

TUGAS AKHIR

**ANALISIS AGRADASI DAN DEGRADASI DI SUNGAI PROGO, PIAS
MUARA SUNGAI PABELAN - JEMBATAN KEBON AGUNG**



**Disusun oleh:
REGIE RINANTO
20170110027**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2021**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Regie Rinanto
NIM : 20170110027
Judul : Analisis Agradasi dan Degradasi di Sungai Progo, Pias
Muara Sungai Pabelan - Jembatan Kebon Agung

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 25 Maret 2021

Yang membuat pernyataan



Regie Rinanto

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tulisan ini saya persembahkan untuk:
Bapak Surono
Ibu Widarningsih
Serta semua keluarga yang menyayangiku

PRAKATA



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan shabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak dari penambangan pasir di sungai progo.

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun menyampaikan rasa terimakasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusun tugas akhir ini kepada:

1. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ir. Jazaul Ikhsan, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Ir. As'at Pujiyanto. M.T., IPM. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Dinas PUP-ESDM Daerah Istimewa Yogyakarta, Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak, serta semua pihak terkait yang telah membantu dalam melengkapi data penelitian.
6. Kedua Orang Tua saya Bapak Surono dan Ibu Widarningsih.
7. Arif Helmi Kurniawan, Ruby Martin, Anwar Zaky dan Rangga Pratama Putra selaku teman satu bimbingan.
8. Imam Taufik dan Nanang Prabowo teman kontrakan yang selalu membantu dan memberi saran dalam menyusun tugas akhir ini.

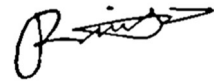
9. Teman - teman Teknik Sipil A angkatan 2017 yang telah membantu dalam proses perkuliahan.

10. Semua Pihak yang membantu berperan serta menyelesaikan tugas akhir ini serta dalam masa kuliah yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 25 Maret 2021



Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN SAMPUL | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | v |
| PRAKATA | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG | xiv |
| DAFTAR SINGKATAN | xv |
| DAFTAR ISTILAH | xvi |
| ABSTRAK | xvii |
| <i>ABSTRACT</i> | xviii |
| BAB I. PENDAHULUAN | 19 |
| 1.1 Latar Belakang | 19 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 20 |
| 1.3 Lingkup Penelitian | 21 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 21 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 21 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI | 23 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka | 23 |
| 2.1.1 Penelitian Terdahulu | 23 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.1.2 | Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu | 26 |
| 2.2 | Landasan Teori | 26 |
| 2.2.1 | Morfologi Sungai | 26 |
| 2.2.2 | Pertambangan | 27 |
| 2.2.3 | Agradasi dan Degradasi | 28 |
| 2.2.4 | Angkutan Sedimentasi | 29 |
| 2.2.5 | Hidrometri | 30 |
| 2.2.6 | Pengujian Gradasi Butiran dan Berat Jenis | 32 |
| 2.2.7 | Persamaan Angkutan Sedimen | 32 |
| BAB III. | | 34 |
| METODE PENELITIAN | | 34 |
| 3.1 | Materi Penelitian | 34 |
| 3.2 | Tempat dan Waktu Penelitian | 34 |
| 3.3 | Peralatan yang Digunakan | 35 |
| 3.4 | Tahapan Penelitian | 35 |
| 3.4.1 | Data Penambangan Pasir | 37 |
| 3.4.2 | Data Debit | 37 |
| 3.4.3 | Ukuran Butir dan Berat Jenis Sedimen | 37 |
| 3.4.4 | Hidrometri Sungai | 38 |
| 3.5 | Analisis Data | 39 |
| 3.5.1 | Penambangan Pasir | 39 |
| 3.5.2 | Debit Rata - Rata | 39 |
| 3.5.3 | Kecepatan Aliran | 39 |
| BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | | 41 |
| 4.1 | Data Penambangan Pasir | 41 |
| 4.2 | Data Hidrometri | 43 |

| | | |
|----------------------------------|---|----|
| 4.2.1 | Data penampang..... | 43 |
| 4.2.2 | Slope..... | 44 |
| 4.2.3 | Kecepatan aliran..... | 45 |
| 4.2.4 | Data debit | 45 |
| 4.3 | Ukuran Diameter Butiran | 47 |
| 4.4 | Hasil Nilai Angkutan Sedimen..... | 49 |
| 4.4.1 | Perbandingan Nilai Angkutan Sedimen..... | 58 |
| 4.4.2 | Ketersediaan cadangan sedimen | 59 |
| 4.4.3 | Mencari Degradasi atau Agradasi pada Sungai | 60 |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 62 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 62 |
| 5.2 | Saran..... | 62 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 64 |
| LAMPIRAN..... | | 66 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Klasifikasi Agradasi dan Degradasi (Fauziyah, 2018)..... | 29 |
| Tabel 3.1 Berat jenis sedimen menurut American Geoshysical Union | 38 |
| Tabel 4.1 Data penambangan pasir tahun 2019 | 42 |
| Tabel 4.2 Data penambangan pasir tahun 2020 | 42 |
| Tabel 4.3 Data penampang saluran hulu | 43 |
| Tabel 4.4 Data penampang saluran hilir | 44 |
| Tabel 4.5 Data slope..... | 44 |
| Tabel 4.6 Kecepatan aliran..... | 45 |
| Tabel 4.7 Data debit aliran | 47 |
| Tabel 4.8 Data gradasi butiran pada Jembatan Kebon Agung | 48 |
| Tabel 4.9 Nilai angkutan sedimen metode Mayer – Peter & Muller | 52 |
| Tabel 4.10 Nilai angkutan sedimen persamaan Frijlink..... | 57 |
| Tabel 4.11 Perbandingan nilai angkutan sedimen | 58 |
| Tabel 4.12 Volume cadangan sedimen | 60 |
| Tabel 4.13 Nilai agradasi dan degradasi | 61 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1.1 Peta aliran sungai utama di wilayah Gunung Merapi | 20 |
| Gambar 2.1 Sistem aliran sungai | 27 |
| Gambar 2.2 Proses penambangan pasir | 28 |
| Gambar 2.3 Proses degradasi dan agradasi | 29 |
| Gambar 2.4 Ilustrasi angkutan sedimen | 30 |
| Gambar 3.1 Lokasi penelitian (Sumber: Google Earth Pro) | 34 |
| Gambar 3.2 Bagan alir | 36 |
| Gambar 3.3 Gradasi Sedimen Sungai Progo pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung | 37 |
| Gambar 3.4 Cross section hulu | 38 |
| Gambar 4.1 Lokasi penambangan pasir (Sumber: Google Earth Pro) | 41 |
| Gambar 4.2 Metode penambangan menggunakan bekhoe | 43 |
| Gambar 4.3 Sketsa penampang sungai hulu | 43 |
| Gambar 4.4 Sketsa penampang sungai hilir | 44 |
| Gambar 4.5 Lokasi stasiun duwet | 46 |
| Gambar 4.6 Grafik gradasi butiran Jembatan Agung | 48 |
| Gambar 4.7 Grafik angkutan sedimen metode Meyer-Petter & Muller | 53 |
| Gambar 4.8 Grafik angkutan sedimen persamaan Frijlink | 55 |
| Gambar 4.9 Grafik volume sedimen persamaan Frijlink | 58 |
| Gambar 4.10 Grafik perbandingan angkutan sedimen | 59 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|------------------|-----|
| Lampiran 1 | 66 |
| Lampiran 2 | 75 |
| Lampiran 3 | 108 |

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

| Simbol | Dimensi | Keterangan |
|------------|---------------|---|
| T_b | $[m^3/m.det]$ | Berat beadload di udara tiap satuan lebar per satuan waktu |
| T_b | $[m^3/det]$ | Berat sedimen (padat) dalam air tiap satuan panjang tiap satuan waktu |
| Φ | $[-]$ | Intensitas angkutan sedimen dasar |
| V | $[m/det]$ | Kecepatan Aliran |
| L | $[m]$ | Jarak |
| Q | $[m^3/det]$ | Debit |
| A | $[m^2]$ | Luas penampang |
| h | $[m]$ | Kedalaman |
| b | $[m]$ | Lebar dasar aliran |
| ks | $[-]$ | Koefesien kekasaran |
| ks' | $[-]$ | Kekasaran akibat butiran |
| γ_w | $[-]$ | Berat jenis air |
| γ_s | $[-]$ | Berat jenis sedimen |
| n | $[-]$ | Koefisien |
| d | $[m]$ | Diameter butiran |
| μ | $[-]$ | <i>Ripple Factor</i> |
| g | $[kg/det]$ | Gravitasi |
| Ψ | $[-]$ | Intensitas aliran |

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|----------|---|
| DAS | : Daerah Aliran Sungai |
| AWLR | : Automatic Water Level Recording |
| MPM | : Meyer – Peter & Muller |
| BBWSSO | : Balai Besar Wilayah Sungai Serayu - Opak |
| PUP ESDM | : Pekerjaan Umum Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral |
| DEMNAS | : DEM Nasional |
| USLE | : Universal Soil Loss Equation |
| GIS | : Geographic Information System |

DAFTAR ISTILAH

1. Agradasi
Penurunan dasar sungai yang disebabkan angkutan sedimen.
2. Degradasi
Kenaikan dasar sungai yang disebabkan sungai memiliki cadangan sedimen.
3. Batimetri
Ukuran tinggi rendahnya dasar laut.
4. *Ripple Factor*
Keefektifan dari sebuah filter.

ABSTRAK

Sungai Progo merupakan Sungai yang dialiri sedimen dari aktivitas Gunung Merapi. Kegiatan penambangan pasir di Sungai Progo memberikan pengaruh terhadap bentuk Sungai. Hal ini menyebabkan terjadi penurunan dasar sungai akibat dari pengambilan sedimen dengan jumlah yang banyak. Analisis angkutan sedimen untuk mengetahui aggradasi dan degradasi. Metode penelitian ini menggunakan data primer berupa output dari aplikasi hecras dan data sekunder berupa volume penambangan pasir serta data debit. Data debit menggunakan data yang diperoleh dari BBWSO, menggunakan *software* HEC-RAS 5.0.7 dan ArcMap 10.4.1 untuk mengolah data spasial yang dibutuhkan. Data yang didapat dianalisis menggunakan persamaan Meyer – Peter & Muller dan Frijlink. Hasil analisis yang didapat dengan persamaan Meyer – Peter & Muller mengalami angkutan sedimen sebesar 1.904.374,78 m³/tahun, dan terjadi degradasi sebesar 0,34 m/tahun pada tahun 2019, serta terjadi degradasi sebesar 0,53 m/tahun pada tahun 2020. Menurut Frijlink mengalami angkutan sedimen sebesar 653.030,44 m³/tahun, dan terjadi aggradasi sebesar 0,06 m/tahun pada tahun 2019, serta degradasi sebesar 0,14 m/tahun pada tahun 2020.

Kata kunci: Angkutan sedimen, Aggradasi, Degradasi

ABSTRACT

Progo River is a river that is watered by sediment from the activity of Mount Merapi. Sand mining activities in the Progo River have an influence on the shape of the River. This led to a decrease in the riverbed as a result of the large amount of sediment collection. Sediment transport analysts to find out the agradation and degradation. This research method uses primary data in the form of output from hecras application and secondary data in the form of sand mining volume and debit data. Debit data uses data obtained from BBWSO, using *HEC-RAS* 5.0.7 and ArcMap 10.4.1 software to process the required spatial data. The data obtained was analyzed using the Meyer – Peter & Muller and Frijlink equations. The results of the analysis obtained by the Meyer – Peter & Muller equation experienced sedimentary transport of $1904374.78 \text{ m}^3/\text{year}$, and there was a degradation of 0.34 m/year in 2019, as well as a degradation of 0.53 m/year pata in 2020. According to Frijlink, sediment transportation is $653030.44 \text{ m}^3/\text{year}$, and there will be an agradation of 0.06 m/year in 2019, as well as degradation of 0.14 m/year in 2020.

Keywords: Sediment transport, Agradation, Degradation

BAB I.

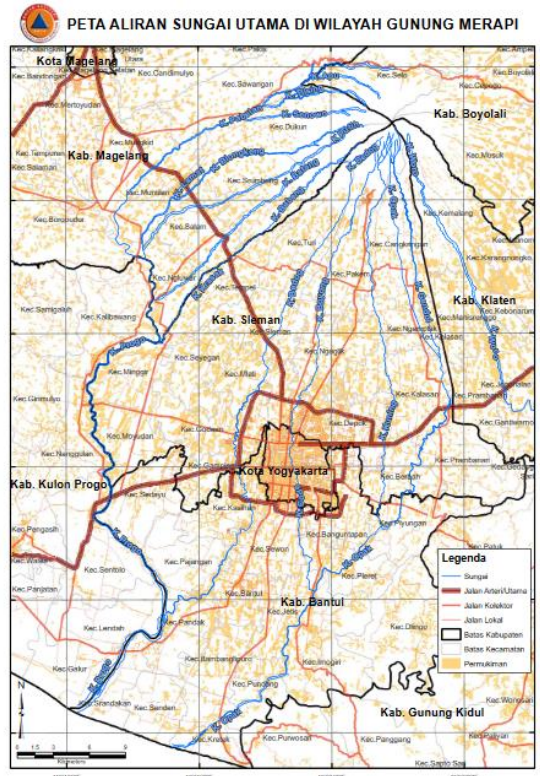
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai adalah torehan di permukaan bumi yang merupakan penampung dan penyebar alamiah aliran air dan material yang dibawanya, dari bagian hulu ke bagian hilir suatu daerah pengaliran ke tempat yang lebih rendah yang berakhir bermuara ke laut. Ditinjau dari segi hidrologi, sungai mempunyai fungsi utama menampung curah hujan dan mengalirkannya sampai ke laut (Soewarno, 1991). Selain itu, sungai yang berhulu di gunung berapi mempunyai fungsi untuk mengalirkan lahar dingin ketika terjadi letusan, salah satunya adalah Sungai Progo.

Sungai Progo merupakan sungai yang mengalir di Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta yang memiliki panjang ± 138 km dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) ± 3.421 km². Sungai Progo memiliki beberapa anak sungai yang berhulu di Gunung Merapi yang berfungsi untuk mengalirkan lahar dingin ketika terjadi letusan. Anak – anak Sungai Progo diantaranya, Sungai Pabelan, Sungai Elo, Sungai Krasak, dan Sungai Bedog.

Gunung Merapi mengalami letusan pada tahun 2010 yang menghasilkan sedimen sebanyak $\pm 150.000.000$ m³. Setelah erupsi pertama tanggal 26 Oktober 2020 hingga kini apabila terjadi hujan di puncak Gunung Merapi, maka akan terjadi lahar di sungai yang berhulu di Gunung Merapi (Badan Geologi Kementrian ESDM, 2014). Aliran lahar dingin mengakibatkan sedimentasi di sepanjang Sungai Progo. Sedimentasi dari lahar dingin menghasilkan bahan bangunan yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi, yaitu pasir. Hal tersebut menyebabkan terjadinya penambangan pasir di sepanjang Sungai Progo. Karena semakin tingginya permintaan pasar akan kebutuhan pasir, maka mengakibatkan banyaknya penambangan pasir di Sungai Progo tanpa memperhatikan dampak lingkungan sekitarnya.



Gambar 1.1 Peta aliran sungai utama di wilayah Gunung Merapi
(BNPB, 2010)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan yang telah diungkapkan pada latar belakang penelitian, maka rumusan masalah yang akan ditinjau yaitu:

- Berapa nilai angkutan sedimen pada titik muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung?.
- Berapa volume pasir yang diambil penambang pasir dari muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung?.
- Mengetahui ketersediaan cadangan pasir pada titik muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung.
- Bagaimana pengaruh volume penambangan pasir terhadap agradasi dan degradasi di Sungai Progo pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung?.

1.3 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian ini yaitu:

- a. Lokasi pada penelitian ini yaitu Sungai Progo dari titik muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung.
- b. Dalam penelitian ini volume penambangan menggunakan data sekunder.
- c. Tinjauan morfologi pada penelitian ini yaitu agradasi dan degradasi.
- d. Metode perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode Mayer - Peter & Muller dan Frijlink.
- e. Debit aliran menggunakan data debit pada tahun 2015 sampai 2018.
- f. Pada penelitian ini bentuk penampang sungai diasumsikan berbentuk trapesium.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini:

- a. Menghitung angkutan sedimen di Sungai Progo, pada titik muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung.
- b. Menganalisis volume penambangan pasir di Sungai Progo, pada titik muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung.
- c. Mengetahui volume ketersediaan sedimen di Sungai Progo, pada titik Muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung.
- d. Mengetahui pengaruh volume penambangan pasir terhadap agradasi dan degradasi di Sungai Progo pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat :

- a. Memberikan informasi nilai agradasi dan degradasi di Sungai Progo dari muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung.
- b. Mengetahui jumlah volume penambangan pasir di Sungai Progo pada titik muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung pada tahun 2019 dan 2020.

- c. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) di bidang teknik sipil.

BAB II.

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Penelitian Terdahulu

a. Angkutan sedimen

Endyi dkk. (2017) dalam penelitian yang berjudul “Analisa Angkutan Sedimen di Sungai Jawi Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya” tujuan penelitian ini untuk mengetahui besarnya angkutan sedimen akibat pengaruh dari pasang surut Sungai Kakap. Metode yang digunakan mengumpulkan data primer dengan cara survei lapangan. Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu volume sedimen terbesar pada saat kondisi surut.

Fauziah dkk. (2018) melakukan penelitian yang berjudul “Kajian Angkutan Sedimentasi di Sungai Pabelan, Kabupateb Magelang, Jawa Tengah” tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui sedimen keseimbangan di Sungai Pabelan apakah terjadi degradasi, agradasi, atau mengalami transportasi kesetimbangan. Penelitian ini menggunakan metode perhitungan MPM, Einstein, Du Boys, Frijlink, dan Rotter. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi *degradasi* pada sungai. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi *degradasi*.

Suharto dan Indarti (2019) dalam penelitian yang berjudul “Analisis Angkutan Sedimen Kali Progo” yang bertujuan mengetahui nilai angkutan sedimen Sungai Progo di Bantar tiang jembatan. Metode yang digunakan merupakan metode *Mayer – Peter & Muller* dan Einstein. Dengan metode *Mayer – Peter & Muller* didapat 572.711 m³/hari, sedangkan metode Einstein didapat 433.911 m³/hari. Dilihat dari hasil kedua metode dapat disimpulkan bahwa pada Jembatan Bantar terjadi agresi.

Ikhsan dan Fahmi (2015) melakukan penelitian yang berjudul “Studi Pengaruh Banjir Lahar Dingin Terhadap Perubahan Karakteristik Material Dasar Sungai”, tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perubahan material dasar Sungai Opak bagian hilir yang diakibatkan oleh aliran lahar dingin pasca erupsi Merapi 2010 dan angkutan sedimen yang terjadi pada pias sungai tersebut dengan

menggunakan metode perhitungan *Einstein*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa telah terjadi *fenomena degradasi dan agradasi*.

Kumaseh dkk. (2020) melakukan penelitian yang berjudul “Prediksi Transport Sedimen di Perairan Teluk Tahuna Kabupaten Kepulauan Sangihe”, penelitian ini menggunakan metode Engelund-Hansen untuk membandingkan dengan hasil pengukuran angkutan sedimen dilapangan.

b. Dampak penambangan pasir

Penambangan pasir merupakan kegiatan usaha pertambangan non logam yang bertujuan memproduksi mineral. Tetapi jika penambangan pasir tidak dikelola dengan baik, maka akan mendapatkan dampak negatif pada lingkungan sekitar. Karena terdapat dampak negatif yang ditimbulkan maka dilakukan penelitian tentang penambangan pasir di perairan Kabupaten Serang dengan mengumpulkan data batimetri dan data sekunder. Hasil penelitian menunjukkan didapatkan dari faktor manusia (penambangan pasir semenjak kurun waktu 2003-2013) sebesar 5.578.470 m³dengan luasan area penambangan pasir 261,9 Ha, sehingga menimbulkan cekungan sedalam 2,13 m Rahmawan dkk. (2017)

Suherman dkk. (2015) dengan penelitian yang berjudul “Dampak Penambangan Pasir Terhadap Kondisi Lahan dan Air di Kecamatan Sukaratu Kabupaten Tasikmalaya”, metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis laju erosi menggunakan rumus *Universal Soil Loss Equation (USLE)* dan analisis *Total Suspended Solid*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju erosi berkisar antara 163,49 – 1.194,16 ton/ha/tahun, dengan bahaya erosi.

Erungan dkk. (2019) melakukan penelitian dengan judul “Kajian Teknis Penambangan Material Bukan Logam Pasir, Kerikil dan Batu Kali di Sungai Ongkag Dumoga” tujuan penelitian ini untuk mengurangi dampak negatif pada sungai. Metode yang dilakukan dengan cara mengumpulkan data primer dan sekunder. Dari penelitian ini didapat akibat adanya penambang pasir terdapat potensi galian sebesar 88.347,42 m³.

Yuill dkk. (2016) dalam penelitian yang berjudul “Morphodynamic evolution of a lower Mississippi River channel bar after sand mining” dengan tujuan mengetahui perubahan sungai yang meminjam lubang dari tambang. Metode yang digunakan dengan mengasumsikan aliran transportasi sedimen dengan

menggunakan model morfodinamik (Delft3D). Dari penelitian ini dapat mengetahui tentang ketahanan saluran sungai alluvial setelah gangguan dan keberlanjutan penambangan pasir.

c. Agradasi dan degradasi

Nanda dkk. (2019) melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Krib Bambu Tipe Permeabel Terhadap Gerusan Tebing di Belokan Sungai (Studi Eksperimental)”, dengan tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh karakteristik aliran di daerah krib bambu tipe permeable dan pengaruh pemasangan jarak krib bambu tipe *permeable* terhadap gerusan tebing dan belokan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi aggradasi dan degradasi di daerah krib dengan jarak yang cenderung lebih besar.

Budi dkk. (2017) dalam penelitian yang berjudul “Efektifitas Groundsill Terhadap Penyebaran Sedimen Sungai Grindulu Kabupaten Pacitan” dengan tujuan mengetahui dampak akibat adanya groundsill di. Metode yang dilakukan dengan menggunakan data primer dengan bantuan HEC-RAS 4.1.0. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya groundsill akan berdampak semakin besar nilai degradasi.

Pariartha dkk. (2020) melakukan penelitian untuk menganalisis terjadinya sedimen pada daerah Irigasi Rayap Desa Renteng Kecamatan Patrang menggunakan HEC-RAS v.5.0.3. Hasil analisis hidrolis berupa kecepatan saluran sebesar $0,9276 \text{ m}^2/\text{detik}$ dengan tingkat akumulasi sedimen per tahunnya sebanyak 10.242 ton per tahun. Proses sedimentasi menyebabkan kenaikan dasar saluran (aggradasi) setinggi 30-80 cm dari permukaan dasar tanah awal.

d. Sedimentasi Dasar Sungai

Andayani dan Yulianti (2019) melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Debit Muatan Sedimen Dasar Pada Muara Sungai Ogan” dengan tujuan mengetahui besarnya volume angkutan sedimen dasar sungai. Penelitian ini menggunakan metode *Meyer – Peter & Muller* dengan hasil yang didapat sebesar $2,6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ debit sedimen dasar sungai.

Marhendi (2018) dalam penelitian yang berjudul “Prediksi Peningkatan Sedimentasi Dengan Metode Angkutan Sedimen (Studi Kasus Sedimentasi di Waduk Mrica)” yang bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai peningkatan

sedimen pada Waduk Mrica. *Meyer – Peter & Muller* digunakan pada penelitian ini. Hasil analisis yang didapat diprediksi akan terjadi peningkatan volume sedimen setiap tahunnya.

e. Perubahan Morfologi Sungai

Rahmawan dkk. (2017) melakukan yang berjudul “Analisa Perubahan Batimetri di Perairan Kabupaten Serang Akibat Penambangan Pasir Laut” dengan melakukan analisis data primer dan sekunder. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan dasar sungai sedalam 2,13 m.

Sutrisno (2016) dalam penelitian yang berjudul “Analisis Kerusakan Lingkungan Fisik Akibat Penambangan Pasir dan Batu di Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta” yang bertujuan mengetahui seberapa besar kerusakan akibat penambangan pasir. Metode yang dilakukan dengan mengumpulkan data primer dengan cara survei langsung ke lapangan. Hasil analisis yang didapat menunjukkan bahwa terjadi kerusakan berat pada sungai dampak dari penambangan pasir.

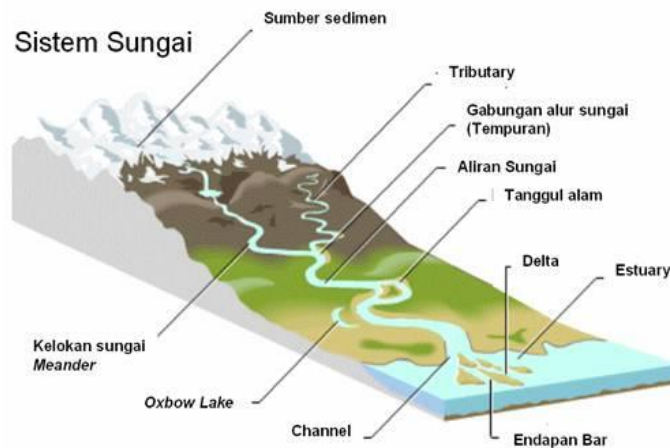
2.1.2 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu penelitian ini menghitung angkutan sedimen menggunakan metode *Mayer – Peter & Muller* dan *Frijlink*. Data debit menggunakan data sekunder dari tahun 2015 sampai 2018 yang didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu - Opak (BBWSSO). Data analisis gradasi butiran menggunakan data sekunder yang didapat dari penelitian terdahulu yang lokasinya sama.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Morfologi Sungai

Morfologi sungai merupakan ilmu yang mempelajari tentang perubahan bentuk sungai, penjelasan lebih spesifik morfologi sungai adalah merupakan hal yang menyangkut tentang geometri (bentuk dan ukuran), jenis, sifat, dan perilaku sungai dengan segala aspek perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu (Pratama, 2015). Perubahan morfologi sungai akan berdampak dengan berubahnya kecepatan aliran, tinggi muka air, dan tegangan geser. Sistem aliran sungai dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Sumber : <https://geologi.co.id>

Gambar 2.1 Sistem aliran sungai

2.2.2 Pertambangan

Pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan, dan pengusahaan mineral atau batu bara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pasca tambang. Elsa (2003), menyatakan bahwa kehadiran perusahaan pertambangan di suatu daerah niscaya membawa kemajuan terhadap warga di sekitarnya.

Pasir merupakan salah satu sumberdaya yang dibutuhkan dalam kegiatan konstruksi. Kegiatan penambangan pasir umumnya menggunakan peralatan sederhana dengan modal terbatas serta sering dilakukan oleh masyarakat banyak (Sudrajat, 1999). Dalam kegiatan penambangan pasir harus memperhatikan manajemen penambangan. Manajemen penambangan merupakan suatu usaha eksplorasi dan eksploitasi yang terencana, teratur dan terorganisir dengan baik (Nur, 2006). Kegiatan penambangan pasir dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS), karena banyak ketersediaan pasir hasil sedimentasi dan hasil erupsi sehingga mudah dalam proses pengambilannya.

Dalam kegiatan penambangan pasir, proses penambangan pasir akan memberikan dampak pada lingkungan sekitar baik dampak positif maupun dampak negatif. Proses penambangan pasir di sungai dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses penambangan pasir

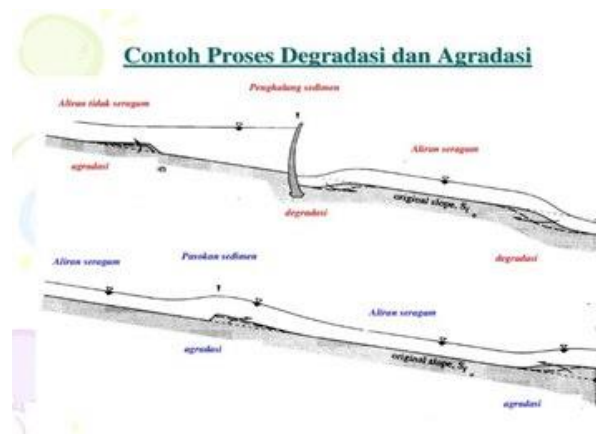
2.2.3 Agradasi dan Degradasi

Agradasi merupakan pengendapan sedimen pada dasar sungai yang memiliki kecepatan aliran relatif lambat dan kemiringan aliran (*slope*) landai. Menurut Puji Harsanto dkk. (2015), agradasi terjadi ketika tegangan geser aliran bernilai lebih kecil dari tegangan geser kritis, sehingga butir sedimen yang terbawa aliran tidak dapat lagi digerakkan kecepatan aliran. Degradasi sungai adalah peristiwa terjadinya erosi pada sungai atau penurunan dasar sungai yang terjadi saat jumlah sedimen yang keluar sungai lebih besar dari jumlah sedimen yang masuk. Menurut Kumala (2018), penyebab terjadinya degradasi yaitu berkurangnya suplai bahan sedimen dari DAS hulu, tertahannya bahan sedimen di daerah hulu karena dibangunnya suatu bendung atau bendungan dibagian udiknya, terjadi gerusan setempat di hilir bangunan, pengambilan material golongan C dari badan sungai, dan adanya perubahan kemiringan memanjang sungai dari landai ke curam misalnya ujung hulu sudetan.

Agradasi dan degradasi dasar sungai merupakan respon terhadap perubahan pasokan sedimen. Sehingga ada beberapa faktor terjadinya agradasi dan degradasi, yaitu suplai sedimen, kecepatan aliran, debit sungai, dan energi. Menurut Mugade dan Sapkale (2015), sedimen dasar sungai bergantung pada sumber material dasar, jika daerah aliran sungai atau sungai terdegradasi karena beberapa kegiatan seperti penggalian, penambangan, maka lokasi tersebut menghasilkan jumlah maksimum potensi material sedimen dasar. Berikut adalah tabel klasifikasi proses agradasi dan degradasi pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Agradasi dan Degradasi (Fauziyah, 2018)

| Angkutan sedimen | Proses Angkutan sedimen | Sedimen Dasar Sungai |
|------------------|-------------------------|----------------------|
| $Q_1 = Q_2$ | Seimbang | Stabil |
| $Q_1 < Q_2$ | Erosi | Degradasi |
| $Q_1 > Q_2$ | Pengendapan | Agradasi |

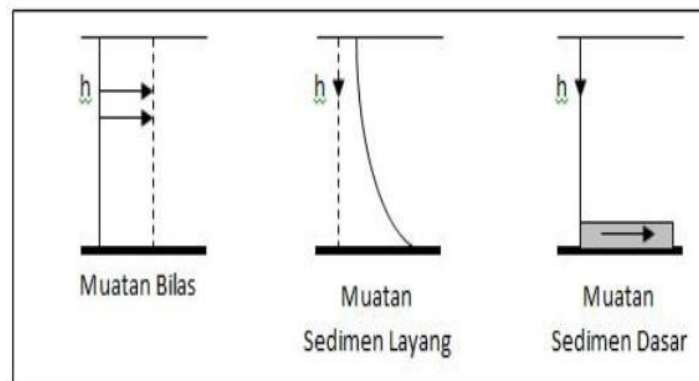


Gambar 2.3 Proses degradasi dan agradasi

(Sumber : <https://istiarto.staff.ugm.ac.id>)

2.2.4 Angkutan Sedimentasi

Angkutan sedimen (*sediment transport*) adalah mekanisme pemindahan partikel sedimen dari tempat lepasnya ke tempat barunya akibat aliran air. Laju pengangkutan sedimen tersebut disebut debit sedimen. Menurut Maria C (2009), *sediment transport* sangat tergantung dari kecepatan serta dimana kecepatan tersebut berada, apakah di tepi maupun di tengah daripada saluran, di samping tergantung debit yang mengalir. Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. Pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai di laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air (Anwas, 1994). Ilustrasi angkutan sedimen dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Soewarno (1991)

Gambar 2.4 Ilustrasi angkutan sedimen

2.2.5 Hidrometri

Hidrometri adalah ilmu pengangkutan air atau pengumpulan data dasar bagi analisis hidrologi (Harto, 1993).

a. Kecepatan aliran

Menurut Ikhsan (2020), kecepatan aliran dapat dilakukan dengan cara pengukuran dengan pelampung (*float*). Karena menghitung kecepatan aliran ketelitiannya sangat kecil, maka digunakan pelampung sebagai alat pengukur. Pengukuran dilakukan dengan langkah - langkah sebagai berikut:

- 1) Digunakan penanda di hulu sungai pada titik yang telah digunakan dan di hilir sungai.
- 2) Ditetapkan jarak (L), contoh 20 m, 40 m, 60 m (sesuai dengan kondisi lapangan). Semakin besar kecepatan, maka panjang jarak semakin panjang.
- 3) Digunakan pelampung sebagai alat pengukur atau menggunakan benda yang bisa mengapung.
- 4) Pelampung dilemparkan pada titik awal yang telah ditetapkan pada hulu sungai, setelah dilempar pelampung tekan *stopwatch* untuk menghitung waktu dan tekan kembali tekan *stopwatch* setelah pelampung sampai di titik kedua. Sehingga didapatkan waktu (t) yang diperlukan aliran untuk menghanyutkan pelampung dari titik awal ke titik selanjutnya.
- 5) Kecepatan aliran (v) dihitung dengan Persamaan 2.1

$$v = \frac{L}{t} \quad (2.1)$$

dengan;

v = kecepatan aliran (m/s)

L = jarak (m)

t = waktu (s)

- 6) Kecepatan yang didapat yaitu kecepatan permukaan aliran sungai, bukan kecepatan rerata penampang sungai, jadi harus dikalikan dengan faktor koreksi C. Nilai C berkisar antara 0,85 – 0,95 (Harto, 1993).
- 7) Pengukuran dengan cara seperti ini harus dilakukan lebih dari sekali, karena distribusi kecepatan aliran permukaan tidak merata.

b. Pengukuran tinggi muka air

Menurut (Ikhsan, 2020), untuk mengukur luas penampang diperlukan tinggi muka air. Pengukuran tinggi muka air dapat dilakukan dengan berbagai alat tergantung dari kondisi aliran sungai yang akan diukur, pengukuran tinggi muka air dapat diketahui dengan alat perum *gema* (*Echo Sounder*).

c. Pengukuran debit

Menurut (Ikhsan, 2020) debit adalah volume aliran yang mengalir melalui suatu penampang melintang tiap satuan waktu. Perhitungan debit pada dasarnya dilakukan dengan melakukan pengukuran kecepatan aliran, tinggi muka air, dan luas penampang. Adapun rumus yang digunakan ditunjukkan pada Persamaan 2.2.

$$Q = A \times v \quad (2.2)$$

dengan,

Q = debit (m³/s)

A = luas penampang basah (m²)

v = kecepatan aliran rata – rata (m/s)

Nilai A (luas penampang), penampang aliran sungai diasumsikan berbentuk trapesium dikarenakan pada faktor keamanan saat penelitian. Nilai A didapat dari Persamaan 2.3.

$$A = h (b + m \times h) \quad (2.3)$$

dengan,

A = Luas penampang basah (m^2)

h = Kedalaman aliran (m)

b = Lebar dasar aliran (m)

m = Kemiringan tebing

d. Pengukuran Cross Section (Peraturan Pd T-10-2004-A)

Metode pengukuran penampang melintang sungai menggunakan “*Cross Section Method*”, dengan dilakukan pada kondisi lapangan yang relatif sempit dan memanjang dengan skala peta medium. Biasanya metode ini dilakukan pada lebar 60-500 m. Alat yang digunakan dalam pengukuran cara ini yaitu *Sounder*, *Gps*, *Monitor*, *Aki motor*, dan alat pendukung lainnya.

2.2.6 Pengujian Gradasi Butiran dan Berat Jenis

Pengujian gradasi butiran dilakukan untuk mengetahui distribusi besaran dan persentase butiran. Pengujian berat jenis dilakukan untuk mengetahui massa agregat halus dan massa air. Pada pengujian gradasi butiran menggunakan acuan SNI 03-1968-1990 Nasional (1990), sedangkan pengujian berat jenis menggunakan acuan ASTM D854-10 International (2010). Langkah – langkah pengujian gradasi butiran dan berat jenis sudah terlampir pada lampiran.

2.2.7 Persamaan Angkutan Sedimen

a. Metode *Meyer-Petter & Muller*

1) Mencari jari-jari hidraulik

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.4)$$

R = Jari-jari hidraulik

A = Luas penampang aliran

P = Keliling basah aliran

2) Mencari *Ripple Factor*

$$\mu = \left(\frac{ks}{ks'} \right)^{3/2} \quad (2.5)$$

μ = *Ripple Factor*

ks = Nilai kehilangan tenaga akibat bentuk dasar sungai

ks' = Nilai kehilangan tenaga akibat gesekan dengan butiran

$$ks = \frac{v}{Rb^{2/3}I^{1/2}} \quad (2.6)$$

v = Kecepatan aliran.

Rb = Radius hidraulik.

I = Kemiringan.

$$k's = \frac{26}{d_{90}^{1/6}} \quad (2.7)$$

3) Menghitung nilai angkutan sedimen dasar

$$\gamma_w \frac{Q_s}{Q} \left(\frac{ks}{k's} \right)^{3/2} hI \quad (2.8)$$

b. Persamaan Frijlink

1) Menghitung nilai *Stickler*

$$\mu = \left(\frac{I}{I'} \right) = \left(\frac{ks}{k's} \right)^{3/2} \quad (2.9)$$

μ = *Ripple Factor*.

ks = Nilai kekasaran butiran.

$k's$ = Koefisien akibat kekasaran butiran.

2) Menghitung nilai koefisien kekasaran butiran yang dipengaruhi oleh kekasaran butiran ataupun konfigurasi dasar tersebut.

$$ks = \frac{v}{Rb^{2/3}I^{1/2}} \quad (2.10)$$

v = Kecepatan aliran.

Rb = Radius hidraulik.

I = Kemiringan.

$$k's = \frac{26}{d_{90}^{1/6}} \quad (2.11)$$

d_{90} = diameter representatif 90%

3) Nilai angkutan sedimen

$$Tb = \emptyset \cdot d_m \sqrt{g \cdot \mu \cdot I} \quad (2.12)$$

Tb = Nilai angkutan sedimen dasar.

d_m = Diameter butiran representatif = d_{50} .

g = Gravitasi

\emptyset = Koefisien *Stickler*

μ = *Ripple factor*

R = Radius hidraulik

I = Kemiringan dasar / *slope*

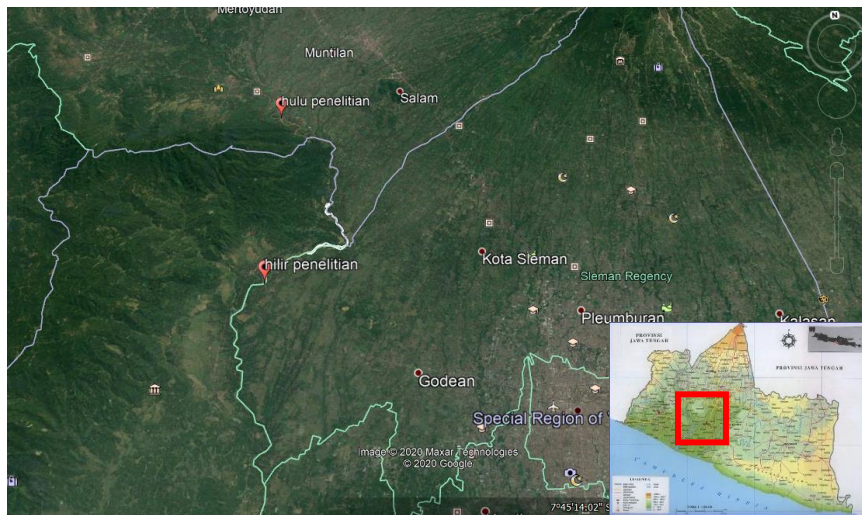
BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui agradasi dan degradasi di Sungai Progo pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung yang diakibatkan oleh adanya penambangan pasir. Analisis angkutan sedimen dasar menggunakan persamaan empirik *Meyer – Peter* dan *Muller* dan persamaan *Frijlink*. Pengambilan data menggunakan 2 metode, yaitu data primer dan sekunder. Data primer didapat dari survei ke lapangan dan hasil perhitungan dari *HEC-RAS*, sedangkan data sekunder didapat dari instansi terkait dengan penelitian tersebut.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian berada di aliran Sungai Progo pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung dengan panjang ± 18 km. Survei ke lokasi dan pengumpulan data penambangan pasir dilakukan pada tanggal 4 November sampai 25 November 2020. Lokasi penelitian pada aliran Sungai Progo dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian
(Sumber: Google Earth Pro)

3.3 Peralatan yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan peralatan *software* untuk memperoleh data primer dan menganalisis data. Data yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk perhitungan angkutan sedimen. Beberapa *software* yang digunakan sebagai berikut:

a. *Microsoft Excel*

Microsoft Excel adalah sebuah program atau aplikasi yang merupakan bagian dari paket instansi *Microsoft Office* yang berfungsi untuk mengolah angka menggunakan spreadsheet yang terdiri dari baris dan kolom. Penggunaannya dalam penelitian ini yaitu untuk mengolah data debit, dimana data debit selama empat tahun akan dibuat rata-rata menjadi data debit satu tahun.

b. *Google Earth Pro*

Google Earth Pro merupakan aplikasi yang berfungsi untuk mencari letak geografis secara otomatis. Pada penelitian ini digunakan untuk membuat penampang Sungai Progo pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung.

c. *ArcMap 10.4.1*

ArcMap merupakan *software* turunan dari *ArcGis* yang dirilis oleh ESRI (*Environment Science & Research Institute*) yang memiliki fungsi utama dalam visualisasi, membuat database spasial, dan desain peta. Pada penelitian menggunakan *ArcMap 10.4.1* untuk mengkonversi peta *DEMNAS (Digital Elevation Model National)* menjadi kontur permukaan bumi untuk mendapatkan elevasi sungai pada pemodelan *cross section*.

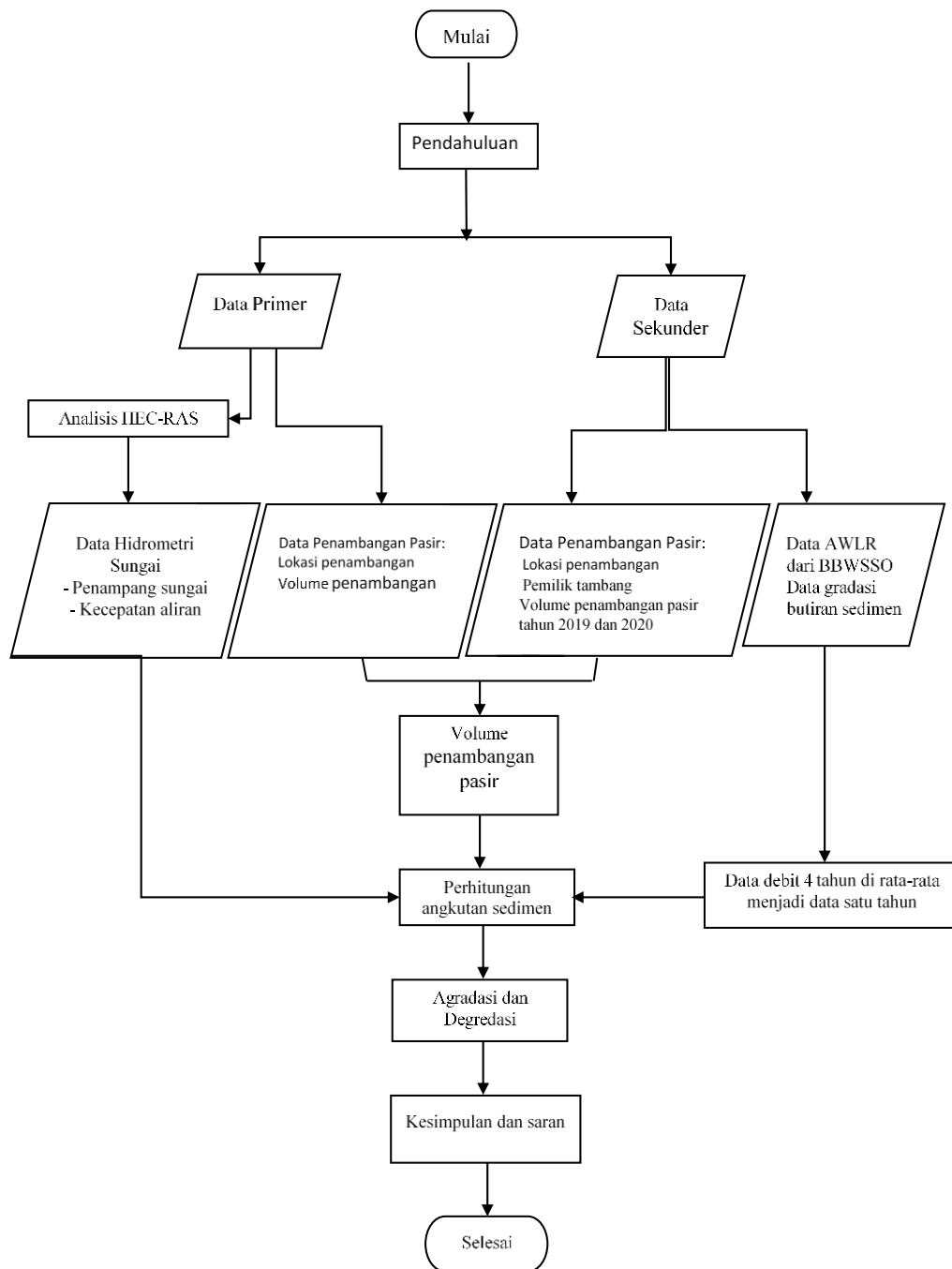
d. *HEC-RAS 5.0.7*

HEC-RAS merupakan sebuah pemodelan sungai yang mempermudah dalam menganalisis dengan analisis hidraulika, data hujan yang digunakan oleh input *HEC-RAS* bisa didapatkan dengan aplikasi *HEC-HMS* yang fungsinya sebagai analisis Hidrologi. Program ini digunakan untuk mendapatkan data kecepatan aliran sungai.

3.4 Tahapan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui potensi agradasi dan degradasi di Sungai Progo pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung dengan membandingkan jumlah nilai angkutan sedimen pada hulu dan hilir dengan jumlah

volume penambangan pasir. Data yang digunakan merupakan data primer dan sekunder. Data-data yang digunakan dapat dilihat pada bagan alir pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bagan alir

3.4.1 Data Penambangan Pasir

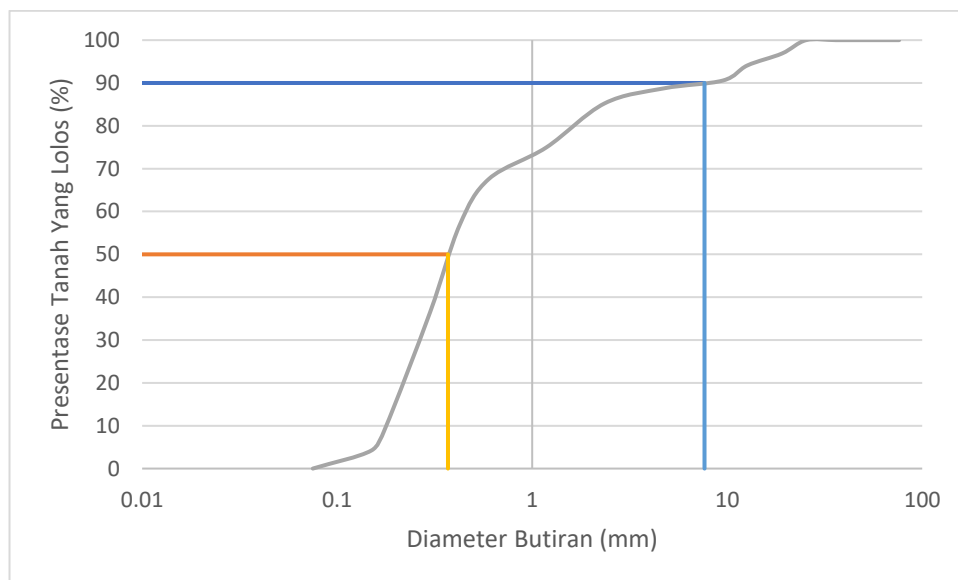
Data penambangan pasir diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral (PUP ESDM). Data penambangan pasir yang diperoleh dari Dinas PUP ESDM yaitu pada tahun 2019 dan 2020. Data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui cadangan volume sedimen.

3.4.2 Data Debit

Data debit pada penelitian ini menggunakan data stasiun AWLR yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu - Opak (BBWSSO) dari tahun 2015-2018, dimana stasiun AWLR berada pada muara Sungai Pabelan sampai dengan Jembatan Kebon Agung.

3.4.3 Ukuran Butir dan Berat Jenis Sedimen

Dalam perhitungan angkutan sedimen dibutuhkan data ukuran butir dan berat jenis. Dikarenakan penelitian ini dalam kondisi pandemi *COVID-19* yang tidak memungkinkan menggunakan laboratorium, sehingga menggunakan data sekunder ukuran butir D_{50} dan D_{90} yang diperoleh dari penelitian tahun 2011 dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Gradasi Sedimen Sungai Progo pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung

Dari grafik diatas didapat nilai D50 yaitu 0,38 mm, sedangkan D90 yaitu 7,65 mm.

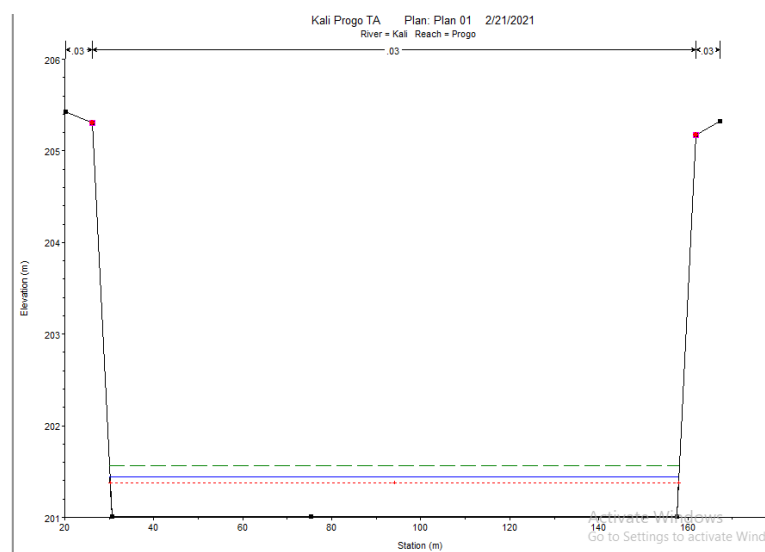
Penelitian ini menggunakan data sekunder berat jenis dari penelitian terdahulu, berat jenis dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Berat jenis sedimen menurut American Geophysical Union
(Ikhsan, 2020)

| Jenis Tanah | Berat Jenis (g/m^3) |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Sand (pasir) | 2,65 – 2,67 |
| Silty Sand (pasir berlanau) | 2,67 – 2,70 |
| Inorganic Clay (lempung inorganik) | 2,70 – 2,80 |
| Soil with mica or iron | 2,75 – 2,80 |
| Gambut | < 2,00 |
| Humus | 1,37 |
| Gravel | >2,70 |

3.4.4 Hidrometri Sungai

Penelitian ini menggunakan data hidrometri sungai berupa penampang sungai di muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung serta data kecepatan aliran dengan menggunakan *HEC-RAS* untuk mendapatkan data tersebut. Data debit menggunakan data sekunder, yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu - Opak (BBWSO). *Cross section* merupakan *output* dari *HEC-RAS*, *cross section* pada hulu dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Cross section hulu

3.5 Analisis Data

3.5.1 Penambangan Pasir

Data penambangan pasir menggunakan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari survei lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait. Semua data yang diperoleh kemudian diolah untuk digunakan dalam analisis agradasi dan degradasi pada muara Sungai pabelan sampai dengan Jembatan Kebon Agung.

3.5.2 Debit Rata - Rata

Berdasarkan data debit yang diperoleh dari stasiun AWLR selama 4 tahun dari 2015 sampai 2018, maka data tersebut diolah agar mendapatkan nilai debit rata-rata pada tanggal yang sama setiap tahunnya sehingga menjadi debit rata-rata selama satu tahun. Kemudian debit rata-rata selama satu tahun dirata-rata kembali pada setiap bulannya agar menjadi debit rata-rata perbulan selama satu tahun.

3.5.3 Kecepatan Aliran

Salah satu parameter yang digunakan dalam perhitungan angkutan sedimen adalah kecepatan aliran karena dapat mempengaruhi laju sedintasi dan volume angkutan sedimen. Pada penelitian ini kecepatan aliran didapat dari *software HEC-RAS* dengan diketahui debit dan kemiringan sungai (*slope*). Langkah – langkah yang dilakukan untuk menentukan kecepatan aliran adalah sebagai berikut:

a. Membuat penampang sungai

Pembuatan penampang sungai dapat dilakukan dengan menggunakan *Google Earth* dengan cara membuat garis pada sungai penelitian ini, kemudian didapat file dengan format KMZ. *Input* file KMZ dan peta DEMNAS pada *software ArcMap* untuk membuat *RAS Geometry* untuk diimpor ke *HEC-RAS*, kemudian lakukan pembuatan *cross section* dengan jarak antar section 600 meter. Setelah itu, *export* data *RAS Geometry* dengan format file *RAS Import*.

b. Analisis data pada HEC-RAS

Input file GIS format dari *ArcMap* untuk mendapat *cross section*, kemudian edit data *steady flow data* dan masukan debit bulanan dan kemiringan sungai (*slope*). *Slope* didapat dari elevasi dasar sungai pada hulu ditambah dengan elevasi

dasar sungai hilir kemudian dibagi dengan panjang sungai, setelah itu running *steady flow* data dan bisa didapat kecepatan aliran.

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penambangan Pasir

Penambangan pasir merupakan kegiatan yang memiliki pengaruh berkurangnya elevasi dasar sungai atau terjadinya degradasi sungai.. Akan tetapi, semakin bertambahnya pembangunan infrastruktur maka kebutuhan pasir akan bertambah. Sungai Progo yang merupakan sungai yang dialiri sedimen dari Gunung Merapi, maka sepanjang sungai banyak kegiatan penambang pasir dan menjadi mata pencaharian warga sekitar yang bermukim disekitar sungai. Lokasi penambangan pada penelitian ini berada pada muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung yang memiliki tiga penambangan pasir. Lokasi penambangan pasir dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi penambangan pasir

(Sumber: Google Earth Pro)

Lokasi penambangan pasir berada sisi kiri sungai yang berada di Kabupaten Kulon Progo. Pada gambar diatas terdapat tiga lokasi penambangan pasir, yaitu KRT. Jayaningrat pada hulu, CV. Sarana Jaya Makmur, dan CV. Bedjoe Oetomo pada hilir. Data sekunder yang didapat dari BBWSSO pada pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung pada Tabel 4.1. dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data penambangan pasir tahun 2019

| Nama Perusahaan | Lokasi Tambang | Koordinat Tambang (LS,BT) | Volume Penambangan (m ³) |
|------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|
| KRT. Jayaningrat | Bogo, Banjarharjo, Kalibawang | 7°40'57,18", 110°15'44,13" | - |
| CV. Sarana Jaya Makmur | Ngrajun, Banjarharjo, Kalibawang, Kulon Progo | 7°40'55,55", 110°15'39,37" | 108 |
| CV. Bedjoe Oetomo | Jurang, Banjarharjo, Kalibawang | 7°42'27,85", 110°14'59,60" | 66.266 |

Tabel 4.2 Data penambangan pasir tahun 2020

| Nama Perusahaan | Lokasi Tambang | Koordinat Tambang (LS,BT) | Volume Penambangan (m ³) |
|------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|
| KRT. Jayaningrat | Bogo, Banjarharjo, Kalibawang | 7°40'57,18", 110°15'44,13" | 84.000 |
| CV. Sarana Jaya Makmur | Ngrajun, Banjarharjo, Kalibawang, Kulon Progo | 7°40'55,55", 110°15'39,37" | 84.757 |
| CV. Bedjoe Oetomo | Jurang, Banjarharjo, Kalibawang | 7°42'27,85", 110°14'59,60" | 224.508 |

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan volume penambangan terbesar CV. Bedjoe Oetomo pada tahun 2020. Hal ini berbanding lurus karena banyaknya proyek infrastruktur seperti pembangunan bandara baru di Kulon Progo sehingga permintaan pasar meningkat. Kegiatan penambangan pasir menggunakan metode alat berat *bekhoe* , karena untuk efektifitas waktu dengan banyaknya permintaan. Metode penambangan bisa diliat pada Gambar 4.2

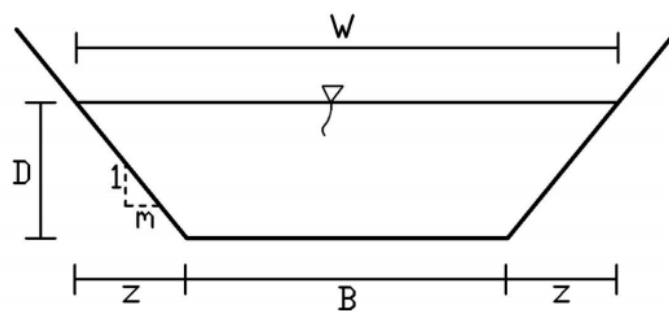


Gambar 4.2 Metode penambangan menggunakan bekhoe

4.2 Data Hidrometri

4.2.1 Data penampang

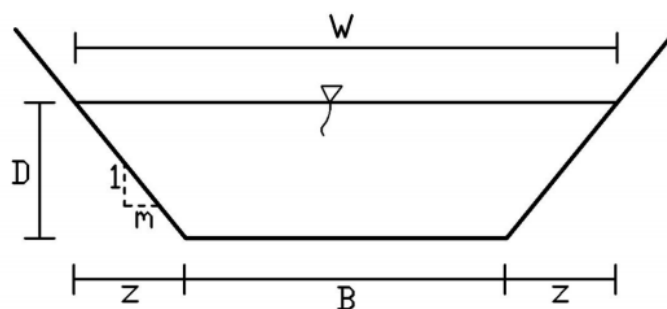
Penelitian ini mengasumsikan penampang sungai berbentuk trapesium, setelah diketahui bentuk sungai maka bisa dicari luas penampang (A) dan keliling penampang basah (P). Sketsa Data penampang sungai hulu dan hilir dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.



Gambar 4.3 Sketsa penampang sungai hulu

Tabel 4.3 Data penampang saluran hulu

| Data penampang sungai | Besaran |
|-----------------------------------|---------|
| Lebar saluran, W (m) | 127,87 |
| Lebar banjir, Z (m) | 4,29 |
| Kedalaman, D (m) | 0,43 |
| Lebar dasar saluran, B (m) | 127 |
| Kemiringan dinding, m | 4,31 |
| Keliling penampang basah, P (m) | 128,22 |
| Luas Penampang, A (m^2) | 54,22 |



Gambar 4.4 Sketsa penampang sungai hilir

Tabel 4.4 Data penampang saluran hilir

| Data penampang sungai | Besaran |
|-------------------------------------|---------|
| Lebar saluran, W (m) | 64,02 |
| Lebar banjir, Z (m) | 4,31 |
| Kedalaman, D (m) | 0,67 |
| Lebar dasar saluran, B (m) | 62,4 |
| Kemiringan dinding, m | 4,36 |
| Keliling penampang basah, P (m) | 64,57 |
| Luas Penampang, A (m ²) | 42,18 |

4.2.2 Slope

Panjang sungai diambil dari *output* pembuatan peta aliran sungai yang dibuat pada *Google Earth*. Kemiringan sungai atau *slope* didapat dari persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\text{Elevasi dasar sungai hulu} - \text{Elevasi dasar sungai hilir}}{\text{panjang hulu ke hilir}} \\
 &= \frac{201,01 - 77,59}{18504} \\
 &= 0,0066699
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Data *slope*

| Data <i>slope</i> | (m) |
|---------------------|--------|
| Jarak hulu ke hilir | 18.504 |
| Elevasi dasar hulu | 201,01 |
| Elevasi dasar hilir | 77,59 |

4.2.3 Kecepatan aliran

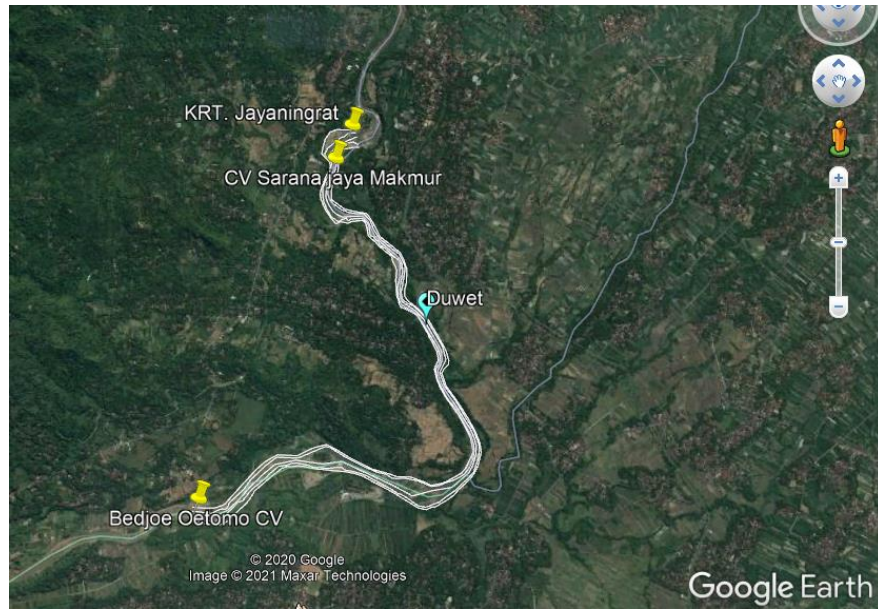
Kecepatan aliran merupakan *output* dari hasil analisis data yang didapat dari *HEC-RAS*. Data kecepatan yang didapat kecepatan aliran pada hulu dan hilir, kemudian dirata – rata untuk mendapatkan kecepatan aliran rata-rata setiap bulannya. Kecepatan aliran dapat dilihat dari Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Kecepatan aliran

| Bulan | Kecepatan aliran hulu (m/s) | Kecepatan aliran hilir (m/s) |
|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| Januari | 1,7 | 2,19 |
| Februari | 1,89 | 2,44 |
| Maret | 1,91 | 2,47 |
| April | 1,75 | 2,27 |
| Mei | 1,55 | 2,01 |
| Juni | 1,2 | 1,55 |
| Juli | 1,11 | 1,44 |
| Agustus | 0,75 | 0,97 |
| September | 1,14 | 1,48 |
| Oktober | 1,35 | 1,75 |
| November | 1,61 | 2,08 |
| Desember | 1,65 | 2,14 |

4.2.4 Data debit

Data debit diperoleh dari data debit stasiun duwet yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu - Opak (BBWSSO) pada tahun 2015 sampai 2018, kemudian di rata – rata menjadi satu tahun. Lokasi stasiun duwet bisa dilihat pada Gambar 4.5 dan data debit aliran bisa dilihat pada Tabel 4.7.



Gambar 4.5 Lokasi stasiun duwet

Tabel 4.7 Data debit aliran

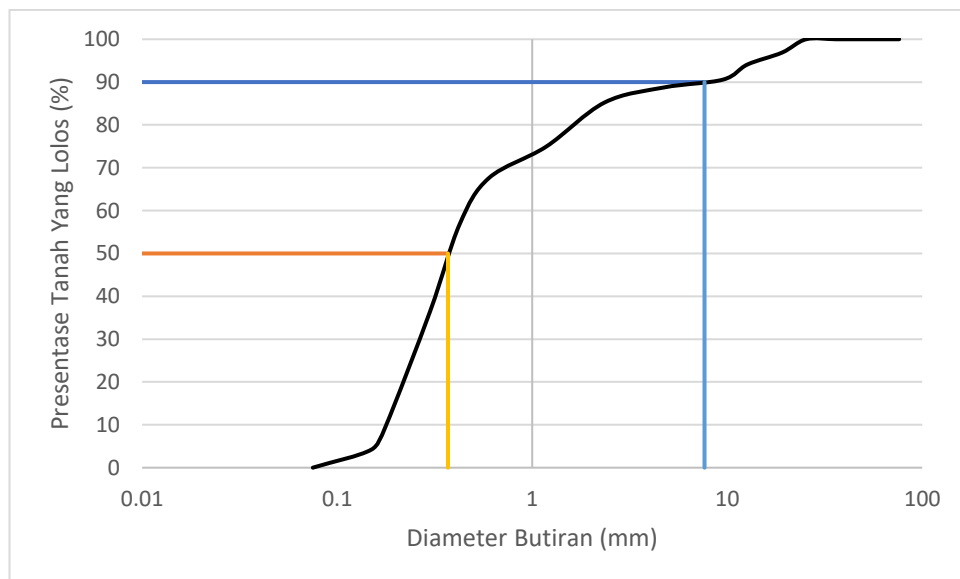
| Tanggal | Bulan | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------|----------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| | Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni | Juli | Agustus | September | Oktober | November | Desember |
| 1 | 64,23 | 102,88 | 140,93 | 128,61 | 118,03 | 59,21 | 39,65 | 12,64 | 7,85 | 53,72 | 55,15 | 111,23 |
| 2 | 65,02 | 126,63 | 136,37 | 117,80 | 78,31 | 52,28 | 36,07 | 11,42 | 4,11 | 93,87 | 61,12 | 127,16 |
| 3 | 62,06 | 117,71 | 119,11 | 129,48 | 94,35 | 43,13 | 71,85 | 10,26 | 5,31 | 72,68 | 46,65 | 105,09 |
| 4 | 106,13 | 86,91 | 114,26 | 123,44 | 98,94 | 30,00 | 46,14 | 8,37 | 37,13 | 56,13 | 36,13 | 93,92 |
| 5 | 123,73 | 100,96 | 108,98 | 111,46 | 80,13 | 27,18 | 33,22 | 9,43 | 16,60 | 66,10 | 44,46 | 89,53 |
| 6 | 83,20 | 122,45 | 135,33 | 163,19 | 87,93 | 41,50 | 29,14 | 17,68 | 9,70 | 44,74 | 59,03 | 93,03 |
| 7 | 88,36 | 122,18 | 144,80 | 133,83 | 111,96 | 43,37 | 26,91 | 33,69 | 9,98 | 55,30 | 52,41 | 103,60 |
| 8 | 70,49 | 126,58 | 127,94 | 109,75 | 227,26 | 69,84 | 24,67 | 17,32 | 8,10 | 81,86 | 54,63 | 112,78 |
| 9 | 85,86 | 111,34 | 126,72 | 138,16 | 129,54 | 61,89 | 22,85 | 15,91 | 13,26 | 138,22 | 109,35 | 100,66 |
| 10 | 84,14 | 102,10 | 118,77 | 125,28 | 74,00 | 55,50 | 22,43 | 8,89 | 15,91 | 101,36 | 118,44 | 78,76 |
| 11 | 85,23 | 114,14 | 156,04 | 113,39 | 64,93 | 39,38 | 36,46 | 7,12 | 7,11 | 69,23 | 77,21 | 91,48 |
| 12 | 112,25 | 144,97 | 179,69 | 163,59 | 78,88 | 33,10 | 56,17 | 6,88 | 6,18 | 63,52 | 68,45 | 103,89 |
| 13 | 103,81 | 110,42 | 149,54 | 136,94 | 61,90 | 34,07 | 26,63 | 14,90 | 8,62 | 58,51 | 137,23 | 119,25 |
| 14 | 103,62 | 132,76 | 101,54 | 117,67 | 53,12 | 49,49 | 20,48 | 17,68 | 6,41 | 64,95 | 123,19 | 97,57 |
| 15 | 120,51 | 127,74 | 91,87 | 114,66 | 54,38 | 44,86 | 30,16 | 12,64 | 24,27 | 65,31 | 83,80 | 94,85 |
| 16 | 82,98 | 248,02 | 69,75 | 102,94 | 57,97 | 31,60 | 57,76 | 20,67 | 36,13 | 44,43 | 93,60 | 109,52 |
| 17 | 125,10 | 186,71 | 139,66 | 103,79 | 65,07 | 29,43 | 50,79 | 23,04 | 49,46 | 76,29 | 94,98 | 114,57 |
| 18 | 123,03 | 216,81 | 251,64 | 100,71 | 58,67 | 33,30 | 50,65 | 14,90 | 32,73 | 36,20 | 90,09 | 80,33 |
| 19 | 106,57 | 281,22 | 150,85 | 90,48 | 57,59 | 70,56 | 34,61 | 10,26 | 31,79 | 28,35 | 68,72 | 111,85 |
| 20 | 123,91 | 257,46 | 112,42 | 92,88 | 67,53 | 40,19 | 23,76 | 9,16 | 60,20 | 27,96 | 49,39 | 122,00 |
| 21 | 135,20 | 239,31 | 110,88 | 109,57 | 188,93 | 33,41 | 30,12 | 6,19 | 65,27 | 30,59 | 56,78 | 87,05 |
| 22 | 139,93 | 167,65 | 123,66 | 110,62 | 179,04 | 37,85 | 47,68 | 5,96 | 48,89 | 20,74 | 70,28 | 110,05 |
| 23 | 105,41 | 146,91 | 106,93 | 114,07 | 69,25 | 65,39 | 65,68 | 7,12 | 72,54 | 17,82 | 99,55 | 74,84 |
| 24 | 103,89 | 182,62 | 127,28 | 71,63 | 54,08 | 34,91 | 44,59 | 4,12 | 106,56 | 29,29 | 137,41 | 65,31 |
| 25 | 128,18 | 155,81 | 192,14 | 73,41 | 63,18 | 29,61 | 27,57 | 3,22 | 130,95 | 27,96 | 122,01 | 50,69 |
| 26 | 103,42 | 96,18 | 234,67 | 75,12 | 37,94 | 33,70 | 36,09 | 2,00 | 73,06 | 50,37 | 132,97 | 68,14 |
| 27 | 111,06 | 118,21 | 174,19 | 93,53 | 28,72 | 30,98 | 28,13 | 4,31 | 78,70 | 74,48 | 138,55 | 99,53 |
| 28 | 112,43 | 68,30 | 147,17 | 119,88 | 35,40 | 66,99 | 21,11 | 28,14 | 105,11 | 91,08 | 160,05 | 73,74 |
| 29 | 105,84 | 48,29 | 143,36 | 134,78 | 63,35 | 40,44 | 27,85 | 32,26 | 55,31 | 52,79 | 179,88 | 51,70 |
| 30 | 112,15 | 0,00 | 122,15 | 139,85 | 51,17 | 64,04 | 17,36 | 16,96 | 47,81 | 45,32 | 151,25 | 152,65 |
| 31 | 105,94 | 0,00 | 151,44 | 0,00 | 58,32 | 0,00 | 14,76 | 9,98 | 0,00 | 61,69 | 0,00 | 83,40 |
| Rata-rata | 102,70 | 134,30 | 139,03 | 111,63 | 82,25 | 42,81 | 35,53 | 13,00 | 37,90 | 58,09 | 89,44 | 96,07 |

4.3 Ukuran Diameter Butiran

Dengan digunakannya data sekunder dari penelitiannya sebelumnya, data tersebut terdapat grafik dan tabel yang menunjukkan analisis gradasi butiran pada titik Jembatan Kebon Agung. Gradasi butiran dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.6.

Tabel 4.8 Data gradasi butiran pada Jembatan Kebon Agung

| Diameter (mm) | Berat | | | | |
|---------------|--------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------|-----------|
| | Berat Tertahan (g) | Berat Tertahan (%) | Berat Tertahan Kumulatif (g) | Berat Lolos Kumulatif (%) | Lolos (%) |
| 76,2 | - | - | - | - | 100,00 |
| 63,5 | - | - | - | - | 100,00 |
| 50,8 | - | - | - | - | 100,00 |
| 36,1 | | | | | 100,00 |
| 25,4 | | | | | 100,00 |
| 19,1 | 154 | 3,12 | 154 | 3,12 | 96,88 |
| 12,7 | 137 | 2,78 | 291 | 5,90 | 94,10 |
| 9,52 | 174 | 3,53 | 465 | 9,42 | 90,58 |
| 4,75 | 90 | 1,82 | 555 | 11,24 | 88,76 |
| 2,35 | 174 | 3,53 | 729 | 14,77 | 85,23 |
| 1,18 | 508 | 10,25 | 1.237 | 25,06 | 74,94 |
| 0,6 | 362 | 7,33 | 1.599 | 32,39 | 67,61 |
| 0,425 | 530 | 10,74 | 2.129 | 43,13 | 56,87 |
| 0,3 | 1.002 | 20,30 | 3.131 | 63,43 | 36,57 |
| 0,177 | 1.332 | 26,90 | 4.463 | 90,42 | 9,58 |
| 0,15 | 264 | 5,35 | 4.727 | 95,77 | 4,23 |
| 0,075 | 209 | 4,23 | 4.936 | 100 | 0,00 |
| Jumlah | 4.936 | 100 | 24.416 | 100 | |



Gambar 4.6 Grafik gradasi butiran Jembatan Agung

Dari grafik diatas didapat nilai D_{50} dan D_{90} dengan nilai:

$$D_{50} = 0,38 \text{ mm}$$

$$D_{90} = 7,65 \text{ mm}$$

4.4 Hasil Nilai Angkutan Sedimen

a. Metode Mayer - Peter Muller

1) Perhitungan bulan Januari dihulu

Diketahui:

$$\text{Debit (Q)} = 102,7 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Lebar Sungai (l)} = 127 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang aliran (A)} = 60,52 \text{ m}^2$$

$$\text{Keliling penampang basah (P)} = 128,35 \text{ m}^2$$

$$\text{Kemiringan / Slope (S)} = 0,0066699$$

$$\text{Rapat massa sedimen } (\gamma_s) = 2650 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rapat massa air } (\gamma_w) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kecepatan aliran} = 1,7 \text{ m/s}$$

$$\text{Kedalaman aliran} = 0,47 \text{ m}$$

$$\text{Gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/det}$$

$$D_{50} = 0,38 \text{ mm atau } 0,00038 \text{ m}$$

$$D_{90} = 7,65 \text{ mm atau } 0,00765 \text{ m}$$

a) Mencari nilai jari – jari hidraulik:

$$R = \frac{A}{P}$$

Diketahui:

$$R = \frac{60,52}{128,35}$$

$$R = 0,472 \text{ m}$$

b) Mencari Ripple Factor

$$\mu = \left(\frac{ks}{ks'} \right)^{3/2}$$

$$ks = \frac{v}{Rb^{2/3} S^{1/2}}$$

$$= \frac{1,7}{0,472^{2/3} \times 0,0066699^{1/2}}$$

$$= 34,36 \text{ m/det}$$

$$\begin{aligned}
 ks' &= \frac{26}{d90^{\frac{1}{6}}} \\
 &= \frac{26}{0,00765^{\frac{1}{6}}} \\
 &= 58,573 \text{ m/det} \\
 \mu &= \left(\frac{34,36}{58,573}\right)^{3/2} \\
 &= 0,449
 \end{aligned}$$

c) Menghitung nilai angkutan sedimen dasar:

$$\text{Nilai } \frac{Q_s}{Q} = R = 0,425 \text{ m}$$

$$\gamma_w \frac{Q_s}{Q} \left(\frac{ks}{ks'}\right)^{3/2} hS = 0,047(\gamma_s - \gamma_w)d_{50} + 0,25 \frac{\gamma_w^{1/3}}{g} (T_b)^{2/3}$$

$$\begin{aligned}
 1 \times 0,472 \times 0,449^{3/2} \times 0,43 \times 0,0066699 &= 0,047 \times 1,65 \times 0,00038 \\
 + 0,25 \left(\frac{1}{9,81}\right)^{1/3} \times T_b^{2/3}
 \end{aligned}$$

$$T_b = 0,000401 \text{ ton/m.det}$$

$$\begin{aligned}
 T_b &= 127 \times 0,000401 \\
 &= 0,050880 \text{ ton/det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dalam 1 hari} &= 24 \times 60 \times 60 \times 0,050880 \\
 &= 4.396,02 \text{ ton/hari} \\
 &= 4.396,02/1,65 \\
 &= 2.664,73 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dalam 1 bulan} &= 2.664,73 \times 31 \\
 &= 82.591,93 \text{ m}^3/\text{bulan}
 \end{aligned}$$

2) Perhitungan bulan januari dihilir

Diketahui:

$$\text{Debit (Q)} = 102,7 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Lebar Sungai (l)} = 62,4 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang aliran (A)} = 42,81 \text{ m}^2$$

$$\text{Keliling penampang basah (P)} = 64,78 \text{ m}^2$$

$$\text{Kemiringan / Slope (S)} = 0,0066699$$

$$\text{Rapat massa sedimen } (\gamma_s) = 2650 \text{ kg/m}^3$$

| | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Rapat massa air (γ_w) | = 1000 kg/m ³ |
| Kecepatan aliran | = 2,19 m/s |
| Kedalaman aliran | = 0,74 m |
| Gravitasi (g) | = 9,81 m/det |
| D ₅₀ | = 0,38 mm atau 0,00038 m |
| D ₉₀ | = 7,65 mm atau 0,00765 m |

a) Mencari nilai jari – jari hidraulik:

$$R = \frac{A}{P}$$

Diketahui:

$$R = \frac{42,81}{64,78}$$

$$R = 0,723 \text{ m}$$

b) Mencari *Ripple Factor*

$$\mu = \left(\frac{ks}{ks'}\right)^{3/2}$$

$$ks = \frac{v}{Rb^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{2,19}{0,723^{\frac{2}{3}} \times 0,0066699^{\frac{1}{2}}}$$

$$= 33,301 \text{ m/det}$$

$$ks' = \frac{26}{d90^{\frac{1}{6}}}$$

$$= \frac{26}{0,00765^{\frac{1}{6}}}$$

$$= 58,573 \text{ m/det}$$

$$\mu = \left(\frac{33,301}{58,573}\right)^{3/2}$$

$$= 0,429$$

d) Menghitung nilai angkutan sedimen dasar:

$$\text{Nilai } \frac{Q_s}{Q} = R = 0,723 \text{ m}$$

$$\gamma_w \frac{Q_s}{Q} \left(\frac{ks}{ks'}\right)^{3/2} hS = 0,047(\gamma_s - \gamma_w)d_{50} + 0,25 \frac{\gamma_w^{\frac{1}{3}}}{g} (T_b)^{2/3}$$

$$1 \times 0,723 \times 0,429^{3/2} \times 0,67 \times 0,0066699 = 0,047 \times 1,65 \times 0,00038 + 0,25\left(\frac{1}{9,8}\right)^{1/3} \times T_b^{2/3}$$

$$T_b = 0,001455 \text{ ton/m.det}$$

$$T_b = 62,4 \times 0,001455 = 0,090783 \text{ ton/det}$$

$$\begin{aligned} \text{Dalam 1 hari} &= 24 \times 60 \times 60 \times 0,090783 \\ &= 7.843,66 \text{ ton/hari} \\ &= 7.843,66/1,65 \end{aligned}$$

$$= 4.753,73 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Dalam 1 bulan} = 4.753,73 \times 31$$

$$= 147.365,69 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

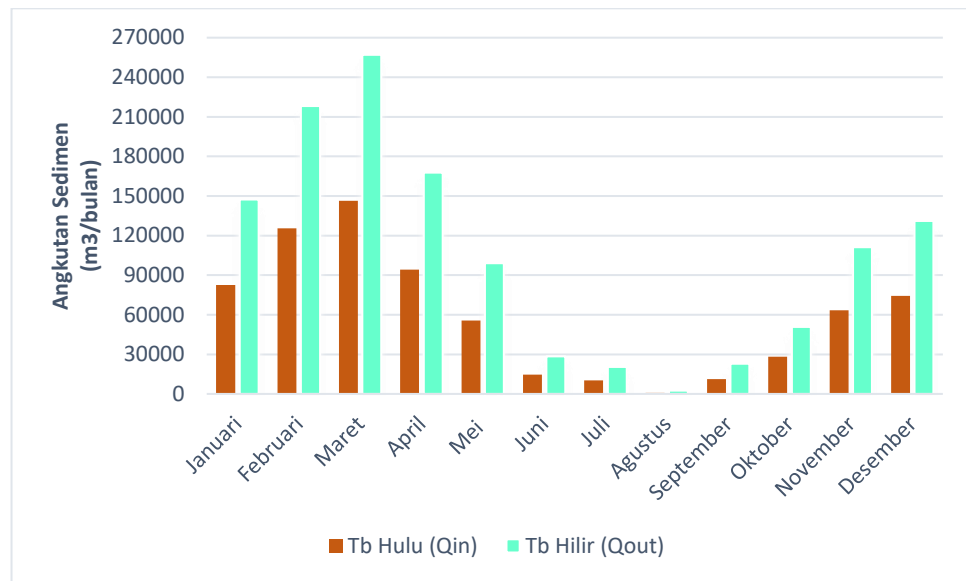
Hasil nilai angkutan sedimen dengan metode *Mayer - Peter & Muller* dapat dilihat pada Tabel 4.9 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Nilai angkutan sedimen metode *Mayer – Peter & Muller*

| Bulan | Debit (m ³ /det) | Tb 1 Bulan Hulu (m ³ /bulan) | Tb 1 Bulan Hilir (m ³ /bulan) |
|-------------------|--------------------------------|---|--|
| Januari | 85,47 | 82.591,93 | 147.365,69 |
| Februari | 134,3 | 125.583,78 | 218.165,15 |
| Maret | 139,03 | 146.439,11 | 257.102,67 |
| April | 111,63 | 94.264,60 | 167.803,45 |
| Mei | 82,25 | 55.553,55 | 99.157,57 |
| Juni | 42,81 | 14.691,82 | 28.441,06 |
| Juli | 35,53 | 10.153,56 | 20.316,60 |
| Agustus | 13 | 785,99 | 2.478,46 |
| September | 37,9 | 11.304,19 | 22.757,63 |
| Oktober | 58,09 | 28.265,32 | 50.881,66 |
| November | 89,44 | 63.350,58 | 111.291,42 |
| Desember | 96,07 | 74.418,36 | 131.176,46 |
| Jumlah Satu Tahun | | 707.402,78 | 1.256.937,83 |

Berdasarkan Tabel 4.8 menunjukkan bahwa jumlah volume sedimen pada hulu sebesar 707.402,78 m³/tahun lebih kecil dibandingkan dengan hilir yaitu 1.256.937,83 m³/tahun, sehingga dapat diketahui bahwa pada pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung terjadi defisit volume sedimen sebesar

549.535,05 m³/tahun. Adapun grafik volume angkutan sedimen dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik angkutan sedimen metode *Meyer-Petter & Muller*

Berdasarkan grafik diatas nilai angkutan sedimen yang besar pada bulan November – Mei, sedangkan pada bulan Juni – Oktober nilai angkutan sedimen relatif kecil. Hal ini sebanding dengan cuaca di Indonesia pada bulan November – Mei cenderung hujan yang berbanding lurus dengan nilai debit pada bulan tersebut, sedangkan pada bulan Mei – Oktober yang cenderung kemarau sehingga nilai debit pada bulan tersebut relatif kecil.

b. Persamaan Frijlink

1) Perhitungan bulan Januari di Hulu

Diketahui:

Debit (Q) = 102,7 m³/det

Lebar Sungai (l) = 127 m

Kemiringan / Slope (S) = 0,0066699

Rapat massa sedimen (γ_s) = 2650 kg/m³

Rapat massa air (γ_w) = 1000 kg/m³

Kecepatan aliran = 1,7 m/s

Gravitasi (g) = 9,81 m/det

D₅₀ = 0,38 mm / 0,00038 m

D₉₀ = 7,65 mm / 0,00765 m

a) Menghitung nilai *Stickler*

$$\mu = \left(\frac{ks}{k's} \right)^{3/2}$$

$$ks = \frac{v}{Rb^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{1,7}{0,472^{\frac{2}{3}} \times 0,0066699^{\frac{1}{2}}}$$

$$= 33,985 \text{ m/det}$$

$$k's' = \frac{26}{d90^{\frac{1}{6}}}$$

$$= \frac{26}{0,00765^{\frac{1}{6}}}$$

$$= 58,573 \text{ m/det}$$

$$\mu = \left(\frac{33,985}{58,573} \right)^{3/2}$$

$$= 0,442$$

$$R = 0,472$$

$$\Delta = \gamma_s - \gamma_w$$

$$= 2650 - 1000$$

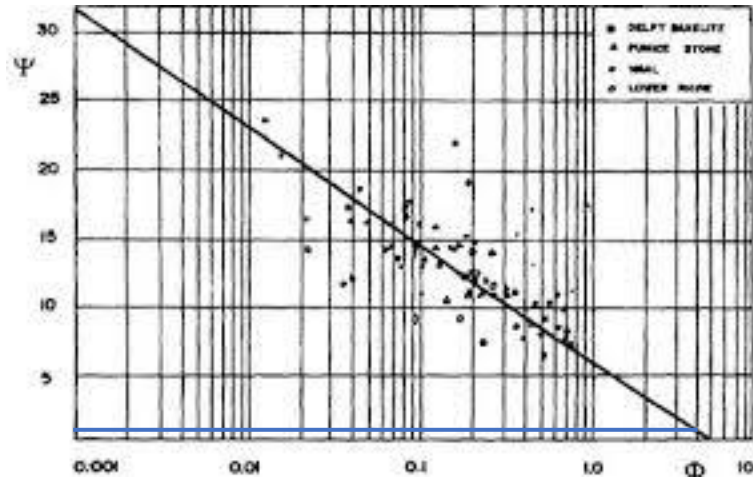
$$= 1650$$

b) Mencari intensitas aliran

$$\Psi = \frac{\Delta \cdot d50}{\mu \cdot R \cdot I}$$

$$= \frac{\left(\frac{1650}{1000} \right) \times 0,00038}{0,442 \times 0,472 \times 0,0066699}$$

$$= 0,4$$



Gambar 4.8 Grafik angkutan sedimen persamaan *Frijlink*
 Dengan nilai $\Psi = 0,4$ maka dari Grafik diatas didapat nilai $\Phi = 4,37$

c) Menghitung nilai angkutan sedimen:

$$\begin{aligned}
 T_b &= \Phi d_{50} \sqrt{g \mu R l} \\
 &= 4,37 \times 0,00038 \times \sqrt{9,81 \times 0,442 \times 0,472 \times 0,0066699} \\
 &= 0,0001961 \text{ m}^3/\text{m.det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total } T_b &= 127 \times 0,0001961 \\
 &= 0,0249 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dalam 1 hari} &= 24 \times 60 \times 60 \times 0,0249 \\
 &= 2.151,36 \text{ ton/hari} \\
 &= 2.151,36/1,65 \\
 &= 1.303,781 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dalam 1 bulan} &= 31 \times 1.303,781 \\
 &= 40.417,2 \text{ m}^3/\text{bulan}
 \end{aligned}$$

2) Perhitungan bulan Januari dihilir

Diketahui:

$$\text{Debit (Q)} = 102,7 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Lebar Sungai (l)} = 62,4 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan / Slope (S)} = 0,0066699$$

$$\text{Rapat massa sedimen } (\gamma_s) = 2650 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rapat massa air } (\gamma_w) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kecepatan aliran} = 2,19 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Gravitasi (g)} &= 9,81 \text{ m/det} \\ D_{50} &= 0,38 \text{ mm} / 0,00038 \text{ m} \\ D_{90} &= 7,65 \text{ mm} / 0,00765 \text{ m} \end{aligned}$$

a) Menghitung nilai *Stickler*

$$R = 0,723$$

$$\mu = \left(\frac{ks}{k's} \right)^{3/2}$$

$$\begin{aligned} ks &= \frac{v}{Rb^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}} \\ &= \frac{2,19}{0,723^{\frac{2}{3}} \times 0,0066699^{\frac{1}{2}}} \\ &= 32,937 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ks' &= \frac{26}{d90^{\frac{1}{6}}} \\ &= \frac{26}{0,00765^{\frac{1}{6}}} \\ &= 58,573 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu &= \left(\frac{32,937}{58,573} \right)^{3/2} \\ &= 0,422 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= \gamma_s - \gamma_w \\ &= 2650 - 1000 \\ &= 1650 \end{aligned}$$

b) Mencari intensitas aliran

$$\begin{aligned} \Psi &= \frac{\Delta \cdot d_{50}}{\mu \cdot R \cdot I} \\ &= \frac{\left(\frac{1650}{1000} \right) \times 0,00038}{0,422 \times 0,723 \times 0,0066699} \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

Dengan nilai $\Psi = 0,2$ maka dari Grafik diatas didapat nilai $\Phi = 4,47$

a) Menghitung nilai angkutan sedimen:

$$\begin{aligned} T_b &= \Phi d_{50} \sqrt{g \mu R I} \\ &= 4,47 \times 0,00038 \times \sqrt{9,81 \times 0,422 \times 0,723 \times 0,0066699} \end{aligned}$$

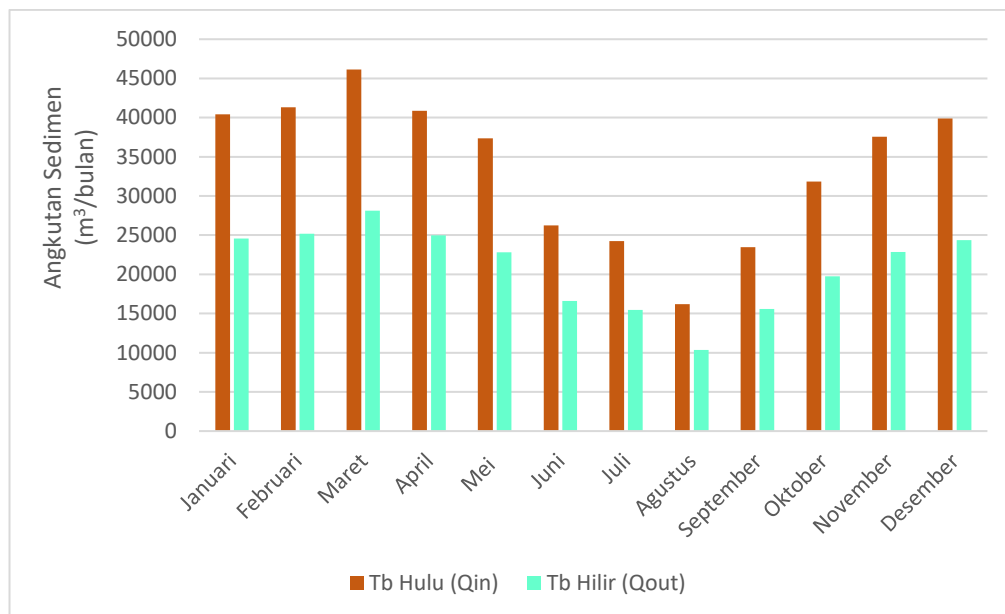
$$\begin{aligned}
 &= 0,0002425 \text{ m}^3/\text{m.det} \\
 \text{Total } T_b &= 62,4 \times 0,0002425 \\
 &= 0,01513 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{Dalam 1 hari} &= 24 \times 60 \times 60 \times 0,01513 \\
 &= 1.307,23 \text{ ton/hari} \\
 &= 1.307,23/1,65 \\
 &= 792,33 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Dalam 1 bulan} &= 31 \times 792,33 \\
 &= 24.562,33 \text{ m}^3/\text{bulan}
 \end{aligned}$$

Hasil nilai angkutan sedimen dengan persamaan *Frijlink* dapat dilihat pada Tabel 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.10 Nilai angkutan sedimen persamaan *Frijlink*

| Bulan | Debit (m ³ /det) | Tb 1 bulan Hulu (m ³ /bulan) | Tb 1 bulan Hilir (m ³ /bulan) |
|--|--------------------------------|---|--|
| Januari | 85,47 | 40.417,20 | 24.562,33 |
| Februari | 134,3 | 41.333,96 | 25.174,90 |
| Maret | 139,03 | 46.125,31 | 28.128,83 |
| April | 111,63 | 40.887,80 | 24.964,57 |
| Mei | 82,25 | 37.366,70 | 22826.00 |
| Juni | 42,81 | 26.261,44 | 16618.52 |
| Juli | 35,53 | 24.252,00 | 15447.62 |
| Agustus | 13 | 16.201,08 | 10352.31 |
| September | 37,9 | 23.479,54 | 15576.77 |
| Oktober | 58,09 | 31.821,58 | 19737.70 |
| November | 89,44 | 37.549,88 | 22868.81 |
| Desember | 96,07 | 39.884,09 | 24356.55 |
| Total Tb 1 tahun (m ³ /tahun) | | 405.580,58 | 250.614,90 |

Berdasarkan Tabel diatas menunjukkan bahwa jumlah volume sedimen pada hulu sebesar 405.580,58 m³/tahun, sedangkan pada hilir sebesar 250.614,90 m³/tahun. Hal ini menandakan bahwa pada pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung memiliki cadangan volume sedimen sebesar 154.965,68 m³/tahun. Adapun grafik volume sedimen pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik volume sedimen persamaan *Frijlink*

Berdasarkan grafik diatas nilai angkutan sedimen yang besar pada bulan November – Mei, sedangkan pada bulan Juni – Oktober nilai angkutan sedimen relatif kecil. Hal ini sebanding dengan cuaca di Indonesia pada bulan November – Mei cenderung hujan yang berbanding lurus dengan nilai debit pada bulan tersebut, sedangkan pada bulan Mei – Oktober yang cenderung kemarau sehingga nilai debit pada bulan tersebut relatif kecil.

4.4.1 Perbandingan Nilai Angkutan Sedimen

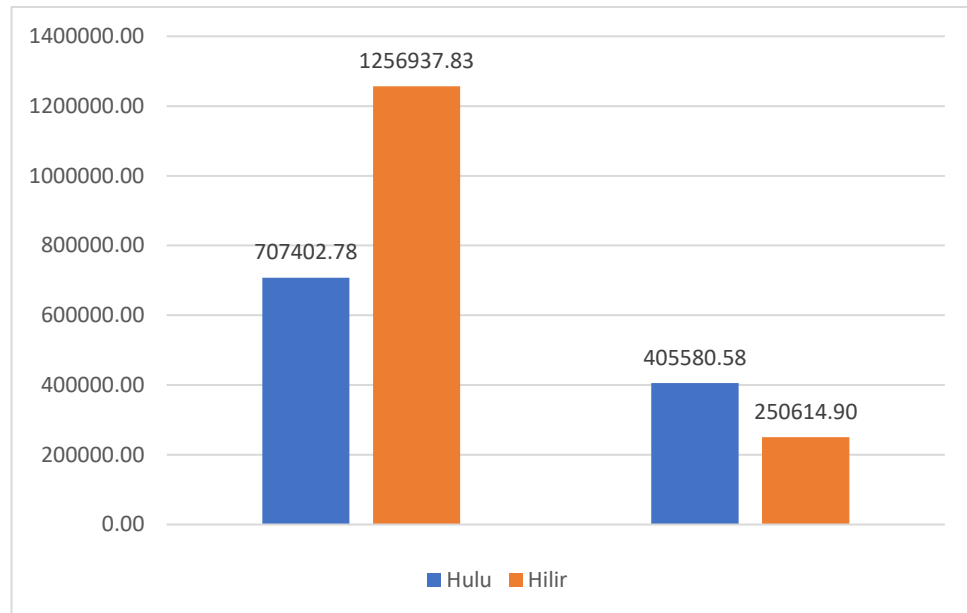
Berdasarkan hasil analisis perhitungan yang telah dilakukan terdapat perbedaan nilai angkutan sedimen pada pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung. Hal ini terjadi karena kedua metode memiliki perbedaan pendekatan dalam melakukan perhitungan. Berikut hasil perhitungan nilai angkutan sedimen dalam satu tahun dengan metode *Meyer – Petter & Muller* dan *Frijlink* dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.10.

Tabel 4.11 Perbandingan nilai angkutan sedimen

| Metode | Hulu (m³/tahun) | Hilir (m³/tahun) |
|-----------------------------------|-----------------|------------------|
| <i>Mayer – Peter & Muller</i> | 707.402,78 | 1.256.937,83 |
| <i>Frijlink</i> | 405.580,58 | 250.614,90 |

Berdasarkan Tabel diatas menurut metode *Mayer - Peter & Muller* melarang adanya kegiatan penambangan pasir karena pada pias muara Sungai

Pabelan sampai Jembatan Kebin Agung defisit volume sedimen. Sedangkan menurut persamaan *Frijlink* pada pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung bisa dilakukan kegiatan penambangan pasir karena memiliki cadangan volume sedimen. Grafik perbandingan angkutan sedimen dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik perbandingan angkutan sedimen

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa perhitungan dengan metode *Mayer – Peter & Muller* hasil nilai angkutan sedimen memiliki perbedaan yang cukup besar dibandingkan dengan metode *Frijlink*. Hal ini tentu terjadi karena kedua metode memiliki perbedaan parameter dalam melakukan perhitungan angkutan sedimen.

4.4.2 Ketersediaan cadangan sedimen

- a. Metode *Mayer - Peter & Muller* pada tahun 2019

$$\begin{aligned}
 V &= (Tb \text{ 1 tahun hulu} - Tb \text{ 1 tahun hilir}) - \text{Volume penambangan pasir} \\
 &= (707.402,78 - 1.256.937,83) - 66.374 \\
 &= -615.909,05 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

- b. Metode *Mayer – Peter & Muller* pada tahun 2020

$$\begin{aligned}
 V &= (Tb \text{ 1 tahun hulu} - Tb \text{ 1 tahun hilir}) - \text{Volume penambangan pasir} \\
 &= (707.402,78 - 1.256.937,83) - 393.265 \\
 &= -942.800,05 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

c. Persamaan *Frijlink* pada tahun 2019

$$\begin{aligned} V &= (Tb \ 1 \text{ tahun hulu} - Tb \ 1 \text{ tahun hilir}) - \text{Volume penambangan pasir} \\ &= (405.580,58 - 250.614,90) - 66.374 \\ &= 88.591,68 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

d. Persamaan *Frijlink* pada tahun 2019

$$\begin{aligned} V &= (Tb \ 1 \text{ tahun hulu} - Tb \ 1 \text{ tahun hilir}) - \text{Volume penambangan pasir} \\ &= (405.580,58 - 250.614,90) - 393.265 \\ &= -238.299,32 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Tabel 4.12 Volume cadangan sedimen

| Tahun | Metode <i>Mayer – Peter & Muller</i> (m ³ /tahun) | Persamaan <i>Frijlink</i> (m ³ /tahun) |
|-------|---|--|
| 2019 | -615.909,05 | 88.591,68 |
| 2020 | -942.800,05 | -238.299,32 |

Dari Tabel diatas dapat diketahui dengan menggunakan metode *Mayer – Peter & Muller* pada tahun 2019 mengalami defisit volume sebesar 615.909,05 m³/tahun, sedangkan pada tahun 2020 mengalami defisit 942.800,05 m³/tahun. Berdasarkan persamaan *Frijlink* pada tahun 2019 memiliki volume cadangan sedimen sebesar 88.591,68 m³/tahun, sedangkan pada tahun 2020 mengalami defisit volume sebesar 238.299,32 m³/tahun.

4.4.3 Mencari Degradasi atau Agradasi pada Sungai

Penambangan pasir pada umumnya akan berdampak pada sungai seperti terjadi degradasi atau agradasi pada sungai. Perhitungan degradasi atau agradasi dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

a. Metode *Mayer - Peter Muller* pada tahun 2019

$$H = \frac{V}{\text{Panjang sungai} \times \left(\frac{\text{lebar hulu} + \text{lebar hilir}}{2} \right)}$$

$$H = \frac{-615.909,05}{18504 \times \left(\frac{127 + 62,4}{2} \right)}$$

$$H = -0,35 \text{ m/tahun}$$

- b. Metode *Mayer - Peter Muller* pada tahun 2020

$$H = \frac{V}{\text{Panjang sungai} \times \left(\frac{\text{lebar hulu} + \text{lebar hilir}}{2} \right)}$$

$$H = \frac{-942.800,05}{18504 \times \left(\frac{127 + 62,4}{2} \right)}$$

$$H = -0,53 \text{ m/tahun}$$

- c. Metode *Frijlink* pada tahun 2019

$$H = \frac{V}{\text{Panjang sungai} \times \left(\frac{\text{lebar hulu} + \text{lebar hilir}}{2} \right)}$$

$$H = \frac{88.591,68}{18504 \times \left(\frac{127 + 62,4}{2} \right)}$$

$$H = +0,05 \text{ m/tahun}$$

- d. Metode *Frijlink* pada tahun 2019

$$H = \frac{V}{\text{Panjang sungai} \times \left(\frac{\text{lebar hulu} + \text{lebar hilir}}{2} \right)}$$

$$H = \frac{-238.299,32}{18504 \times \left(\frac{127 + 62,4}{2} \right)}$$

$$H = -0,14 \text{ m/tahun}$$

Tabel 4.13 Nilai agradasi dan degradasi

| Tahun | Metode <i>Mayer - Peter & Muller</i> (m ³ /tahun) | Persamaan <i>Frijlink</i> (m ³ /tahun) |
|-------|---|--|
| 2019 | -0,35 m/tahun | +0,05 m/tahun |
| 2020 | -0,53 m/tahun | -0,14 m/tahun |

Berdasarkan Tabel diatas dengan menggunakan metode *Mayer - Peter & Muller* pada tahun 2019 terjadi degradasi sebesar 0,35 m/tahun, sedangkan pada tahun 2020 terjadi degradasi sebesar 0,53 m/tahun. Pada persamaan *Frijlink* pada tahun 2019 terjadi agradasi sebesar 0,05 m/tahun, sedangkan pada tahun 2020 terjadi degradasi sebesar 0,14 m/tahun.

BAB V.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Nilai angkutan sedimen dari muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung dengan menggunakan metode *Mayer - Peter & Muller* adalah 1.964.340,61 m³/tahun, sedangkan dengan persamaan *Frijlink* sebesar 656.195,49 m³/tahun.
- b. Volume penambangan pasir yang diambil penambang dari muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung adalah 459.639 m³.
- c. Menurut metode *Mayer - Peter & Muller* pias muara Sungai Pabelan sampai Jembatan Kebon Agung pada tahun 2019 mengalami defisit volume sebesar 615.909,05 m³/tahun, sedangkan pada tahun 2020 mengalami defisit volume sebesar 942.800,05 m³/tahun. Berdasarkan persamaan *Frijlink* pada tahun 2019 memiliki volume cadangan sedimen sebesar 88.591,68 m³/tahun, sedangkan pada tahun 2020 mengalami defisit volume sebesar 238.299,32 m³/tahun.
- d. Dampak dari penambangan pasir menurut metode *Mayer - Peter & Muller* pada tahun 2019 terjadi degradasi sebesar 0,35 m/tahun, sedangkan pada tahun 2020 terjadi degradasi sebesar 0,53 m/tahun. Sedangkan menurut persamaan *Frijlink* pada tahun 2019 terjadi degradasi sebesar 0,05 m/tahun, sedangkan pada tahun 2020 terjadi degradasi sebesar 0,14 m/tahun.
- e. Dampak dari terjadinya degradasi sungai berakibat penurunan pada tinggi muka air, sehingga debit yang masuk ke dalam saluran irigasi akan berkurang.

5.2 Saran

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan cara mengukur sendiri penampang sungai, kecepatan aliran, dan gradasi butiran.

- b. Peneliti selanjutnya harus lebih teliti terhadap data sekunder yang didapat dari instansi terkait, perlu dilakukan untuk survei lapangan untuk mengetahui keabsahan data yang didapat.
- c. Perlu dilakukan penelitian angkutan sedimen dengan metode yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani R, Yulianti, D. (2019). Analisis debit muatan sedimen dasar pada muara Sungai Ogan. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 7(1), 9-19.
- Budi S, Dermawan, V, Yuliani, E. (2017). Efektifitas groundsill terhadap penyebaran sedimen sungai grindulu Kabupaten Pacitan. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 8(1), 112-123.
- Endyi E, Kartini, K, Gunarto, D. (2017). *Analisa Angkutan Sedimen di Sungai Jawi Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya*. Tanjungpura University,
- Erungan DE, Sukarno, S, Mangangka, IR. (2019). Kajian Teknis Penambangan Material Bukan Logam Pasir, Kerikil Dan Batu Kali Di Sungai Ongkag Dumoga. *Jurnal Sipil Statik*, 7(7), 53-59.
- Fauziyah R, Kironoto, BA, Legono, D. (2018). Kajian Angkutan Sedimen Di Sungai Pabelan, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. *Semesta Teknika*, 21(1), 53-59.
- Ikhsan J. (2020). *Analisa Angkutan Sedimen Dasar Dengan Persamaan Empirik*. Yogyakarta: Buku Litera.
- Ikhsan J, Fahmi, AA. (2015). Studi Pengaruh Banjir Lahar Dingin Terhadap Perubahan Karakteristik Material Dasar Sungai.
- International A. (2010). Standard test methods for specific gravity of soil solids by water pycnometer (ASTM D854 - 10). *2010 Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.08*.
- Kumaseh E, Tatontos, YV, Sarapil, CI. (2020). Prediksi Transport Sedimen di Perairan Teluk Tahuna Kabupaten Kepulauan Sangihe. *Journal of Marine Research*, 9(3), 207-214.
- Marhendi T. (2018). Prediksi Peningkatan Sedimentasi Dengan Metode Angkutan Sedimen (Studi Kasus Sedimentasi Di Waduk Mrica). *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 19(2), 87-94.
- Nanda AR, Mansida, A, Anita, A, Sulistiawati, Y. (2019). Pengaruh Krib Bambu Tipe Permeabel Terhadap Gerusan Tebing Di Belokan Sungai (Studi Eksperimental). *Teknik Hidro*, 12(2), 1-10.
- Nasional BS. (1990). SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat. *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*.
- Pariartha PA, Hidayah, E, Widiarti, WY. (2020). Pengendalian Sedimentasi pada Saluran Irigasi Rayap Tersier II Patrang Kabupaten Jember. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 3(1), 61-70.
- Rahmawan GA, Husrin, S, Prihantono, J. (2017). Analisa Perubahan Batimetri Di Perairan Kabupaten Serang Akibat Penambangan Pasir Laut *Bathymetry Changes Analysis In Serang District Waters Caused By Seabed Sand Exploitation. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9, 45-55.
- Soewarno. (1991). *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai*.
- Suharto S, Indarti, RE. (2019). Analisis Angkutan Sedimen Kali Progo. *Teras*, 59-72.
- Suherman DW, Suryaningtyas, DT, Mulatsih, S. (2015). Dampak Penambangan Pasir Terhadap Kondisi Lahan dan Air di Kecamatan Sukaratu Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 5(2), 99.

- Sutrisno AD. (2016). Analisis Kerusakan Lingkungan Fisik Akibat Penambangan Pasir Dan Batu Di Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. *PROMINE*, 4(1).
- Yuill BT, Gaweesh, A, Allison, MA, Meselhe, EA. (2016). Morphodynamic evolution of a lower Mississippi River channel bar after sand mining. *Earth surface processes and landforms*, 41(4), 526-542.

LAMPIRAN

Lampiran 1.

Alat dan langkah – langkah pengujian ukuran butir tanah dan berat jenis.

a Uji ukuran butir tanah

1) Alat-alat

a) Cawan

Cawan berfungsi sebagai wadah sampel sedimen yang akan dimasukkan ke dalam oven dan sebagai wadah dalam menimbang sampel yang telah kering.



Gambar 1 Cawan

b) Oven

Oven dipakai untuk pengeringan sampel sedimen dengan suhu (110 ± 5)°C.



Gambar 2 Oven

c) Satu set saringan

Satu set saringan dengan ukuran lubang, yaitu 37,5 mm; 63,5 mm; 50,8 mm; 19,1 mm; 12,5 mm; 9,5 mm; No.4 (4,75 mm); No.8 (2,36 mm); No.16 (1,18 mm); No.30 (0,600 mm); No.50 (0,300 mm);

No.100 (0,150 mm); No.200 (0,075 mm). Saringan digunakan sebagai penyaring sampel sedimen.



Gambar 3 Satu set saringan

d) Mesin pengguncang saringan

Mesin ini digunakan untuk mengayak sampel sedimen yang berada di dalam saringan.



Gambar 4 Mesin pengguncang saringan

e) Timbangan digital

Timbangan digital dipakai untuk menimbang benda uji berupa sampel sedimen yang telah dikeringkan dalam oven.



Gambar 5 Timbangan digital

f) Hidrometer ASTM 152 H

Hidrometer ASTM 152 H untuk mengetahui berat jenis larutan dengan skala pembacaan antara -5 sampai + 60 g/liter.



Gambar 6 Hidrometer 152H

2) Benda uji

Benda uji dipersiapkan sesuai standar dan aturan yang berlaku sebagaimana dijelaskan sebagai berikut:

a) Agregat halus

- (1) ukuran maksimum 4,76 mm untuk berat minimum agregat sebanyak 500 gram;
- (2) ukuran maksimum 2,38 mm berat minimum agregat sebesar 100 gram.

b) Agregat kasar

- (1) ukuran maksimum $\frac{3}{4}$ " berat minimum agregat sebesar 5 kg;
- (2) ukuran maksimum $\frac{1}{2}$ " berat minimum agregat sebesar 2,5 kg;
- (3) ukuran maksimum $\frac{3}{8}$ " berat minimum agregat sebesar 1 kg.

c) Jika sampel terdiri dari campuran agregat halus dan agregat kasar maka harus dipisahkan dengan menggunakan saringan No. 4,

kemudian agregat halus dan agregat kasar disiapkan sesuai jumlah yang tercantum diatas.

3) Langkah-langkah pengujian

Urutan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

a) Persiapkan tanah yang akan diuji dengan cara sebagai berikut:

- (1) Ambil sejumlah contoh tanah seberat 500 g. Pisahkan antara tanah yang tertahan pada saringan No. 10 dan yang lolos saringan No. 10.
- (2) Ambil contoh tanah 10 – 15 g untuk pemeriksaan kadar airnya (lakukan seperti pada Pengujian ke-1) dan catat hasilnya (w).
- (3) Apabila belum dapat datanya, lakukan juga uji berat jenis tanah (G_s).
- (4) Sediakan contoh tanah yang akan diperiksa. Timbang dan catat beratnya (B_o). Jumlah sekurang-kurangnya sekitar 50–60 gram untuk tanah lanau/lempung tidak berpasir dan sekitar 100–120 gram untuk tanah berpasir.

b) Masukkan contoh tanah ke dalam gelas kaca (*beaker*) berkapasitas 250 cc. Tuangkan sebanyak 125 mL larutan *sodium hexametaphosphate* (40 g/L). yang telah disiapkan. Campur dan aduk sampai seluruh tanah tercampur dengan air. Biarkan tanah terendam sekurang-kurangnya 16 jam.

c) Tuangkan campuran tersebut ke dalam alat pengaduk (*stirring apparatus*). Jangan ada butir yang tertinggal atau hilang dengan cara membilasnya dengan air destilasi dan tuangkan air bilasan ke alat pengaduk. Bila perlu tambahkan air hingga volumenya sekitar lebih dari setengah penuh. Putarlah alat pengaduk selama lebih dari 1 menit.

d) Kemudian segera pindahkan larutan tanah (*suspense*) ke gelas silinder pengendap. Jangan ada tanah tertinggal dengan membilasnya dan menuangkan air bilasan ke silinder. Tambahkan air destilasi sehingga volumenya mencapai 1000 cm³.

- e) Di samping silinder isi suspensi tersebut, sediakan silinder kedua yang hanya diisi air destilasi yang telah diberi 125 mL larutan *sodium hexametaphosphate* (40 g/L). Apungkan *hydrometer* 152H dalam silinder kedua ini selama percobaan dilaksanakan.
- f) Tutup gelas silinder yang berisi larutan tana dengan tutup karet (atau dengan telapak tangan). Kocok larutananah dengan cara membolak-balik vertikal ke atas dan ke bawah selama 1 menit, sehingga butir-butir tanah melayang merata dalam air. Gerakan membolak-balik gelas ini harus sekitar 60 kali.
- g) Ukur laju pengendapan melalui pembacaan pembacaan hydrometer pada interval waktu $t = 2, 5, 30, 60, 250,$ dan 1440 menit (sejak $t = 0$) dengan cara sebagai berikut:
- (1) Kira-kira 20-25 detik sebelum pembacaan, ambil hidrometer dari silinder kedua, celupkan secara hati-hati dan perlahan ke dalam gelas silinder yang berisi larutan tanah sampai mencapai kedalaman sekitar taksiran skala yang akan terbaca, kemudian lepaskan (jangan sampai timbul guncangan). Bacalah skala yang ditunjuk oleh puncak lengkung *meniscus* R_1 (pembacaan sebelum dikoreksi).
 - (2) Setelah dibaca, segera ambil hidrometer pelan-pelan, pindahkan ke dalam silinder ketiga untuk dicuci, kemudian pindahkan ke silinder kedua. Dalam silinder kedua, bacalah skala *hydrometer* R_2 (koreksi pembacaan).
- h) Setiap saat setelah pembacaan hidrometer, amati dan catat temperatur larutan tanah dengan mencelupkan termometer.
- i) Setelah pembacaan hidrometer terakhir selesai dilaksanakan ($t = 1440$ menit), tuangkan larutan tanah ke atas saringan No. 200 seluruhnya. Jangan ada butir yang tertinggal. Cucilah dengan air bersih bertekanan sampai air yang mengalir di bawah saringan menjadi jernih dan tidak ada lagi butir halus yang tertinggal.
- j) Pindahkan seluruh tanah yang tertahan pada saringan No.200 ke wadah yang sesuai. Keringkan dalam oven pada temperatur 105°C

selama minimal 12 jam. Keluarkan tanah dari oven, dinginkan dan timbang serta catat berat tanah kering yang diperoleh (B_1).

- k) Saringlah tanah ini dengan menggunakan susunan saringan yang telah disebutkan di atas.
- l) Timbang dan catat berat bagian tanah yang tertinggal pada tiap saringan. Periksa bahwa seharusnya jumlah berat dari masing-masing bagian sama atau dekat dengan berat sebelum disaring.

b. Uji berat jenis

1) Alat-alat

a) Piknometer

Piknometer yang digunakan memiliki kapasitas sekurang-kurangnya 50 ml. piknometer berfungsi sebagai botol ukur dalam pengujian berat jenis.



Gambar 6 Piknometer berkapasitas 50 cc

b) Timbangan

Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr digunakan dalam menimbang benda uji yang telah kering oven dan piknometer.



Gambar 7 Timbangan digital

c) Desikator

Desikator digunakan dalam penyimpanan piknometer dan air yang telah dipanaskan agar mencapai suhu ruang antara 15°-30°C.



Gambar 8 Desikator

d) *Thermometer*

Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur di dalam piknometer.



Gambar 9 Thermometer

e) Cawan porselen

Cawan porselen digunakan untuk menghancurkan sampel yang masih menggumpal dengan menggunakan pastel.



Gambar 10 Cawan porselen

f) Oven

Oven digunakan dalam pengeringan benda uji atau contoh tanah hingga mencapai kering curah. Suhu diatur konstan pada 105° - 110° C.



Gambar 11 Oven

2) Bahan

- a) Air destilasi bebas udara (dalam *wash bottle*)
- b) Tanah yang berukuran kurang dari 4,75 mm atau lolos saringan No. 4. Massa tanah yang diperlukan untuk pemeriksaan diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Massa tanah untuk pemeriksaan berat jenis

| Jenis Tanah | Massa Contoh Tanah (g) | |
|-----------------|------------------------|-------------------|
| | Piknometer 250 ml | Piknometer 500 ml |
| SP, SP – SM | 60 ± 10 | 100 ± 10 |
| SP – SC, SM, SC | 45 ± 10 | 75 ± 10 |
| Lanau/Lempung | 35 ± 10 | 50 ± 10 |

3) Langkah-langkah pengujian

- a) Bersihkan bagian luar dan dalam piknometer, lalu keringkan. Timbang piknometer hingga ketelitian 0,01 g (W_p). Lakukan hingga lima kali, dan catat masing-masing beratnya.
- b) Lakukan kalibrasi volume piknometer dengan cara sebagai berikut:
 - (1) Siapkan air bebas udara (*deaired water*) dengan cara memanaskannya hingga mendidih (*boiling*) atau melalui vacuum atau kombinasi keduanya. Dinginkan air hingga mencapai suhu ruang yaitu antara $15 - 30^{\circ}$ C.

- (2) Piknometer dibersihkan k Bersihkan piknometer dan isi air bebas udara hingga penuh, kemudian tutup, dan keringkan bagian luarnya dengan kain kering.
- (3) Panaskan piknometer dan air hingga keluar gelembung udara. Dinginkan pada suhu ruang, dan masukkan dalam desikator hingga suhu tetap antara 15 – 30°C selama 3 jam. Timbang piknometer ($W_{pw,c}$).
- (4) Ukur temperatur di dalam piknometer.
- (5) Hitung volume piknometer menggunakan persamaan 2.1.

$$V_p = \frac{(W_{pw,c} - W_p)}{\rho_{w,c}}$$

dengan,

$W_{pw,c}$ = Berat piknometer dan air pada suhu terkalibrasi (g);

W_p = Berat piknometer kosong (g);

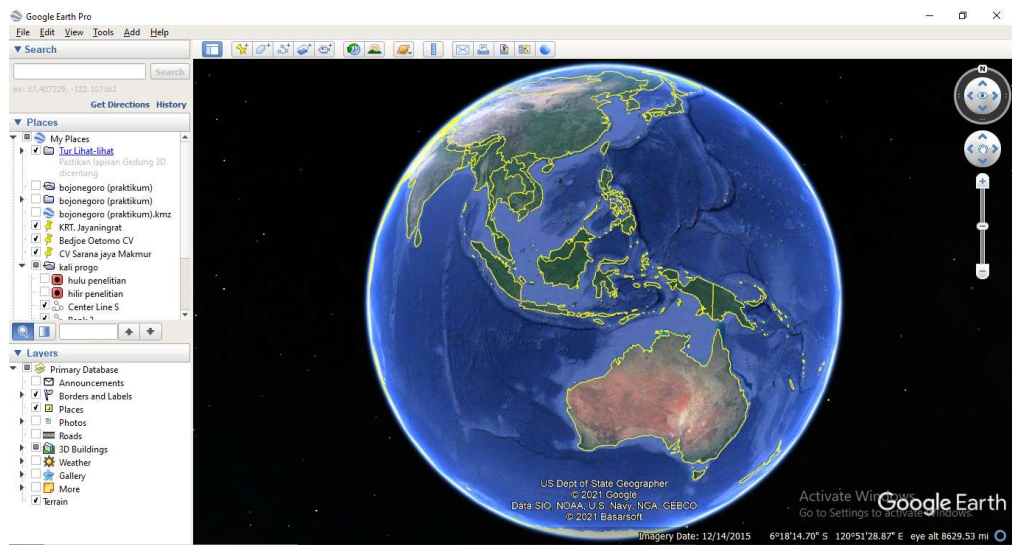
$\rho_{w,c}$ = Berat volume air pada suhu terkalibrasi (g/ml).

- (6) Lakukan langkah-langkah diatas hingga lima kali.
- b) Contoh tanah dihancurkan dalam cawan porselen dengan menggunakan pestel, kemudian dikeringkan dalam oven.
 - c) Ambil tanah kering dari oven dan langsung didinginkan dalam desikator. Setelah dingin, masukkan kedalam piknometer sekitar 10 gram.
 - d) Piknometer yang berisi tanah ditutup lalu ditimbang (W_{ps}).
 - e) Isi air ± 10 cc ke dalam piknometer, sehingga tanah terendam seluruhnya dan biarkan 2 – 10 jam.
 - f) Tambahkan air destilasi sampai kira-kira setengah atau dua pertiga penuh, udara yang terperangkap di antara butir-butir harus dikeluarkan dengan cara piknometer bersama air dan tanah dimasukkan ke dalam bejana tertutup yang dapat divakum dengan pompa vakum sehingga gelembung udara keluar dan air menjadi jernih.

- g) Piknometer ditambah air destilasi sampai penuh dan ditutup. Bagian luar piknometer dikeringkan dengan kain kering. Setelah itu piknometer berisi tanah dan air ditimbang ($W_{pws,t}$).
- h) Air dalam piknometer diukur suhunya dengan *thermometer*.

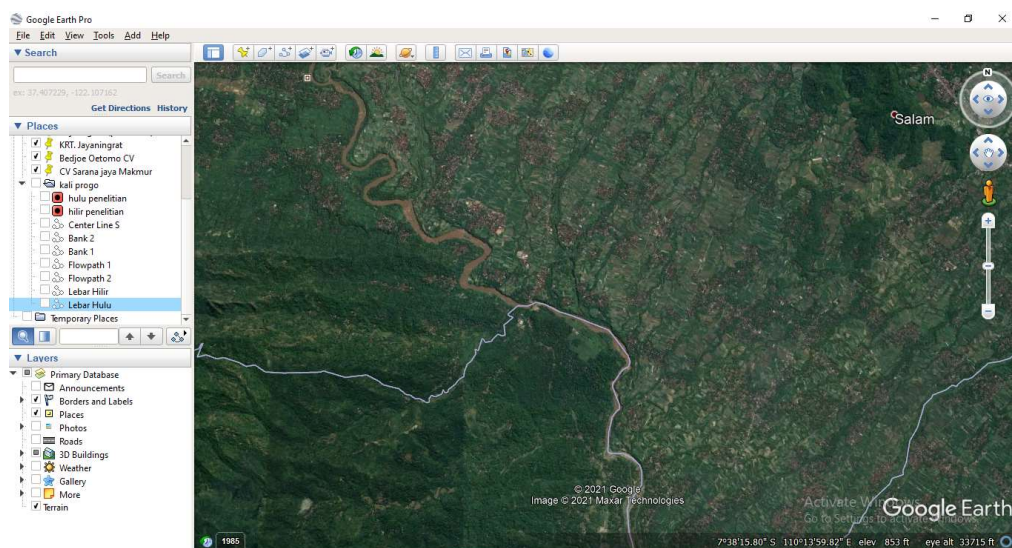
Lampiran 2.

1. Buka aplikasi *Google Earth Pro*



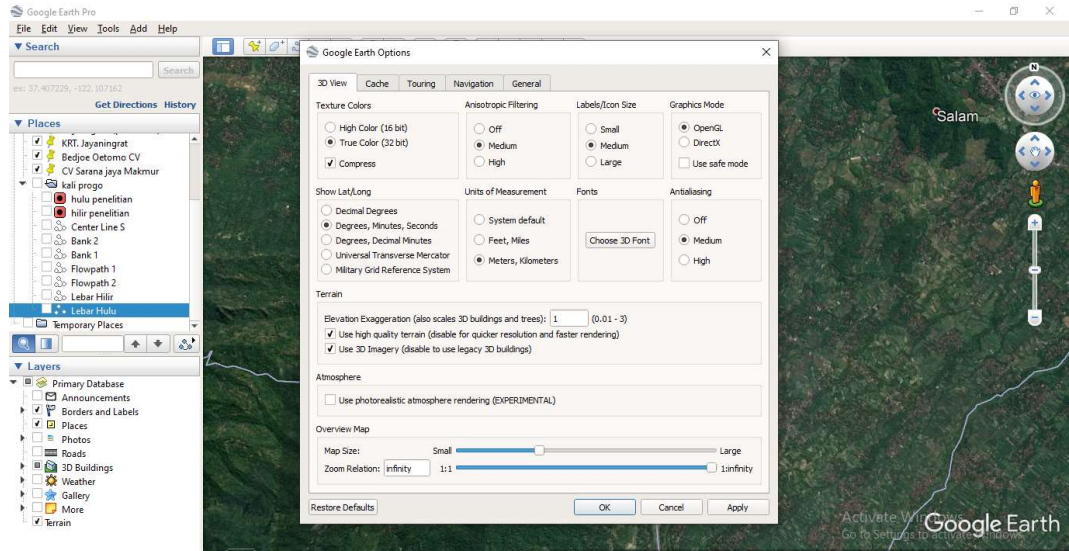
Gambar 1. Tampilan awal *Google Earth Pro*

2. Tentukan Sungai Progo Kabupaten Kulon Progo sebagai wilayah yang akan dibuat penampang sungai.



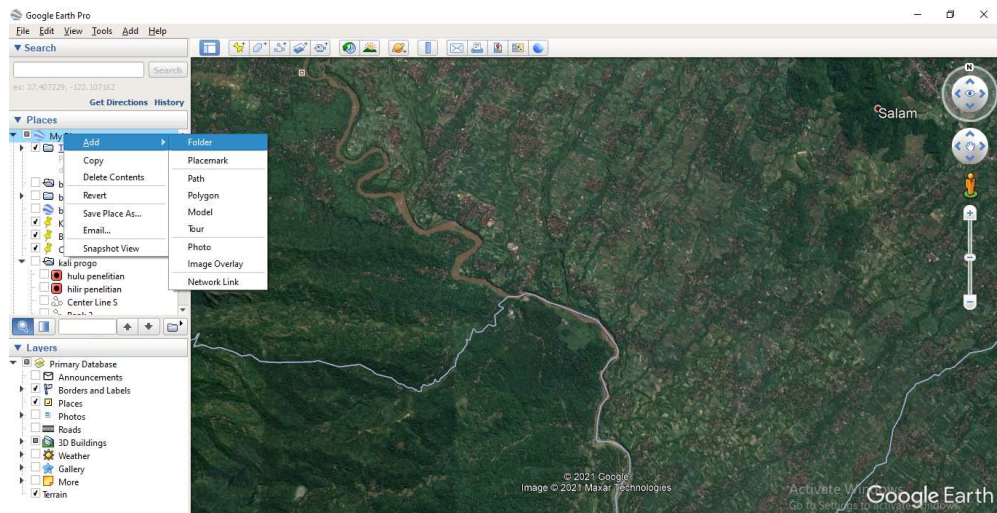
Gambar 2. Tampilan Sungai Progo Kabupaten Kulon Progo

3. Klik *Tools* lalu *options*. Lalu, pada *catalog 3D View* atur *Show Lat/Long* menjadi *Universal Transverse Mecator* dan *Unit of Measurement* menjadi *Meters, Kilometers*. Lalu *OK*.



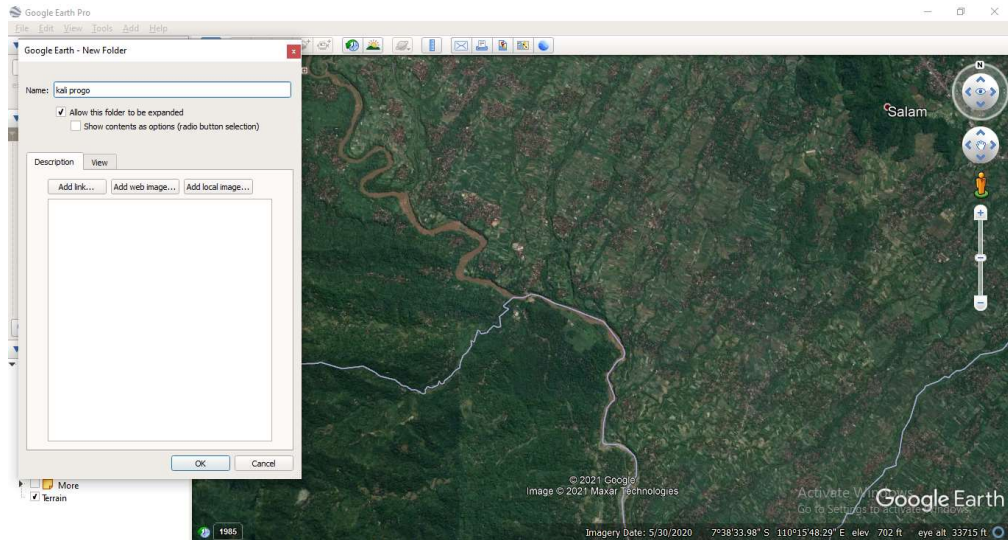
Gambar 3. Tampilan *catalog Google Earth Options*

4. Setelah itu, klik kanan pada *My Places* pilih *Add* lalu *folder*



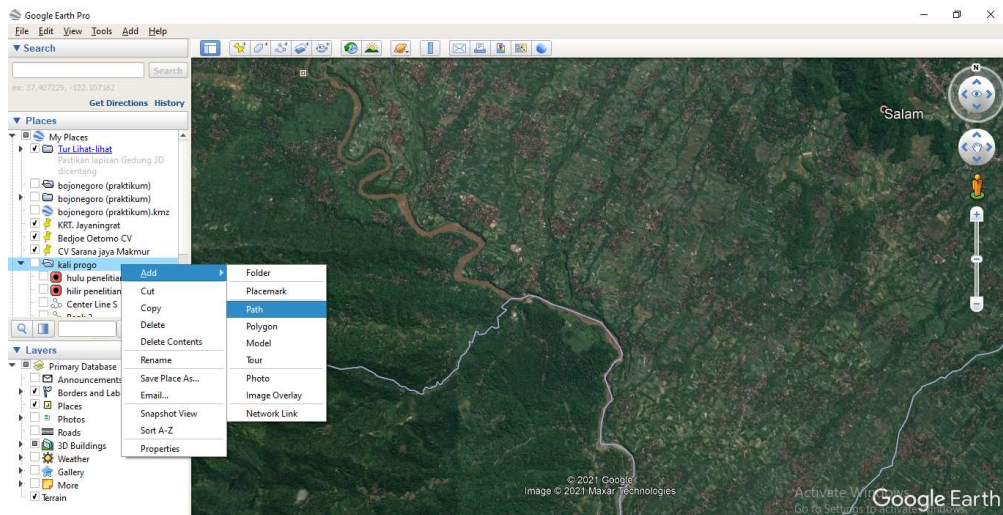
Gambar 4. Tampilan *Add Folder*

5. Atur nama *file* sesuai dengan keinginan. Lalu *OK*.



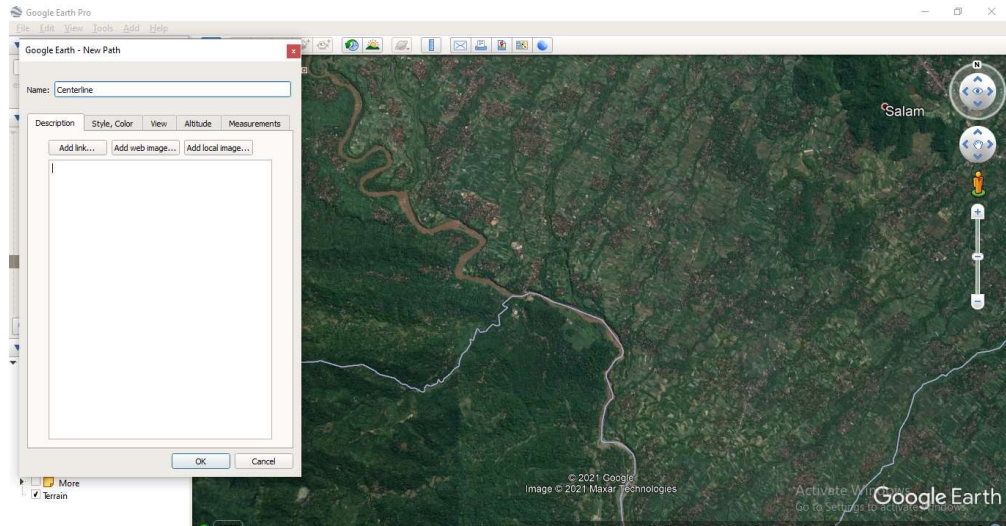
Gambar 5. Tampilan *catalog* Google Earth *New Folder*

6. Setelah itu, klik kanan pada *folder* yang sudah dibuat lalu klik *Add* dan pilih *Path*.



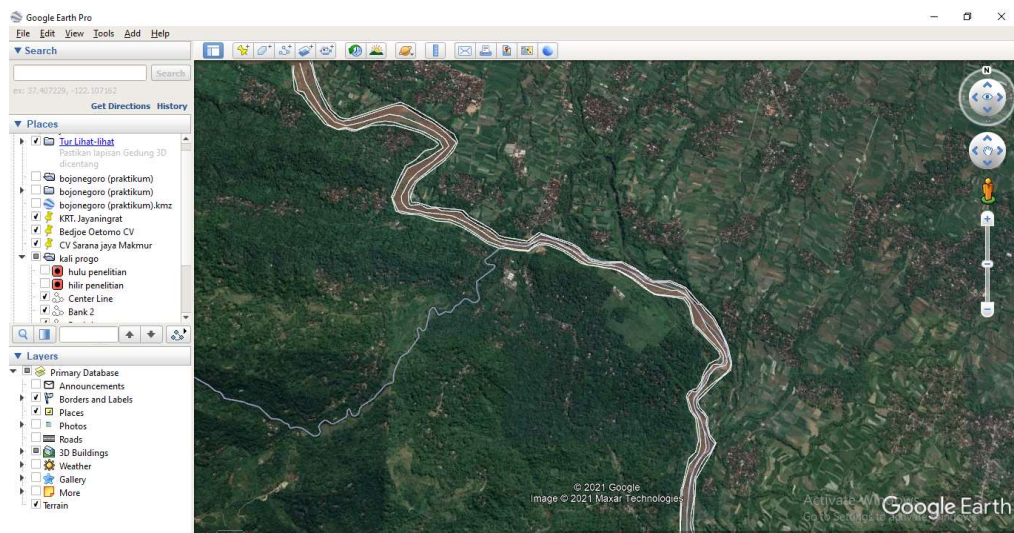
Gambar 6. Tampilan *Add Path*

7. Atur nama menjadi “*Centerline*” sebagai nama *path*. Lalu, buat garis *center line* pada tengah-tengah sungai. Klik *Measurement* untuk mengetahui panjang *center line* yang dibuat dengan satuan *meters*.



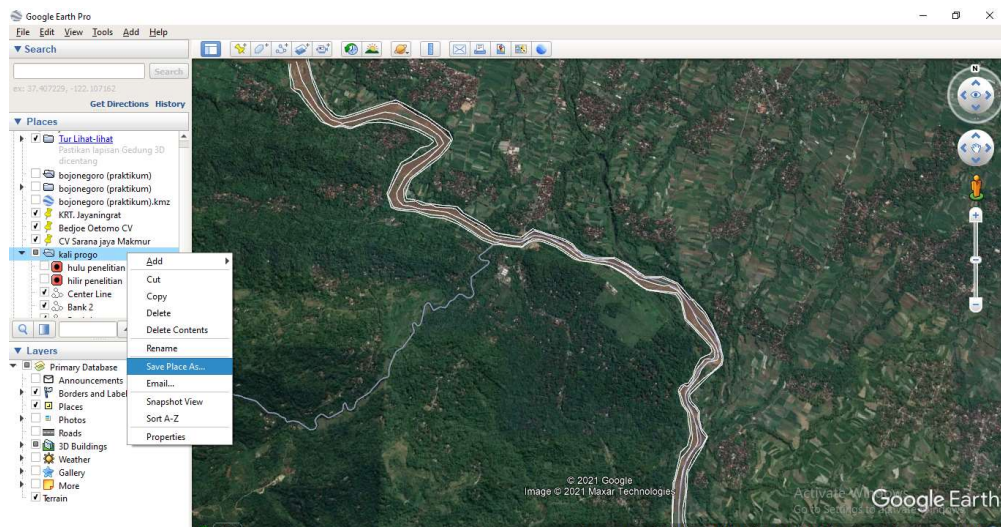
Gambar 7. Tampilan *catalog New Path* untuk membuat *centerline*

8. Setelah itu, lakukan hal yang sama untuk membuat garis *Bank 1*, *Bank 2*, *Flowpath 1*, dan *Flowpath 2*.



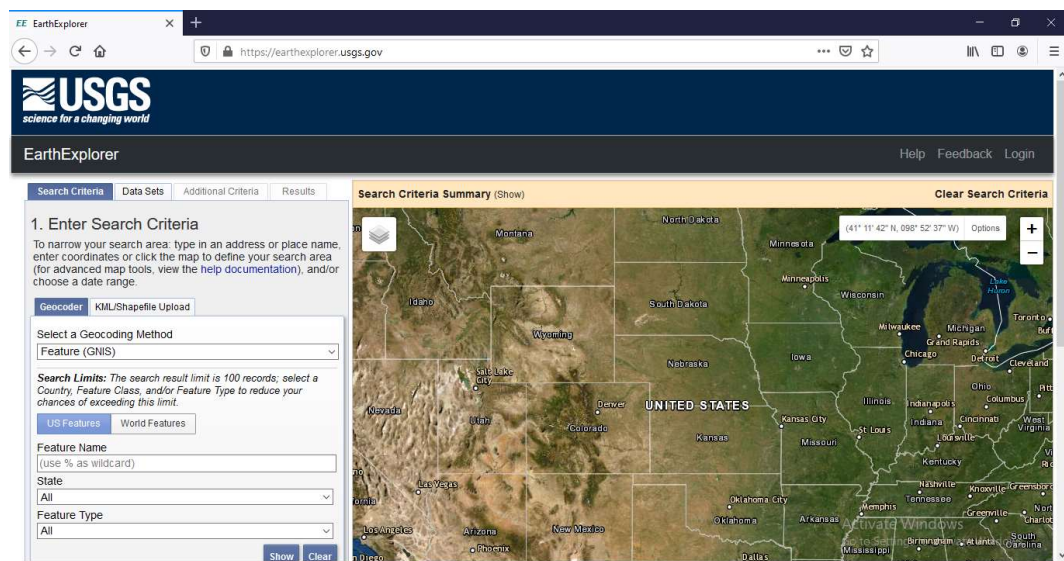
Gambar 8. Tampilan *Centerline*, *Bank 1*, *Bank 2*, *Flowpath 1*, dan *Flowpath 2*

9. Setelah itu, klik kanan pada *Places* Sungai Winongo, pilih *Save Place As* untuk menyimpan garis yang sudah dibuat. Lalu, pilih *folder* sesuai keinginan.



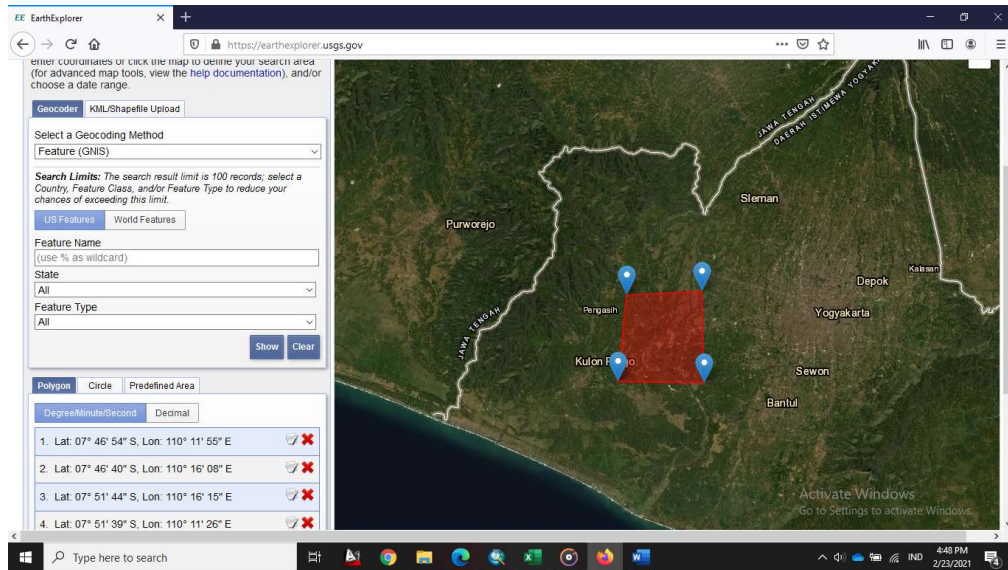
Gambar 9. Tampilan *Save Place As*

10. Download peta USGS DAM dengan buka <https://earthexplorer.usgs.gov>



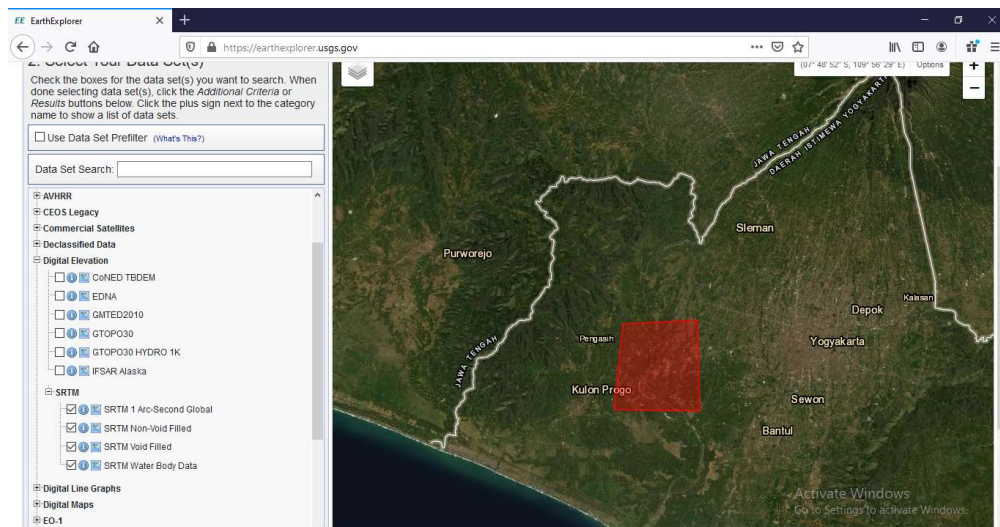
Gambar 10. Halaman web *Earth Explorer*

11. Pilih area sesuai dengan lokasi yang akan ditinjau.



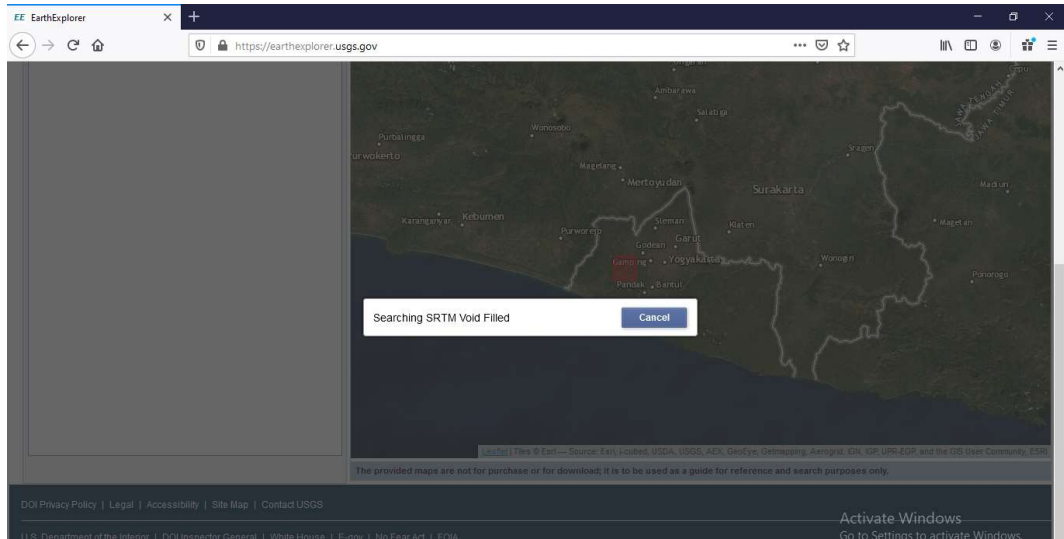
Gambar 11. Pilih area pada web Earth Explorer

12. Tentukan data yang akan didownload. Pilih Digital Elevation, klik SRTM setelah itu centang semua item.



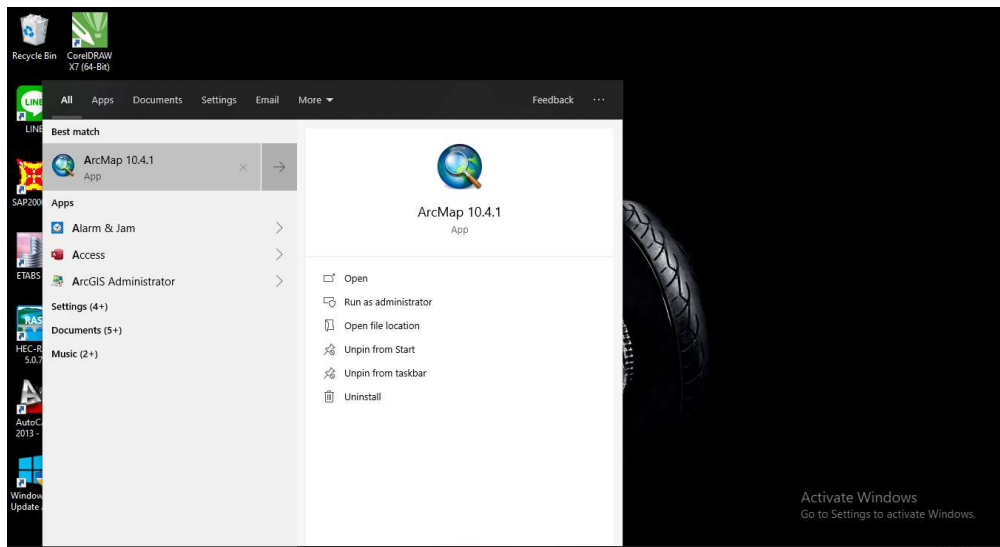
Gambar 12. Tampilan Digital Elevation

13. Klik *results*, kemudian akan muncul *icon Download Options* pilih dengan *format GeoTIFF 1 Arc-second*.



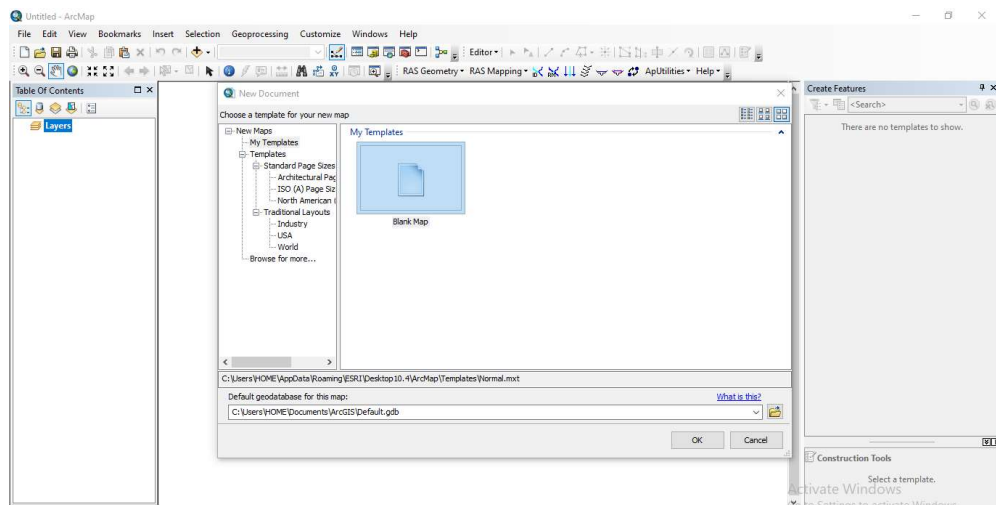
Gambar 13. Tampilan *Download Options*

14. Selanjutnya buka aplikasi *ArcMap 10.4* pada layar *desktop*.



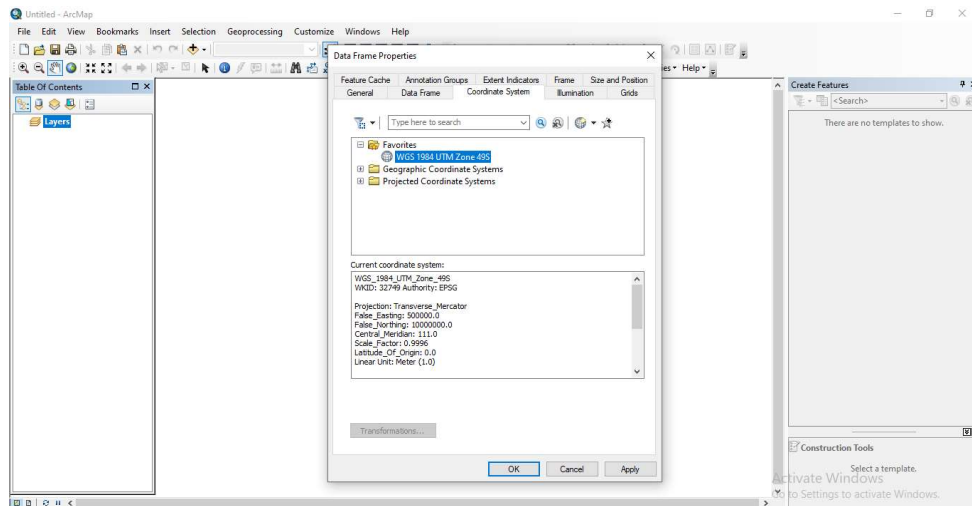
Gambar 14. Tampilan *ArcMap 10.3* pada layar *desktop*

15. Setelah diklik, akan muncul tampilan awal seperti berikut. Selanjutnya klik *Blank Map*, lalu klik *OK*.



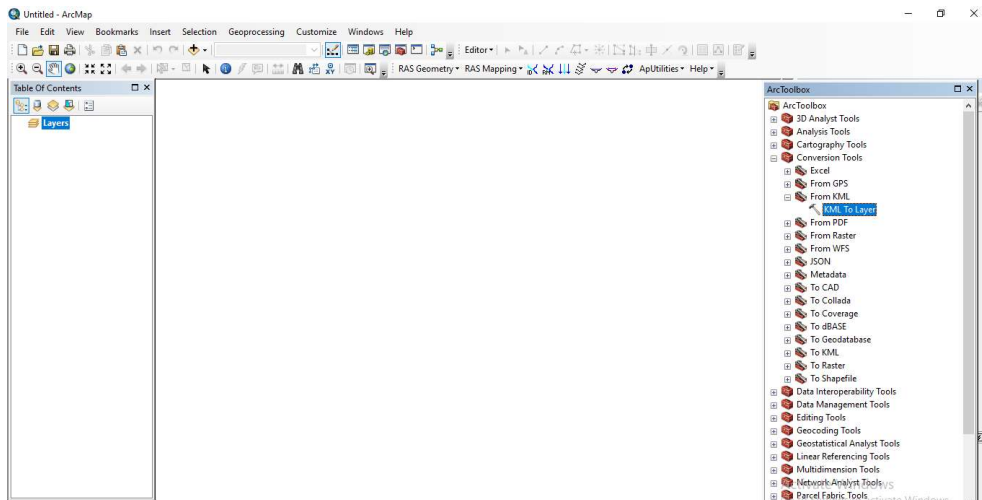
Gambar 15. Tampilan awal *ArcMap*

16. Klik kanan *layers*, lalu *properties* atur *unit* menjadi *meter* pada tab *general* dan *coordinate system* sesuai dengan wilayah yang akan digunakan untuk membuat DAS yaitu WGS 1984 49S untuk Kabupaten Kulon Progo, DIY.



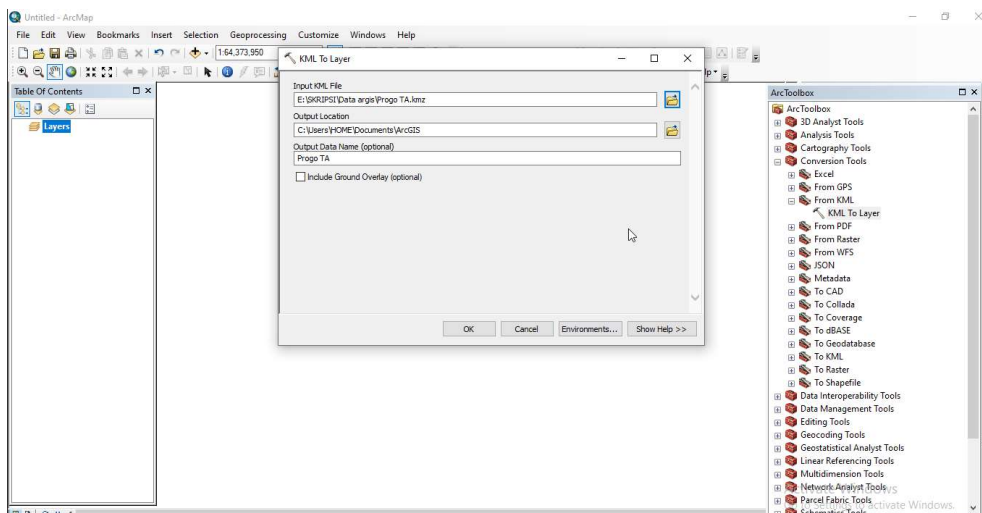
Gambar 16. Tampilan *properties coordinate system*

17. Pada *new blank map*, klik *ArcToolbox* pilih *Conversion Tools*, *Form KML*, lalu klik *KML to Layer*.



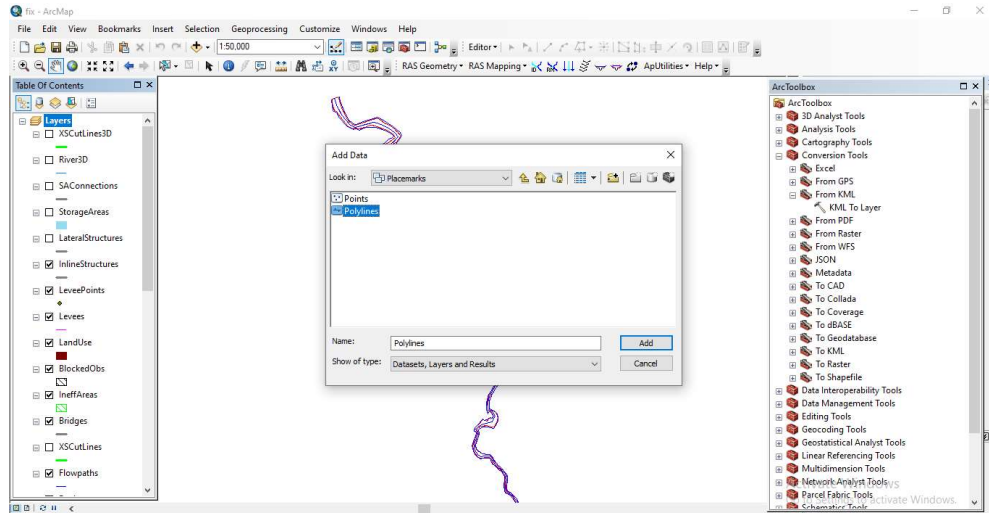
Gambar 17. Tampilan *Conversion Tools*

18. Muncul kotak *dialog KML to Layer*, isikan *input KML download USGS* format *.kmz*. Tentukan *output location* dan *output data name (optional)*. Atur *output coordinates* sesuai dengan *utm lokasi* pada *Environment Settings*. Lalu klik *ok*.



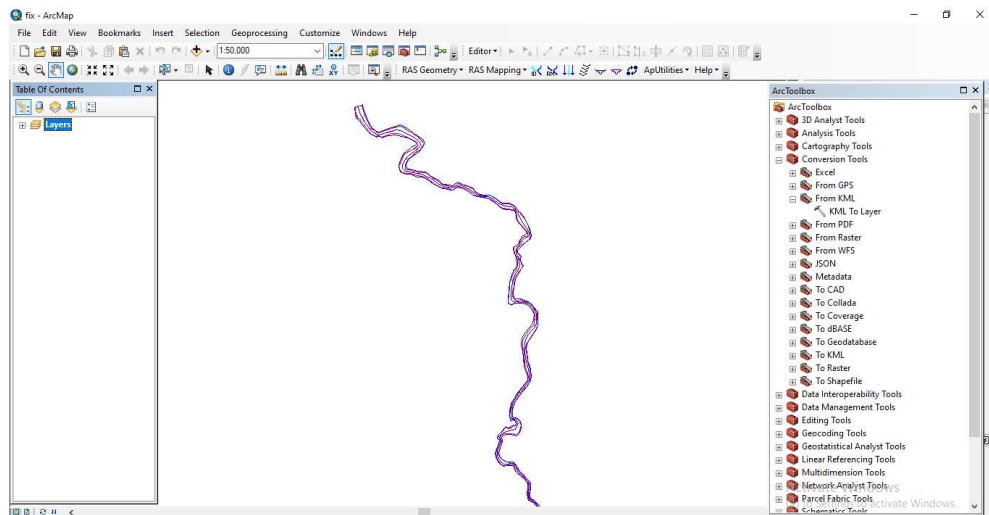
Gambar 18. Tampilan kotak dialog *KML to Layers*

19. Tambahkan data yang telah diubah menjadi layer pilih *Add Data* pada *toolbar*. Akan muncul kotak dialog *Add Data*, kemudian klik *Connect to Folder*, pilih *folder* sungaiwinongo.gdb yang digunakan menyimpan data tersebut. Klik *placemarkets* lalu *add polylines*.



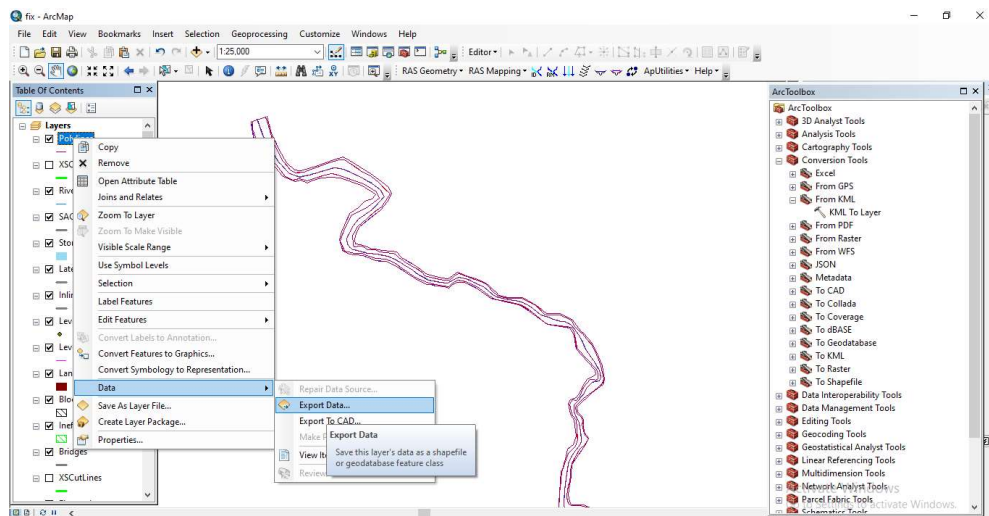
Gambar 19. Tampilan *Add Data Polyline*

20. Tampilan setelah memasukkan data.



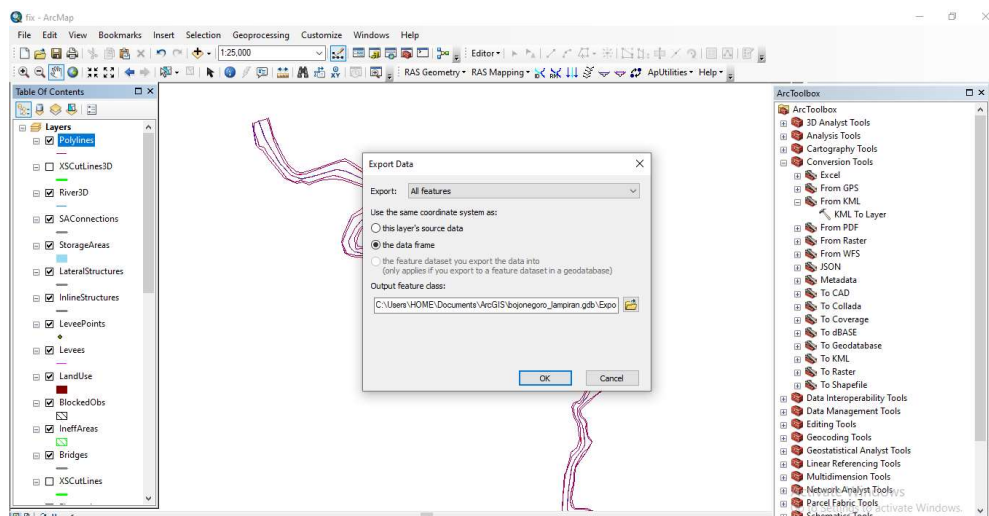
Gambar 20. Tampilan setelah *Add Data Polyline*

21. Setelah itu, lakukan *export data* agar data *polyline* tersimpan. Klik kanan *layer polyline*, pilih data lalu *Export Data*.



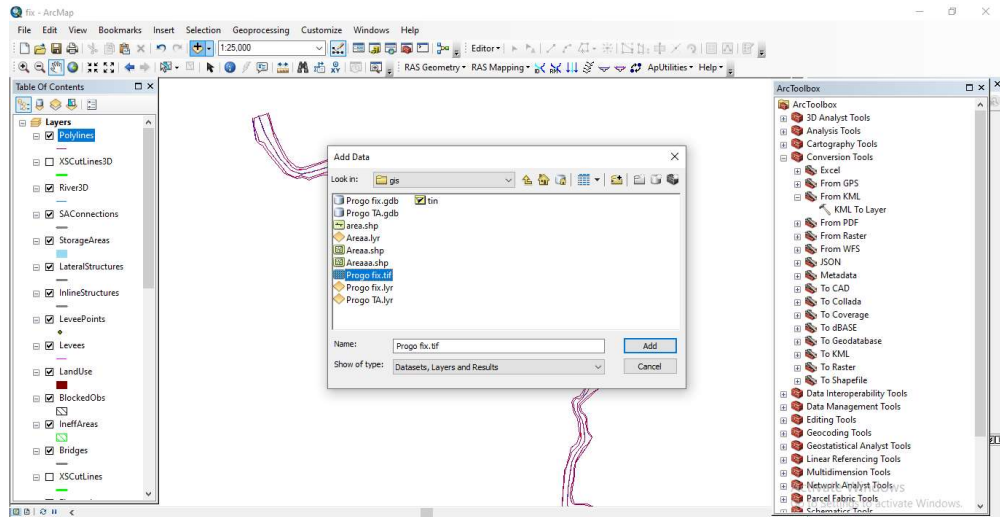
Gambar 21. Tampilan *Export Data*

22. Atur *Use the same coordinate system as the data frame*, lalu cari folder yang akan dijadikan tempat menyimpan data *polyline*. Klik *OK*.



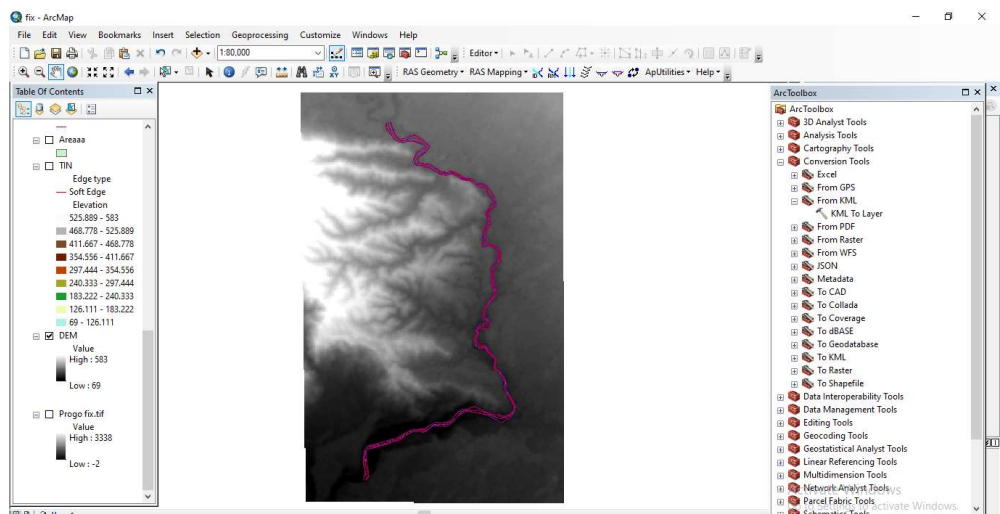
Gambar 22. Tampilan *catalog Export Data*

23. Untuk *layer polyline* di *remove* saja. Setelah itu, masukkan data DEM yang sudah di *download* sebelumnya. Klik *Add Data*, lalu *add file* DEM dengan *format tif*.



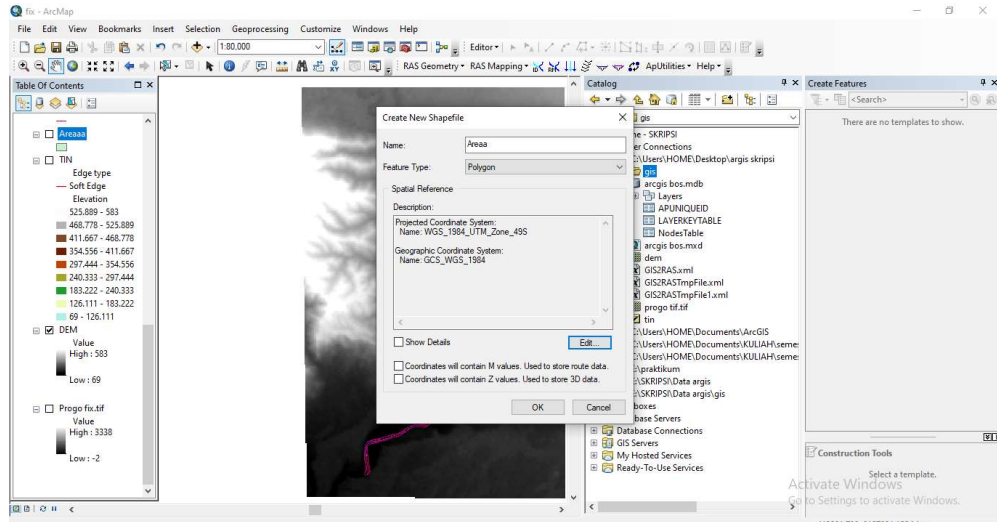
Gambar 23. Tampilan *Add Data* DEM

24. Maka tampilan sesudah *add data* DEM menjadi seperti dibawah ini.



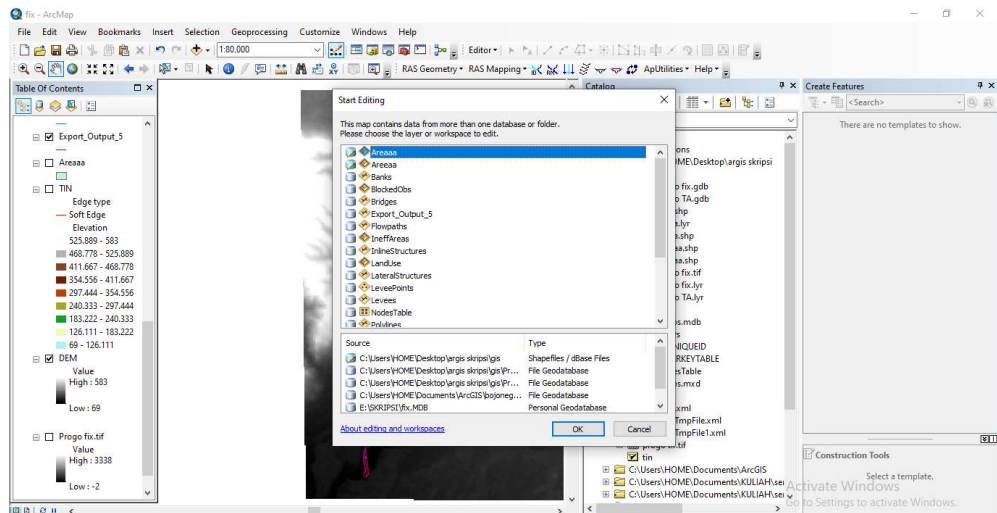
Gambar 24. Tampilan sesudah *add data* DEM

25. Setelah itu, buat *New Shapefile* dengan klik *catalog*, lalu klik kanan pada *file* yang sudah ditentukan, pilih *New Shapefile*. Isi kotak *Name* dengan *Areaa*, ubah *Feature Type* menjadi *Polygon*. Atur *coordinate system* sesuai dengan *UTM* Kabupaten Kulon Progo. Klik *OK*.



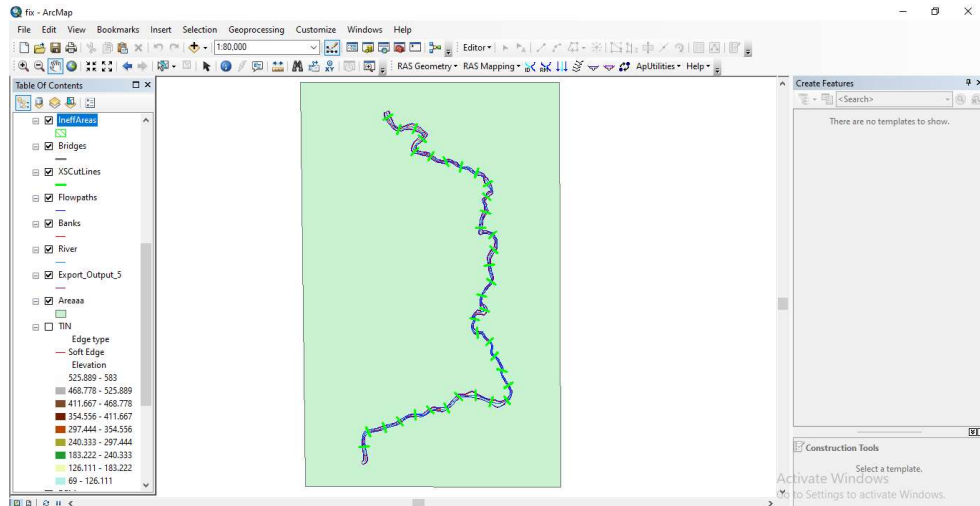
Gambar 25. Tampilan *catalog Create New Shapefile*

26. Buat *polygon area* pada bagian sungai yang ingin ditinjau. Klik *editor*, *start editing*. Pilih *Areaaaa*, *OK*.



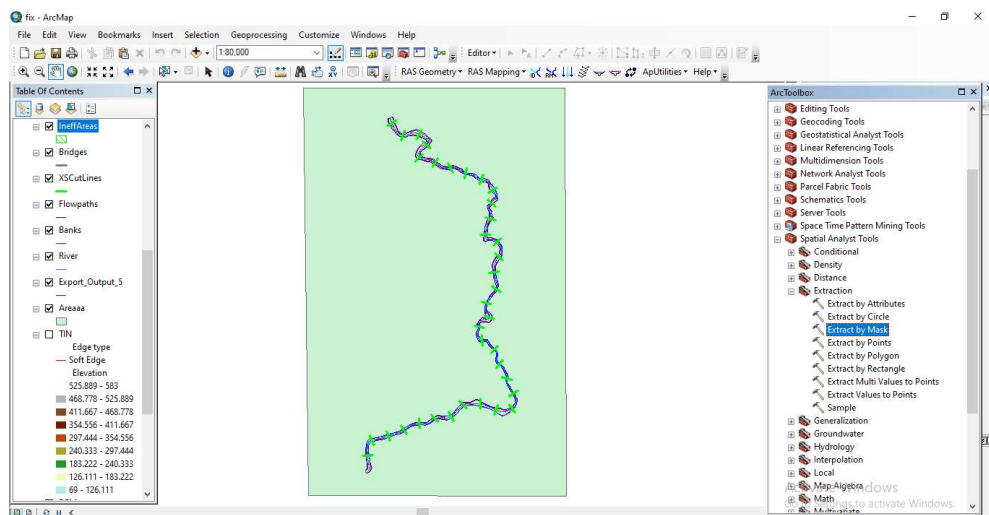
Gambar 26. Tampilan *Start Editing*

27. Buka *Create Features*, klik *Area*. Lalu, buat sebuah *polygon* di daerah *polyline* sungai. Setelah itu, *save* dan *stop editing*. Maka, tampilan akan menjadi seperti ini.



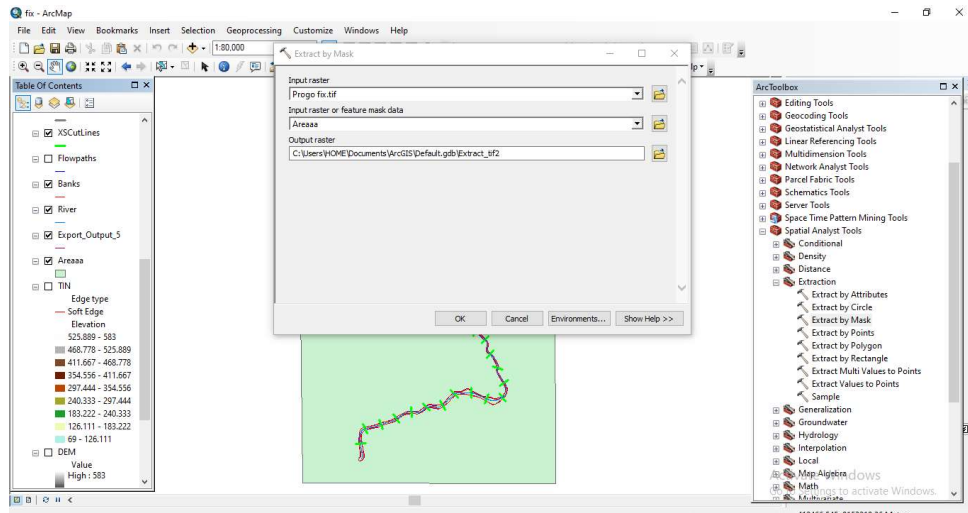
Gambar 27. Tampilan sesudah membuat *polygon*

28. Setelah itu, *ArcToolBox* pilih *Spatial Analyst Tools*, *Extraction*, *Extract by Mask*.



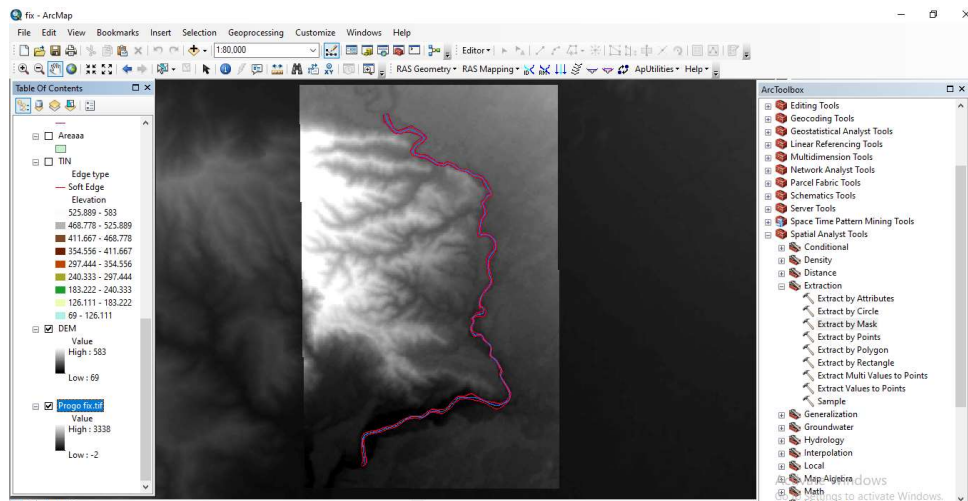
Gambar 28. Tampilan *ArcToolBox* *Extract by Mask*

29. Untuk *Input raster* masukkan data DEM, lalu untuk *Input raster or feature mask data* masukkan *layer Area*. Atur *Output raster* sesuai *folder* yang sudah ditentukan. Setelah itu, klik *Environments* lalu *Output Coordinate* sama seperti koordinat sebelumnya yaitu *UTM Kabupaten Kulon Progo*. Klik *OK*.



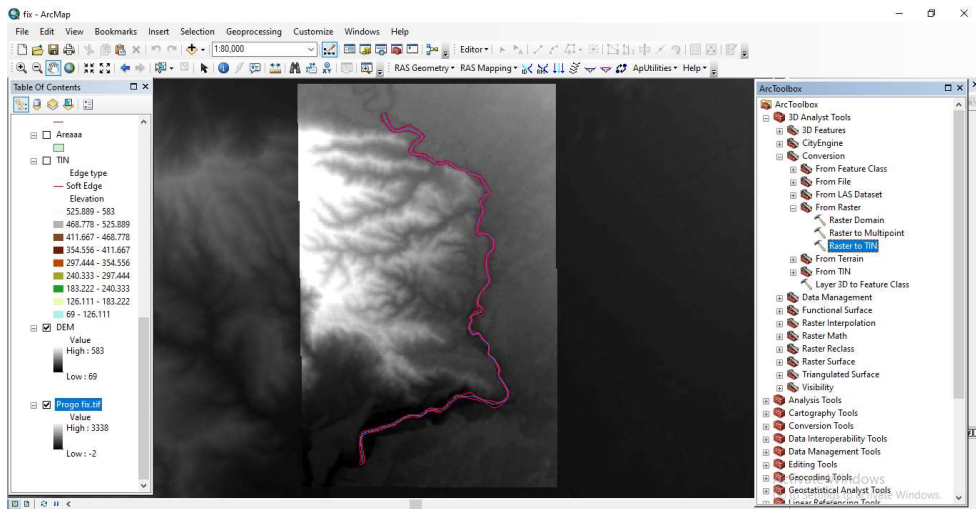
Gambar 29. Tampilan *Extract by Mask*

30. Tampilan sesudah *Extract by Mask*.



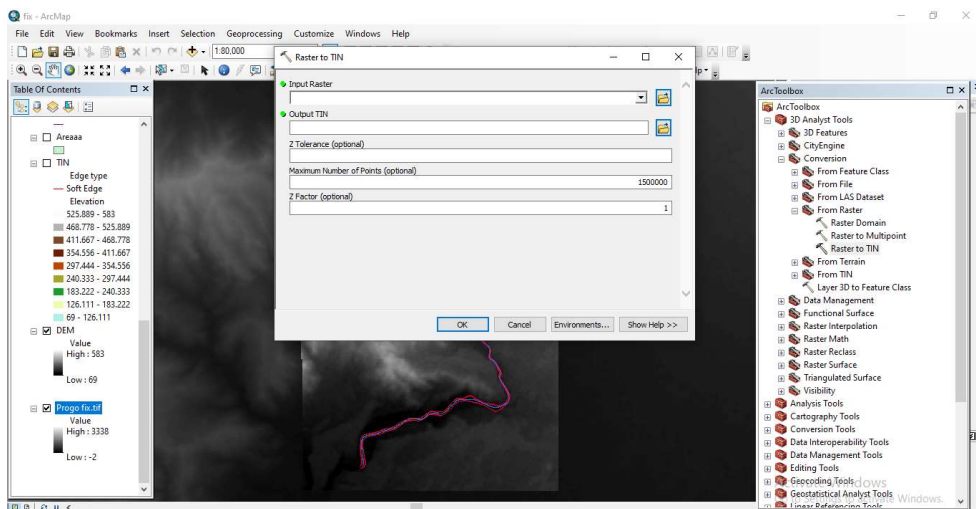
Gambar 30. Tampilan sesudah *Extract by Mask*

31. Setelah itu, klik *ArcToolBox* pilih *3D Analyst Tools*, *Conversion*, *From Raster*, lalu klik dua kali *Raster to TIN*.



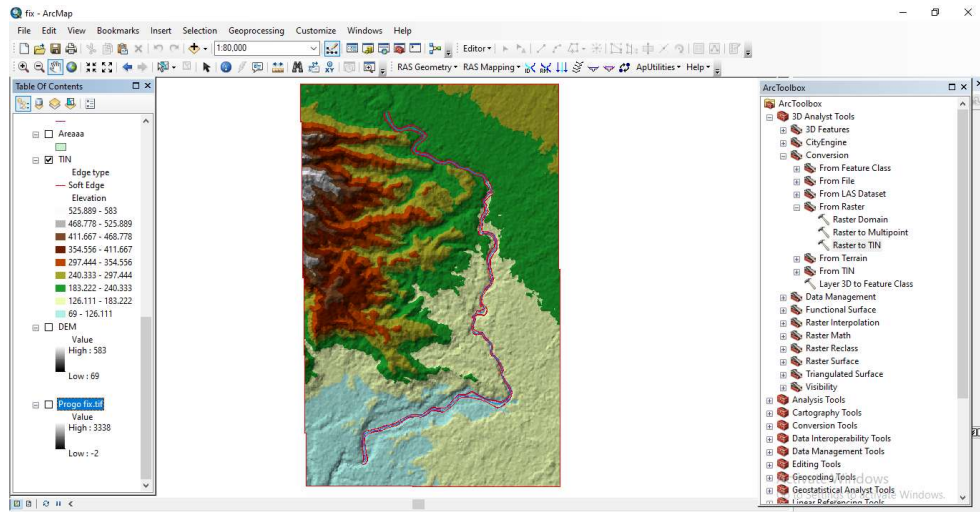
Gambar 31. Tampilan *Raster to TIN*

32. Untuk *Input raster* masukkan data *DEM_img*, lalu untuk *Output TIN* atur sesuai *folder* yang sudah ditentukan. Setelah itu, klik *Environments* lalu *Output Coordinate* sama seperti koordinat sebelumnya yaitu *UTM Kabupaten Kulon Progo*. Klik *OK*.



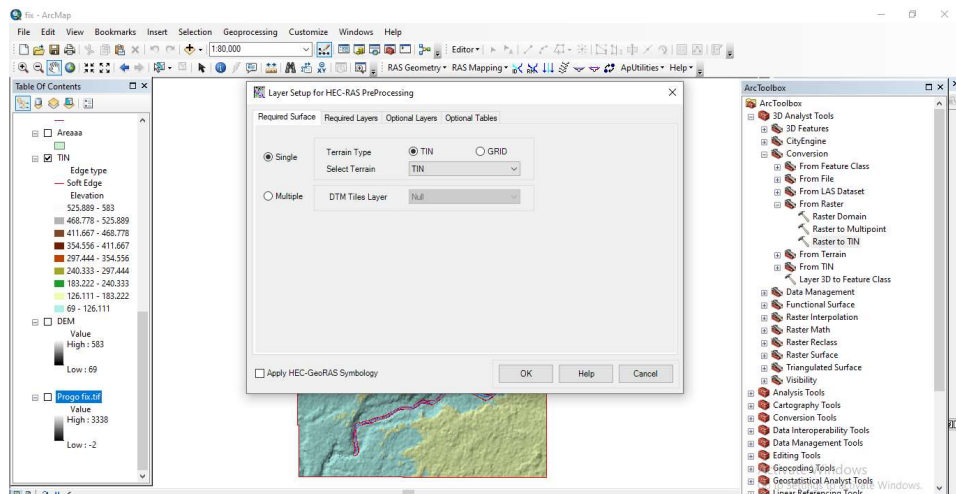
Gambar 32. Tampilan *Input Raster*

33. Tampilan sesudah *Raster to TIN*.



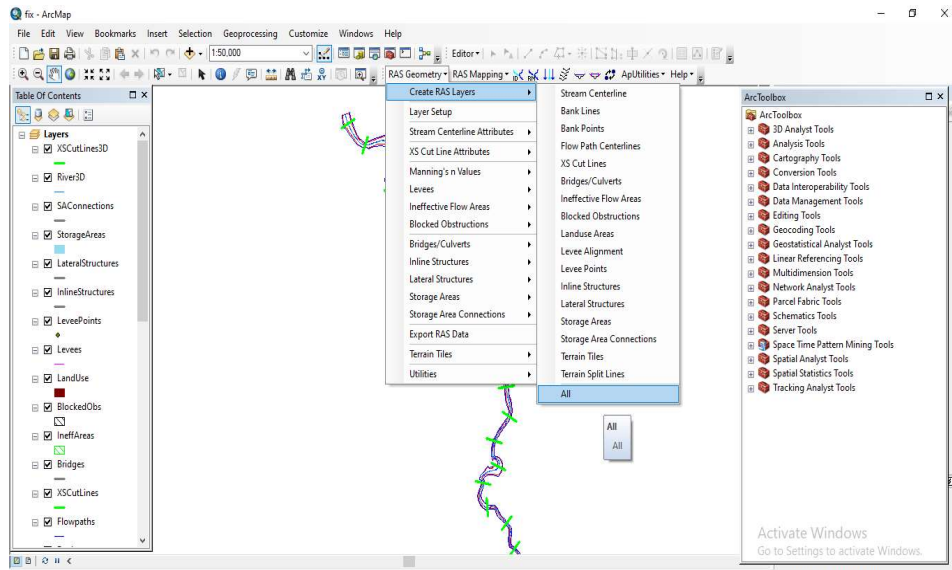
Gambar 33. Tampilan setelah *Raster to TIN*

34. Lalu pada menu *RAS Geometry* pilih *layer setup*. Kemudian pilih TIN, klik *OK*.



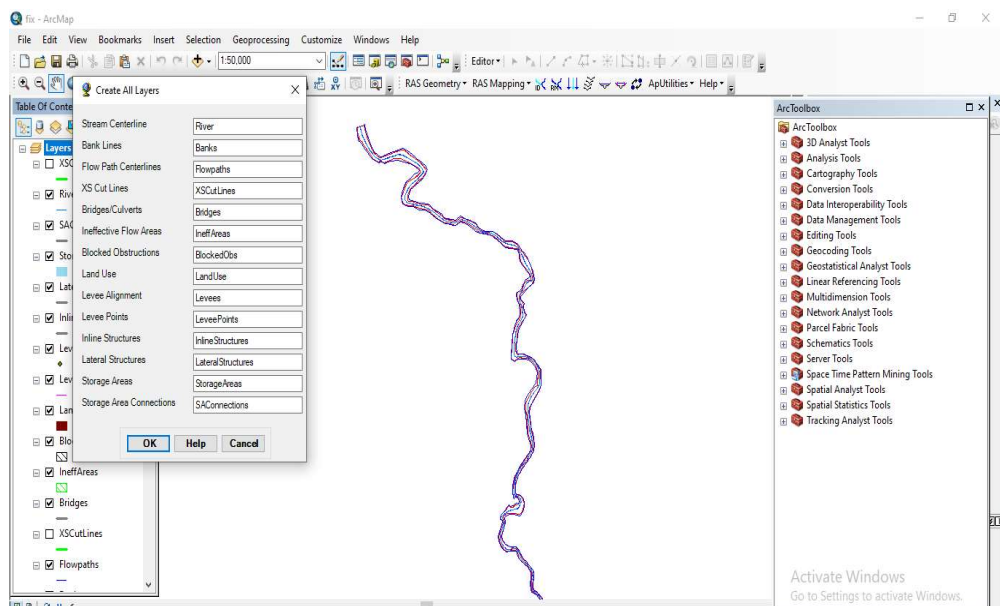
Gambar 34. *Layer setup*

35. Pada menu *Ras Geometry* pilih *create ras layer*. Kemudian klik *All*.



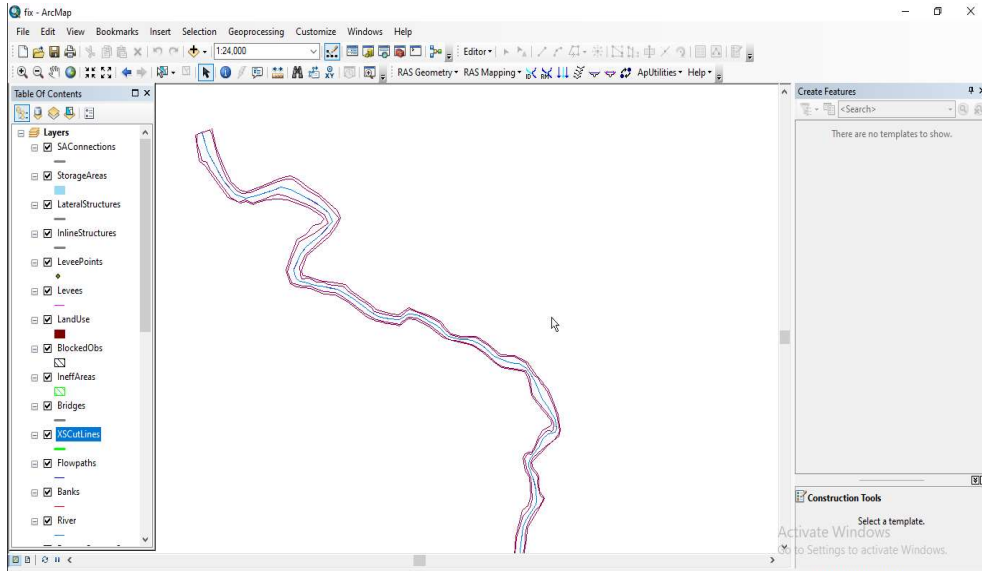
Gambar 35. Menu *hec-georas*

36. Lalu akan muncul tampilan seperti dibawah ini, klik *OK* agar semua tampilan yang ada disitu menjadi *layer*.



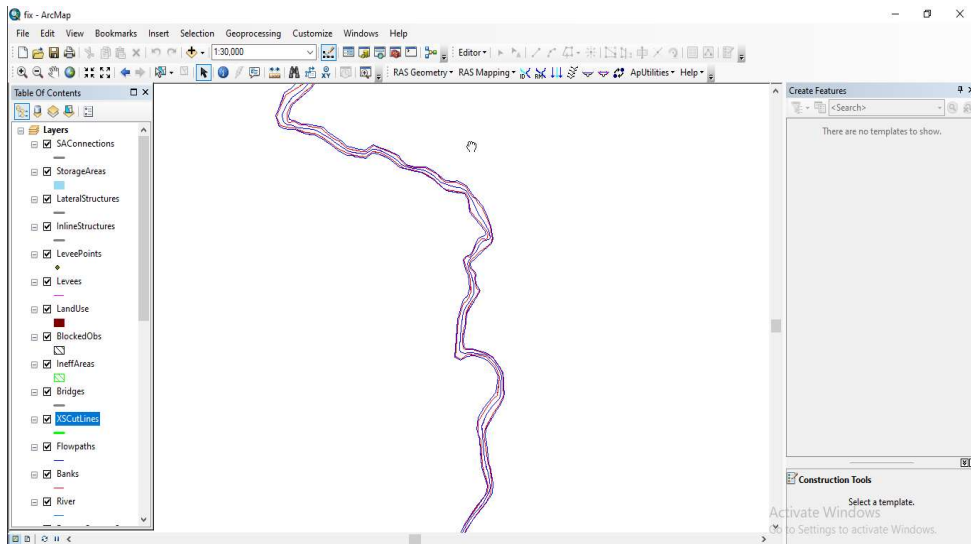
Gambar 26. Tampilan *create all layer*

37. Pada menu *editor* pilih *start editing* pilih *river*, setelah itu klik *OK*.. Klik *menu create features* pada *menu editor* pilih *river*. Kemudian klik *trace* pada *menu editor* dan gambar mengikuti *centerline* yang telah dibuat sebelumnya. Hasilnya seperti gambar berikut:



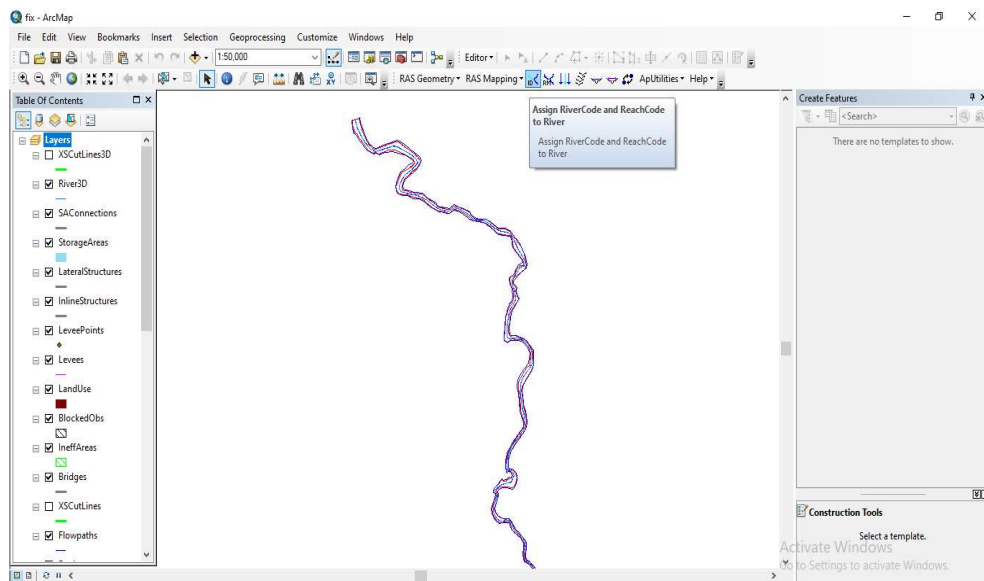
Gambar 37. *River* setelah digambarkan

38. Lakukan hal yang sama untuk menggambarkan *bank* dan *flowpath*, sehingga didapat hasil sebagai berikut:

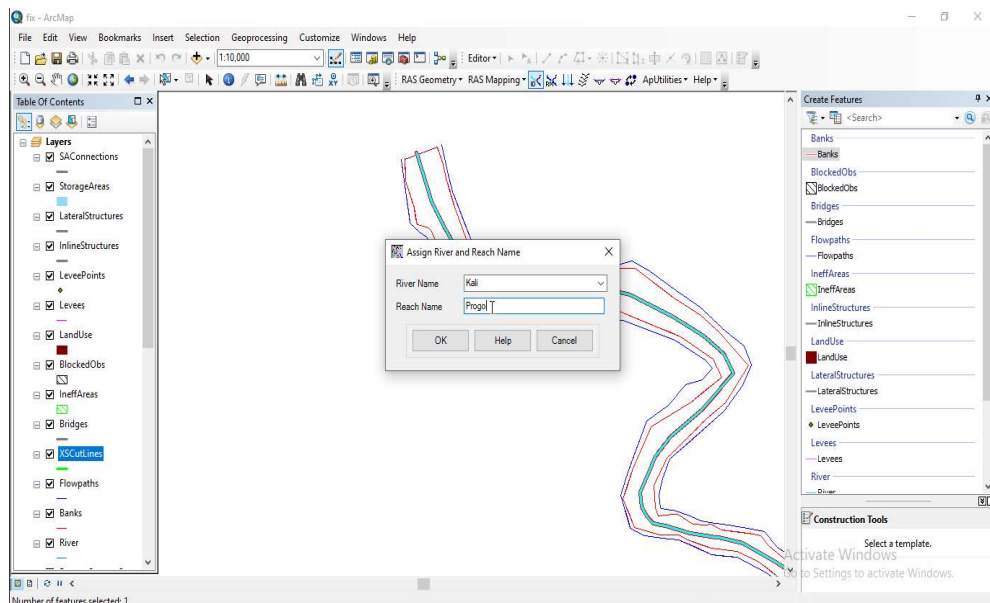


Gambar 38. *Bank* dan *flowpath* setelah digambarkan

39. Lalu pada menu *Ras Geometry* pilih *assign rivercode and reachcode to river* kemudian klik hulu sungai untuk memberi tanda dan nama pada sungai.

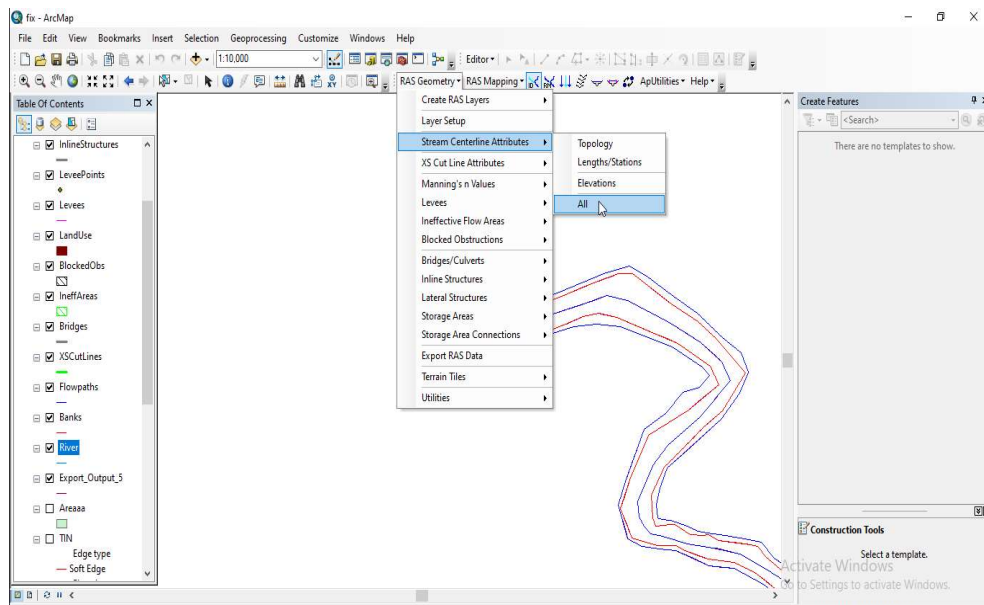


Gambar 39. Menu *assign rivercode and reachcode to river*



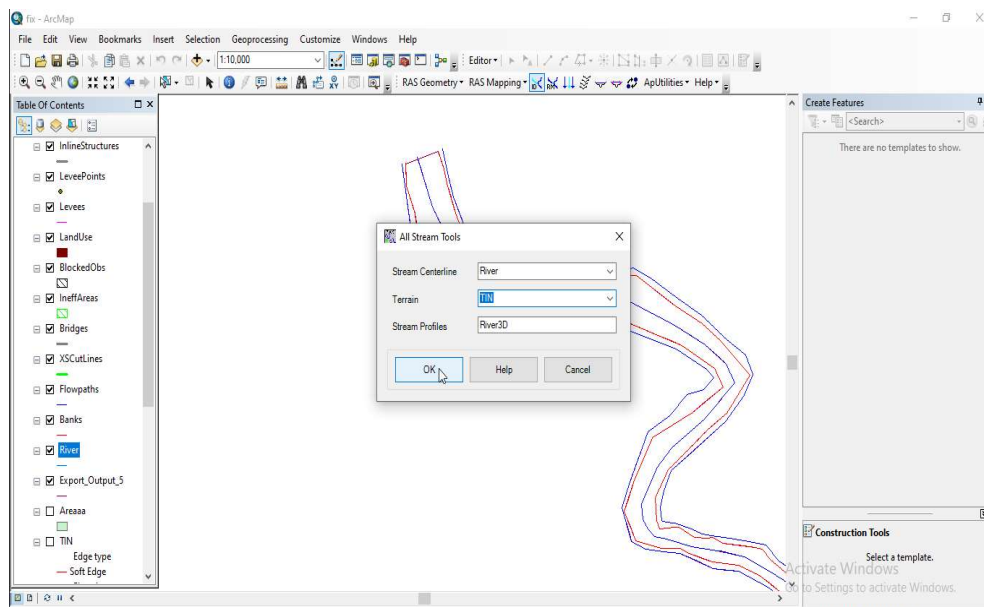
Gambar 40. Memberi nama pada sungai

40. Setelah itu pada *menu ras geometry* pilih *stream centerline attributes* lalu pilih *all*.



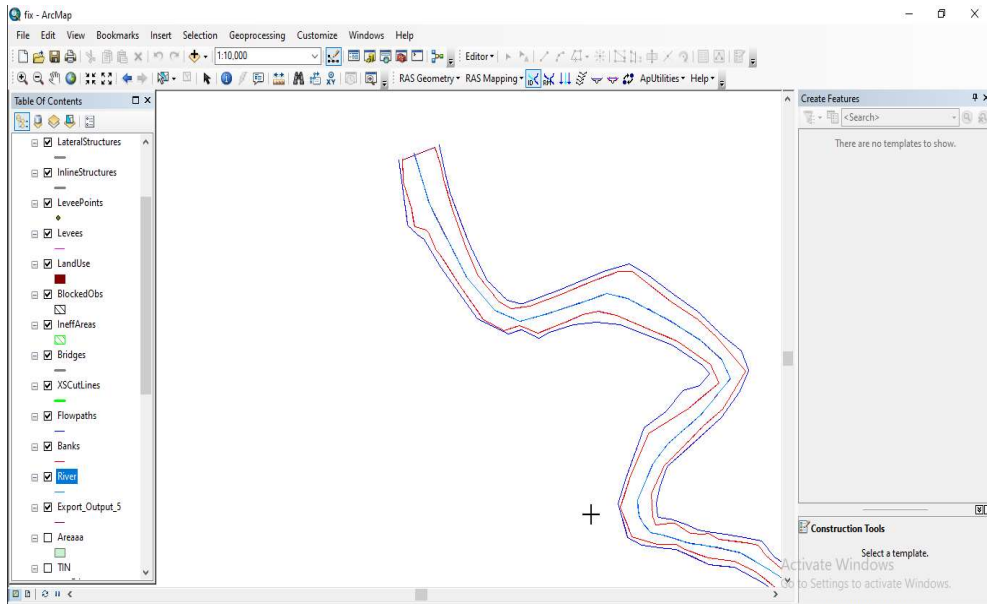
Gambar 41. Tampilan *menu ras geometry*

41. Kemudian akan muncul *menu* seperti dibawah ini klik *OK*.

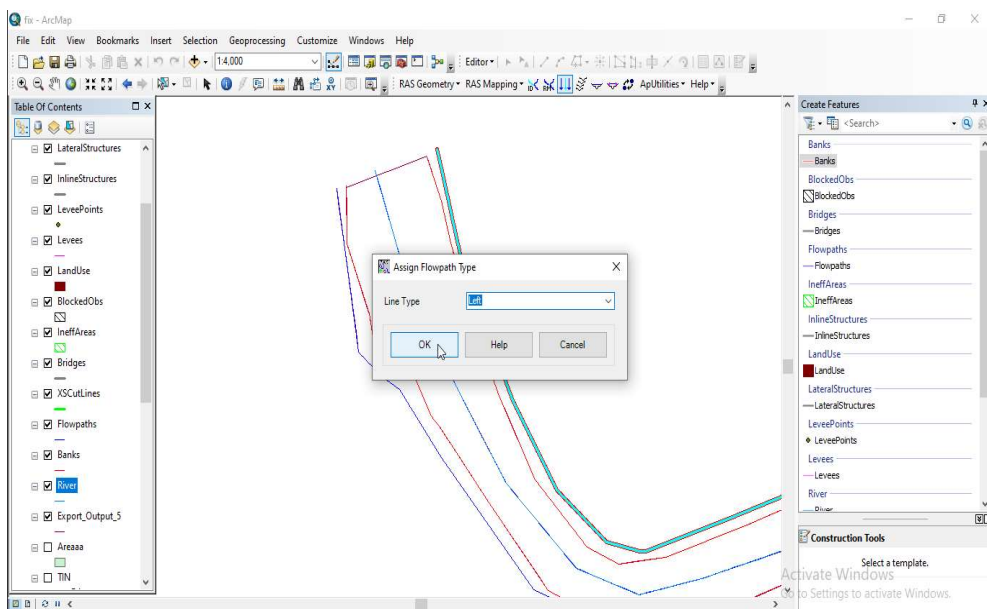


Gambar 42. *Menu all stream tools*

42. Setelah itu beri tanda untuk *flowpath* kanan dan kiri pada sungai dengan cara pada *menu Ras Geometry* klik *select flowpath and assign linetype attributes*. Kemudian klik *flowpath* kemudian sesuaikan posisinya berada dikiri sungai atau dikanan sungai.

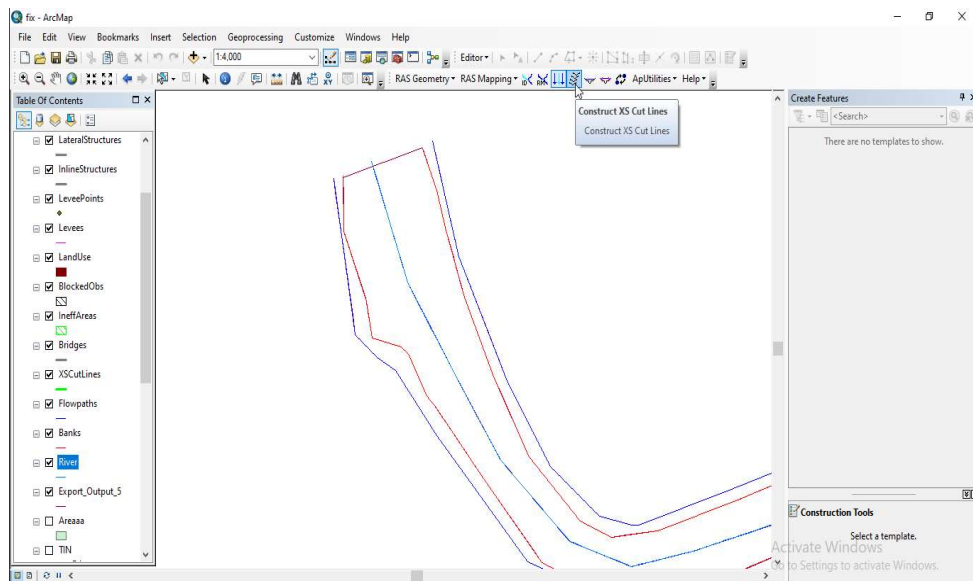


Gambar 43. *Select flowpath and assign linetype attributes*

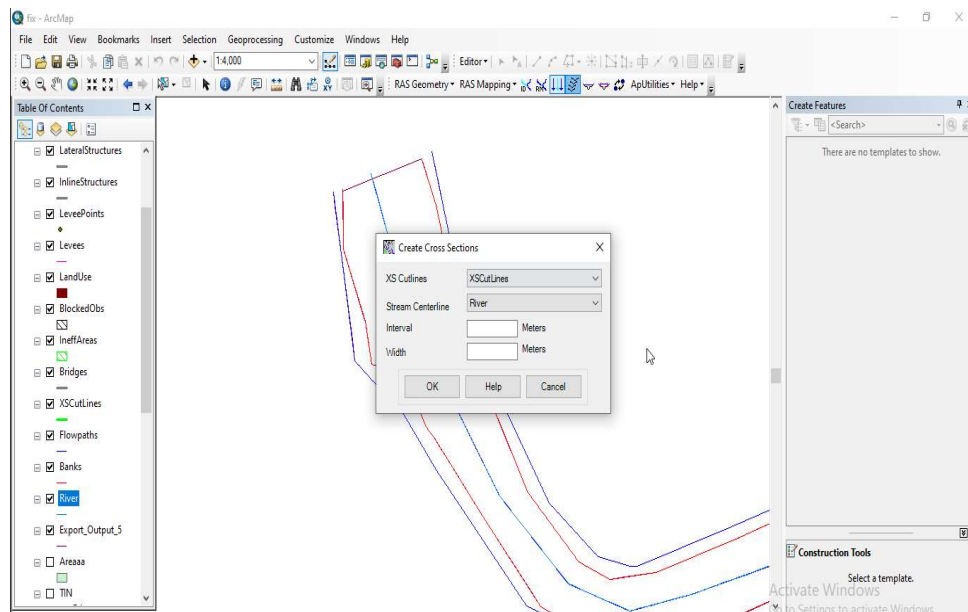


Gambar 44. Menentukan kiri dan kanan sungai

43. Setelah itu klik *construct xs cut line* pada menu *ras geometry* agar sungai terbagi menjadi beberapa *cross*.

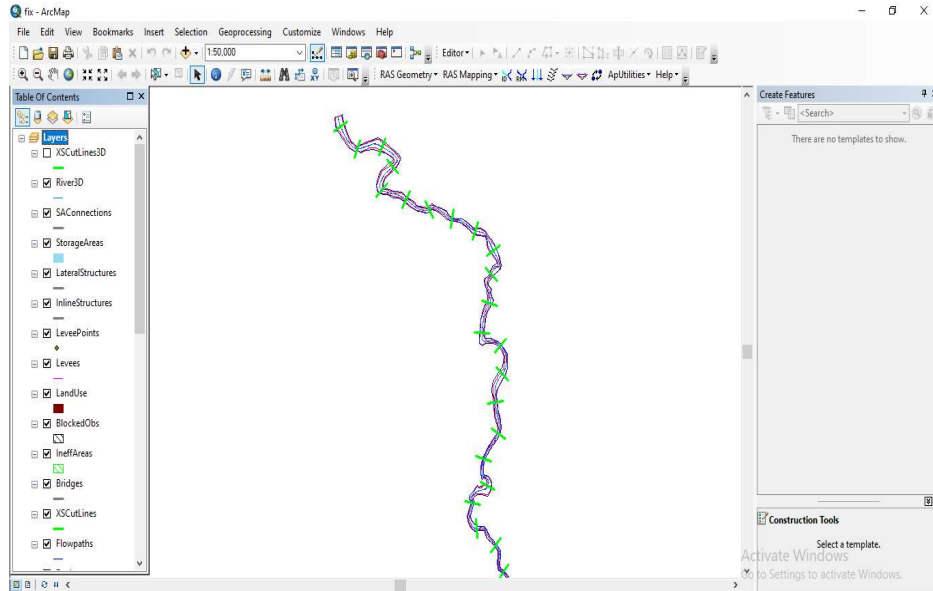


Gambar 45. Menu *construct xs cut lines*



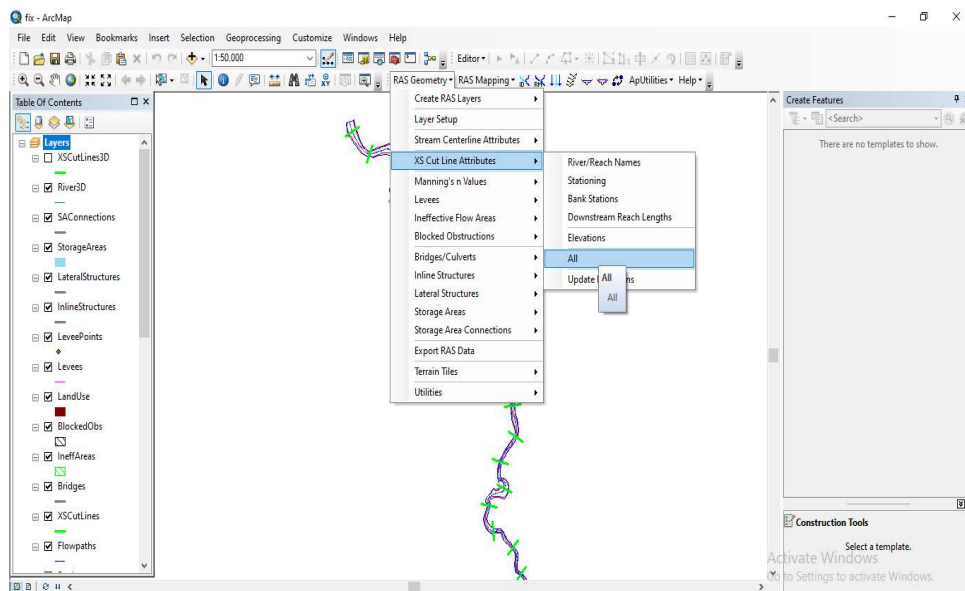
Gambar 46. Tampilan *create cross sections*

44. Pada *menu interval* masukan nilai 500 dan *width* menyesuaikan dari lebar *flowpath* ke *flowpath* agar *section* menjangkau kedua *flowpath*. Hasilnya dapat dilihat dari gambar berikut:



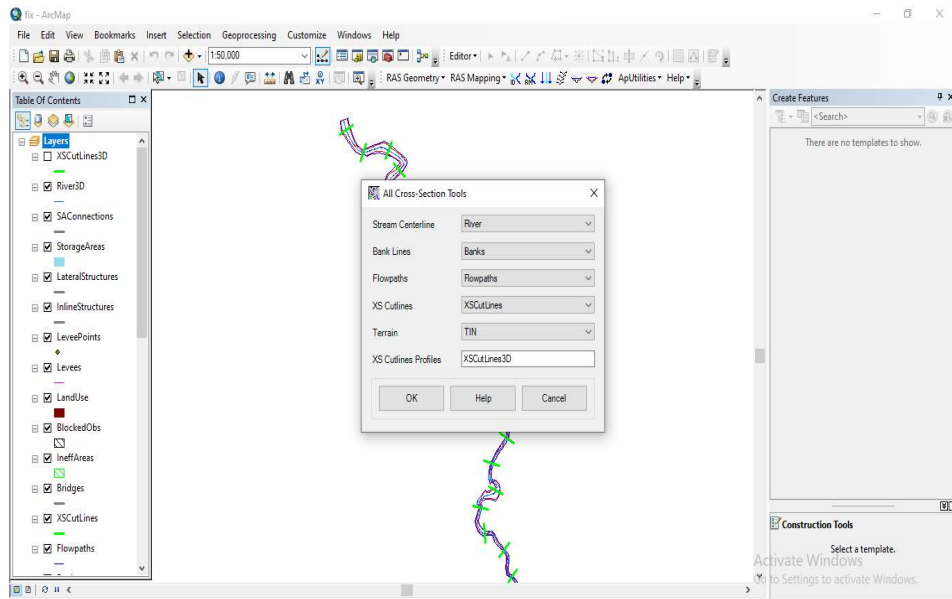
Gambar 47. Hasil dari pembagian sungai menjadi beberapa *cross*

45. Setelah itu pada *menu* pilih *Ras Geometry*, kemudian *xs cut line attributes* dan klik *all*.



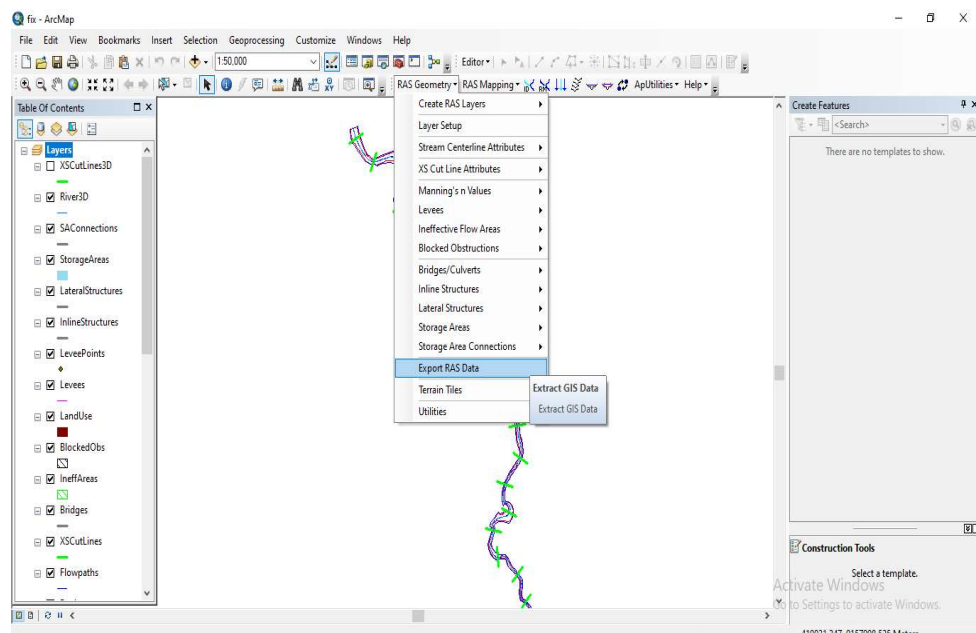
Gambar 48. *Menu ras geometry*

46. Kemudian akan muncul tampilan seperti dibawah ini klik *OK*.



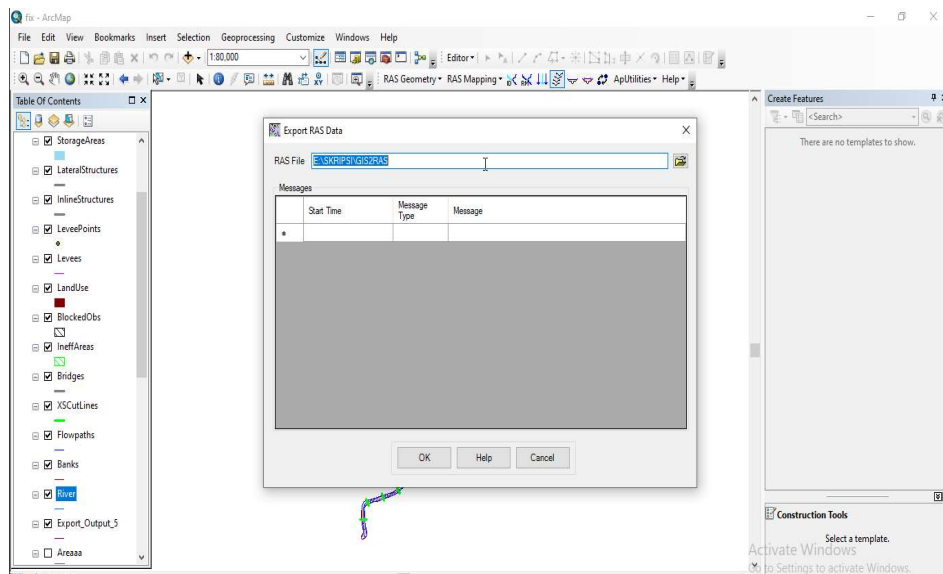
Gambar 49. Menu *all cross section tools*

47. Kemudian *export* data dari *arcmap* ke *hecra*s dengan cara pada menu *ras geometry* pilih *export ras data*.



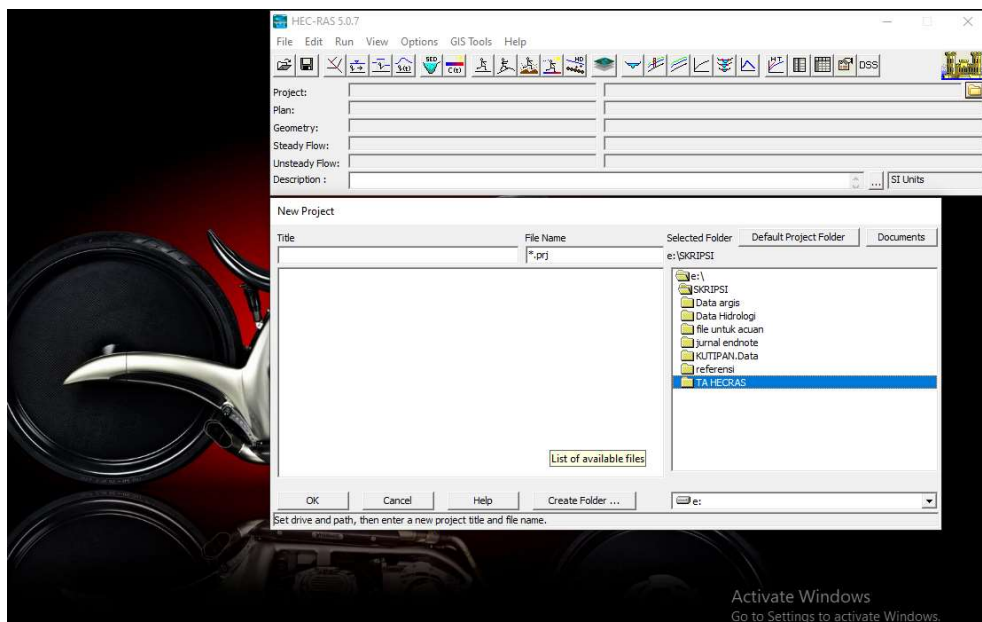
Gambar 50. Menu *ras geometry*

48. Lalu akan muncul tampilan seperti dibawah ini. Letakkan *file* hasil *export* ditempat yang sama dengan *file arcmap* yang dibuat kemudian klik *OK*.



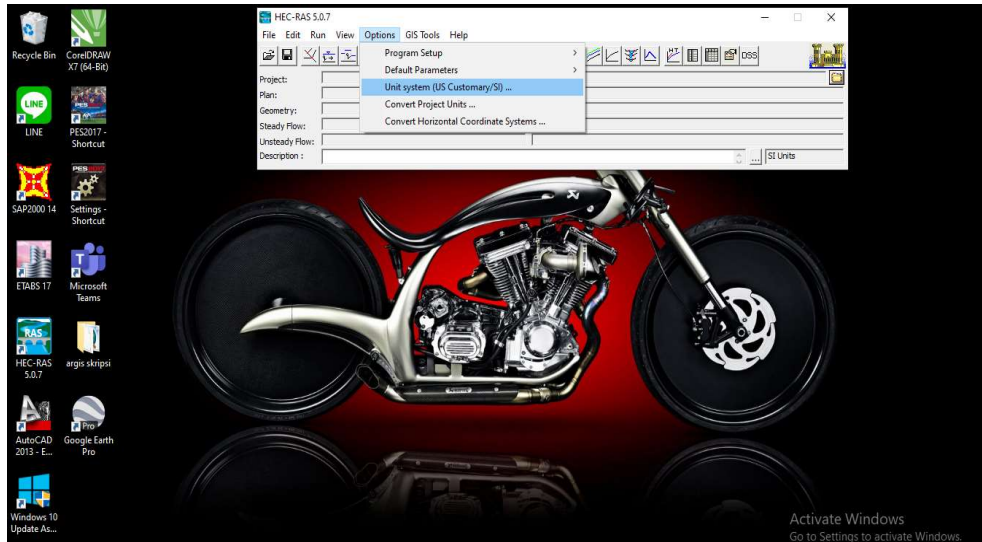
Gambar 51. Tampilan *export ras data*

49. Kemudian buka aplikasi *hecras* kemudian pilih *file*. Setelah itu pilih *new project* kemudian buatlah *folder* agar *file* yang dibuat di *hecras* berada disatu tempat.

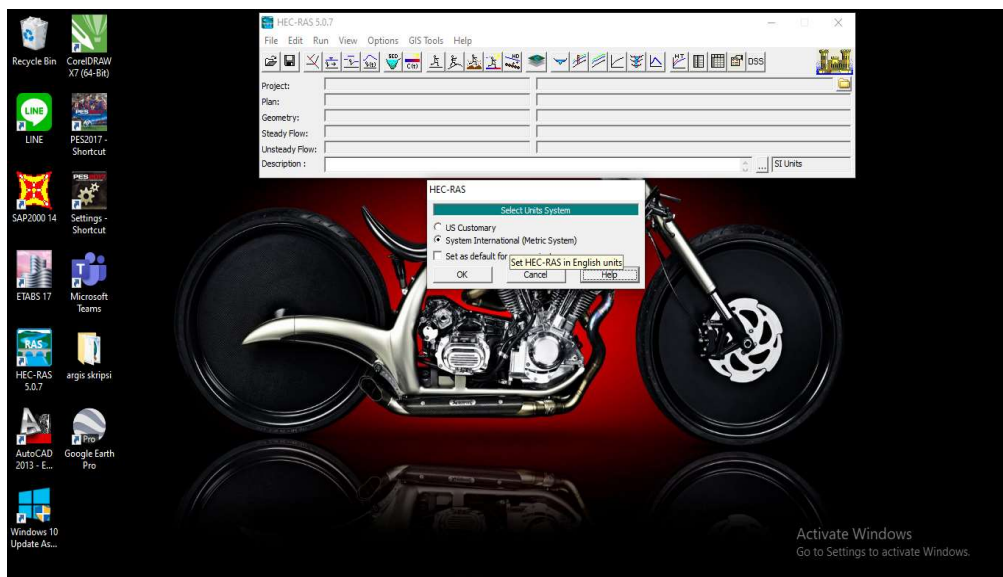


Gambar 52. Tampilan *new project*

50. Atur agar satuan pada *hecra*s sesuai dengan SI dengan cara klik *options*, kemudian pilih *unit system (US customary/SI)*. Kemudian centang *system international (metric system)* lalu pilih *OK*.

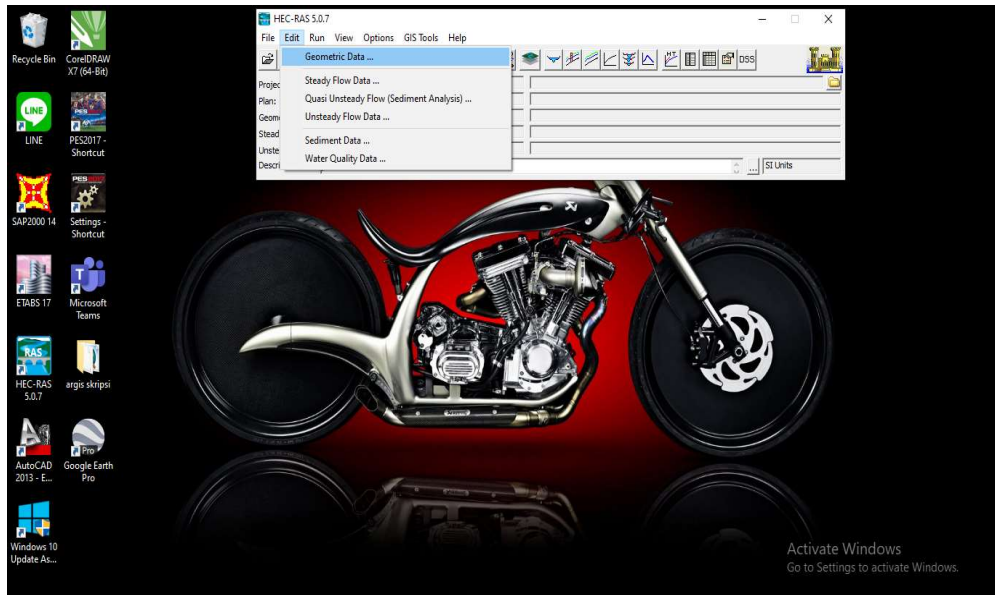


Gambar 63. Tampilan *menu options*

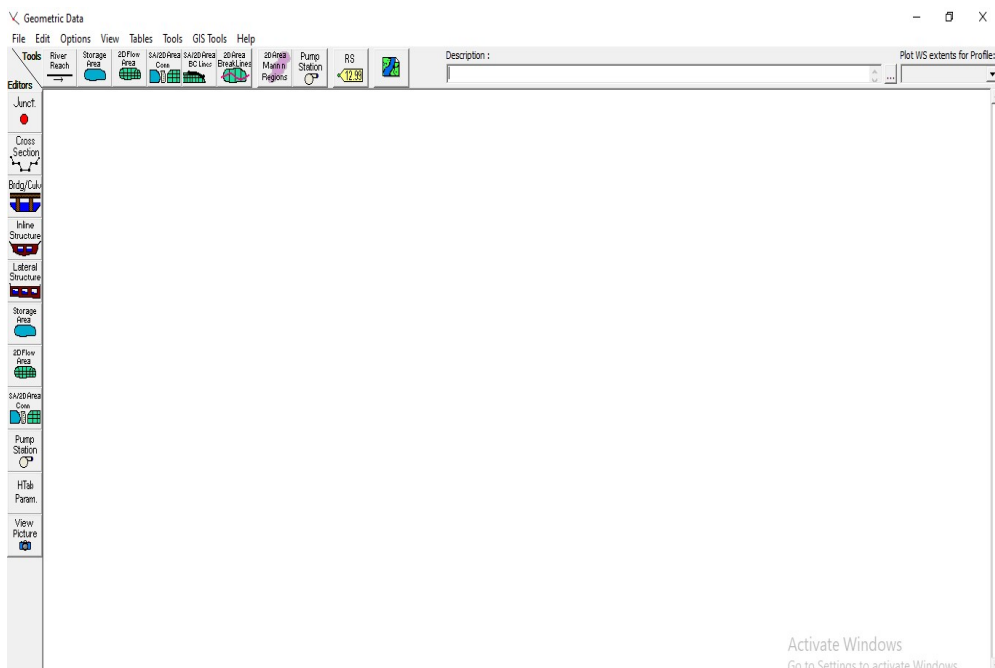


Gambar 64. *Menu select unit system*

51. Setelah itu pilih *menu edit* lalu pilih *geometric data*.

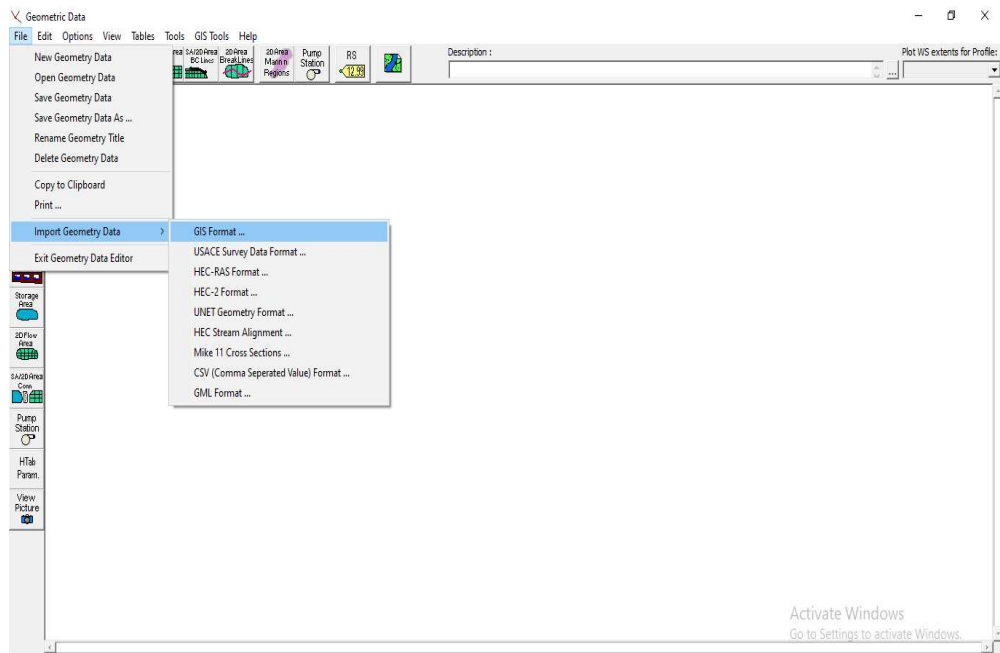


Gambar 65. Tampilan *menu edit*



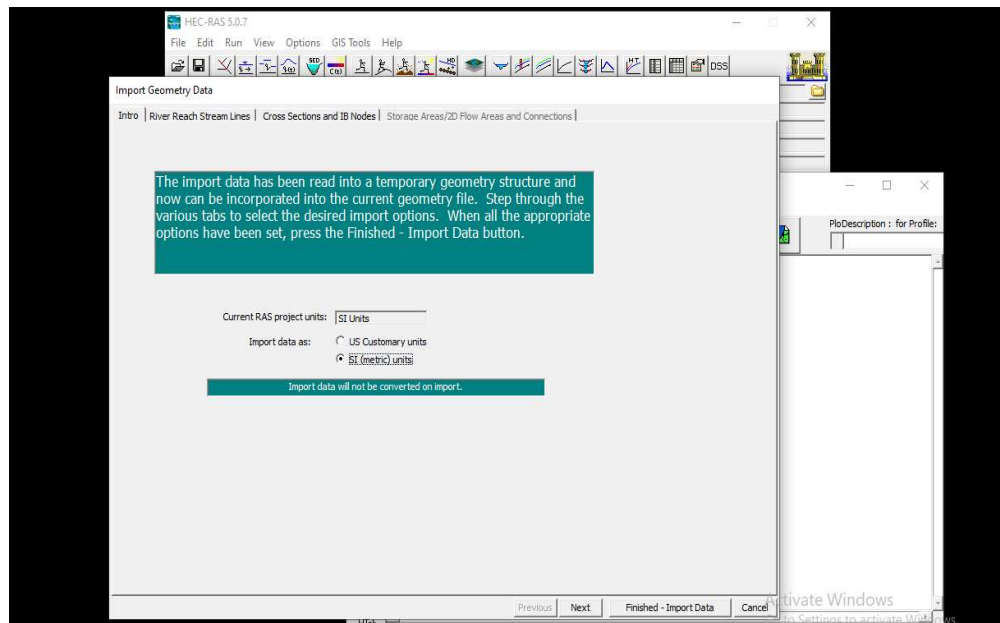
Gambar 66. *Menu geometric data*

52. Import *data* dari *ArcMap* yang telah dibuat sebelumnya dengan cara klik *file*, kemudian pilih *import geometry data* dan klik *gis format*.

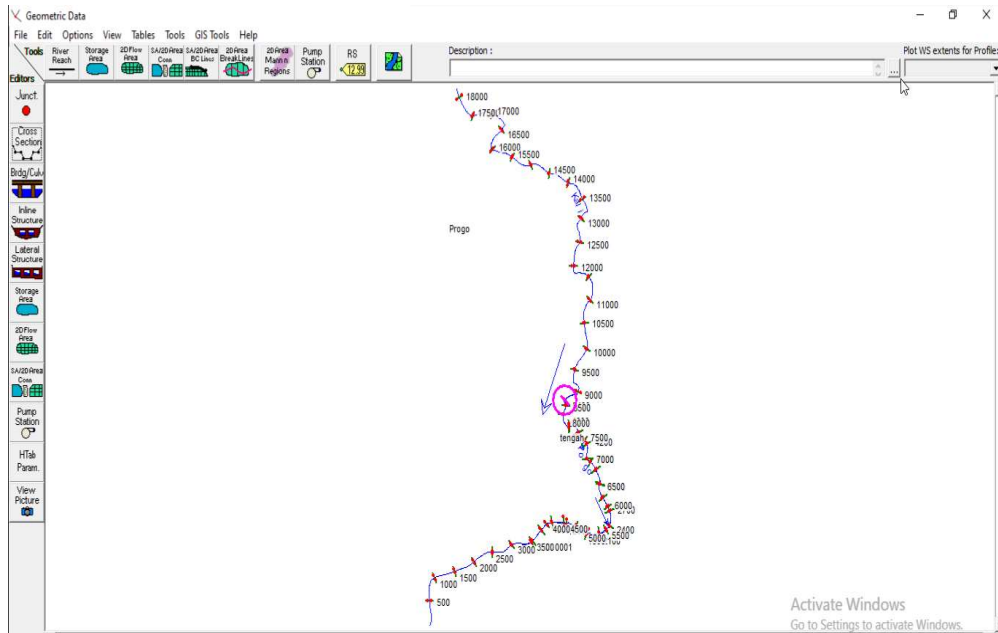


Gambar 67. Menu *import data*

53. Kemudian centang *SI (metric) units*, klik *next*. Setelah *next* pilih *finished* dan *import data*.

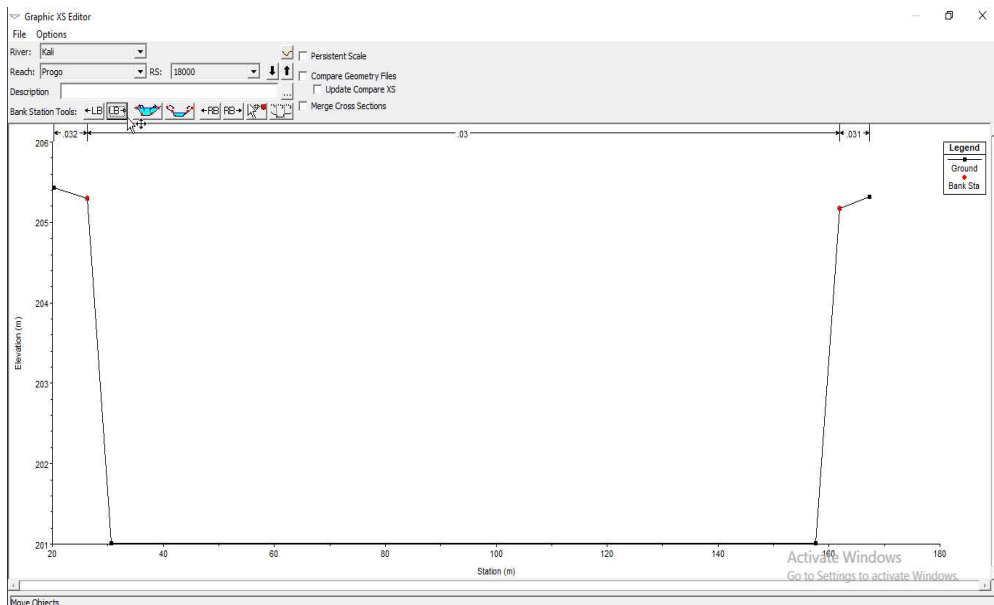


Gambar 68. *Import data*

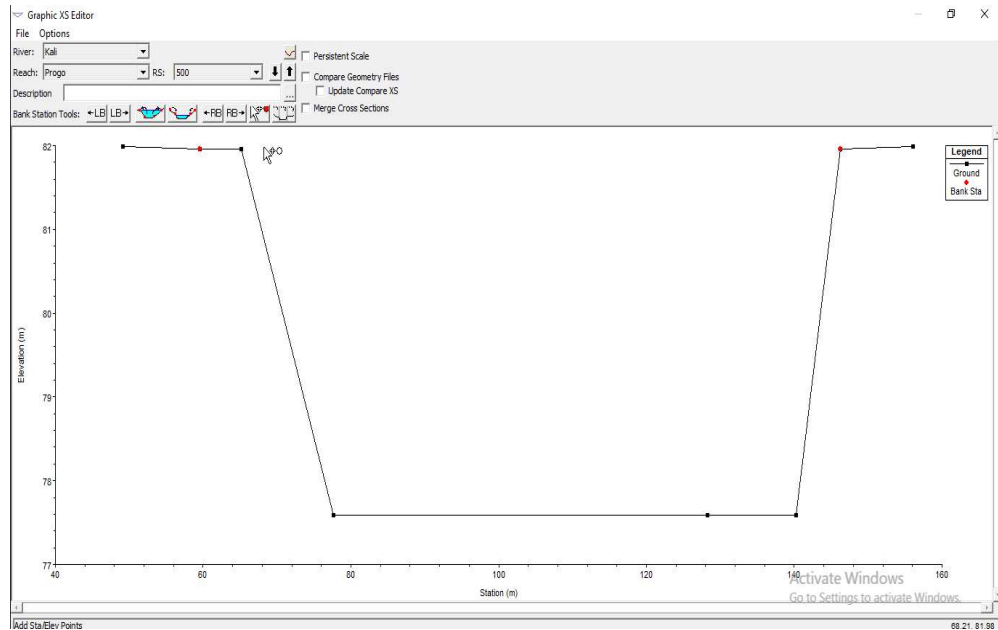


Gambar 69. Tampilan *Import Data*

54. Kemudian *edit* penampang hulu dan hilir agar berbentuk trapesium.

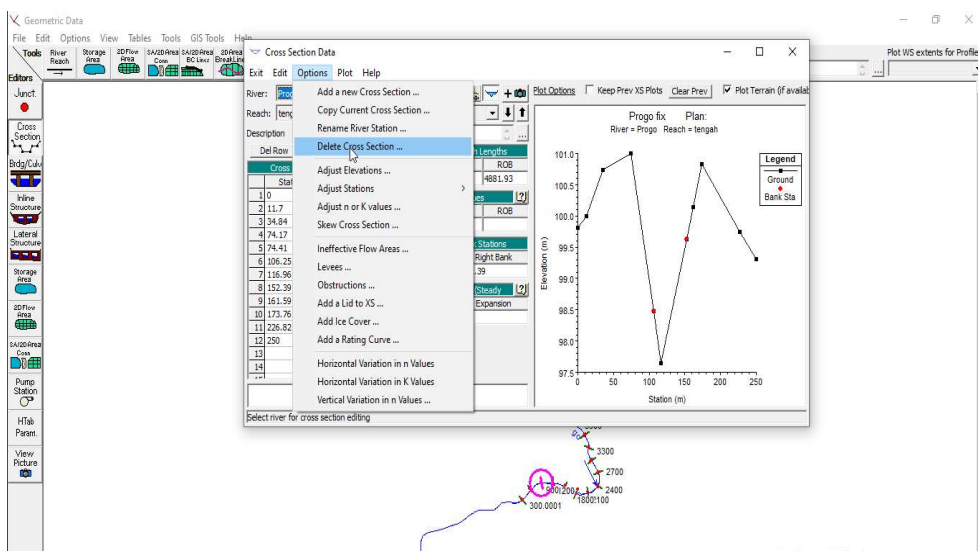


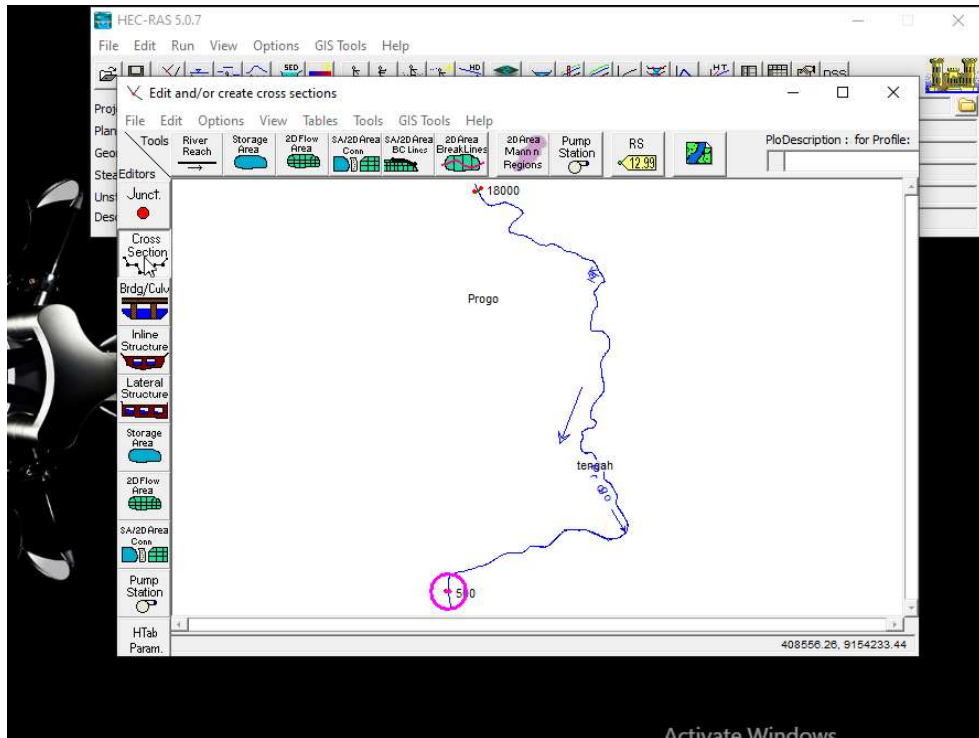
Gambar 70. Penampang hulu sungai



Gambar 71. Penampang hilir sungai

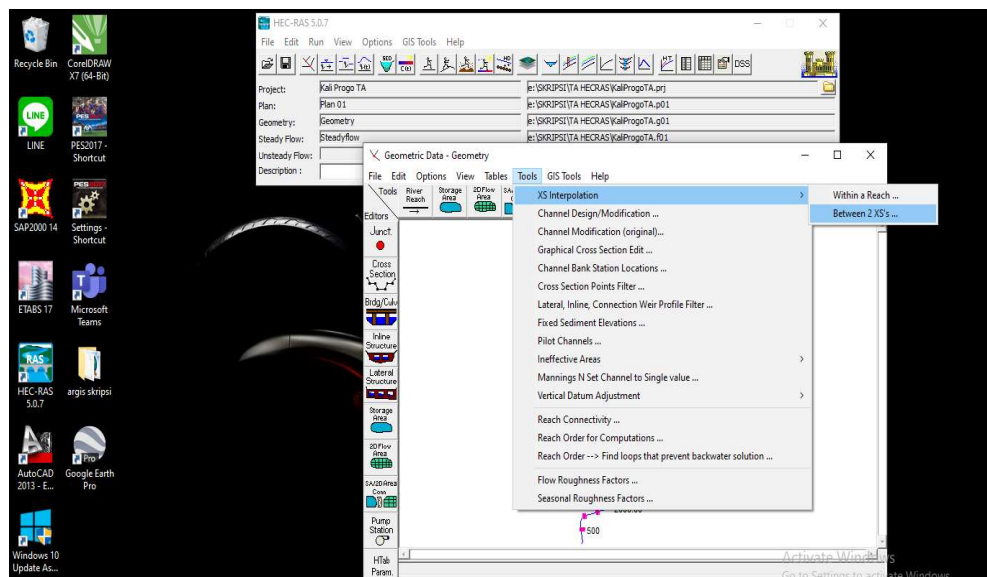
55. Kemudian *edit* penampang pada hulu dan hilir agar sesuai dengan penampang yang direkayasa tadi. Lalu hapus *cross* lainnya sehingga hanya menyisakan 2 penampang yang dibuat tadi. Dengan cara klik *options* lalu *delete cross section*

Gambar 72. Menghapus *cross*



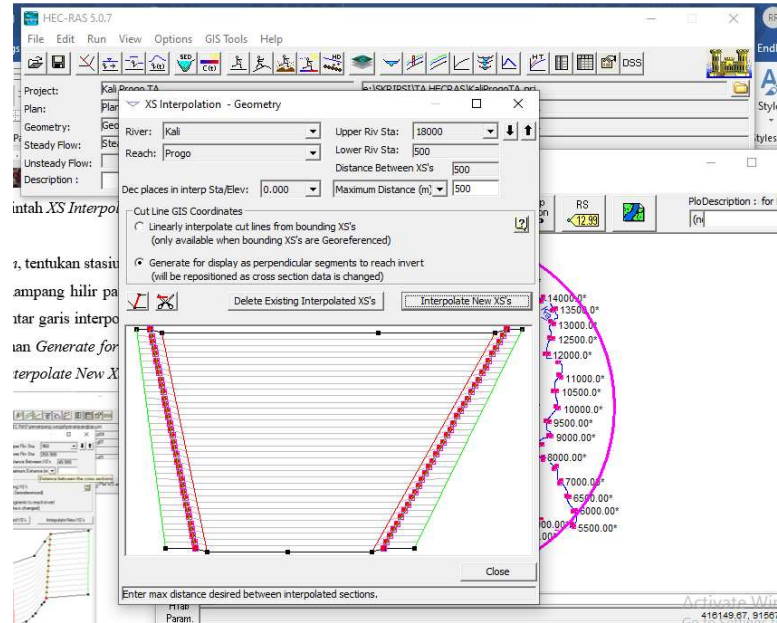
Gambar 73. Penampang setelah *cross* telah dihapus

56. Kemudian lakukan interpolasi *cross* penampang dengan cara klik *Tools*, pilih *XS Interpolation* dan *Between 2 XS's*

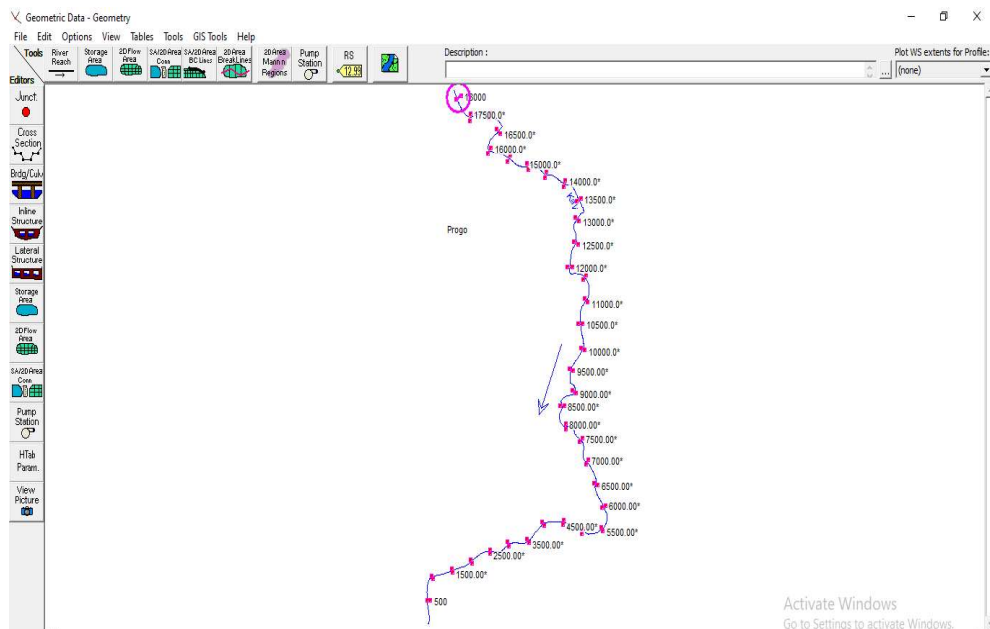


Gambar 74. Perintah *XS Interpolation*

57. Pada tampilan *menu XS Interpolation*, tentukan stasiun penampang bagian hulu pada kolom *Upper Riv Sta* dan penampang hilir pada kolom *Lower Riv Sta*. Kemudian tentukan jarak bentang antar garis interpolasi pada kolom *Distance Between XS's*. Selanjutnya klik pilihan *Generate for display as perpendicular segments to reach invert*, lalu klik *Interpolate New XS's*



Gambar 75. Tampilan *menu XS Interpolation*



Gambar 76. Gambar hasil *XS Interpolation*

58. Selanjutnya kembali ke tampilan utama program *HEC-RAS*, lalu klik *icon View 3D multiple cross section plot*. Kemudian akan muncul *cross section*.



Gambar 77. *Cross section* sungai

Lampiran 3.

Data penambangan pasir dan debit

1. Tabel penambangan pasir 2019

| Nama Perusahaan | Lokasi Tambang | Koordinat Tambang (LS,BT) | Volume Penambangan (m ³) |
|------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|
| KRT. Jayaningrat | Bogo, Banjarharjo, Kalibawang | 7°40'57,18", 110°15'44,13" | - |
| CV. Sarana Jaya Makmur | Ngrajun, Banjarharjo, Kalibawang, Kulon Progo | 7°40'55,55", 110°15'39,37" | 108 |
| CV. Bedjoe Oetomo | Jurang, Banjarharjo, Kalibawang | 7°42'27,85", 110°14'59,60" | 66.266 |

2. Tabel penambangan pasir 2020

| Nama Perusahaan | Lokasi Tambang | Koordinat Tambang (LS,BT) | Volume Penambangan (m ³) |
|------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|
| KRT. Jayaningrat | Bogo, Banjarharjo, Kalibawang | 7°40'57,18", 110°15'44,13" | 84.000 |
| CV. Sarana Jaya Makmur | Ngrajun, Banjarharjo, Kalibawang, Kulon Progo | 7°40'55,55", 110°15'39,37" | 84.757 |
| CV. Bedjoe Oetomo | Jurang, Banjarharjo, Kalibawang | 7°42'27,85", 110°14'59,60 | 224.508 |

3. Data debit

| Tanggal | Bulan | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------|----------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| | Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni | Juli | Agustus | September | Oktober | November | Desember |
| 1 | 56,06 | 102,88 | 140,93 | 128,61 | 118,03 | 59,21 | 39,65 | 12,64 | 7,85 | 53,72 | 55,15 | 111,23 |
| 2 | 50,69 | 126,63 | 136,37 | 117,80 | 78,31 | 52,28 | 36,07 | 11,42 | 4,11 | 93,87 | 61,12 | 127,16 |
| 3 | 54,98 | 117,71 | 119,11 | 129,48 | 94,35 | 43,13 | 71,85 | 10,26 | 5,31 | 72,68 | 46,65 | 105,09 |
| 4 | 86,58 | 86,91 | 114,26 | 123,44 | 98,94 | 30,00 | 46,14 | 8,37 | 37,13 | 56,13 | 36,13 | 93,92 |
| 5 | 104,32 | 100,96 | 108,98 | 111,46 | 80,13 | 27,18 | 33,22 | 9,43 | 16,60 | 66,10 | 44,46 | 89,53 |
| 6 | 85,25 | 122,45 | 135,33 | 163,19 | 87,93 | 41,50 | 29,14 | 17,68 | 9,70 | 44,74 | 59,03 | 93,03 |
| 7 | 79,40 | 122,18 | 144,80 | 133,83 | 111,96 | 43,37 | 26,91 | 33,69 | 9,98 | 55,30 | 52,41 | 103,60 |
| 8 | 60,44 | 126,58 | 127,94 | 109,75 | 227,26 | 69,84 | 24,67 | 17,32 | 8,10 | 81,86 | 54,63 | 112,78 |
| 9 | 87,76 | 111,34 | 126,72 | 138,16 | 129,54 | 61,89 | 22,85 | 15,91 | 13,26 | 138,22 | 109,35 | 100,66 |
| 10 | 93,39 | 102,10 | 118,77 | 125,28 | 74,00 | 55,50 | 22,43 | 8,89 | 15,91 | 101,36 | 118,44 | 78,76 |
| 11 | 94,64 | 114,14 | 156,04 | 113,39 | 64,93 | 39,38 | 36,46 | 7,12 | 7,11 | 69,23 | 77,21 | 91,48 |
| 12 | 97,42 | 144,97 | 179,69 | 163,59 | 78,88 | 33,10 | 56,17 | 6,88 | 6,18 | 63,52 | 68,45 | 103,89 |
| 13 | 70,04 | 110,42 | 149,54 | 136,94 | 61,90 | 34,07 | 26,63 | 14,90 | 8,62 | 58,51 | 137,23 | 119,25 |
| 14 | 74,88 | 132,76 | 101,54 | 117,67 | 53,12 | 49,49 | 20,48 | 17,68 | 6,41 | 64,95 | 123,19 | 97,57 |
| 15 | 94,82 | 127,74 | 91,87 | 114,66 | 54,38 | 44,86 | 30,16 | 12,64 | 24,27 | 65,31 | 83,80 | 94,85 |
| 16 | 61,66 | 248,02 | 69,75 | 102,94 | 57,97 | 31,60 | 57,76 | 20,67 | 36,13 | 44,43 | 93,60 | 109,52 |
| 17 | 102,86 | 186,71 | 139,66 | 103,79 | 65,07 | 29,43 | 50,79 | 23,04 | 49,46 | 76,29 | 94,98 | 114,57 |
| 18 | 101,19 | 216,81 | 251,64 | 100,71 | 58,67 | 33,30 | 50,65 | 14,90 | 32,73 | 36,20 | 90,09 | 80,33 |
| 19 | 92,74 | 281,22 | 150,85 | 90,48 | 57,59 | 70,56 | 34,61 | 10,26 | 31,79 | 28,35 | 68,72 | 111,85 |
| 20 | 104,15 | 257,46 | 112,42 | 92,88 | 67,53 | 40,19 | 23,76 | 9,16 | 60,20 | 27,96 | 49,39 | 122,00 |
| 21 | 116,84 | 239,31 | 110,88 | 109,57 | 188,93 | 33,41 | 30,12 | 6,19 | 65,27 | 30,59 | 56,78 | 87,05 |
| 22 | 129,94 | 167,65 | 123,66 | 110,62 | 179,04 | 37,85 | 47,68 | 5,96 | 48,89 | 20,74 | 70,28 | 110,05 |
| 23 | 82,63 | 146,91 | 106,93 | 114,07 | 69,25 | 65,39 | 65,68 | 7,12 | 72,54 | 17,82 | 99,55 | 74,84 |
| 24 | 80,46 | 182,62 | 127,28 | 71,63 | 54,08 | 34,91 | 44,59 | 4,12 | 106,56 | 29,29 | 137,41 | 65,31 |
| 25 | 97,12 | 155,81 | 192,14 | 73,41 | 63,18 | 29,61 | 27,57 | 3,22 | 130,95 | 27,96 | 122,01 | 50,69 |
| 26 | 81,58 | 96,18 | 234,67 | 75,12 | 37,94 | 33,70 | 36,09 | 2,00 | 73,06 | 50,37 | 132,97 | 68,14 |
| 27 | 100,06 | 118,21 | 174,19 | 93,53 | 28,72 | 30,98 | 28,13 | 4,31 | 78,70 | 74,48 | 138,55 | 99,53 |
| 28 | 88,42 | 68,30 | 147,17 | 119,88 | 35,40 | 66,99 | 21,11 | 28,14 | 105,11 | 91,08 | 160,05 | 73,74 |
| 29 | 83,88 | 48,29 | 143,36 | 134,78 | 63,35 | 40,44 | 27,85 | 32,26 | 55,31 | 52,79 | 179,88 | 51,70 |
| 30 | 79,54 | 0,00 | 122,15 | 139,85 | 51,17 | 64,04 | 17,36 | 16,96 | 47,81 | 45,32 | 151,25 | 152,65 |
| 31 | 86,86 | 0,00 | 151,44 | 0,00 | 58,32 | 0,00 | 14,76 | 9,98 | 0,00 | 61,69 | 0,00 | 83,40 |
| Rata-rata | 86,47 | 134,30 | 139,03 | 111,63 | 82,25 | 42,81 | 35,53 | 13,00 | 37,90 | 58,09 | 89,44 | 96,07 |

4. Data debit stasiun Duwet tahun 2015

| Tanggal | Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni | Juli | Agustus | September | Oktober | November | Desember |
|---------|---------|----------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| 1 | 71,63 | 176,8 | 142,89 | 139,03 | 179,39 | 94,22 | 18,89 | 14,36 | 1,47 | 0,49 | 0,56 | 28,17 |
| 2 | 77,39 | 172,02 | 155,02 | 209,79 | 201,01 | 80,46 | 19,95 | 13,99 | 1,62 | 0,54 | 0,56 | 47,62 |
| 3 | 69,61 | 120,61 | 177,42 | 176,68 | 178,64 | 60,15 | 19,95 | 9,08 | 1,63 | 0,56 | 0,56 | 53,68 |
| 4 | 112,04 | 129,1 | 172,01 | 165,4 | 139,43 | 59,33 | 19,9 | 5,93 | 1,63 | 0,56 | 0,56 | 57,35 |
| 5 | 150,83 | 189,36 | 163,93 | 143,16 | 131,44 | 53,72 | 18,92 | 4,15 | 1,63 | 0,56 | 2,17 | 46,59 |
| 6 | 76,34 | 162,42 | 170,03 | 117,07 | 113,7 | 45,36 | 11,36 | 4,27 | 1,63 | 0,56 | 0,7 | 84,68 |
| 7 | 64,92 | 158,03 | 167,28 | 150,91 | 109,18 | 42 | 16,6 | 2,27 | 1,78 | 0,56 | 4,52 | 73,18 |
| 8 | 60,08 | 158,99 | 151,44 | 149,68 | 94,52 | 50,25 | 17,17 | 1,81 | 1,79 | 0,56 | 6,81 | 86,39 |
| 9 | 47,69 | 191,98 | 121,49 | 133,48 | 86,5 | 49,31 | 18,42 | 1,79 | 1,79 | 0,56 | 25,98 | 98,01 |
| 10 | 40,24 | 172,36 | 155,42 | 123,24 | 84,81 | 50,54 | 19,21 | 2,02 | 1,94 | 0,56 | 31,3 | 110,24 |
| 11 | 37,57 | 161,73 | 134,22 | 161,24 | 75,47 | 42,29 | 19,58 | 5,48 | 1,95 | 0,56 | 33,67 | 77,47 |
| 12 | 104,52 | 165,82 | 137,99 | 145,76 | 73,78 | 38,51 | 20,47 | 2,56 | 1,95 | 0,56 | 24,97 | 70,21 |
| 13 | 162,81 | 199,05 | 170,03 | 165,17 | 87,82 | 36,24 | 22,46 | 2,35 | 1,95 | 0,56 | 22,38 | 114,28 |
| 14 | 165,12 | 193,24 | 163,79 | 124,24 | 104,41 | 33,55 | 23,08 | 1,47 | 1,61 | 0,56 | 12,3 | 110,03 |
| 15 | 148,78 | 185,73 | 199,63 | 155,26 | 109,17 | 32,96 | 18,42 | 34,94 | 0,4 | 0,56 | 6,44 | 189,62 |
| 16 | 111,1 | 141,42 | 162,43 | 114,31 | 83,79 | 29,37 | 17,01 | 3,48 | 0,35 | 0,56 | 9,98 | 126,18 |
| 17 | 130,98 | 147,17 | 120,06 | 96,7 | 68,99 | 27,69 | 16,66 | 1,19 | 0,35 | 0,56 | 10,61 | 133,44 |
| 18 | 132,55 | 152,87 | 111,55 | 115,86 | 66,78 | 26,86 | 18,89 | 1,58 | 0,35 | 0,56 | 10,19 | 148 |
| 19 | 100,52 | 129,58 | 125,06 | 131,83 | 64,09 | 26,12 | 18,74 | 1,28 | 0,35 | 0,56 | 13,66 | 135,91 |
| 20 | 173,4 | 162,45 | 137,79 | 148,06 | 56,06 | 24,72 | 17,03 | 1,15 | 0,35 | 0,56 | 10,5 | 145,48 |
| 21 | 190,05 | 109,99 | 139,08 | 150,23 | 53,81 | 22,63 | 16,28 | 1,15 | 0,35 | 0,56 | 59,06 | 92,83 |
| 22 | 171,75 | 91,12 | 147,97 | 124,47 | 50,29 | 22,93 | 16,04 | 1,3 | 0,35 | 0,56 | 54,18 | 89,23 |
| 23 | 163,29 | 104,8 | 164,33 | 135,46 | 49,36 | 27,88 | 15 | 1,31 | 0,35 | 0,63 | 19,94 | 82,25 |
| 24 | 145,54 | 108,37 | 187,23 | 164,2 | 45,05 | 22,71 | 12,73 | 1,4 | 0,35 | 0,63 | 15,02 | 82,88 |
| 25 | 183,15 | 89,95 | 112,5 | 205,13 | 46,8 | 21,9 | 13,33 | 3,98 | 0,35 | 0,63 | 30,35 | 64,9 |
| 26 | 146,29 | 92,94 | 108,53 | 193,5 | 78,15 | 20,76 | 13,44 | 1,57 | 0,42 | 0,6 | 50,67 | 46,29 |
| 27 | 112,3 | 114,89 | 120,12 | 188,75 | 100,63 | 20,13 | 13,49 | 1,47 | 0,42 | 1,7 | 29,51 | 34,95 |
| 28 | 144,51 | 120,09 | 155,43 | 174,95 | 74,75 | 19,42 | 18,81 | 1,47 | 0,42 | 0,61 | 17,13 | 50,88 |
| 29 | 129,07 | | 148,69 | 138,96 | 59,36 | 20,32 | 14,22 | 1,47 | 0,42 | 0,56 | 76,94 | 68,16 |
| 30 | 184,85 | | 152,79 | 141,36 | 52,13 | 20,36 | 14,67 | 1,47 | 0,49 | 0,56 | 78,31 | 60,63 |
| 31 | 138,91 | | 137,65 | | 50,65 | | 14,95 | 1,47 | | 0,56 | | 52,34 |

5. Data debit stasiun Duwet tahun 2016

| Tanggal | Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni | Juli | Agustus | September | Oktober | November | Desember |
|---------|---------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| 1 | 38,96 | 58,90 | 98,86 | 78,25 | 88,83 | 100,00 | 71,20 | 25,20 | 15,64 | 95,46 | 103,47 | 135,68 |
| 2 | 20,07 | 92,12 | 98,86 | 86,67 | 58,00 | 83,46 | 66,35 | 22,77 | 8,15 | 183,55 | 115,40 | 192,65 |
| 3 | 41,31 | 106,98 | 109,36 | 95,46 | 61,65 | 62,57 | 138,31 | 20,45 | 10,55 | 143,66 | 92,12 | 138,31 |
| 4 | 33,84 | 50,15 | 97,72 | 100,00 | 50,15 | 42,81 | 87,74 | 16,66 | 74,18 | 110,55 | 72,19 | 114,18 |
| 5 | 73,18 | 52,71 | 124,09 | 75,19 | 36,73 | 39,72 | 62,57 | 18,78 | 33,14 | 115,40 | 84,53 | 95,46 |
| 6 | 84,53 | 153,22 | 138,31 | 84,53 | 42,81 | 61,65 | 54,45 | 35,27 | 19,33 | 85,59 | 72,19 | 114,18 |
| 7 | 29,05 | 147,72 | 117,85 | 75,19 | 85,59 | 74,18 | 50,15 | 67,31 | 19,88 | 100,00 | 49,31 | 101,15 |
| 8 | 19,88 | 142,31 | 119,09 | 61,65 | 366,39 | 127,90 | 46,01 | 34,56 | 16,14 | 153,22 | 66,35 | 130,47 |
| 9 | 55,33 | 109,36 | 157,40 | 106,98 | 177,58 | 111,76 | 42,81 | 31,75 | 26,45 | 258,33 | 164,49 | 124,09 |
| 10 | 77,22 | 117,85 | 121,58 | 102,31 | 74,18 | 100,00 | 43,60 | 17,70 | 31,75 | 189,60 | 194,19 | 88,83 |
| 11 | 75,19 | 147,72 | 171,71 | 97,72 | 61,65 | 70,22 | 71,20 | 14,16 | 14,16 | 130,47 | 119,09 | 71,20 |
| 12 | 45,20 | 145,01 | 222,78 | 158,81 | 85,59 | 58,90 | 111,76 | 13,68 | 12,30 | 116,62 | 94,34 | 96,59 |
| 13 | 27,74 | 103,47 | 205,10 | 153,22 | 62,57 | 52,71 | 52,71 | 29,71 | 17,18 | 108,17 | 239,42 | 143,66 |
| 14 | 50,15 | 62,57 | 121,58 | 121,58 | 49,31 | 91,02 | 40,48 | 35,27 | 12,75 | 121,58 | 174,63 | 95,46 |
| 15 | 46,01 | 104,63 | 83,46 | 112,96 | 53,58 | 76,21 | 59,81 | 25,20 | 48,48 | 124,09 | 126,62 | 88,83 |
| 16 | 25,82 | 354,23 | 64,45 | 101,15 | 61,65 | 52,71 | 114,18 | 41,25 | 72,19 | 82,41 | 104,63 | 91,02 |
| 17 | 42,03 | 263,59 | 130,47 | 93,23 | 76,21 | 51,85 | 100,00 | 46,01 | 98,86 | 76,21 | 105,81 | 124,09 |
| 18 | 45,20 | 336,34 | 268,91 | 77,22 | 65,39 | 60,72 | 100,00 | 29,71 | 65,39 | 59,81 | 126,62 | 71,20 |
| 19 | 45,20 | 427,72 | 189,60 | 73,18 | 51,85 | 135,68 | 61,65 | 20,45 | 63,51 | 51,00 | 100,00 | 94,34 |
| 20 | 94,34 | 387,06 | 131,76 | 52,71 | 68,27 | 75,19 | 44,40 | 18,24 | 120,33 | 51,85 | 64,45 | 114,18 |
| 21 | 116,62 | 338,30 | 111,76 | 64,45 | 320,78 | 58,90 | 58,00 | 12,30 | 130,47 | 57,10 | 70,22 | 60,72 |
| 22 | 131,76 | 179,06 | 111,76 | 71,20 | 324,64 | 67,31 | 92,12 | 11,85 | 97,72 | 37,47 | 100,00 | 49,31 |
| 23 | 72,19 | 136,99 | 94,34 | 47,65 | 120,33 | 117,85 | 130,47 | 14,16 | 145,01 | 31,75 | 158,81 | 50,15 |
| 24 | 51,85 | 229,37 | 121,58 | 37,47 | 83,46 | 58,90 | 88,83 | 8,15 | 213,06 | 54,45 | 244,51 | 38,96 |
| 25 | 58,90 | 119,09 | 157,40 | 46,83 | 101,15 | 46,01 | 54,45 | 6,37 | 261,83 | 51,85 | 214,67 | 33,84 |
| 26 | 58,90 | 14,65 | 130,47 | 63,51 | 58,90 | 41,25 | 72,19 | 3,93 | 145,01 | 84,53 | 174,63 | 55,33 |
| 27 | 68,27 | 94,34 | 117,85 | 58,90 | 47,65 | 44,40 | 56,21 | 8,53 | 151,84 | 140,97 | 176,11 | 77,22 |
| 28 | 48,48 | 20,45 | 133,06 | 105,81 | 42,03 | 117,85 | 39,72 | 56,21 | 203,53 | 103,47 | 182,05 | 38,21 |
| 29 | 41,25 | 96,59 | 147,72 | 88,83 | 49,31 | 66,35 | 54,45 | 64,45 | 103,47 | 85,59 | 177,58 | 35,27 |
| 30 | 54,45 | | 106,98 | 100,00 | 76,21 | 120,33 | 33,84 | 33,84 | 79,28 | 80,32 | 163,06 | 236,05 |
| 31 | 62,57 | | 93,23 | | 91,02 | | 29,05 | 19,88 | | 115,40 | | 93,23 |

6. Data debit stasiun Duwet tahun 2017

| Tanggal | Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni | Juli | Agustus | September | Oktober | November | Desember |
|---------|---------|----------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| 1 | 85,59 | 185,55 | 276,07 | 271,29 | 280,29 | 29,05 | 11,70 | 0,16 | 0,14 | 23,97 | 13,68 | 75,87 |
| 2 | 56,80 | 249,08 | 265,36 | 234,37 | 183,55 | 34,79 | 8,92 | 0,16 | 0,14 | 8,41 | 13,68 | 52,14 |
| 3 | 48,48 | 188,58 | 182,55 | 285,75 | 242,24 | 39,97 | 8,53 | 0,16 | 0,14 | 3,40 | 2,38 | 36,73 |
| 4 | 95,09 | 157,40 | 159,28 | 265,36 | 285,75 | 27,31 | 7,06 | 0,16 | 0,14 | 3,40 | 0,16 | 29,49 |
| 5 | 151,84 | 133,93 | 69,89 | 267,72 | 237,73 | 22,57 | 5,71 | 0,16 | 0,14 | 33,61 | 8,79 | 22,18 |
| 6 | 88,47 | 110,16 | 173,66 | 433,57 | 257,16 | 36,00 | 5,82 | 0,16 | 0,14 | 7,78 | 55,03 | 22,18 |
| 7 | 158,34 | 92,12 | 224,42 | 321,42 | 266,54 | 18,06 | 5,71 | 0,16 | 0,14 | 21,21 | 69,24 | 53,29 |
| 8 | 77,91 | 89,92 | 133,93 | 271,29 | 163,06 | 16,48 | 5,19 | 0,16 | 0,14 | 21,02 | 38,71 | 39,72 |
| 9 | 100,77 | 93,60 | 105,41 | 305,54 | 153,68 | 17,35 | 5,08 | 0,16 | 0,14 | 36,24 | 61,34 | 46,28 |
| 10 | 89,92 | 90,28 | 93,60 | 253,68 | 138,31 | 15,64 | 2,31 | 0,16 | 0,14 | 26,24 | 41,00 | 50,71 |
| 11 | 106,59 | 75,53 | 146,36 | 227,72 | 127,90 | 13,68 | 3,23 | 0,16 | 0,14 | 15,97 | 23,57 | 53,29 |
| 12 | 168,80 | 113,77 | 124,09 | 304,29 | 136,55 | 12,75 | 0,98 | 0,16 | 0,14 | 20,83 | 33,84 | 82,76 |
| 13 | 159,28 | 95,09 | 95,84 | 210,92 | 115,40 | 28,83 | 0,88 | 0,16 | 0,14 | 17,70 | 34,56 | 36,49 |
| 14 | 117,85 | 268,91 | 88,83 | 197,80 | 109,36 | 13,68 | 0,75 | 0,16 | 0,14 | 16,66 | 113,77 | 37,72 |
| 15 | 231,03 | 194,70 | 149,55 | 203,00 | 106,98 | 24,99 | 0,84 | 0,16 | 0,14 | 13,06 | 58,60 | 45,74 |
| 16 | 129,61 | 126,20 | 92,12 | 179,06 | 101,53 | 18,06 | 2,68 | 0,16 | 0,14 | 12,90 | 150,00 | 72,52 |
| 17 | 257,16 | 104,24 | 165,92 | 178,57 | 97,34 | 11,55 | 3,15 | 0,16 | 0,14 | 152,76 | 155,54 | 79,63 |
| 18 | 226,62 | 108,96 | 331,76 | 188,58 | 92,49 | 9,72 | 2,60 | 0,16 | 0,14 | 25,20 | 94,34 | 83,46 |
| 19 | 160,22 | 156,47 | 125,35 | 178,08 | 88,47 | 9,58 | 15,14 | 0,16 | 0,14 | 11,41 | 66,35 | 168,80 |
| 20 | 142,31 | 146,36 | 120,74 | 207,21 | 85,95 | 8,92 | 6,26 | 0,16 | 0,14 | 8,15 | 67,95 | 149,09 |
| 21 | 112,56 | 173,66 | 159,28 | 264,18 | 81,71 | 8,41 | 4,49 | 0,16 | 0,14 | 8,15 | 74,86 | 113,77 |
| 22 | 152,76 | 168,80 | 168,80 | 247,36 | 36,49 | 12,00 | 6,48 | 0,16 | 0,14 | 8,03 | 72,19 | 164,01 |
| 23 | 102,69 | 165,92 | 168,80 | 307,43 | 21,21 | 22,18 | 1,76 | 0,16 | 0,14 | 7,78 | 73,18 | 79,97 |
| 24 | 124,93 | 165,92 | 183,55 | 166,40 | 28,39 | 11,70 | 0,70 | 0,16 | 0,14 | 8,28 | 58,60 | 51,57 |
| 25 | 142,76 | 257,16 | 367,07 | 165,44 | 25,82 | 13,21 | 1,40 | 0,16 | 0,14 | 8,15 | 43,08 | 40,74 |
| 26 | 106,20 | 228,82 | 587,80 | 132,20 | 14,65 | 17,00 | 0,00 | 0,16 | 2,23 | 32,44 | 64,76 | 42,81 |
| 27 | 160,22 | 187,57 | 352,89 | 226,62 | 9,86 | 24,99 | 0,08 | 0,16 | 11,12 | 15,97 | 68,92 | 74,86 |
| 28 | 183,55 | 168,80 | 257,16 | 238,85 | 46,55 | 25,20 | 4,98 | 0,16 | 13,37 | 157,40 | 100,00 | 101,92 |
| 29 | 188,58 | 0,00 | 224,42 | 332,42 | 145,46 | 23,36 | 2,52 | 0,16 | 14,32 | 39,97 | 212,52 | 49,59 |
| 30 | 161,64 | 0,00 | 215,74 | 338,96 | 43,34 | 10,41 | 1,76 | 0,16 | 32,67 | 20,64 | 112,96 | 55,03 |
| 31 | 149,09 | 0,00 | 333,72 | 0,00 | 43,08 | 0,00 | 0,93 | 0,16 | 0,00 | 15,97 | 0,00 | 58,30 |

7. Data debit stasiun Duwet tahun 2018

| Tanggal | Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni | Juli | Agustus | September | Oktober | November | Desember |
|---------|---------|----------|--------|-------|-------|-------|------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| 1 | 60,72 | 108,17 | 89,92 | 86,67 | 14,16 | 7,78 | 4,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 97,72 |
| 2 | 105,81 | 73,18 | 82,41 | 63,51 | 13,68 | 7,42 | 2,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 71,20 |
| 3 | 88,83 | 68,27 | 75,19 | 41,25 | 11,85 | 7,42 | 2,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 106,98 |
| 4 | 183,55 | 89,92 | 102,31 | 28,39 | 9,72 | 7,06 | 2,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,85 |
| 5 | 119,09 | 164,49 | 117,85 | 27,74 | 9,32 | 6,71 | 2,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 145,01 |
| 6 | 83,46 | 73,18 | 91,02 | 50,15 | 8,92 | 6,71 | 1,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,73 | 121,58 |
| 7 | 101,15 | 101,15 | 119,09 | 63,51 | 10,13 | 7,06 | 1,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 41,77 | 158,81 |
| 8 | 124,09 | 131,76 | 139,64 | 44,40 | 13,21 | 7,06 | 1,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 47,10 | 150,46 |
| 9 | 139,64 | 133,06 | 86,67 | 33,14 | 9,32 | 6,71 | 0,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 47,10 | 108,17 |
| 10 | 129,18 | 82,41 | 138,31 | 42,81 | 9,32 | 6,37 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 44,40 | 86,67 |
| 11 | 121,58 | 85,59 | 134,37 | 30,38 | 8,53 | 3,40 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 47,10 | 170,25 |
| 12 | 130,47 | 176,11 | 149,09 | 32,44 | 7,78 | 1,83 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 51,28 | 139,64 |
| 13 | 65,39 | 139,64 | 92,12 | 30,38 | 7,06 | 2,03 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 35,51 | 153,22 |
| 14 | 81,36 | 136,99 | 74,18 | 29,71 | 4,49 | 2,23 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 29,71 | 161,64 |
| 15 | 56,21 | 106,98 | 51,00 | 29,71 | 3,40 | 2,03 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 23,36 | 156,00 |
| 16 | 65,39 | 157,40 | 58,00 | 30,38 | 7,06 | 2,91 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,14 | 183,55 |
| 17 | 70,22 | 115,40 | 131,76 | 50,15 | 10,55 | 2,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12,75 | 130,47 |
| 18 | 87,74 | 85,59 | 136,99 | 59,81 | 11,41 | 2,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12,75 | 95,46 |
| 19 | 120,33 | 112,96 | 98,86 | 37,47 | 38,21 | 1,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,53 | 89,92 |
| 20 | 85,59 | 109,36 | 65,39 | 58,90 | 47,65 | 1,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,70 | 110,55 |
| 21 | 121,58 | 106,98 | 60,72 | 45,20 | 32,44 | 7,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,85 | 112,96 |
| 22 | 103,47 | 143,66 | 102,31 | 52,71 | 30,38 | 4,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,92 | 177,58 |
| 23 | 83,46 | 147,72 | 70,22 | 53,58 | 15,14 | 3,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,42 | 119,09 |
| 24 | 93,23 | 105,81 | 82,41 | 45,20 | 21,02 | 10,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,03 | 131,76 |
| 25 | 127,90 | 127,90 | 86,67 | 34,56 | 24,58 | 13,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,64 | 94,34 |
| 26 | 102,31 | 126,62 | 89,92 | 41,25 | 19,33 | 35,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,85 | 119,09 |
| 27 | 103,47 | 96,59 | 108,17 | 29,71 | 9,72 | 10,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 133,06 | 168,80 |
| 28 | 73,18 | 63,51 | 65,39 | 29,05 | 10,97 | 7,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 176,11 | 116,62 |
| 29 | 64,45 | | 53,58 | 29,05 | 9,32 | 5,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 151,84 | 86,67 |
| 30 | 47,65 | | 58,90 | 20,45 | 8,92 | 5,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 165,92 | 83,46 |
| 31 | 73,18 | | 85,59 | | 8,15 | | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | | 88,83 |