ditambahkan data sekunder berupa literatur dari instansi terkait, kajian, peta, dan dokumentasi lainnya. Pemilihan responden pada penelitian ini dilakukan dengan metode *purposive sampling* yaitu masyarakat yang melakukan aktivitas budidaya di lahan KHDTK Cemoro Modang. Responden merupakan pesanggem yang bertempat tinggal di desa penyangga KHDTK Cemoro Modang yaitu Desa Nglebur, Desa Cabak, Desa Temengeng, dan Desa Sambongrejo sebanyak 24 pesanggem, Ketua Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH) sebanyak 2 orang yaitu dari LMDH Sambong Rejo dan LMDH Nglebur, pengelola KHDTK Cemoro Modang sebanyak 2 orang dari Perum Perhutani KPH Cepu serta 4 orang dari BPSILHK Solo. Hal ini sesuai yang disarankan oleh Sugiono (2017) dalam penentuan jumlah sampel yang digunakan minimal 30 sampel.

## 2) Analisis data

Data diolah dan dianalisis menggunakan analisis SWOT. Metode SWOT yang mencakup *Strengths* (kekuatan), *Weaknesses* (kelemahan), *Opportunities* (peluang), dan *Threats* (ancaman) merupakan alat strategis yang digunakan untuk membantu individu

maupun organisasi dalam mengenali faktor internal dan eksternal yang memengaruhi bisnis atau pengembangan suatu proyek (Hidayatullah *et al.*, 2020). Analisis SWOT bertujuan utama untuk mengidentifikasi faktor internal dan eksternal yang dapat mendorong maupun menghambat keberhasilan pelaksanaan suatu proyek atau program dalam mendukung kegiatan operasional. Secara umum, analisis SWOT terbagi ke dalam empat kuadran, dimana dua kuadran pertama mencakup kekuatan dan kelemahan sebagai faktor internal, sementara dua kuadran berikutnya memuat peluang dan ancaman yang termasuk dalam faktor eksternal (Ali *et al.*, 2021).

Dalam menentukan strategi pengelolaan KHDTK Cemoro Modang, maka dilakukan identifikasi faktor internal (kekuatan dan kelemahan) serta faktor eksternal (kesempatan dan ancaman) menggunakan pemeringkatan faktor-faktor SWOT. Peringkat faktor pada *Internal Factor Evaluation* (IFE) dan *External Factor Evaluation* (EFE) dari yang tertinggi hingga yang terendah digabungkan untuk menghasilkan urutan prioritas dari seluruh faktor.

Tabel (Table) 1. Matriks SWOT Berdasarkan Peringkat IFE dan EFE (SWOT Matrix Based on IFE and EFE Rankings)

IFE/EFE	Strengths (S)	Weaknesses (W)
<b>Opportunities (O)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S<sub>1</sub> O<sub>1</sub></li> <li>• S<sub>2</sub> O<sub>2</sub></li> <li>• Dst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• W<sub>1</sub> O<sub>1</sub></li> <li>• W<sub>2</sub> O<sub>2</sub></li> <li>• Dst</li> </ul>
<b>Threats (T)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S<sub>1</sub> T<sub>1</sub></li> <li>• S<sub>2</sub> T<sub>2</sub></li> <li>• Dst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• W<sub>1</sub> T<sub>1</sub></li> <li>• W<sub>2</sub> T<sub>2</sub></li> <li>• Dst</li> </ul>

Sumber (Source): Hidayatullah et al. (2020)

Dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang, penentuan strategi pengelolaan sangat bergantung pada keterlibatan para pemangku kepentingan. Keterlibatan pemangku kepentingan diartikan sebagai kondisi dimana individu atau kelompok secara sadar memilih untuk berpartisipasi aktif dalam proses pengambilan keputusan yang berdampak pada mereka (Brodrechtova et al., 2024). Tingkat partisipasi dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang ditentukan oleh pemangku kepentingan yang terlibat. Dalam hal ini penting untuk mengatasi tantangan yang tidak hanya terkait dengan partisipasi pemangku kebijakan tetapi juga dengan manajemen pemangku kebijakan ini, khususnya dengan menjawab pertanyaan tentang siapa yang bertanggung jawab, dalam jaringan apa, dan untuk isu apa, menangani isu-isu ini dapat membantu meningkatkan komunikasi dan koordinasi dalam upaya pengelolaan hutan (Brodrechtova et al., 2024).

Untuk itu dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang, perlu dilakukan analisis *stakeholder* yang terlibat dalam pengelolannya. Analisis dilakukan secara deskriptif dengan tahapan sebagai berikut (Yusran dan Sabar, 2013).

1. Mengidentifikasi *stakeholder* dan peranannya

Tingkat kepentingan dinilai berdasarkan sejauh mana keterlibatan *stakeholder* dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang, tingkat ketergantungan mereka terhadap kawasan tersebut, kesesuaian program kerja masing-masing pihak dengan KHDTK, manfaat yang diterima dari keberadaan KHDTK, serta kontribusi atau peran yang dijalankan dalam proses pengelolannya.

2. Membedakan dan mengkategorikan *stakeholder* berdasarkan kepentingan dan pengaruhnya

Instrumen kekuatan dan sumber kekuatan masing-masing *stakeholder* menentukan besarnya pengaruh. Instrumen kekuatan termasuk kekuatan kondisi (*condition power*), kekuatan kelayakan (*condign power*),

kekuatan kompensasi (*compensatory power*), dan sumber kekuatan termasuk kekuatan individu (*personality power*) dan kekuatan organisasi.

3. Mendefinisikan hubungan antar *stakeholder*.

Hubungan antar *stakeholder* didefinisikan melalui Tugas Pokok dan Fungsi (Tupoksi) pengelolaan KHDTK Cemoro Modang serta peraturan yang digunakan dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang.

Posisi *stakeholders* dalam kuadran-kuadran diagram pengaruh dan kepentingan yang dibuat oleh (Rahayu *et al.*, 2018) menggambarkan:

1. *Key player* juga dikenal sebagai pemain kunci, adalah pihak yang

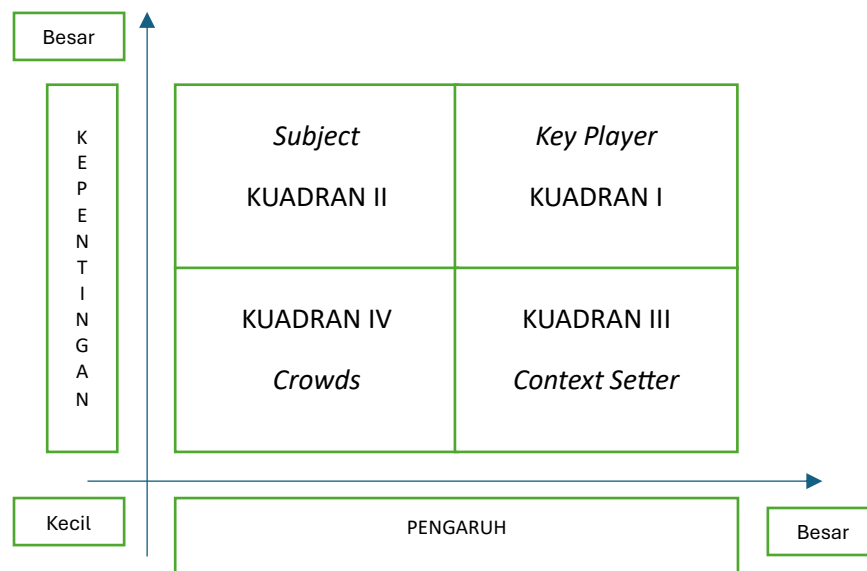
aktif dan memiliki pengaruh besar terhadap suatu program

2. *Subject* atau pihak marginal, adalah pihak yang memiliki kepentingan tinggi tetapi pengaruhnya rendah.

3. *Context setter* (pihak yang mampu mempengaruhi pihak lain), adalah pihak yang memiliki pengaruh tinggi tetapi kepentingannya rendah.

4. *Crowds* (pihak pengganggu), merupakan pihak yang memiliki kepentingan dan pengaruh rendah, namun tetap harus dipertimbangkan untuk ikut serta dalam proses pengambilan keputusan.

Berikut disampaikan kuadran dalam diagram pengaruh dan kepentingan para pihak seperti pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar (Figure) 2. Kuadran-Kuadran dalam Diagram Pengaruh dan Kepentingan (*Quadrants in the Influence and Interest Diagram*)

Sumber (Source): Rahayu *et al.*, (2018)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Gambaran Umum KHDTK Cemoro Modang

KHDTK Cemoro Modang terletak pada areal hutan produksi, bertipikal hutan monsun (*monsoon forest*) dengan jenis vegetasi penyusun utamanya adalah jati (*Tectona grandis*). KHDTK terletak di zona ekologi hutan dataran rendah yang termasuk dalam zona geologi Randublatung. Kondisi geomorfologinya bervariasi dari datar hingga bergelombang. Ketinggian wilayah ini berkisar antara 95 hingga 310 meter di atas permukaan laut. Jenis tanah yang ditemukan di area ini meliputi grumosol coklat, mediteran, dan lithosol. Secara geologis, kawasan ini berasal dari formasi Pleistosen dengan dominasi batuan sedimen. Tanah di wilayah ini umumnya memiliki karakteristik sebagai berikut: pH tanah berada dalam kisaran 7,1 hingga 7,9, kandungan Bahan Organik (BO) antara 1,14% hingga 5,63%, total nitrogen (N) sebesar 0,05% hingga 0,17%, fosfor (P) tersedia antara 3,25 hingga 15,22 ppm, kalium (K) tersedia antara 0,23 hingga 0,55 me/100g. Berat jenis tanah berkisar antara 1,92 hingga 2,39, berat volume antara 1,18 hingga 1,47, dan laju permeabilitas rata-rata mencapai 17,18 cm per jam yang termasuk dalam kelas sedang hingga cepat (Balai Penelitian dan Pengembangan Daerah Aliran Sungai, 2007).

#### B. Kondisi Pengelolaan KHDTK Cemoro Modang saat ini

Kondisi saat ini pengelolaan KHDTK Cemoro Modang setelah perubahan kelembagaan yang membawahi KHDTK dari Badan Litbang dan Inovasi (BLI) KLHK ke Badan Standarisasi Instrumen Lingkungan Hidup dan Kehutanan (BSILHK) dapat dilihat dari aspek abiotik, biotik dan *culture*. Untuk aspek abiotik penulis memotret dari curah hujan mempengaruhi erosi/debit sedimen. Hujan mempengaruhi jumlah air yang mengalir di permukaan tanah. Jika air hujan tidak masuk ke dalam tanah, maka air itu akan mengalir di atas permukaan. Karena itu, jenis tanah dan tingkat kelembapan tanah ikut menentukan seberapa banyak air yang bisa diserap oleh tanah. Pada tahun 2022-2024 dilakukan pemanfaatan aset oleh Perum Perhutani KPH Cepu berupa penebangan pohon jati Kelas Umur (KU) tua atau sedang di lokasi KHDTK sehingga saat ini pohon jati yang tumbuh merupakan pohon jati muda dengan KU muda. Adanya aktivitas pemanfaatan aset ini meningkatkan potensi terjadinya erosi. Banyak erosi terjadi pada kelas umur muda. Ini karena tutupan tajuknya belum rapat, sehingga air hujan kurang terintersepsi oleh tajuk pohon. Selain itu, jumlah tumbuhan bawah dan seresah yang lebih sedikit kurang mampu menahan energi kinetik air hujan yang jatuh ke lantai hutan (Rahman *et al.*, 2023).

Pada aspek biotik KHDTK Cemoro Modang dilihat dari kondisi tutupan lahannya. Berdasarkan citra satelit sebagaimana gambar 3 (a) dan gambar 3 (b) terlihat bahwa pada tahun 2023 banyak spot-spot yang berwarna coklat. Citra satelit pada tahun 2023 diambil bukan pada saat musim panas sehingga warna coklat bukan karena pohon jati yang meranggas namun berarti pada lokasi tidak ditanami pohon jati atau sedang dalam persiapan tanam kembali atau merupakan tanaman muda dibandingkan pada tahun 2010 yang masih didominasi dengan warna hijau (Balai Penerapan Standar Instrumen Lingkungan Hidup dan Kehutanan Solo, 2023).

Untuk aspek sosial budaya, masyarakat sekitar KHDTK Cemoro Modang sangat tergantung terhadap

hasil dari kawasan hutan. Sebagian besar masyarakat memanfaatkan lahan bekas tebangan untuk ditanami jagung dalam jangka waktu kurang lebih 3 (tiga) tahun sampai tegakan jati dapat tumbuh secara mandiri. Selain memanfaatkan lahan untuk ditanami jagung, masyarakat juga punya kewajiban untuk menjaga dan merawat tegakan jati yang baru ditanam agar tegakan dapat tumbuh dengan baik. Perubahan kelembagaan yang membawahi KHDTK juga mengakibatkan adanya kebijakan baru dari pengelola KHDTK terkait dengan pengelolaan KHDTK diantaranya peningkatan jarak tanam antar pohon jati, peningkatan waktu izin menanam dan peningkatan peran *pesanggem*/petani penggarap lahan hutan dalam pengelolaan KHDTK yaitu sebagai mitra pengelola KHDTK.



(a)

(b)

Gambar (Figure) 3. Tutupan Lahan di KHDTK Cemoro Modang pada tahun 2010 dan 2023 (*Land Cover in SPFA Cemoro Modang in 2010 and 2023*)

Sumber (Source): BPSILHK Solo, 2023

### C. Analisis SWOT Pengelolaan KHDTK Cemoro Modang

Analisis SWOT berdasarkan *Strengths* (kekuatan), *Weaknesses* (kelemahan), *Opportunities* (peluang) dan *Threats* (ancaman) terhadap pengelolaan KHDTK Cemoro Modang disampaikan dalam Tabel 2. Analisis SWOT menggunakan

*Internal Factor Analysis Summary* (IFAS) dan *External Factor Analysis Summary* (EFAS). IFAS dan EFAS merupakan alat dalam manajemen strategis khususnya untuk mengevaluasi faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi suatu organisasi, proyek atau kebijakan

Tabel (Table) 2. Matriks SWOT Pengelolaan KHDTK Cemoro Modang (*SWOT Matrix for the Management of SPFA Cemoro Modang*)

IFAS/EFAS	Kekuatan ( <i>Strengths</i> )	Kelemahan ( <i>Weaknesses</i> )
<b>IFAS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pemilihan jenis tanaman agroforestri yang memiliki toleransi terhadap kekeringan</li> <li>Frekuensi pendampingan tentang pengelolaan KHDTK sering dilaksanakan</li> <li>Tidak adanya konflik kepentingan, baik sesama pesanggem ataupun pesanggem dengan pengelola KHDTK</li> <li>Jumlah tenaga kerja untuk menggarap lahan di kawasan hutan cukup banyak</li> <li>Masyarakat yang sudah mengetahui dan menerapkan konsep pengelolaan hutan yang berkelanjutan</li> <li>Masyarakat tergabung dalam kelompok masyarakat pengelola KHDTK</li> <li>Komitmen dari pemerintah untuk melakukan konservasi</li> <li>Kegiatan pengelolaan KHDTK dilakukan setiap tahun dan berkelanjutan</li> <li>Adanya Lembaga penyuluh baik dari pengelola maupun instansi terkait</li> <li>Lokasi KHDTK Cemoro Modang yang strategis.</li> <li>Koordinasi antar Lembaga yang terjalin dengan baik</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Keragaman jenis vegetasi yang rendah</li> <li>Pendampingan pengelolaan KHDTK Cemoro Modang belum maksimal menjangkau seluruh elemen masyarakat</li> <li>SDM pengelola belum maksimal</li> <li>Sarana, prasarana infrastruktur pengelolaan KHDTK belum maksimal</li> <li>Berdasarkan citra satelit di tahun 2023, banyak titik area di KHDTK yang “gundul” karena belum ditanami atau ditanami jati muda</li> <li>Karena banyak jati muda, maka Tingkat erosi tinggi</li> <li>Musim kemarau yang berkepanjangan, menyebabkan curah hujan minim di KHDTK Cemoro Modang</li> <li>Penganggaran pengelolaan yang belum memadai</li> <li>Peraturan yang ada belum sepenuhnya mendukung pengelolaan KHDTK mandiri dan Lestari (Permen LHK 7/2021)</li> </ol>
<b>EFAS</b>		

<b>Peluang (<i>Opportunities</i>)</b>	<b>Strategi Kombinasi antara Kekuatan dan Peluang (SO)</b>	<b>Strategi Kombinasi antara Kelemahan dan Peluang (WO)</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Komitmen pengelola untuk melakukan pendampingan pengelolaan KHDTK kepada pesanggem</li> <li>2. Kegiatan agroforestri tanaman buah dan budidaya lebah madu <i>Trigona sp</i> yang sedang dilaksanakan</li> <li>3. Adanya Kerjasama dengan instansi lain dalam hal penyediaan bibit dan penelitian dan pengembangan</li> <li>4. Kolaborasi dengan pemerintah daerah (CDK 1) dalam bidang pengawasan, pembinaan dan penyuluhan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kegiatan Kemitraan kehutanan di KHDTK Cemoro Modang</li> <li>2. Penerapan strategi penanganan konflik kawasan</li> <li>3. Menerapkan konsep PNBP (Pendapatan Negara Bukan Pajak) dari tanaman agroforestri dan lebah madu <i>Trigona sp</i></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peningkatan Kapasitas SDM Pengelola KHDTK</li> <li>2. Penambahan jumlah SDM yang mengelola dan mengawasi KHDTK</li> <li>3. Menjalin Kerjasama dan kemitraan</li> </ol>
<b>Threats (T)</b>	<b>Strategi Kombinasi antara Kekuatan dan Ancaman (ST)</b>	<b>Strategi Kombinasi antara Kelemahan dan Ancaman (WT)</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemanfaatan asset oleh Perum Perhutani berupa penebangan pohon jati</li> <li>2. Penurunan kualitas lingkungan akibat aktivitas penebangan pohon</li> <li>3. Dampak perubahan iklim, seperti kekeringan yang mengurangi kualitas ekosistem</li> <li>4. Areal dengan akses mobilitas dan aktivitas yang sangat terbuka</li> <li>5. Harga jual jagung yang fluktuatif</li> <li>6. Pengamanan lokasi KHDTK yang belum maksimal</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Optimalisasi Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK), saat ini sedang mengembangkan agroforestri tanaman buah dan budidaya lebah madu <i>Trigona sp</i></li> <li>2. Peningkatan Pengawasan secara rutin</li> <li>3. Kerjasama dengan masyarakat dan mitra untuk pengamanan Hutan</li> <li>4. Kerjasama dengan akademisi dalam hal penelitian</li> <li>5. Penguatan Kebijakan dan Penegakan Hukum</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peningkatan Kapasitas SDM Pesanggem tentang pengelolaan hutan lestari, agroforestry, pencegahan kebakaran hutan dan kemitraan kehutanan</li> <li>2. Peningkatan sarana dan prasarana untuk mendukung pengelolaan KHDTK</li> <li>3. Penegakan hukum yang lebih kuat</li> <li>4. Kolaborasi dengan pihak ketiga dalam pengamanan hutan</li> </ol>

Sumber (*Source*): Hasil Analisis, 2025 (*Analysis Result*)

Strategi pengelolaan KHDTK Cemoro Modang sesuai dengan kondisi lingkungan internal dan eksternal adalah sebagai berikut:

a) Strategi menggunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang (*Strength Opportunity – SO*) dalam

pengelolaan KHDTK Cemoro Modang, antara lain:

1. Kemitraan kehutanan di KHDTK Cemoro Modang;
2. Penerapan strategi penanganan konflik kawasan;

3. Menerapkan skema PNB (Penerimaan Negara Bukan Pajak) untuk agroforestri tanaman buah dan budidaya lebah madu *Trigona sp.*
- b) Strategi meminimalkan kelemahan untuk memanfaatkan peluang (*Weakness Opportunity-WO*) dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang, antara lain:
1. Peningkatan kapasitas SDM pengelola KHDTK;
  2. Penambahan jumlah SDM yang mengelola dan mengawasi KHDTK;
  3. Menjalinkan kerjasama dan kemitraan.
- c) Strategi menggunakan kekuatan untuk mengatasi ancaman (*Strength Threat-ST*) dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang, antara lain:
1. Optimalisasi Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK);
  2. Peningkatan pengawasan rutin;
  3. Kerjasama dengan masyarakat dan mitra untuk pengamanan hutan;
  4. Penguatan kebijakan dan penegakan hukum;
  5. Kerjasama penelitian tentang pengelolaan kawasan hutan.
- d) Strategi meminimalkan kelemahan untuk mengatasi ancaman (*Weakness Threat-WT*) dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang antara lain:
1. Peningkatan kapasitas SDM pesanggem;

2. Peningkatan sarana dan prasarana untuk mendukung pengelolaan KHDTK;
3. Penegakan hukum yang lebih kuat;
4. Kolaborasi dengan pihak ketiga dalam pengelolaan KHDTK.

Strategi-strategi tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan KHDTK Cemoro Modang diarahkan pada penguatan kapasitas internal, peningkatan kolaborasi, serta adaptasi terhadap dinamika eksternal, guna mendukung kelestarian kawasan dan peningkatan manfaat bagi masyarakat. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka strategi pengelolaan KHDTK sebagai hutan berkelanjutan berfokus pada kegiatan kemitraan kehutanan, penerapan strategi penanganan konflik kawasan melalui dialog dan mediasi yang inklusif, peningkatan kapasitas untuk SDM pengelola dan mitra pengelola KHDTK, membangun kolaborasi lintas sektoral, dan mengoptimalkan pemanfaatan Hasil Hutan Bukan Kayu. Hal ini dikarenakan kelima strategi tersebut bisa dilakukan oleh pengelola KHDTK dalam rencana jangka pendek.

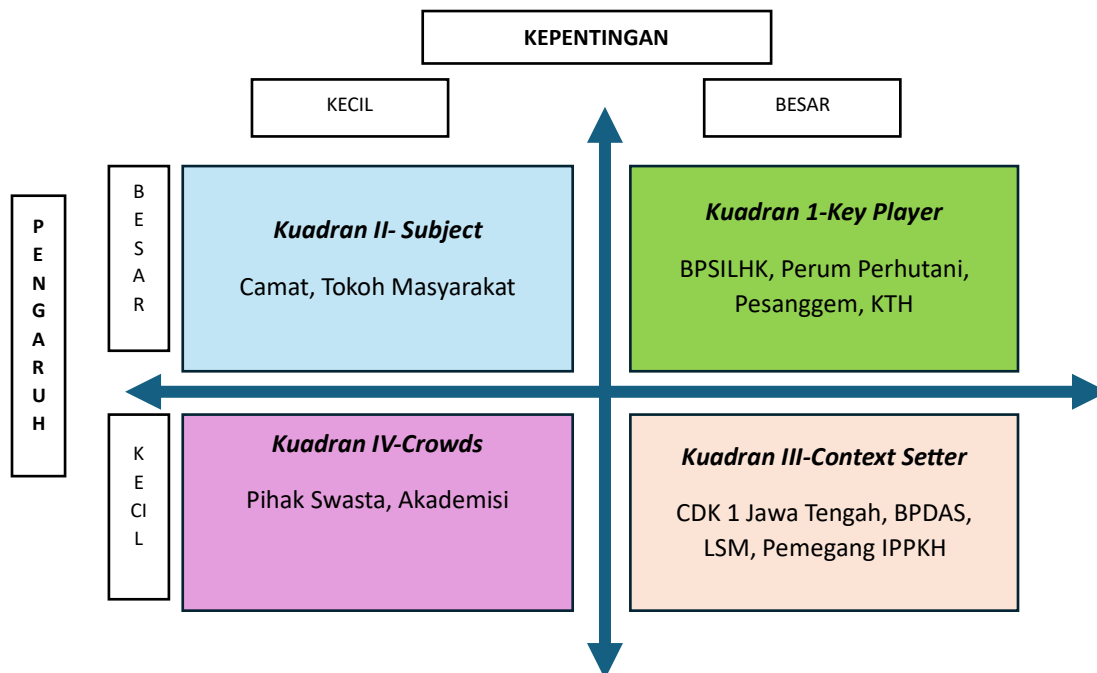
Untuk penambahan jumlah SDM yang mengelola dan mengawasi KHDTK, kerjasama dengan masyarakat dan mitra untuk pengamanan hutan, peningkatan sarana dan prasarana penunjang pengelolaan KHDTK, penegakan hukum yang lebih kuat, penerapan skema PNB untuk tanaman agroforestry buah dan lebah madu merupakan strategi jangka

menengah dan panjang yang membutuhkan kerjasama dari multi pihak yang terlibat dalam pengelolaan KHDTK.

#### D. Stakeholder Mapping Pengelolaan KHDTK Cemoro Modang

Setelah menentukan strategi pengelolaan KHDTK Cemoro Modang sebagai hutan berkelanjutan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan *stakeholder mapping* untuk mengetahui pembagian tugas untuk implementasi strategi. *Stakeholder mapping* adalah proses mengidentifikasi, menganalisis, dan memahami pihak-pihak yang memiliki kepentingan, pengaruh, atau peran dalam pengelolaan hutan.

Dalam konteks pembagian manfaat sumber daya hutan, para pemangku kepentingan memiliki tingkat kepentingan (*interest*) dan pengaruh (*power*) yang bervariasi. Beberapa di antaranya mendukung tercapainya tujuan pembagian manfaat yang adil, sementara yang lain justru bersikap kontraproduktif terhadap tujuan tersebut. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pemetaan yang jelas terhadap kepentingan dan pengaruh masing-masing *stakeholders*. Proses pemetaan ini akan membantu dalam menentukan strategi pelibatan yang tepat guna mendukung tercapainya distribusi manfaat yang lebih adil (Maran *et al*, 2017).



Gambar (Figure) 1. Pemetaan Kelompok Stakeholder (Stakeholder Group Mapping)  
Sumber (Source): Hasil Analisis, 2025 (Analysis Result)

Berdasarkan pemetaan kelompok *stakeholder* (Gambar 4) maka dapat jabarkan pemetaan *stakeholder* dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang seperti yang disampaikan oleh (Rahayu *et al.*, 2018) adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh Besar-Kepentingan Besar (*Key Player*)

Pihak yang perlu dikelola secara aktif guna membangun hubungan yang solid, serta harus dilibatkan

secara berkelanjutan dalam proses pengambilan keputusan. Dalam hal ini adalah pemangku kepentingan utama yang harus diutamakan dalam strategi pengelolaan KHDTK Cemoro Modang.

Berikut ini adalah para pihak yang termasuk dalam *key player* dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang serta strategi yang diusulkan dalam pengelolaan KHDTK.

Tabel (Table) 3. *Stakeholder Key Player dan Strategi Pengelolaan KHDTK (Key Player Stakeholders and SPFA Management Strategies)*

No	Pihak ( <i>Parties</i> )	Peran ( <i>Roles</i> )	Strategi ( <i>Strategy</i> )
1	BPSILHK Solo	Pengelola utama memiliki peran sentral dalam mengarahkan kebijakan dan implementasi strategi pengelolaan berkelanjutan	1. Keterlibatan aktif melalui forum koordinasi rutin pengelolaan KHDTK 2. Pembagian peran yang jelas, dan dukungan kebijakan menjadi prioritas.
2	Perum Perhutani KPH Cepu	Pihak yang sebelumnya mengelola KHDTK, tetap memiliki aset dan pengaruh signifikan dalam hal pengelolaan jati dan regulasi	3. BPSILHK perlu memperkuat kolaborasi dengan kelompok masyarakat untuk memastikan adopsi strategi berkelanjutan, seperti diversifikasi tanaman dan konservasi lahan.
3	Pesanggem	Sebagai pelaksana langsung pengelolaan agroforestri, mereka memiliki minat tinggi dalam keberhasilan pengelolaan karena dampaknya langsung terhadap pendapatan mereka	4. Perlu peningkatan kolaborasi BPSILHK dengan Kelompok Masyarakat Mitra Pengelola KHDTK dan pesanggem melalui insentif berbasis hasil, seperti akses ke subsidi atau pelatihan intensif agroforestri.
4	Kelompok Masyarakat Mitra Pengelola KHDTK	Sebagai kelompok yang mewadahi para pesanggem dalam pengelolaan KHDTK	5. Penyelarasan kebijakan melalui mekanisme dialog terbuka antara BPSILHK, Perum Perhutani,

Sumber (*Source*): Hasil Analisis, 2025 (*Analysis Result*)

2. Pengaruh Besar-Kepentingan Kecil (*Subject*)

Pihak yang memiliki tingkat pengaruh tinggi meskipun kepentingannya terhadap program relatif rendah. Mereka memiliki kemampuan untuk memengaruhi aktor lain, sehingga penting untuk menjalin hubungan baik dengan mereka. Pihak ini juga berpotensi menjadi sumber informasi dan masukan berharga bagi pengembangan program. Oleh karena itu, menjaga hubungan yang positif dengan mereka perlu dilakukan agar tetap berada dalam posisi yang mendukung (*Keep Satisfied*).

Para pihak yang termasuk dalam *stakeholder context setter* dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang dapat dilihat pada Tabel 4.

3. Pengaruh Kecil-Kepentingan Besar (*Context Setter*)

Pihak yang memiliki tingkat kepentingan tinggi terhadap program, namun memiliki pengaruh yang terbatas. Meskipun cenderung mendukung, kemampuan mereka untuk memberikan dampak langsung masih rendah, sehingga memerlukan dukungan dari pihak lain. Kelompok ini perlu mendapatkan pemberdayaan dan pengakuan, serta penting untuk dilibatkan melalui penyampaian informasi dan komunikasi yang efektif (*Keep Informed*).

Para pihak yang termasuk dalam *stakeholder Context Setter* (Pihak Marjinal) dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang serta usulan strateginya tersaji pada Tabel 5.

Tabel (Table) 4. *Stakeholder Subject* dan Strategi Pengelolaan KHDTK (*Stakeholders Subjects and SPFA Management Strategies*)

No	Pihak ( <i>Parties</i> )	Peran ( <i>Roles</i> )	Strategi ( <i>Strategy</i> )
1	Camat, Kades	• Secara tidak langsung mempengaruhi kelompok masyarakat	1. Melibatkan Kades, Camat dan Tokoh Masyarakat dalam kegiatan kemitraan kehutanan
2	Tokoh Masyarakat	• Pendapat dari Kades, Camat dan tokoh masyarakat memiliki pengaruh yang besar bagi pesanggem dan instansi pengelola KHDTK	2. Melibatkan dalam forum atau kelompok kerja pengelolaan KHDTK

Sumber (*Source*): Hasil Analisis, 2025 (*Analysis Result*)

Tabel (Table) 5. Stakeholder Context Setter dan Strategi Pengelolaan KHDTK (Context Setter Stakeholders and SPFA Management Strategies)

No	Pihak (Parties)	Peran (Roles)	Strategi (Strategy)
1	Cabang Dinas Kehutanan 1, Jawa Tengah	Tidak memiliki kewenangan langsung untuk memonitor pengelolaan namun CDK 1 memiliki tugas dan fungsi dalam penyusunan Indeks Tutupan Lahan dan memiliki fungsi pengawasan karena lokasi KHDTK Cemoro Modang berada dalam wilayah kerja CDK 1	1. Bekerjasama dalam kegiatan konservasi, pendampingan kemitraan kehutanan pengelolaan KHDTK 2. Melibatkan CDK 1 dan BPDAS dalam pengawasan KHDTK 3. Membentuk forum atau kelompok kerja yang melibatkan semua pemangku kepentingan untuk merumuskan kebijakan bersama pengelolaan KHDTK Cemoro Modang
2	Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS)	Memiliki fungsi memelihara Daerah Aliran Sungai (DAS) serta mempunyai tanggung jawab pada Indeks Tutupan Lahan dan Indeks Lahan Kritis.	
3	Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM)	Memiliki kepentingan besar namun pengaruh yang kecil karena KHDTK Cemoro Modang merupakan titik sentral kegiatan Perhutanan Sosial	
4	Pemegang IPPKH	Berkontribusi dalam rehabilitasi hutan dan lahan di KHDTK	

Sumber (Source): Hasil Analisis, 2025 (Analysis Result)

#### 4. Pengaruh Kecil-Kepentingan Kecil (Crowds)

Kelompok dengan tingkat kepentingan dan pengaruh yang rendah, namun tetap layak dipertimbangkan untuk dilibatkan dalam proses pengambilan keputusan. Komunikasi yang bersifat informatif perlu dijalin dengan

mereka, dan pemantauan secara berkala cukup dilakukan untuk memastikan bahwa keberadaan mereka tidak menjadi penghambat dalam pelaksanaan program.

Para pihak yang termasuk dalam *stakeholder Crowds* dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang tersaji pada Tabel 6

Tabel (Table) 6. *Stakeholder Crowds* dan strategi pengelolaan (*Stakeholder Crowds and Management Strategies*)

No	Pihak ( <i>Parties</i> )	Peran ( <i>Roles</i> )	Strategi ( <i>Strategy</i> )
1	Pihak Swasta	Membantu dalam kegiatan konservasi, dalam bentuk kemitraan	Kemitraan/Kerjasama dalam pengelolaan KHDTK
2	Akademisi	Membantu dalam kegiatan penelitian dan pengembangan bidang kehutanan	

Sumber (*Source*): Hasil Analisis, 2025 (*Analysis Result*)

Strategi pengelolaan KHDTK Cemoro Modang dirancang melalui pendekatan analisis SWOT (*Strengths, Weaknesses, Oppurtunities, Threats*) yang bertujuan untuk merumuskan kebijakan dan langkah pengelolaan yang sesuai dengan kondisi internal dan eksternal kawasan. Analisis ini menghasilkan empat kelompok strategi yaitu: *Strengths Oppurtunities (SO)*, *Weaknesses Oppurtunities (WO)*, *Strengths Threats (ST)* dan *Weaknesses Threats (WT)*.

Melalui strategi SO, pengelolaan diarahkan pada pemanfaatan kekuatan seperti potensi hasil hutan bukan kayu dan kelembagaan untuk menangkap peluang pengembangan kemitraan serta skema agroforestri berbasis PNBP. Sementara itu, strategi WO dan WT difokuskan pada penguatan kapasitas SDM dan sarana pendukung untuk menanggapi kelemahan internal serta mengantisipasi potensi konflik dan tekanan eksternal. Strategi ST digunakan untuk memperkuat perlindungan kawasan melalui kolaborasi dengan masyarakat, penegakan hukum, dan riset ilmiah.

Keberhasilan strategi ini sangat bergantung pada kolaborasi antar pemangku kepentingan (multi-

*stakeholder*), termasuk pengelola KHDTK, pemerintah daerah, lembaga penelitian, masyarakat sekitar, dan sektor swasta. Setiap pihak memiliki peran yang saling melengkapi, pemerintah dan pengelola bertanggung jawab pada regulasi dan kebijakan, masyarakat penggarap lahan sebagai pelaku langsung dalam pemanfaatan dan perlindungan kawasan, sedangkan mitra seperti LSM dan akademisi dapat mendukung dari sisi pendampingan, inovasi, dan transfer pengetahuan. Kolaborasi ini sejalan dengan prinsip *good forest governance*, yang menekankan transparansi, partisipasi, dan akuntabilitas dalam pengelolaan sumber daya hutan (Djafar et al., 2023). Dengan integrasi strategi SWOT dan pendekatan kolaboratif, KHDTK Cemoro Modang berpotensi menjadi model pengelolaan kawasan hutan berkelanjutan yang adaptif dan partisipatif.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka penulis menyimpulkan bahwa strategi pengelolaan KHDTK sebagai hutan berkelanjutan dilakukan dengan analisis SWOT menggunakan *Internal Factor Analysis Summary (IFAS)* dan *External*

*Factor Analysis Summary* (EFAS) kemudian dijabarkan berdasarkan *Strength Opportunity* (SO), *Weakness Opportunity* (WO), *Strength Threat* (ST) dan *Weakness Threat* (WT) pengelolaan KHDTK Cemoro Modang. Saat ini strategi berfokus pada kegiatan kemitraan kehutanan, penerapan strategi penanganan konflik kawasan dengan melakukan peningkatan kapasitas untuk SDM pengelola dan mitra pengelola KHDTK, membangun kolaborasi lintas sektoral, dan mengoptimalkan pemanfaatan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK). Stakeholder kunci dalam pengelolaan KHDTK Cemoro Modang adalah BPSILHK Solo sebagai pengelola KHDTK, Perum Perhutani sebagai pemilik aset, pesanggem sebagai pengolah lahan hutan dan Kelompok Masyarakat Mitra Pengelola KHDTK sebagai kelompok yang menjembatani antara pesanggem dengan pengelola KHDTK-

Saat ini di internal Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dilakukan reorganisasi, sehingga pengelola KHDTK Cemoro Modang tidak lagi dibawah tanggung jawab BPSILHK namun di bawah Pusat Pengembangan Mitigasi Kebencanaan dan Perubahan Iklim, Kementerian Kehutanan. Oleh sebab itu BPSILHK sebagai *stakeholder* kunci berpindah ke Pusat Pengembangan Mitigasi Kebencanaan dan Perubahan Iklim. Kebijakan pengelolaan KHDTK yang seharusnya dilakukan oleh pengelola saat ini yaitu pada ranah penguatan kelembagaan kemitraan. Kelompok mitra pengelola KHDTK yang telah dibentuk oleh

BPSILHK dikuatkan kembali karena merupakan kunci dalam pengambilan keputusan serta pengelolaan konflik. Kolaborasi antar *stakeholder* juga diperlukan terutama dalam hal kemitraan kehutanan yang saat ini di kembangkan (agroforestry buah dan budidaya *trigona sp*) terkait dengan pasar untuk menjual hasil kemitraan kehutanan.

Penelitian tentang Strategi Pengelolaan KHDTK Cemoro Modang sebagai hutan berkelanjutan memiliki beberapa keterbatasan antara lain: lingkup strategi pengelolaan hutan sangat luas, penulis hanya mengambil sebagian dari variabel penelitian yang memungkinkan dilakukan dalam jangka waktu penelitian. Salah satu strategi pengelolaan hutan keberlanjutan melalui agroforestri (tanaman buah dan budidaya lebah madu *Trigona sp*) yang masih baru diinisiasi sehingga belum dapat dilakukan pengamatan terhadap pengaruhnya terhadap dampaknya terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret atas dukungannya dan perizinannya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada BPSILHK Solo, pengelola KHDTK Cemoro Modang, yang telah membantu dalam pengumpulan data untuk penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua ahli dan responden yang telah memberikan umpan balik mereka pada penelitian ini.

## KONTRIBUSI

J. D. Kartikasari berkontribusi dalam konseptualisasi pengumpulan data, wawancara, analisis data, dan visualisasi.

M. T. S. Budiastuti berkontribusi terhadap diskusi, penyuntingan naskah, dan tinjauan.

C. T. Handoko berkontribusi dalam konseptualisasi kerangka penelitian, desain metodologi, supervisi, dan penyuntingan akhir. Semua penulis berpartisipasi dalam peninjauan akhir dan persetujuan naskah.

## DAFTAR PUSTAKA

Ali, E. B., Agyekum, E. B., & Adadi, P. (2021). Agriculture for sustainable development: A SWOT-AHP assessment of Ghana's planting for food and jobs initiative. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(2), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su13020628>

Brodrechtova, Y., Majlingová, A., & Sedmák, R. (2024). Stakeholders' participation in decreasing wildfire risk in the context of natural resource management in the Podpoľanie region of Slovakia. *Annals of Forest Science*, *81*(1). <https://doi.org/10.1186/s13595-024-01241-y>

Djafar, E. M., Widayanti, T. F., Saidi, M. D., Muin, A. M., & Ratnawati. (2023). Forest management to Achieve Sustainable Forestry Policy in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1181*(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1181/1/012021>

Ezquerro, M., Pardos, M., & Diaz-Balteiro, L. (2019). Sustainability in forest management revisited using multi-criteria decision-making techniques. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(13).

<https://doi.org/10.3390/su11133645>

Hidayatullah, A. R., Andesta, D., & Dahda, S. S. (2020). Pendekatan Metode Analisis SWOT Matriks IFE & EFE dan Analytical Hierarchy Process pada Strategi Pemasaran UKM Bu Muzana. *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)*, *1*(4), 553–565.

Jafari, A., Sadeghi Kaji, H., Azadi, H., Gebrehiwot, K., Aghamir, F., & Van Passel, S. (2018). Assessing the sustainability of community forest management: A case study from Iran. *Forest Policy and Economics*, *96*(August), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.08.001>

Kasymov, U., Wang, X., Zikos, D., Chopan, M., & Ibele, B. (2022). Institutional Barriers to Sustainable Forest Management: Evidence from an Experimental Study in Tajikistan. *Ecological Economics*, *193*(June 2021), 107276. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107276>

*Laporan Pengelolaan KHDTK Cemoro Modang Tahun 2023.* (n.d.).

Lombardi Netto, A., Salomon, V. A. P., Ortiz-Barrios, M. A., Florek-Paszkowska, A. K., Petrillo, A., & De Oliveira, O. J. (2021). Multiple criteria assessment of sustainability programs in the textile industry. *International Transactions in Operational Research*, *28*(3), 1550–1572. <https://doi.org/10.1111/itor.12871>

Maran et el, U. P. M. (2017). *SKEMA PEMBAGIAN MANFAAT DAN STAKEHOLDERS TERHADAP PENGELOLAAN HUTAN DAMAR (Agathis labillardieri Warb.) DISTRIK BIAK TIMUR*

- KABUPATEN BIAK NUMFOR. 3(1), 1–13.
- Masha, M., Bojago, E., Belayneh, M., Tadila, G., & Abera, A. (2024). Quantifying forest degradation rates and their drivers in Alle district, southwestern Ethiopia: Implications for sustainable forest management practices. *Geomatica*, 76(2). <https://doi.org/10.1016/j.geomat.2024.100009>
- Mayasari, T., Nugroho, B., & Wijayanto, N. (2015). Perubahan Kelembagaan Formal Dalam Pengelolaan Lahan Di Blok Pemanfaatan Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (Tahura War). *RISALAH KEBIJAKAN PERTANIAN DAN LINGKUNGAN: Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian Dan Lingkungan*, 2(1), 78. <https://doi.org/10.20957/jkebijakan.v2i1.10398>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2021 KLHK, 2021. (2021). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2021 Tentang Perencanaan Kehutanan, Perubahan Peruntukan dan Fungsi Kawasan Hutan, Serta Penggunaan Kawasan Hutan. *Menteri Kesehatan Republik Indonesia Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*, 7(879), 2004–2006. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/235244/permen-lhk-no-7-tahun-2021>
- Rahayu, S., Basuni, S., Kartono, A. P., & file:///D:/Data dari Laptop ASUS/4. BPSILHK Solo/kuliah S2 UNS/thesis/Jurnal Referensi/jurnal referensi tambahan/41392-94938-1-SM.pdf Hikmat, A. (2018). Pemetaan para pihak dalam pemulihan KHDTK Samboja. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 15(2), 127–142.
- Rahman, H. S., Aryanti, N. A., Nada, F. M. H., & Adi, R. N. (2023). Analisis Tingkat Erosi Hutan Jati di Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Cemoro Modang, Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(1), 240–247. <https://doi.org/10.14710/jil.22.1.240-247>
- Sugiono, (2017). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: CV. Alfabeta.
- Undang-Undang N0 41 Tahun 1999. (1999). *Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan*. 19(11), 1649–1654.
- Wakka, Abd Kadir Wakka, A. K. (2014). ANALISIS STAKEHOLDERS PENGELOLAAN KAWASAN HUTAN DENGAN TUJUAN KHUSUS (KHDTK) MENGKENDEK, KABUPATEN TANA TORAJA, PROVINSI SULAWESI SELATAN ( Stakeholders Analysis of the Management Mengekendek Forest for Special Purpose, 47–56. (2014). ANALISIS STAKEHOLDERS PENGELOLAAN KAWASAN HUTAN DENGAN TUJUAN KHUSUS (KHDTK) MENGKENDEK, KABUPATEN TANA TORAJA, PROVINSI SULAWESI SELATAN ( Stakeholders Analysis of the Management Mengekendek Forest for Special Purpose ( KHDTK Mengkendek ), Tana Toraja Di. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 3(1), 47–56.
- Wang, G. G., Lu, D., Gao, T., Zhang, J., Sun, Y., Teng, D., Yu, F., & Zhu, J. (2025). Climate-smart forestry: an AI-enabled sustainable forest management solution for climate change adaptation and mitigation. *Journal of Forestry*

*Research*, 36(1).  
<https://doi.org/10.1007/s11676-024-01802-x>

Yusran dan Sabar. (2013). *Analisis Pemangku Kepentingan dalam Pengelolaan Hutan Pendidikan Universitas Hasanudi (HPUH)*. September.

**PEMETAAN POTENSI GENANGAN BANJIR BERDASARKAN TOPOGRAPHIC WETNESS  
INDEX DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BARUMUN BILAH**

*(Mapping on the Potential Flood Inundation Based on Topographic Wetness Index of  
Barumun Bilah Watershed)*

Masitoh Munthe<sup>1\*</sup>, Nursida Arif<sup>2</sup>, dan Dyah Respati Suryo Sumunar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Magister Pendidikan Geografi, FISIP, Universitas Negeri Yogyakarta  
Jl. Colombo No.1, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

<sup>2</sup>Departemen Pendidikan Geografi, FISIP, Universitas Negeri Yogyakarta  
Jl. Colombo No.1, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

\*Email: masitohmunthe.2023@student.uny.ac.id

Diterima: 11 Desember 2024, Direvisi : 17 Juni 2025, Disetujui : 23 Juni 2025

**ABSTRACT**

*Barumun Bilah watershed covers large rivers, including the Bilah River and the Barumun River. These two rivers often overflow during the rainy season, causing the areas next to the rivers to be flooded. This research aims to map the distribution of flood-prone areas in the Barumun Bilah Watershed. This study utilized a geographic information system (GIS) to process DEM (Digital Elevation Model) data using the Topographic Wetness Index (TWI) method. The results of the analysis were in the form of a map depicting three classes of potential flooding in the area flowed by the Barumun Bilah Watershed, namely the high class covering an area of 247,524.40 ha, the medium category covering an area of 537,620.82 ha, and the low category covering an area of 513,558.70 ha. Bilah Hulu, Labuhanbatu, North Sumatera province, is the largest area in the high class flood potential category with an area of 24,711 Ha. The resulting map provides spatial information that could be used as the basis for producing planning documents such as Regional Spatial Plans (RTRW), designing disaster risk mitigation strategies for the community, and determining flood control policies in sub-districts with a high TWI category.*

**Keywords: floods; Barumun Bilah Watershed; Topographic Wetness Index; mapping**

**ABSTRAK**

Daerah Aliran Sungai (DAS) Barumun Bilah memiliki sungai besar yang mengalir yakni Sungai Barumun dan Sungai Bilah. Kedua sungai ini seringkali meluap ketika musim hujan sehingga wilayah yang dialiri oleh sungai tersebut dilanda banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah memetakan sebaran potensi genangan wilayah kabupaten di DAS Barumun Bilah.

Penelitian ini memanfaatkan sistem informasi geografis (SIG) untuk mengolah data DEM (*Digital Elevation Model*) dengan metode *Topographic Wetness Index* (TWI). Hasil analisis berupa peta yang menggambarkan 3 kelas potensi genangan pada wilayah DAS Barumun Bilah yaitu kelas tinggi seluas 247.524,40 ha, kategori sedang seluas 537.620,82 ha, dan kategori rendah seluas 513.558,70 ha. Kecamatan Bilah Hulu, Kabupaten Labuhanbatu, Provinsi Sumatera Utara merupakan wilayah paling luas dalam kategori potensi genangan banjir kelas tinggi seluas 24.711 Ha. Peta yang dihasilkan memberikan informasi spasial yang dapat digunakan sebagai dasar untuk penyusunan dokumen perencanaan seperti Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), perancangan strategi mitigasi risiko bencana bagi masyarakat, dan penetapan kebijakan pengendalian banjir di kecamatan-kecamatan dengan kategori TWI tinggi.

**Kata kunci: banjir; DAS Barumun Bilah; *Topographic Wetness Index*; pemetaan**

## I. PENDAHULUAN

Banjir menjadi bencana yang sering terjadi di Indonesia juga di dunia. Di saat musim hujan banjir akan menjadi ancaman bencana rutin bagi penduduk. Banjir sebagai fenomena alam menjadi ancaman bahaya ketika berdampak negatif seperti kerusakan infrastruktur, korban atau hilangnya nyawa manusia, dan kerugian pada lingkungan yang terdampak baik secara sosial maupun ekonomi (Septiady & Sudaryatno, 2018). Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang tergolong berdampak besar bagi masyarakat Indonesia (Septian, Sabri, & Hadi, 2023). Secara hidrologis, banjir terjadi di dalam cakupan suatu DAS, khususnya di wilayah dataran rendah seperti hilir sungai, tepian sungai atau cekungan yang memiliki potensi genangan lebih tinggi. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa aspek seperti bentuk dan kerapatan sungai, aspek hukum gerak air atau hidrolika serta bentuk daerahnya (Ramadhan, Harnani, & Setiawan, 2022).

Banyak faktor yang menyebabkan banjir seperti hujan lebat dengan durasi yang

sangat lama secara terus menerus (hujan di atas normal), saluran drainase yang tersumbat di wilayah perkotaan, rusaknya tanggul, dan berkurangnya lahan resapan sebagai akibat perubahan penggunaan lahan, serta faktor-faktor fisik lainnya (Mataburu, Handawati, & Nugratama, 2022). Topografi menjadi salah satu faktor yang memiliki peranan besar terkait penyebaran spasial keadaan hidrologi (Sørensen, Zinko, & Seibert, 2006). Jika suatu daerah memiliki kemiringan lereng yang tinggi maka turunnya air hujan ke lahan akan mudah mengalir menjadi aliran permukaan, akan tetapi jika suatu daerah memiliki kemiringan lereng rendah atau relatif datar maka air dapat menggenang sehingga daerah tersebut juga lebih rawan terkena banjir (Karana & Suprihardjo, 2013; Miardini & Saragih, 2019). Keadaan topografi juga berhubungan dengan besaran curah hujan yang diterima. Pada daerah *windward* diperoleh curah hujan yang banyak dikarenakan daerah tersebut menghadap ke arah datangnya peredaran angin daripada daerah yang membelakangi peredaran angin atau dikenal dengan

*leeward* (Harijono, 2008). Selain faktor topografi, jarak kedekatan suatu wilayah dengan sungai juga menjadi faktor yang berpengaruh dalam peristiwa banjir (Syarif, 2021). Suatu wilayah yang memiliki jarak dekat dengan sungai, maka semakin tinggi pula peluang terjadinya banjir di wilayah tersebut (Kusumo, Probo, & Nursari, 2016).

Berdasarkan Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI), Indonesia mengalami 1.255 kejadian bencana banjir pada tahun 2023. Dari banyaknya kasus bencana banjir tersebut, wilayah yang paling banyak mengalami berada pada pulau Sumatera dengan 233 kasus. Di antara beberapa provinsi yang berada pada pulau tersebut, Sumatera Utara mengalami bencana banjir yang paling banyak, yaitu 112 kejadian pada tahun 2023 (BNPB, 2024). Dalam kurun waktu 1 tahun, angka ini tergolong sangat tinggi untuk ukuran kejadian bencana yang dialami suatu wilayah karena berdampak merugikan korban (Rahmasari, Rifany, Priharyanto, & Kurniawan, 2024). Adapun dampak dari bencana banjir di Provinsi Sumatera Utara ialah 102 orang terluka, 11 orang hilang, 10 orang korban meninggal, dan memberi efek penderitaan kepada sebanyak 158 ribu orang di provinsi tersebut (BNPB, 2024). Berdasarkan data yang bersumber dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Sumatera Utara Periode 2013-2033, diketahui bahwa Sumatera Utara memiliki 72 DAS dan 3 DAS dengan kondisi hidrologi yang terdiri atas air permukaan yaitu rawa, air bawah tanah, danau, dan sungai (Sumutprov, 2013). Pada penelitian ini dipilih salah satu DAS di Sumatera Utara yang belum pernah dikaji dan sering mengalami banjir yaitu DAS Barumun Bilah.

Untuk mengatasi terjadinya banjir di kemudian hari penting adanya penelitian untuk mengetahui persebaran wilayah yang berpotensi banjir. Salah satu cara mendeteksi wilayah yang merupakan daerah rawan banjir ialah dengan menggunakan metode *Topographic Wetness Index (TWI)*. TWI atau yang disebut sebagai indeks kelembapan topografi pertama kali dikembangkan pada tahun 1979 oleh Kirby dan Beven sebagai bagian dari pemodelan limpasan (Latue, 2023). Dengan metode ini akan diketahui nilai index kebasahan lahan secara kuantitatif karena nilai efek topografi lokal dapat diketahui melalui TWI terhadap kondisi elevasi, limpasan air hujan, dan morfologi suatu daerah, dengan asumsi bahwa daerah tersebut rawan bencana banjir khususnya banjir genangan (Mahfudz, Riadi, & Rifaldi, 2022). Akumulasi air yang terdapat pada cekungan suatu daerah akibat kondisi topografi dan kemiringan lereng dapat dideteksi melalui metode TWI (Ramadhan *et al.*, 2022). Perhitungan TWI didasarkan pada data *Digital Elevation Model (DEM)* atau *Digital Terrain Model (DTM)* dari suatu daerah (Budiharso & Momongan, 2023).

Beberapa penelitian relevan yang menunjukkan efektivitas TWI dalam analisis banjir seperti Laswanto, Sunarti, & Zuhdi (2025) menampilkan peta rawan banjir di DAS Kenali Besar Kota Jambi dengan pengolahan data Digital Terrain Model menggunakan GIS. Hasil penelitian tersebut menunjukkan konsistensi antara area dengan nilai TWI tinggi dan kejadian banjir yang tercatat di lapangan. Penelitian lainnya ialah penelitian oleh Budiharso &

Momongan (2023) yang mengkaji potensi bahaya banjir di kota Manado menggunakan metode TWI. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah nilai TWI yang tinggi memiliki keterkaitan kuat dengan wilayah yang berpotensi mengalami banjir. Nilai TWI dapat dimanfaatkan untuk menentukan daerah rawan banjir genangan, namun metode ini tidak efektif digunakan untuk mendeteksi banjir bandang yang terjadi di suatu wilayah karena faktor penyebabnya yang lebih kompleks (Nucifera & Putro, 2017). Banjir genangan membutuhkan parameter lain seperti penelitian yang dilakukan oleh Dhiniati & Dinata (2022) yang mengidentifikasi kerentanan banjir bandang di sub DAS Air Mulak. Dalam penilaian kerawanan banjir bandang tersebut peneliti menggunakan TWI bersama dengan parameter lain, tidak hanya menyoroTI TWI sebagai indikator utama.

Pemetaan wilayah yang berpotensi banjir menggunakan TWI dapat membantu pihak-pihak yang akan mengambil keputusan dalam merencanakan langkah efektif terkait manajemen bencana, pengelolaan wilayah dan sumber daya alam (Muin, Somae, & Rakuasa, 2023). Pemetaan digital dengan memanfaatkan sistem informasi geografis (SIG) menjadi salah satu cara efektif untuk memetakan wilayah yang berpotensi banjir (Restianto, Poniman, & Supriyatno, 2023). Berdasar hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran genangan wilayah kabupaten yang dilintasi oleh Sungai

Barumun Bilah yang berpotensi banjir dengan menggunakan TWI.

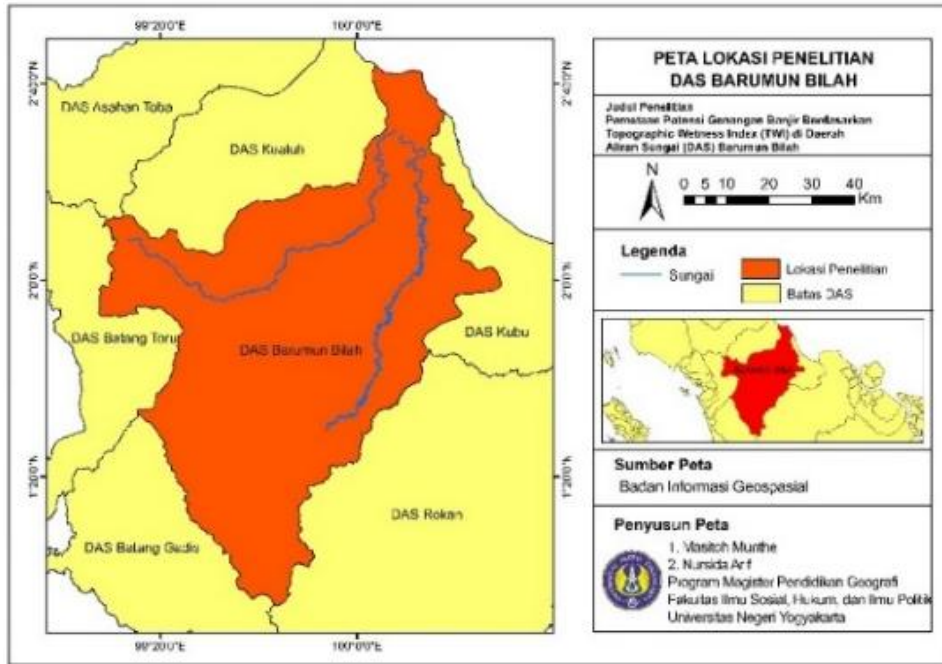
## II. BAHAN DAN METODE

### A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada November 2024 di DAS Barumun Bilah yang berada dalam wilayah kerja Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Asahan Barumun, Region Sumatera. DAS Barumun Bilah mempunyai luas 1.338.385,97 Ha. DAS Barumun Bilah meliputi 9 kabupaten yakni Labuhanbatu Utara, Labuhanbatu, Labuhanbatu Selatan, Rokan Hilir, Padang Lawas Utara, Tapanuli Utara, Padang Lawas, Tapanuli Selatan, dan Toba Samosir. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

### B. Bahan dan Alat

Penelitian menggunakan beberapa bahan yaitu DEM (*Digital Elevation Model*) SRTM 30 m yang diunduh melalui link <https://www.indonesia-geospasial.com>, serta batas DAS seluruh Indonesia dan data batas administrasi kabupaten/kota yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Peralatan yang digunakan berupa perangkat keras maupun lunak yaitu laptop dan aplikasi *ArcGIS 10.8* sebagai alat mengolah dan menyajikan data spasial. Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) akan memudahkan pengolahan data dan penyampaian informasi kewilayahan seperti tingkat potensi genangan banjir di suatu wilayah (Nurmalasari, Awaluddin, & Nugraha, 2023).

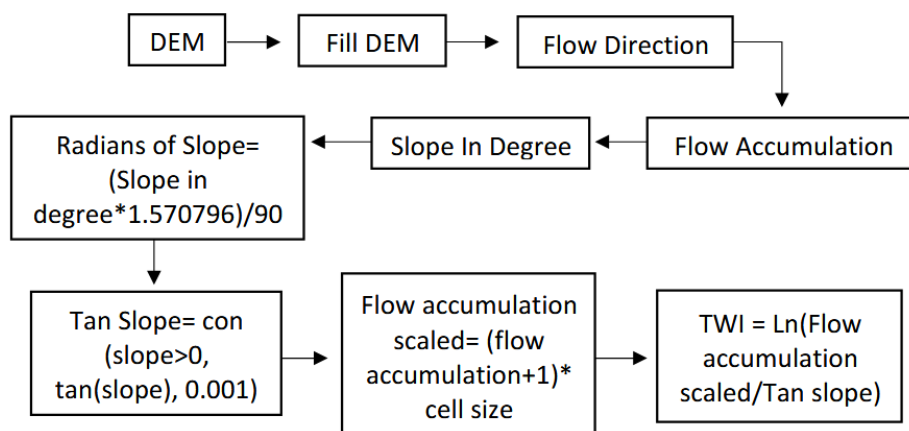


Gambar (Figure) 1. Peta Lokasi Penelitian (Research location map)  
 Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (GIS analysis results, 2024)

### C. Metode Penelitian

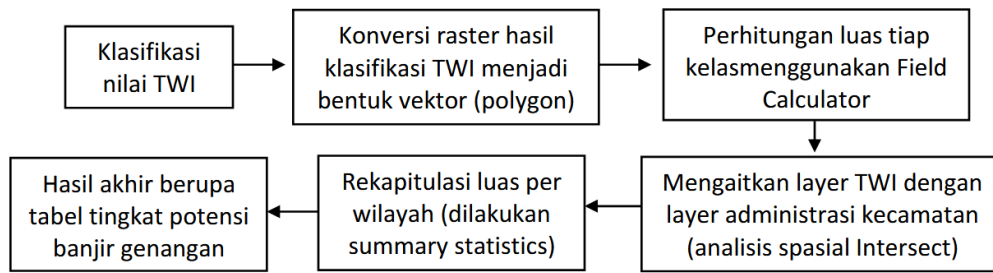
Penentuan wilayah yang memiliki potensi banjir pada DAS Barumun Bilah dilakukan dengan metode *TWI* yakni menggambarkan kondisi topografi dengan angka atau nilai kebasahan lahan. Analisis yang dilakukan berupa analisa spasial dengan sistem tumpang susun peta menggunakan ArcGIS. Berikut Gambar 2 menyajikan diagram alir perhitungan *TWI*.

Tahapan analisis setelah perhitungan *TWI* adalah pengelompokan area berdasarkan potensi kerawanan genangan banjir. Klasifikasi kelas potensi genangan banjir dibagi menjadi 3 kelas (rendah, sedang, dan tinggi) menggunakan metode Natural Breaks (Jenks), seperti terlihat pada Gambar 3. Perolehan data hasil deteksi kerawanan banjir divalidasi dengan kajian historis kebencanaan.



Gambar (Figure) 2. Diagram Alir Perhitungan *TWI* (TWI Calculation Flow Chart)

Sumber (Source): Modifikasi dari (Modified from) Uca, Lamada, Nyompa, & Haris (2022); Budiharso & Momongan (2023)



Gambar (Figure) 3. Diagram Alir Analisis Nilai Potensi Kerawanan Genangan Banjir (Flowchart of Flood Inundation Potential Value Analysis)

Sumber (Source): Modifikasi dari (Modified from) Laswanto et al. (2025)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran tingkat TWI yang dihasilkan dari proses pengolahan data pada aplikasi ArcGIS disajikan dalam Tabel 1 dan Gambar 4. Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 4, diketahui bahwa ada 3 kelas potensi genangan banjir di DAS Barumun Bilah yaitu kelas rendah, sedang dan tinggi.

Total luas wilayah yang dihitung berdasarkan klasifikasi pada Tabel 1 memiliki perbedaan dengan total luas wilayah DAS Barumun Bilah. Selisih antara kedua luas tersebut adalah 1.338.385,97 (luas DAS Barumun Bilah) – 1.298.703,93 (total luas wilayah berdasarkan kelas TWI) = 39.682,04 ha (396,82 km<sup>2</sup>) atau sekitar 3% dari total DAS. Dari hasil analisis spasial, perbedaan tersebut diduga disebabkan oleh sebagian kecil area yang tidak terekstraksi saat *overlay*, serta kemungkinan celah spasial antara batas

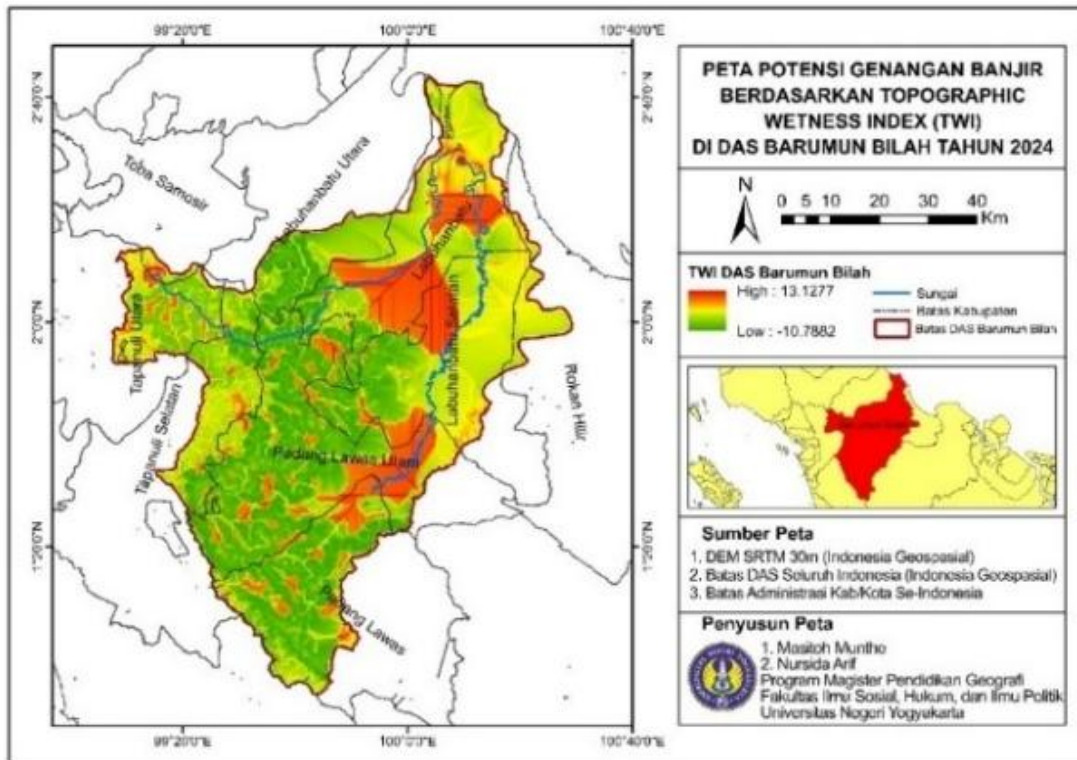
administratif dengan data raster TWI. Rincian luas wilayah yang berpotensi genangan banjir pada masing-masing kecamatan dari 9 kabupaten di DAS Barumun Bilah ditampilkan pada Tabel 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10.

Kabupaten Labuhanbatu Utara terdiri atas 8 kecamatan, namun yang termasuk kedalam DAS Barumun Bilah ada 5 kecamatan (Tabel 2). Wilayah kabupaten ini didominasi dengan kerawanan banjir sedang dan rendah (Tabel 2). Hal ini berkaitan dengan kondisi morfologi wilayah Labuhanbatu Utara berupa pegunungan atau perbukitan khususnya di beberapa bagian wilayah selatan seperti kecamatan Aek Natas, Marbau, dan NA IX-X. Terdapat 2 kecamatan yang luas wilayahnya banyak tercakup kedalam DAS Bilah yaitu kecamatan Marbau dan kecamatan NA IX-X.

Tabel (Table) 1. Jumlah Luas Wilayah Berdasarkan Klasifikasi Kelas TWI DAS Barumun Bilah (Total Area Based on TWI Classification of Barumun Bilah Watershed)

Kelas TWI (TWI Class)	Rentang Nilai (Value Range)	Jumlah Luas Wilayah (Ha) (Area)
Rendah (low)	-10.7882 – -5.5269	513.558,70
Sedang (medium)	-5.5269 – 0.7326	537.620,82
Tinggi (high)	0,7326 – 13.1277	247.524,40
Total		1.298.703,93

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (GIS analysis results, 2024)



Gambar (Figure) 4. Peta Potensi Genangan Banjir di DAS Barumon Bilah (Map of Potential Flood Inundation in the Barumon Bilah Watershed)

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (GIS analysis results, 2024)

Tabel (Table) 2. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Labuhanbatu Utara (The area of potential flood inundation in North Labuhanbatu Regency)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Labuhanbatu Utara	Aek Kuo	Rendah	174
		Sedang	791
	Aek Natas	Rendah	36
		Sedang	27
	Kualuh Hilir	Rendah	4
		Sedang	230
	Marbau	Rendah	12.219
		Sedang	22.748
		Tinggi	623
	Na IX - X	Rendah	21.767
Sedang		9.516	
		Tinggi	9

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (GIS analysis results, 2024)

Kabupaten Labuhanbatu merupakan salah satu daerah yang berada di kawasan Pantai Timur Sumatera Utara dengan morfologi dataran dan perbukitan. Sungai yang terdapat di kabupaten ini adalah

Sungai Bilah. Kecamatan Bilah Hulu menjadi wilayah paling luas dalam kategori potensi genangan banjir kelas tinggi seluas 24.711 Ha (Tabel 3). Hal ini dapat dilihat dari kejadian banjir yang setiap tahun

dialami pada beberapa kecamatan. Berdasarkan informasi dari dokumen Rencana Kontinjensi Desa N-4 Aek Nabara, Kecamatan Bilah Hulu, tahun 2023, diketahui bahwa terdapat 2 dusun yang tergenang oleh banjir dengan ketinggian air 1-1,5 meter. Beberapa faktor penyebab banjir tersebut adalah hujan yang terjadi hampir setiap hari pada bulan september hingga desember dengan intensitas cukup tinggi, adanya banjir kiriman dari hulu sungai serta pendangkalan Sungai Talihoran, sistem drainase di beberapa kawasan permukiman tidak efektif seperti di Dusun Pancasila, saluran air yang sering tersumbat oleh tanaman liar dan sampah, serta permukiman informal di tepi sungai yang juga mempengaruhi penyumbatan tersebut. Genangan air surut setelah 2 hari, dan benar-benar kering setelah 5 hari, hal tersebut dikarenakan ada beberapa kawasan yang berbentuk cekungan dan relatif datar di wilayah Desa N-4 Aek Nabara.

Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nucifera & Putro (2017) yang mendeteksi kerawanan banjir genangan menggunakan TWI di Kabupaten Kebumen. Hasil penelitian tersebut menggambarkan bahwa banjir yang terjadi dipicu oleh faktor hidrometeorologi, topografi, morfologi lahan, dan aktivitas manusia. Terdapat wilayah yang mengalami genangan air cukup lama dikarenakan topografi yang

datar cenderung kearah cekung, salah satunya di lahan pertanian penduduk.

Selain Labuhanbatu, kabupaten yang juga memiliki luas wilayah cukup besar di DAS Barumun Bilah adalah Labuhanbatu Selatan. Dari Tabel 4 dapat diketahui semua kecamatan yang ada di Kabupaten Labuhanbatu Selatan memiliki wilayah dengan potensi banjir genangan kelas tinggi. Hal ini sejalan dengan jumlah desa/kelurahan yang mengalami bencana banjir sepanjang tahun 2024 yaitu Sungai Kanan sebanyak 5 desa, Torgamba sebanyak 6 desa, Kotapinang sebanyak 5 desa, dan Kampung Rakyat sebanyak 3 desa (BPS, 2025). Banjir yang terjadi di Labuhanbatu Selatan umumnya disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi dan berlangsung lama menyebabkan naiknya debit air Sungai Barumun dan meluap hingga menggenangi lokasi yang berada di Kabupaten Labuhanbatu Selatan (BPBD Labuhanbatu Selatan, 2024).

Kabupaten di luar dari provinsi Sumatera Utara yang termasuk sebahagian wilayahnya ke dalam DAS Barumun Bilah adalah Rokan Hilir. Terdapat 4 kecamatan dengan potensi kerawanan banjir genangan didominasi oleh klasifikasi kelas kerawanan yang sedang. Tabel 5 menampilkan luas kerawanan banjir genangan masing-masing kecamatan yang ada di Rokan Hilir.

Tabel (Table) 3. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Labuhanbatu (*The area of potential flood inundation in Labuhanbatu Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Labuhanbatu	Bilah Barat	Rendah	10.057
		Sedang	3.478
		Tinggi	6.763
	Bilah Hilir	Rendah	329
		Sedang	27.009
		Tinggi	15.214
	Bilah Hulu	Rendah	3.002
		Sedang	1.610
		Tinggi	24.711
	Panai Hilir	Rendah	383
		Sedang	26.253
	Panai Hulu	Sedang	7.567
		Tinggi	10.933
	Panai Tengah	Rendah	1.090
		Sedang	28.498
		Tinggi	17.089
	Pangkatan	Rendah	1.250
		Sedang	13.582
		Tinggi	20.715
	Rantau Selatan	Rendah	734
		Sedang	4.323
Tinggi		1.375	
Rantau Utara	Rendah	3.439	
	Sedang	4.598	
	Tinggi	3.210	

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Tabel (Table) 4. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Labuhanbatu Selatan (*The area of potential flood inundation in South Labuhanbatu Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Labuhanbatu Selatan	Kampung Rakyat	Rendah	18.212
		Sedang	38.985
		Tinggi	13.718
	Kotapinang	Rendah	3.593
		Sedang	19.978
		Tinggi	10.484
	Silangkitang	Rendah	23.678
		Sedang	1.317
		Tinggi	5.375
	Sungai Kanan	Rendah	42.685
		Sedang	10.697
		Tinggi	16.236
	Torgamba	Sedang	78
		Tinggi	3.337

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Tabel (Table) 5. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Rokan Hilir (*The area of potential flood inundation in Rokan Hilir Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Rokan Hilir	Kubu	Sedang	5.098
	Kubu Babussalam	Sedang	1.258
	Pasir Limau Kapas	Sedang	12.682
		Tinggi	81
	Simpang Kanan	Sedang	4.587

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Kabupaten lainnya yang berada dalam DAS Barumun Bilah adalah Padang Lawas Utara. Padang Lawas Utara memiliki 12 kecamatan, dimana hampir keseluruhan wilayah masing-masing kecamatan termasuk ke dalam DAS Barumun Bilah. Rincian luas wilayah genangan banjir kabupaten Padang Lawas Utara dapat dilihat pada Tabel 6 yang menampilkan dominasi kerawanan banjir terluas adalah kelas rendah. Kecamatan yang memiliki wilayah terluas dengan potensi kerawanan banjir genangan tinggi adalah Padang Bolak. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Padang Lawas Utara terdapat 3 kecamatan yang mengalami bencana banjir sepanjang tahun 2024, yaitu kecamatan Simangambat sebanyak 12 desa yang terpapar banjir, kecamatan Ujung Batu sebanyak 8 desa, dan kecamatan Dolok sebanyak 2 desa. Dari data BPS tersebut dapat diketahui bahwa tidak semua wilayah dengan nilai TWI tinggi di kabupaten Padang Lawas Utara mengalami banjir. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat faktor non-topografi yang juga mempengaruhi kejadian genangan.

Kabupaten Tapanuli Utara memiliki 15 kecamatan, 4 diantaranya termasuk ke dalam DAS Barumun Bilah yaitu kecamatan

Garoga, Pahae Jae, Pangaribuan, dan Sipahutar. Pahae Jae merupakan kecamatan dengan luas wilayah kerawanan banjir yang terkecil dan masuk pada kategori sedang (Tabel 7). Luas yang dimaksud adalah wilayah yang berada dalam DAS Barumun Bilah.

Salah satu peristiwa banjir di kabupaten Tapanuli Utara yang terjadi di akhir tahun 2024 ialah kecamatan Pahae Jae. Berdasarkan informasi dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) kabupaten Tapanuli Utara bahwa titik lokasi kejadian banjir menimpa 3 daerah (kelurahan Pasar Sarulla kecamatan Pahae Jae, desa Parsaoran Samosir, dan desa Parsaoran Nainggolan). Banjir tersebut mengakibatkan kerusakan signifikan diantaranya sekitar 140 rumah terendam banjir, sekitar 100 Ha sawah rusak, terputusnya jalan utama maupun jalan penghubung antar dusun karena tertutupi dengan lumpur dan material lainnya (kayu, batu, pasir), rusaknya fasilitas umum seperti puskesmas dan pasar Sarulla. Kejadian banjir di Kecamatan Pahae Jae disebabkan oleh cuaca yang ekstrem dan faktor topografi yang dipengaruhi oleh aliran sungai.

Tabel (Table) 6. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Padang Lawas Utara (*The area of potential flood inundation in North Padang Lawas Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Padang Lawas Utara	Batang Onang	Rendah	24.759
		Sedang	3.331
		Tinggi	1.492
	Dolok	Rendah	37.515
		Sedang	8.348
		Tinggi	3.382
	Dolok Sigompulon	Rendah	17.380
		Sedang	5.807
		Tinggi	3.069
	Halongonan	Rendah	28.567
		Sedang	3.064
		Tinggi	1.591
	Halongonan Timur	Rendah	12.711
		Sedang	5.058
		Tinggi	11.361
	Hulu Sihapas	Rendah	5.363
		Sedang	1.314
		Tinggi	547
	Padang Bolak	Rendah	40.012
		Sedang	15.668
		Tinggi	23.534
	Padang Bolak Julu	Rendah	16.034
		Sedang	2.284
		Tinggi	1.326
	Padang Bolak Tenggara	Rendah	7.201
		Sedang	1.189
		Tinggi	1.103
Portibi	Rendah	16.127	
	Sedang	5.259	
	Tinggi	3.227	
Simangambat	Rendah	2.109	
	Sedang	10.921	
	Tinggi	22.740	
Ujung Batu	Sedang	10.193	
	Tinggi	10.998	

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Kabupaten Padang Lawas memiliki 17 kecamatan dan 13 diantaranya termasuk dalam kawasan DAS Barumon Bilah. Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa kecamatan terluas dengan kelas kerawanan yang tinggi adalah kecamatan

Huristak seluas 10.191 Ha. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Padang Lawas (2025), sepanjang tahun 2024 terdapat 47 desa/kelurahan yang mengalami banjir. Sebagian besar lokasi kejadian banjir berada di wilayah dengan

nilai TWI sedang dan tinggi, menunjukkan bahwa faktor topografi berperan dalam pembentukan genangan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ma'rufah *et al.*, (2024) yang mendeteksi kerawanan banjir genangan di sub DAS Way Katibung menggunakan metode TWI. Hasil penelitian tersebut menggambarkan daerah dengan nilai TWI rendah tidak berpotensi mengalami banjir genangan, sebaliknya daerah dengan nilai TWI tinggi paling rawan akan banjir genangan.

Kabupaten lainnya yang juga memiliki kecamatan cukup banyak adalah Tapanuli Selatan. Kabupaten ini terdiri atas 15 kecamatan dan 6 kecamatan diantaranya termasuk ke dalam DAS Barumon Bilah. Wilayah potensi banjir genangan kabupaten ini didominasi oleh kelas kerawanan sedang dan rendah seperti ditampilkan pada Tabel 9. Adapun kecamatan dengan luas kerawanan banjir terkecil adalah Sayur Matinggi seluas 7 Ha.

Kabupaten terakhir dalam DAS Barumon Bilah dengan luas wilayah terkecil

adalah Kabupaten Toba dengan 1 kecamatan yakni Borbor. Luas kecamatan Borbor yang termasuk ke dalam DAS Barumon Bilah sekitar 44,21%. Wilayah tersebut didominasi dengan kelas kerawanan banjir genangan yang sedang, diikuti kelas tinggi dan kemudian rendah (Tabel 10).

Peta sebaran tingkat potensi genangan banjir yang dihasilkan dari proses pengolahan metode TWI pada DAS Barumon Bilah menampilkan informasi penting bagi berbagai pihak untuk mengambil kebijakan. Pemerintah daerah khususnya di tingkat kabupaten dan kecamatan dapat memanfaatkan informasi spasial ini sebagai dasar dalam penyusunan dokumen perencanaan, salah satunya Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Peta yang diperoleh mendukung kebijakan perencanaan tata ruang wilayah yang lebih adaptif terhadap risiko bencana hidrometeorologi.

Tabel (Table) 7. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Tapanuli Utara (*The area of potential flood inundation in North Tapanuli Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)	
Tapanuli Utara	Garoga	Rendah	23.043	
		Sedang	18.840	
		Tinggi	4.598	
	Pahae Jae	Sedang	233	
		Pangaribuan	Rendah	5.652
			Sedang	18.245
	Sipahutar	Tinggi	2.045	
		Rendah	964	
		Sedang	5.022	
		Tinggi	2.120	

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Tabel (Table) 8. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Padang Lawas (*The area of potential flood inundation in Padang Lawas Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Padang Lawas	Aek Nabara Barumun	Rendah	20.308
		Sedang	2.632
		Tinggi	2.776
	Barumun	Rendah	7.094
		Sedang	4.334
		Tinggi	522
	Barumun Barat	Rendah	3.832
		Sedang	400
		Tinggi	461
	Barumun Baru	Rendah	1.179
		Sedang	189
		Tinggi	5
	Barumun Selatan	Rendah	5.558
		Sedang	4.232
		Tinggi	1.236
	Barumun Tengah	Rendah	7.117
		Sedang	3.597
		Tinggi	1.236
	Huristak	Rendah	8.039
		Sedang	6.910
		Tinggi	10.191
	Lubuk Barumun	Rendah	6.582
		Sedang	2.536
		Tinggi	1.725
	Sihapas Barumun	Rendah	3.379
		Sedang	1.060
		Tinggi	387
	Sosa Julu	Rendah	180
		Sedang	1.859
		Tinggi	1.089
Sosopan	Rendah	26.836	
	Sedang	8.396	
	Tinggi	5.520	
Ulu Barumun	Rendah	17.727	
	Sedang	1.978	
	Tinggi	181	
Ulu Sosa	Rendah	510	
	Sedang	569	

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Tabel (Table) 9. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Tapanuli Selatan (*The area of potential flood inundation in South Tapanuli Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)	
Tapanuli Selatan	Aek Bilah	Rendah	27.551	
		Sedang	12.517	
		Tinggi	817	
	Angkola Timur	Rendah	9.610	
		Sedang	1.441	
		Tinggi	241	
	Arse	Sedang	9.042	
		Tinggi	505	
	Saipardolokhole	Rendah	7.842	
		Sedang	23.326	
		Tinggi	3.426	
	Sayur Matinggi	Rendah	7	
		Sipirok	Rendah	3.196
			Sedang	12.831
			Tinggi	1.378

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Tabel (Table) 10. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Toba (*The area of potential flood inundation in Toba Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Toba	Borbor	Rendah	1.530
		Sedang	3.559
		Tinggi	2.722

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Klasifikasi TWI dari peta potensi genangan banjir di DAS Barumon Bilah memberikan informasi wilayah yang tergolong ke dalam kategori tinggi, sedang, dan rendah, sehingga pemerintah daerah dapat mengidentifikasi kecamatan yang berpotensi mengalami akumulasi air permukaan dan genangan saat musim hujan tiba. Hal ini bertujuan untuk menghindari pembangunan infrastruktur maupun permukiman di zona TWI tinggi agar mengurangi risiko kerugian secara fisik, ekonomi maupun sosial akibat bencana banjir.

Selain itu, peta ini dapat menjadi acuan dalam menetapkan kebijakan pengendalian banjir di kecamatan-kecamatan yang berada pada kategori TWI tinggi. Wilayah tersebut dapat dijadikan prioritas lokasi pembangunan infrastruktur pengendali banjir seperti sistem drainase terpadu, pembuatan tanggul, penyediaan lahan resapan, kolam retensi, peningkatan kapasitas sungai, pengembangan ruang terbuka hijau, rehabilitasi hutan di daerah tangkapan air atau di wilayah rawan banjir, dan cara lainnya yang sesuai untuk diterapkan. Melalui pendekatan berbasis

spasial ini, alokasi anggaran menjadi lebih tepat sasaran dan efisien.

Peta yang diperoleh juga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam strategi mitigasi risiko bencana banjir. Pemerintah daerah maupun lembaga non-pemerintah dapat menggunakan data ini untuk menyusun program kesiapsiagaan masyarakat, seperti sosialisasi, penyediaan rambu peringatan dini, pelatihan evakuasi, atau sistem informasi banjir berbasis komunitas. Kecamatan-kecamatan yang termasuk kedalam TWI tinggi dapat menjadi lokasi prioritas atau sasaran kampanye edukasi tentang kesiapsiagaan bencana banjir bagi masyarakat.

#### IV. KESIMPULAN

Produk yang dihasilkan berupa peta dari penelitian ini bermanfaat bagi pemerintah maupun masyarakat sebagai acuan dalam mengambil keputusan seperti pemilihan lokasi tempat tinggal maupun penanganan banjir di masa mendatang. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan. Metode TWI dapat digunakan dan cukup efektif untuk mendeteksi wilayah yang berpotensi akan banjir genangan tetapi pada kasus yang lebih besar seperti banjir bandang, metode ini kurang efektif. Banjir bandang disebabkan oleh banyak faktor yang lebih kompleks dibanding banjir genangan sehingga dibutuhkan parameter yang lebih kuat dan lebih banyak tidak hanya data DEM dan data administrasi kabupaten/kecamatan yang diolah dalam menentukan kerawanan banjir pada suatu wilayah. Hasil peta dan tabel luas wilayah dengan nilai kerawanan potensi banjir genangan dari penelitian ini mencakup kabupaten dan kecamatan,

namun tidak terlihat secara jelas titik lokasi detail (desa/kelurahan) yang berpotensi banjir. Saran penelitian kedepan dapat menggunakan peta skala detail atau citra resolusi tinggi untuk menampilkan titik lokasi spesifik, sehingga semakin memudahkan penanganan daerah bencana sedini mungkin.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas saran dan kritikan yang telah diberikan dari hasil kepenulisan artikel ini, teman-teman sejawat, serta program studi magister Pendidikan Geografi, FISIP, Universitas Negeri Yogyakarta.

#### KONTRIBUSI

MM berkontribusi terhadap rancangan penelitian, pengolahan data, pembuatan peta, pembahasan dan penulisan naskah atau manuskrip publikasi. NA berkontribusi terhadap pengumpulan data dan pembuatan peta. DRSS berkontribusi terhadap desain penelitian, pengumpulan literatur, dan pembahasan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Indonesia. (2024). [https://dibi.bnpb.go.id/statistik\\_menurut\\_wilayah](https://dibi.bnpb.go.id/statistik_menurut_wilayah)
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Tapanuli Utara. (2025) <https://www.taputkab.go.id/berita/v/banjir-pasar-sarulla>

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Padang Lawas Utara. (2025). <https://palutakab.bps.go.id/id> 6198046.pdf
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Padang Lawas. (2025). <https://padanglawaskab.bps.go.id>
- Budiharso, A. S., & Momongan, A. J. (2023). Kajian Topographic Wetness Index (TWI) untuk Mengetahui Potensi Bahaya Banjir di Kota Manado. *Journal Geological Processes, Risks, and Integrated Spatial Modeling*, 01(01), 1–12.
- Dhiniati, F., & Dinata, A. (2022). Identifikasi Kerentanan Banjir Bandang Menggunakan Metode AHP (Analytical Hoerarchy Process) Berbasis SIG di Sub DAS Air Mulak, Kabupaten Lahat. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 6(1), 39–56. <https://doi.org/10.14341/pmpe-2022-10>
- Harijono, W. B. (2008). Analisis Dinamika Atmosfer di Bagian Utara Ekuator Sumatera pada Saat Peristiwa El-Nino dan Dipole Mode Positif Terjadi Bersamaan. *Jurnal Sains Dirgantara*, 5(Juni), 130–148.
- Karana, R. C., & Suprihardjo, R. (2013). Mitigasi Bencana Banjir Rob di Jakarta Utara. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1).
- Kusumo, Probo, & Nursari, Evi. (2016). Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis Pada DAS Cidurian Kab.Serang, Banten. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 1(1), 29–38. <https://core.ac.uk/download/pdf/23>
- Laswanto, L., Sunarti, S., & Zuhdi, Mohd (2025). *Pemanfaatan Data Digital Terrain Model dan Metode Topographic Wetness Index untuk Pembuatan Peta Rawan Banjir Daerah Aliran Sungai (DAS) Kenali Besar Kota Jambi*. 25(1), 767–771. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v25i1.5544>
- Latue, P. C. (2023). Spatial Analysis of Flood Prone Areas in Fena Leisela Subdistrict, Buru Regency. *Journal of Innovation Information Technology and Application (JINITA)*, 5(1), 65–73. <https://doi.org/10.35970/jinita.v5i1.1865>
- Ma'rufah, W., Ridwan, R., & Amin, M. (2024). Deteksi Kerawanan Banjir Genangan Menggunakan Topographic Wetness Index (TWI) di Sub Das Way Katibung. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 3(2), 238–247. <https://doi.org/10.23960/jabe.v3i2.9435>
- Mahfudz, M., Riadi, B., & Rifaldi, I. (2022). Pemetaan Area Potensi Banjir Berdasarkan Topographic Wetness Index (TWI) di Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor (Mapping Flood Potential Area using Topographic Wetness Index (TWI) in Cigudeg District Bogor Regency). *Geomatika*, 28(1), 13–20.
- Mataburu, I. B., Handawati, R., & Nugratama Hijrawadi, S. (2022). Analisis wilayah rawan banjir DAS Cimanuk hulu menggunakan model complete mapping analysis dan SIG.

- Jurnal Georafflesia*, 7(1), 10–21.  
<https://journals.unihaz.ac.id/index.php/georafflesia>
- 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>
- Muin, A., Somae, G., & Rakuasa, H. (2023). Analisis Potensi Genangan Banjir di Kecamatan Siwalalat, Kabupaten Seram Bagian Timur berdasarkan Topographic Wetness Index. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(5), 1800–1806. <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>.
- Nucifera, F., & Putro, S. T. (2017). Deteksi Kerawanan Banjir Genangan Menggunakan Topographic Wetness Index (TWI). *Media Komunikasi Geografi*, 18(2), 107–116. <https://doi.org/10.23887/mkg.v18i2.12088>
- Nurmalasari, C., Awaluddin, M., & Nugraha, A. L. (2023). Pemetaan Ancaman Bencana Banjir Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) (Studi Kasus: Kecamatan Siwalan, Kabupaten Pekalongan). *Jurnal Geodesi Undip*, 12(3), 191–200.
- Pemerintah Kabupaten Labuhanbatu, Kecamatan Bilah Hulu, Desa N-4 Aek Nabara. (2023). <https://ddlppid.digitaldesa.com/> Rencana Kontinjensi Desa N-4 Aek Nabara Kecamatan Bilah Hulu Kabupaten Labuhanbatu, 2023
- Rahmasari, F., Rifany, M., Priharyanto, T., & Kurniawan, R. (2024). Perbandingan Algoritma Machine Learning dalam Klasifikasi Status Banjir di Sumatera Utara. *Prosiding Seminar Nasional Sains Sains Data*, 4(1), 307–318.
- Ramadhan, H. F., Harnani, H., & Setiawan, B. (2022). Zonasi Area Potensi Banjir Berdasarkan Analisis Topographic Wetness Index. *Journal of Geology Sriwijaya*, 2, 63–68.
- Restianto, M. O., Poniman, A., & Supriyatno, M. (2023). Analisis Kerentanan Banjir di Wilayah Kota Ambon Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Analytical Hierarchy Process (AHP). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 31786–31795. <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/12205%0Ahttps://jptam.org/index.php/jptam/article/download/12205/9390>
- Septiady, B., & Sudaryatno, S. (2018). Pemetaan Potensi Genangan di DAS Ciujung Banten Dengan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Bumi Indonesia*, 7(3). <https://core.ac.uk/download/pdf/295176809.pdf>
- Septian, A., Sabri, L. M., & Hadi, F. (2023). Implementasi Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process Dalam Pembuatan Peta Ancaman Banjir (Studi Kasus: Kota Bekasi, Jawa Barat).

- Jurnal Geodesi Undip Juli*, 2809–9672.
- Sørensen, R., Zinko, U., & Seibert, J. (2006). On the calculation of the topographic wetness index: Evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(1), 101–112. <https://doi.org/10.5194/hess-10-101-2006>
- Sumutprov. (2013). *Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Sumatera Utara Tahun 2013-2033*. 1–83. <https://sumutprov.go.id/images/tentangpemprowsu>
- Syarif, M. M. (2021). Analisis Potensi Sebaran Bahaya Banjir Akibat Kegagalan Tampungandan Bendungan Bili-Bili. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(3), 1316–1327. [https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Munawir-Syarif/publication/353528198\\_Analisis\\_Potensi\\_Sebaran\\_Bahaya\\_Banjir\\_Akibat\\_Kegagalan\\_Tampungandan\\_Bendungan\\_Bili-Bili/links/61e98e96c5e3103375ab1147/Analisis-Potensi-Sebaran-Bahaya-Banjir-Akibat-Kegagalan](https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Munawir-Syarif/publication/353528198_Analisis_Potensi_Sebaran_Bahaya_Banjir_Akibat_Kegagalan_Tampungandan_Bendungan_Bili-Bili/links/61e98e96c5e3103375ab1147/Analisis-Potensi-Sebaran-Bahaya-Banjir-Akibat-Kegagalan)
- Uca, Lamada, M., Nyompa, S., & Haris, N. A. (2022). Morphometry and Topographic Wetness Index Analysis for flood inundation mapping in Mata Allo watershed (South Sulawesi, Indonesia). *Forum Geografic*, 21(2), 133–145. <https://doi.org/10.5775/fg.2022.105.d>

**KAJIAN KETERSEDIAAN AIR DI DAS SAMPEAN BARU UNTUK IRIGASI PERKEBUNAN PISANG  
CAVENDISH (*Musa Acuminata* L) PT. XYZ DI KABUPATEN BONDOWOSO**

***(Water Availability Study in The Sampean Baru Watershed for Irrigation of Cavendish  
Banana (*Musa Acuminata* L) Plantations at PT. XYZ in Bondowoso Regency)***

Elida Novita<sup>1\*</sup>, Idah Andriyani<sup>1</sup>, Heru Ernanda<sup>1</sup>, Halimatus Silvia<sup>1</sup>, dan Hendra Andiananta  
Pradana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember  
Jalan Kalimantan No 37, Jember

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Pangan, Jurusan Pertanian, Politeknik Negeri  
Banyuwangi Jalan Raya Jember KM13, Banyuwangi

\*Email: elida\_novita.ftp@unej.ac.id

Diterima: 28 Juli 2024, Direvisi: 6 Mei 2025, Disetujui: 16 Juli 2025

**ABSTRACT**

*Cavendish bananas, which are popular internationally, could boost Indonesian horticultural exports. PT. XYZ specializes in the cultivation of Cavendish bananas, has a banana plantation in Bondowoso Regency's Sampean Baru Watershed. Factors that must be considered to ensure that the cultivation process runs smoothly include the availability of sufficient water to support cultivation activities. This study aimed to determine the condition of the Sampean Baru Watershed water balance due to the existence of Cavendish banana plantations owned by PT. XYZ. This study involves calculating water availability using FJ. Mock model and calculating water needs, which include calculating the water needs of PT. XYZ's Cavendish banana plantation, agricultural water needs, domestic-non-domestic water needs, and livestock water needs in the Sampean Baru Watershed area. The data used include climatology data, rainfall data, plant data, watershed area data, Bondowoso Regency planting plan data, land cover maps, and soil type maps. The results show that the Sampean Baru Watershed can meet the current water needs of banana plantations and for development purposes. The water balance condition is in surplus in all months. The total water requirement for PT. XYZ's Cavendish banana plantation is currently 0.00976 m<sup>3</sup>/s. The total surplus generated is 301.86 m<sup>3</sup>/s, with the total water requirement for agriculture, domestic, non-domestic, and livestock being 44.189 m<sup>3</sup>/s. Development can be carried out until the Cavendish banana plantation is 13,230.24 ha in area, because the water balance is balanced under these conditions. It is recommended that development not exceed this value to anticipate a deficit condition.*

**Keywords: water availability; water needs; water balance; FJ. Mock; Cavendish banana**

## ABSTRAK

*Pisang Cavendish* menjadi tanaman yang berpotensi meningkatkan nilai ekspor hortikultura di Indonesia karena minat yang tinggi di pasar internasional. Perusahaan yang memiliki fokus pada budidaya pisang *Cavendish* adalah PT. XYZ dengan lokasi perkebunan pisang di wilayah DAS Sampean Baru Kabupaten Bondowoso. Faktor yang perlu diperhatikan untuk memastikan proses budidaya berjalan dengan maksimal adalah wilayah budidaya harus memiliki ketersediaan air yang mencukupi untuk mendukung kegiatan budidaya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi neraca air DAS Sampean Baru terhadap keberadaan perkebunan pisang *Cavendish* milik PT. XYZ. Penelitian ini melibatkan perhitungan ketersediaan air yang dihitung dengan menggunakan model FJ. Mock serta perhitungan kebutuhan air yang meliputi perhitungan kebutuhan air perkebunan pisang *Cavendish* PT. XYZ, kebutuhan air pertanian, kebutuhan air domestik-non domestik, serta kebutuhan air peternakan di wilayah DAS Sampean Baru. Data yang digunakan meliputi data klimatologi, data curah hujan, data tanaman, data luasan DAS, data rencana tata tanam Kabupaten Bondowoso, peta tutupan lahan, dan juga peta jenis tanah. Hasil menunjukkan DAS Sampean Baru mampu memenuhi kebutuhan air perkebunan pisang saat ini dan untuk keperluan pengembangan. Kondisi neraca air mengalami surplus pada semua bulan. Nilai total kebutuhan air untuk perkebunan pisang *Cavendish* PT. XYZ saat ini adalah 0,00976 m<sup>3</sup>/s. Total surplus yang dihasilkan 301,86 m<sup>3</sup>/s dengan total kebutuhan air untuk pertanian, domestik, non-domestik, peternakan adalah sebesar 44,189 m<sup>3</sup>/s. Pengembangan dapat dilakukan hingga perkebunan pisang *Cavendish* berada pada luasan 13.230,24 ha karena pada kondisi tersebut neraca air mengalami kondisi *balance*. Untuk mengantisipasi kondisi defisit terjadi, maka pengembangan direkomendasikan tidak melebihi nilai tersebut.

**Kata kunci: ketersediaan air; kebutuhan air; neraca air; F.J. Mock; Pisang *Cavendish***

### I. PENDAHULUAN

PT. XYZ menjadi salah satu perusahaan yang berfokus pada pengembangan budidaya tanaman pisang terutama jenis *Cavendish* (*Musa acuminata* Lambert). Lokasi perkebunan tersebar di wilayah Provinsi Lampung, Bali dan juga Jawa Timur (Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2014). Tahun 2020, PT. XYZ memperluas kegiatan budidaya tanaman pisang *Cavendish* di Kabupaten Bondowoso dengan lokasi kebun pertama berada di Desa Maskuning Kulon,

Kecamatan Pujer yang secara geografis terletak di 113°59'25.13" BT dan 7°53'57.16" LS. Pada pertengahan 2023, PT. XYZ memulai kegiatan mitra tani untuk tujuan pengembangan perkebunan pisang dan pemberdayaan masyarakat sekitar dengan lokasi perluasan kebun berada di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Sampean Baru. Sampai akhir tahun 2023, perkebunan berkembang menjadi 3 lokasi dengan total luas lahan perkebunan adalah 2,91 ha. Pengembangan perkebunan pisang *Cavendish* oleh PT. XYZ

akan terus dilakukan untuk meningkatkan produksinya mengingat pisang *Cavendish* merupakan pisang yang paling banyak diminati tidak hanya di pasar domestik namun juga pasar internasional.

Peningkatan produksi buah pisang *Cavendish* menjadi tujuan utama dari kegiatan pengembangan budidaya pisang *Cavendish* oleh PT. XYZ. Tujuan ini tentunya tidak hanya didapatkan dengan terus melakukan perluasan area perkebunan namun perlu juga diperhatikan faktor-faktor lain yang akan turut berpengaruh selama proses budidaya dilakukan seperti faktor pemenuhan kebutuhan air. Kebutuhan air tanaman pisang merupakan volume air yang dibutuhkan tanaman dalam proses evapotranspirasi. Evapotranspirasi adalah suatu bagian siklus air pada tanaman yang berpengaruh pada upaya peningkatan dan pengoptimalan pengelolaan air pertanian (Anderson & French, 2019; Susanawati & Suharto, 2018). Nilai kebutuhan air oleh tanaman pisang umumnya berbeda-beda dalam setiap fase tumbuh kembangnya, kebutuhan tertinggi terjadi pada fase menuju panen dan pada saat pematangan buah (Maigiska, Nurhayati, & Umar, 2018; Mal & Sen, 2025). Oleh karena itu, PT. XYZ sangat perlu memperhatikan ketersediaan air selama proses budidaya pisang *Cavendish*. Kebutuhan air oleh tanaman yang tidak tercukupi akan berpengaruh pada produktivitas tanaman pisang yang tidak maksimal (Juliawan, Tika, & Arthawan, 2021; Panigrahi, Raychaudhuri, Thakur, Nayak, Sahu, & Ambast, 2019).

Ketersediaan air selama proses budidaya dipengaruhi oleh kondisi

sumberdaya air pada wilayah budidaya pisang *Cavendish*. Pemenuhan kebutuhan air pada 3 (tiga) lokasi kebun dilakukan dengan memanfaatkan aliran air di jaringan irigasi. Sementara di saat musim kemarau, pemenuhan kebutuhan air dilakukan dengan memanfaatkan air tanah menggunakan bantuan pompa. Permasalahan yang terjadi adalah belum diketahui nilai kebutuhan air dan ketersediaan air pada masing-masing lokasi perkebunan pisang. Hal ini tentu akan berdampak pada ketidaktahuan dalam pemenuhan kecukupan kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman pisang *Cavendish*, sehingga berisiko terhadap proses budidaya (Chiarelli, Passera, Rosa, Davis, D'Odorico, & Rulli, 2020; Zubezu, Panigrahi, Thompson, & Knox, 2023).

Kondisi tercukupi atau tidaknya kebutuhan air untuk tanaman pisang *Cavendish* dapat dilakukan dengan menghitung neraca air di wilayah budidaya. Neraca air merupakan analisis yang dapat menggambarkan pemanfaatan sumber daya air di wilayah tertentu dengan hasil analisis akhir berupa status defisit, surplus atauimbang (*balance*) antara ketersediaan air dengan kebutuhan air (Hidayat, Mulyo, Azani, Aofany, Nadiansyah, & Rejeki, 2018; Zhang *et al.*, 2021). Perhitungan neraca air melibatkan perhitungan ketersediaan air di wilayah budidaya pisang *Cavendish* PT. XYZ yaitu wilayah DAS Sampean Baru, dan juga kebutuhan air pisang *Cavendish* PT. XYZ. Namun demikian wilayah DAS Sampean Baru juga menjadi sumber pemenuhan kebutuhan air bagi banyak sektor seperti kebutuhan domestik, non domestik,

pertanian, dan peternakan, sehingga dalam perhitungan neraca air, kebutuhan air pada berbagai sektor juga harus dipertimbangkan untuk memberikan akurasi kondisi ketersediaan air.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kondisi neraca air DAS Sampean Baru terhadap keberadaan perkebunan pisang Cavendish milik PT. XYZ. Penelitian ini hanya berfokus pada kondisi debit DAS Sampean Baru yang diperoleh dari pengolahan data curah hujan sebagai *input* nilai ketersediaan air tanpa melibatkan kondisi air tanah. Perhitungan ketersediaan air menggunakan metode F.J Mock (Masrurroh, Suhartanto, & Harisuseno, 2022; Jayanti, Sabar, Ariesyady, Marselina, & Qadafi, 2023). Metode ini adalah pemodelan debit DAS dengan input dari data curah hujan, data iklim dan data luasan DAS. Alasan penggunaan model debit pada perhitungan ini karena model yang dihasilkan dapat diperbarui kapan saja, sehingga model dapat digunakan di kondisi mendatang. Hasil perhitungan neraca air dapat menjadi rekomendasi untuk PT. XYZ dalam pengembangan dan perluasan perkebunan pisang *Cavendish* di wilayah DAS Sampean Baru.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada Desember 2023 - Februari 2024 di lokasi perkebunan mitra tani PT. XYZ yang terletak di DAS Sampean Baru. Secara geografis, DAS Sampean terletak antara 113°39'58.31" - 114°3'55.18" BT dan 7°48'3.12" - 8°7'24.14" LS. Secara administratif, lokasi tersebut berada di

Kecamatan Pujer dan Tenggarang, Kabupaten Bondowoso (Gambar 1).

Luas DAS Sampean Baru 61.093,30 ha yang mencakup 15 kecamatan seperti disajikan dalam Gambar 1. Kebun *demonstrations plot* merupakan lokasi perkebunan contoh yang dikelola secara langsung oleh PT. XYZ. Kebun 1 dan 2 merupakan penambahan lokasi kebun pisang *Cavendish* melalui kegiatan kemitraan yang dikelola oleh petani mitra secara mandiri namun dengan penerapan standar budidaya dari PT. XYZ.

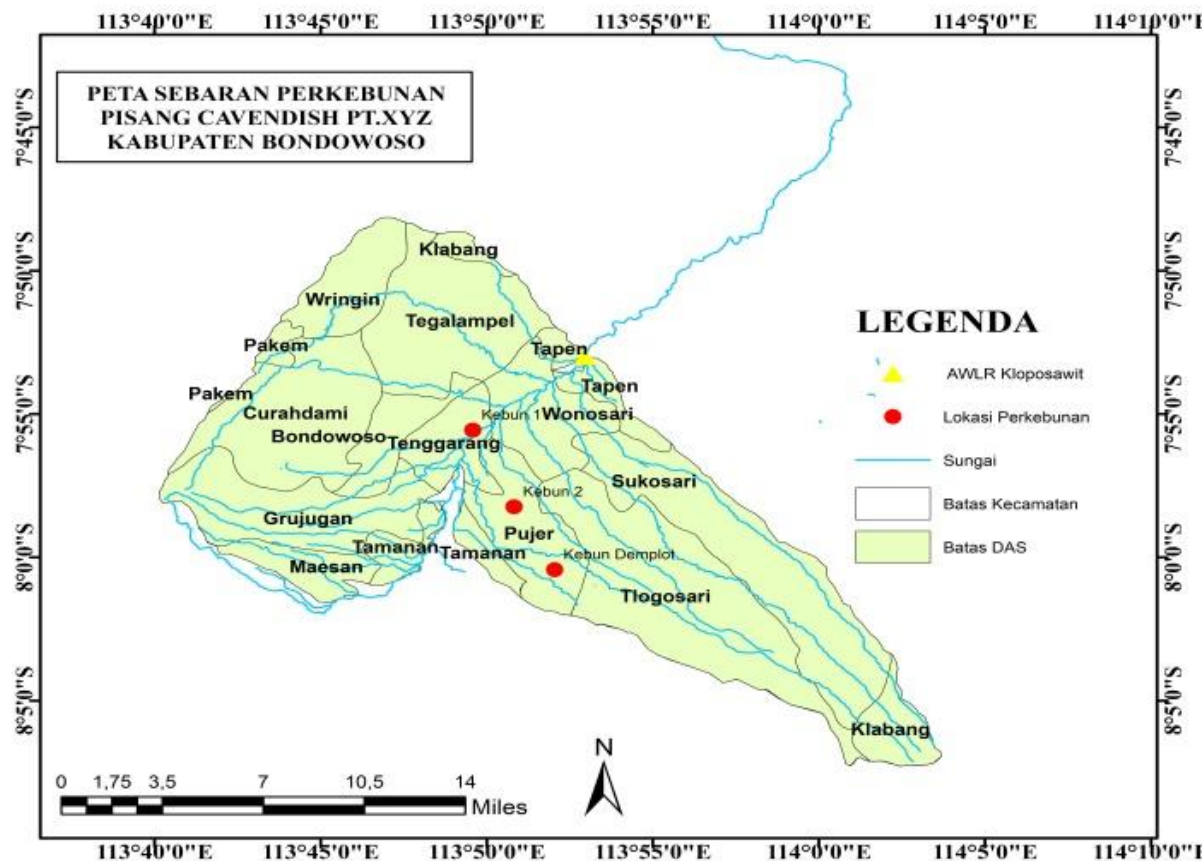
### B. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan untuk penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

### C. Metode Penelitian

Diagram alir penelitian disajikan dalam Gambar 2, meliputi tahapan sebagai berikut:

- 1) Pengujian Data Hujan
  - a) Uji konsistensi data menggunakan metode *Double Mass Curve*. Menurut Kurniawan, Hadiani, & Setiono (2017), data akan dianggap konsisten jika model regresi  $R^2 = 1$ .
  - b) Uji homogenitas data untuk mengetahui keseragaman data. Pengujian dilakukan dengan metode SNHT (*Standart Normality Homogeneity*).
  - c) Uji frekuensi data menggunakan 4 distribusi yaitu: distribusi normal, gumbel, log person tipe III, dan log normal. Data yang dianalisis merupakan curah hujan maksimum tahunan yang telah diurutkan dari yang terbesar ke terkecil (Monica, Muliadi, & Adriat, 2022).



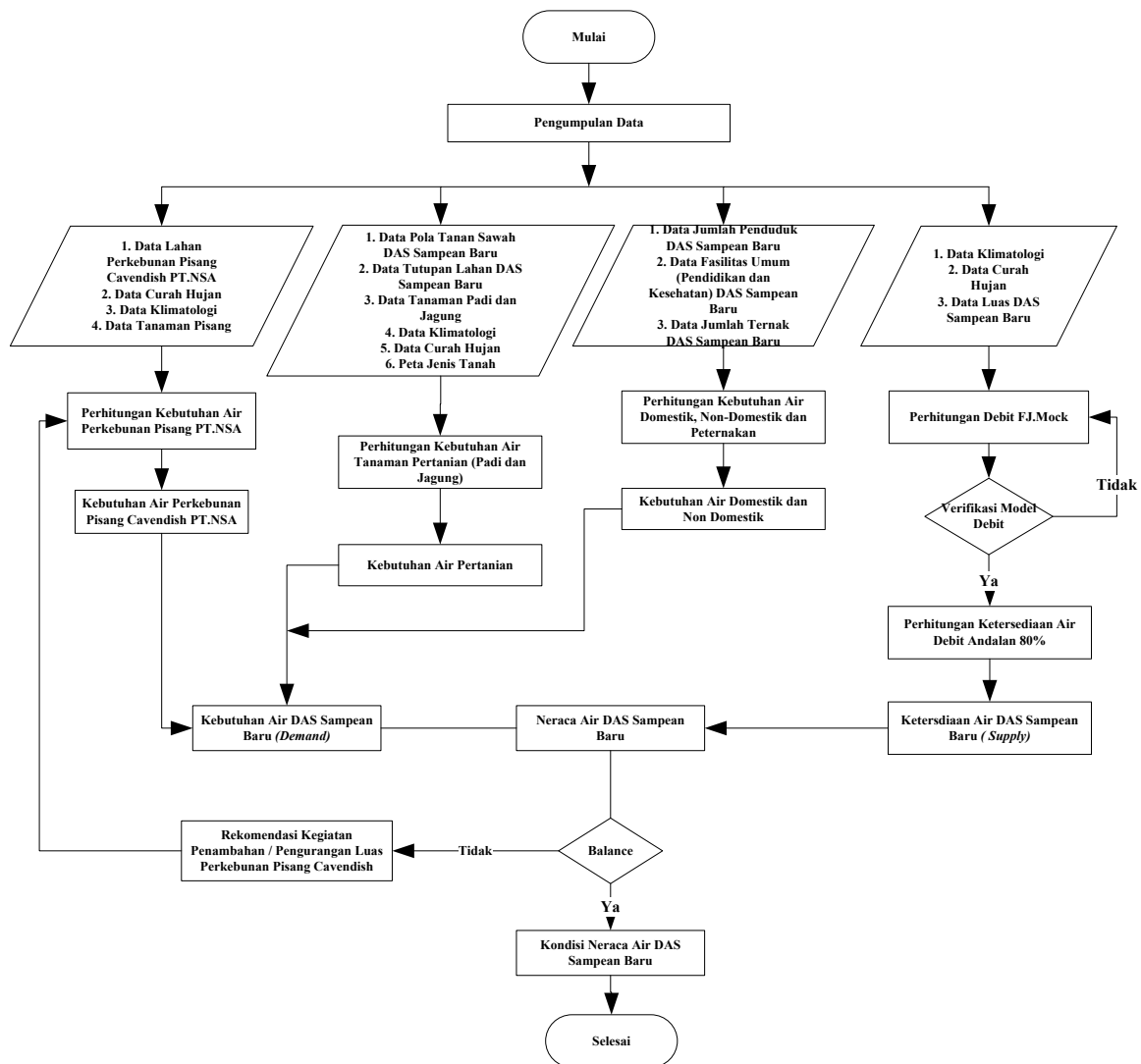
Gambar (Figure) 1. Peta DAS Sampean Baru dan sebaran perkebunan pisang cavendihs PT.XYZ  
 (Map of the Sampean Baru watershed and distribution of PT.XYZ's cavendihs banana plantations)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 1. Kebutuhan jenis data, alat analisis, dan sumber data (Requirements for data types, analysis tools, and data sources)

Jenis Data	Alat Analisis	Sumber Data
1. Data perkebunan PT.XYZ	Microsoft Excel 2010	Primer
2. Peta Tutupan Lahan	MapInfo 12.0 dan ArcGis 10.3	<a href="https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/download/perwilayah">https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/download/perwilayah</a>
3. Data Tanaman	Microsoft Excel 2010	<a href="https://www.fao.org/3/X0490E/x0490e0b.htm">https://www.fao.org/3/X0490E/x0490e0b.htm</a>
4. Data Curah Hujan Bondowoso dan Data Debit Awlr Kloposawit 2013-2022	Microsoft Excel 2010	UPT. PSDA Setail Kab.Bondowoso
5. Data Klimatologi 2013-2022	Microsoft Excel 2010	UPT. PSDA Kab. Lumajang
6. Data Luas DAS Sampean Baru	Microsoft Excel 2010	UPT. PSDA Setail Kab.Bondowoso
7. Data Infomasi Kab.Bondowoso	Microsoft Excel 2010	BPS 2022
8. Data Rencana Tata Tanam 2020-2021	Microsoft Excel 2010	UPT. PSDA Setail Kab.Bondowoso

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)



Gambar (Figure) 2. Diagram alir penelitian (*Research flow diagram*)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)

- d) Uji kecocokan untuk memastikan jenis distribusi yang dipilih dapat diterima dan ditolak (Pudyastuti dan Musthofa, 2020).
- 2) Optimasi parameter berdasarkan luasan DAS nilai parameter didapatkan dengan metode *trial and error* menggunakan *add in solver* pada Microsoft Excel.
- 3) Perhitungan debit F.J. Mock, perhitungan dilakukan melibatkan beberapa perhitungan diantaranya sebagai berikut (Pradana & Hendrasari, 2018):

a) Perhitungan evapotranspirasi potensial ( $ET_0$ ) menggunakan metode Penman Moneith Modifikasi (persamaan 1).

$$ET_0 = cx(WxRn + (1 - W) \times f(U) \times (ea - ed)) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- $ET_0$  : evapotranspirasi potensial (mm)
- C : faktor koreksi
- W : faktor bobot
- Rn : radiasi netto (mm/hari)
- f(U) : fungsi kecepatan angin
- ea : tekanan uap air jenuh
- ed : tekanan uap air nyata.

b) Perhitungan evapotranspirasi aktual ( $E_t$ ) menggunakan persamaan 2.

$$E_t = E_{T0} - E \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- $E_t$  : evapotranspirasi aktual (mm)
- $E_{T0}$  : evapotranspirasi potensial (mm)
- $E$  : selisih  $E_t$  dan  $E_{T0}$
- $m$  : exposed surface
- $n$  : jumlah hari hujan (hari)

c) Perhitungan keseimbangan air permukaan

Perhitungan air hujan menggunakan Persamaan 3.

$$ER = P - E_{T0} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- $ER$  : air hujan permukaan (mm)
- $P$  : curah hujan bulanan (mm)

Perhitungan *Soil Moisture Storage* (SMS)

Nilai SMS pada bulan pertama ditentukan dengan menggunakan analisis *initial soil moisture* (ISM), bulan selanjutnya menggunakan persamaan 4. Jika nilai SMS > SMC dan positif maka nilai SMS = SMC, namun jika nilai  $0 \leq SMS \leq SMC$  maka nilai SMS adalah hasil perhitungan dari persamaan 4, jika nilai SMS adalah negatif maka nilai sama dengan 0.

$$SMS = ISM + ER \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- SMS : *soil moisture storage*
- ISM : *initial soil moisture*
- ER : air hujan permukaan (mm)

Perhitungan *Water Surplus* (WS)

Ditentukan oleh nilai SMS dan SMC jika nilai SMS > SMC maka terjadi kelebihan air, jika nilai SMS < SMC maka nilai SMS = 0.

Nilai *water surplus* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 5.

$$WS = ER - (SMC - ISM) \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

- WS : *water surplus*
- ER : air hujan permukaan (mm)
- SMC : *soil moisture capacity*
- ISM : *initial soil moisture*

d) Perhitungan limpasan dan penyimpanan air tanah

Perhitungan nilai infiltrasi

Perhitungan melibatkan nilai parameter koefisien infiltrasi yang telah dilakukan optimasi sebelumnya. Penggunaan koefisien infiltrasi dilakukan berdasarkan jenis musim yang terjadi pada setiap bulannya yaitu antara WIC dan DIC (Persamaan 6).

$$I = \frac{WIC}{DIC} \times WS \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

- $I$  : infiltrasi
- WIC : *wet infiltration coefficient*
- DIC : *dry infiltration coefficient*
- WS : *water storage*

Perhitungan *Ground Water Storage* (GWS) menggunakan Persamaan 7 dan 8.

$$GWS = k \times IGWS + 0,5 \times (1 + k) \dots (7)$$

$$\Delta GWS = GWS - IGWS \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

- GWS : *ground water storage*
- $k$  : *ground water recession*
- IGWS : *initial ground water storage*
- $I$  : *infiltration*

Perhitungan *Base Flow* (Aliran yang selalu ada sepanjang tahun) menggunakan persamaan 9.

$$BF = I - (GWS - IGWS) \dots\dots\dots (9)$$

Perhitungan *Direct Run Off*, menggunakan Persamaan 10.

$$DRO = WS - I \dots\dots\dots (10)$$

Perhitungan *Total Run Off*, menggunakan Persamaan 11.

$$TRO = DRO + BF \dots\dots\dots (11)$$

Perhitungan debit bulanan, menggunakan Persamaan 12.

$$Q = \frac{A \times TRO \times 1000}{H \times 24 \times 3600} \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan :

- Q : debit bulanan (m<sup>3</sup>/s)
- A : luas DAS (Km<sup>2</sup>)
- TRO : total *run off*
- H : jumlah hari dalam satu bulan

4) Validasi debit dengan model FJ.Mock

Pengujian validasi dengan membandingkan debit hitung F.J Mock dengan debit pantau AWLR Kloposawit. Validasi dilakukan pengujian sebagai berikut:

- a) Uji koefisien korelasi (r) untuk mencari hubungan antar koefisien (Persamaan 13).

$$r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs} - Q)^2 - \sum_{i=1}^N (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{obs} - Q)^2}} \dots\dots (13)$$

Keterangan :

- r : koefisien korelasi
- Q<sub>obs</sub> : debit pantau (m<sup>3</sup>/s)
- Q<sub>sim</sub> : debit model (m<sup>3</sup>/s)
- Q : rata-rata debit pantau (m<sup>3</sup>/s)

Keterangan hasil pengujian adalah sebagai berikut :

- (0) : tidak ada korelasi
- (>0 - 0,25) : korelasi lemah
- (>0,25 - 0,5) : korelasi cukup
- (>0,5 - 0,75) : korelasi kuat
- (>0,75 - 0,99) : korelasi sangat kuat
- (1) : korelasi sempurna

- b) Uji *Nash-Sutcliffe Efficiency Error* (NSE) untuk mengevaluasi

kesahahihan suatu model, menggunakan Persamaan 14.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_{obs}^t - Q^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_{obs}^t - Q_{sim}^t)^2} \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan hasil pengujian adalah sebagai berikut :

- NSE > 0,75 : sangat efisien
- 0,36 < NSE : cukup efisien
- NSE < 0,36 : tidak efisien

- c) *Root Mean Square Error* (RMSE) seperti Persamaan 15 digunakan untuk mengetahui keakuratan hasil permodelan yang digunakan.

$$RMSE = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{X}_{obs} - \hat{X}_{sim})}{N} \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan hasil data dianggap baik apabila nilai error nya semakin kecil atau mendekati 0.

5) Perhitungan nilai ketersediaan air DAS Sampean Baru

Nilai ketersediaan air didapatkan dari nilai probabilitas 80% debit model FJ.Mock. Metode probabilitas yang digunakan adalah metode *weibull* dengan persamaan 16.

$$P\% = \left( \frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \times (Y_2 - Y_1) \dots\dots\dots (16)$$

6) Perhitungan kebutuhan air perkebunan pisang *Cavendish* PT.XYZ

Perhitungan kebutuhan air perkebunan dilakukan dengan mempertimbangkan luasan kebun mitra. Perhitungan kebutuhan air tanaman pisang *Cavendish* dihitung dengan menggunakan persamaan 17 dan 18.

$$ETc = ET0 \times Kc \dots\dots\dots (17)$$

$$CWR = (ETc + P) - Re \dots\dots\dots (18)$$

Keterangan :

- ETc : evapotranspirasi tanaman (mm)
- ET0 : evapotranspirasi potensial (mm)
- Kc : koefisien tanaman
- CWR : kebutuhan air tanaman (mm)

P : perkolasi tanah (mm/hr)  
 Re : curah hujan efektif (mm)

7) Kebutuhan air DAS Sampean Baru  
 a) Kebutuhan air pertanian

Besarnya nilai kebutuhan air konsumtif pada pertanian dipengaruhi oleh nilai evaporasi, faktor tanaman, pola pergiliran tanam yang diterapkan pada lahan pertanian. Perhitungan nilai kebutuhan air pertanian dapat dilakukan menggunakan metode NFR.

Perhitungan curah hujan efektif menggunakan curah hujan 80% dengan nilai Re70 untuk padi dan Re50 untuk palawija (Persamaan 19 dan 20).

$$Re_{padi} = 0,70 \times R_{80\%} \dots\dots\dots(19)$$

$$Re_{plw} = 0,5 \times FD(1,25 \times R^{0,824} - 2,93) \times (10^{0,0095 \times ET^0}) \dots\dots\dots(20)$$

Keterangan :

Re : curah hujan efektif  
 R80% : curah hujan probabilitas 80%

Perhitungan kebutuhan air selama penyiapan lahan menggunakan Persamaan 21, 22, dan 23.

$$LP = \frac{M \cdot e^k}{(e^k - 1)} \dots\dots\dots(21)$$

$$M = E_0 + P \dots\dots\dots(22)$$

$$K = \frac{M \cdot T}{S} \dots\dots\dots(23)$$

Keterangan :

LP : kebutuhan air untuk pengolahan tanah (mm/hari)  
 M : kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air  
 P : perkolasi (mm/hari)  
 S : kebutuhan air untuk penjemuran

Perhitungan kebutuhan air tanaman (ETc). Nilai koefisien yang digunakan

berdasarkan Dirjen Pengairan Bina Program PSA 01 tahun 1985.

Perhitungan kebutuhan air sawah menggunakan persamaan 24, 25, dan 26.

$$NFR_{padi} = Etc + P - Re_{padi} + WLR \dots\dots\dots(24)$$

$$NFR_{LP} = LP - Re_{padi} \dots\dots\dots(25)$$

$$NFR_{plw} = ETc - Re_{plw} \dots\dots\dots(26)$$

Keterangan :

NFR : kebutuhan air lahan  
 LP : kebutuhan air penyiapan lahan  
 Etc : evapotranspirasi tanaman  
 Re : curah hujan efektif

b) Perhitungan kebutuhan air domestik dan non-domestik.

Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangan jumlah penduduk dan fasilitas umum pada suatu wilayah. Standart kebutuhan air domestik yang digunakan berdasarkan Permen PUPR Nomor 29/PRT/M/2018. Standart kebutuhan air non domestik berdasarkan Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996. Perhitungan menggunakan persamaan 27 dan 28.

$$Q_{tdomestik} = \text{jumlah penduduk} \times \text{standart baku konsumsi air} \left(\frac{60l}{\text{hari}}\right) \dots\dots\dots(27)$$

$$Q_{tnondomestik} = \frac{\sum \text{kebutuhan} \times \text{Kapasitas} \times \text{Keb.Air bersih}}{86400} \dots\dots\dots(28)$$

Kebutuhan air peternakan

Standar nilai kebutuhan air menggunakan SNI:19-6728:1-2002, seperti pada Persamaan 29.

$$Q_{tprnk} = \frac{\sum \text{kebutuhan} \times \text{Jumlah ternak}}{86400} \dots\dots\dots(29)$$

### 8) Perhitungan Neraca Air

Neraca air dihitung berdasarkan kondisi pasokan air (*input*) dan luaran (*output*) suatu wilayah pada jangka waktu tertentu. Rumus perhitungan neraca air seperti Persamaan 30.

$$\text{Neraca air} = Q(s) - Q(d) \dots \dots \dots (30)$$

Keterangan:

Q(s) : Nilai ketersediaan air (m<sup>3</sup>/s)

Q(d) : Nilai kebutuhan air (m<sup>3</sup>/s)

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Pengujian Data Hujan

Data curah hujan berasal dari tujuh stasiun hujan yang tersebar di wilayah DAS Sampean Baru dengan sebaran stasiun hujan wilayah ditunjukkan dengan peta *polygon thiessen* (Gambar 3). *Polygon thiessen* digunakan untuk menentukan curah hujan wilayah sehingga data curah hujan berfokus pada wilayah perkebunan pisang *Cavendish*. Hasil rekapitulasi data hujan tahunan selama 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 2.

#### a) Uji konsistensi data

Hasil yang diperoleh dari uji konsistensi data pada tujuh stasiun tersaji pada Tabel 3. Hasil analisis menunjukkan konsistensi data curah hujan di semua stasiun. Hal ini disebabkan karena kondisi letak/posisi stasiun hujan eksisting tidak memiliki perbedaan jarak atau elevasi yang signifikan (Saidi, Nurhayati, & Umar 2021).

#### b) Uji homogenitas data

Hasil uji homogenitas data curah hujan disajikan pada Tabel 4. Hasil analisis menunjukan keseluruhan data bersifat homogen. Uji homogenitas mengacu pada konsep hipotesis nol, dimana data dianggap homogen jika nilai signifikan P lebih besar dari 0,05 sedangkan data

dianggap tidak homogen apabila nilai signifikan P kurang dari 0,05 (Syahputra, Sidik, Akbar, Ayomi, & Sagita 2022).

#### c) Uji frekuensi data

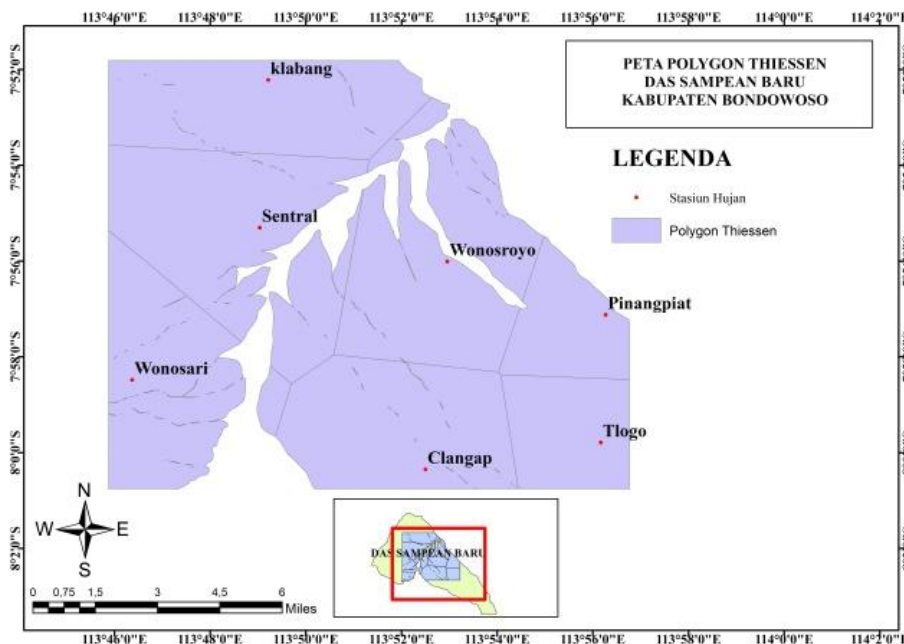
Hasil uji frekuensi data hujan disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa jenis distribusi yang sesuai untuk data curah hujan aktual adalah metode sebaran log normal. Hal ini dapat dilihat dari nilai simpangan yang paling mendekati nilai simpangan curah hujan aktual yaitu 32,2.

#### d) Uji kecocokan

Data yang akan diuji adalah data dengan simpangan terkecil yaitu distribusi log normal. Nilai chi-hitung yang didapatkan adalah 2,58. Berdasarkan hal tersebut maka diketahui bahwa nilai chi-hitung lebih kecil dari chi-kritis yaitu 5,998 berdasarkan Tabel taraf signifikansi chi-kuadrat, sehingga dapat disimpulkan bahwa 95% data curah hujan sesuai dengan metode distribusi log normal. Data hujan kemudian dilakukan rekapitulasi curah hujan bulanan selama 10 tahun yaitu pada tahun 2013-2022 seperti pada Tabel 6.

### B. Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial (ET<sub>0</sub>)

Evapotranspirasi potensial merupakan evapotranspirasi yang dibutuhkan dalam pemenuhan kebutuhan air pada suatu areal lingkungan pertanian/pertanaman dengan penutupan vegetasi rotasi pendek di semua arealnya dengan kondisi tanah tanpa adanya kekurangan air (Fausan, Setiawan, Arif, & Saptomo, 2021). Perhitungan evapotraspirasi potensial (ET<sub>0</sub>) dengan menggunakan data klimatologi tahun 2013-2022, dengan hasil perhitungan pada Tabel 7.



Gambar (Figure) 3. Peta sebaran stasiun hujan wilayah (Map of distribution of regional rainfall stations)  
 Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 2. Data jumlah hujan tahunan 2013-2022 (Annual rainfall data 2013-2020)

Tahun (Year)	Wonosroyo	Tlogo	Pinang Pait	Wonosari	Sentral	Klabang	Clangap
2013	2481	2347	2442	2639	2243	2235	3668
2014	1224	1690	1394	1228	1331	1437	2323
2015	1395	1709	1556	1052	1870	1851	1547
2016	2081	2545	2280	1806	2443	2389	2416
2017	2268	1980	2498	1738	1796	2805	2585
2018	1475	1876	1677	1243	1759	1599	1533
2019	1489	2187	1815	1166	1756	1494	1964
2020	1475	2252	2273	1641,5	1856	1542	2158
2021	2263	2461	2494	1927	2249	2187	2201
2022	1975	2540	2365	1668,9	1976	2433	1893,5

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data anaysis 2024)

Tabel (Table) 3. Hasil uji Konsistensi Double Mass Curve (Double mass curve consistency test result)

No	Stasiun Hujan (Rain Station)	Kurva Masa Ganda + Korelasi (Double Mass Curve + Correlation)	Keterangan (information)
1	Wonosroyo	0,9994	Konsisten
2	Tlogo	0,9984	Konsisten
3	Pinang Pait	0,9988	Konsisten
4	Wonosari	0,9993	Konsisten
5	Sentral	0,9992	Konsisten
6	Klabang	0,9968	Konsisten
7	Clangap	0,9979	Konsisten

Sumber (Source) : Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 4. Uji homogenitas data curah hujan (*The homogeneity test of rainfall data*)

No	Stasiun Hujan	<i>p-values (SNHT test)</i>	<i>Significance level</i>	Ket
1	Wonosroyo	0,5571		H
2	Tlogo	0,3962		H
3	Pinang Pait	0,6364		H
4	Wonosari	0,2915	0,05	H
5	Sentral	0,9286		H
6	Klabang	0,9357		H
7	Clangap	0,0997		H

Sumber (Source) : Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)

Tabel (Table) 5. Hasil uji frekuensi data curah hujan (*Rainfall data frequency test results*)

No	Periode Ulangan	Aktual	Gumbel	Log Normal	Log Person Tipe III
1	100	189	251	202	259
2	50	180	228	188	224
3	25	171	206	174	193
4	10	157	175	157	158
5	5	144	150	140	135
6	2	118	113	114	108
Standart Deviasi		26,3	51,2	32,2	56,6

Sumber (Source) : Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)

Tabel (Table) 6. Hasil rekapitulasi curah hujan bulanan wilayah DAS Sampean Baru (mm/bulan) (*Monthly rainfall recapitulation in the Sampean Baru watershed (mm/month)*)

No	Tahun (Year)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	2013	478	360	253	191	176	151	84	5	0	72	248	561
2	2014	355	203	143	194	88	32	8	6	0	18	190	281
3	2015	217	401	249	281	67	11	3	3	0	0	139	198
4	2016	211	346	278	118	147	173	88	9	140	193	242	336
5	2017	401	260	314	260	129	116	16	0	36	132	328	245
6	2018	441	366	231	75	16	35	9	0	41	19	179	183
7	2019	449	301	225	282	63	0	5	3	0	54	101	212
8	2020	202	349	357	162	99	8	14	44	30	134	235	252
9	2021	279	363	343	92	103	162	35	16	87	107	317	349
10	2022	333	149	383	173	77	131	17	33	74	194	249	310
Rata-rata (Average)		92	310	278	183	96	82	28	12	41	92	223	293

Sumber (Source) : Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)

### C. Hasil Optimasi Metode F.J. Mock

Paramater yang digunakan pada metode F.J. Mock memiliki pengaruh besar terhadap keluaran sistem (Masruro, Suhartanto, & Harisuseno, 2022). Hasil optimasi parameter F.J. Mock pada Tabel 8 dan hasil perhitungan debit F.J. Mock pada Tabel 9.

Berdasarkan Tabel 9 diketahui bahwa nilai debit bersifat fluktuatif namun tidak ada perbedaan yang terlalu besar. Kondisi ini dimungkinkan karena pengaruh dari curah hujan dan iklim pada wilayah DAS Sampean Baru. Curah hujan sangat mempengaruhi fluktuasi debit pada suatu aliran (Sutrisno, Kaswanto, & Arifin, 2020).

Tabel (Table) 7. Hasil perhitungan  $ET_0$  DAS Sampean Baru (mm/bulan) ( $ET_0$  calculation results in the Sampean Baru watershed (mm/month))

No	Tahun (Year)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	2013	119,7	110,1	106	85,68	78,02	69,8	71,77	89,31	115	117,7	127,9	122,4
2	2014	119,7	111,9	109,2	90,04	85,37	77,7	75,64	85,65	113,9	117,9	125,6	116,4
3	2015	130	117,4	111	91,33	82,41	76,29	76,62	89,08	110,7	115,6	128	115,5
4	2016	116,9	112,4	104,8	90,87	84,9	71,92	77,77	93,62	116,3	117	126,5	122,8
5	2017	120,8	105,5	105,4	87,1	80,78	72,39	76,73	84,7	107,4	117,4	112	116,6
6	2018	118,1	107,4	117,3	85,6	79,13	70,19	72,98	82,46	105,2	145,2	116,7	118,7
7	2019	118,7	105,6	118	85,46	78,25	68,81	72,33	79,74	107,6	116	115,4	116,4
8	2020	116,1	110,9	109,2	82,24	79,31	71,09	75,71	85,33	106,1	114	120,7	115,4
9	2021	118,7	107,3	106	82,96	77,47	72,46	77,7	90,52	115,4	119,1	119,9	112,7
10	2022	108,8	98,28	92,94	74,78	69,47	62,32	66,34	79,91	99,18	109,2	110,8	113,2
Rata-Rata (Average)		118,7	108,7	108	85,61	79,51	71,3	74,36	86,03	109,7	118,9	120,4	117

Sumber (Source) : Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 8. Hasil optimasi parameter metode F.J. Mock (F.J. Mock method's parameters optimization results)

No	Parameter	Nilai (Value)
1	Koefisien infiltrasi musim basah	0,7
2	Koefisien infiltrasi musim kemarau	0,5
3	Initial soil moisture	280
4	Soil moisture capacity	200
5	Initial groundwater storage	160
6	Groundwater recession constant	0,75

Sumber (Source) : Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 9. Hasil debit berdasarkan perhitungan metode F.J. Mock tahun 2013-2022 ( $m^3/s$ ) (Discharge results based on using F.J. Mock method for 2013-2022 ( $m^3/s$ ))

No	Tahun (Year)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	2013	47,5	56,9	48,6	48,1	45,3	44,5	36,3	27,2	18,4	19,3	30,8	64
2	2014	57,7	54,8	43	46,5	36,4	32,1	23,5	18,9	12,1	10,7	20,8	33,2
3	2015	32,1	56,5	46,6	53,9	37,7	31,1	23,5	18,7	12,3	9,51	16,5	24,8
4	2016	28,6	46,3	45,6	37,6	37,2	41,2	33,2	24,9	27,7	33	36,4	48,4
5	2017	57,3	58,7	57,9	58,9	47	44,5	33	25,1	21,3	24,4	39,9	40,7
6	2018	58	67	52,9	42,2	32,6	30,5	22,4	17,4	16,5	9,75	20,8	25,4
7	2019	49,3	54,1	44,5	54,4	37,7	30,5	24,1	19,6	12,7	13,8	16,3	26,8
8	2020	29	47,4	52,3	45,2	37,6	30,1	24	23,8	16,8	21,7	30	37
9	2021	40,7	58	56,6	42,7	38,4	42,2	32,2	24,4	22,4	22,6	38,2	49,3
10	2022	52,5	46,1	59,3	51	39,7	41,7	31,2	27,5	22,7	30,4	35,5	45,6
Rata-rata (Average)		45,3	54,6	50,7	48,1	39	36,8	28,4	22,7	18,3	19,5	28,5	39,5

Sumber (Source) : Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

#### D. Hasil Verifikasi Debit Model

Verifikasi debit F.J. Mock dilakukan dengan membandingkan kondisi debit pantau (Tabel 10) dengan debit model yang telah dibuat, seperti disajikan dalam

Gambar 4. Debit pantau (*measurement data*) yang digunakan untuk perbandingan adalah data debit yang diukur dan dicatat dari AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) Kloposawit tahun 2013-2022

Data debit pantau tersebut dapat digunakan sebagai data pembanding dalam suatu pemodelan (Wiliya, 2022).

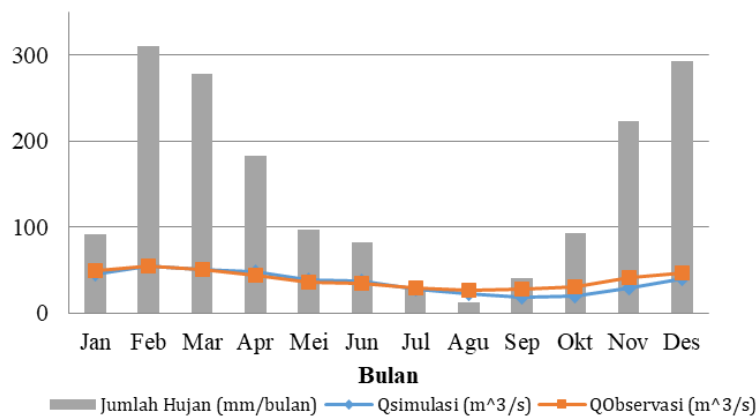
Kesamaan pola antara debit pantau dan debit model dapat dilihat dari fluktuasi kurva yang cenderung terjadi pada bulan yang sama. Berdasarkan data tersebut juga diketahui bahwa kedua nilai debit cenderung fluktuatif. Kondisi ini

dimungkinkan akibat dari pengaruh kondisi curah hujan dan iklim. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan kondisi debit model memiliki kemiripan dengan debit pantau. Nilai debit model F.J Mock dapat digunakan untuk menghitung ketersediaan air pada DAS Sampean Baru (Tabel 11).

Tabel (Table) 10. Data debit pantau AWLR Kloposawit 2013-2022 (Kloposawit AWLR monitoring discharge data of Kloposawit AWLR 2013-2022)

No	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	2013	29,16	38,77	33,07	32,33	31,12	31,59	30,6	24,55	27,75	27,85	37,29	38,31
2	2014	52,43	50,4	51,05	41,91	39,49	36,58	33,94	33,64	33,86	34,95	49,95	55,26
3	2015	48,6	61,58	63,37	63,93	44,09	35,14	32,07	32,61	32,18	31,88	44,75	39,4
4	2016	39,62	62,69	47,64	42,77	36,72	44,27	39,62	29,92	34,75	39,46	43,72	64,67
5	2017	70,09	63,16	56,75	59,01	42,57	38,76	28,44	23,81	24,18	28,23	41,49	49,43
6	2018	71,88	76,67	51,42	38,07	29,17	25,81	20,13	19,04	17,77	16,92	25,59	31,77
7	2019	36,98	50,46	41,92	34,76	27,36	20,82	20,65	15,14	14,08	14,92	30,76	37,87
8	2020	48,27	44,63	53,7	41,58	34,8	32,34	26,48	26,56	27,92	33,72	44,17	47,44
9	2021	48,8	54,28	57,15	41,87	33,69	33,34	25,5	25,22	26,3	28,22	40,15	45,99
10	2022	44,16	41,64	54,37	45,73	42,05	40,09	31,47	31,58	36,69	44,8	51,09	54,43
Rata-rata (Average)		49	54,43	51,04	44,2	36,1	33,88	28,89	26,21	27,55	30,09	40,89	46,46

Sumber (Source): UPT. PSDA WS Sampean Baru Kabupaten Bondowoso (UPT.PSDA WS Sampean Baru Bondowoso District)



Gambar (Figure) 4. Grafik perbandingan debit model dan debit pantau (Comparison graph of model discharge and monitored discharge)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 11. Hasil verifikasi debit model F.J.Mock (Verify FJ. Mock discharge model)

No	Jenis Pengujian (Type of Testing)	Nilai (Value)	Keterangan (Information)
1	Correlation Coefficient (r)	0,996	Sangat Kuat
2	Nash Suicliffe Efficiency Error (NSE)	0,992	Sangat Efisien
3	Root Mean Squared Error (RMSE)	0,25	Baik

Sumber (Source) : Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

### E. Hasil Perhitungan Ketersediaan Air DAS Sampean Baru

Ketersediaan air pada DAS Sampean Baru dihitung dengan perhitungan debit andalan 80%. Data debit diurutkan dari nilai terbesar hingga terkecil untuk mendapatkan nilai probabilitas sebesar 80% (Pradana & Hendrasari, 2021). Hasil perhitungan ketersediaan air seperti pada Tabel 12.

### F. Perhitungan Kebutuhan air perkebunan pisang *Cavendish* PT. XYZ

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan bersama asisten kebun didapatkan informasi terkait pola tanam pisang *Cavendish* yang diterapkan di perkebunan mitra tani PT. XYZ sebagai berikut.

- a) Tanaman pisang yang dibudidayakan berasal dari anakan tanaman pisang yang berbentuk tunas dan sudah memiliki daun atau sudah memasuki fase pertumbuhan awal.
- b) Siklus tanam pada perkebunan mitra tani PT. XYZ hingga proses panen berlangsung selama 9 bulan.
- c) Pada bulan ke-6, tanaman induk akan menghasilkan tunas anakan yang akan tumbuh bersama tanaman induk. Hasilnya, terdapat 2 tanaman pisang yang tumbuh yaitu tanaman induk yang berusia 6 bulan dan juga tanaman anakan. Kondisi fase ini berpengaruh terhadap penggunaan dua nilai koefisien yaitu untuk tanaman induk dan tanaman anakan.

- d) Jantung pisang tumbuh pada bulan ke-7. Pada bulan ke-9 induk pisang *Cavendish* dipanen dan ditebang, sehingga tersisa tanaman anakan yang akan mengikuti siklus yang sama.

Lokasi perkebunan pisang *Cavendish* mitra tani PT. XYZ terbagi menjadi 3 lokasi dengan total luas 2,91 ha seperti pada Tabel 13. Kebutuhan air untuk pisang *Cavendish* di areal perkebunan PT. XYZ dihitung dengan memperhatikan luasan pada masing-masing lokasi perkebunan, seperti disajikan pada Tabel 14.

Kebutuhan air pada tanaman pisang berbeda-beda pada setiap fase pertumbuhannya (Juliawan *et al.*, 2021). Hal ini disebabkan oleh perbedaan nilai evapotranspirasi tanaman pada setiap fase akibat perbedaan nilai koefisien tanaman. Nilai curah hujan efektif yang digunakan adalah curah hujan 80% atau  $Re_{80}$ .

Nilai kebutuhan air terbesar adalah pada lokasi perkebunan *demonstration plot* (demplot) dengan total kebutuhan air sebesar  $0,007 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hal ini dapat disebabkan karena area pertanaman demplot lebih luas dibandingkan area pertanaman Kebun 1 dan Kebun 2 (Tabel 13), sehingga kebutuhan air menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya. Adanya perbedaan pada pola tanam, jumlah populasi dan besar curah hujan pada setiap periode memiliki pengaruh pada jumlah kebutuhan air tanaman pisang *Cavendish* (Juliawan *et al.*, 2021).

Tabel (Table) 12. Ketersediaan air DAS Sampean Baru berdasarkan nilai debit andalan 80% (*Water availability in the Sampean Baru watershed based on a reliable discharge value of 80%*)

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
Debit Andalan 80%	31,49	47,17	45,35	42,61	37,04	30,54	23,52	18,84	12,59	10,49	19,94	26,49

Sumber (Source) : Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)Tabel (Table) 13. Data lokasi perkebunan pisang *Cavendish* mitra tani PT. XYZ (*Location data for Cavendish banana plantation partner farmer' PT. XYZ*)

Kebun ( <i>Plantation</i> )	Lokasi ( <i>Location</i> )	Luas ( <i>Area</i> ) (ha)	Populasi ( <i>Population</i> ) (Tanaman)
Demplot	Kecamatan Pujer	1,86	4.160
Kebun Mitra 1	Kecamatan Tenggarang	0,55	1.200
Kebun Mitra 2	Kecamatan Pujer	0,50	2.400
Jumlah		2,91	7.760

Sumber (Source) : Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)Tabel (Table) 14. Hasil perhitungan kebutuhan air perkebunan pisang mitra tani PT. XYZ (*Results of calculating the water needs of PT XYZ banana cultivation partner farmers*)

Bulan ( <i>Month</i> )	Lokasi ( <i>Location</i> )			Total Kebutuhan Air ( <i>Total Water Requirement</i> ) (m <sup>3</sup> /s)
	Demplot	Kebun 1	Kebun 2	
Jan	0,00022	0,00011	0,0001	0,00043
Feb	0,00028	0,00009	0,00008	0,00045
Mar	0,00028	0,00007	0,00007	0,00042
Apr	0,00032	0,0001	0,00009	0,00051
Mei	0,00037	0,00012	0,00011	0,0006
Jun	0,00047	0,00019	0,00017	0,00083
Jul	0,00093	0,00028	0,00025	0,00146
Agu	0,001	0,00019	0,00022	0,00141
Sep	0,00107	0,00015	0,00014	0,00136
Okt	0,00104	0,00015	0,00014	0,00133
Nov	0,0003	0,00012	0,00011	0,00053
Des	0,00022	0,00011	0,0001	0,00043
Total (m <sup>3</sup> /s)				0,00976

Sumber (Source) : Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)

## G. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Lainnya di DAS Sampean Baru

### 1) Kebutuhan air pertanian

Distribusi air dari bangunan irigasi menuju daerah layanan harus terlebih dahulu dilakukan perencanaan menggunakan debit rencana awal sesuai dengan desain aset irigasi (Setiawan, Indarto, & Wahyungsih, 2019). Besarnya nilai kebutuhan air konsumtif pertanian dipengaruhi oleh nilai evaporasi, faktor jenis tanaman, dan pola pergiliran tanam pada lahan pertanian. DAS Sampean Baru

melayani 2 UPTD (Unit Pelaksana Teknis Daerah) yaitu UPTD Bondowoso dan UPTD Grujugan dengan total luas baku sawah layanan adalah 46.433 ha, yang terbagi menjadi 3 golongan jadwal tanam.

Perkebunan pisang *Cavendish* di tiga lokasi merupakan alih fungsi penggunaan lahan pertanian ke lahan perkebunan. Oleh karenanya terdapat perubahan nilai luasan lahan persawahan yang akan mempengaruhi nilai kebutuhan air pertanian. Perhitungan ini dilakukan dengan mempertimbangkan dua kondisi

yaitu sesudah dan sebelum adanya perkebunan pisang *Cavendish*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui efek dari adanya perubahan lahan persawahan menjadi lahan perkebunan pisang *Cavendish* terhadap kondisi kebutuhan air di wilayah DAS Sampean Baru. Hasil perhitungan kebutuhan air pertanian di wilayah DAS Sampean Baru sesudah dan sebelum budidaya pada Tabel 15 menunjukkan bahwa kebutuhan air pertanian mengalami penurunan ketika dilakukan alih fungsi lahan dari lahan pertanian menjadi perkebunan pisang *Cavendish*. Hal ini dimungkinkan karena kebutuhan air untuk tanaman pisang lebih kecil dibandingkan dengan kebutuhan air pertanian akibat perbedaan jenis tanaman yang dibudidayakan.

Kebutuhan air domestik dipengaruhi oleh jumlah penduduk pada suatu wilayah dan tingginya aktivitas yang dilakukan.

Semakin tinggi jumlah penduduk dan semakin banyak aktivitas yang dilakukan maka kebutuhan air domestik akan semakin tinggi (Astuti, Sungkowo, & Kristantio, 2018; Utami, Geerling, Salami, Notodarmojo, & Ragas, 2024).

### 2) Kebutuhan air non domestik

Mengacu pada jumlah fasilitas pendidikan dan kesehatan di DAS Sampean Baru berdasarkan data BPS 2023, maka diperoleh kebutuhan air non domestik di DAS Sampean Baru. Kebutuhan air non domestik disajikan pada Tabel 17.

### 3) Kebutuhan air peternakan

Perhitungan kebutuhan air peternakan dilakukan dengan menggunakan data jumlah hewan ternak di wilayah DAS Sampean Baru diperoleh dari data BPS 2023. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel (Table) 15. Hasil perhitungan kebutuhan air pertanian DAS Sampean Baru ( $m^3/d$ ) (*Calculation results of agricultural water needs for the Sampean Baru Watershed ( $m^3/s$ )*)

Bulan (Month)	Kebutuhan air sebelum budidaya pisang <i>Cavendish</i> (Water Requirements Before Cultivating <i>Cavendish</i> Bananas)	Kebutuhan air sesudah budidaya pisang <i>Cavendish</i> (Water Requirements After Cultivating <i>Cavendish</i> Bananas)
Jan	3,968	3,965
Feb	3,134	3,132
Mar	2,664	2,662
Apr	3,113	3,110
Mei	3,911	3,907
Jun	4,122	4,119
Jul	2,285	2,283
Agu	1,956	1,953
Sep	2,340	2,336
Okt	2,497	2,493
Nov	4,069	4,065
Des	3,593	3,589
Jumlah	37,651	37,614

Sumber (Sources): Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)

Tabel (Table) 16. Hasil perhitungan kebutuhan air domestik DAS Sampean Baru (*Results of calculations of domestic water needs in the Sampean Baru Watershed*)

No	Kecamatan (District)	*Jumlah Penduduk (Total population) (Jiwa)	Standar Kebutuhan Air (Water Requirement Standards) (lt/orang/hari)	**Kebutuhan Air Domestik (Domestic Water Needs) (lt/hari)	**Kebutuhan Air Domestik (Domestic Water Needs) (m <sup>3</sup> /detik)
1	Grujugan	37.540	60	2.252.400	0,0260694
2	Sukosari	15.581	60	934.860	0,0108201
3	Wringin	40.068	60	2.404.080	0,027825
4	Tamanan	38.848	60	2.330.880	0,0269778
5	Tapen	34.115	60	2.046.900	0,023691
6	Pakem	23.385	60	1.403.100	0,0162396
7	Maesan	48.361	60	2.901.660	0,033584
8	Pujer	40.167	60	2.410.020	0,0278938
9	Tegalampel	26.409	60	1.584.540	0,0183396
10	Wonosari	39.876	60	2.392.560	0,0276917
11	Curahdami	33.380	60	2.002.800	0,0231806
12	Tlogosari	45.879	60	2.752.740	0,0318604
13	Tenggarang	43.050	60	2.583.000	0,0298958
14	Bondowoso	77.263	60	4.635.780	0,0536549
15	Klabang	18.316	60	1.098.960	0,0127194
Total					0,3904431

Sumber (Source) : \*BPS Kabupaten Bondowoso 2023 (Central Bureau of Statistics Bondowoso District 2023) \*\* Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 17. Kebutuhan air non domestik DAS Sampean Baru (*Non-domestic water needs of the Sampean Baru watershed*)

No	Jenis Kebutuhan (Types of Needs)	*Jumlah Fasilitas / Sekolah (Number of Facilities/ Schools)	*Jumlah Kebutuhan (siswa/ bed/ unit) (Number of Needs)	Standar Kebutuhan Air (Water Requirement Standards) (L/hari)	**Kebutuhan Air (Water Needs) (m <sup>3</sup> /detik)
1	Fasilitas Pendidikan	300	32.753	10	0,080062
2	Rumah Sakit	5	1.280	300	0,004444
3	Puskesmas	26	26	2000	0,0006019
Kebutuhan air total (m <sup>3</sup> /dtk)					0,085108

Sumber (Source) : \*BPS Kabupaten Bondowoso 2023 (Central Bureau of Statistics Bondowoso District 2023) \*\* Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 18. Kebutuhan air peternakan di DAS Sampean Baru (*Water needs for livestock in the Sampean Baru watershed*)

No	Jenis ternak (livestock)	Kebutuhan air (l/hr/ekor)	*Jumlah Ternak (ekor)	**Jumlah kebutuhan air (l/hr)	**Jumlah kebutuhan air (m <sup>3</sup> /dtk)
1	Sapi Perah	40	19	760	0,00001
2	Sapi Potong	40	36.428	1.457.120	0,01686
3	Kuda	40	447	17.880	0,00021
4	Kambing	5	21.867	109.335	0,00127
5	Domba	5	25.257	126.285	0,00146
6	Kelinci	5	6.235	31.175	0,00036
7	Ayam Buras	0,6	33.234,2	199.405,20	0,00231
8	Ayam Petelur	0,6	72.175	43.305	0,0005
9	Ayam Daging	0,6	127.300	76.380	0,00088
10	Itik	0,6	54.586	32.751,60	0,00038
Total					0,07235

Sumber (Source) : \*BPS Kabupaten Bondowoso 2023 (Central Bureau of Statistics Bondowoso District 2023) \*\* Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

## H. Hasil Perhitungan Neraca Air DAS Sampean Baru

Perhitungan neraca air DAS Sampean Baru dilakukan sebelum dan sesudah adanya kegiatan perkebunan pisang *Cavendish* oleh PT. XYZ. Informasi ini dapat menyajikan informasi pengaruh perkebunan mitra tani terhadap kondisi neraca air di DAS Sampean Baru. Hasil perhitungan neraca air disajikan pada Tabel 19 dan Tabel 20.

Neraca air pada Gambar 4 dan 5 menunjukkan kedua kondisi sebelum dan sesudah adanya budidaya pisang *Cavendish* oleh PT. XYZ. Neraca air mengalami surplus pada semua bulan. Kondisi surplus tertinggi pada bulan Februari dan surplus terendah terjadi pada bulan Oktober. Kesamaan kondisi dimungkinkan karena kebutuhan air pada tanaman pisang yang tidak terlalu besar

sehingga tidak berpengaruh secara signifikan pada kondisi kebutuhan air DAS Sampean Baru.

Kondisi surplus mengalami peningkatan dari sebelum dan sesudah adanya perkebunan pisang *Cavendish*. Kondisi ini disebabkan karena berdasarkan Tabel 16 terjadi penurunan nilai kebutuhan air pertanian akibat adanya perubahan fungsi lahan pertanian menjadi perkebunan. Hal ini yang kemudian berpengaruh pada peningkatan nilai surplus pada neraca air DAS Sampean Baru.

Berdasarkan kondisi neraca air yang mengalami surplus pada semua bulan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa 3 lokasi perkebunan pisang *Cavendish* oleh PT. XYZ berada diwilayah yang sesuai dan mendukung untuk tetap dilakukan budidaya.

Tabel (Table) 19. Perhitungan neraca air DAS Sampean Baru sebelum budidaya pisang *Cavendish* (Calculation of the water balance of the Sampean Baru watershed before cultivating *Cavendish* bananas)

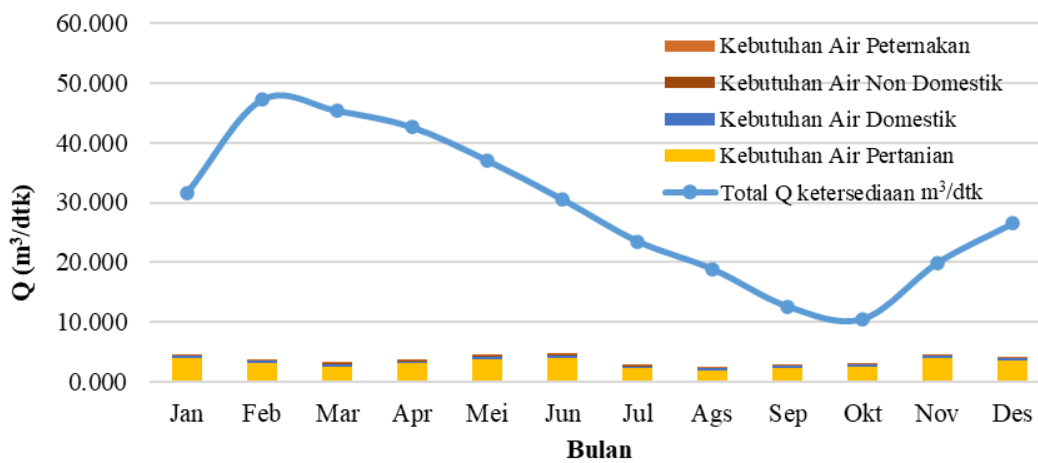
Komponen (Component)	Bulan (Month) (m <sup>3</sup> /detik)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Ketersediaan air (Water availability)												
Total Q ketersediaan (m <sup>3</sup> /dtk)	31,5	47,2	45,3	42,6	37,0	30,5	23,5	18,8	12,6	10,5	19,9	26,5
Q 80(Hujan Aliran)	31,5	47,2	45,3	42,6	37,0	30,5	23,5	18,8	12,6	10,5	19,9	26,5
Kebutuhan air (Water needs)												
Total Q kebutuhan air (m <sup>3</sup> /dtk)	4,52	3,68	3,21	3,66	4,46	4,67	2,83	2,50	2,89	3,05	4,62	4,14
Kebutuhanair irigasi	3,97	3,13	2,66	3,11	3,91	4,12	2,28	1,96	2,34	2,50	4,07	3,59
Kebutuhan air domestik	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Kebutuhan Air non domestik	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Kebutuhan air peternakan	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Neraca Air												
Neraca Air	26,98	43,49	42,14	38,95	32,58	25,87	20,68	16,34	9,70	7,44	15,32	22,35
Status Neraca Air	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 20. Perhitungan neraca air DAS Sampean Baru setelah budidaya pisang *Cavendish* (Calculation of the water balance of the Sampean Baru watershed after cultivating *Cavendish* bananas)

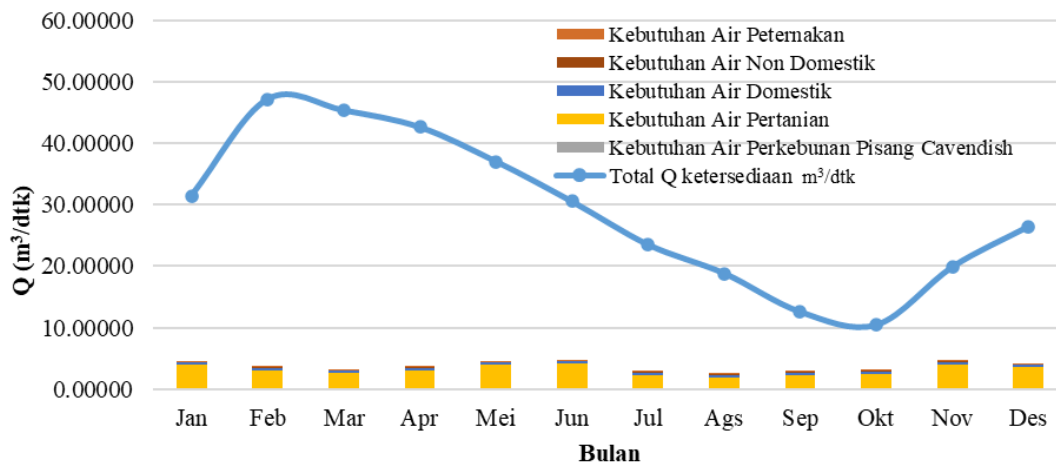
Komponen (Component)	Bulan (Month) (m <sup>3</sup> /detik)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
<b>Ketersediaan air (Water availability)</b>												
Total Q ketersediaan (m <sup>3</sup> /dtk)	31,49	47,17	45,35	42,61	37,04	30,54	23,52	18,84	12,59	10,49	19,94	26,49
Q 80(Hujan Aliran)	31,49	47,17	45,35	42,61	37,04	30,54	23,52	18,84	12,59	10,49	19,94	26,49
<b>Kebutuhan Air (Water needs)</b>												
Total Q kebutuhan air (m <sup>3</sup> /dtk)	4,51	3,68	3,21	3,66	4,46	4,67	2,83	2,50	2,89	3,04	4,61	4,14
Kebutuhan air perkebunan pisang PT.NSA	0,000 4	0,000 5	0,000 4	0,000 5	0,000 6	0,000 8	0,001 5	0,001 4	0,001 4	0,001 3	0,000 5	0,000 4
Kebutuhan air irigasi	3,96	3,13	2,66	3,11	3,91	4,12	2,28	1,95	2,34	2,49	4,07	3,59
Kebutuhan air domestik	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Kebutuhan air non domestik	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085
Kebutuhan air peternakan	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
<b>Neraca air (Water balance)</b>												
Neraca Air	26,98	43,49	42,14	38,95	32,58	25,87	20,68	16,34	9,70	7,44	15,32	22,35
Status Neraca Air	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)



Gambar(Figure) 4. Grafik neraca air DAS Sampean Baru sebelum budidaya tanaman *Pisang Cavendish* PT.XYZ (Graph of the water balance of the Sampean Baru Watershed before the cultivation of *Cavendish* banana plants PT. XYZ)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)



Gambar (Figure) 5. Grafik Neraca Air DAS Sampean Baru Setelah Budidaya Tanaman pisang *Cavendish* PT. XYZ (Sampean Baru Watershed water balance graph after cultivating *Cavendish* banana plants PT. XYZ)

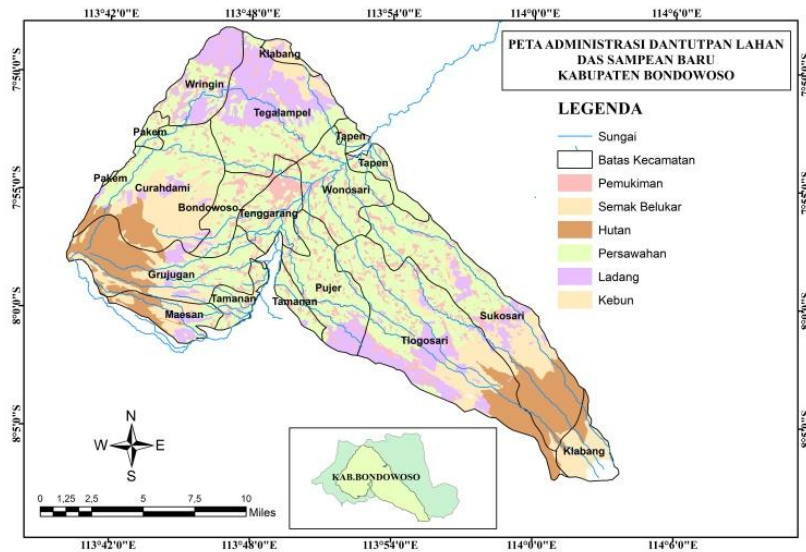
Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

### I. Rekomendasi Perencanaan Kegiatan Pengembangan Perkebunan Pisang *Cavendish* PT. XYZ

Neraca air pada DAS Sampean Baru berdasarkan hasil perhitungan pada Gambar 4 dan 5 menghasilkan kondisi surplus pada semua bulan. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa saat ini dengan total luasan perkebunan PT. XYZ sebesar 2,91 ha ketersediaan air untuk perkebunan pisang masih sangat mencukupi. Namun perlu diketahui bahwa pengembangan perkebunan pisang *Cavendish* oleh PT. XYZ akan terus dilakukan agar kuantitas produksi buah pisang *Cavendish* semakin meningkat. Berdasarkan hal tersebut maka perencanaan kegiatan pengembangan perkebunan pisang *Cavendish* oleh PT. XYZ perlu memperhatikan kemungkinan perubahan kondisi neraca air selama

proses pengembangan. Perencanaan dilakukan dengan menghitung kondisi *water balance* DAS Sampean Baru yang secara optimal dapat mendukung pengembangan perkebunan pisang *Cavendish*.

Asumsi penambahan lokasi dilakukan dengan memanfaatkan lahan non pertanian berdasarkan pada kondisi tutupan lahan (Gambar 6). Hal ini untuk mencegah adanya alih fungsi lahan pertanian menjadi non pertanian yang akan mengakibatkan dampak pada ketersediaan bahan pangan. Semakin berkurang lahan sawah maka semakin berkurang ketersediaan bahan pangan yang dibutuhkan masyarakat (Habibatussolikhah, Darsono, & Ani, 2017; Barchia, Budiarta, Sulistyono, Hardiansyah, Suhartoyo, & Novanda, 2022). Data luasan tutupan lahan di wilayah DAS Sampean Baru dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 21.



Gambar (Figure) 6. Peta tutupan lahan DAS Sampean Baru.  
 Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 21. Sebaran penutupan lahan DAS Sampean Baru (Land cover distribution of the Sampean Baru Watershed)

No	Jenis Penutupan Lahan (Land cover)	Luas (Area) (ha)	%
1	Persawahan	27.328,03	44,73
2	Ladang	8.632,30	14,13
3	Pemukiman	6.709,99	10,98
4	Semak Belukar	4.715,99	7,72
5	Hutan	7.494,42	12,27
6	Kebun	6.212,56	10,17
Total Luas DAS		61.093,30	100

Sumber (Source) : Ina-Geoportal Indonesia (2023)

Potensi lahan untuk wilayah pengembangan perkebunan pisang *Cavendish* adalah lahan ladang dan lahan kebun. Lahan kebun pada jenis penutupan lahan merupakan akumulasi luasan semua jenis perkebunan yang ada di wilayah DAS Sampean Baru. Perhitungan untuk mengetahui luasan maksimal pengembangan perkebunan pisang terhadap kondisi neraca air dapat dilihat pada Tabel 22. Hasil perhitungan neraca air setelah dilakukan kegiatan perencanaan pada Tabel 23.

Hasil neraca air DAS Sampean Baru mengalami kondisi *balance* pada penambahan luas lahan perkebunan sebanyak 385% atau 21,66% dari luas DAS

Sampean Baru dengan luas lahan 13.230,24 ha. Perubahan kondisi tutupan lahan DAS Sampean Baru setelah dilakukan kegiatan rekomendasi adalah sebagai seperti pada Tabel 24. Nilai kebutuhan air untuk perkebunan pisang pada Tabel 23 juga mengalami peningkatan yang signifikan dikarenakan adanya penambahan lokasi perkebunan yang menyebabkan jumlah populasi tanaman pisang semakin bertambah, sehingga nilai kebutuhan air untuk tanaman juga ikut meningkat, sementara pada kebutuhan air pertanian tidak terjadi perubahan nilai kebutuhan air dikarenakan tidak terjadi penambahan lahan pertanian yang dilakukan.

Tabel (Table) 22. Kebutuhan air perkebunan pisang *Cavendish* berdasarkan pengembangan perkebunan di DAS Sampean Baru terhadap kondisi neraca air (Water requirements for *Cavendish banana plantations* are based on plantation development in the Sampean Baru watershed and water balance conditions.)

Penambahan Luasan	Luas (ha)	Kebutuhan Air Tanaman <i>Pisang Cavendish</i> (m <sup>3</sup> /dtk)												Total Kebutuhan <i>Pisang Cavendish</i> Tahunan (m <sup>3</sup> /dtk)	
		Bulan													
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des		
Kondisi Awal	2,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
10%	343,64	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,09	0,17	0,18	0,20	0,19	0,06	0,04	1,20	
20%	687,29	0,08	0,10	0,10	0,12	0,14	0,17	0,34	0,37	0,39	0,39	0,11	0,08	2,40	
30%	1030,93	0,12	0,16	0,16	0,17	0,21	0,26	0,52	0,55	0,59	0,58	0,17	0,12	3,60	
40%	1374,57	0,16	0,21	0,21	0,23	0,28	0,35	0,69	0,74	0,79	0,77	0,22	0,16	4,81	
50%	1718,21	0,20	0,26	0,26	0,29	0,35	0,43	0,86	0,92	0,99	0,96	0,28	0,20	6,01	
60%	2058,95	0,24	0,31	0,31	0,35	0,41	0,52	1,03	1,11	1,18	1,16	0,33	0,24	7,20	
70%	2405,50	0,28	0,36	0,37	0,41	0,48	0,60	1,21	1,29	1,38	1,35	0,39	0,28	8,41	
80%	2749,14	0,32	0,42	0,42	0,47	0,55	0,69	1,38	1,48	1,58	1,54	0,45	0,32	9,61	
90%	3092,78	0,36	0,47	0,47	0,52	0,62	0,78	1,55	1,66	1,78	1,74	0,50	0,36	10,81	
100%	3436,43	0,40	0,52	0,52	0,58	0,69	0,86	1,72	1,84	1,97	1,93	0,56	0,40	12,01	
200%	6872,85	0,81	1,04	1,04	1,17	1,38	1,73	3,45	3,69	3,95	3,86	1,12	0,80	24,03	
250%	8591,07	1,01	1,30	1,30	1,46	1,73	2,16	4,31	4,61	4,93	4,82	1,39	1,01	30,03	
300%	10306,37	1,21	1,56	1,56	1,75	2,08	2,59	5,17	5,53	5,92	5,78	1,67	1,21	36,03	
350%	12027,49	1,41	1,82	1,83	2,04	2,42	3,02	6,04	6,46	6,90	6,75	1,95	1,41	42,05	
360%	12371,13	1,45	1,87	1,88	2,10	2,49	3,11	6,21	6,64	7,10	6,94	2,01	1,45	43,25	
380%	13058,42	1,53	1,97	1,98	2,22	2,63	3,28	6,55	7,01	7,50	7,33	2,12	1,53	45,65	
385%	13230,24	1,55	2,00	2,01	2,24	2,67	3,32	6,64	7,10	7,59	7,43	2,15	1,55	46,25	
400%	13745,70	1,61	2,08	2,09	2,33	2,77	3,45	6,90	7,38	7,89	7,72	2,23	1,61	48,05	

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 23. Perhitungan neraca air DAS Sampean Baru setelah perencanaan (Calculation of the water balance of the Sampean Baru watershed after planning)

Komponen (Component)	Bulan (Month) (m <sup>3</sup> /detik)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Ketersediaan Air (Water availability)												
Total Q ketersediaan (m <sup>3</sup> /dtk)	31,5	47,2	45,3	42,6	37,0	30,5	23,5	18,8	12,6	10,5	19,9	26,5
Q 80 (Hujan aliran)	31,5	47,2	45,3	42,6	37,0	30,5	23,5	18,8	12,6	10,5	19,9	26,5
Kebutuhan Air (Water needs)												
Total Q kebutuhan air (m <sup>3</sup> /dtk)	6,1	5,7	5,2	5,9	7,1	8,0	9,5	9,6	10,5	10,5	6,8	5,7
Kebutuhan air perkebunan pisang Mitra Tani PT.XYZ	1,55	2,00	2,01	2,24	2,67	3,32	6,64	7,10	7,59	7,43	2,15	1,55
Kebutuhan air irigasi	3,96	3,13	2,66	3,11	3,91	4,12	2,28	1,95	2,34	2,49	4,07	3,59
Kebutuhan air domestik	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Kebutuhan air non domestik	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Kebutuhan air peternakan	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Neraca Air (Water balance)												
Neraca Air	25,42	41,49	40,13	36,71	29,92	22,55	14,05	9,24	2,11	0,00	13,18	20,80
Status Neraca Air	S	S	S	S	S	S	S	S	S	D	S	S

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel (Table) 24. Perubahan luasan tutupan lahan DAS Sampean Baru setelah perencanaan pengembangan pisang *Cavendish* di wilayah DAS Sampean Baru (*Changes in the land cover area of the Sampean Baru watershed after planning the development of Cavendish bananas in the Sampean Baru watershed area*)

No	Jenis Penutupan Lahan ( <i>Land cover</i> )	Luas ( <i>Area</i> ) (ha)	%	Luas Perubahan Lahan ( <i>Changes in Land Area</i> )	Kondisi Perubahan ( <i>Conditions of Change</i> )
1	Perkebunan Pisang	13.230,24	21,66	13.227,33	Bertambah
2	Persawahan	27.325,12	44,73	0	Tetap
3	Ladang	1.617,54	2,65	-7.014,77	Berkurang
4	Pemukiman	6.709,99	10,98	0	Tetap
5	Semak Belukar	4.715,99	7,72	0	Tetap
6	Hutan	7.494,42	12,27	0	Tetap
7	Kebun	0	0	-6.212,56	Berkurang
Total		61093,3	100	0	

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)

Neraca air DAS mengalami kondisi *balance* yaitu pada bulan Oktober pada saat lahan perkebunan pisang memiliki luasan 13.230,24 ha atau 21,66 % dari total luas DAS Sampean Baru, sehingga perluasan lahan diharapkan tidak melebihi dari 13.230,24 ha. Perluasan dilakukan dengan memanfaatkan tutupan lahan kebun yang ada pada DAS Sampean Baru. Perlu diketahui bahwa kondisi ini merupakan kondisi optimal yang dimungkinkan akan mempengaruhi kondisi neraca air DAS Sampean Baru, sehingga untuk mengantisipasi kemungkinan adanya perubahan pada nilai kebutuhan air lainnya yang berada di wilayah DAS Sampean Baru akan lebih baik jika perluasan dilakukan tidak lebih dari 50% dari pengembangan lahan optimal hasil perhitungan.

#### IV. KESIMPULAN

Total ketersediaan air pada DAS Sampean Baru adalah 346,06 m<sup>3</sup>/s berdasarkan nilai total debit andalan 80% pada semua bulan. Nilai total kebutuhan air untuk perkebunan pisang *Cavendish* PT. XYZ yang harus terpenuhi saat ini adalah 0,00976 m<sup>3</sup>/s (Tabel 14).

Berdasarkan perhitungan selisih ketersediaan air dan kebutuhan air didapatkan kondisi neraca air pada DAS Sampean Baru mengalami surplus pada semua bulan. Kondisi ini terjadi sebelum maupun sesudah budidaya tanaman pisang *Cavendish*. Total surplus yang dihasilkan 301,86 m<sup>3</sup>/s dengan total kebutuhan air untuk peruntukan pertanian, domestik, non-domestik, peternakan adalah sebesar 44,189 m<sup>3</sup>/s. Berdasarkan perhitungan perencanaan pengembangan perkebunan pisang *Cavendish* neraca air DAS Sampean Baru akan mengalami kondisi *balance* ketika pengembangan lahan pisang *Cavendish* dilakukan hingga luas lahan optimal 13.230,24 ha (21,66%) dari total luasan DAS Sampean Baru dengan penambahan lokasi dilakukan dengan memanfaatkan 6.212,56 ha lahan kebun dan 7.014,77 ha lahan ladang. Sehingga perluasan lahan perkebunan pisang *Cavendish* oleh PT. XYZ tidak dianjurkan melebihi batas optimal.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. XYZ dan mitra budidaya pisang *Cavendish* yang bersedia membantu

dalam penyediaan data penelitian; Civitas akademika Fakultas Teknologi Pertanian terkait penyediaan fasilitas penelitian, dan mitra bestari Jurnal Penelitian dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penyajian hasil penelitian ini semakin baik.

## KONTRIBUSI

EN berkontribusi pada desain penelitian dan penyiapan manuskrip artikel. IA berkontribusi dalam penetapan *tools* riset, analisis data, dan pembahasan dalam manuskrip artikel. HE berkontribusi terhadap pengolahan data dan metode *sampling*. HS berkontribusi dalam pengumpulan data, pengolahan data, dan penulisan manuskrip artikel. HA berkontribusi di pembahasan manuskrip artikel dan analisis data lanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, F. A., A. Sungkowo, & W. A. D. Kristanto. (2018). Analisis Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik di Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*. 10(2):139–146.  
<http://doi.org/10.29244/jsil.3.3.121-132>
- Anderson, G. Ray. & French, N. A. (2019). Crop Evapotranspiration. *Agronomy*. 9(10):6-8:  
<http://doi.org/10.3390/agronomy9100614>
- Barchia, M. F., Budiarta, D., Sulisty, B., Hardiansyah, D., Suhartoyo, H. & Novanda, R. R. (2022). Land Use Change Threat to Paddy Cultivation Sustainability on the Irrigated Rice Fields in Bengkulu Province, Indonesia. *Indonesian Journal of*

*Geography*. 54(3): 389-395.  
<https://doi.org/10.22146/ijg.73304>

- Chiarelli, D. D., Passera, C., Rosa, L., Davis, K. F., D’Odorico, P. & Rulli, M. C. (2020). The Green and Blue Crop Water Requirement WATNEEDS model and Its Global Gridded Outputs. *Scientific Data*. 7(273): 523.  
<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12706523>

- Crouch, M. L., Jacobs, H. E. & Speight, V. L. (2021). Defining Domestic Water Consumption Based on Personal Water Use Activities. *AQUA - Water Infrastructure, Ecosystems and Society*. 70(7): 1002–1011.  
<https://doi.org/10.2166/aqua.2021.056>

- Fausan, A., Setiawan, B. I., Arif, C. & Saptomo, K. S. (2021). Analisa Model Evaporasi dan Evapotranspirasi Menggunakan Pemodelan Matematika pada Visual Basic di Kabupaten Maros. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 5(3):179-196.  
<http://doi.org/10.29244/jsil.5.3.179-196>

- Habibatussolikha, A., Darsono, D. & Ani,S.(2017). Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Alih Fungsi Lahan Sawah Ke Non Sawah Di Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta.*SEPA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*. 13(1):22.  
<https://doi.org/10.20961/sepa.v13i1.14232>

- Hidayat, A. M., Mulyo, A. P., Azani, A. A., Aofany, D., Nadiansyah, R., & Rejeki, H. A. (2018). Evaluasi Ketersediaan Sumber Daya Air Berbasis Metode Neraca Air Thornwhite Matter Untuk Pendugaan Surplus dan Defisit di Pulau Jawa. *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya)*.

- 3(4):35.  
<https://doi.org/10.20961/prosidingsnfa.v3i0.28506>
- Jayanti, M., Sabar, A., Ariesyday, H. D., Marselina, M. & Qadafi, M. (2023). A Comparison of Three Water Discharge Forecasting Models for Mansoon Climate Region: A Case Study in Cimanuk-Jatigede Watershade Indonesia. *Water Cycle*. 4(2023): 17-25.  
<https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2023.01.002>
- Juliawan, I. G. N., Tika, I. W. & Arthawan, I. G. K. A. (2021). Optimasi Pemenuhan Kebutuhan Air Irigasi pada Budidaya Tanaman Pisang di PT. Nusantara Segar Abadi Jembrana-Bali. *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*. 10(2):226.  
<http://doi.org/10.24843/jbeta.2022.v10.i02.p03>
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia.(2014).*Outlook Komoditi Pisang*.Pusat Data dan Sistem Infomasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Kurniawan, R., Hadiani, R. & Setiono.(2017). Mengisi Data Hujan Dengan Metode Autoregressive dan Metode Reciprocal Dengan Pengujian Debit Kala Ulang (Studi Kasus di DAS Bangkalan).*e-jurnal Materiks Teknik Sipil*. 5(4): 1315-1323.  
<https://doi.org/10.20961/mateksi.v5i4>.
- Maigiska, N., Nurhayati, & Umar. (2018). Analisi Kebutuhan Air Tanaman Untuk Kebun Campuran Pada Daerah Tangkapan Air Pari Pati Di Daerah Rawa Punggur Besar. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*. 5(3):1-7.
- Mal, S. & Sen, S. (2025). Optimizing Agricultural Water Use: Crop Water Requirement and Irrigation Scheduling of Tomato & Soybean Using FAO CropWat 8.0 Model in Chandrapur District, Maharashtra, India. *Next Research*. 2(3): 100529.  
<https://doi.org/10.1016/j.nexres.2025.100529>
- Masruroh, S., Suhartanto, E. & Harisuseno, D. (2022). Perbandingan Metode Alih Ragam Hujan Menjadi Debit dengan Fj. Mock dan Neraca di Sub Das Amprong Kabupaten Malang. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*. 2(2):325.  
<http://doi.org/10.21776/ub.itresda.2022.002.02.26>
- Monica, M., Muliadi, M., & Adriat, R. (2022). Penentuan Jenis Distribusi Probabilitas dan Intensitas Curah Hujan di Pulau Kalimantan. *Jurnal Prima Fisika*. 10(1):1-109.  
<http://doi.org/10.26418/pf.v10i1.62642>
- Panigrahi, P., Raychaudhuri, S., Thakur, A. K., Nayak, A. K., Sahu, P., Ambast, S. K. (2019). Automatic Drip Irrigation Scheduling Effects on Yield and Water Productivity of Banana. *Scientia Horticulturae*. 257(17): 108677.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108677>
- Pradana, A. & Hendrasari. R. S. (2021). Analisis Neraca Air pada Sub Daerah Aliran Sungai Code Yogyakarta. *PROKONS Jurusan Teknik Sipil*. 15(1):8.  
<http://doi.org/10.33795/prokons.v15i1.276>
- Pudyastuti, P. & Musthofa. R.(2020). Analisa Distribusi Curah Hujan Harian Maksimum di Stasiun Pengukur Hujan Terpilih di Wilayah Klaten Periode 2008-2018.*Jurnal Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*.13(1):10-15.

- <http://doi.org/10.23917/dts.v13i1.11589>
- Saidi, C. A., Umar, & Nurhayati. (2021). Pengaruh tingkat konsistensi dan korelasi data curah hujan terhadap kerapatan stasiun hujan di das landak. *Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*. 8(1):1–7. <http://dx.doi.org/10.26418/jelast.v8i1.45988>
- Setiawan, E., Indarto, I. & Wahyuningsih, S. (2019). Analisis Neraca Air Pertanian di Sub DAS Rawatamtu (Analysis of agricultural water balance in Rawatamtu sub-watershed). *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. 3(2):175-194. <https://doi.org/10.20886/jppdas.2019.3.2.175-194>
- Susanawati, L. & Suharto, B. (2018). Kebutuhan Air Tanaman untuk Pendjadwalan Irigasi pada Tanaman Jeruk Keprok 55 di Desa Selorejo Menggunakan Cropwat 8.0. *Jurnal Irigasi*. 12(2):109-118. <http://doi.org/10.31028/ji.v12.i2.109-118>
- Sutrisno, A. J., Kaswanto, & H. S. Arifin. (2020). Prediction and Correlation Analysis Between Water Discharge and Rainfall in Ciliwung River, Bogor City. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*. 10(1):25–33. <http://doi.org/10.29244/jpsl.10.1.25-33>
- Syahputra, B. P., Sidik, D. F. Akbar, H. Ayomi, M. R. & Sagita, N. (2022). Perbandingan Uji Homogenitas Periode 30 tahun Data Suhu Rata - Rata & Kelembapan Udara sebagai Representasi Analisis Trend Iklim. *Prosiding: Konferensi Nasional Matematika Dan IPA Universitas PGRI Banyuwangi*. 2(1):284–292.
- Utami, R. R., Geerling, G. W., Salami, I. R. S., Notodarmojo, S. & Ragas, Ad. M. J. (2024). Mapping Domestic Water Use to Quantify Water-Demand and Water-Related Contaminant Exposure in a Peri-Urban Community, Indonesia. *International Journal Environmental Health Research*. 34(1): 625-638. <https://doi.org/10.1080/09603123.2022.2163986>
- Wiliya, W. (2022). Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model Hec-Hms di Das Bengawan Solo Hulu. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*. 20(2):193. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i2.11915>
- Zhang, Y., Wu, Z., Singh, V. P., Su, Q., He, H., Yin, H., Zhang, Y. & Wang, F. (2021). Simulation of Crop Water Demand and Consumption Considering Irrigation Effects Based on Coupled Hydrology-Crop Growth Model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. 13(11): e2020MS002360. <https://doi.org/10.1029/2020MS002360>
- Zubelzu, S., Panigrahi, N., Thompson, A. J. & Knox, J. W. (2022). Modelling Water Fluxes to Improve Banana Irrigation Scheduling and Management in Magdalena, Colombia. *Irrigation Science*. 41(2023): 69–79. <https://doi.org/10.1007/s00271-022-00818-7>

Halaman ini sengaja dikosongkan

**PEDOMAN BAGI PENULIS (AUTHOR GUIDELINES)**  
**JURNAL PENELITIAN PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI**

- **BAHASA:** Karya Tulis Ilmiah (KTI) ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris
- **FORMAT:** Naskah diketik pada kertas A4 (210 x 297 mm), huruf Calibri, ukuran font 12 dan dengan spasi 1,15. Pada semua tepi disisakan ruang kosong 2,5 cm. KTI diserahkan dalam format *Microsoft Words*.
- **JUDUL:** Judul KTI harus singkat dan informatif, tidak lebih dari dua baris dan mencerminkan isi tulisan. Judul ditulis dalam Bahasa Indonesia dengan ukuran font 12 dan menggunakan huruf kapital semua (terjemahan dalam bahasa Inggris ditulis miring dengan huruf kapital hanya pada permulaan judul atau yang menyatakan suatu nama, diletakkan di antara tanda kurung), hindari pemakaian kata kerja, rumus, singkatan, dan bahasa tidak resmi.
- **NAMA PENULIS:** Dicantumkan di bawah judul, ditulis lengkap tanpa gelar akademik, urutan berdasarkan penulis pertama, kedua dan seterusnya, disertai alamat lengkap instansi dan email penulis
- **ABSTRAK:** Penulisan abstrak Bahasa Inggris (*Italic font*) dan Bahasa Indonesia, tidak lebih dari 250 kata, ditulis dalam satu paragraf, secara ringkas, jelas, utuh, mandiri, dan terdiri dari permasalahan, tujuan, metoda, dan hasil penelitian.
- **KATA KUNCI:** Tiga sampai lima kata kunci yang mencerminkan substansi naskah ditulis terpisah dengan menggunakan titik koma.
- **PENDAHULUAN:** Pendahuluan berisi latar belakang permasalahan yang ada, hasil - hasil penelitian terkait sebelumnya (*state of the art*), pentingnya penelitian yang dilakukan dan tujuan penelitian.
- **BAHAN DAN METODE:** Lokasi penelitian diterangkan secara geografis disertai peta lokasi penelitian, bahan dan alat yang digunakan diterangkan dengan jelas. Metode penelitian dijelaskan secara detil (desain penelitian, perlakuan, rancangan percobaan, metode dan skala analisis, dan lain-lain yang terkait metode) sehingga dapat diulang oleh peneliti lain. Metode yang sudah dipublikasikan harus dicantumkan sumbernya.
- **LANGUAGE:** *Scientific paper (KTI) is written in Indonesian or English*
- **FORMAT:** *The manuscript is typed on an A4 paper (210 x 297 mm), calibri size 12, and 1.15 space. Margin on all edges are 2.5 cm. The manuscript is submitted in MS words format.*
- **TITLE:** *Title of the scientific paper should be short and informative, no more than two lines and reflects the contents. The title is in Indonesian and English. The title in Indonesian is written in Calibri, font size 12, bold, uppercase, center. The title in English is written in calibri, font size 12, italics, sentence case, placed between parentheses. Avoid the use of verbs, formulas, abbreviations, and unofficial language.*
- **NAME OF AUTHOR(S):** *Listed below the title, complete name without the academic degrees, the sequence based on the first author, second etc., accompanied by complete institution addresses and email addresses.*
- **ABSTRACT:** *Abstract is written in English (Italic font) and Indonesian, no more than 250 words, written in one paragraph, concise, clear, and complete, . It consists of research problems, methods, and research findings.*
- **KEY WORD:** *Three to five key words reflect the substantive of the research, separated by semicolon.*
- **INTRODUCTION:** *Introduction must contain background of the existing problems, state of the art, important of the research and the purpose of the research.*
- **MATERIALS AND METHODS:** *Location of the research is described geographically completed with a map of the study sites. Materials and instruments used should be clearly defined. Research methods are described in detail (research design, treatments, experimental design, methods and scale of analysis, and other related methods) so that it can be repeated by other researchers. Published methods must be included the source.*

- **HASIL DAN PEMBAHASAN:** Hasil penelitian disampaikan secara singkat dan jelas. Data yang ditampilkan sudah dianalisis dan relevan, disusun sesuai tujuan penelitian. Data dan informasi dalam Tabel, grafik, dan gambar dilengkapi tafsiran yang benar. Dalam pembahasan data hasil penelitian ditafsirkan dan dikaitkan dengan tujuan, hipotesis (jika ada), diberikan penjelasan mengapa hal tersebut terjadi, dikemukakan hubungan dengan hasil penelitian sebelumnya, dan dikemukakan sitasi dari literatur yang sesuai.
- **KESIMPULAN:** Hasil terpenting dari penelitian disampaikan dalam kesimpulan yang digunakan untuk menjawab tujuan, hipotesis serta temuan lain selama penelitian. Kesimpulan bukan merupakan ulangan dari abstrak, tetapi mengelaborasi hasil-hasil penelitian yang signifikan. Kesimpulan memuat saran-saran yang merupakan implikasi penelitian yang harus dilakukan lebih lanjut.
- **TABEL:** Judul tabel, kolom, lajur, dan sumber data serta keterangan ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Inggris (*dicetak miring*) dengan singkat tetapi jelas serta tidak tebal. Judul tabel ditulis dengan font ukuran 10, spasi 1 dan huruf capital pada awal kalimat. Tabel diberi nomorurut sesuai dengan keterangan di dalam teks. Penggunaan tanda koma (,) dan titik (.) pada angka di dalam tabel masing-masing menunjukkan nilai pecahan/ desimal dan kebulatan seribu. Keterangan tabel diletakkan di bawah tabel. Tabel harus dalam format *Microsoft Words*. Tabel tidak menggunakan garis vertikal. Garis horizontal terletak pada judul kolom atas, sub judul dan akhir tabel (garis penutup tabel). Apabila tabel terpotong karena pergantian halaman, header ditampilkan kembali pada halaman selanjutnya. Tabel dapat diunggah menggunakan file terpisah (*supplementary materials*) dengan memberi tanda posisi tabel pada naskah. Tabel harus mencantumkan sumber. Apabila tabel merupakan hasil analisis primer, maka dapat ditulis sebagai analisis data beserta tahun.
- **RESULT AND DISCUSSION:** *The research results must be clear and short. The presented data have been analyzed and relevant, prepared according to the purpose of the research. Data and information in the tables, graphs, and pictures need to be conveyed with the correct meaning or interpretation. In the discussion, data are interpreted according to the objectives, the hypothesis (if any), explained why it happened, put forward relationship with the results of previous research, and proposed citation of the appropriate literatures.*
- **CONCLUSIONS:** *The most important results of the research are presented in the conclusions used to answer the objectives, hypotheses and other findings during the study. Conclusion is not a repetition of the abstract, but elaborates of significant research results. The conclusions contain suggestions which are the implications on further research.*
- **TABLES:** *The title of table, column, row, data source and description are written in Indonesian and English (Italic font), short but clear and not bold. The font size of the table title is 10 with spaces 1 and capital letter at the beginning of the sentences. The table is given number according to the description in the text. The use of comma (,) and dot (.) in the table indicate the value of fraction/ decimal and roundness of a thousand. Table descriptions are placed under the table. The table should be in MS Word format. Tables can be uploaded using a separate file (supplementary materials) by giving mark table positions on the manuscript. Table does not use vertical lines. The horizontal line lies in the top column heading, subheadings and at the end of the table (the closing table). If the table is cut off due to page changes, the header is displayed again on the next page. The table should mention its source. If the table is the result of primary data analysis, then it can be written as a data analysis and accompanied with the year.*

- **GRAFIK/GAMBAR/FOTO** : Grafik, peta, dan ilustrasi lain yang berupa gambar garis harus kontras, diberi nomor urut. Judul beserta isinya ditulis dalam dua bahasa (Indonesia dan *Inggris dicetak miring*), diberi nomor urut. Judul gambar ditulis dengan ukuran 10 dengan huruf kapital pada awal kalimat. Grafik dapat diunggah secara terpisah (*supplementary materials*) dari file utama (naskah KTI) dalam format *MS Words* dengan memberi tanda posisi grafik pada naskah. Resolusi gambar minimal 300 dpi. Gambar dan judul diletakkan pada posisi tengah/center. Gambar harus mencantumkan sumber. Apabila gambar berasal dari foto koleksi pribadi maka dapat ditulis sebagai koleksi pribadi beserta tahun.
- **RUMUS** :Rumus ditulis dengan ukuran font 10. Setiap rumus yang ditampilkan harus diberi nomor sesuai urutan dalam naskah. Nomor urut diberi tanda kurung dan berada sejajar dengan rumus yang dihubungkan tanda titik sampai batas kanan naskah.
- **UCAPAN TERIMA KASIH** : Disarankan menyampaikan ucapan terimakasih kepada organisasi atau person yang telah membantu penulis dalam bentuk apapun.
- **DAFTAR PUSTAKA** : Memuat pustaka yang benar-benar dirujuk, dengan demikian pustaka yang dimasukkan pada bagian ini akan ditemukan tertulis pada bagian-bagian sebelumnya. Cara penyitiran dan penulisan daftar pustaka merujuk kepada *The American Psychological Association (APA) style 6<sup>th</sup>*. Untuk mempermudah dan menjaga konsistensi pengutipan serta penulisan daftar pustaka perlu menggunakan aplikasi yang dapat diunduh secara gratis seperti Mendeley (<https://www.mendeley.com/download-mendeley-desktop/>). Daftar pustaka disusun menurut abjad nama pengarang, 80% dari pustaka merupakan terbitan 5 tahun terakhir dan 80% berasal dari sumber acuan primer, kecuali buku teks ilmu-ilmu tertentu.
- **GRAPHS/FIGURES/PHOTOS**: *Graphs, maps and other illustrations in line drawings should be in contrasted, numbered sequentially. Title and contents are written in two languages, Indonesian and English (in italic), numbered sequentially with its explanatory. The title is in font size 10 with capital letter at the beginning of the sentences. Graphs can be uploaded separately (supplementary materials) from the main file (KTI manuscript) in MS word format by giving mark the chart position in the script. Image resolution is at least 300 dpi. The titles and graphs are placed in the center. The image must specify the sources. If the image comes from a private collection, it can be written as a private collection with year.*
- **FORMULA**: *Formula is typed in font size 10. Each presented formula should be numbered sequentially in the script. The sequential number is bracketed and parallel to the formula connected with dots to the right margin of the manuscript.*
- **ACKNOWLEDGEMENT**: *It is recommended to convey gratitudes to the organization or person who has assisted the author in any form.*
- **REFERENCES**: *It contains all references that are actually referred to. Thus the references included in this section will be found written in the previous sections. The way to edit and write a bibliography refers to The American Psychological Association (APA) style 6th. To make it easier and keep consistency of citation and bibliography writing, it is necessary to use free downloadable applications such as Mendeley (<https://www.mendeley.com/download-mendeley-desktop/>). The references are arranged according to author's name alphabet. Eighty % of the literature is published in the last 5 years and 80% comes from primary reference sources, except for textbooks of certain sciences.*

P-ISSN : 2579-6097



9 772579 609007