

KAJIAN TOPOGRAFI DAN HIDROLOGI SEMPADAN SUNGAI TUKAD OOS KABUPATEN BANGLI-GIANYAR

Irma Suryanti¹, I Nyoman Harry Juliarthana², Komang Ayu Sari Galih³, I Putu Wahyu Wedanta Pucangan⁴

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Pendidikan Nasional, Indonesia

^{2,3}Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia, Indonesia

⁴Program Studi Magister Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Udayana, Indonesia

Informasi Artikel:

Diterima: 11 April 2022

Naskah perbaikan: 20 Januari 2023

Disetujui: 29 September 2023

Tersedia Online: 8 Desember 2023

Kata Kunci:

Topografi, Hidrologi, Sempadan Sungai

Korespondensi:

Email:

irma4_bali@yahoo.com

Abstrak: Survey topografi menjadi tahap awal untuk mengetahui kondisi lahan di sepanjang daerah studi. Metode penelitian yaitu deskriptif kualitatif. Hasil penelitian adalah kondisi tebing Tukad Oos masih alami dengan lapisan penyusun berupa batuan cadas dengan kemiringan yang cukup curam. Kemiringan tebing Tukad Oos mencapai 16-900 dengan kedalaman berkisar 10-25m, Bentuk aliran sungai Tukad Oos sepanjang wilayah studi terdiri dari bentuk Straight (lurus), Meandering (berbelok), dan Sinous (antara lurus dan belok). Kondisi batas hulu yang digunakan pada pemodelan ini adalah Hulu Tukad Oos dengan hasil analisis hidrologi berupa hidrograf banjir rencana. Sedangkan batas hilir adalah muara sungai Tukad Oos. Pemodelan Kondisi Eksisting Tukad Oos dimaksudkan untuk mengetahui profil hidrolika sungai pada kondisi penampang yang ada. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan debit banjir periode ulang 10, 25, dan 50 tahunan sebagai kondisi batas hulu, dan tinggi muka air. Kemiringan dasar Tukad Oos pada lokasi tinjauan sepanjang 52 km memiliki kemiringan dasar rata-rata di bagian hulu hingga hilir cenderung bervariasi, melihat kondisi elevasi tanggul dan kemiringan dasar Tukad Oos yang bervariasi tersebut, maka perlu dilakukan penanganan/modifikasi penampang sungai dengan beberapa alternatif yang berbeda tergantung kondisi sungainya.

Abstract: The topographic survey is the first stage to determine the condition of the land along the study area. The research method is descriptive and qualitative. As a result of the study, the condition of the Tukad Oos cliffs is still natural and the composition is in the form of rocks with fairly steep slopes. The cliffs of Tukad Oos have a slope of 16-900 and a depth of 10-25m. Tukad Oos's river shape flow along the study area consists of straight (straight), meandering (turning), and sinuous (between straight and turn). The upstream boundary condition used in this modelling is Hulu Tukad Oos, and the results of its hydrological analysis are in the form of planned flood levels. The downstream boundary is the mouth of the Tukad Oos River. Tukad Oos existing condition modeling was designed to determine the hydraulic profile of a river under existing cross-sectional conditions. The modeling is carried out by using flood discharges for return periods of 10, 25, and 50 years as upstream boundary conditions, and water levels. The bottom slope of Tukad Oos at the review location along the 52 km has an average base slope from upstream to downstream, which tends to vary, considering the varying conditions of the embankment elevation and bottom slope of Tukad Oos, it is necessary to handle/modify the cross-section of the river with several different alternatives.



1. PENDAHULUAN

Sungai merupakan sumber daya air yang banyak memberikan manfaat bagi kehidupan manusia, namun juga menimbulkan persoalan serta bencana bagi kehidupan sekitar jika pengelolaannya tidak baik. Sesuai Undang-Undang No.17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, Pengelolaan Sumber Daya Air merupakan upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan Konservasi Sumber Daya Air, Pendayagunaan Sumber Daya Air dan Pengendalian Daya Rusak Air. Keberadaan sungai harus dilindungi dan dijaga kelestariannya, ditingkatkan fungsi dan kemanfaatannya serta dikendalikan dampak negatif terhadap lingkungannya (Aryastana, 2016).

Daerah Aliran Sungai Tukad Oos memiliki luas DAS sebesar 115 km² dengan panjang sungai sebesar 51,963 km dengan tipe sungai pharennial. Tukad Oos merupakan salah satu sungai yang memiliki kearifan lokal. Semakin bertambahnya penduduk di daerah tersebut maka semakin bertambah pula kebutuhan prasarananya. Semakin sulitnya lahan permukiman mengakibatkan penggunaan daerah bantaran sungai sebagai lahan permukiman. Dengan adanya pemukiman di daerah bantaran dan adanya bangunan yang menjorok ke sungai, mengakibatkan alur sungai menjadi sempit dan daerah bantaran sungai tidak mampu mengalirkan air pada saat air sungai meluap (BG *et al.*, 2017).

Penurunan kapasitas alur sungai tersebut mengakibatkan daya tampung alur terhadap aliran air menjadi berkurang, sehingga dapat menyebabkan banjir pada waktu curah hujan tinggi (Maryono, 2009). Banjir tersebut merugikan manusia tidak hanya secara ekonomi tetapi juga berdampak negatif untuk lingkungan seperti lingkungan menjadi kotor, sumber penyakit dan secara estetika kurang bagus untuk dipandang mata serta mengganggu aset biodiversitas sungai. Salah satu bentuk pengaturan yang sangat penting untuk perlindungan sungai adalah pengaturan mengenai penggunaan lahan disepanjang tepian sungai. Pemasangan garis sempadan sungai bukanlah hal yang mudah, karena hal tersebut berkaitan dengan masalah yang bersifat ekonomi dan teknis (Sunarhadi *et al.*, 2015). Dalam mewujudkan kemanfaatan sungai serta mengendalikan kerusakan sungai perlu ditetapkan garis sempadan sungai, yaitu garis maya di kiri dan kanan palung sungai yang ditetapkan sebagai batas perlindungan sungai. Garis sempadan sungai yang ditetapkan ini selanjutnya akan dijadikan acuan pokok dalam kegiatan pemanfaatan dan perlindungan sungai serta sebagai batas permukiman di wilayah sepanjang sungai (Astiningsih, Mulki and Gani, 2017).

Survey topografi menjadi tahap awal dan penting untuk mengetahui kondisi lahan di sepanjang daerah studi. Seluruh tahapan survey akan menggunakan standar baku pelaksanaan pekerjaan dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Melalui survey ini diharapkan dapat diperoleh posisi koordinat bangunan eksisting, kontur daratan, tata guna lahan sehingga memudahkan kinerja dalam melakukan kajian. Kemudian hasil dari pengukuran topografi ialah titik-titik ukur yang didalamnya memuat informasi posisi (x,y) dan elevasi titik tersebut, analisa topografi meliputi analisa kemiringan tebing sungai dan analisa morfologi sungai, penggambaran kontur sungai, potongan melintang sungai dan analisis hidrolika. Analisis hidrolika sungai dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur sungai pada kondisi sekarang terhadap banjir rencana dan profil muka air banjir sepanjang alur yang ditinjau (Astiningsih, Mulki and Gani, 2017).

Oleh karena itu, kajian topografi dan hidrologi sempadan sungai tukad oos di Kabupaten Bangli dan Gianyar perlu dilakukan untuk dijadikan acuan pokok dalam kegiatan yang berkelanjutan seperti pemanfaatan dan perlindungan sungai serta sebagai batas permukiman di sepanjang wilayah sungai Tukad Oos.

2. METODE PENELITIAN

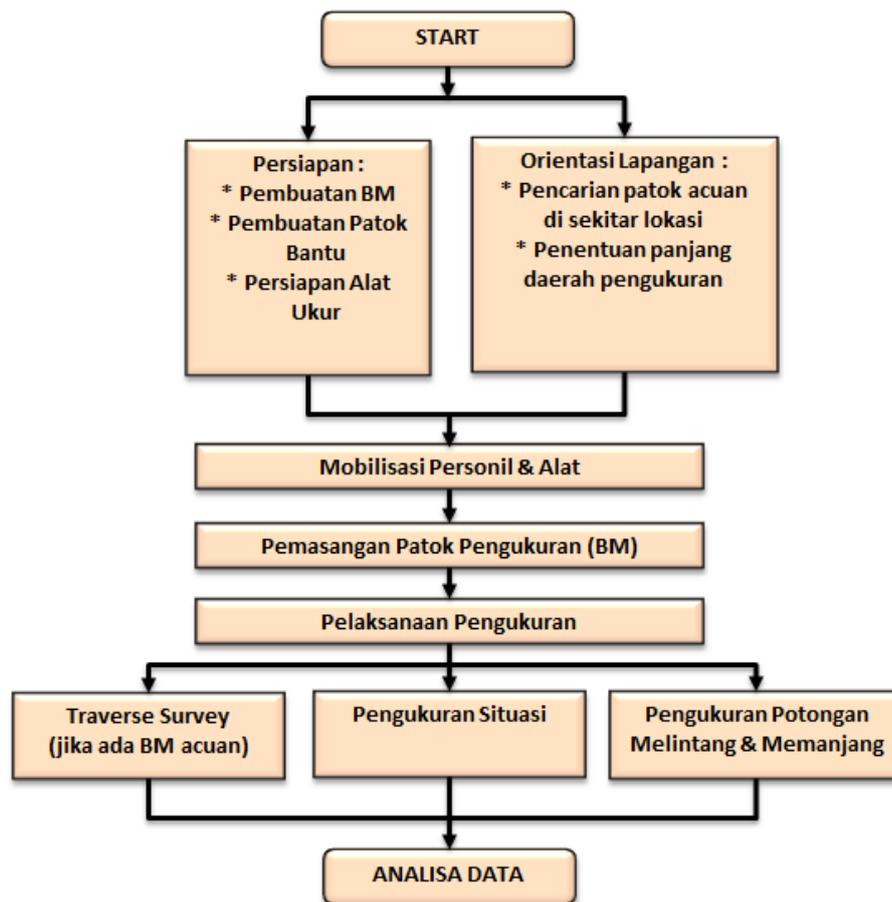
2.1. Analisa Topografi

Sehubungan dalam mempercepat kegiatan pelaksanaan, peneliti menggunakan bantuan peta-peta dan data untuk mendukung keakuratan data. Berikut ini seri data sekunder yang diperlukan:

- Peta Rupa Bumi, Skala 1 : 25.000 dari Bakosurtanal;
- Peta Tata Guna Lahan
- Data posisi BM Eksisting yang sudah ada di sekitar lokasi pekerjaan.

Beberapa kegiatan yang akan dilakukan dalam pelaksanaan survey topografi adalah;

- Pemasangan Patok Referensi Kerja (Bench Mark);
- Pemetaan situasi detail bangunan di sempadan sungai (profil sungai, bangunan sungai, jalan akses, dan bangunan eksisting di sempadan sungai);
- Pengukuran potongan melintang (cross section) dan potongan memanjang (long section);



Gambar 1. Tahapan pengukuran topografi
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)

2.2. Analisa Hidrologi

Dalam kajian atau perencanaan di kawasan sungai, analisis hidrologi merupakan faktor penting untuk menentukan banjir rencana. Banjir rencana digunakan untuk menentukan besaran banjir yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan di sungai. Tahapan analisis hidrologi adalah Analisis Curah Hujan dan Analisis Debit Banjir Rencana. Banjir Rencana ditetapkan melalui analisis hidrologi dari sungai atau DAS dimana kajian tersebut dilaksanakan. Dengan periode ulang tertentu sesuai dengan kriteria desain yang digunakan.

Data klimatologi didapat dari Stasiun Klimatologi Tampaksiring yang meliputi data: temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban udara relatif dan lama penyinaran matahari. Karakteristik DAS yang dibutuhkan dalam analisis debit banjir adalah:

1. Karakteristik topografi DAS Tukad Oos yaitu bentuk dan ukuran DAS, kemiringan lereng dari Peta Topografi atau Peta Rupa Bumi dengan skala 1:25.000.
2. Karakteristik geologi tanah DAS meliputi:
 - Jenis batuan
 - Penyebaran jenis batuan dan luas batuan
 - Sifat fisik batuan
 - Keseragaman dari jenis batuan
 - Tekstur dan struktur tanah
3. Karakteristik tata guna lahan, yaitu luas dan jenis tata guna tanah yang sangat berpengaruh terhadap koefisien aliran dan kapasitas infiltrasi.

Dari hasil pengumpulan data diperoleh informasi dari penduduk meliputi tinggi banjir, lamanya banjir, perkiraan luas daerah genangan, saat terjadinya banjir serta kerugian akibat kejadian banjir. Pengamatan langsung dengan memperhatikan bekas-bekas tanda banjir di beberapa objek di sepanjang Tukad Oos maupun dengan wawancara dengan penduduk setempat. Data morfologi sungai yang berkaitan dengan perhitungan banjir yaitu:

1. Geometri sungai, meliputi panjang, lebar, kemiringan, ketinggian, kekasaran alur, dan palung sungai.
2. Bangunan air yang dapat digunakan sebagai sarana perhitungan debit banjir, seperti bendung yang berada di Tukad Oos

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Topografi

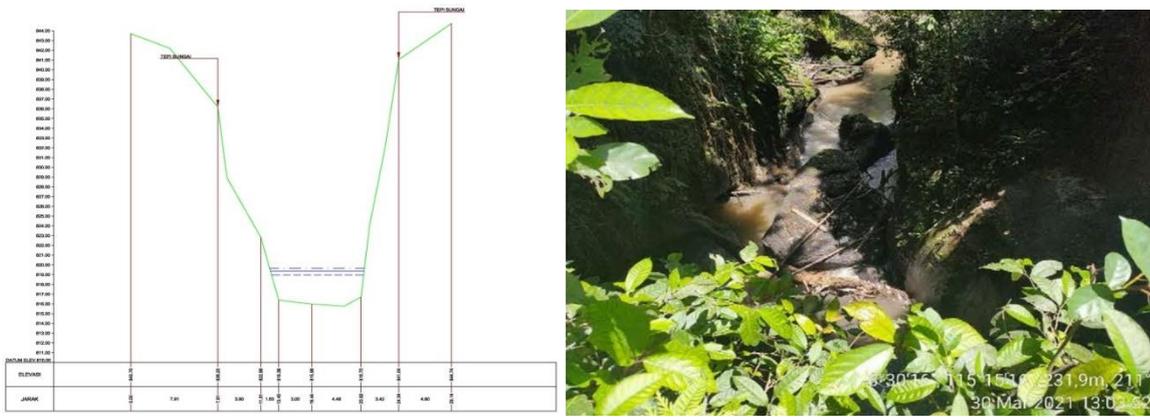
Analisa topografi meliputi analisa kemiringan tebing sungai dan analisa morfologi sungai, penggambaran kontur sungai, potongan melintang sungai. Hasil dari pengukuran topografi ialah titik-titik ukur yang didalamnya memuat informasi posisi (x,y) dan elevasi titik tersebut. Diperlukan pemasangan titik ukur tetap (Bench mark) sebagai titik acuan untuk pengukuran selanjutnya. Berikut ini ialah hasil pengukuran topografi yang dilakukan di Tukad Oos :

a. Hasil Survey Topografi Tukad Oos

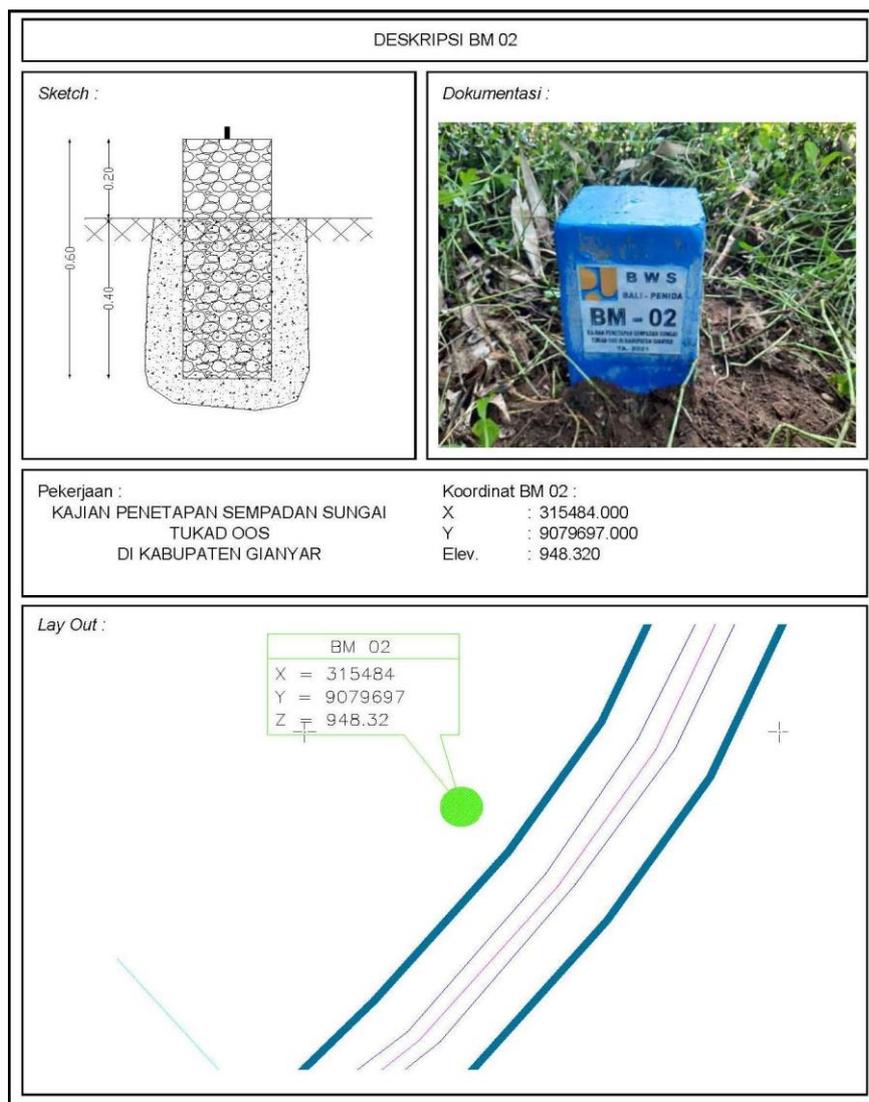
Pelaksanaan survey pengukuran di Tukad Oos dilakukan dari Hulu Sungai di Desa Batur Selatan Kabupaten Bangli hingga Hilir Sungai di Desa Ketewel Kabupaten Gianyar. Pada pelaksanaan pengukuran dilakukan pemasangan BM dan CP sebagai titik ikat pengukuran. Untuk mempermudah mencari BM dan CP, dibuatkan deskripsi untuk patok. Pada Gambar 2 adalah contoh deskripsi BM dan CP untuk patok pengukuran pada Tukad Oos.

b. Analisa Kemiringan Tebing Sungai

Kondisi tebing Tukad Oos masih alami dengan lapisan penyusun berupa batuan cadas dengan kemiringan yang cukup curam. Kemiringan tebing Tukad Oos mencapai $16-90^{\circ}$ dengan kedalaman berkisar 10-25m. Berikut ini ialah contoh potongan melintang Tukad Oos dengan kemiringan tebing curam dan kedalaman mencapai 20m.



Gambar 2. Potongan melintang Tukad Oos
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)

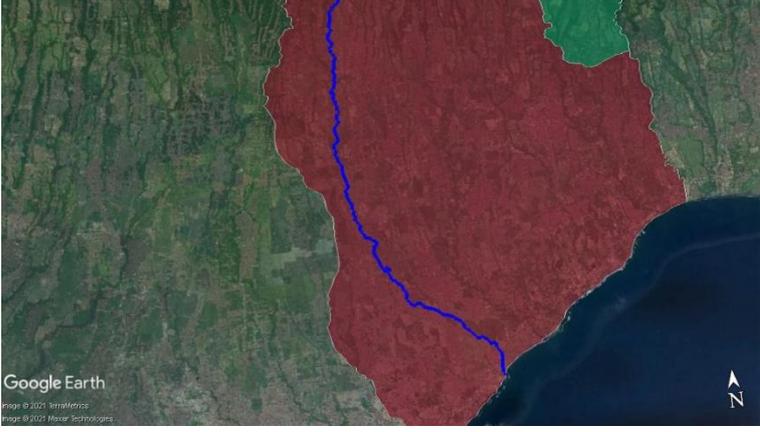


Gambar 3. Contoh Deskripsi CP - Tukad Oos
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)

3.2. Analisa Morfologi Sungai

Bentuk aliran sungai Tukad Oos sepanjang wilayah studi terdiri dari bentuk *Straight* (lurus), *Meandering* (berbelok), dan *Sinous* (antara lurus dan belok). Berikut ini ialah klasifikasi bentuk Tukad Oos sepanjang 52 km :

Tabel 1. Bentuk Tukad Oos masing-masing segmen

No	Bagian	Bentuk Sungai	Gambar
1	Hulu	Pada ruas ini dimana hulu Tukad Oos berada di Kabupaten Bangli, bentuk aliran sungai termasuk <i>Meandering</i> dan <i>Straight</i> pada berapa segmen.	
2	Tengah	Pada ruas tengah, bentuk aliran sungai yang terjadi cenderung <i>Straight</i> dan <i>Sinous</i> pada beberapa bagian.	
3	Hilir	Pada ruas hilir, bentuk sungai cenderung <i>Meandering</i> dan berbentuk <i>Sinous</i> sampai muara sungai di pantai ketewel	

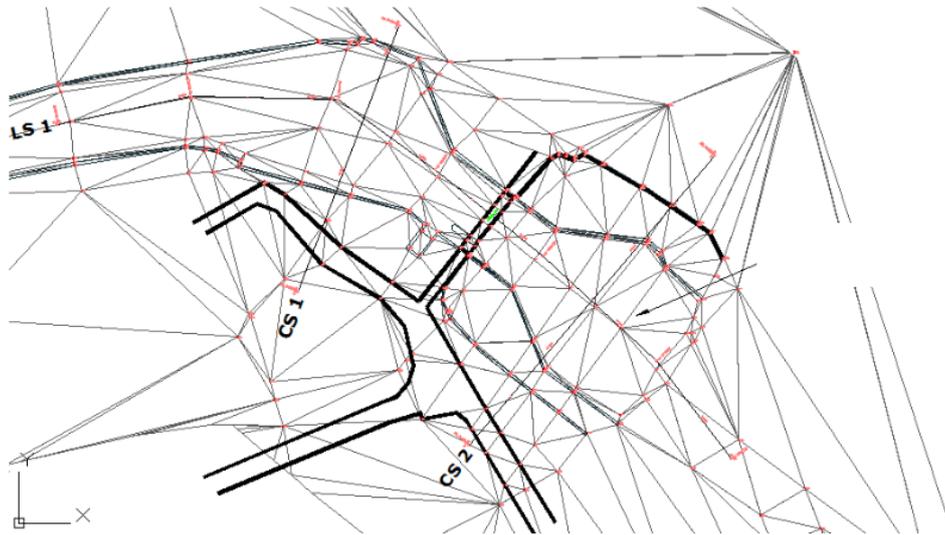
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)

3.3. Penggambaran Hasil Survey Topografi

Penggambaran hasil topografi merupakan proses akhir dari analisa terhadap data pengukuran. Dalam penggambaran hasil survey, terdapat beberapa gambar yang diperlukan untuk mendukung proses analisa selanjutnya. Berikut ini ialah penggambaran hasil survey topografi yang dilakukan :

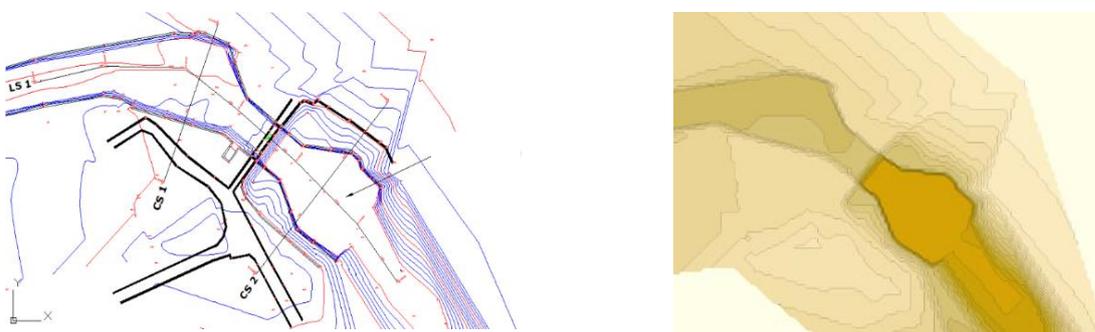
a. Penggambaran Kontur Sungai

Garis kontur adalah garis khayal di lapangan yang menghubungkan titik dengan ketinggian yang sama atau garis kontur adalah garis kontinu di atas peta yang memperlihatkan titik-titik di atas peta dengan ketinggian yang sama. Proses pengolahan dilakukan dengan memasukkan titik/point hasil pengukuran yang selanjutnya dihubungkan titik tersebut sehingga terbentuk *triangle* sebagai acuan program dalam menggambar contour. Berikut ini ialah triangulasi titik hasil pengukuran :



Gambar 4. Triangulasi titik pengukuran
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)

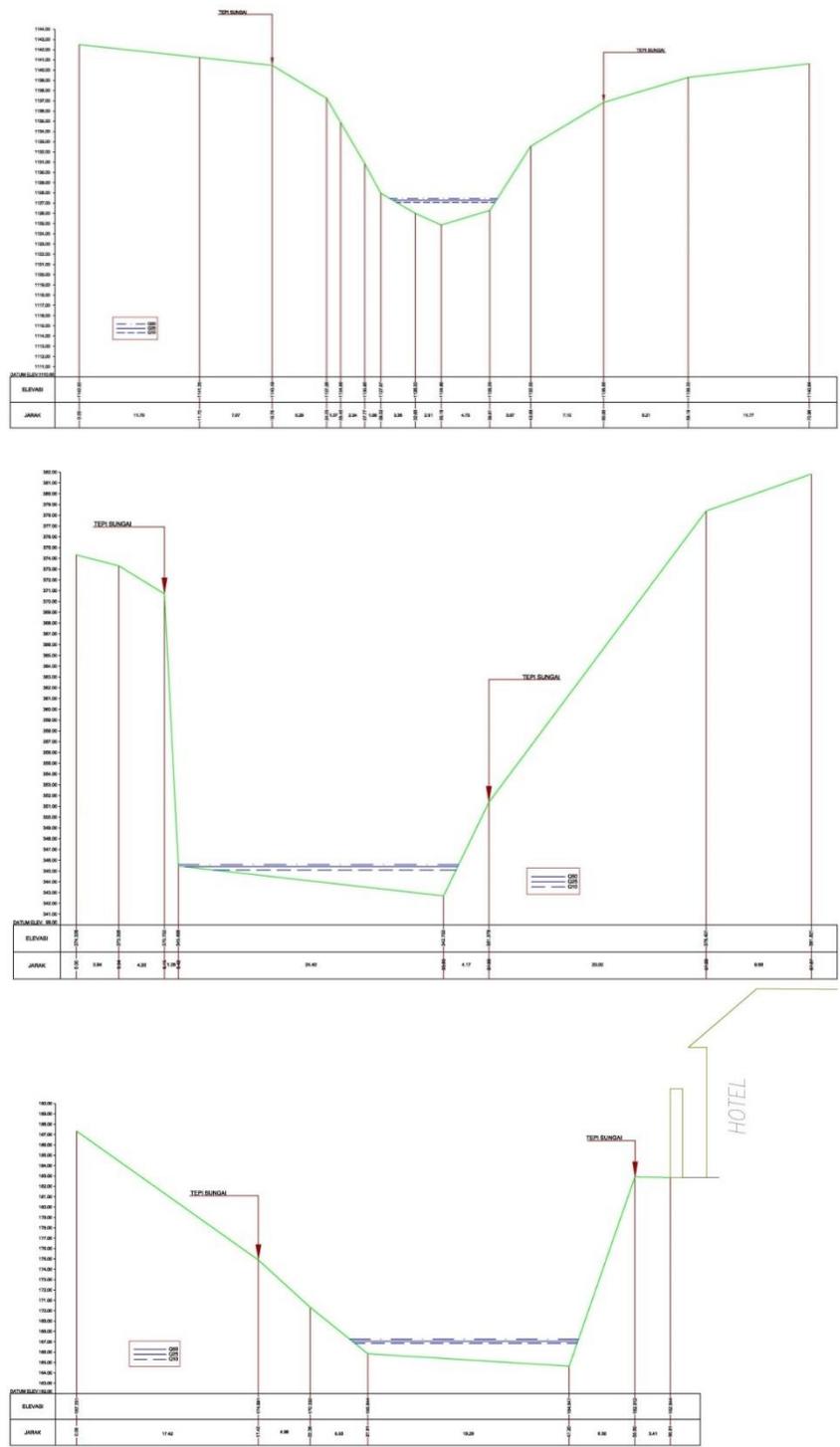
Dari hasil triangulasi tersebut, kemudian program akan secara otomatis menggambar garis contour sehingga diperoleh peta contour sebagai berikut :



Gambar 5. Contour hasil penggambaran Tukad Oos
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)

b. Penggambaran Potongan Melintang Sungai

Potongan melintang sungai diperlukan dalam proses analisa hidrolika untuk mengetahui kapasitas tampungan sungai dan slope sungai. berikut ini ialah contoh hasil penggambaran potongan melintang sungai:



Gambar 6. Hasil penggambaran potongan melintang sungai
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)



Gambar 7. Dokumentasi Pelaksanaan Survey Topografi
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)

3.4. Analisa Hidrologi

Analisis hidrolika sungai dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur sungai pada kondisi sekarang terhadap banjir rencana dan profil muka air banjir sepanjang alur yang ditinjau. Salah satu hasil perhitungan kapasitas alur adalah nilai kapasitas sungai (*bank full capacity*). Pada kondisi sebenarnya, penampang sungai tidak prismatis dan bahkan sangat beragam bentuknya. Analisis profil aliran, disamping menggunakan pendekatan aliran tunak (*steady flow*). Analisis profil muka air dengan pendekatan aliran tidak tunak adalah karena salah satu hal yang mempengaruhi muka air adalah besaran aliran yang tidak konstan dalam dimensi waktu. Perhitungan profil muka air dengan kondisi tidak tunak menggunakan bantuan paket program HEC RAS (*Hydraulic Engineering Center – River Analysis System dari US Army Corps of Engineers*).

Desain rinci kajian sempadan sungai Tukad Oos didasarkan pada hasil pemodelan numerik dari analisis hidrolika. Penggambaran skema Tukad Oos didasarkan pada sistem Tukad Oos, dimana dalam penggambaran detail penampang melintangnya didasarkan pada hasil pengukuran topografi Tukad Oos. Jarak antar penampang melintang umumnya adalah 100 meter untuk trase yang relatif lurus, dan 50 meter untuk yang berliku. Analisis profil aliran menggunakan pendekatan aliran tunak (*steady flow*). Analisis profil muka air dengan pendekatan aliran tidak tunak adalah karena salah satu hal yang mempengaruhi muka air adalah besaran aliran yang tidak konstan dalam dimensi waktu. Perhitungan profil muka air dengan kondisi tidak tunak menggunakan bantuan paket program HEC RAS (*Hydraulic Engineering Center – River Analysis System dari US Army Corps of Engineers*). Penyusunan model hidrolis Tukad Oos dengan menggunakan data hasil pengukuran sungai Tukad Oos.

Kondisi batas yang diperlukan untuk melakukan pemodelan ini terdiri dari dua jenis:

1. Kondisi Batas Luar yang dapat dibagi dalam beberapa kemungkinan berikut:
 - a. Hubungan antara debit-waktu pada bagian atas udik
 - b. Hubungan antara ketinggian muka air-waktu atau ketinggian muka air-debit (lengkung debit) yang digabungkan dalam hubungan antara debit-waktu pada bagian atas udik
 - c. Hubungan antara ketinggian muka air-waktu atau ketinggian muka air-debit (lengkung debit) pada bagian batas hilir.
2. Kondisi Batas Dalam. Dapat dinyatakan dalam bentuk keberadaan bangunan air, jembatan, percabangan atau penggabungan sungai.

Lebih jauh, semua struktur hidraulik yang ditemukan di lapangan yang dapat mempengaruhi perubahan morfologi sungai ditambahkan ke dalam model sebagai batas internal. Skenario pemodelan disusun guna memantapkan desain penanggulangan yang diusulkan. Hasil pemodelan numerik bertujuan untuk memprediksi dampak negatif yang mungkin timbul akibat penanggulangan

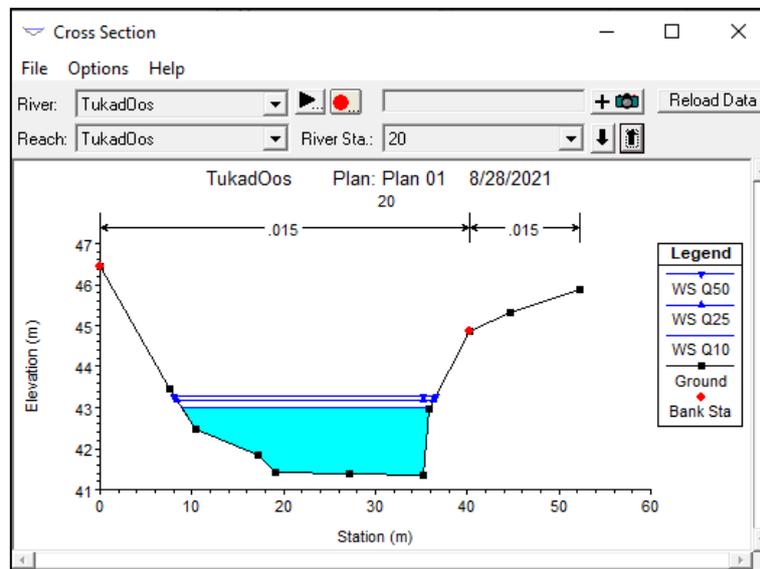
yang akan diterapkan di Tukad Oos. Selain itu hasil pemodelan ini dapat digunakan untuk menentukan muka air rencana yang didesain pada penanggulangan masalah banjir. Input data yang digunakan sebagai kondisi batas hulu adalah hasil perhitungan debit banjir rencana Tukad Oos. Semakin ke hilir debit air akan semakin besar dengan bertambahnya inflow dari luasan DAS sungainya. Hubungan antara Tukad Oos dan luasan DAS sungainya tidak dapat dipisahkan karena saling berhubungan sehingga analisis profil muka airnya dilakukan secara simultan.

Dalam penentuan kondisi batas di bagian hilir, tidak dipertimbangkan kondisi pasang surut air di muara karena perbedaan jarak dari muara sungai dan perbedaan elevasi muka air laut dibandingkan dengan lokasi perencanaan yang cukup besar sehingga diperkirakan tidak mempengaruhi kondisi aliran yang ditinjau. Untuk keperluan pemodelan disusun skenario. Kondisi Alami, dimana pada tahap kajian sempadan sungai ini skenario yang diterapkan hanya skenario kondisi awal sehingga skenario ini akan disusun dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas pengaliran Tukad Oos, mempelajari pola banjir, dan mengidentifikasi daerah rawan banjir pada berbagai variasi debit pada kondisi aktual/ eksisting. Pada pemodelan ini dasar sungai dianggap tetap (fixed bed).

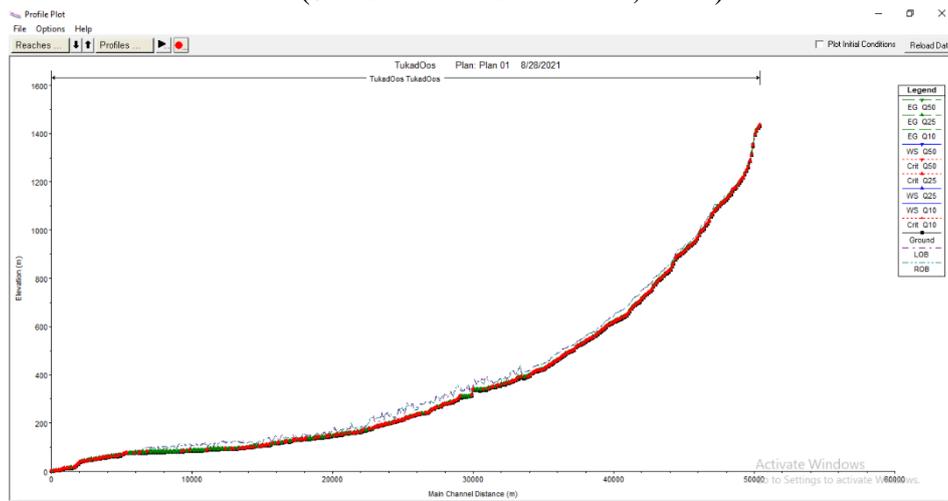
Setiap data yang berhubungan dengan kondisi kajian sudah tentu merupakan bahan masukan pada pemodelan. Program yang digunakan hanya menggunakan kejadian hidrologi dan kejadian hidrolika yang berpengaruh besar pada perhitungan. Pemodelan yang dibuat tidak memperhitungkan besarnya evaporasi dan rembesan mengingat kecilnya daerah tinjauan sehingga pengaruh evaporasi dan rembesan diperkirakan sangat kecil. Data-data yang paling penting untuk melakukan pemodelan kali ini adalah data geometri daerah kajian dan data perhitungan hidrologi pada lokasi tertentu sebagai syarat batas. Data geometri untuk model saluran dan bangunan air menggunakan data hasil pengukuran dan data ketinggian elevasi. Data perhitungan hidrologi berupa data debit banjir dengan periode ulang 10, 25 dan 50 tahunan.

Pemodelan dibuat dengan memanfaatkan data debit berdasarkan kurva hidrograf untuk mengetahui pergerakan air. Data elevasi muka air yang tercatat adalah data elevasi muka air pada tiap segmen atau cross section yang diamati tiap beda waktu tertentu. Kondisi batas adalah untuk merepresentasikan masukan yang akan diperhitungkan dalam penggunaan model hidrolis. Kondisi batas hulu model untuk nilai masukan yang akan disimulasikan. Fasilitas masukan yang disediakan oleh HEC RAS untuk batas hulu adalah hidrograf banjir, fluktuasi muka air atau gabungan keduanya menurut waktu yang akan dimodelkan, atau kondisi batas dapat dispesifikasikan sebagai berikut :

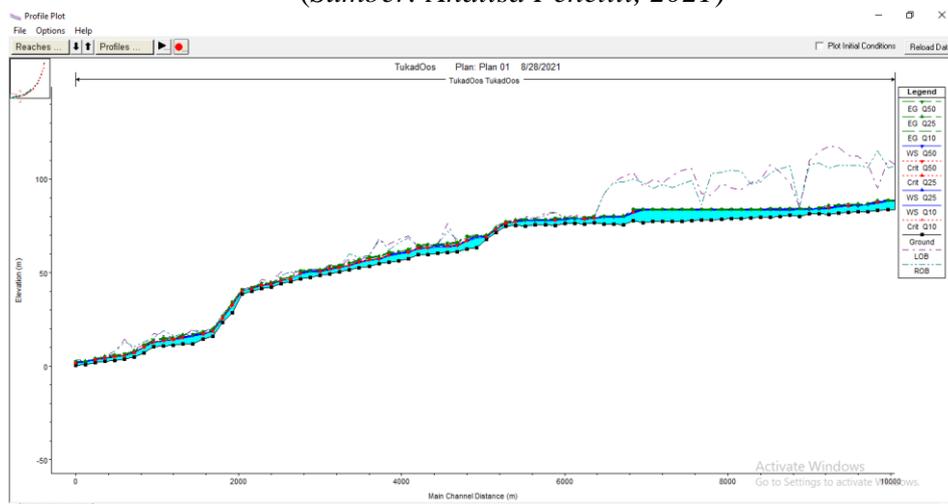
Tinggi muka air dan debit, dapat dalam bentuk konstan maupun berubah menurut urutan waktu. Aliran tambahan kedalam jaringan saluran, dapat dispesifikasikan sebagai debit yang berubah menurut waktu atau berupa hubungan antara curah hujan dan aliran permukaan (run-off). Hubungan debit dengan tinggi muka air (rating curve) dalam bentuk tabel. Kondisi batas hulu yang digunakan pada pemodelan ini adalah Hulu Tukad Oos dengan hasil analisis hidrologi berupa hidrograf banjir rencana. Sedangkan batas hilir adalah muara sungai Tukad Oos. Pemodelan Kondisi Eksisting Tukad Oos dimaksudkan untuk mengetahui profil hidrolika sungai pada kondisi penampang yang ada. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan debit banjir periode ulang 10, 25, dan 50 tahunan sebagai kondisi batas hulu, dan tinggi muka air. Tahapan pemodelan dan hasil tiap tahapan disajikan pada gambar berikut :



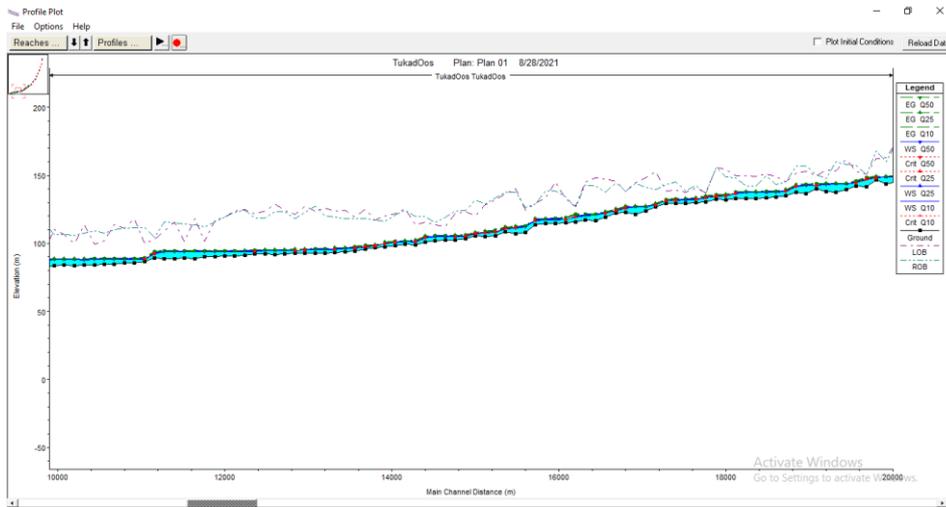
Gambar 8. Hasil Pemodelan pada Potongan Melintang di Tukad Oos
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)



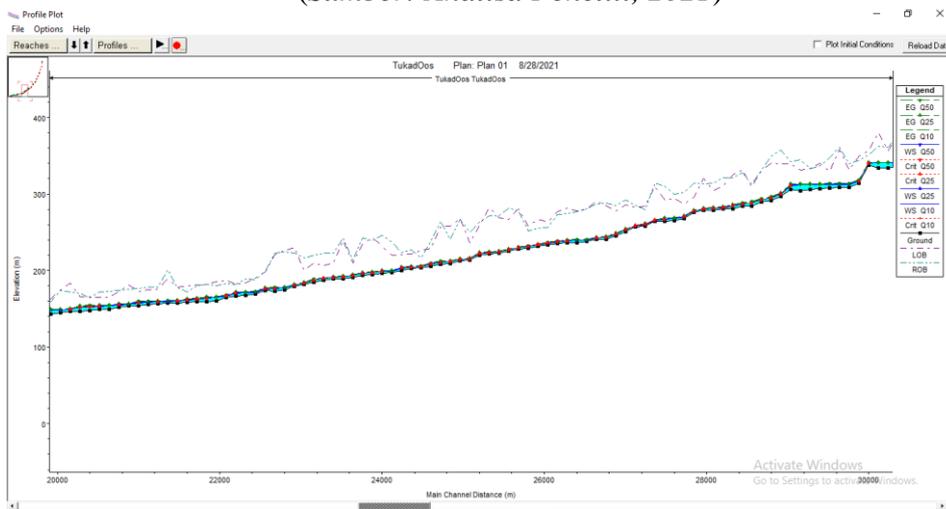
Gambar 9. Profil Muka Air Maksimum Kondisi Eksisting pada Tukad Oos
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)



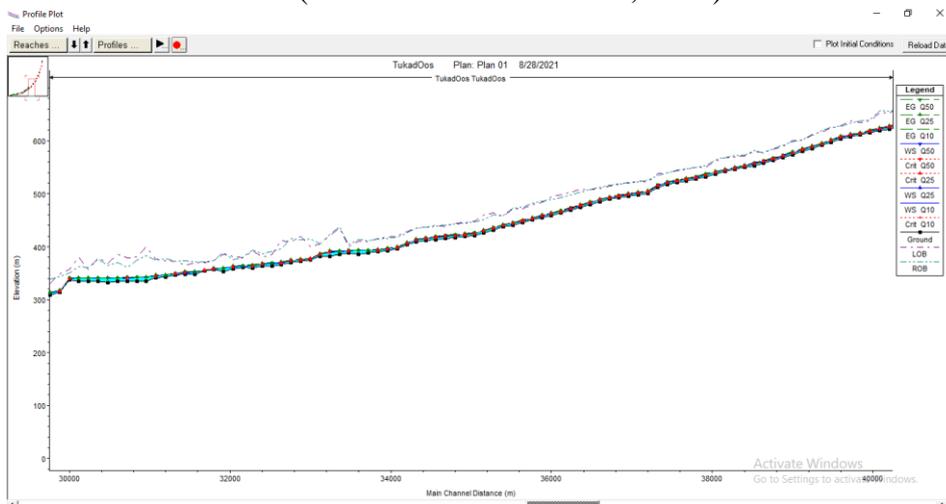
Gambar 10. Profil Muka Air Maksimum Kondisi Eksisting pada Tukad Oos (Detail - 1)
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)



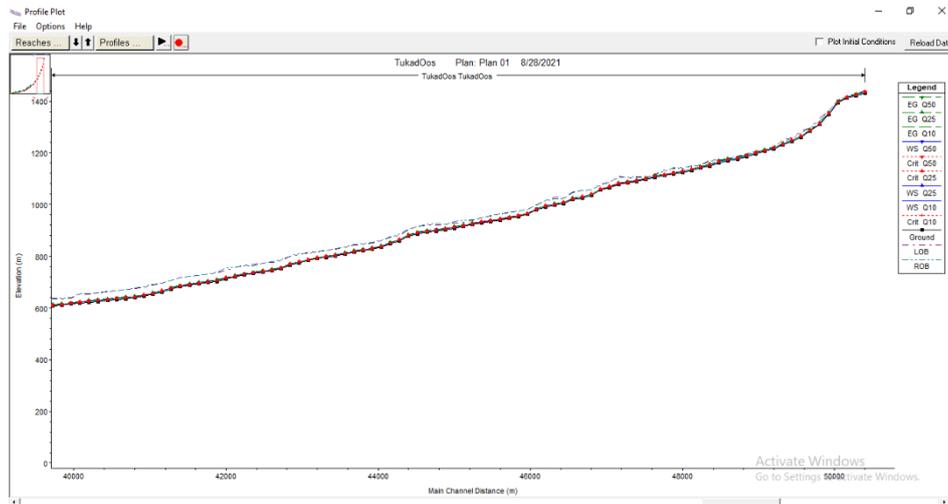
Gambar 11. Profil Muka Air Maksimum Kondisi Eksisting pada Tukad Oos (Detail - 2)
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)



Gambar 12. Profil Muka Air Maksimum Kondisi Eksisting pada Tukad Oos (Detail - 3)
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)



Gambar 13. Profil Muka Air Maksimum Kondisi Eksisting pada Tukad Oos (Detail - 4)
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)



Gambar 14. Profil Muka Air Maksimum Kondisi Eksisting pada Tukad Oos (Detail - 5)
(Sumber: Analisa Peneliti, 2021)

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa topografi dan analisa hidrodinamik sungai dapat disimpulkan beberapa kondisi berikut :

1. Kemiringan dasar Tukad Oos pada lokasi tinjauan sepanjang 52 km memiliki kemiringan dasar rata-rata di bagian hulu hingga hilir cenderung bervariasi, melihat kondisi elevasi tanggul dan kemiringan dasar Tukad Oos yang bervariasi tersebut, maka perlu dilakukan penanganan/modifikasi penampang sungai dengan beberapa alternatif yang berbeda tergantung kondisi sungainya.
2. Penanganan untuk bagian hulu dan tengah sungai diberikan alternatif penanganan sungai untuk meningkatkan kapasitas tampungnya dengan normalisasi, yaitu melakukan pengerukan dasar, pelebaran sungai dan pembuatan tanggul tanah. Hal ini dapat dilakukan mengingat kondisi lahan di bagian hulu berupa lahan kosong baik di sisi kiri maupun kanan sungai.
3. Penanganan untuk bagian hilir diberikan alternatif penanganan sungai untuk meningkatkan kapasitas tampung dengan pemasangan sheet pile, mengingat pada daerah tersebut tidak memungkinkan dilakukan pelebaran sungai karena lahan di sisi kiri dan kanan sungai adalah permukiman padat penduduk.
4. Kondisi kemiringan sungai yang cukup besar khususnya pada bagian tengah hingga hilir dan alur yang berkelok menjadikan pentingnya perkuatan tebing untuk memberikan perlindungan terhadap erosi akibat gerusan aliran sungai.

5. REFERENSI

- Anonim (2019) *Undang-Undang No.17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, Pengelolaan Sumber Daya Air*.
- Aryastana, P. (2016) 'Kajian Pemanfaatan Daerah Sempadan Sungai di Tukad Mati', *Seminar Nasional Konsepsi #2*, 5.
- Astiningsih, D., Mulki, G. Z. and Gani, U. A. (2017) 'Kajian Hidrolis Penampang Sungai dalam Penetapan Sempadan Sungai Mempawah di Kota Mempawah', *Jurnal Teknik Sipil*, 17(1).
- BG, B. S. *et al.* (2017) 'Normalisasi sungai krenseng dalam mendukung keberlanjutan waduk pendidikan diponegoro', 6, pp. 1–11.

- Maryono, A. (2009) 'Kajian lebar Sempadan Sungai (Studi Kasus Sungai-Sungai di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta)', *Dinamika Teknik Sipil*, 9(1).
- Sunarhadi, R. M. A. *et al.* (2015) 'Penentuan Lebar Sempadan sebagai Kawasan Lindung Sungai di Kabupaten Sukoharjo', *Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam*, (Januari).