

Pemetaan Geomorfologi Detail untuk Analisis Karakteristik Erosi Tebing Sungai pada Sebagian Penggal Sungai Oyo, Kabupaten Bantul, Provinsi DIY

Muhammad Isbahuddin¹, Muhammad Anggri Setiawan^{2*}, dan Margaretha Widyastuti²

¹Magister Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

²Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta; *e-mail: anggri@ugm.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah menyusun informasi geomorfologi dalam peta geomorfologi detail dan mengidentifikasi karakteristik erosi tebing sungai di area penelitian. Analisis karakteristik erosi tebing sungai penting dilakukan untuk mengetahui kondisi dan proses erosi tebing sungai serta upaya pengendalian yang tepat terhadap erosi tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei pemetaan geomorfologi. Pemetaan geomorfologi menggunakan interpretasi citra foto udara (perekaman menggunakan drone) dan survei langsung (*terestris*). Penyajian data dan analisis dalam penelitian ini dilakukan secara deskriptif. Pembuatan peta geomorfologi meliputi identifikasi morfologi, bentuklahan, dan proses geomorfologi. Pengamatan mekanisme erosi tebing sungai dilakukan dengan membagi segmen pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interpretasi citra foto udara dan survei langsung, efektif untuk pembuatan peta geomorfologi detail. Mekanisme erosi tebing sungai yang sedang berlangsung adalah mekanisme erosi tebing sungai tipe D (*failure of composite bank*), dan gabungan tipe B (*rotational failure*) dan tipe D (*failure of composite bank*). Tipe mekanisme erosi tebing yang terjadi didominasi oleh tipe D yang ditandai dengan tebing menggantung (material tebing dominan tererosi pada bagian bawah).

Kata kunci: Pemetaan Geomorfologi, Erosi Tebing Sungai, Drone

ABSTRACT

The aim of this research is to compile geomorphological information into detailed geomorphological maps and to identify the characteristics of streambank erosion in the study area. Analyzing the characteristics of streambank erosion is crucial to understand the conditions and processes of streambank erosion and to determine appropriate erosion control measures. The method employed in this study is geomorphological mapping through the interpretation of aerial photographs (captured using a drone) and direct surveys (*terrestrial*). Data presentation and analysis in this research are conducted descriptively. The creation of geomorphological maps involves the identification of morphology, landforms, and geomorphological processes. Observation of streambank erosion mechanisms is performed by dividing observation segments. The results of the study indicate that the interpretation of aerial photographs and direct surveys is effective for creating detailed geomorphological maps. The ongoing mechanism of streambank erosion is identified as type D (*failure of composite bank*) with a combination of type B (*rotational failure*) and type D (*failure of composite bank*). The predominant type of streambank erosion mechanism observed is type D, characterized by overhanging banks (where the dominant eroded material is at the bottom part of the bank).

Keywords: Geomorphological Mapping, Streambank Erosion, Drones

Citation: Isbahuddin, M., Setiawan, M. A., dan Widyastuti, M. (2024). Pemetaan Geomorfologi Detail untuk Analisis Karakteristik Erosi Tebing Sungai pada Sebagian Penggal Sungai Oyo, Kabupaten Bantul, Provinsi DIY. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(4), 1017-1023, doi:10.14710/jil.22.4.1017-1023

1. PENDAHULUAN

Bentuklahan mengalami perubahan selama terjadinya proses geomorfologi (Miardini, 2019). Dimana bentuklahan yang sangat dinamis adalah bentuklahan fluvial. Proses fluvial dipengaruhi oleh adanya aliran sungai yang menyebabkan terjadinya

erosi, transportasi dan sedimentasi yang saling berkaitan (Charlton, 2008).

Hilir Sungai Oyo merupakan salah satu dinamika geomorfologi yang menarik untuk dikaji. Hal ini ditinjau dari keragaman konfigurasi geomorfologi dan bukti kejadian erosi tebing sungai yang telah

menimbulkan dampak langsung terhadap kerusakan bangunan di sekitar sungai. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa erosi tebing sungai telah mengakibatkan kerusakan infrastruktur di sekitar sungai (Curran et al., 2011), pendangkalan sungai yang dapat menyebabkan banjir (Downs dan Simon, 2001), serta kerugian sosial dan ekonomi (Baishya, 2013).

Upaya untuk melakukan konservasi sungai dapat dimulai dengan memahami kondisi geomorfologi dan karakteristik erosi tebing sungai yang sedang berlangsung. Karakteristik erosi tebing sungai dapat berbeda di berbagai lokasi. Perbedaan karakteristik tersebut dipengaruhi oleh konfigurasi geomorfologi serta aktivitas manusia di suatu wilayah.

Salah satu upaya dalam memahami kondisi geomorfologi dan karakteristik erosi tebing sungai adalah melalui survei pemetaan geomorfologi. Dimana informasi geomorfologi yang diperoleh di lapangan dapat dibuat dalam bentuk peta geomorfologi (Barsch et al., 1979).

Pemetaan geomorfologi sangat bermanfaat dalam memahami kondisi dan proses geomorfologi secara utuh pada suatu wilayah. Peta geomorfologi juga bermanfaat dalam penyusunan rencana tata ruang agar sesuai dengan kondisi fisik (Iskandar, 2008).

Pemetaan geomorfologi memuat berbagai informasi, diantaranya informasi morfologi, proses geomorfologi, topografi, material, batas administrasi serta penggunaan lahan (aktivitas manusia). Peta geomorfologi dibuat dengan simbologi warna, titik, garis, maupun poligon yang mewakili informasi geomorfologi yang ada di lapangan (Gustavsson et al., 2006). Informasi geomorfologi ada yang bersifat regional, semi-detail, dan detail.

Pengumpulan data untuk keperluan informasi dalam pemetaan geomorfologi dapat dilakukan dengan pengukuran langsung maupun melalui penginderaan jauh (foto udara, citra satelit, atau radar) (Church, 2013). Pengukuran langsung berguna untuk menghasilkan data yang lebih detail, sedangkan foto udara berguna dalam interpretasi citra.

Kemajuan teknologi saat ini, khususnya ilmu penginderaan jauh sangat membantu dalam usaha penelitian khususnya untuk memperoleh data citra yang beresolusi tinggi. Data citra yang beresolusi tinggi ini sangat bermanfaat dalam interpretasi citra yang bertujuan untuk memperoleh informasi yang lebih detail terhadap geomorfologi suatu wilayah.

Salah satu alat penginderaan jauh yang menjadi tren saat ini adalah Drone. Drone merupakan pesawat tak berawak yang dapat dikontrol dengan sistem robot dan sistem komputer dari jarak jauh oleh pilot di darat (Fa'iq, 2022). Drone mampu menghasilkan informasi spasial berupa foto udara berkoordinat dan diperoleh secara cepat (Perkasa, 2018). Drone juga memiliki kemampuan untuk terbang rendah sehingga dapat menghasilkan data citra beresolusi tinggi (Shofiyanti, 2011).

Hasil pengamatan kondisi geomorfologi dan interpretasi citra disajikan dalam peta geomorfologi skala detail. Pemetaan geomorfologi skala detail dan survei langsung diperlukan agar diperoleh informasi yang lebih mendalam terkait karakteristik erosi tebing sungai di area penelitian.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menyusun informasi geomorfologi detail dan mengidentifikasi tipe mekanisme erosi tebing sungai di area penelitian.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada sebagian penggal Sungai Oyo, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, DIY pada bulan Januari-Juni 2023. Secara umum pengamatan menggunakan pendekatan geospasial. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah survei pemetaan geomorfologi. Pemetaan geomorfologi dilakukan dengan menggunakan interpretasi citra dan survei langsung (*terestris*). Peta area penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

Adapun data yang digunakan dalam penelitian disajikan dalam Tabel 1.

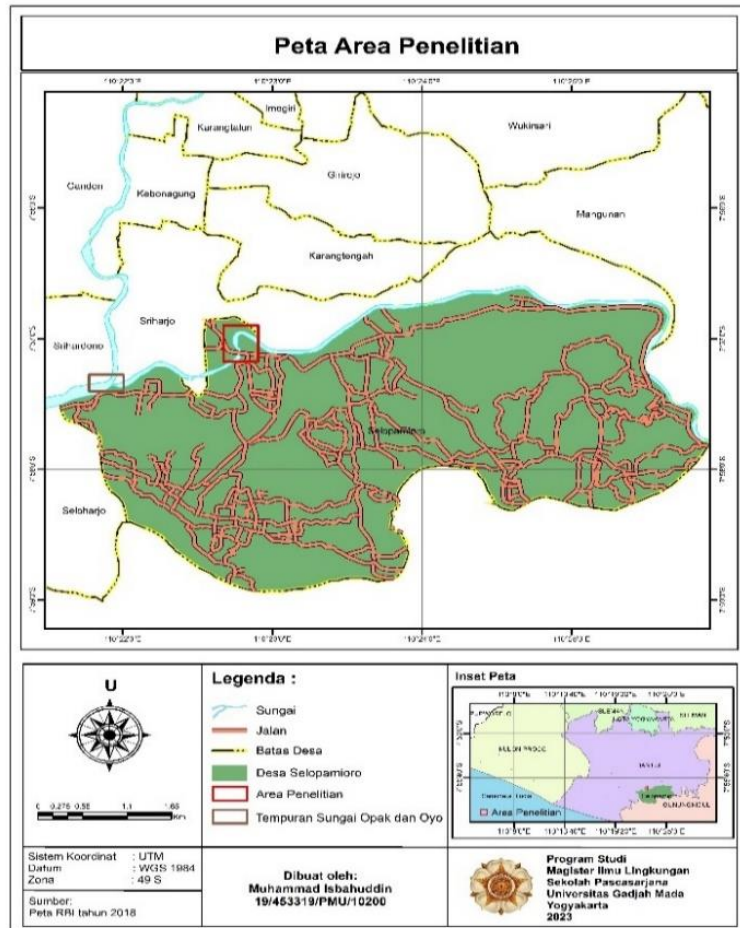
Tabel 1. Data Penelitian

No	Data	Cara Perolehan data
1	Data Citra <i>Orthophoto</i>	Foto udara menggunakan drone
2	Morfologi	Interpretasi citra dan survei lapangan
3	Bentuklahan	Interpretasi citra dan survei lapangan
4	Proses geomorfologi	Survei lapangan
5	Mekanisme erosi tebing sungai	Survei lapangan
6	Objek buatan	Interpretasi citra dan survey lapangan

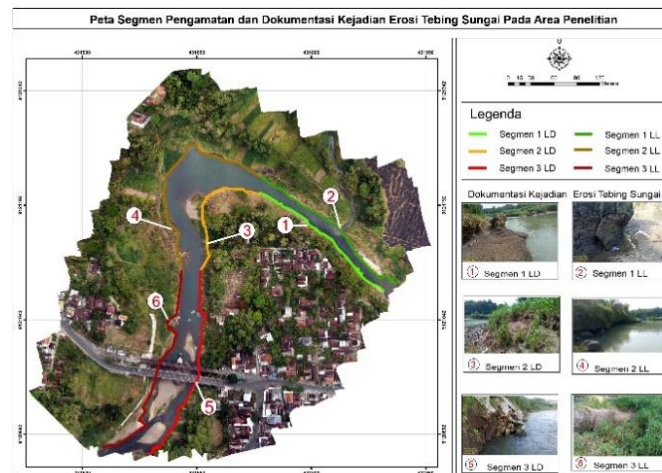
Alat pengambilan foto udara menggunakan Drone DJI Phantom 4 yang berfungsi untuk perekaman foto udara, *Software* Agisoft Metashape yang berfungsi untuk penggabungan foto udara hasil perekaman, *Software* ArcGIS yang berfungsi untuk pemetaan geomorfologi skala detail, laptop yang berfungsi untuk pengolahan data. Laptop yang berfungsi untuk pengolahan data serta smartphone yang berfungsi untuk pembuatan jalur terbang, kalibrasi, dan proses perekaman. Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu data foto udara hasil perekaman Drone DJI Phantom 4 yang diperoleh dari survei lapangan dan Peta RBI skala 1:25.000 yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG).

2.1. Tahap Pra Lapangan

Tahap pra lapangan juga digunakan untuk penggalan informasi awal terkait area penelitian dan mengelola data yang akan digunakan di lapangan. Pada tahap pra lapangan juga digunakan untuk membuat peta acuan di lapangan.



Gambar 1. Peta area penelitian



Gambar 2. Peta segmen pengamatan

2.2. Tahap Lapangan

Tahap lapangan digunakan untuk pengambilan foto udara area penelitian dengan menggunakan drone DJI Phantom 4 yang dilengkapi dengan sistem RTK (real-time kinematik) untuk memperoleh titik koordinat secara *real time*. Drone diterbangkan dengan ketinggian 104 meter.

Tahap lapangan juga digunakan untuk mengecek secara langsung kondisi di lapangan. Pengecekan kondisi lapangan dilakukan dengan survei geomorfologi yang meliputi morfologi, bentuklahan,

penggunaan lahan, proses geomorfologi, tipe mekanisme erosi tebing sungai di area penelitian. Survei lapangan mengacu pada segmen pengamatan yang telah dibuat.

Pembagian segmen pengamatan didasarkan pada pertimbangan morfometri, material, dan proses deplesi dan deposisi yang terjadi pada badan sungai. Dari pembagian segmen tersebut diperoleh 3 segmen masing-masing segmen dilakukan pengamatan lengkung luar (LL) dan lengkung dalam (LD). Peta segmen pengamatan disajikan dalam Gambar 2.

2.3. Tahap Pengolahan Data

Pembuatan orto photo dan DEM diolah menggunakan aplikasi agisoft. Agisoft dapat digunakan untuk menghasilkan data spasial 3D yang kemudian dapat digunakan atau dianalisis lebih lanjut menggunakan aplikasi GIS (Irawaty et al., 2017). Rangkaian proses untuk menghasilkan orthophoto secara berturut-turut adalah *align photos, build dense cloud, build mesh, build texture, build tiled model, build DEM, dan build orthomosaic*. Hasil olahan berupa foto udara dijadikan sebagai bahan pembuatan peta geomorfologi. Hasil pengamatan lapangan terkait geomorfologi dan tipe mekanisme erosi tebing sungai di area penelitian kemudian disajikan ke dalam bentuk peta geomorfologi skala detail.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembuatan Orthophoto dengan Drone

Tinggi terbang *drone* adalah 104 m dengan luas area terekam 0,174 km². Jumlah gambar yang dihasilkan adalah sebanyak 570 gambar. Hasil pengolahan data diperoleh citra tegak lurus dengan resolusi spasial (*ground resolution*) 5,13 cm/pix. *Orthophoto* hasil pengolahan dengan Agisoft ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Orthophoto hasil pengolahan dengan Agisoft

Metadata hasil pengolahan data ada pada Tabel 2.

Tabel 2. Metadata hasil pengolahan data	
Jumlah gambar	570
Tinggi terbang	104 m
Ground resolution	5,13 cm/pix
Coverage area	0,174 km ²
Camera stations	570
Tie Point	493.383
Projection	1.533.706
Reprojection error	0,63 pix

Sumber: data processing report agisoft metashape

Proses perekaman foto udara perlu mempertimbangkan ketinggian terbang, overlap, dan

waktu pengambilan data. Ketinggian terbang yang digunakan adalah 104 meter oleh karena pertimbangan topografi dan penggunaan lahan di area penelitian. Ketinggian di atas 100 meter dianggap aman pada area penelitian ini. Ketinggian terbang berpengaruh terhadap kualitas dan resolusi citra (Satrio, 2019). Selain ketinggian terbang, *overlap* juga berpengaruh terhadap kedetailan hasil foto udara. Makin besar nilai *overlap*, makin banyak pula jumlah foto yang dihasilkan. Banyaknya foto udara akan bermanfaat untuk mengurangi kesalahan saat pengolahan data.

Waktu perekaman gambar dilakukan pada siang hari sekitar pukul 10.00 WIB dan tidak berawan. Waktu perekaman menggunakan drone penting untuk diperhatikan hal ini terkait dengan pencahayaan sinar matahari yang akan berpengaruh terhadap hasil pemotretan.

3.2. Interpretasi Citra

Interpretasi citra orthophoto digunakan untuk memudahkan survei lapangan dan mengetahui kondisi umum area penelitian. Interpretasi citra dalam penelitian ini menggunakan citra hasil foto udara skala detail yang memiliki resolusi spasial 5,13 cm/pix. Hasil interpretasi citra yang diperoleh berupa kondisi penggunaan lahan di area penelitian. Selain itu data DEM juga digunakan untuk memperoleh informasi awal untuk mengetahui kondisi morfologi dan bentuk lahan pada area penelitian sebelum dilakukan pengecekan kondisi lapangan.

3.3. Survei Geomorfologi

3.3.1. Morfologi

Survei geomorfologi dilakukan secara langsung (*terestris*). Identifikasi morfologi di lapangan berperan penting untuk memastikan kondisi morfologi yang telah diperoleh dari interpretasi citra sebelumnya. Adapun jenis morfologi yang diperoleh dari survei lapangan diperoleh tiga jenis morfologi berdasarkan Speight dalam buku *The National Committee on Soil and Terrain* (2009). Morfologi tersebut diantaranya Flat (F), Simple slope (S), dan Open depression (V). Morfologi area penelitian didominasi oleh morfologi Flat.

3.3.2. Bentuk Lahan

Bentuklahan merupakan bagian dari permukaan bumi yang terdiri dari bentuk topografi khas, akibat pengaruh dari proses alam dan struktur geologis pada material batuan dalam ruang dan waktu kronologis tertentu (Tufaila, 2012).

Adapun bentuklahan yang ditemukan pada area penelitian adalah *channel bar* dan *point bar*. *Channel bar* merupakan endapan yang terbentuk secara bertahap di sisi dangkal tengah alur sungai dan menghasilkan akresi lateral (Hudson, 2017).

Point bar ditemukan pada lengkung dalam sungai, dimana point bar ini terbentuk akibat pengendapan sedimen. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dibyosaputra

(2016) bahwa bagian sisi lengkung dalam (*inner band*) memiliki kekuatan arus yang relatif lebih rendah daripada lengkung luar sungai (*outer band*) sehingga arus sungai pada lengkung dalam relatif lemah untuk mengangkut sedimen. Oleh karena itu, terjadi pengendapan sedimen pada bagian lengkung dalam sungai.

3.3.3. Material penyusun tebing sungai

Penggal sungai penelitian termasuk dalam satuan endapan aluvial. Dari profil tanah yang tampak dari tebing sungai, tanah tersusun dari tekstur yang berbeda pada tiap lapisan. Pada bagian dasar sungai, tanahnya bertekstur pasir berlempung, lapisan tengah bertekstur lempung, dan bagian atas bertekstur pasir. Karakteristik endapan aluvial tersebut dipengaruhi oleh adanya pelapukan satuan batuan breksi sisipan batupasir tufan dan satuan batuan batugamping. Material tebing sungai di area penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Material tebing sungai di area penelitian

3.3.4. Proses geomorfologi di area penelitian

Permukaan bumi senantiasa mengalami perubahan morfologi dari waktu ke waktu sebagai akibat proses geomorfologi (Raharjo, 2013).

Proses geomorfologi yang terjadi pada suatu tempat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor itu ada yang bersumber dari alam, ada juga dari aktivitas manusia. Faktor alam yang berpengaruh dalam proses geomorfologi di area penelitian adalah material dan aliran sungai.

Proses geomorfologi yang ditemukan di area penelitian adalah erosi tebing sungai (*streambank erosion*), erosi lembar (*sheet erosion*) erosi alur (*rill erosion*), erosi parit (*gully erosion*) dan longsor (*landslide*). Proses geomorfologi yang dominan terjadi di area penelitian adalah erosi tebing sungai. Dengan adanya penggerusan tebing sungai maka akan menyebabkan penumpukan sedimen di kaki tebing yang selanjutnya akan terbawa aliran sungai yang kemudian akan di endapkan di daerah lengkung dalam (Murniningsih, 2018). Kejadian erosi tersebut umumnya terjadi pada sungai yang mengami proses

meander. Meander terbentuk akibat erosi, transportasi, dan sedimentasi yang kemudian menghasilkan perkembangan bentuklahan fluvial (Putri, 2019). Ada dua fenomena spesifik yang dapat ditemui pada meander, yaitu pada bagian dasar sungai lengkung dalam (*inner band*) yang sungainya relatif lebih dangkal (*riffle*), sedangkan pada lengkung luar (*outer band*) yang umumnya memiliki bagian dasar sungai yang lebih dalam (*pool* atau *pothole*) (Dibyosaputro, 2016).

Berdasarkan tipe mekanisme erosi tebing sungai Charlton (2008), tipe mekanisme erosi tebing sungai yang berlangsung di area penelitian adalah tipe B (*rotational failure*) dan tipe D (*failure of composite bank*). Tipe erosi tebing sungai yang paling dominan terjadi adalah tipe D. Erosi tebing sungai tipe D ditandai dengan adanya tebing yang menggantung akibat bagian bawah tebing sungai mengalami erosi lebih besar. Dominannya proses erosi pada bagian bawah tebing disebabkan oleh material penyusunnya berupa material pasir berlempung yang lebih mudah mengalami erosi oleh aliran air sungai.

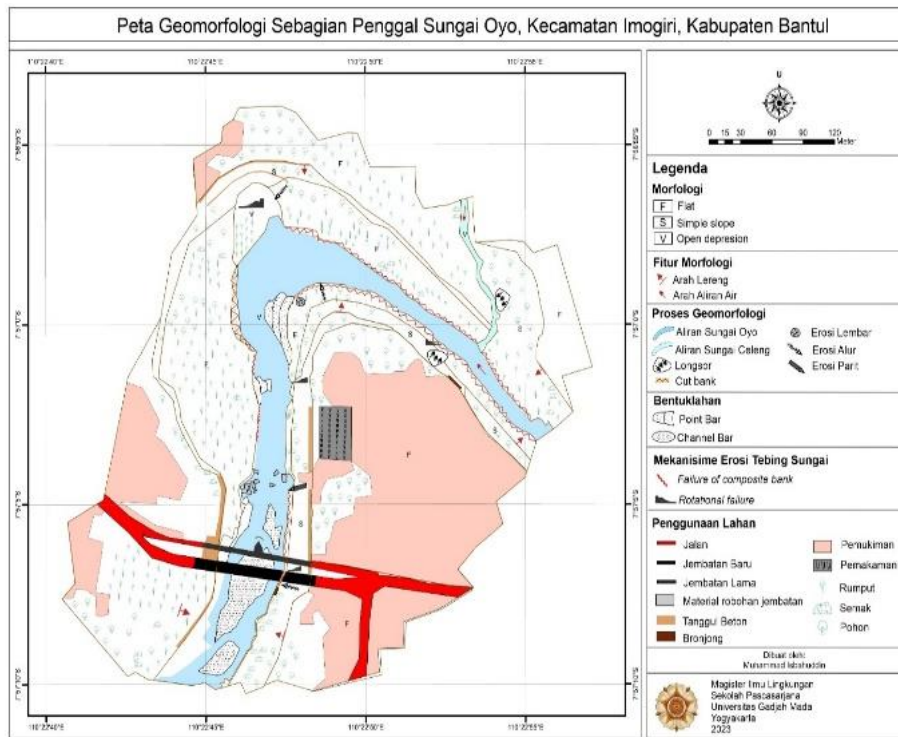
Material tanah penyusun tebing sungai didominasi adalah material tanah yang bertekstur lempung. Namun pada bagian dasar sungai bertekstur pasir berlempung. Perbedaan tekstur pada lapisan tengah dan bagian bawah (dasar sungai) menyebabkan erosi tebing sungai yang masif terjadi di bagian bawah sehingga banyak ditemui tebing yang menggantung.

Material yang ditemui pada badan sungai adalah kerikil, pasir, material jembatan yang rusak, sampah organik dan sampah non-organik. Keterdapatannya sampah pada badan sungai dapat mempengaruhi jenis aliran sehingga pada beberapa bagian terjadi perubahan aliran laminar menjadi turbulen. Aliran turbulen ini dapat menyebabkan erosi tebing sungai menjadi makin besar. Hal ini sejalan dengan pendapat Maryono (2019) bahwa aktivitas manusia sangat berpengaruh terhadap ekosistem sungai. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Caraka (2017) bahwa sampah yang berada pada dasar sungai akan menyebabkan aliran menjadi turbulen.

3.4. Peta Geomorfologi Pada Penggal Sungai Oyo

Peta geomorfologi penelitian dibuat dengan menggunakan *software* ArcGIS dan CorelDRAW. Peta geomorfologi memuat informasi morfologi, fitur morfologi, proses geomorfologi, bentuklahan, mekanisme erosi tebing sungai, dan penggunaan lahan di area penelitian. Peta geomorfologi pada area penelitian disajikan dalam Gambar 5.

Morfologi di lapangan berperan penting untuk memastikan kondisi morfologi yang telah diperoleh dari interpretasi citra. Adapun jenis morfologi yang diperoleh dari survei lapangan diperoleh tiga jenis morfologi berdasarkan klasifikasi Speight dalam The National Committee on Soil and Terrain (2009). Morfologi di area penelitian diantaranya: *Flat* (F), *Simple slope* (S), dan *Open depression* (V). Morfologi area penelitian didominasi oleh morfologi *Flat*.



Gambar 5. Peta geomorfologi area penelitian

Erosi tebing sungai masih terus berlangsung di area penelitian. Mekanisme erosi tebing sungai yang sedang berlangsung adalah mekanisme erosi tebing sungai tipe D (*failure of composite bank*) dan gabungan tipe B (*rotational failure*) dan tipe D (*failure of composite bank*). Tipe mekanisme erosi tebing yang terjadi didominasi oleh tipe D yang ditandai dengan tebing menggantung (material tebing dominan tererosi pada bagian bawah). Dominannya proses erosi pada bagian bawah tebing disebabkan oleh material penyusunnya berupa material pasir berlempung yang lebih mudah mengalami erosi oleh aliran air sungai.

4. KESIMPULAN

Hasil pemetaan geomorfologi memuat informasi penting terkait kondisi dan proses geomorfologi yang terjadi pada area penelitian. Memadukan teknik interpretasi citra dan survei langsung sangat membantu dalam menghasilkan informasi geomorfologi secara komprehensif pada area penelitian.

Mekanisme erosi tebing sungai yang sedang berlangsung adalah mekanisme erosi tebing sungai tipe D (*failure of composite bank*) dan gabungan tipe B (*rotational failure*) dan tipe D (*failure of composite bank*). Tipe mekanisme erosi tebing yang terjadi didominasi oleh tipe D yang ditandai dengan tebing menggantung (material tebing dominan tererosi pada bagian bawah). Dominannya proses erosi pada bagian bawah tebing disebabkan oleh material penyusunnya berupa material pasir berlempung yang lebih mudah mengalami erosi oleh aliran air sungai.

Kajian tentang erosi tebing sungai pada daerah-daerah lain dapat dilakukan sebagai usaha

pengembangan penelitian terkait erosi tebing sungai di Indonesia. Selain itu perlu kajian lebih lanjut untuk strategi pengendalian erosi tebing sungai secara komprehensif khususnya di Sungai Oyo. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh pemangku kebijakan dan *stakeholder* lain sebagai bahan untuk pelestarian ekosistem sungai serta strategi pengendalian erosi tebing sungai di area penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Baishya, S.J. 2013. A Study on Bank Erosion by the River Baralia (Bhairitolajan) in Melkipara Village of Hajo Revenue Circle, Kamrup District, Assam, India. Assam: International Journal of Scientific and Research Publications, Vol. 3 No. 9. Hal 1-10.

Barsch, D., & Mäusbacher, R. 1979. Geomorphological and Ecological Mapping. *GeoJournal*, Vol. 3. Hal 361-370.

Caraka, B.K.A. 2017. Karakterisasi Erosi Tebing Sungai Di Daerah Aliran Sungai Oyo, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Skripsi. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.

Charlton, R. 2008. *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. London. Routledge.

Church, M. 2013. Refocusing Geomorphology: Field Work in Four Acts. *Geomorphology* Vol. 200. Hal 184-92. doi: 10.1016/j.geomorph.2013.01.014.

Curran, J.H., & McTague, M.L. 2011. *Geomorphology and Bank Erosion of the Matanuska River, Southcentral Alaska*. Virginia: USGS.

Dibiyosaputro, S. 2016. Karakteristik Point Bar di Sungai Bogowonto, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah. *Geomedia*, Vol 14. Hal 1-12.

Downs, P.W., & Simon, A. 2011. Fluvial geomorphological analysis of the recruitment of large woody debris in the Yalobusha River network, Central Mississippi, USA. *Geomorphology*. Vol. 37. Hal 65-91.

- Isbahuddin, M., Setiawan, M. A., dan Widyastuti, M. (2024). Pemetaan Geomorfologi Detail untuk Analisis Karakteristik Erosi Tebing Sungai pada Sebagian Penggal Sungai Oyo, Kabupaten Bantul, Provinsi DIY. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(4), 1017-1023, doi:10.14710/jil.22.4.1017-1023
- Fa'iq, M., Rachman, A., Afdal, M., Arkam, M.I., & Nursaputra, M. 2022. Pemanfaatan Teknologi Pesawat Nirawak untuk Identifikasi Pemanfaatan Lahan Masyarakat di dalam Kawasan Hutan Pendidikan Universitas Hasanuddin. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*. Vol. 20 No. 1. Hal. 109-116.
- Gustavsson, M., Kolstrup, E., & Seijmonsbergen, A.C. 2006. A New Symbol-and-GIS Based Detailed Geomorphological Mapping System: Renewal of a Scientific Discipline for Understanding Landscape Development. *Geomorphology* Vol. 77. Hal 90-111. doi: 10.1016/j.geomorph.2006.01.026.
- Hudson, P.F. 2017. "Fluvial Depositional Processes and Landforms. "International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology. Hal 1-9. doi: 10.1002/9781118786352.wbieg0872.
- Irawaty, E., Daniel, Achmad, M. 2017. Analisis biofisik tanaman padi dengan citra drone (UAV) menggunakan software Agisoft Photoscan. *Jurnal Agritechno*. *Jurnal Agritechno*. 10(1):109-122.
- Iskandar, D.W. 2008. Teknik Pemrosesan Citra Digital ASTER Untuk Kajian Geomorfologi Studi Kasus di Sebagian Daerah Istimewa Yogyakarta. PIT MAPIN XVII Bandung 10-12-2008.
- Maryono, A. 2019. *Eko-Hidrolika: Pengelolaan Sungai Ramah Lingkungan*. Yogyakarta. UGM Press.
- Miardini, A. 2019. Dinamika Bentuk Lahan Fluvial Akibat Sedimentasi di Sungai Grindulu, Segmen Arjosari-Pacitan. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Vol. 3 No. 1. Hal 13-26.
- Murniningsih, S. 2018. Pengaruh Pergerakan Meander terhadap Keseimbangan Alur Sungai. Vol. 01 No 02. Hal 45-52.
- Perkasa, P. 2018. Penggunaan Drone Untuk Sarana Deteksi Dini Kebakaran Lahan dan Hutan. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Balangsa*. Vol. 6 No. 2. Hal 1-4.
- Putri, T.S. 2019. Penelitian Laboratorium Perubahan Geomorfologi Sungai Meander. *Jurnal Tekno*. Vol. 16 No. 1. Hal 480-503
- Raharjo, P.D. 2013. Penggunaan Data Penginderaan Jauh Dalam Analisis Bentuk Lahan Asal Proses Fluvial Di Wilayah Karangasambung. *Jurnal Geografi*. Vol. 10 No. 2. Hal 167-174
- Satrio, P. 2019. Pengaruh Ketinggian Drone terhadap Citra yang Dihasilkan pada Pemantauan Tanaman Padi. Skripsi. Palembang. Sumatera Selatan.
- Shofiyanti, R. 2011. Teknologi Pesawat Tanpa Awak untuk Pemetaan dan Pemantauan Tanaman dan Lahan Pertanian. *Informatika Pertanian*. Vol. 20 No. 2. Hal 58-64.
- The National Committee on Soil and Terrain. 2009. *Australian Soil and Land Survey Field Handbook*. CSIRO Publishing.
- Tufaila, M., Karim J., & Alam S. 2012. Pemanfaatan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Pemetaan Bentuklahan di DAS Morami. Vol. 2 No. 1. Hal 9-20.