

TA/TL/2022/1540

TUGAS AKHIR

**ANALISIS LAJU SEDIMENTASI DI MUARA SUNGAI
PANJANG, DESA BEJALEN, KECAMATAN
AMBARAWA, KABUPATEN SEMARANG SEBAGAI
KONTRIBUTOR SEDIMENTASI DI RAWA PENING**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**ANJA PRASETYA DEWANA
18513207**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
TAHUN 2022**

TUGAS AKHIR

ANALISIS LAJU SEDIMENTASI DI MUARA SUNGAI PANJANG, DESA BEJALEN, KECAMATAN AMBARAWA, KABUPATEN SEMARANG SEBAGAI KONTRIBUTOR SEDIMENTASI DI RAWA PENING

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



ANJA PRASETYA DEWANA
18513207

Disetujui,
Dosen Pembimbing :

Eko Siswovo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal :

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.

NIK. 095130403

Tanggal : 20 Desember 2022

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS LAJU SEDIMENTASI DI MUARA SUNGAI
PANJANG, DESA BEJALEN, KECAMATAN
AMBARAWA, KABUPATEN SEMARANG SEBAGAI
KONTRIBUTOR SEDIMENTASI DI RAWA PENING**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat
Tanggal : 16 Desember 2022

Disusun Oleh:

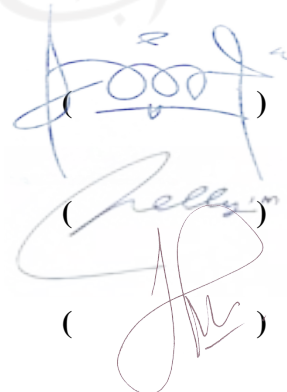
Anja Prasetya Dewana
18513207

Tim Penguji :

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Nelly Marlina, S.T., M.T.

Hudori, S.T., M.T., Ph.D.



(*[Signature]*)
(*[Signature]*)
(*[Signature]*)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 12 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



Anja Prasetya Dewana

NIM: 18513207

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu prasyarat yang harus ditempuh guna menyelesaikan pendidikan program sarjana (S1) Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

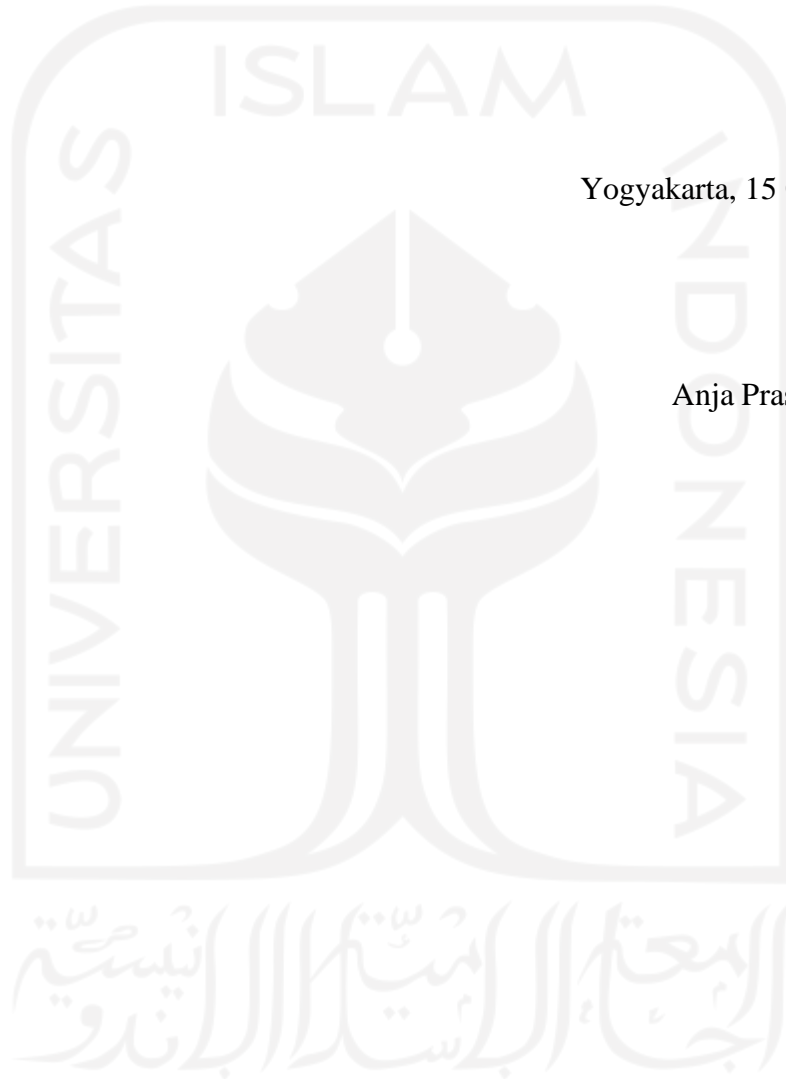
1. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Bapak Dr.Eng Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. yang juga selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan.
2. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan saran dan bimbingan kepada penulis.
3. Ibu Nelly Marlina, S.T., M.T. selaku dosen pembahas 1 dan Bapak Hudori, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembahas 2 yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
4. Bapak/Ibu dosen dan karyawan Teknik Lingkungan yang telah membantu penulis.
5. Kedua orang tua tercinta, yang telah memberikan dukungan serta doa kepada penulis selama menempuh perkuliahan.
6. Saudara *Vincero* SMANSSA 2017 yang banyak membantu selama penyusunan usulan penelitian.
7. Katineung Old Generations yang menjadi tempat keluh kesah maupun suka cita selama melaksanakan penelitian ini.
8. Rekan-rekan Teknik Lingkungan Angkatan 2018 yang sudah banyak membantu penulis.
9. Serta semua pihak yang belum penulis sebutkan namanya.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam

penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, isi skripsi ini merupakan sepenuhnya tanggung jawab penulis. Semoga penulisan ini memberikan informasi yang bermanfaat bagi pihak tertentu atau pun peneliti-peneliti selanjutnya yang ingin mengkaji masalah yang sama pada waktu mendatang. Aamiin.

Yogyakarta, 15 Oktober 2022

Anja Prasetya Dewana





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

Anja Prasetya Dewana. Analisis Laju Sedimentasi di Muara Sungai Panjang Desa Bejalen Kecamatan Ambarawa Kabupaten Semarang sebagai Kontributor Sedimentasi di Rawa Pening. Dibimbing oleh Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Sungai adalah saluran alamiah yang menampung dan menyalurkan air hujan dari daerah yang tinggi ke daerah yang lebih rendah. Dalam aliran air tersebut terangkut juga material-material sedimen yang berasal dari proses erosi yang terbawa oleh aliran air dan dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan akibat sedimentasi dimana aliran air tersebut akan bermuara yaitu di danau atau di laut. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis debit sedimen dasar (*bed load*) di Sungai Panjang, serta mengetahui kontribusi sedimentasi di muara Sungai Panjang terhadap sedimentasi Rawa Pening. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengukuran dan pengambilan langsung sample di lapangan serta pengujian di laboratorium. Perhitungan *transport* sedimen menggunakan pendekatan persamaan empiris dari metode *Meyer Peter Muller* dan *Einstein*. Pengambilan sample sendiri dilaksanakan selama 3 kali pengambilan yaitu di bulan Juli, Agustus dan September 2022. Hasil analisis laju sedimentasi di Sungai Panjang Desa Bejalen menggunakan metode *Meyer Peter* dan *Muller* pada bulan Juli s/d September sebesar 2,3489 m³/hari, 0,2484 m³/hari dan 1,2789 m³/hari. Sedangkan, besarnya laju sedimentasi dengan metode *Einstein* sebesar 0,4812 m³/hari, 0,2955 m³/hari dan 0,4197 m³/hari. Kontribusi Sungai Panjang terhadap sedimentasi di Rawa Pening pada bulan Juli s/d September sebesar 0,2157 m³/hari, 0,1826 m³/hari dan 0,1966 m³/hari dengan metode *Einstein*. Sedangkan perhitungan dengan metode *Meyer Peter* dan *Muller* tidak terdefiniskan karena debit aliran yang didapatkan sangat kecil.

Kata Kunci : *Einstein*, *Meyer Peter Muller* , sedimentasi, sedimen dasar, sungai

ABSTRACT

Anja Prasetya Dewana. Analysis of the Sedimentation Rate at the Estuary of the Panjang River, Bejalen Village, Ambarawa District, Semarang Regency as a Sedimentation Contributor in Rawa Pening. Guided by Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

A river is a natural channel that accommodates and distributes rainwater from high areas to lower areas. In the water flow sedimentary materials originating from the erosion process carried by the water flow and can lead to silting due to sedimentation where the water ends on a lake or sea. The purpose of this study is to analyze the bed load in the Panjang River. and to determine the contribution of sedimentation at the estuary of the Panjang River to the sedimentation of Rawa Pening. The method used in this research is direct measurement and sampling in the field and testing in the laboratory. The calculation of sediment transport uses an empirical equation approach from the Meyer Peter Muller and Einstein methods. Sampling itself was carried out for 3 times in July, August and September 2022. The results of the analysis of the sedimentation rate in Sungai Panjang, Bejalen Village using the Meyer Peter and Muller method from July to September were 2,3489 m³/day, 0,2484 m³/day and 1,2789 m³/day. Meanwhile, the sedimentation rate using the Einstein method is 0,4812 m³/day, 0,2955 m³/day and 0,4197 m³/day. The contribution of Sungai Panjang to sedimentation in Rawa Pening from July to September was 0,2157 m³/day, 0,1826 m³/day and 0,1966 m³/day using the Einstein method. Meanwhile, the calculation using the Meyer Peter and Muller method is not defined because the flow rate obtained is very small.

Keywords: *bed load, Einstein, Meyer Peter Muller, river, sedimentation*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Lingkup (Batasan) Penelitian.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sungai.....	5
2.1.1 Jenis-Jenis Sungai.....	5
2.1.2 Daerah Aliran Sungai.....	7
2.2 Debit Aliran.....	7
2.2.1 Metode Current Meter.....	7
2.2.2 Pengukuran Kemiringan Dasar Sungai.....	10
2.3 Sedimentasi.....	11
2.3.1 Transpor Sedimen.....	11
2.3.2 Erosi.....	13
2.3.3 Ukuran dan Bentuk Sedimen.....	15
2.3.4. Analisa Saringan Butiran.....	18
2.3.5 Pergerakan Material Dasar.....	20
2.4 Penelitian yang Relevan.....	23
BAB III.....	26

METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Tahapan Penelitian	26
3.2.1 Tempat Penelitian.....	27
3.2.2 Waktu Penelitian.....	29
3.2 Metode Penelitian.....	29
3.3.1 Alat	29
3.3.2 Bahan :.....	30
3.3.3 Metode Pengambilan Data.....	30
3.3 Metode Analisis Data	33
3.4.1 Tahapan Pengukuran	33
3.4.2 Tahap Pengujian Laboratorium	34
3.4.3 Perhitungan Secara Empiris.....	35
BAB IV.....	40
HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Karakteristik Morfologi dan Aliran Sungai Panjang.....	40
4.1.1 Morfologi Sungai Panjang	40
4.1.2 Karakteristik Aliran.....	40
4.1.3 Perhitungan Kecepatan Aliran Sungai (V).....	41
4.1.4 Perhitungan Luas Penampang (A), Keliling Basah Sungai (P) dan Jari-Jari Hidrolis (R).....	43
4.1.5 Perhitungan Debit Aliran (Q)	46
4.1.6 Perhitungan Kemiringan Dasar Sungai (I)	47
4.1.7 Perhitungan kecepatan geser butiran (U*).....	50
4.2 Karakteristik Sedimen	50
4.2.1 Ukuran (Size).....	51
4.2.2 Berat Jenis (<i>Bulk Density</i>)	55
4.3 Kontrol Stabilitas Butiran.....	58
4.4 Analisis Angkutan Sedimen Dasar (<i>Bed Load</i>).....	62
4.4.1 Metode Meyer Peter dan Muller (MPM).....	63
4.4.2 Metode Einstein	66
4.4.3 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Metode M.P.M dan Einstein terhadap Metode Lain.....	69
BAB V	72

KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....	74
LAMPIRAN.....	79





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pengukuran Kecepatan Air Metode Satu Titik	8
Gambar 2. 2 Pengukuran Kecepatan Air Metode Dua Titik	9
Gambar 2. 3 Pengukuran Kecepatan Air Metode Tiga Titik	9
Gambar 2. 4 Elevasi dasar sungai	10
Gambar 2. 5 Siklus Terjadinya Sedimen.....	12
Gambar 2. 6 Klasifikasi Angkutan Sedimen (Sumber : Soewarno, 1991).....	13
Gambar 2. 7 Kurva frekwensi kumulatif	20
Gambar 2. 8 Parameter Awal Gerak Partikel Butiran Sedimen (Hassanzadeh, 2012)	21
Gambar 2. 9 Grafik Shield	22
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	26
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian Sungai Panjang	28
Gambar 3. 3 Alat ukur kecepatan aliran (current meter)	30
Gambar 3. 4 Alat Pengumpul Sedimen tipe Ekman Grab model Besi	31
Gambar 3. 5 Lokasi Pengamatan Kedua di Muara Sungai Panjang	32
Gambar 3. 6 Tampak melintang titik pengukuran sungai	34
Gambar 4. 1 Pengambilan data kecepatan aliran Sungai Panjang	41
Gambar 4. 2 Pengukuran lebar dan kedalaman sungai Panjang	44
Gambar 4. 3 Potongan Melintang Lokasi ke- 1 Bulan Pertama.....	44
Gambar 4. 4 Potongan Melintang Lokasi ke- 2 Bulan Pertama.....	45
Gambar 4. 5 Ploting Sungai Panjang Desa Bejalen	48
Gambar 4. 6 Ploting panjang dan elevasi Sungai Panjang.....	49
Gambar 4. 7 Proses Uji Gradasi Butiran	51
Gambar 4. 8 Kurva Komulatif distribusi ukuran butiran Sungai Panjang Lokasi 1 Bulan ke-1	53
Gambar 4. 9 Kurva Komulatif distribusi ukuran butiran Sungai Panjang Lokasi 2 Bulan ke-1	53
Gambar 4. 10 Proses pengujian berat jenis dengan piknometer	56
Gambar 4. 11 Grafik Shield D35 (Sumber: Ven Te Chow, 1985).....	58

Gambar 4. 12 Grafik Shield D55 (Sumber: Ven Te Chow, 1985).....	60
Gambar 4. 13 Grafik Shield D65 (Sumber: Ven Te Chow, 1985).....	61
Gambar 4. 14 Grafik Shield D90 (Sumber: Ven Te Chow, 1985).....	62
Gambar 4. 15 Grafik Pembanding Sedimentasi Sungai Panjang.....	70





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Formula Pengukuran Kecepatan Rata-Rata	8
Tabel 2. 2 Skala Kelas Pengelompokan Partikel yang Diusulkan oleh AGU.....	16
Tabel 2. 3 Faktor Koreksi Temperature	18
Tabel 2. 4 Berbagai ukuran saringan dalam standar ASTM dan SI.....	19
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran kecepatan Sungai Panjang lokasi ke-1 bulan ke-1 sampai ke-3.....	42
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran kecepatan Sungai Panjang lokasi ke-2 bulan ke-1 sampai ke-3.	42
Tabel 4. 3 Perhitungan Luas dan Keliling Basah Lokasi Penelitian	45
Tabel 4. 4 Perhitungan Luas, Keliling Basah Sungai dan Jari-jari hidrolis di Lokasi Penelitian.....	45
Tabel 4. 5 Perhitungan Debit Aliran Sungai Panjang di Lokasi Penelitian	46
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Karakteristik Aliran Sungai.....	50
Tabel 4. 7 Data Distribusi Saringan Butiran Lokasi 1 Bulan ke-1.....	52
Tabel 4. 8 Data Distribusi Saringan Butiran Lokasi 2 Bulan ke-1.....	52
Tabel 4. 9 Data komulatif lolos dan diameter saringan Lokasi 1.....	54
Tabel 4. 10 Data komulatif lolos dan diameter saringan Lokasi 2.....	54
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan D35, D55, D65 dan D90.....	55
Tabel 4. 12 Pengujian Berat Jenis pada Lokasi 1.....	56
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Angkutan Sedimen Dasar dengan Metode M.P.M65	
Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Jumlah Angkutan Sedimen Dasar dengan Metode Einstein.....	68



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Potongan Melintang Sungai.....	79
Lampiran 2 Data Distribusi Saringan Butiran.....	81
Lampiran 3 Pengujian Berat Jenis Sedimen.....	83
Lampiran 4 Kontrol Stabilitas Butiran Grafik Shields.....	85
Lampiran 5 Hasil Perhitungan Laju Sedimentasi dengan Metode M.P.M dan Einstein.....	87
Lampiran 6 Surat dan Dokumen Perizinan Penelitian BBWS Pemali Juana.....	89
Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian.....	91



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai merupakan saluran terbuka yang terbentuk secara alami di atas permukaan bumi, tidak hanya menampung air tetapi juga mengalirkannya dari bagian hulu menuju ke bagian hilir dan ke muara (Junaidi, 2014). Menurut Putra (2014), sungai dapat diartikan sebagai aliran terbuka dengan ukuran geometrik (tampak lintang, profil memanjang dan kemiringan lembah) berubah seiring waktu, tergantung pada debit, material dasar dan tebing, serta jumlah dan jenis sedimen yang terangkut oleh air. Berdasarkan pendapat di atas dapat diambil kesimpulan bahwa Sungai adalah saluran alamiah di permukaan bumi yang menampung dan menyalurkan air hujan dari daerah yang tinggi ke daerah yang lebih rendah dan akhirnya bermuara di danau atau di laut. Di dalam aliran air terangkut juga material-material sedimen yang berasal dari proses erosi yang terbawa oleh aliran air dan dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan akibat sedimentasi dimana aliran air tersebut akan bermuara yaitu di danau atau di laut.

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 (Hambali et al, 2016). Sedimentasi dapat dianggap sebagai faktor penyebab banjir yang bersumber dari alam maupun non alam. Dianggap sebagai faktor alam dikarenakan sedimentasi merupakan proses alamiah pelapukan batuan/tanah akibat adanya curah hujan. Peningkatan aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan guna lahan semakin memperparah kondisi sedimentasi, sehingga sedimentasi dapat dianggap juga sebagai faktor non alam (manusia) (Nugroho & Handayani, 2021).

Danau Rawa Pening merupakan waduk alami dan memiliki fungsi penting sebagai waduk, menampung aliran air permukaan dan mentenagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Jeloktimo, pengendali banjir, sumber air baku, irigasi, perikanan dan pariwisata (Soeprbowati, 2012). Danau ini dibuat oleh Belanda pada tahun 1912 dan memiliki luas $\pm 26,67 \text{ km}^2$ pada musim hujan dan $\pm 16,5 \text{ km}^2$ pada musim kemarau (LIPI, 2015). Selama masa operasinya, terjadi sedimentasi di Danau Rawa Pening yang mengakibatkan fungsi danau menjadi kurang optimal. Hal ini menjadi salah satu penyebab banjir di wilayah tersebut di musim hujan dan kekurangan air pada musim kemarau, serta mengancam pengoperasian turbin PLTA Jeloktimo yang menyediakan kebutuhan listrik Jawa-Bali. Sedimentasi yang terjadi di Danau Rawa Pening disebabkan oleh angkutan sedimen dari erosi tanah yang masuk ke inlet-inlet sungai dan bermuara di Rawa Pening (Apriliana *et al*, 2014).

Sungai Panjang merupakan salah satu sungai inlet yang bermuara ke Danau Rawa Pening. Salah satu wilayah yang dilalui Sungai Panjang bagian hilir adalah Desa Bejalen di Kecamatan Ambarawa, Kabupaten Semarang (Nurika *et al*, 2019). Berdasarkan penelitian sebelumnya, Sub-DAS Panjang ialah inlet yang berkontribusi terhadap sedimentasi paling besar diantara 9 Sub-DAS Danau Rawa Pening lainnya. Menurut penelitian Alfianto (2021), hasil analisa yang didapatkan menunjukkan bahwa kemungkinan sedimentasi terbesar melalui Sungai Panjang sebesar 906 ton/tahun.

Sedimentasi yang terkumpul di muara sungai Panjang akan berkontribusi terhadap kondisi sedimen di danau Rawa Pening dan setiap kali muka air danau naik, selalu masuk ke sungai Bejalen/Panjang lalu meluap ke kampung sumber Kompas.com (Winarto Herusansono, 2019). Dusun Bejalen Timur kebetulan berada di dataran yang lebih rendah sehingga selalu banjir saat air melimpas. Karakteristik sedimen di muara Sungai Panjang perlu untuk ditinjau kembali mengingat pentingnya kegunaan danau Rawa Pening bagi kehidupan masyarakat di sekitar danau. Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis hendak mengkaji lebih lanjut dengan judul penulisan, “Analisis Laju Sedimentasi di

Muara Sungai Panjang di Desa Bejalen Kecamatan Ambarawa Kabupaten Semarang sebagai Kontributor Sedimentasi di Rawa Pening”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa besar laju sedimentasi (*bed load*) yang terjadi di Sungai Panjang ?
2. Bagaimana kontribusi sedimen dasar di muara Sungai Panjang terhadap sedimentasi di Rawa Pening ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis debit sedimen dasar (*bed load*) di Sungai Panjang.
2. Untuk mengetahui kontribusi sedimentasi di muara Sungai Panjang terhadap sedimentasi Rawa Pening.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi kepada instansi pemerintah terkait tentang kondisi sedimen yang ada di Sungai Panjang. Hal ini tentunya akan membantu menentukan pola perencanaan dan pengelolaan yang tepat untuk Sungai Panjang secara berkelanjutan.

1.5 Lingkup (Batasan) Penelitian

Lingkup (Batasan) penelitian yang dilakukan yaitu

1. Pengukuran angkutan sedimen hanya dilakukan di Sungai Panjang di Desa Bejalen Kecamatan Ambarawa dan Muara Sungai Panjang yang menuju Rawa Pening.

2. Analisis sedimen hanya membahas tentang sedimen dasar (*bed load*)
3. Analisis sedimen dasar (*bed load*) menggunakan metode Meyer-Peter dan Einstein
4. Pengambilan sample sedimen dasar yang akan dilakukan sebanyak tiga kali pengambilan yaitu pada bulan Juli, Agustus dan September di daerah melintang Sungai Panjang.
5. Karena waktu penelitian yang terbatas, maka penelitian angkutan sedimen ini tidak membandingkan hasil di musim penghujan dan kemarau.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

Sungai memiliki peran penting bagi masyarakat, selain berfungsi untuk pengaliran air, kondisi sungai tidak bisa dipisahkan dari segala aktivitas manusia. Fungsi utama sungai untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke badan air lainnya seperti danau atau ke laut secara alami yang mana batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Kartiko, 2019). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai Pasal 1 butir (1), menyatakan: “Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan”.

Dalam mempelajari ekosistem DAS, daerah aliran sungai biasanya dibagi menjadi daerah hulu dan hilir. DAS bagian hulu dicirikan sebagai daerah Konservasi, DAS bagian hilir merupakan daerah pemanfaatan. Namun, pada Bagian hulu sungai sering terjadi perubahan lingkungan terutama perubahan tataguna lahan yang menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk perubahan fluktuasi dan transport sedimen yang dapat mengurangi daya tampung sungai sehingga akan menyebabkan banjir (Asdak, 2007).

2.1.1 Jenis-Jenis Sungai

Sungai dibedakan menjadi beberapa macam menurut kriteria-kriteria tertentu sebagai berikut:

a. Berdasarkan sumber airnya sungai dibedakan menjadi 3 macam yaitu:

- 1) Sungai Hujan adalah sungai yang airnya berasal dari air hujan atau mata air. Sebagai contoh, ada Pulau Jawa dan Sungai di Nusatenggara.
- 2) Sungai Glasial adalah sungai yang berasal dari es yang mencair. Mungkin tidak ada contoh sungai (anchic) yang esnya mencair dan airnya benar-benar murni, tetapi bisa dilihat di Sungai Gangga di India (naik di Himalaya) dan Sungai Uein di Jerman. Kenaikan Pegunungan Alpen dimaksudkan untuk menjadi contoh jenis aliran ini.
- 3) Sungai Campuran adalah sungai yang berasal dari lelehan air (gletser), hujan, dan mata air. Contoh sungai jenis ini adalah sungai Diggle dan Mamberamo di Papua (Irian Jaya).

b. Berdasarkan debit airnya sungai dibedakan menjadi 4 macam yaitu :

- 1) Sungai Permanen adalah sungai yang alirannya relatif konstan sepanjang tahun. Contoh sungai jenis ini adalah sungai Kapuas, Kahayan, Balito dan Mahakam di Kalimantan. Sungai Musi, Batanghari dan Indragiri di Sumatera.
- 2) Sungai Periode adalah sungai yang mengalirkan air lebih sedikit di musim kemarau dan lebih banyak air di musim hujan. Contoh sungai jenis ini terdapat di pulau Jawa. Misalnya Sungai Bengawan Solo dan Sungai Opak di Jawa Tengah. Sungai Progo dan Kord di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Sungai Brantas di Jawa Timur.
- 3) Sungai Episodik adalah sungai yang mengering pada musim kemarau dan penuh air pada musim hujan. Contoh sungai jenis ini adalah Sungai Karada di Pulau Sumba.
- 4) Sungai Ephemeral adalah sungai yang mengalirkan air hanya pada musim hujan.

2.1.2 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh pemisah topografi yang menerima air hujan, menyimpannya, dan mengalirkannya ke sungai-sungai yang akhirnya bermuara ke danau dan lautan (Manan, 1979). Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu ekosistem yang terdiri dari unsur-unsur utama tumbuh-tumbuhan, tanah, air, dan manusia dengan keterkaitan satu dengan yang lainnya (Manan, 1979). Sebagai suatu ekosistem, terdapat interaksi antara faktor biotik dan fisik yang menjelaskan keseimbangan input dan output berupa erosi dan sedimentasi di dalam suatu DAS. Oleh karena itu konsep DAS merupakan wilayah daratan yang menerima air hujan dan menyimpannya sementara sebelum bermuara di lautan, serta unsur utama - sumber daya alam (tanah, tumbuh-tumbuhan dan air) dan manusia yang membentuk suatu ekosistem yang saling berinteraksi.

2.2 Debit Aliran

Debit aliran (Q) adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintasi saluran per satuan waktu (Soewarno, 1991). Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3 / detik). Adanya beberapa cara dalam teknik pengukuran debit aliran, salah satunya adalah dengan bantuan alat ukur *Current Meter* (alat ukur kecepatan aliran yang berbentuk propeller).

2.2.1 Metode Current Meter

Berikut merupakan cara-cara menggunakan alat *current meter* yaitu :

1. Ukur lebar air yang akan diukur dengan *current meter* dan bagi menjadi tiga bagian: kiri, tengah dan kanan.

2. Ukur kedalaman air dan tentukan titik kedalaman untuk mengukur kecepatan.
3. Setelah Anda mengetahui kedalaman air, ukur pada kedalaman yang berbeda sesuai dengan Tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2. 1 Formula Pengukuran Kecepatan Rata-Rata

Kedalaman Sungai (m)	Kedalaman Pengukuran	Perhitungan kecepatan Rata-Rata
0 - 0,6	0,6h	$V=V_{0.6}$
0,6 - 3,0	0,2h dan 0,8h	$V=0.5 (V_{0.2}+V_{0.8})$
3,0 - 6,0	0,2h, 0,6h dan 0,8h	$V=0.25(V_{0.2}+V_{0.6}+V_{0.8})$

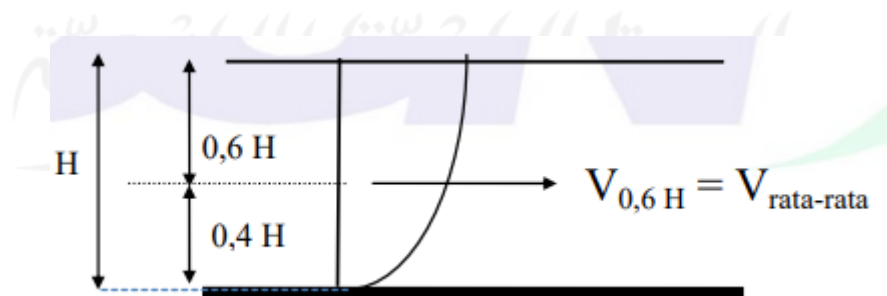
Sumber : *JURNAL KACAPURI Volume 4 No 2 Edisi Desember 2021*

Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam menghitung kecepatan rata-rata aliran V_i berdasarkan jumlah titik pengukuran sebagai berikut :

a. Metode Satu Titik

Dipakai bila kedalaman air (H) kurang dari 4 kali diameter baling-baling *current meter* dietakkan di 0,6 H dari permukaan air.

$$V_{\text{rata-rata}} = V_{0,6H}$$

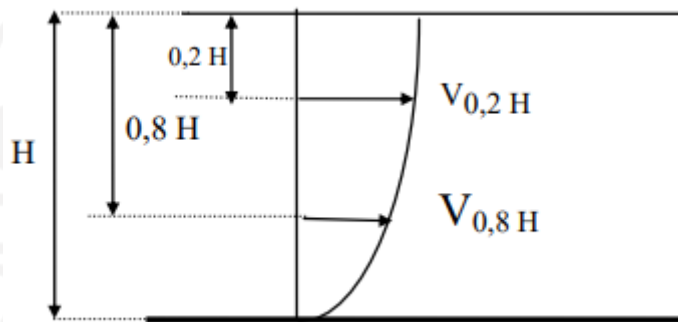


Gambar 2. 1 Pengukuran Kecepatan Air Metode Satu Titik

b. Metode Dua Titik

Dipakai bila kedalaman air (H) lebih besar dari 5 kali diameter baling-baling *current meter* ditakkan di 0,2 H dan 0,8 H dari permukaan air.

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{V_{0,2H} + V_{0,8H}}{2}$$

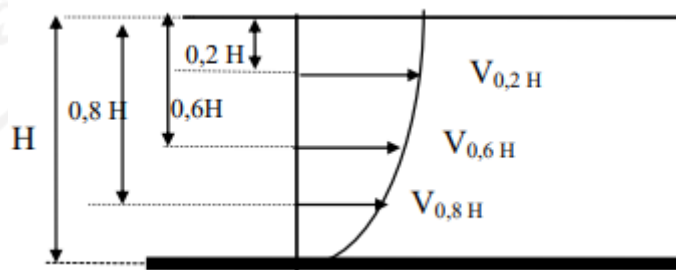


Gambar 2. 2 Pengukuran Kecepatan Air Metode Dua Titik

c. Metode Tiga Titik

Metode ini paling banyak digunakan karena mudah dan cukup akurat. Dipakai jika kedalaman lebih besar dari 6 kali diameter baling.

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{V_{0,2H} + 2V_{0,6H} + V_{0,8H}}{4}$$



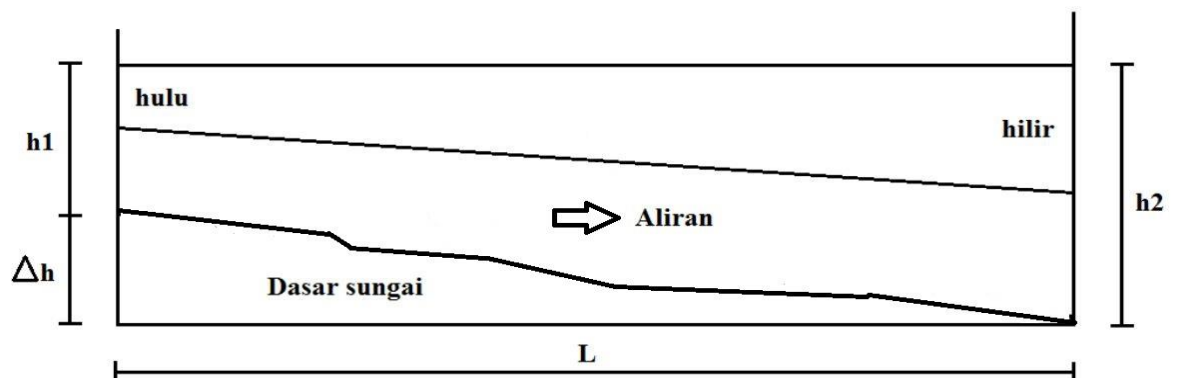
Gambar 2. 3 Pengukuran Kecepatan Air Metode Tiga Titik

(Sumber : SNI 3408-2015)

2.2.2 Pengukuran Kemiringan Dasar Sungai

Kemiringan dasar sungai merupakan salah satu faktor utama yang menentukan jenis sungai. Setelah jenis sungai didapatkan maka morfologi dan hubungannya dengan sedimentasi, fungsi hidrolik, dan fungsi ekologi bisa dianalisa. Pengukuran gradien aliran menggunakan metode berikut :

- 1) Alat yang akan digunakan meliputi dua batang dengan panjang yang sama dan tanda ketinggian yang sama, selang yang lebih kecil yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lokasi, dan pengukur genggam.
- 2) Tentukan jarak yang akan diukur dari kemiringan dasar. Lebih jauh lebih baik.
- 3) Tempatkan kedua batang di titik awal dan akhir, letakkan ujung selang berisi air di kedua titik,
- 4) Ukur ketinggian antara muka air dalam meter dan tanda tiang kedua.



Gambar 2. 4 Elevasi dasar sungai

Persamaan kemiringan dasar sungai adalah :

$$I = \Delta h / L$$

$$\Delta h = h_2 - h_1$$

dengan:

L = panjang bagian sungai (m).

h_1 = tinggi muka air dalam selang hulu (m).

h_2 = tinggi muka air dalam selang hilir (m).

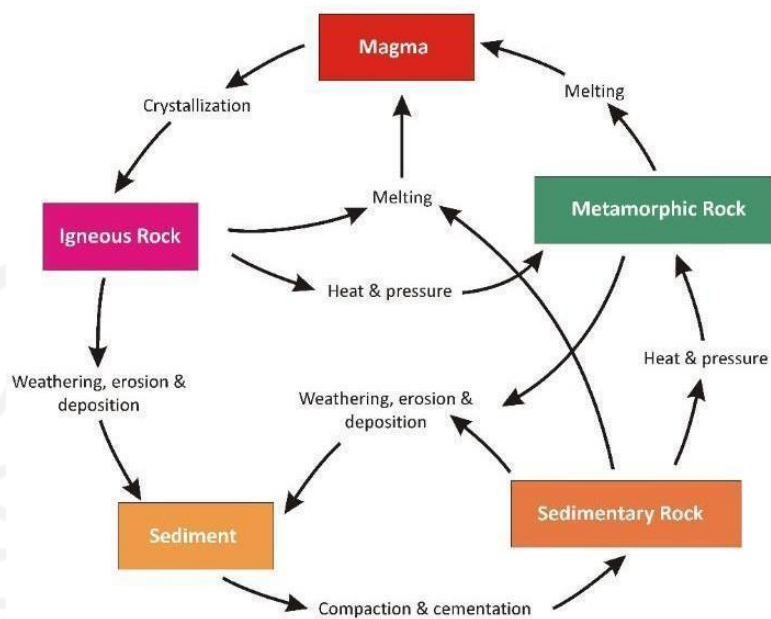
Δh = beda tinggi mukai air dalam selang (m).

I = kemiringan sungai

2.3 Sedimentasi

2.3.1 Transpor Sedimen

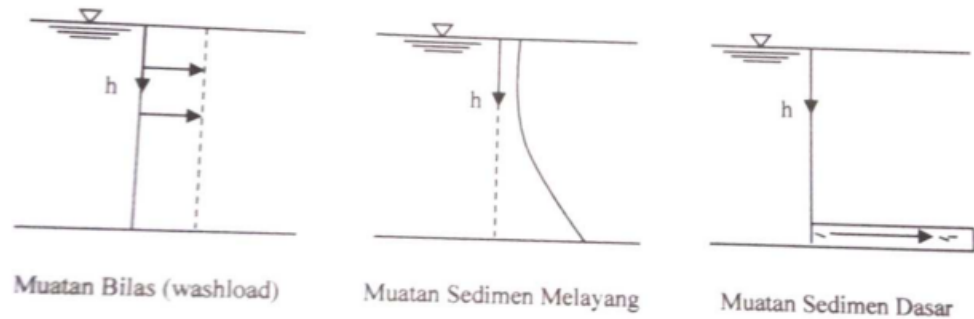
Sedimen merupakan hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi rift, maupun jenis tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di kaki dataran tinggi yang rentan banjir, alur sungai dan waduk (Asdak, 2007). Sedangkan sedimentasi adalah proses pengendapan material yang terfragmentasi oleh air akibat erosi. Proses pengendapan sedimen adalah proses pengumpulan partikel tanah yang dihasilkan oleh kecepatan aliran air pembawa sedimen mencapai kecepatan pengendapan. Proses sedimentasi dapat terjadi di sepanjang lahan basah, dasar sungai, dasar waduk, muara.



Gambar 2. 5 Siklus Terjadinya Sedimen

(Sumber : Tambanga, 2008)

Berdasarkan pada jenis sedimen dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dari bahan induk yang menyusunnya, dikenal berbagai macam sedimen seperti pasir, liat, dan lain sebagainya, tergantung dari ukuran partikelnya, sedimen ditemukan terlarut dalam sungai atau disebut muatan sedimen (*suspended sediment*) dan merayap di dasar sungai atau dikenal sebagai sedimen merayap (*bed load*). Gambar 2.6 berikut menunjukkan klasifikasi angkutan sedimen.



Gambar 2. 6 Klasifikasi Angkutan Sedimen

(Sumber : Soewarno, 1991)

- Muatan cuci (*wash load*), yaitu partikel yang sangat halus bergerak melayang di bagian atas aliran dan tidak mengendap di dasar sungai.
- Muatan layang (*suspended load*), yaitu partikel yang bergerak dalam pusaran aliran yang cenderung terus menerus melayang dengan aliran. Ukuran partikelnya lebih kecil dari 0,1 mm.
- Muatan dasar (*bed load*), yaitu partikel yang bergerak pada dasar sungai dengan cara berguling, meluncur dan meloncat.

2.3.2 Erosi

Erosi dan sedimentasi adalah dua masalah yang saling berkaitan. Erosi tanah, termasuk proses yang melepaskan partikel tanah dan proses berpindahnya tanah akan mengakibatkan pengendapan di tempat lain. Saat hujan mulai turun, hantaman butir-butir air hujan merupakan penghasil utama butiran sedimen yang terlepas dalam proses pengikisan tanah. Seiring dengan aliran air, proses erosi membawa partikel-partikel tanah

lepas ke dalam arus sungai dan menyimpannya di lokasi-lokasi tertentu (muara dan waduk) dalam bentuk sedimentasi. Akumulasi sedimen ini dari waktu ke waktu menyebabkan pendangkalan waduk dan muara, yang selanjutnya mengurangi umur rencana waduk. Besarnya pergerakan sedimen tergantung dari besarnya erosi tanah yang terjadi. Semakin banyak sedimen yang terbawa, semakin besar erosi tanah di daerah tangkapan air yang terkena dampak (Surya , 2021).

Menurut Soemarto (1999), sebagai akibat dari adanya erosi, sedimentasi memberikan beberapa dampak, yaitu:

a) Di sungai

Pengendapan sedimen di dasar sungai yang menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian mengakibatkan tingginya muka air sehingga berakibat sering terjadi banjir.

b) Di saluran

Jika saluran irigasi dialiri air yang penuh sedimen, maka akan terjadi pengendapan sedimen di saluran. Tentu akan diperlukan biaya yang cukup besar untuk pengerukan sedimen tersebut dan pada keadaan tertentu pelaksanaan pengerukan menyebabkan terhentinya operasi saluran.

c) Di waduk

Pengendapan sedimen di waduk akan mengurangi volume efektif waduk yang berdampak terhadap berkurangnya umur rencana waduk.

d) Di bendung atau pintu-pintu air

Pengendapan sedimen mengakibatkan pintu air kesulitan dalam mengoperasikan pintunya, mengganggu aliran air yang lewat melalui bendung atau pintu air, dan akan terjadi bahaya penggerusan terhadap

bagian hilir bangunan jika beban sedimen di sungai berkurang karena telah mengendap di bagian hulu bendung, sehingga dapat mengakibatkan terangkutnya material alas sungai.

2.3.3 Ukuran dan Bentuk Sedimen

Karakteristik sedimen yang dimaksud meliputi : ukuran (*size*), bentuk (*shape*), rapat massa (*density*), dan berat jenis kering (Priyantoro, 1987).

2.3.3.1 Ukuran (*size*)

Partikel butiran sedimen alam memiliki bentuk yang tidak teratur. Oleh karena itu setiap panjang dan diameter akan memberikan arti bentuk kelompok butiran (Krumbein, 1963). Secara garis besar skala butiran adalah sebagai berikut :

1. Brangkal (boulders) : >256mm
2. Krakal (cobbles) : 256mm-64 mm
3. Krikil (gravel) : 2mm-64 mm
4. Pasir (sand) : 2mm-0,062mm
5. Lanau (silt) : 0,062mm-0,004mm
6. Lempung (clay) : <0,004mm

Table 2.2 berikut memperlihatkan skala kelas pengelompokan partikel yang diusulkan oleh persatuan Geofisika Amerika , American Geophysical Unicon (AGU).

Tabel 2. 2 Skala Kelas Pengelompokan Partikel yang Diusulkan oleh AGU

Ukuran	Ukuran		Kelas	
	Milimeter	Mikron		Inchi
4000 – 2000			160 – 80	Berangkal sangat besar
2000 – 1000			80 – 40	Berangkal besar
1000 – 500			40 – 20	Berangkal sedang
500 – 250			20 – 10	Berangkal kecil
250 – 130			10 – 5	Kerakal besar
130 – 64			5 – 2,5	Kerakal kecil
64 – 32			2,5 – 1,3	Kerakal sangat berkwarasa
32 – 16			1,3 – 0,6	Kerikil berkwarasa
16 – 8			0,6 – 0,3	Kerikil sedang
8 – 4			0,3 – 0,16	Kerikil halus
4 – 2			0,16 – 0,08	Kerikil sangat halus
2 – 1	2000 – 1000			Pasir sangat berkwarasa
1 – 0,5	1000 – 500			Pasir berkwarasa
0,5 – 0,25	500 – 250			Pasir sedang
0,25 – 0,125	250 – 125			Pasir halus
0,125 – 0,062	125 – 62			Pasir sangat halus
0,062 – 0,031	62 – 31			Lanau berkwarasa
0,031 – 0,016	31 – 16			Lanau sedang
0,016 – 0,008	16 – 8			Lanau halus
0,008 – 0,004	8 – 4			Lanau sangat halus
0,004 – 0,002	4 – 2			Lempung berkwarasa
0,002 – 0,001	2 – 1			Lempung sedang
0,001 – 0,0005	1 – 0,5			Lempung halus
0,0005 – 0,00025	0,5 – 0,24			Lempung sangat halus

Bentuk (s) (Sumber : *American Geophysical Union*)

Bentuk dari sedimen alam beranekaragam dan tidak terbatas. Ukuran partikel sedimen itu sendiri belum cukup untuk menjelaskan butir-butir sedimen. Sifat-sifat yang paling penting dan berhubungan dengan angkutan sedimen adalah bentuk dan kebulatan butir (H. Wadell dalam Priyantoro, 1987).

Menurut H. Wadell dalam Priyantoro (1987) bentuk partikel dinyatakan sebagai suatu faktor bentuk (SF) yaitu :

1. Untuk partikel berbentuk bola memiliki factor bentuk (SF) = 1
2. Untuk partikel pasir alam memiliki factor bentuk (SF) = 0,7

2.3.3.3 Rapat Massa (*density*)

Rapat massa butiran-butiran sedimen (< 4 mm) umumnya tidak banyak berselisih. Rapat massa rata-rata dapat di ambil $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$, secara tipikal berat jenis berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75 (Teterin, 2010). Hal ini dikarenakan kwarts (pasir) adalah yang paling banyak terdapat didalam sedimen alam. Bila dinyatakan dalam *specific gravity* (G_s) maka besarnya :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{\rho_s}{\rho_w} \\ = \frac{2650}{1000} = 2,65$$

2.3.3.4 Berat Jenis

Berat jenis (*bulk density*) adalah massa endapan material sedimen kering dalam unit volume. Untuk mendapatkan nilai berat jenis kering digunakan rumus sebagai berikut:

$$G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{((W_4 \cdot k - W_1) - (W_3 - W_2))}$$

dengan :

W_1 = berat piknometer (gr).

W_2 = berat piknometer + sampel (gr).

W_3 = berat piknometer + sampel + air (gr).

W_4 = berat piknometer + air (gr).

K = faktor koreksi temperature

Tabel 2. 3 Faktor Koreksi Temperature

T	18	19	20	21	22	23	24
K	1.0016	1.0014	1.0012	1.0010	1.0007	1.0005	1.0003
T	25	26	27	28	29	30	31
K	1.0000	0.9997	0.9995	0.9992	0.9989	0.9986	0.9983

(Sumber : Anonim, 2009)

2.3.4. Analisa Saringan Butiran

Analisis ukuran partikel atau granulasi berarti pemisahan/pengelompokan tanah menurut fraksi (butiran) yang berbeda. Perbedaan pecahan dinyatakan dalam persen dan berat kering total. Analisis saringan adalah metode yang paling umum dan banyak digunakan untuk menganalisis ukuran partikel. Digunakan satu set saringan, baik dengan menggunakan standar ASTM (inch) atau SI (mm). Tabel 2.1 dibawah ini memberikan berbagai ukuran saringan baik dalam standar ASTM maupun SI.

Tabel 2. 4 Berbagai ukuran saringan dalam standar ASTM dan SI

No Saringan	ASTM		SI	
	ditandai (inchi)	Lubang (mm)	Ditandai	Lubang (mm)
-	2	50,80	50 mm	50,00
-	1,5	38,10	40 mm	40,00
-	2/4	19,00	20 mm	20,00
-	3/8	9,51	10 mm	10,00
-	4	4,76	4,75 mm	4,75
-	7	2,83	2,80 mm	2,80
10	1	2,00	2,00 mm	2,00
14	14	1,41	1,40 mm	1,40
16	16	1,19	1,18 mm	1,18
18	18	1,00	1,00 mm	1,00
20	-	-	0,85 mm	0,85
30	30	0,595	600	0,60
35	35	0,500	500	0,50
40	40	0,420	425	0,425
45	45	0,354	355	0,355
60	60	0,250	250	0,250
70	70	0,210	212	0,212
80	80	0,177	180	0,180
100	100	0,149	150	0,150
120	120	0,125	125	0,125
140	-	-	106	0,106
170	170	0,088	90	0,090
200	200	0,074	75	0,075
325	325	0,044	45	0,045

(Sumber : *ASTM dan SI*)

Dari hasil analisis, dapat diperlihatkan dalam beberapa macam cara yang berbeda, untuk mendapatkan suatu informasi dan kesimpulan tertentu mengenai distribusi butiran, yaitu antara lain yang bisa dilakukan adalah dengan kurva frekwensi kumulatif.

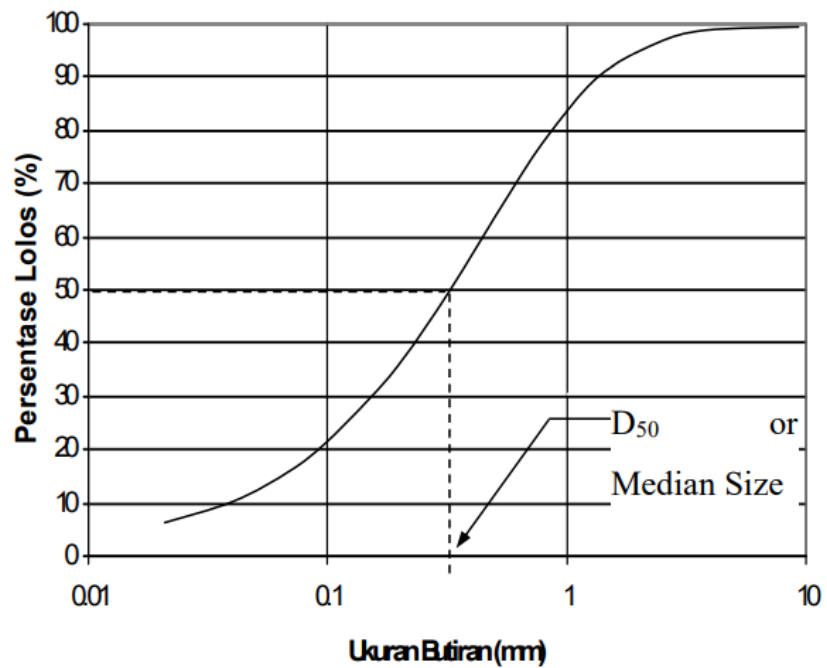
a. Kurva frekwensi

Dengan analisis butiran dapat diketahui berat total sampel yang terletak diantara dua saringan dengan ukuran yang berbeda. Untuk absis dipergunakan skala logaritmik dan ordinat dipergunakan skala linier.

b. Kurva frekwensi kumulatif

Kurva frekwensi kumulatif diperoleh dengan menggambarkan persentase berat butiran lebih halus (lolos saringan) atau lebih kasar dari suatu ukuran (saringan) sebagai ordinat dan ukuran butiran sedimen sebagai absis.

Apabila kurva frekwensi kumulatif untuk distribusi ukuran butiran digambarkan pada kertas semi logaritmik, seperti pada gambar 2.7 berikut.



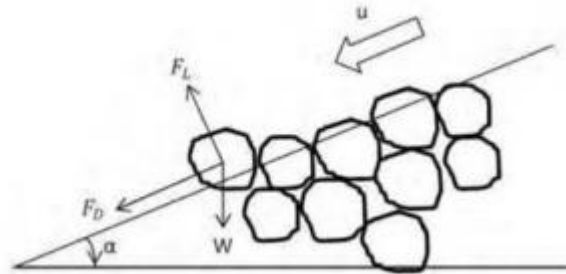
Gambar 2. 7 Kurva frekwensi kumulatif

(Sumber : Garde dan Raju, 2000)

2.3.5 Pergerakan Material Dasar

Adapun variasi ukuran butiran (non uniform sediment) pada saluran alamiah yang menyebabkan pergerakan material dasar sangat kompleks dan tidak mudah di prediksi. Persamaan yang digunakan untuk

menghitung tingkat transportasi sedimen atau untuk memeriksa stabilitas kerikil pada permukaan dasar sungai adalah :



Gambar 2. 8 Parameter Awal Gerak Partikel Butiran Sedimen (Hassanzadeh, 2012)

$$\text{Kecepatan geser } U^* = \sqrt{g \cdot R \cdot I}$$

dengan :

g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

R = jari-jari hidrolis (m)

I = kemiringan

U^* = kecepatan geser butiran (m/dt)

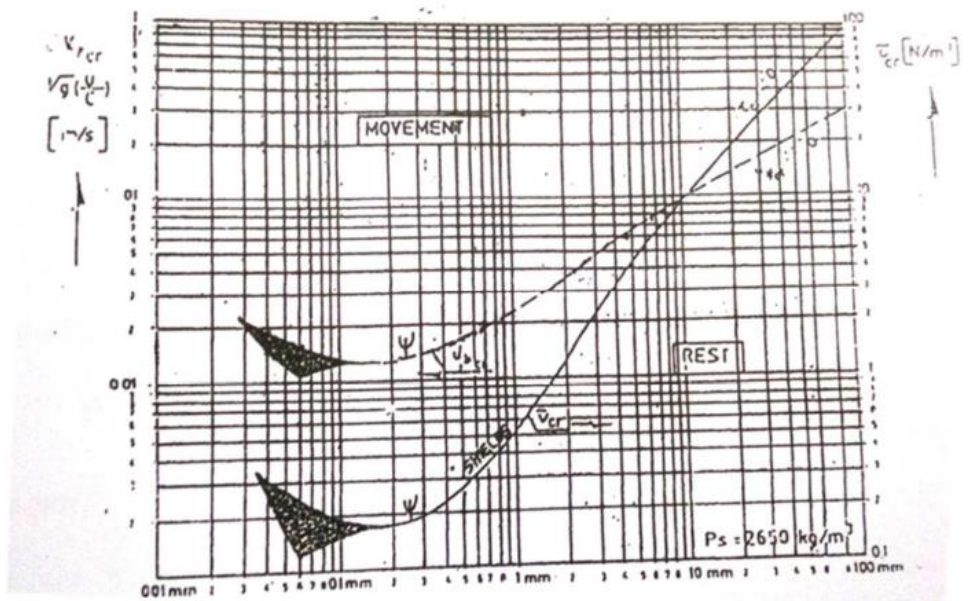
Apabila kecepatan aliran sangat kecil, material dasar alur tidak bergerak sam sekali. Pada saat kecepatan bertambah secara bertahap, suatu saat akan dicapai dimana sebagian material dasar mulai bergerak. Keadaan ini disebut gerakan awal sedimen (*incipient motion*). Pada saat tersebut diatas, gaya seret yang terjadi disebut gaya seret kritis (*critical tractive force: τ_{cr}*) sedangkan aliran pada butiran tersebut disebut kecepatan geser kritis (*critical shear velocity: U^*_{cr}*) (Hermawan, 2021).

Dari keterangan di atas, dapat disimpulkan bahwa Bergeraknya butiran dapat dilihat dari perbandingan U^* dengan U^*_{cr} apabila :

$$U^* > U^*_{cr} = \text{butiran bergerak}$$

$$U^* < U^*_{cr} = \text{butiran diam}$$

Menurut Einsten diameter kekasaran dasar untuk sedimen campuran/ tidak seragam adalah D65, artinya ukuran saringan yang dilewati oleh 65% berat campuran sedimen. Dan untuk nilai kecepatan geser kritis (U^*_{cr}) dapat dicari melalui grafis Shield dengan melihat besar diameter butiran (D65) untuk masing- masing percobaan. Grafik Shields dapat dilihat seperti Gambar berikut :



Gambar 2. 9 Grafik Shield

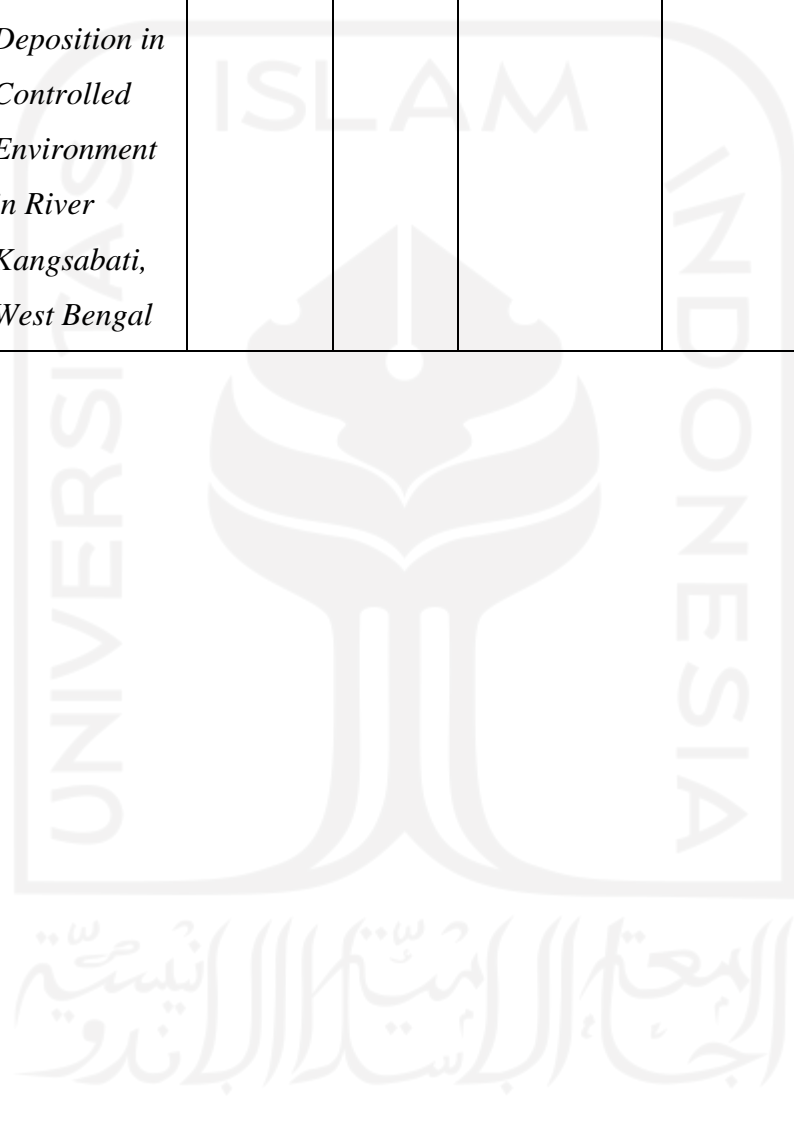
(Sumber : Priyantoro,1987)

2.4 Penelitian yang Relevan

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun	Variable yang diteliti	Metode Penelitian	Tujuan
1	Prediksi Laju Sedimentasi di Sub DAS Rawapening Kabupaten Semarang	Bayu Edhi Catur Sadewo, <i>et all</i>	2021	Laju erosi	Analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan model ArcGIS	Estimasi laju sedimentasi di Danau Rawapening berdasarkan perhitungan laju sedimentasi pada masing-masing sungai di Sub DAS Rawapening
2	Analisis Angkutan Sedimen di Sungai Air Kolongan Kabupaten Minahasa Utara	Mirza Arrazy Sumardi, <i>et all</i>	2018	Muatan Sedimen Dasar (Bed Load) dan Muatan Sedimen Melayang (Suspended Load)	Metode L.C. Van Rijn dan Einstein	Mendapatkan besaran angkutan sedimen pada “Sungai Air Kolongan Kabupaten Minahasa Utara”.
3	Perencanaan Sabo Untuk Mengendalikan Laju Sedimentasi di Rawa Pening	Ardian Alfianto, <i>et all</i>	2021	Sedimentasi dan Sabo	Estimasi Laju Sedimen dengan WaTEM/SE DEM	Mengetahui potensi sedimen terbesar diprediksi akan dialirkan melalui

4	Studi Karakteristik dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng Kabupaten Bangka Barat	Roby Hambali dan Yayuk Apriyanti	2016	Karakteristik dan Laju Sedimentasi	Metode Uji Gradasi dan Piknometer	Mengetahui karakteristik sedimen yang ada di Sungai Daeng dan Laju Sedimentasinya
5	Analysis Sedimentasi di Muara Salawungko di Desa Tounulet Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa	Olvia Mokoni, et al	2013	Sedimen dasar (<i>bed load</i>)	Metode Einstein, Van Rijn, Meyer Peter	Untuk menganalisis debit sedimen dasar (<i>bed load</i>) di muara sungai Saluwangko.
6	<i>Spatial and temporal trends for water-flow velocity and bed-material sediment transport in the lower Mississippi River</i>	Jeffrey A. Nittrouer, et al	2012	<i>Bed-Material Transport</i>	<i>Bed-load transport formulation of Ashida and Michiue</i>	<i>Measures crosssectional area of flow for a range of water discharge conditions across the normal-flow to backwater transition in the Mississippi River.</i>

7	<i>Grain Size Characterization of Instream Sand Deposition in Controlled Environment in River Kangsabati, West Bengal</i>	<i>Raj Kumar Bhattacharya, et al</i>	2016	<i>Grain Size Characterization</i>	<i>ASTM Erode colt sieve were measured by GRADISTAT</i>	<i>This study aims to find out the relationship between grain size and bed shear stress in normal condition and depositional changes due to human intervention</i>
---	---	--------------------------------------	------	------------------------------------	---	--



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

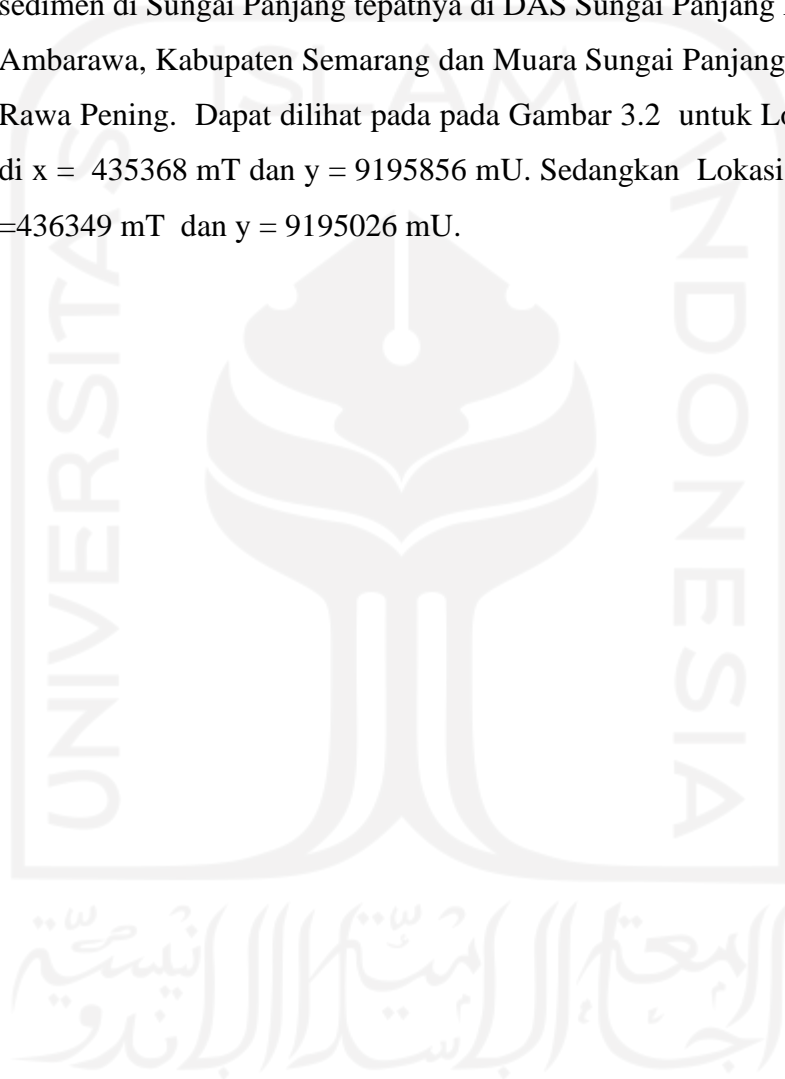
Dalam penelitian ini dilakukan penelitian sesuai dengan tahapan penelitian sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.

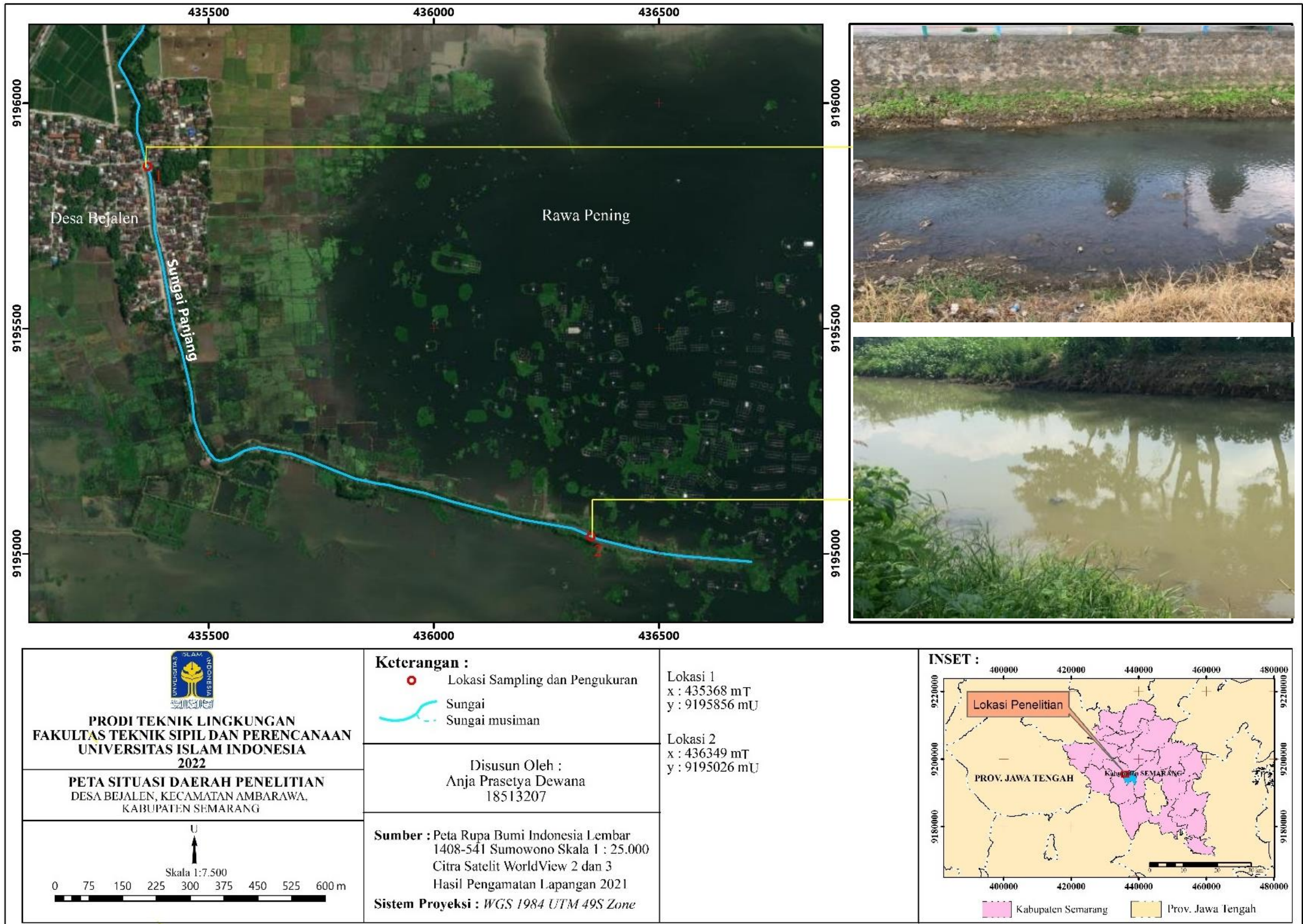


Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

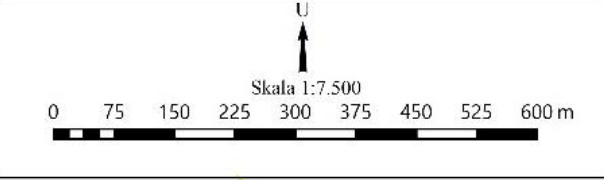
Pengambilan data ini diambil dari pengambilan data primer dan sekunder yang menggunakan metode observasi dan sampling secara langsung yang dilakukan untuk menentukan lokasi pengambilan sampel sedimen di Sungai Panjang tepatnya di DAS Sungai Panjang Desa Bejalen, Ambarawa, Kabupaten Semarang dan Muara Sungai Panjang yang menuju Rawa Pening. Dapat dilihat pada Gambar 3.2 untuk Lokasi I berada di $x = 435368$ mT dan $y = 9195856$ mU. Sedangkan Lokasi 2 berada di $x = 436349$ mT dan $y = 9195026$ mU.









PRODI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PETA SITUASI DAERAH PENELITIAN
 DESA BEJALEN, KECAMATAN AMBARAWA,
 KABUPATEN SEMARANG



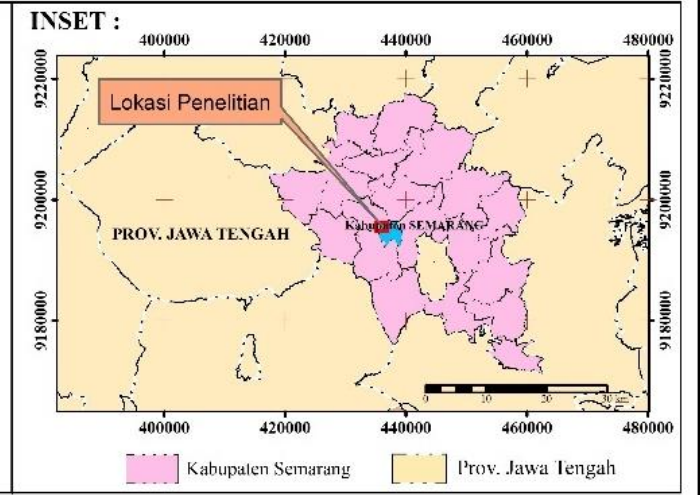
Keterangan :
 Lokasi Sampling dan Pengukuran
 Sungai
 Sungai musiman

Disusun Oleh :
 Anja Prasetya Dewana
 18513207

Sumber : Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar
 1408-541 Sumowono Skala 1 : 25.000
 Citra Satelit WorldView 2 dan 3
 Hasil Pengamatan Lapangan 2021
Sistem Proyeksi : WGS 1984 UTM 49S Zone

Lokasi 1
 x : 435368 mT
 y : 9195856 mU

Lokasi 2
 x : 436349 mT
 y : 9195026 mU



Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian Sungai Panjang

(Sumber : Peta RBI Kabupaten Semarang)

Untuk tahap kedua, dilakukan di dalam laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juli-September 2022.

3.2 Metode Penelitian

3.3.1 Alat

Berikut merupakan peralatan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian:

- a. *Current meter* tipe TH-02 Tatonas, untuk mengukur kecepatan aliran.
- b. Mistar ukur atau meter taraf, untuk mengukur kedalaman air.
- c. Meteran, sebagai alat ukur jarak pada kegiatan survey.
- d. *Stopwatch*, untuk menghitung lamanya pengamatan.
- e. *Grab Sampler tipe Ekman Grab* model besi, alat penangkap sedimen dasar.
- f. Botol plastik yang sudah di beri label, untuk menempatkan sampel sedimen.
- g. Oven, untuk mengeringkan sampel sedimen.
- h. Neraca (timbangan) dengan ketelitian 0,01 gram.
- i. Piknometer tipe ukuran 50 ml, untuk uji berat jenis.
- j. Ayakan, untuk uji gradasi butiran.
- k. Thermometer untuk mengukur suhu.



Gambar 3. 3 Alat ukur kecepatan aliran (*current meter*)
(Sumber : TH-02 Tatonas.com)

3.3.2 Bahan :

Berikut merupakan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian:

- a. Material sedimen *bed load* dari Sungai Panjang Desa Bejalen dan Muara Sungai Panjang.
- b. Air suling atau *aquades* untuk merendam material saat uji berat jenis.

3.3.3 Metode Pengambilan Data

Untuk keperluan analisis perlu dicari data yang merupakan variabel dalam pemecahan masalah.

A. Data primer

Data primer sedimen berupa *bedload* yang diambil pada lokasi penelitian, data debit aliran, kecepatan aliran, kedalaman aliran, lebar dasar

sungai, kemiringan dasar sungai, dan data karakteristik sedimen yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian.

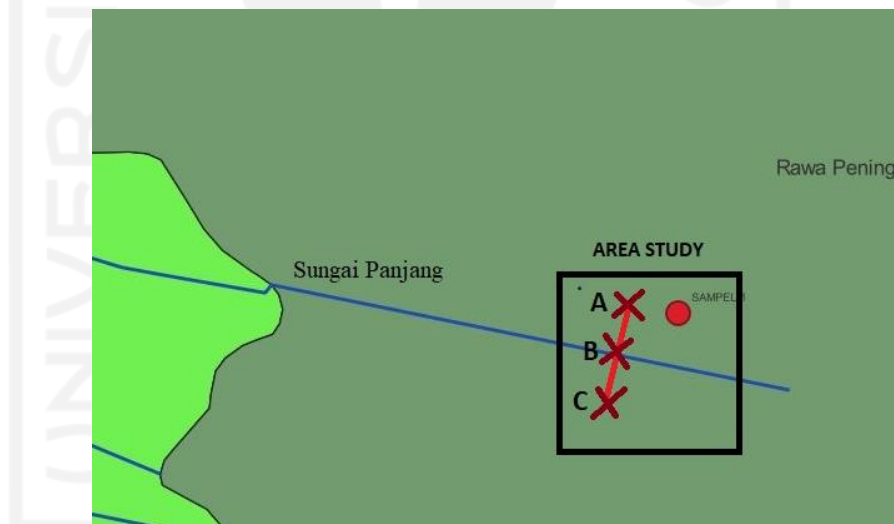
Pengukuran Kecepatan Aliran dilakukan menggunakan SNI 3408 : 2015, Tata cara pengukuran kecepatan aliran pada uji model hidraulik fisik (UMH-Fisik). Sedangkan pengambilan sedimen dasar (*bed load*) dengan menggunakan *Grab Sampler* untuk mengambil sampel sedimen pada perairan dangkal. Pengambilan sedimen dasar (*bed load*) dengan menggunakan tipe Ekman Grab model besi. Pengambilan sedimen dilakukan dengan menggunakan metode *Equal Widht Increment* (EWI) yaitu metode dengan cara membagi lebar penampang sungai menjadi beberapa bagian yang sama tergantung dari jumlah sampel yang akan di ambil (Iswahyudi, 2018). Vertical pengambilan sampel terletak pada tengah – tengah dari bagian penampang tempat pengambilan sampel. Alat ini menggunakan dua rahang atau jepitan untuk menyekop sedimen. Berikut merupakan alat pengambilan sample sedimen pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Alat Pengumpul Sedimen tipe Ekman Grab model Besi

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2022)

Pengumpulan sedimen dengan alat ini dilakukan pada 1 titik pengamatan, yakni diletakkan di tengah pada 2 lokasi yaitu pada hilir pertemuan anak sungai dan muara DAS Sungai Panjang. Pada 2 lokasi tersebut menjadi acuan dalam penelitian ini yaitu pada lokasi pertama digunakan untuk menghitung laju sedimentasi di Sungai Panjang dengan mengukur kecepatan aliran pada setiap lokasi ada 3 titik yaitu pias kanan, tengah dan pias kiri. Sedangkan pada muara Sungai Panjang merupakan hasil dari *contributor* sedimentasi pada Rawa Pening yang merupakan salah satu inlet terbesarnya Sungai Panjang. Setiap lokasi penelitian terdapat 3 titik lokasi pengamatan dengan jumlah titik totalnya berjumlah 6 titik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3. 5 Lokasi Pengamatan Kedua di Muara Sungai Panjang

Sumber : QGIS Peta Kab. Semarang

B. Data Sekunder

Data sekunder yakni data yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Pengambilan data sekunder diperoleh berdasarkan acuan dan literatur yang dikumpulkan dan berhubungan dengan materi penelitian, jurnal ilmiah yang berhubungan dengan penelitian. Data-data yang diperlukan meliputi data debit sedimen, kemiringan dasar sungai, serta

peta lokasi penelitian. Data diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana.

3.3 Metode Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik observasi langsung dan analisis secara Empiris dengan pengukuran periodik selama 3 bulan di Ordo terakhir Sungai Panjang dan Muara Sungai Panjang Desa Bejalen, Rawa Pening. Empiris adalah data yang didapatkan dari hasil pengamatan (observasi) atau pengambilan sample secara langsung. Bukti empiris yang didapat dari hasil pengamatan berupa data atau kondisi nyata di lapangan. Data empiris adalah sebuah bukti yang didapatkan setelah melalui proses observasi dan penelitian sehingga tingkat validitasnya teruji.

3.4.1 Tahapan Pengukuran

Tahapan pengukuran dilakukan dengan cara merawas. Merawas di laksanakan apabila keadaan alur dan kecepatan aliran sungai memungkinkan untuk diseberangi langsung. Cara pengukuran merawas ini mempunyai keuntungan dapat memilih penampang melintang yang terbaik untuk pengukuran (Soewarno, 1991).

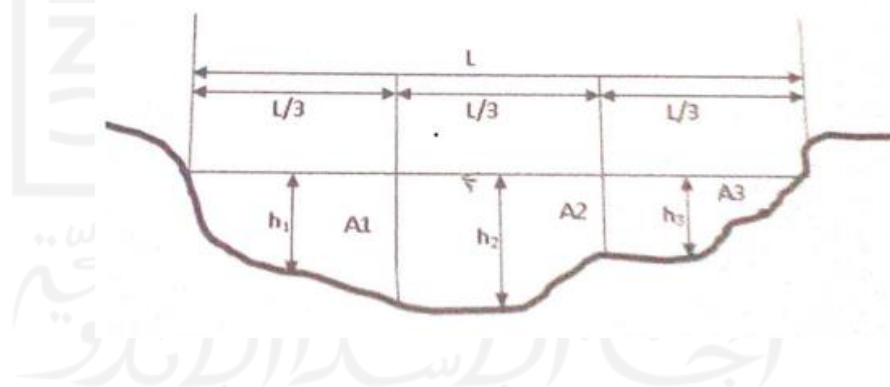
Adapun tahapan pengukuran antara lain :

1. Pengukuran lebar aliran sungai permukaan diukur dengan menggunakan meteran, dengan cara membentangkan meteran pada sisi tebing kiri dan tebing kanan sungai.
2. Pengukuran tinggi muka air dilakukan di setiap penampang melintang sungai yang telah di bagi menjadi tiga pias. Sedangkan untuk mendapatkan profil penampang, dilakukan pengukuran tinggi muka air dari pias kanan, tengah dan pias kiri. Alat yang di

gunakan adalah meter taraf dan paku penancap dengan benang kasur/tali tukang yang dipasang setiap ujung dari lebar penampang sungai.

3. Pengukuran kemiringan dasar saluran diperoleh dengan cara mengukur perbedaan tinggi muka air. Panjang selang di rencanakan sepanjang 20 meter untuk penentuan bentangnya.
4. Pengukuran kecepatan aliran sungai diperoleh dengan cara mengukur kecepatan disetiap pias yang sudah dibagi disuatu penampang melintang sungai dengan menggunakan alat ukur arus yaitu current meter. Mengukur kecepatan aliran tiap pias dalam kedalaman yang ditentukan **SNI 3408:2015** tentang Tata cara pengukuran kecepatan aliran pada uji model hidraulik fisik (UMH-Fisik) dengan alat ukur arus tipe baling-baling.

Adapun sketsa pengukuran tiap penampang melintang dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Tampak melintang titik pengukuran sungai

3.4.2 Tahap Pengujian Laboratorium

3.4.2.1 Uji Berat Jenis

Pengujian ini dilakukan mengetahui berat jenis material. Alat-alat yang dipergunakan dalam pengujian untuk berat jenis ini

adalah Piknometer ukuran 50 ml dengan **SNI 1964:2008** tentang Cara Uji Berat Jenis Tanah.

3.4.2.2 Uji Gradasi

Uji gradasi dilakukan dengan cara analisa ayakan (Analisis Saringan sesuai **SNI 03-1968- 1990**), dimana analisa saringan ini dipakai 2 seri saringan yaitu :

- a. Bila diameter butiran > 2 mm, digunakan saringan ukuran lubang : 3" (76,2 mm); 2" (50,8 mm); 1 ½" (38,1 mm); 1" (25,4 mm); ¾" (19,05 mm); no..4 (4,75 mm); dan no 10 (2,0 mm).
- b. Bila diameter butiran < 2 mm digunakan saringan dengan ukuran lubang : no 10 (2,0 mm); no 20 (0,85 mm); no 40 (0,425 mm); no 60 (0,25 mm); no 140 (0,106 mm); no 200 (0,075 mm).

3.4.3 Perhitungan Secara Empiris

Banyak rumus yang dapat digunakan untuk menghitung angkutan sedimen sejak Du Boys (1879) menyajikan hubungan gaya seretnya. Masalah yang sering dihadapi adalah memilih satu atau beberapa rumus yang sesuai untuk dipakai dalam memecahkan suatu masalah. Dalam penelitian ini menggunakan rumus - rumus diantaranya:

A. Metode M.P.M (Meyer- Peter dan Muller)

M.P.M melakukan beberapa kali penelitian pada flume dengan coarse sand dan menghasilkan hubungan empiris antara ϕ dan ψ' sebagai berikut:

$$\Phi = (4 \psi' - 0,188)^{3/2}$$

$$S = \Phi (g \cdot \Delta \cdot D_m^3)^{1/2}$$

dengan :

Φ = intensitas angkutan sedimen

S = volume angkutan sedimen ($m^3 / dt/m$)

ψ' = intensitas pengaliran efektif

Δ = rasio perbandingan antara massa sedimen dengan rapat massa air = $(\rho_s - \rho_w) / \rho_w$

g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/dt}^2$)

D_m = diameter efektif ($D_{50} - D_{60}$)

Intensitas pengaliran efektif dirumuskan sebagai berikut :
(Priyantoro, 1987)

$$\psi' = \frac{\mu \cdot R \cdot I}{\Delta \cdot D_m}$$

dengan:

μ = ripple factor = $(C/C')^{3/2}$

R = jari- jari hidrolis (m)

I = kemiringan dasar sungai

D_m = diameter efektif ($D_{50} - D_{60}$)

C = friction factor angkutan

C' = friction factor intensif

Sedangkan untuk mencari friction factor angkutan (C) dan friction factor intensif (C') adalah :

$$C = \frac{\bar{u}}{\sqrt{R \cdot I}}$$

$$C' = 18 \log \frac{12.R}{D_{90}}$$

dengan:

\bar{U} = kecepatan rata-rata (m/dt)

R = jari-jari hidrolis (m)

I = kemiringan dasar sungai

D₉₀ = diameter butiran lolos saringan 90% (mm).

B. Metode Einstein

Einstein menetapkan persamaan *bed load* sebagai persamaan yang menghubungkan gerak material dasar dengan pengaliran setempat. Persamaan ini menggambarkan keadaan kesetimbangan daripada pertukaran butiran dasar antara lapisan dasar (*bed layer*) dan dasarnya. Einstein menggunakan $D = D_{35}$ untuk parameter angkutan, sedangkan untuk kekasaran digunakan $D = D_{65}$ (Priyantoro, 1987).

$$S = \Phi (g \cdot \Delta \cdot D_{35}^3)^{1/2}$$

$$\Phi = 0,044638 + 0,36249 \psi' - 0,226795 \psi'^2 + 0,036 \psi'^3$$

dengan:

S = volume angkutan sedimen (m³ /dt/m)

Φ = intensitas angkutan sedimen

ψ' = intensitas pengaliran efektif

Δ = rasio perbandingan antara massa sedimen dengan rapat massa air = $(\rho_s - \rho_w) / \rho_w$

g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)

D_{35} = diameter butiran lolos saringan 35%

ρ_s = rapat massa butiran (kg/m³)

ρ_w = rapat massa air (kg/m³)

Intensitas pengaliran efektif dirumuskan sebagai berikut :
(Priyanto, 1987)

$$\psi' = \frac{\mu \cdot R \cdot I}{\Delta \cdot D_{35}}$$

dengan:

μ = ripple factor = $(C/C')^{3/2}$

R = jari- jari hidrolis (m)

I = kemiringan dasar sungai

D_{35} = diameter butiran lolos saringan 35% (mm)

C = friction factor angkutan

C' = friction factor intensif

Δ = rasio perbandingan antara massa sedimen dengan rapat massa air = $(\rho_s - \rho_w) / \rho_w$

Sedangkan untuk mencari (C) sama dengan rumus M.P.M, dan untuk rumus (C') sebagai berikut :

$$C = \frac{\bar{v}}{\sqrt{R \cdot I}}$$

$$C' = 18 \log \frac{12 \cdot R}{D_{65}}$$

dengan :

R = jari- jari hidrolis (m)

I = kemiringan dasar sungai

D_{65} = diameter butiran lolos saringan 65% (mm)



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Morfologi dan Aliran Sungai Panjang

4.1.1 Morfologi Sungai Panjang

Terdapat 16 sungai yang bermuara di Danau Rawa Pening dan satu sungai yang mengalir keluar. Sungai Panjang merupakan salah satu dari 16 sungai yang merupakan anak sungai Danau Rawa Pening. Saat musim hujan, desa-desa di sekitar Danau Rawa Pening sering kali terancam banjir, termasuk Desa Bejalen di sepanjang Sungai Panjang. Banjir disebabkan oleh banyak faktor, antara lain Desa Bejalen di hulu yang sering menerima angkutan banjir dan sedimentasi dari hulu sehingga menyebabkan daya tampung sungai berkurang akibat pendangkalan. Berdasarkan penelitian terdahulu debit banjir yang dihasilkan oleh Sungai Panjang mencapai 78,29 m³/dt di musim penghujan. Sungai Panjang termasuk ke dalam jenis Sungai Hujan yang alirannya berasal air hujan dan mata air dan merupakan Sungai Periodik yang mengalirkan air lebih sedikit di musim kemarau dan lebih banyak air di musim hujan (Dariyanti, 2022).

4.1.2 Karakteristik Aliran

Salah satu faktor yang mempengaruhi angkutan sedimen dapat bergerak maupun bergeser di sepanjang dasar sungai atau bergerak melayang pada aliran sungai adalah kondisi aliran sungai. Karakteristik aliran sungai meliputi kecepatan aliran (V), luas penampang sungai (A), keliling basah (P), debit (Q) dan jari-jari hidrolis (R). Untuk mencari variabel-variabel tersebut dilakukan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

4.1.3 Perhitungan Kecepatan Aliran Sungai (V)

Kecepatan aliran sungai Panjang pada penelitian ini menggunakan alat current meter yang diletakkan dalam ketinggian tertentu pada SNI 3408 Tahun 2015 tentang Tata cara pengukuran kecepatan aliran pada uji moel hidraulik fisik (UMH-Fisik) dengan alat ukur arus tipe baling-baling. Pada penelitian ini menggunakan metode satu titik dan tiga titik pengukuran pada masing-masing pias. Pengukuran kecepatan aliran dengan alat current meter dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Pengambilan data kecepatan aliran Sungai Panjang

(Sumber: Data Lapangan, 2022)

Perhitungan kecepatan aliran di penampang melintang sungai Panjang pada penelitian dengan alat *current meter* sebagai berikut :

- a. Menghitung kecepatan rata-rata tiap pias

Data kecepatan yang diperoleh pada sungai Panjang di lapangan. Oleh karena itu kecepatan rata-rata tiap pias dapat dihitung sesuai dengan kedalamannya menggunakan metode satu dan tiga titik berdasarkan *SNI 3408-2015*. Berikut ini merupakan hasil perhitungan kecepatan pada lokasi penelitian dalam bentuk Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran kecepatan Sungai Panjang lokasi ke-1 bulan ke-1 sampai ke-3.

Bulan	Pias	H (m)	V _{0,2H} (m/s)	V _{0,6H} (m/s)	V _{0,8H} (m/s)	V(m/s)	Vrata-rata (m/s)
1	1	0.380	0.567	0.430	0.183	0.403	0.417
	2	0.510	0.407	0.400	0.357	0.391	
	3	0.370	0.483	0.463	0.420	0.458	
2	1	0.170	*	0.167	*	0.167	0.190
	2	0.200	*	0.252	*	0.252	
	3	0.150	*	0.151	*	0.151	
3	1	0.200	*	0.376	*	0.376	0.355
	2	0.240	*	0.320	*	0.320	
	3	0.190	*	0.367	*	0.367	

Keterangan : * = Tidak dilakukan karena H kurang 5 kali diameter baling-baling/Menggunakan Metode Satu Titik

(Sumber : Hasil Perhitungan Data Primer, 2022)

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran kecepatan Sungai Panjang lokasi ke-2 bulan ke-1 sampai ke-3.

Bulan	Pias	H (m)	V _{0,2H} (m/s)	V _{0,6H} (m/s)	V _{0,8H} (m/s)	V(m/s)	Vrata-rata (m/s)
1	1	0.950	0.117	0.143	0.133	0.134	0.097
	2	1.050	0.133	0.100	0.100	0.108	
	3	0.980	0.122	0.010	0.050	0.048	
2	1	0.850	0.053	0.027	0.013	0.030	0.018
	2	0.880	0.053	0.028	0.027	0.011	
	3	0.870	0.045	0.026	0.026	0.012	
3	1	0.089	0.090	0.074	0.015	0.063	0.060
	2	0.082	0.081	0.066	0.012	0.056	
	3	0.086	0.087	0.073	0.014	0.062	

(Sumber : Hasil Perhitungan Data Primer, 2022)

Berdasarkan Tabel 4.1 dan 4.2 didapatkan kecepatan rata-rata pada Lokasi 1 selama 3 kali pengambilan secara periodik pada bulan Juli s/d September sebesar 0,417 m/dt, 0,19 m/dt dan 0,355 m/dt. Sedangkan pada Lokasi 2 didapatkan perhitungan sebesar 0,097 m/dt, 0,018 m/dt, 0,030 m/dt.

4.1.4 Perhitungan Luas Penampang (A), Keliling Basah Sungai (P) dan Jari-Jari Hidrolis (R)

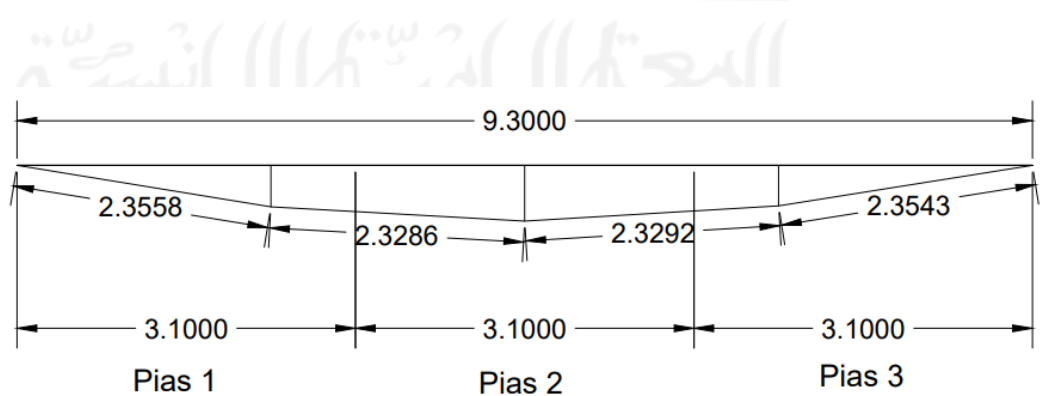
Data yang diperlukan untuk menghitung nilai luas penampang (A) dan keliling basah sungai (P) pada penelitian ini adalah pengukuran lebar penampang melintang sungai menggunakan meteran dan taraf ukur, lebar dan kedalaman sungai dapat dilihat pada Gambar 4.2.



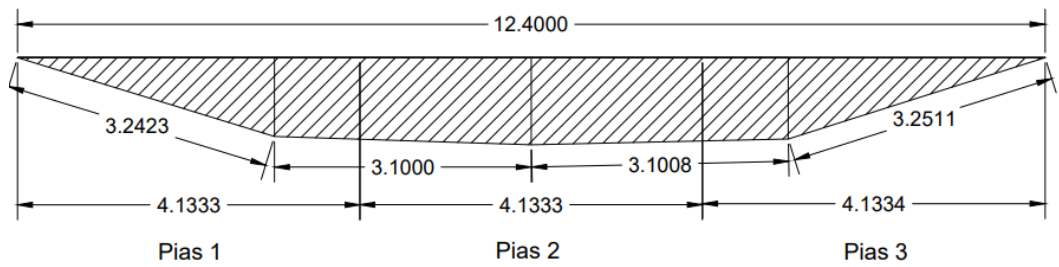
Gambar 4. 2 Pengukuran lebar dan kedalaman sungai Panjang

(Sumber: Data Primer Lapangan, 2022)

Dari data di lapangan didapatkan gambar penampang melintang sungai pada pengambilan data lokasi ke - 1 seperti Gambar 4.3 dan lokasi Ke-2 seperti Gambar 4.4 di bawah ini :



Gambar 4. 3 Potongan Melintang Lokasi ke- 1 Bulan Pertama



Gambar 4. 4 Potongan Melintang Lokasi ke- 2 Bulan Pertama

(Sumber : Hasil Sketsa Autocad, 2022)

Dengan memanfaatkan fasilitas area pada Autocad maka luas dan keliling basah penampang sungai dapat dicari. Dari penampang melintang sungai di atas diperoleh hasil pada Tabel 4.3 dan 4.4. Data selengkapnya dapat dilihat pada lembar lampiran.

Tabel 4. 3 Perhitungan Luas dan Keliling Basah Lokasi Penelitian

Lokasi	Bulan	Luas Total (m ²)	Keliling Basah (m)
1	1	2.930	9.368
	2	0.976	7.117
	3	1.403	8.521
2	1	9.238	12.696
	2	7.735	12.144
	3	8.047	12.351

Perhitungan jari-jari hidrolis dapat dihitung dengan nilai luas penampang basah (A) dibagi keliling basah sungai (P), dimana perhitungan jari-jari hidrolis yang didapatkan pada lokasi 1 dan 2 dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Perhitungan Luas, Keliling Basah Sungai dan Jari-jari Hidrolis di Lokasi Penelitian

Lokasi	Bulan	Luas Total (m ²)	Keliling Basah (m)	Jari-jari Hidrolis (m)
1	1	2.930	9.368	0.313
	2	0.976	7.117	0.137
	3	1.403	8.521	0.165
2	1	9.238	12.694	0.728
	2	7.733	12.144	0.637

	3	8.405	12.351	0.681
--	---	-------	--------	-------

(Sumber : Hasil Perhitungan Data Primer, 2022)

Dapat dilihat dari Tabel 4.4 untuk Jari-jari Hidrolis sendiri diperoleh dari Luas Total (A) dibagi dengan Keliling Basah (P) diperoleh nilai tertinggi pada lokasi 2 bulan ke-1 sebesar 0,728 m dan nilai terendah di lokasi 1 bulan ke-2 sebesar 0,137 m.

4.1.5 Perhitungan Debit Aliran (Q)

Rumus perhitungan debit aliran sungai untuk pengambilan lokasi I dan lokasi II, dengan perhitungan debit untuk tiap piasnya dapat dilihat pada Tabel 4.5 tentang Perhitungan Debit Aliran.

Tabel 4. 5 Perhitungan Debit Aliran Sungai Panjang di Lokasi Penelitian

Lokasi	Bulan	Pias	H (m)	V _{0,2H} (m/s)	V _{0,6H} (m/s)	V _{0,8H} (m/s)	V(m/s)	V _{rata} "(m/s)	A per Pias (m ²)	A Total (m ²)	per Pias (m ³)	Qtotal (m ³ /s)
I	1	1	0.380	0.567	0.430	0.183	0.403	0.417	0.753	2.930	0.303	1.203
		2	0.510	0.407	0.400	0.357	0.391		1.4415		0.563	
		3	0.370	0.483	0.463	0.420	0.458		0.735		0.336	
	2	1	0.170	*	0.167	*	0.167	0.190	0.2574	0.976	0.043	0.201
		2	0.200	*	0.252	*	0.252		0.4891		0.123	
		3	0.150	*	0.151	*	0.151		0.2298		0.035	
	3	1	0.200	*	0.388	*	0.376	0.355	0.3919	1.403	0.147	0.488
		2	0.240	*	0.320	*	0.320		0.6517		0.209	
		3	0.190	*	0.373	*	0.367		0.3589		0.132	
II	1	1	0.950	0.117	0.143	0.133	0.134	0.097	2.470	9.238	0.331	0.911
		2	1.050	0.133	0.100	0.100	0.108		4.218		0.457	
		3	0.980	0.122	0.010	0.050	0.048		2.550		0.123	
	2	1	0.850	0.053	0.027	0.013	0.030	0.018	2.112	7.733	0.064	0.128
		2	0.880	0.053	0.028	0.027	0.011		3.464		0.039	
		3	0.870	0.045	0.026	0.026	0.012		2.157		0.025	
	3	1	0.870	0.090	0.074	0.015	0.063	0.060	2.557	8.405	0.161	0.503
		2	0.900	0.081	0.066	0.066	0.056		3.603		0.203	
		3	0.890	0.087	0.073	0.070	0.062		2.245		0.139	

(Sumber : Hasil Perhitungan Data Primer, 2022)

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat diketahui nilai debit periodik yang diperoleh dari Lokasi 1 Penelitian pada bulan Juli s/d September yaitu 1,203 m³/dt, 0,201 m³/dt dan 0,488 m³/dt. Sedangkan pada Lokasi 2 didapatkan hasil 0,911 m³/dt, 0,128 m³/dt dan 0,503 m³/dt. Secara teori debit (Q) suatu aliran dipengaruhi oleh kecepatan aliran (V) dan luas penampang (A). Apabila luas penampang saluran besar maka kecepatan aliran akan bertambah,

sebaliknya jika luas penampang saluran kecil maka kecepatan aliran akan berkurang.

4.1.6 Perhitungan Kemiringan Dasar Sungai (I)

Menghitung kemiringan dasar sungai Panjang lokasi ke- 1, menggunakan pasak dan meter ukur di dasar sungai.

1) Menghitung beda tinggi dari dasar sungai ke base mark (Δh)

a. Ketinggian dari dasar sungai ke basemark di hulu (h_1)

Ketinggian dari dasar sungai ke basemark di pias 1 = 0,28 m

Ketinggian dari dasar sungai ke basemark di pias 2 = 0,42 m

Ketinggian dari dasar sungai ke basemark di pias 3 = 0,27 m

$$\text{Maka, } H_1 = \frac{0,28+0,42+0,27}{3} = 0,32 \text{ m}$$

b. Ketinggian dari dasar sungai ke basemark di hilir (h_2)

Ketinggian dari dasar sungai ke basemark di pias 1 = 0,38 m

Ketinggian dari dasar sungai ke basemark di pias 2 = 0,51 m

Ketinggian dari dasar sungai ke basemark di pias 3 = 0,37 m

$$\text{Maka, } H_2 = \frac{0,38+0,51+0,37}{3} = 0,42 \text{ m}$$

Sehingga beda tinggi dari dasar sungai ke basemark dapat di cari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta h = h_2 - h_1$$

$$= 0,42 - 0,32$$

$$= 0,1 \text{ m}$$

2) Menghitung kemiringan dasar sungai (I) Setelah Δh didapatkan, maka kemiringan dasar saluran dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$I = \frac{\Delta h}{L} * 100\%$$

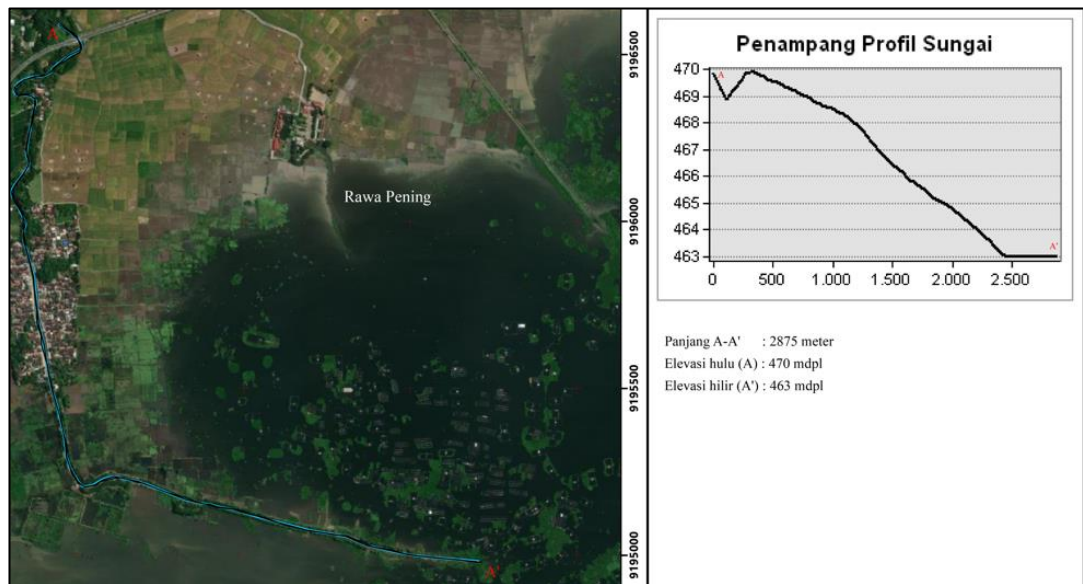
$$= \frac{0,1}{20} = 0.005$$

Jadi kemiringan sungai yang didapat dari hasil pengamatan dan sampling secara langsung di Sungai Panjang Desa Bejalen sebesar 0.005. Akan tetapi karena panjang sungai yang diukur hanya sepanjang 20 m, maka nilai *Gradient* sungai tidak dapat mewakili *Gradient* sungai Panjang secara umum. Oleh karena itu, *Gradient* sungai dicari dengan memanfaatkan fitur 3D Analyst pada aplikasi *ArcGIS* guna mendapatkan penampang profil sungai berdasarkan data ketinggian dan bentang sungai yang lebih panjang.



Gambar 4. 5 Ploting Sungai Panjang Desa Bejalen

Sumber : ArcGIS Peta Rupa Bumi Indonesia, 2022



Gambar 4. 6 Ploting panjang dan elevasi Sungai Panjang
(Sumber : *Digital Elevation Model ArcGIS, 2022*)

Dari data ploting ArcGIS di atas, didapatkan data sebagai berikut:

- a. Panjang sungai : 2.875 m
- b. Elevasi Hulu : 470 mdpl
- c. Elevasi Muara : 463 mdpl

Sehingga didapatkan nilai kemiringan dasar sungai dari persamaan berikut yaitu :

$$I = \frac{\Delta h}{L} * 100\%$$

$$= \frac{470-463}{2875} = 0.00243$$

Sehingga kemiringan sungai yang digunakan guna mewakili slope Sungai Panjang adalah 0,00243 untuk perhitungan – perhitungan selanjutnya.

4.1.7 Perhitungan kecepatan geser butiran (U*)

Kecepatan geser butiran di hitung dengan menggunakan Persamaan berikut:

$$u_* = \sqrt{g \cdot R \cdot S}$$

dengan,

g = percepatan gravitasi,
R = radius hidraulik penampang saluran,
S = kemiringan dasar saluran.

Untuk memudahkan dalam memahami analisa data terkait karakteristik aliran sungai, berikut disajikan tabulasi data berdasarkan perhitungan pada Sungai Panjang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Karakteristik Aliran Sungai

Lokasi Pengambilan	Bulan Ke	A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/dt)	Q (m ³ /dt)	I	U* (m/dt)
Lokasi 1	I	2.930	9.368	0.313	0.417	1.221	0.00243	0.0864
	II	0.976	7.117	0.137	0.190	0.185		0.0572
	III	1.403	8.521	0.165	0.355	0.497		0.0627
Lokasi 2	I	9.238	12.696	0.728	0.097	0.895	0.00243	0.1318
	II	7.733	12.144	0.637	0.018	0.137		0.1233
	III	8.405	12.351	0.681	0.060	0.507		0.1275

(Sumber : Hasil Perhitungan Data Primer, 2022)

Pada saat *velocity* semakin bertambah secara bertahap, suatu saat akan dicapai dimana sebagian material dasar mulai bergerak. Dari Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa semakin besar debit dan kemiringan pada sungai maka semakin besar pula kecepatan geser material (U*) (Hermawan,2021). Semakin besar kecepatan geser (U*) maka semakin besar pula kecepatan pergerakan material sedimen menuju muara Sungai Panjang.

4.2 Karakteristik Sedimen

Selain karakteristik aliran, faktor-faktor lain yang menyebabkan sedimen angkut dapat bergerak maupun bergeser, di sepanjang dasar sungai

atau bergerak melayang pada aliran sungai adalah karakteristik sedimen. Karakteristik sedimen meliputi ukuran (*size*) dan berat jenis kering (*bulk density*). Dalam penelitian ini cara mengetahui ukuran butiran pada sampel yang diambil digunakan uji gradasi dengan ayakan dan uji berat jenis menggunakan piknometer.

4.2.1 Ukuran (Size)

4.2.1.1 Analisa Saringan Butiran

Metode uji gradasi butiran yang digunakan adalah saringan dengan nomer/lubang : no 10 (2,0 mm); no 20 (0,85 mm); no 40 (0,425 mm); no 60 (0,25 mm); no 140 (0,106 mm); no 200 (0,075 mm) dikarenakan sebagian besar sampel sedimen yang diambil diameter butirannya kurang dari 2 mm. Sebelum diayak sampel sedimen dasar (*bed load*) yang didapatkan sudah dalam keadaan dioven/dikeringkan. Proses uji gradasi butiran dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4. 7 Proses Uji Gradasi Butiran

(Sumber : Analisa Sampel Primer, 2022)

Hasil analisa saringan butiran dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8. Untuk diketahui bahwa Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 merupakan perwakilan data dari sampel yang diambil pada Sungai Panjang pada pengambilan data lokasi – I bulan ke-1. Data dari masing-masing ayakan yang lainnya akan dilampirkan.

Tabel 4. 7 Data Distribusi Saringan Butiran Lokasi 1 Bulan ke-1

No Saringan	Diameter Saringan	Berat Saringan	Tertahan + Saringan	Berat Tertahan	Total Lolos	Kumulatif Lolos	Tertahan	Klasifikasi Butiran
	(mm)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(%)	(%)	
8	2.36	250	270.42	20.42	473.08	95.86	4.14	Kerikil Sangat Halus
10	2	420	426.70	6.70	466.38	94.50	1.36	Pasir Sangat Berkwarsa
20	0.85	450	506.78	56.78	409.60	83.00	11.51	Pasir Berkwarsa
40	0.425	420	540.96	120.96	288.65	58.49	24.51	Pasir Sedang
60	0.25	240	362.01	122.01	166.64	33.77	24.72	Pasir Sedang
140	0.106	240	395.63	155.63	11.00	2.23	31.54	Pasir Sangat Halus
200	0.075	240	246.72	6.72	4.28	0.87	1.36	Pasir Sangat Halus
Pan		240	244.28	4.28	0.00	0.00	0.87	
Total				493.50			100.00	

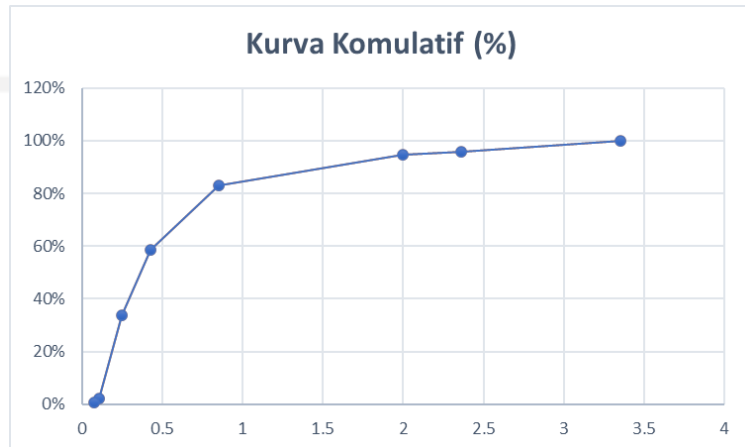
Tabel 4. 8 Data Distribusi Saringan Butiran Lokasi 2 Bulan ke-1

No Saringan	Diameter Saringan	Berat Saringan	Tertahan + Saringan	Berat Tertahan	Total Lolos	Kumulatif Lolos	Tertahan	Klasifikasi Butiran
	(mm)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(%)	(%)	
8	2.36	250	277.927	27.927	468.744	94.377	5.623	Kerikil Sangat Halus
10	2	420	444.376	24.376	444.368	89.469	4.908	Pasir Sangat Berkwarsa
20	0.85	450	487.474	37.474	406.894	81.924	7.545	Pasir Berkwarsa
40	0.425	420	510.560	90.560	316.334	63.691	18.233	Pasir Sedang
60	0.25	240	349.145	109.145	207.189	41.716	21.975	Pasir Sedang
140	0.106	240	412.247	172.247	34.942	7.035	34.680	Pasir Sangat Halus
200	0.075	240	269.709	29.709	5.233	1.054	5.982	Pasir Sangat Halus
Pan		240	245.233	5.233	0.000	0.000	1.054	
Total				496.671			100.000	

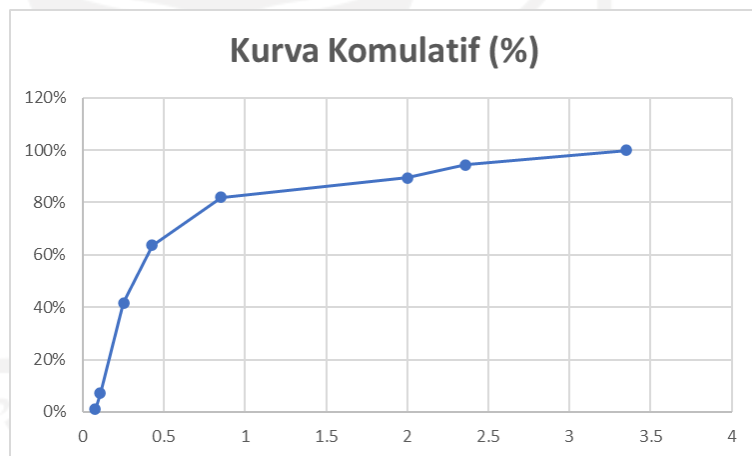
(Sumber : Hasil Perhitungan Data Primer, 2022)

Dari tabel 4.7 dan 4.8, dapat digambarkan kurva kumulatif distribusi ukuran butiran di Sungai Panjang dari masing-masing sampel yang menampilkan hubungan antara persentase kumulatif

lolos saringan dengan diameter saringan, seperti yang disajikan pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.



Gambar 4. 8 Kurva Komulatif distribusi ukuran butiran Sungai Panjang Lokasi 1 Bulan ke-1



Gambar 4. 9 Kurva Komulatif distribusi ukuran butiran Sungai Panjang Lokasi 2 Bulan ke-1

Dapat dilihat dari hasil analisa saringan butiran yang didapat dari masing- masing lokasi pada pengambilan data, didapatkan bahwa pada Lokasi 1 bulan ke-1 dan Lokasi 2 bulan ke-1 ukuran butiran sedimen dasar (*bed load*) terbesar yang tertahan adalah 0,106 mm sebesar 31,54 % dan 34,68 % dalam kategori pasir sangat halus

seperti dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8. Hasil perhitungan untuk sampel lainnya selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

4.2.1.2 Menentukan D35, D55, D65 dan D90

Dalam menentukan nilai D35, D55, D65 dan D90 bisa dari pengamatan secara langsung dan dapat dilihat dari diameter saringan dari hasil ayakan. Perhitungan persentase kumulatif lolos 35%, 55%, 65% dan 90% (D35, D55, D65 dan D90) dari analisa butiran Sungai Panjang menggunakan metode interpolasi dengan data diameter saringan dan kumulatif lolos dari hasil ayakan. Data pengukuran butiran sedimen yang didapatkan dari *bed load* Sungai Panjang Lokasi 1 dapat dilihat pada Tabel 4.8. dan Lokasi 2 pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Data kumulatif lolos dan diameter saringan Lokasi 1

No	D 35		D55		D65		D90	
	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)
L1-M 1	58.49	0.425	58.49	0.425	83.00	0.85	94.50	2
	33.77	0.25	33.77	0.25	58.49	0.425	83.00	0.85
L1-M 2	63.87	0.425	63.87	0.425	87.73	0.85	96.25	2
	28.34	0.25	28.34	0.25	63.87	0.425	87.73	0.85
L1-M 3	59.90	0.425	59.90	0.425	80.36	0.85	95.45	2
	24.10	0.25	24.10	0.25	59.90	0.425	80.36	0.85

(Sumber : Hasil Perhitungan Data Primer, 2022)

Tabel 4. 10 Data kumulatif lolos dan diameter saringan Lokasi 2

No	D 35		D55		D65		D90	
	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)
L2-M 1	41.72	0.25	63.69	0.425	81.92	0.85	94.38	2.36
	7.04	0.106	41.72	0.25	63.69	0.425	89.47	2
L2-M 2	65.08	0.425	65.08	0.425	85.23	0.85	93.32	2
	27.52	0.25	27.52	0.25	65.08	0.425	85.23	0.85
L2-M 3	67.37	0.425	67.37	0.425	67.37	0.425	93.86	2
	31.46	0.25	31.46	0.25	31.46	0.25	86.65	0.85

(Sumber : Hasil Perhitungan Data Primer, 2022)

- Contoh Perhitungan Interpolasi D35 dan D55 di Lokasi 1 Bulan ke-1 :

Rumus Interpolasi

$$D35 = \frac{(35-33,77)*(0,425-0,25)}{(58,49-33,77)} + 0,25$$

$$= 0,259 \text{ mm}$$

$$D55 = \frac{(55-33,77)*(0,425-0,25)}{(58,49-33,77)} + 0,25$$

$$= 0,400 \text{ mm}$$

Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan D35, D55, D65 dan D90

Titik	Bulan	D35 (mm)	D55 (mm)	D65 (mm)	D90 (mm)
Lokasi 1	1	0.259	0.400	0.538	1.550
	2	0.283	0.381	0.445	1.157
	3	0.303	0.401	0.531	1.585
Lokasi 2	1	0.222	0.356	0.456	2.039
	2	0.285	0.378	0.423	1.528
	3	0.267	0.365	0.413	1.385

(Sumber : Hasil Perhitungan Interpolasi Data, 2022)

Dapat dilihat dari table 4.11 untuk hasil perhitungan terbesar interpolasi D35 sebesar ada pada Lokasi 1 Bulan ke-3 sebesar 0,303 mm, D55 sebesar 0,401 mm pada Lokasi 1 Bulan ke-2, D65 sebesar 0,538 mm pada Lokasi 1 Bulan ke-1 dan D90 sebesar 2,039 mm pada Lokasi 2 Bulan ke-1. Jenis sedimen dasar dipengaruhi oleh aliran sungai, yang mengikis butir berukuran kecil dan berat jenis rendah, meninggalkan butir sedimen berukuran lebih besar dan berbeda-beda dalam sedimen (Tsutsumi, 2017). Data hasil perhitungan lainnya di lokasi ke- 1 dan ke- 2 disajikan di lampiran.

4.2.2 Berat Jenis (*Bulk Density*)

Untuk menentukan berat jenis angkutan sedimen dasar, masing-masing sampel diuji berat jenisnya berdasarkan lokasi pengambilan dengan menggunakan piknometer dan dirata-ratakan. Pengujian berat jenis sedimen dilakukan di Laboratorium Kualitas Air

Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
 Proses pengujian berat jenis menggunakan piknometer ukuran 50 ml
 dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Proses pengujian berat jenis dengan piknometer

(Sumber : Pengujian Lab, 2022)

Tabel 4. 12 Pengujian Berat Jenis pada Lokasi 1

No. Contoh dan kedalaman (Lokasi 1)	Bulan 1	Bulan 2	Bulan 3
No. Piknometer	78	78	78
Berat pikno + tanah (W2)	47.845	51.007	48.925
Berat piknometer (W1)	34.415	34.431	34.400
Berat tanah $WT = W2 - W1$	13.430	16.576	14.525
Faktor Koreksi	0.9995	0.9995	0.9995
Berat pikno+air+tanah (W3)	92.120	94.623	93.405
Berat pikno +air pada suhu Tx (W4)	84.627	84.633	84.634
$W5 = Wt + W4$ Terkoreksi	98.014	101.167	99.117
Isi Tanah = $W5$ Terkoreksi - $W3$	5.894	6.544	5.712
Berat Jenis (G_s) = $Wt / (W5 - W3)$	2.278	2.533	2.543
Berat Jenis Sampel Rerata pada Suhu 27°C		2.452	

(Sumber : Hasil Perhitungan Data Primer, 2022)

Dengan data hitung untuk berat jenis sampel Sungai Panjang pada sedimen Lokasi 1 Bulan Pertama dapat dihitung. Untuk mengetahui besarnya berat jenis sedimen *bed load*, digunakan persamaan :

$$G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_5 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

Sebelum mendapatkan nilai berat jenis, terlebih dahulu dicari berat piknometer + air terkoreksi (W4) sesuai dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} W_4 \text{ Terkoreksi} &= W_4 * k \\ &= 84.63 * 0.9995 \end{aligned}$$

Sehingga berat jenis dapat dihitung, yaitu :

$$\begin{aligned} G_s \text{ L1M1} &= \frac{(47.85 - 34.2)}{(98.01 - 34.42) - (92.12 - 47.85)} \\ &= 2.278 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

Pada pengujian berat jenis sedimen *bed load* Sungai Panjang khususnya di Lokasi 1 Sungai Panjang Desa Bejalen pengambilan data selama 3 bulan didapatkan nilai G_s L1-1, G_s L1- 2, dan G_s L1-3 sebesar 2,278, 2,533, dan 2,543 seperti dapat dilihat pada Tabel 4.12. Kemudian menghitung berat jenis rata-rata pada lokasi pertama didapatkan hasil sebesar 2,452 gram/cm³. Dengan mengambil nilai rata-rata berat jenis seluruh sampel yang di uji dari setiap lokasi pengambilan di lokasi penelitian, diperoleh nilai berat jenis yang mewakili dari masing-masing lokasi penelitian sebesar 2,452 pada lokasi pertama dan 2,431 pada lokasi kedua. Hasil perhitungan pada sampel lainnya dapat dilihat pada lampiran.

4.3 Kontrol Stabilitas Butiran

Untuk mengetahui apakah material dari sedimen dasar yang sudah diuji itu diam atau bergerak, kontrol butiran harus diperiksa. Penelitian ini menggunakan Grafik *Shields* untuk menentukan nilai laju geser kritis dan tegangan kritis. Maka dari itu perhitungan contoh pada Lokasi I akan digunakan data rata-rata Diameter Saringan yang sudah didapatkan, dengan nilai :

$$U^* = 0,0864 \text{ m}^2/\text{dt}$$

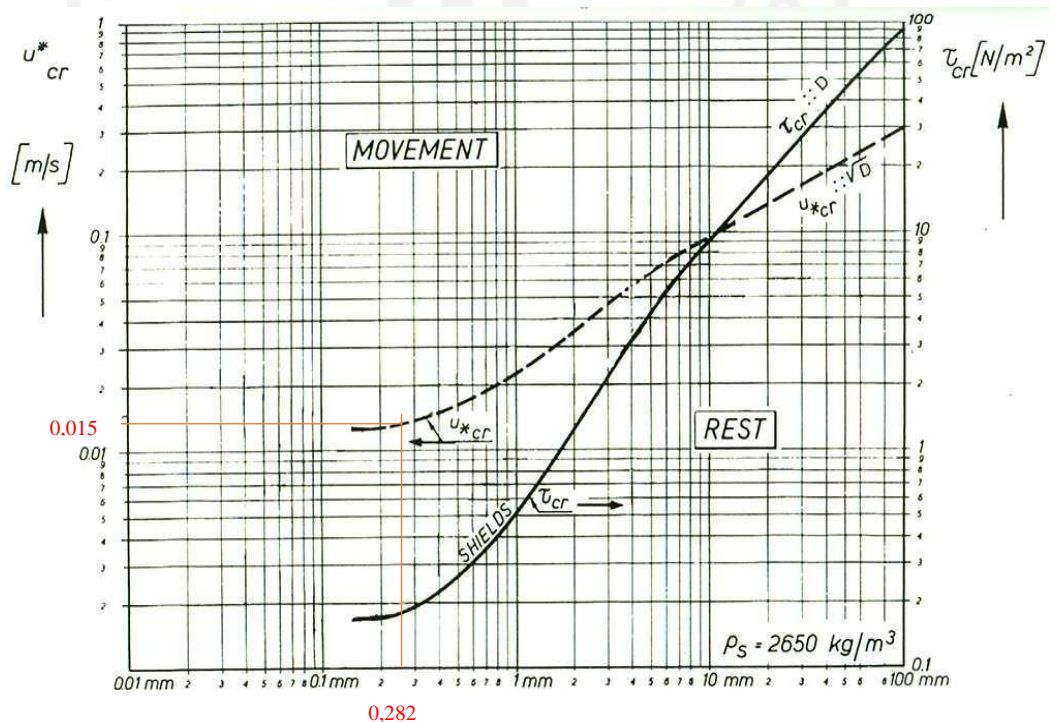
$$D_{35} = 0,282 \text{ mm}$$

$$D_{55} = 0,394 \text{ mm}$$

$$D_{65} = 0,505 \text{ mm}$$

$$D_{90} = 1,43 \text{ mm}$$

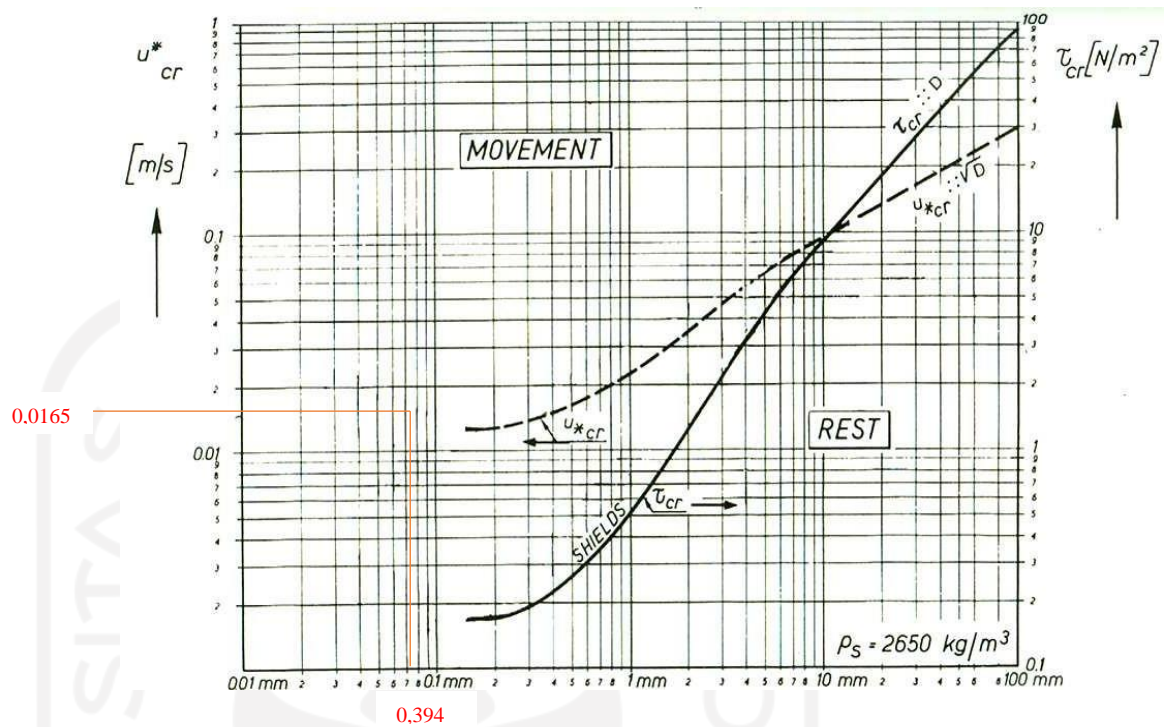
Untuk mendapatkan nilai U^*_{cr} , penjelasannya dapat dilihat pada grafik *Shields* dibawah ini :



Gambar 4. 11 Grafik Shield D35 (Sumber: Ven Te Chow, 1985)

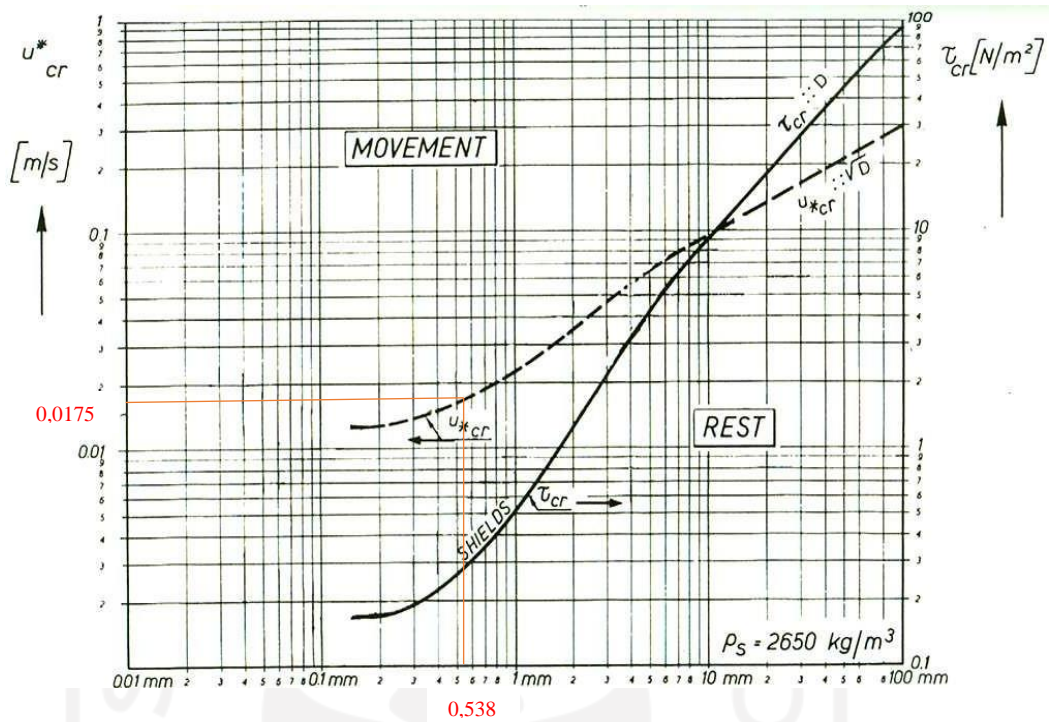
Dari grafik Shields diatas, setelah didapatkan hasil dari nilai kecepatan kritis dimana $U^* = 0,0864$ m/dt dan $D_{35} = 0,282$ mm, sehingga didapatkan nilai kecepatan geser kritis dimana $U^*_{cr} = 0,015$ m/dt. Karena nilai $U^* > U^*_{cr}$ sehingga termasuk butiran bergerak.





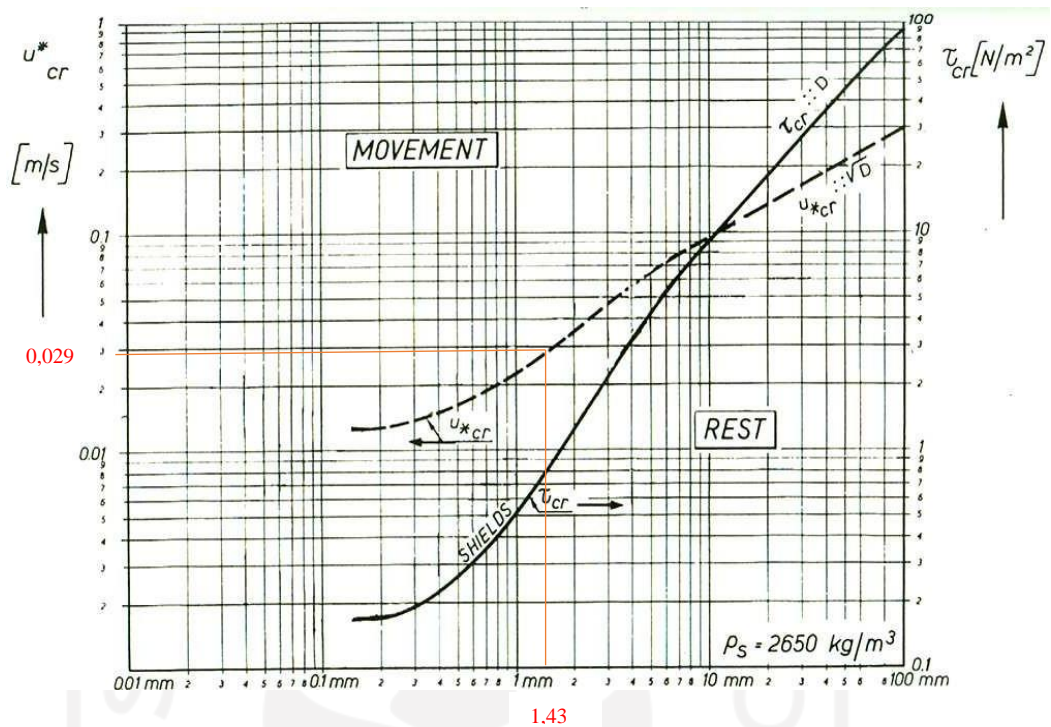
Gambar 4. 12 Grafik Shield D55 (Sumber: Ven Te Chow, 1985)

Dari grafik Shields diatas, setelah didapatkan hasil dari nilai kecepatan kritis dimana $U^* = 0,0864 \text{ m/dt}$ dan $D55 = 0,394 \text{ mm}$, sehingga didapatkan nilai kecepatan geser kritis dimana $U^*_{cr} = 0,0165 \text{ m/dt}$. Karena nilai $U^* > U^*_{cr}$ sehingga termasuk butiran bergerak



Gambar 4. 13 Grafik Shield D65 (Sumber: Ven Te Chow, 1985)

Dari grafik Shields diatas, setelah didapatkan hasil dari nilai kecepatan kritis dimana $U^* = 0,0864$ m/dt dan $D65 = 0,505$ mm, sehingga didapatkan nilai kecepatan geser kritis dimana $U^*_{cr} = 0,0175$ m/dt. Karena nilai $U^* > U^*_{cr}$ sehingga termasuk butiran bergerak



Gambar 4. 14 Grafik Shield D90 (Sumber: Ven Te Chow, 1985)

Dari grafik Shields diatas, setelah didapatkan hasil dari nilai kecepatan kritis dimana $U^* = 0,0864$ m/dt dan $D_{90} = 1,43$ mm, sehingga didapatkan nilai kecepatan geser kritis dimana $U^*_{cr} = 0,029$ m/dt. Karena nilai $U^* > U^*_{cr}$ sehingga termasuk butiran bergerak.

4.4 Analisis Angkutan Sedimen Dasar (*Bed Load*)

Untuk menganalisis besarnya angkutan sedimen per meter lebar saluran, perlu diketahui kondisi aliran dan sifat-sifat sedimen yang ada. Persamaan MPM (Meyer-Peter dan Muller) dan Einstein digunakan dalam penelitian ini. Di bawah ini adalah contoh analisis dan perhitungan sedimen dasar (*bed load*). Data yang digunakan adalah hasil analisis pendataan *Site* 1 dan 2 selama 3 bulan penelitian dengan pengambilan sample menggunakan alat penampung sedimen/*grab sampler*. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di bawah ini :

Diketahui data hasil pengambilan sample dan pengujian lab di Lokasi I pada Bulan ke-1 pias 1 :

- a. Debit aliran (Q) = 1,203 m³/dt
- b. Kecepatan (V) = 0,403 m/dt
- c. Jari-jari hidrolis (R) = 0,212 m
- d. Keliling basah (P) = 3,555 m
- e. Kemiringan dasar saluran (I) = 0,00243
- f. Berat jenis sedimen (γ_s) = 2,452 gr/cm³
- g. Berat jenis air (γ_w) = 1000 kg/m³
- h. $\Delta = (\gamma_s - \gamma_w) / \gamma_w = 1,452$
- i. Diameter butiran rerata (D35) = 0.000289 m
- j. Diameter butiran rerata (D55) = 0.000394 m
- k. Diameter butiran rerata (D65) = 0.000508 m
- l. Diameter butiran rerata (D90) = 0.00143 m

4.4.1 Metode Meyer Peter dan Muller (MPM)

M.P.M (1948) melakukan beberapa kali uji percobaan data *flume* dengan *coarse-sand* dan menghasilkan hubungan empiris antara intensitas angkutan (ϕ) dan intensitas pengaliran efektif (Ψ'), sehingga menghasilkan persamaan angkutan sedimen. Langkah yang dilakukan pertama ialah menghitung nilai *ripple factor* (μ). Akan tetapi untuk menghitung nilai *ripple factor* membutuhkan data C dan C' yang didapat dari persamaan berikut sebagai contoh pada Lokasi I bulan pertama pada pias 1 :

$$C = \frac{\bar{U}}{\sqrt{RI}}$$

$$= \frac{0,403}{\sqrt{0,212 * 0,00243}}$$

$$= 17,724$$

Kemudian dengan nilai *friction factor* intensifnya dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$C' = 18 \log \frac{12R}{D90}$$

$$= 18 \log \frac{12 * 0,212}{0,00143}$$

$$= 58,493$$

Sehingga nilai *ripple factor* dapat dihitung sebagai berikut :

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

$$= \left(\frac{14,5868}{58,49}\right)^{3/2}$$

$$= 0,1668$$

Kemudian nilai intensitas pengaliran efektif dihitung dengan persamaan berikut :

$$\psi' = \frac{\mu RI}{\Delta D55}$$

$$\psi' = \frac{0,124 * 0,212 * 0,00243}{1,452 * 0,00394}$$

$$= 0,1503$$

Selanjutnya menghitung intensitas angkutan sedimen (ϕ) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Phi = (4\Psi' - 0,188)^{3/2}$$

$$= (4 * 0,1122 - 0,188)^{3/2}$$

$$= 0,2657$$

Dengan perhitungan diatas jumlah sedimen terangkut parameter persatuan waktu per lebar dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} qb &= (\Phi(g.\Delta.D55^3)^{1/2}) \\ &= (0,133 \times (9,81 \times 1,452 \times 0,00394^3)^{1/2}) \\ &= 7,84 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Hasil dari jumlah sedimen yang terangkut parameter persatuan waktu masing-masing hasil setiap piasnya dijumlah dan dikalikan 86400 dt untuk mendapatkan hasil Qb Total per harinya. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Angkutan Sedimen Dasar dengan Metode M.P.M

Lokasi Pengambilan Data	Bulan Ke-	Pias	C	C'	μ	ψ'	Φ	qb (m3/dt)	Qb Total (m3/dt)	Qb Total (m3/hari)		
L O K A S I 1	Bulan I	1	17.7246	58.49343	0.166803	0.1503229	0.265696041	7.84759E-06	0.0000271860	2.3489		
		2	13.10354	62.75631	0.095411	0.1483355	0.258066863	7.62225E-06				
		3	20.36913	58.32168	0.206402	0.1819673	0.396672981	1.17161E-05				
	Bulan II	1	8.145379	52.65427	0.060844	0.0259801	0.024380188	7.20092E-07		0.0000028754	0.2484	
		2	12.25052	57.17024	0.099192	0.0754723	0.03843481	1.13521E-06				
		3	7.350313	51.81285	0.053432	0.0204871	0.034536283	1.02006E-06				
	Bulan III	1	21.33233	54.53199	0.24467	0.1328378	0.201190821	5.94236E-06		0.0000148021	1.2789	
		2	14.55015	58.00905	0.12562	0.1064067	0.115835996	3.42133E-06				
		3	21.72337	53.8834	0.255981	0.1279136	0.184129193	5.43843E-06				
L O K A S I 2	Bulan I	1	3.967898	63.59783	0.015584	0.0339951	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!		
		2	2.643539	66.60356	0.007907	0.025337	#NUM!	#NUM!				
		3	1.406518	63.79645	0.003274	0.0073248	#NUM!	#NUM!				
	Bulan II	1	0.940668	62.85622	0.001831	0.0036322	#NUM!	#NUM!			#NUM!	#NUM!
		2	0.294536	65.61872	0.000301	0.0008495	#NUM!	#NUM!				
		3	0.358587	62.99547	0.000429	0.0008674	#NUM!	#NUM!				
	Bulan III	1	1.791776	64.20885	0.004662	0.0109956	#NUM!	#NUM!			#NUM!	#NUM!
		2	1.447168	65.77653	0.003263	0.009407	#NUM!	#NUM!				
		3	1.880256	63.16301	0.005136	0.0105977	#NUM!	#NUM!				

Keterangan : #NUM! = *Undefined*

(Sumber : Hasil Perhitungan Data Primer, 2022)

Dapat dilihat pada Tabel 4.13, diketahui bahwa nilai volume angkutan selama 3 bulan pada lokasi 1 sebesar 2,3489 m3/hari, 0,2484 m3/hari dan 1,2789 m3/hari dan pada lokasi 2 tidak dapat dihitung dikarenakan data kecepatan pada lokasi 2 yang didapatkan sangat kecil sehingga hasil dari

intensitas angkutan sedimen menjadi minus dan tidak terdefiniskan untuk menghitung debit sedimennya. Oleh karena itu, dari apa yang telah dihitung dan diamati bahwa gerakan partikel tergantung terutama pada perbedaan antara *resisting forced* dan intensitas angkutan sedimen (Bere et al. 2019). Kesalahan yang lebih rendah berarti hasil yang lebih akurat terkait dengan debit sedimen yang diperkirakan dan diamati. Geomorfologi sungai alami sangat sering berubah karena perubahan kondisi hidrolis yang mengakibatkan pertukaran fluks sedimen yang cukup tidak terduga di sepanjang sungai (Bhattacharya et al. 2016).

Perbedaan angkutan jumlah angkutan sedimen dasar ini disebabkan oleh kecepatan yang berbeda pada setiap piasnya, sehingga semakin besar kecepatan aliran pada saluran maka semakin besar juga angkutan sedimen dasar yang dihasilkan (Putra et al. 2019). Pengaruh lebar dasar sungai juga berpengaruh terhadap pola aliran yang terjadi di setiap penampang yaitu berubahnya kecepatan aliran untuk setiap lebar dasar yang ditentukan. Dengan kata lain, dengan menambah ukuran lebar dasar saluran, maka semakin kecil kecepatan aliran. Dan semakin diperkecil lebar penampang saluran, maka kecepatan aliran akan semakin besar (Mattotorang, 2019).

4.4.2 Metode Einstein

Einstein (1950) mendefinisikan persamaan angkutan sedimen dasar sebagai persamaan yang menghubungkan pergerakan material dasar dengan aliran lokal. Persamaan tersebut menggambarkan keadaan keseimbangan pertukaran butir dasar antara lapisan dasar (*bed-layer*). Einstein menggunakan D_{35} untuk parameter angkutan, sedangkan D_{65} untuk kekasaran. Langkah yang dilakukan pertama ialah menghitung nilai *ripple factor* (μ). Akan tetapi untuk menghitung nilai *ripple factor* membutuhkan data C dan C' yang didapat dari persamaan berikut sebagai contoh pada Lokasi I bulan pertama pada pias 1 :

$$C = \frac{\bar{U}}{\sqrt{RI}}$$

$$= \frac{0,403}{\sqrt{0,211 * 0,00243}}$$

$$= 17,7246$$

Kemudian dengan nilai *friction factor* intensifnya dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$C' = 18 \log \frac{12R}{D65}$$

$$= 18 \log \frac{12 * 0,211}{0,000505}$$

$$= 66,638$$

Sehingga nilai *ripple factornya* dapat dihitung sebagai berikut :

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

$$= \left(\frac{17,7246}{66,638}\right)^{3/2}$$

$$= 0,1372$$

Kemudian nilai intensitas pengaliran efektif dihitung dengan persamaan berikut :

$$\psi' = \frac{\mu RI}{\Delta D55}$$

$$\psi' = \frac{0,1372 * 0,211 * 0,00243}{1,452 * 0,000394}$$

$$= 0,1731$$

Selanjutnya menghitung intensitas angkutan sedimen (ϕ) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Phi = 0,044638 + 0,3624\psi' - 0,226975 \psi'^2 + 0,36\psi'^3$$

$$\begin{aligned}
&= 0,044638 + 0,3624 \times 0,1731 - 0,226975 \times 0,1731^2 \\
&+ 0,36 \times 0,1731^3 \\
&= 0,1008
\end{aligned}$$

Dengan perhitungan diatas jumlah sedimen terangkut parameter persatuan waktu per lebar dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
q_b &= (\Phi(g.\Delta.D35^3)^{1/2}) \\
&= (0,1008 \times (9,81 \times 1,452 \times 0,000282^3)^{1/2}) \\
&= 1,796 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dt}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_b \text{ total pias 1 per hari} &= 1,824 \times 10^{-6} \times 24 \times 3600 \\
&= 0,155 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Jumlah Angkutan Sedimen Dasar dengan Metode Einstein

Lokasi Pengambilan Data	Bulan Ke-	Pias	C	C'	μ	ψ'	Φ	q_b (m ³ /dt)	Qb Total (m ³ /dt)	Qb Total (m ³ /hari)
L O K A S I 1	I	1	17.7246	66.6378	0.1372	0.1731	0.1008	1.79657E-06	5.57008E-06	0.481255183
		2	13.1035	70.9007	0.0795	0.1729	0.1007	1.79586E-06		
		3	20.3691	66.4661	0.1697	0.2094	0.1109	1.97766E-06		
	II	1	10.7051	60.7987	0.0739	0.0442	0.0602	1.07355E-06	3.42072E-06	0.295550437
		2	12.0612	65.3147	0.0794	0.0845	0.0737	1.3137E-06		
		3	10.1943	59.9573	0.0701	0.0376	0.0580	1.03348E-06		
	III	1	21.3323	62.6764	0.1986	0.1509	0.0943	1.68136E-06	4.85831E-06	0.419757804
		2	14.5502	66.1535	0.1032	0.1223	0.0856	1.52709E-06		
		3	21.7234	62.0278	0.2073	0.1450	0.0925	1.64986E-06		
L O K A S I 2	I	1	3.9679	74.0997	0.0124	0.0384	0.0582	9.04254E-07	2.49709E-06	0.215748468
		2	2.6435	77.1055	0.0063	0.0289	0.0549	8.53045E-07		
		3	1.4065	74.2984	0.0026	0.0083	0.0476	7.39789E-07		
	II	1	0.9407	73.3581	0.0015	0.0041	0.0461	7.16427E-07	2.1143E-06	0.18267516
		2	0.2945	76.1206	0.0002	0.0010	0.0450	6.98901E-07		
		3	0.3586	73.4974	0.0003	0.0010	0.0450	6.98967E-07		
	III	1	1.7918	74.7108	0.0037	0.0124	0.0491	7.62913E-07	2.27635E-06	0.196676462
		2	1.4472	76.2784	0.0026	0.0107	0.0485	7.53246E-07		
		3	1.8803	73.6649	0.0041	0.0119	0.0489	7.60189E-07		

(Sumber : Hasil Perhitungan Data Primer, 2022)

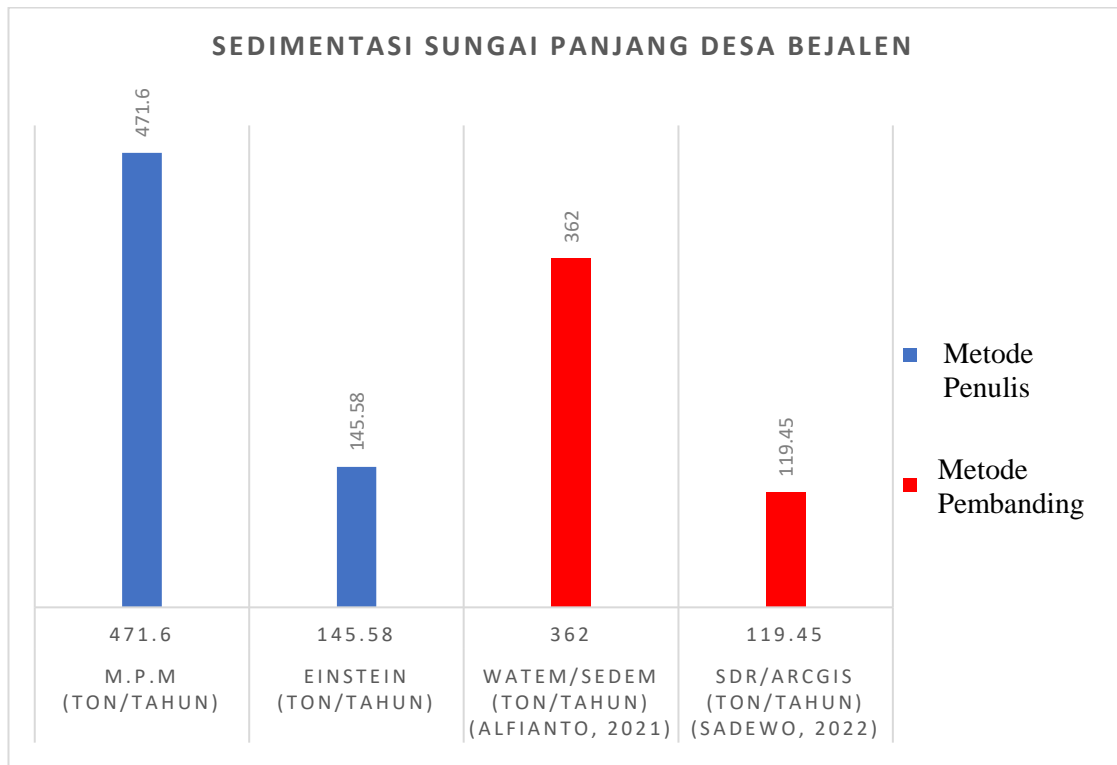
Dapat dilihat pada table 4.14 hasil yang didapatkan selama 3 kali pengambilan data untuk perhitungan angkutan sedimen dasar di lokasi 1 sebesar 0,4812 m³/hari, 0,2955 m³/hari dan 0,4197 m³/hari. Sedangkan

pada lokasi 2 didapatkan hasil 0,2157 m³/hari, 0,1826 m³/hari dan 0,1966 m³/hari. Untuk perhitungan sedimentasi menggunakan hasil dari penjumlahan debit sedimen ketiga pias dari penampang sungai. Hal ini mendasar pada pernyataan dari penelitian Putra (2003) bahwa sedimen yang masuk ke segmen dapat berupa sedimen ruas penampang di bagian hulu dan ditambah masukan dari samping penampang atau pias yang merupakan hasil gerusan dari daerah pengaliran dan bantaran banjir. Kapasitas angkut sedimen oleh aliran pada ruas sungai menentukan besarnya laju sedimen yang dihasilkan (Asdak, 2010). Sedangkan untuk proses pengangkutan sedimen dan pengendapannya tidak hanya tergantung dari sifat-sifat aliran tetapi juga tergantung pada sifat-sifat sedimen itu sendiri. Sedimen yang terdapat di saluran dapat menyebabkan perubahan dimensi saluran dari dimensi asal saluran serta dapat mempengaruhi dimensi spesifik penampang saluran sehingga secara tidak langsung dapat mengakibatkan kurang optimumnya kinerja saluran tersebut (Priyantoro, 1987).

Jika dibandingkan dengan laporan tahunan BBWS Pemali Juana bahwa laju sedimentasi di Rawa Pening mencapai nilai sebesar 778,93 ton/tahun (Kementerian ATR/BPN, 2018). Sehingga bila diambil rata-rata dari debit sedimentasi di lokasi kedua sebesar 0,198 m³/hari dikalikan dengan 365 dapat diasumsikan laju sedimentasi (*bed load*) mencapai 72,404 ton/tahun, maka Sungai Panjang berkontribusi pada sedimentasi di Rawa Pening sekitar 9,3% dibandingkan dengan laju sedimentasi tahun 2018.

4.4.3 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Metode M.P.M dan Einstein terhadap Metode Lain

Hasil penelitian mengenai rata-rata laju sedimentasi dasar tahunan yang didapatkan dari pengambilan sampel di Sungai Panjang Desa Bejalen dibandingkan dengan penelitian lain yang menggunakan metode berbeda. Adapun data tersebut disajikan dalam Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Grafik Pembanding Sedimentasi Sungai Panjang

Hasil penelitian dari Gambar 4.15 menunjukkan perbedaan angka apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan metode berbeda. Berdasarkan pada hasil penelitian Alfianto (2021) dengan metode *WATEM/SEDEM* didapatkan hasil bahwasannya besaran sedimen dasar di Sungai Panjang adalah sebesar 362 ton/tahun. Kemudian berdasarkan penelitian Sadewo (2022) dengan menggunakan metode *SDR/ArcGis* didapatkan hasil sebesar 119,45 ton/tahun. Sedangkan nilai yang didapatkan dari penelitian ini sebesar 471,6 ton/tahun dengan menggunakan metode *M.P.M* dan sebesar 145,58 dengan metode *Einstein*. Menurut 4 metode yang digunakan dalam menghitung angkutan sedimen di Sungai Panjang Desa Bejalen, hasil laju sedimentasi tertinggi yaitu dengan metode Meyer Peter dan Muller sebesar 471,6 ton/tahun. Hal ini dikarenakan menurut penelitan Rahayu (2018) formula *Meyer-Peter Muller* memberikan hasil estimasi yang lebih tinggi atau dengan kata lain estimasi angkutan sedimen yang terjadi lebih besar nilainya dibandingkan metode lain. Untuk estimasi laju sedimentasi dasar dari hasil peneltian validasi data yang sudah dilakukan,

menunjukkan bahwa persamaan *Einstein* dan *Meyer-Peter Muller* memiliki kesalahan paling kecil dibandingkan dengan estimasi yang diperoleh dari persamaan lain yang telah diuji. Persamaan ini memberikan estimasi sedimentasi dasar yang terbaik (Ali *et al.* 2016).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan penelitian mengenai laju sedimentasi muara Sungai Panjang Desa Bejalen, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Karakteristik aliran pada Sungai Panjang/Lokasi 1 di Desa Bejalen memiliki debit aliran yang bervariasi dari pengambilan data bulan Juli s/d September sehingga hasil analisis laju sedimentasi menggunakan metode Meyer Peter dan Muller sebesar 2,3489 m³/hari, 0,2484 m³/hari dan 1,2789 m³/hari. Sedangkan, besarnya laju sedimentasi dengan metode Einstein sebesar 0,4812 m³/hari, 0,2955 m³/hari dan 0,4197 m³/hari. Faktor yang mempengaruhi sedimentasi diantaranya yaitu debit sungai, karakteristik penampang dan karakteristik sedimen.
2. Kontribusi Sungai Panjang terhadap sedimentasi di Rawa Pening pada bulan Juli s/d September sebesar 0,2157 m³/hari, 0,1826 m³/hari dan 0,1966 m³/hari dengan metode Einstein. Sedangkan perhitungan dengan metode Meyer Peter dan Muller tidak terdefiniskan karena debit aliran saat diambilnya dan dilakukan pengukuran debit aliran terlalu kecil.

5.2 Saran

Adapun saran yang bisa disampaikan untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya dalam penelitian tentang laju sedimentasi sungai adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik maka sebaiknya pengambilan data dilakukan pada musim kemarau dan penghujan sehingga dapat dibandingkan.
2. Sebaiknya orang-orang yang terlibat harus memahami semua hal mengenai penelitian sebelum observasi di lapangan, sehingga tidak terlalu memakan waktu ketika berada di lapang.

3. Sebaiknya peneliti memahami dan teliti dalam penyimpanan dan pelabelan sampel, dikarenakan akan berakibat fatal apabila peneliti tidak memiliki sampel cadangan.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 1990. SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2008. SNI 1964:2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2015. SNI 3408:2015 Tata Cara Pengukuran Kecepatan Aliran pada Uji Model Hidraulik Fisik (UMH-Fisik) dengan alat ukur arus tipe baling-baling, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Alfianto, A., Cecilia, S., Hidayah, A. N., . A., & Sukatja, C. B. (2021). Pengurangan Potensi Laju Sedimentasi Rawa Pening Melalui Penerapan Teknosabo. *JURNAL SUMBER DAYA AIR*, 17(1), 1–12. <https://doi.org/10.32679/jsda.v17i1.610>
- Ali, H. L. A. H. L., Mohammed, T. A., Yusuf, B., & Aziz, A. A. (2016). Testing the Accuracy of Sediment Transport Equations Using Field Data. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 28.
- Apriliana, R., Rudyanti, S., & Purnomo, P. (2014). Keanekaragaman Jenis Bakteri Perairan Dasar Berdasarkan Tipe Tutupan Permukaan Perairan di Rawa Pening. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(2): 119-128. DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v3i2.5015>
- Asdak, Chay. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai / Chay Asdak* .2010;
- BBWS Pemali Juana. [https://sda.pu.go.id/balai_bbwspemalijuana_files/datasda/](https://sda.pu.go.id/balai_bbwspemalijuana_files/datasda/Bahan_Informasi_Danau_Rawa_Pening_2021.pdf) Bahan_Informasi_Danau_Rawa_Pening_2021.pdf

Diakses pada 14 Oktober 2022 Pukul 22.00 WIB.

- Bere, A. T., & Kato, J. (2019). Modeling sand production. Google patents, bhattacharya RK, das chatterjee N, Dolui G (2016) grain size characterization of instream sand deposition in controlled environment in river kangsabati, West Bengal modeling. *Earth Syst. Environ.*, 2, 118.
- Bhattacharya RK, Das Chatterjee N, Dolui G (2016) Grain size characterization of instream sand deposition in controlled environment in river Kangsabati, West Bengal Modeling Earth Systems and Environment 2 doi:10.1007/s40808-016-0173-z
- Dariyanti, Y. A. E., Bhakty, T. E., & Achmad, N. (2022). Analisis Angkutan Sedimen Sungai Panjang Kabupaten Semarang. *RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL*, 8(2), 29-34.
- Einstein, H.A., 1950, *The Bedload Function for Sediment Transport in Open Channel Flow*, U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Technical Bulletin No. 1026.
- Garde, R. J., & Raju, K. R. (2000). *Mechanics of sediment transportation and alluvial stream problems*. Taylor & Francis.
- Hambali, R., & Apriyanti, Y. (2016, December). Studi Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng–Kabupaten Bangka Barat. In *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)* (Vol. 4, No. 2, pp. 165-174).
- Hassanzadeh, Y. (2012). “Hydraulics of Sediment Transport”. In Tech Publisher. Tabriz Iran
- Hermawan, A., & Afiato, E. N. (2021). Analisis Angkutan Sedimen Dasar (*Bed Load*) pada Saluran Irigasi Mataram Yogyakarta. *Teknisia*,

20-30.

- Iswahyudi, K., Salim, N., & Abadi, T. (2018). Kajian Sedimentasi di Sungai Sampean Bondowoso Menggunakan Progam HEC-RAS Versi 4.1. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 3(2).
- Junaidi, Fathona Fajri. 2014. Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Jembatan Ampera Sampai dengan Pulau Kemaro). Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol. 2 No.3
- Kartiko, H. (2019). Estimasi Sumber Pencemar dan Beban Pencemar Sungai Winongo (Sub DAS Bagian Barat-Hilir). Universitas Islam Indonesia.
- Krumbein, W. C. (1963). Confidence intervals on low-order polynomial trend surfaces. *Journal of Geophysical Research*, 68(20), 5869-5878.
- LIPI. (2015). Environmental Conditions and Eutrophication Status of Rawapening Lake of Central Java, Indonesia. Proceedings of 15th world lake conference. Science4Press, 99-102.
- Manan, S., 1979, Pengaruh Hutan dan Managemen Daerah Aliran Sungai, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Mattotorang, U. H. (2019). Studi Pengaruh Lebar Sungai Terhadap Karakteristik Aliran Sedimen Di Dasar. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 4(1), 77-87.
- Meyer-Peter, E. & R-Muller, 1948, *Formula for Bed-Load Transport*, Pages 39-64 in IAHSR, Stockholm
- Nugroho, D. A., & Handayani, W. (2021). Kajian Faktor Penyebab Banjir dalam Perspektif Wilayah Sungai: Pembelajaran Dari Sub Sistem Drainase Sungai Beringin. *Jurnal Pembangunan*

Wilayah & Kota, 17(2), 119–136.
<https://doi.org/10.14710/pwk.v17i2.33912>

- Nurika, F. B. P., Wiryani, E., & Jumari, J. (2019). Keanekaragaman Vegetasi Riparian Sungai Panjang Bagian Hilir di Kecamatan Ambarawa Kabupaten Semarang. *Jurnal Akademika Biologi*, 8(1), 19-23.
- “Pendangkalan Rawapening Picu Banjir di Desa Wisata Bejalen”. Kompas.com. <https://www.kompas.id/baca/utama/2019/03/04/pendangkalan-rawapening-picu-banjir-di-desa-wisata-bejalen>. Diakses pada tanggal 14 Juni 2022
- Priyantoro, D. (1987). Teknik Pengangkutan Sedimen. Malang: Fakultas Teknik Brawijaya.
- Putra, A. S. (2014). Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Sungai: Pulau Kemaro Sampai dengan Muara Sungai Komering). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(3), 603-608.
- Bakirdere, S. (2014). *Speciation Studies in Soil, Sediment and Environmental Samples*. CRC Press.
- Putra, G.I.B. (2003). “ Karakteristik Sedimen Bed Load Gunung Berapi Rinjani (Debris Flow) dan Sedimen Lahan pada DAS Tanggik” . Fakultas Teknik . Universitas Mataram
- Putra, I. G., Saadi, Y., Wirahman, L., Salehudin, S., & Hidayat, S. (2019). Analisis Sedimentasi dari Pascabencana Banjir Sungai Belanting. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 3.
- Rahayu, A. S., Besperi, B., & Razali, M. R. (2018). Kajian Laju Angkutan Sedimen Total Pada Kantong Lumpur Bendung Air Musi Kejalo. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 1-14.
- Sadewo, B. E. C., Ni'am, M. F., & Poedjiastoeti, H. (2022). Prediksi Laju

Sedimentasi di Sub DAS Rawapening Kabupaten Semarang. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, 7(1), 220-228.

Soemarto, C. D. (1999). Hidrologi Teknik Jilid 2. *Jakarta: Erlangga*.

Soeprobowati, T. R. (2012). Peta Batimetri Danau Rawapening. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi Universitas Diponegoro*.

Soeryono, 1979 http://putraphysic08.blogspot.com/2009_06_01_archive.html

Surya, A., Pengajar, S., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Islam, U., Muhammad, K., Al, A., Program, M., Teknik, S., Teknik, F., Islam, U., Muhammad, K., & Al, A. (2021). *Analisis Kecepatan Arus Air Menggunakan Current Meter dan Karakteristik Sungai Tuan*. 4, 335–344.

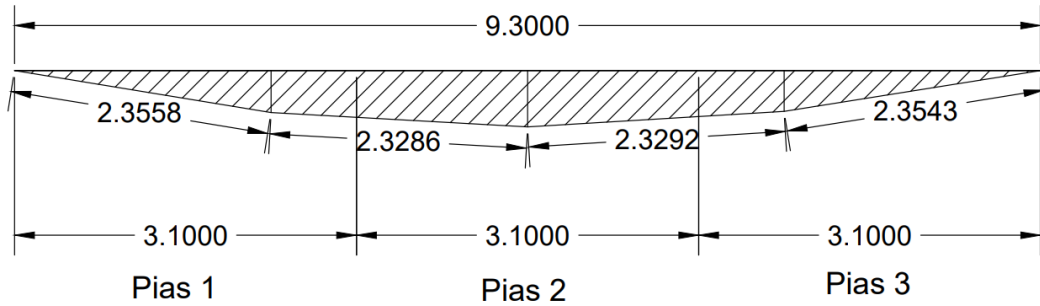
Teterin, D. E. (2010). Geodynamical evolution of the transition zone of the Amundsen Sea (West Antarctica, the Southern Ocean). *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 46(10), 862-871.

Tsutsumi, D., & Laronne, J. B. (Eds.). (2017). *Gravel-Bed Rivers: Process and Disasters*. John Wiley & Sons.

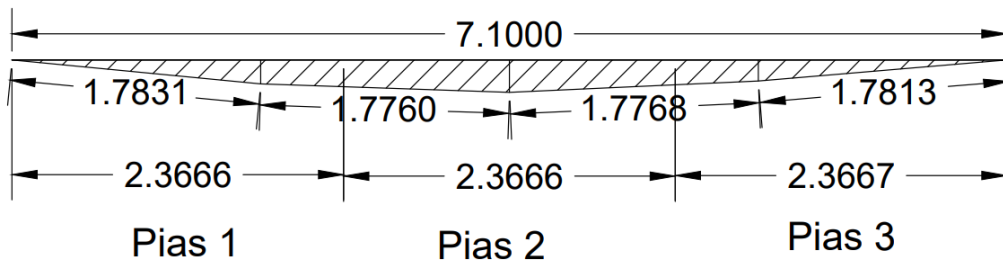


LAMPIRAN

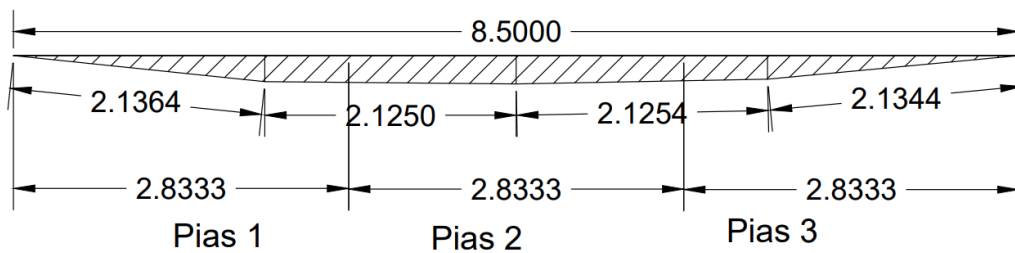
Lampiran 1 Potongan Melintang Sungai



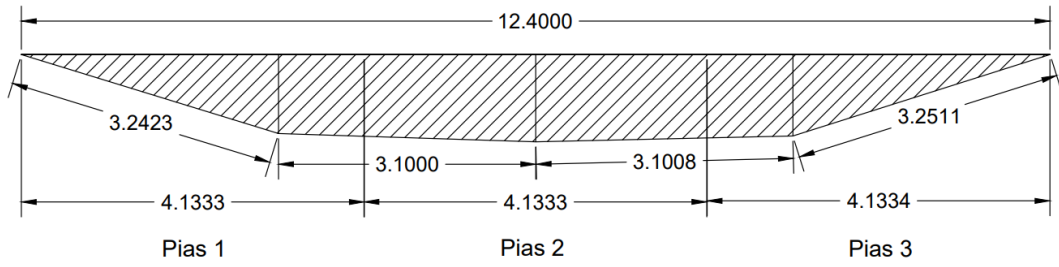
Gambar Potongan Melintang Lokasi 1 Bulan 1



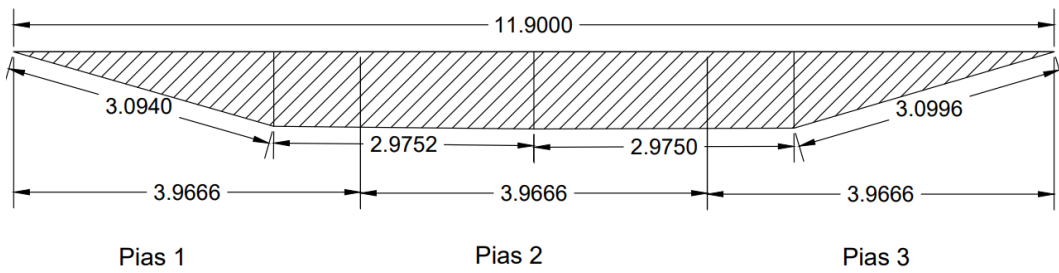
Gambar Potongan Melintang Lokasi 1 Bulan 2



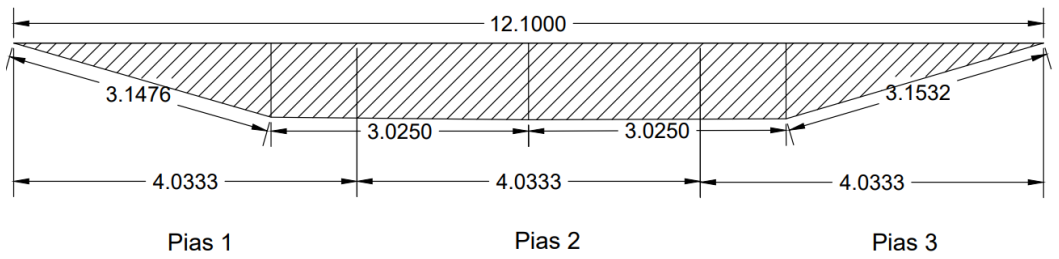
Gambar Potongan Melintang Lokasi 1 Bulan 3



Gambar Potongan Melintang Lokasi 2 Bulan 1



Gambar Potongan Melintang Lokasi 2 Bulan 1



Gambar Potongan Melintang Lokasi 2 Bulan 3

Lampiran 2 Data Distribusi Saringan Butiran

No Saringan	Diameter Saringan	Berat Saringan	Tertahan + Saringan	Berat Tertahan	Total Lolos	Kumulatif Lolos	Tertahan	Klasifikasi Butiran
	(mm)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(%)	(%)	
8	2.36	250	270.42	20.42	473.08	95.86	4.14	Kerikil Sangat Halus
10	2	420	426.70	6.70	466.38	94.50	1.36	Pasir Sangat Berkwarsa
20	0.85	450	506.78	56.78	409.60	83.00	11.51	Pasir Berkwarsa
40	0.425	420	540.96	120.96	288.65	58.49	24.51	Pasir Sedang
60	0.25	240	362.01	122.01	166.64	33.77	24.72	Pasir Sedang
140	0.106	240	395.63	155.63	11.00	2.23	31.54	Pasir Sangat Halus
200	0.075	240	246.72	6.72	4.28	0.87	1.36	Pasir Sangat Halus
Pan		240	244.28	4.28	0.00	0.00	0.87	
Total				493.50			100.00	

Tabel Sampel I Sedimen Lokasi 1 (25/07/2022)

No Saringan	Diameter Saringan	Berat Saringan	Tertahan + Saringan	Berat Tertahan	Total Lolos	Kumulatif Lolos	Tertahan	Klasifikasi Butiran
	(mm)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(%)	(%)	
8	2.36	250	262.583	12.583	478.007	97.435	2.565	Kerikil Sangat Halus
10	2	420	425.815	5.815	472.192	96.250	1.185	Pasir Sangat Berkwarsa
20	0.85	450	491.821	41.821	430.371	87.725	8.525	Pasir Berkwarsa
40	0.425	420	537.012	117.012	313.359	63.874	23.851	Pasir Sedang
60	0.25	240	414.309	174.309	139.050	28.343	35.530	Pasir Sedang
140	0.106	240	370.425	130.425	8.625	1.758	26.585	Pasir Sangat Halus
200	0.075	240	244.755	4.755	3.870	0.789	0.969	Pasir Sangat Halus
Pan		240	243.870	3.870	0.000	0.000	0.789	
Total				490.59			100	

Tabel Sampel II Sedimen Lokasi 1 (30/08/2022)

No Saringan	Diameter Saringan	Berat Saringan	Tertahan + Saringan	Berat Tertahan	Total Lolos	Kumulatif Lolos	Tertahan	Klasifikasi Butiran
	(mm)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(%)	(%)	
8	2.36	250	268.47	18.47	477.57	96.77	3.74	Kerikil Sangat Halus
10	2	420	426.51	6.51	471.06	95.45	1.32	Pasir Sangat Berkwarsa
20	0.85	450	524.50	74.50	396.56	80.36	15.10	Pasir Berkwarsa
40	0.425	420	520.97	100.97	295.59	59.90	20.46	Pasir Sedang
60	0.25	240	416.65	176.65	118.94	24.10	35.80	Pasir Sedang
140	0.106	240	350.93	110.93	8.01	1.62	22.48	Pasir Sangat Halus
200	0.075	240	244.66	4.66	3.35	0.68	0.94	Pasir Sangat Halus
Pan		240	243.35	3.35	0.00	0.00	0.68	
Total				496.04			100.51	

Tabel Sampel III Sedimen Lokasi 1 (28/09/2022)

No Saringan	Diameter Saringan	Berat Saringan	Tertahan + Saringan	Berat Tertahan	Total Lolos	Kumulatif Lolos	Tertahan	Klasifikasi Butiran
	(mm)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(%)	(%)	
8	2.36	250	277.927	27.927	468.744	94.377	5.623	Kerikil Sangat Halus
10	2	420	444.376	24.376	444.368	89.469	4.908	Pasir Sangat Berkwarsa
20	0.85	450	487.474	37.474	406.894	81.924	7.545	Pasir Berkwarsa
40	0.425	420	510.560	90.560	316.334	63.691	18.233	Pasir Sedang
60	0.25	240	349.145	109.145	207.189	41.716	21.975	Pasir Sedang
140	0.106	240	412.247	172.247	34.942	7.035	34.680	Pasir Sangat Halus
200	0.075	240	269.709	29.709	5.233	1.054	5.982	Pasir Sangat Halus
Pan		240	245.233	5.233	0.000	0.000	1.054	
Total				496.671			100.000	

Tabel Sampel I Sedimen Lokasi 2 (25/07/2022)

No Saringan	Diameter Saringan	Berat Saringan	Tertahan + Saringan	Berat Tertahan	Total Lolos	Kumulatif Lolos	Tertahan	Klasifikasi Butiran
	(mm)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(%)	(%)	
8	2.36	250	269.793	19.793	477.029	96.01608	3.983922	Kerikil Sangat Halus
10	2	420	433.405	13.405	463.624	93.31793	2.698149	Pasir Sangat Berkwarsa
20	0.85	450	490.205	40.205	423.419	85.22549	8.092436	Pasir Berkwarsa
40	0.425	420	520.085	100.085	323.334	65.08045	20.14504	Pasir Sedang
60	0.25	240	426.633	186.633	136.701	27.51509	37.56537	Pasir Sedang
140	0.106	240	351.485	111.485	25.216	5.07546	22.43963	Pasir Sangat Halus
200	0.075	240	260.751	20.751	4.465	0.898712	4.176747	Pasir Sangat Halus
Pan		240	244.465	4.465	0	0	0.898712	
Total				496.822			100	

Tabel Sampel II Sedimen Lokasi 2 (23/08/2022)

No Saringan	Diameter Saringan	Berat Saringan	Tertahan + Saringan	Berat Tertahan	Total Lolos	Kumulatif Lolos	Tertahan	Klasifikasi Butiran
	(mm)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(%)	(%)	
8	2.36	250	277.571	27.57	469.194	94.46777	5.55116	Kerikil Sangat Halus
10	2	420	423.027	3.03	466.167	93.85831	0.609458	Pasir Sangat Berkwarsa
20	0.85	450	485.82	35.82	430.347	86.64629	7.212018	Pasir Berkwarsa
40	0.425	420	515.76	95.76	334.587	67.36592	19.28037	Pasir Sedang
60	0.25	240	418.33	178.33	156.257	31.46087	35.90506	Pasir Sedang
140	0.106	240	370.781	130.78	25.476	5.129351	26.33152	Pasir Sangat Halus
200	0.075	240	259.469	19.47	6.007	1.209453	3.919899	Pasir Sangat Halus
Pan		240	246.007	6.01	0	0	1.209453	
Total				496.765			100	

Tabel Sampel III Sedimen Lokasi 2 (28/09/2022)

Lampiran 3 Pengujian Berat Jenis Sedimen

Tabel Pengujian Berat Jenis Sampel I

Pengujian Berat Jenis Tanah (Sampel 1)	25/07/22		
No Ayakan	140		
No. Contoh dan kedalaman	Lokasi 1	Lokasi 2	Satuan
No. Piknometer	78	80	-
Berat pikno + tanah (W2)	47.85	47.56	gr
Berat piknometer (W1)	34.42	33.91	gr
Berat tanah WT = W2-W1	13.43	13.65	gr
Faktor Koreksi	0.9995	0.9995	K
Berat pikno+air+tanah (W3)	92.12	92.78	gr
Berat pikno +air pada suhu Tx (W4)	84.63	84.73	gr
W5 = Wt + W4 Terkoreksi	98.01	98.34	gr
Isi Tanah = W5 Terkoreksi - W3	5.89	5.56	gr
Berat Jenis (Gs) = Wt/(W5-W3)	2.28	2.46	gr
Rata-Rata Berat Jenis	2.37		gr
Temperature	27		C

Tabel Pengujian Berat Jenis Sampel II

Pengujian Berat Jenis Tanah (Sample 2)	23/08/22		
No Ayakan	60		
No. Contoh dan kedalaman	Lokasi 1	Lokasi 2	Satuan
No. Piknometer	78	80	-
Berat pikno + tanah (W2)	51.01	49.39	gr
Berat piknometer (W1)	34.43	34.13	gr
Berat tanah WT = W2-W1	16.58	15.26	gr
Faktor Koreksi	0.9995	0.9995	K
Berat pikno+air+tanah (W3)	94.62	93.61	gr
Berat pikno +air pada suhu Tx (W4)	84.63	84.75	gr
W5 = Wt + W4 Terkoreksi	101.17	99.97	gr
Isi Tanah = W5 - W3	6.54	6.36	gr
Berat Jenis (Gs) = Wt/(W5-W3)	2.53	2.40	gr
Rata-Rata Berat Jenis	2.47		gr
Suhu Ruang	27		C

Tabel Pengujian Berat Jenis Sampel III

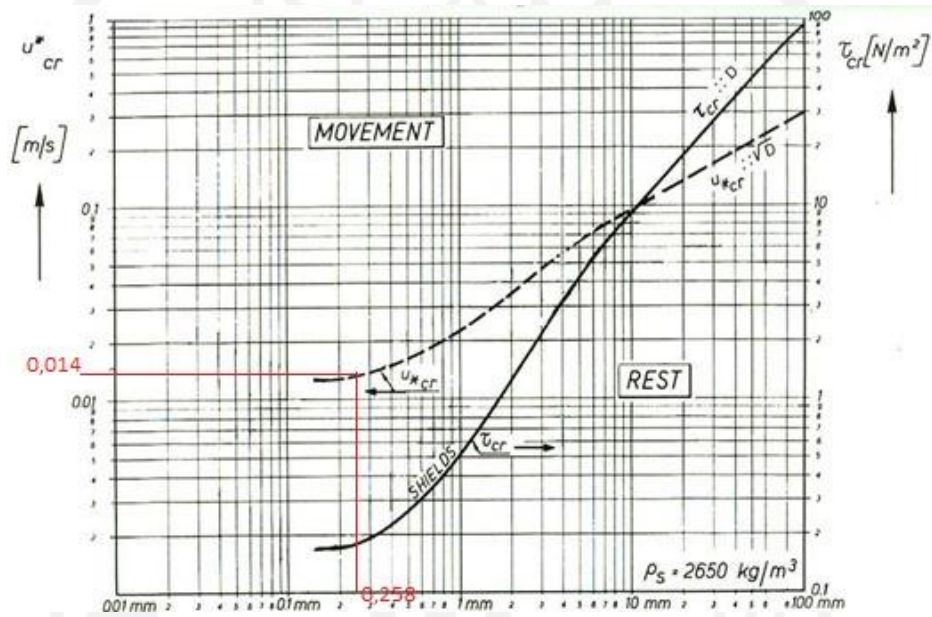
Pengujian Berat Jenis Tanah (Sample 3)	28/09/2022		
No Ayakan	60		
No. Contoh dan kedalaman	Lokasi 1	Lokasi 2	Satuan
No. Piknometer	78	80	-
Berat pikno + tanah (W2)	48.93	48.63	gr
Berat piknometer (W1)	34.40	34.10	gr
Berat tanah $WT = W2 - W1$	14.53	14.53	gr
Faktor Koreksi	0.9995	0.9995	K
Berat pikno+air+tanah (W3)	93.41	93.28	gr
Berat pikno +air pada suhu Tx (W4)	84.63	84.75	gr
$W5 = Wt + W4$ Terkoreksi	99.12	99.24	gr
Isi Tanah = $W5 - W3$	5.71	5.96	gr
Berat Jenis (Gs) = $Wt/(W5 - W3)$	2.54	2.44	gr
Rata-Rata Berat Jenis	2.49		gr
Suhu Ruang	27		C



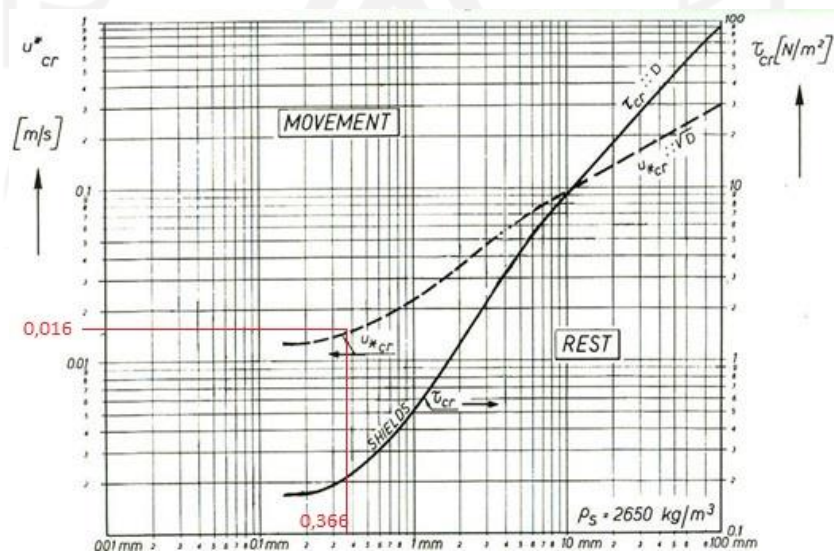
Lampiran 4 Kontrol Stabilitas Butiran Grafik Shields

Tabel Perhitungan Butiran Analisa Sedimen

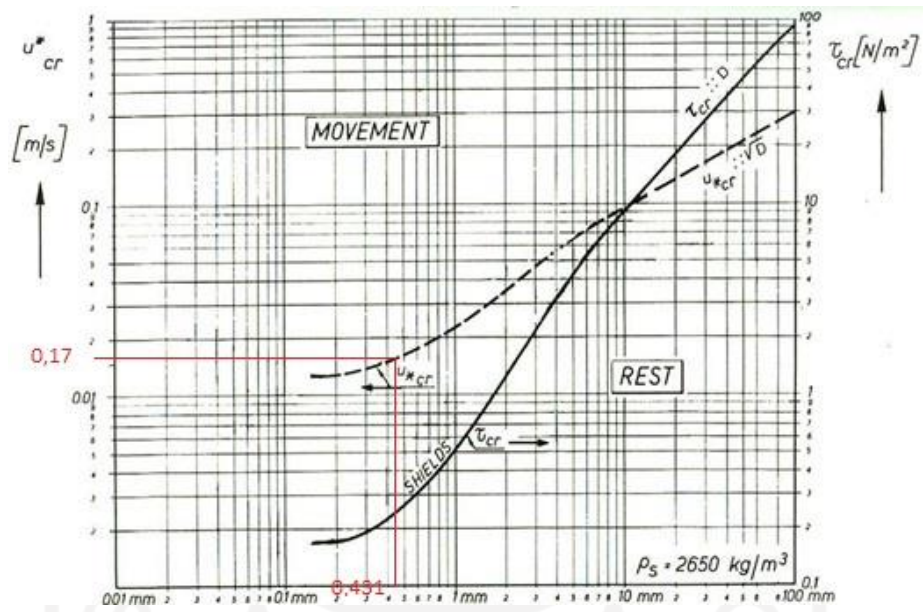
Titik	Bulan	D35 (mm)	D55 (mm)	D65 (mm)	D90 (mm)	D35 Rerata (mm)	D55 Rerata (mm)	D65 Rerata (mm)	D90 Rerata (mm)
Lokasi 1	1	0.259	0.400	0.538	1.550	0.282	0.394	0.505	1.430
	2	0.283	0.381	0.445	1.157				
	3	0.303	0.401	0.531	1.585				
Lokasi 2	1	0.222	0.356	0.456	2.039	0.258	0.366	0.431	1.651
	2	0.285	0.378	0.423	1.528				
	3	0.267	0.365	0.413	1.385				



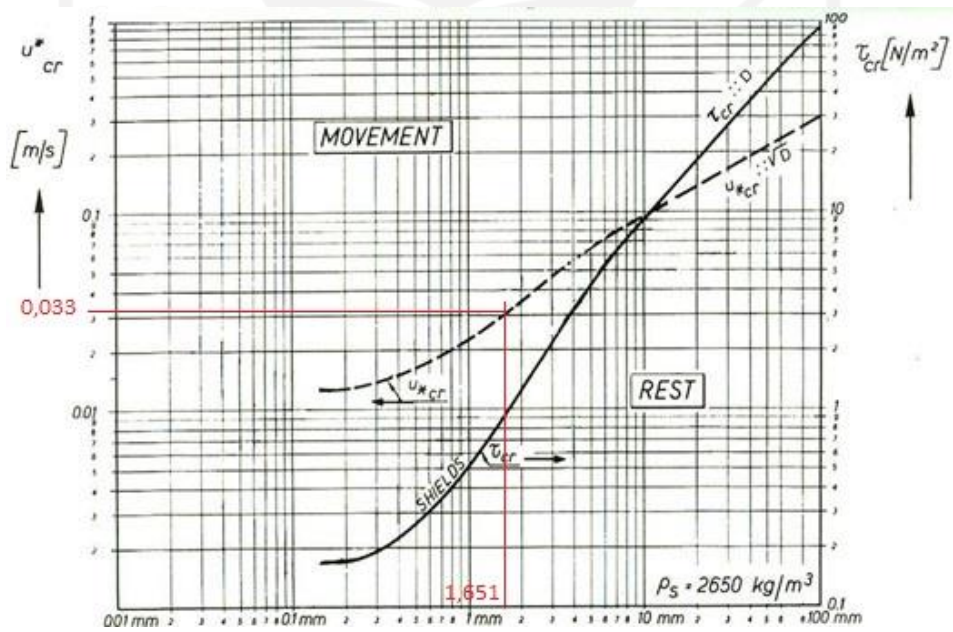
Gambar Grafik Shields D35 Lokasi 2



Gambar Grafik Shields D55 Lokasi 2



Gambar Grafik Shields D65 Lokasi 2



Gambar Grafik Shields D90 Lokasi 2

Lampiran 5 Hasil Perhitungan Laju Sedimentasi dengan Metode M.P.M dan Einstein

Tabel Perhitungan Angkutan Sedimen Metode Meyer Peter dan Muller

Lokasi Pengambilan Data	Bulan Ke-	Pias	C	C'	μ	ψ'	Φ	qb (m3/dt)	Qb Total (m3/dt)	Qb Total (m3/hari)
LOKASI 1	Bulan I	1	17.7246	58.49343	0.166803	0.1503229	0.265696041	7.84759E-06	0.0000271860	2.3489
		2	13.10354	62.75631	0.095411	0.1483355	0.258066863	7.62225E-06		
		3	20.36913	58.32168	0.206402	0.1819673	0.396672981	1.17161E-05		
	Bulan II	1	8.145379	52.65427	0.060844	0.0259801	0.024380188	7.20092E-07	0.0000028754	0.2484
		2	12.25052	57.17024	0.099192	0.0754723	0.03843481	1.13521E-06		
		3	7.350313	51.81285	0.053432	0.0204871	0.034536283	1.02006E-06		
	Bulan III	1	21.33233	54.53199	0.24467	0.1328378	0.201190821	5.94236E-06	0.0000148021	1.2789
		2	14.55015	58.00905	0.12562	0.1064067	0.115835996	3.42133E-06		
		3	21.72337	53.8834	0.255981	0.1279136	0.184129193	5.43843E-06		
LOKASI 2	Bulan I	1	3.967898	63.59783	0.015584	0.0339951	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
		2	2.643539	66.60356	0.007907	0.025337	#NUM!	#NUM!		
		3	1.406518	63.79645	0.003274	0.0073248	#NUM!	#NUM!		
	Bulan II	1	0.940668	62.85622	0.001831	0.0036322	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
		2	0.294536	65.61872	0.000301	0.0008495	#NUM!	#NUM!		
		3	0.358587	62.99547	0.000429	0.0008674	#NUM!	#NUM!		
	Bulan III	1	1.791776	64.20885	0.004662	0.0109956	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
		2	1.447168	65.77653	0.003263	0.009407	#NUM!	#NUM!		
		3	1.880256	63.16301	0.005136	0.0105977	#NUM!	#NUM!		

Tabel Perhitungan Angkutan Sedimen Metode Einstein

Lokasi Pengambilan Data	Bulan Ke-	Pias	C	C'	μ	ψ'	Φ	qb (m ³ /dt)	Qb Total (m ³ /dt)	Qb Total (m ³ /hari)
LOKASI 1	I	1	17.7246	66.6378	0.1372	0.1731	0.1008	1.79657E-06	5.57008E-06	0.481255183
		2	13.1035	70.9007	0.0795	0.1729	0.1007	1.79586E-06		
		3	20.3691	66.4661	0.1697	0.2094	0.1109	1.97766E-06		
	II	1	10.7051	60.7987	0.0739	0.0442	0.0602	1.07355E-06	3.42072E-06	0.295550437
		2	12.0612	65.3147	0.0794	0.0845	0.0737	1.3137E-06		
		3	10.1943	59.9573	0.0701	0.0376	0.0580	1.03348E-06		
	III	1	21.3323	62.6764	0.1986	0.1509	0.0943	1.68136E-06	4.85831E-06	0.419757804
		2	14.5502	66.1535	0.1032	0.1223	0.0856	1.52709E-06		
		3	21.7234	62.0278	0.2073	0.1450	0.0925	1.64986E-06		
LOKASI 2	I	1	3.9679	74.0997	0.0124	0.0384	0.0582	9.04254E-07	2.49709E-06	0.215748468
		2	2.6435	77.1055	0.0063	0.0289	0.0549	8.53045E-07		
		3	1.4065	74.2984	0.0026	0.0083	0.0476	7.39789E-07		
	II	1	0.9407	73.3581	0.0015	0.0041	0.0461	7.16427E-07	2.1143E-06	0.18267516
		2	0.2945	76.1206	0.0002	0.0010	0.0450	6.98901E-07		
		3	0.3586	73.4974	0.0003	0.0010	0.0450	6.98967E-07		
	III	1	1.7918	74.7108	0.0037	0.0124	0.0491	7.62913E-07	2.27635E-06	0.196676462
		2	1.4472	76.2784	0.0026	0.0107	0.0485	7.53246E-07		
		3	1.8803	73.6649	0.0041	0.0119	0.0489	7.60189E-07		

Lampiran 6 Surat dan Dokumen Perizinan Penelitian BBWS Pemali Juana

Surat Perizinan Desa Bejalen

Yogyakarta, 11 Juli 2022

Hal : Izin Penelitian dan Pengambilan Data
Lamp :

Kepada Yth.
Kepala Desa Bejalen
Kecamatan Ambarawa Kabupaten
Semarang
Di_Tempat

Assalammu' alaikum Wr.Wb.

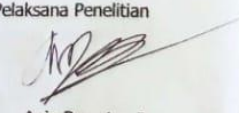
Sehubungan dengan penyusunan Tugas Akhir di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, bersama ini mohon untuk dapat memberikan izin penelitian dan pengambilan data di Sungai Panjang untuk Tugas Akhir kepada mahasiswa kami :


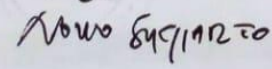
Nama I	: Anja Prasetya Dewana
No Mahasiswa I	: 18513207
Program Studi	: Teknik Lingkungan
Fakultas	: Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas	: Universitas Islam Indonesia

Hasil karya ilmiah tersebut semata - mata bersifat dan bertujuan keilmuan dan tidak disajikan kepada pihak luar. Oleh Karena itu kami mohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat memberikan data/keterangan/sampel yang diperlukan oleh mahasiswa tersebut.

Demikian permohonan kami atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terimakasih.

Wassalammu' alaikum Wr.Wb.

Pelaksana Penelitian

Anja Prasetya D



MUBU SYAFIAR TO

Surat Perizinan BBWS Pemali Juana



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI-JUANA
Jalan Brig. Jend. S. Soediarso 375 Semarang, Telepon (024)6723212 Faksimili (024) 6722239

Semarang, 22 Juli 2022

Nomor : HM.01-Ao.1/177
Sifat : Segera
Lampiran : 1 (satu) berkas
Hal : **Penyampaian Informasi**

**Yth. Ketua Prodi Teknik Lingkungan
Universitas Islam Indonesia
Up. Anja Prasetya Dewana, dkk**

di-
Yogyakarta

Menindaklanjuti surat Saudara Nomor: 259/Ka.Prodi.TL/10/TL/II/2022 Tanggal 1 Juli 2022 perihal izin penelitian dan pengambilan data terkait Danau Rawa Pening, bersama ini dengan hormat kami sampaikan bahan informasi berupa *softcopy* data laporan hidrologi tahun 2016 dan kualitas air perairan Danau Rawa Pening tahun 2020 dan tahun 2021 sebagaimana terlampir. Untuk koordinasi lebih lanjut terkait pengambilan data di lapangan kami menugaskan narahubung Sdr. Heru Prijono, ST (Pelaksana Teknik PPK OP SDA IV) nomor Hp.0877-3364-9564.

Demikian kami sampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Kepala Bagian Umum dan Tata Usaha,

Ardhyta Agus Setiawan, S.Sos, M.Si
NIP. 198408172005021001

Tembusan :

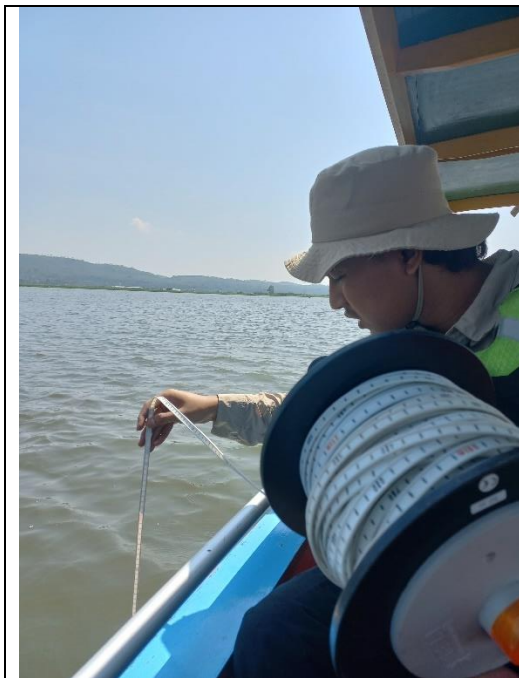
- Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana (sebagai laporan)



Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian

Lampiran 7.1 Dokumentasi Pengambilan Sampel dan Observasi Lapangan









Lampiran 7.2 Dokumentasi Pengujian Laboratorium



